

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۶۹

# بوم شناسی کشاورزی

تألیف  
جی. تابوی

ترجمه  
دکتر عوض کوچکی - مهندس محمد حسینی

فهرست نویسی پیش از انتشار توسط کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه فردوسی مشهد .

Tivy, Joy

تایوی ، جوی

بوم شناسی کشاورزی/تألیف جی . تایوی ؛ ترجمه عوض کوچکی ، محمد حسینی . - مشهد : دانشگاه فردوسی مشهد ، ۱۳۷۴ .

هشت ، ۳۶۶ ص . : نقشه ، جدول ، نمودار . - (انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد ؛ ۱۶۹)

Agricultural Ecology

عنوان اصلی :

کتابنامه : ص ۳۴۶-۳۶۶

۱. کشاورزی - بوم شناسی . الف . کوچکی ، عوض ، مترجم . ب . حسینی ، محمد ، مترجم .  
ج . عنوان .

S ۵۸۹/۷/

۶۳۰/۲۷۴۵/

#### مشخصات :

نام کتاب : بوم شناسی کشاورزی

تألیف : جی . تایوی

ترجمه : دکتر عوض کوچکی و مهندس محمد حسینی

ناشر : انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ انتشار : تیر ماه ۱۳۷۴ - چاپ اول

تیراژ : ۲۰۰۰ نسخه

امور فنی و چاپ : مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

قیمت : ۵۴۰۰ ریال

## فهرست مطالب

۱	مقدمه
۵	فصل اوّل - اکوسیستم زراعی
۱۳	فصل دوّم - گیاهان زراعی
۳۱	فصل سوّم - اقلیم زراعی
۵۹	فصل چهارم - خاک زراعی
۸۷	فصل پنجم - چرخه عناصر غذایی
۱۲۱	فصل ششم - تولید در کشاورزی
۱۵۵	فصل هفتم - حیوانات اهلی
۱۸۱	فصل هشتم - استعداد اراضی برای کشاورزی
۱۹۷	فصل نهم - کشاورزی شبانی
۲۱۹	فصل دهم - زمینهای پست مناطق حاره ای مرطوب
۲۴۷	فصل یازدهم - برنج
۲۶۳	فصل دوازدهم - دیمکاری
۲۷۹	فصل سیزدهم - کشاورزی فاریاب
۲۹۹	فصل چهاردهم - کشاورزی فشرده
۳۲۵	فصل پانزدهم - کشاورزی و محیط
۳۴۶	منابع



## مقدمه مترجمین

در سالهای اخیر مشکلات ناشی از بهره برداریهای بیرویه انسان از منابع طبیعی و آسیب های ناشی از آن به محیط زیست مورد توجه خاصی قرار گرفته است. این موضوع بخصوص در بخش کشاورزی و در رابطه با مصرف بیرویه نهاده های شیمیایی و انرژیهای فسیلی مورد تأکید قرار گرفته است. سرعت رشد بیرویه جمعیت در کشورهای در حال توسعه و تولید بیش از اندازه محصولات غذایی در کشورهای پیشرفته فشار بیش از اندازه ای بر منابع آب و خاک در این کشورها وارد کرده است. از طرفی دیگر توسعه شهرها و صنایع نیز بنوبه خود اثرات نامطلوبی بر فعالیتهای کشاورزی گذاشته است. بهمین دلیل اهمیت تولیدات کشاورزی از دیدگاه اکولوژی روشن می باشد.

کتاب حاضر برگردان کتاب «Agricultural Ecology» نوشته پروفیسور جی. تایوی استاد دانشگاه گلاسکو است. این کتاب در سال ۱۹۹۰ منتشر و پس از آن به علت استقبال زیاد مجدداً در سال ۱۹۹۱ تجدید چاپ شده است. کتاب مذکور مشتمل بر ۱۵ فصل می باشد که در آن کلیه جنبه های مربوط به تولید در اکوسیستم های زراعی به صورت مفصل مورد بررسی قرار گرفته است.

در این کتاب رابطه بین گیاه، دام و محیط و دامنه ای که انسان جهت نیازهای

خود در این ارتباط مداخله نموده است بررسی شده است. در قسمت‌های اول کتاب اختلاف بین اکوسیستم‌های کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی از نظر نوع موجودات زنده، خاک، اقلیم، چرخه عناصر غذایی، تولیدات گیاهی و دامی و در قسمت‌های بعدی خصوصیات اکولوژیکی و مشکلات محیطی مربوطه در مناطق خاص و برای سیستم‌های مختلف تولید آورده شده است. این کتاب می‌تواند برای دانشجویان دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد کشاورزی، زیست‌شناسی، جغرافیا، منابع طبیعی و محیط زیست مفید واقع شود.

**مترجمین**

پاییز ۱۳۷۳



## مقدمه

کشاورزی از نظر بهره برداری از زمین، ایجاد کار برای مردم و تولید غذا هنوز مهمترین فعالیت اقتصادی بشر است. کشاورزی همانند شیلات و جنگلداری با دیگر صنایع فرق دارد، زیرا کشاورزی یک فرآیند بیولوژیکی است و محصول اولیه آن ماده آلی است و منابع آن، محیط فیزیکی یعنی زمین، آب و هوا است. البته روشی که منابع، مورد بهره برداری قرار می گیرند، بسته به سیستم سیاسی، شرایط اقتصادی و سطح دانش علمی و مهارت فنی فرق می کند. این عوامل ممکن است مانع نوع خاصی از فعالیت کشاورزی در یک محیط فیزیکی مساعد شود و یا نوع دیگری از فعالیت کشاورزی را در منطقه ای که از نظر فیزیکی برای تولید نامساعد است باعث شود. با این وجود، منابع فیزیکی برای انواع کشاورزی، تعیین کننده موارد استفاده ای است که از نظر اقتصادی در زمان خاصی می توان از زمین گرفت و بجز در محیطهای کنترل شده مانند: گلخانه و اصطبل نگهداری دام، نوسانهای محیط فیزیکی باعث شده است که کشاورزی یکی از غیر قابل پیشگویی ترین فعالیتهای انسان باشد.

کشاورزی علم وسیع و متنوعی است که شامل علوم فیزیکی، طبیعی و اجتماعی است و مانند هر نظام دیگر، بطور فزاینده ای تخصصی شده است. توسعه جنبه های اجتماعی- اقتصادی، زراعی، گیاه شناسی، خاکشناسی و اقلیم شناسی، سهم قابل توجهی در تئوری و عملیات کشاورزی داشته اند. اخیراً بُعد اکولوژیکی کشاورزی مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است. البته افزایش فشرده شدن کشاورزی در کشورهای توسعه یافته و رشد جمعیت

در کشورهای در حال توسعه، بخصوص در ۲۵ تا ۳۰ سال گذشته، مشکلات محیطی در ارتباط با تقاضا برای افزایش تولید غذا را مورد توجه قرار داده است و اهمیت اکولوژی در کشاورزی سرعت درك شد.

اکولوژی کشاورزی اصولاً مطالعه ماهیت اثرهای متقابل بین کشاورزی، یا موجودات مربوط با کشاورزی و زیستگاه فیزیکی آنهاست و بدین ترتیب همان طوری که برای هر بخش دیگری از اکوسفر، مفهوم اکوسیستم صادق است، در کشاورزی نیز صادق می‌باشد. اکوسیستم زراعی چار چوبی را فراهم می‌کند که در آن، می‌توان تأثیر انسان را بر گیاهان زراعی، دامها، خاک و اقلیم، در ارتباط با فرآیندهای اساسی اکولوژی، یعنی جریان انرژی، چرخه عناصر غذایی، رقابت و تعادل اکولوژیکی بخوبی مطالعه کرد.

هدف از این کتاب تجزیه و تحلیل برخی از مهمترین ویژگیها و مشکلات اکولوژیکی کشاورزی است با تأکید بر فاکتورهایی که بر روابط بین گیاهان زراعی، یا دام، و محیط او اثر می‌گذارند و نیز تأکید بر حدودی است که انسان، اکوسیستم زراعی را برای نیازهای ویژه خود مدیریت و تغییر داده است. بدین ترتیب این کتاب به دو بخش تقسیم می‌شود. در اولین بخش با روشی سیستماتیک اجزاء: (گیاهان زراعی، دام، اقلیم، خاک) و فرآیندهای چرخه عناصر غذایی و جریان انرژی، در گیاهان زراعی و دامها در اکوسیستمهای کشاورزی بررسی شده است و در بخش دوم، در مورد ویژگیهای اکولوژیکی و مشکلات ذاتی یا ساخته دست انسان، در مناطقی که اقلیم و یا خاک محدودیتهای شدیدی را بر بهره‌برداری کشاورزی تحمیل می‌کنند، یا در مناطقی که نوع خاصی از کشاورزی وجود دارد، بحث شده است. این مناطق شامل مناطقی است که در آنها کشت برنج، کشاورزی فاریاب و زراعت مدرن و فشرده غالب است.

مؤلف ادعایی ندارد که کتاب جامعی درباره اکولوژی کشاورزی تهیه کرده است، زیرا تشخیص و تفهیم این موضوع نیاز به تلاش بیشتری دارد. این کتاب با این امید نوشته شده است که علاقه دانشجویان و یا محیط زیست را برانگیزد و دامنه علاقه آنها را گسترده تر کند و آنهایی را که معتقدند مهارتهای فنی انسان، می‌تواند نقش عوامل محیطی را در طبیعت و فعالیتهای کشاورزی به حداقل برساند، به تفکر وادارد.

علاقه مؤلف در اکولوژی کشاورزی، در ابتدای شروع کار به عنوان متخصص جغرافیای حیاتی در مورد بهره‌برداری صحیح و غلط از منابع آبی شروع شد. عدم توجه

به مسائل مربوط به اکوسیستمهای کشاورزی در مسائل آموزشی، انگیزه دیگری برای این کتاب بود. بدین وسیله از کلیه کسانی که باعث جهت گیری فکری اینجانب در امور محیط زیست شدند و نیز همه دوستان و همکارانی که بدون تشویق آنها، ممکن بود این کتاب هیچگاه نوشته نشود سپاسگزارم. از پرفسور کانینگهام، دکتر میچل، دکتر کنت و دکتر ویلیامز که در بهبود قسمتهای این کتاب راهنماییهای سازنده ای کرده اند نیز سپاسگزارم.



## فصل اول

### اکوسیستم زراعی

کشاورزی به معنای وسیع کلمه، کشت و تولید محصولات زراعی و دامی است و معمولاً مترادف کلمه «تولید محصولات زراعی» یا زراعت است که به محصولات زراعی مربوط به غذای انسان، دام یا مواد آلی صنعتی اشاره دارد. همانند سایر قطبهای سستی اولیه تولید (جنگل و ماهیگیری)، عامل عمده در کشاورزی محیط فیزیکی آن است. فرآیند مهمی که در این زمینه دخالت دارد، فتوسنتز است که این فرآیند تا به امروز در خارج از کلروپلاست زنده گیاهی، قابل بازسازی نبوده است. بدین ترتیب گیاهان زراعی واحداصلی تولید در کشاورزی هستند، زیرا قادرند در شرایطی که نور کافی باشد، از ترکیبات غیر آلی و ساده ای که از هوا و خاک تأمین می شود مانند: گاز کربنیک، آب، و مواد معدنی، ترکیبات آلی پیچیده ای مانند: کربوهیدراتها، پروتئین و چربی بسازند. تولید گیاهی (یا تولید بیولوژیکی خالص اولیه) سرعتی اطلاق می شود که گیاه قادر است مازاد بر انرژی خود مواد آلی را ذخیره کند و اگر مواد غذایی و آب کافی باشد این عمل، تابعی از شدت و مدت تشعشع واصله است. آستانه حداقل، مطلوب و حداکثر شرایط محیطی برای رشد و نمو گونه ها یا وارته های مختلف، مساحتی را که در آن یک گیاه خاص با موفقیت،

قابلیت کشت دارد و بدین وسیله غذای کافی را تأمین می‌کند و یا بازده اقتصادی رضایت بخش دارد را مشخص می‌کند.

تولیدات، خواه گیاهی یا حیوانی به میزان خاصی از مدیریت، از نظر محیط موجود و منابع آبی، احتیاج دارند که مدیریت اصلی کار در زمین یا بعبارت دقیقتر، کشت و کار در زمین کشت و کار در خاک است.

### کشت و کار شامل :

انتخاب - گیاهان زراعی که در مقابل احتمال بروز حوادث، خود را وفق دهند و تولید رضایت بخشی داشته باشند.

ازدیاد - آماده سازی و تهیه زمین از طریق شخم به منظور تأمین شرایط مناسب برای کاشت و تقویت گیاه.

محافظت - از نظر رقابت برای منابع اولیه، توسط علفهای هرز و کاهش مستقیم یا غیرمستقیم عملکرد، توسط آفات و بیماریها.

کشت و کار شامل مدیریت گیاه زراعی و محیطی می‌شود که گیاه در آن می‌روید (زیستگاه). از یک طرف هدف انتخاب گیاه و به نژادی تولید گیاهی است که حداکثر عملکرد با کیفیت خوب را در شرایط خاصی حاصل کند و از طرف دیگر شخم، مدیریت آب و خاک، وجین و کنترل آفات کاهش محدودیتهای بیوفیزیکی و نیز ایجاد زیستگاهی است که گیاه بتواند توانایی تولید خود را عرضه کند. به عبارت دیگر کشاورز در محدوده توانایی تکنیکی و زراعی خود، برای حصول بهترین تناسب بین گیاه و محیط فیزیکی، آن فعالیت می‌کند. بدین منظور اکوسیستم خاصی را به وجود می‌آورد که به آن اکوسیستم کشاورزی، یا اگر اکوسیستم گویند که در آن کشاورز، یک جزء متغیر اکولوژیکی در تعیین و تأثیر گذاری بر اجزاء عمل و ثبات سیستم است.

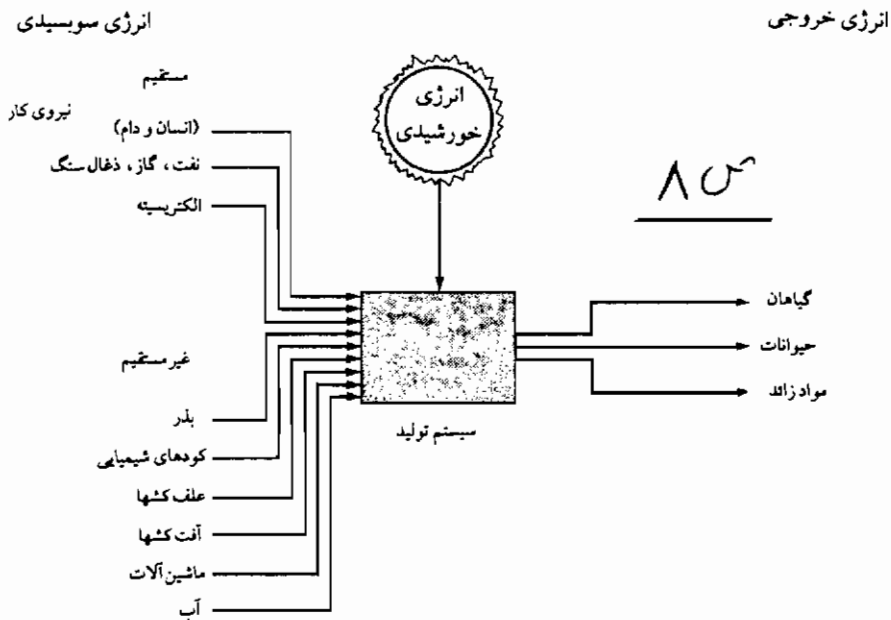
اکوسیستم زراعی با اکوسیستم کلیماکس طبیعی، با دارا بودن محیط فیزیکی ساده تر، پیچیدگی کمتر، تنوع کمتر از نظر گیاه و دام و ساختارهایی با پیچیدگی کمتر (نظم مکانی اجزاء آبی آن) متفاوتند. نه تنها تعداد گونه‌ها و فرمهای حیاتی وابسته در آنها کمتر است، بلکه ارقام و گونه‌های زراعی، اختلاف ژنتیکی کمتری نسبت به اجداد وحشی و اعقاب خود دارند. در اکوسیستم زراعی بعلاوه این پیچیدگی کمتر، تشعشع ورودی به مسیرهای کمتر و کوتاهتر

زنجیره های غذایی هدایت می شود. کشت و کار باعث کاهش رقابت شده و لذا قسمت اعظم انرژی موجود بسمت گیاه زراعی هدایت می شود و به صورت مستقیم یا غیر مستقیم از طریق دامهای اهلی به انسان می رسد که نتیجه آن کاهش پیچیدگی شبکه غذایی و سطوح غذا به دو یا حداکثر سه است. در اکوسیستم کشاورزی بیوماس علفخواران بزرگ مانند: گاو، گوسفند و بز خیلی بیشتر از حیواناتی که از نظر اکولوژیکی معادل آنها در اکوسیستم طبیعی وجود دارند هستند و در نتیجه مقدار کمتری از انرژی بیوماس گیاهی به صورت مواد پوسیده و تجزیه شده بخاک برمی گردد. برعکس مقدار زیادی از آن، به وسیله دامهای اهلی مصرف شده یا به صورت مواد گیاهی و دامی از سیستم خارج می شود. در نتیجه مخزن انرژی در خاک به صورت مواد آلی در حال تجزیه و هموس است و عموماً از آنچه در اکوسیستمهای طبیعی موجود است کمتر است.

علاوه بر آن، جریان بیشتر انرژی فشرده در اگرواکوسیستم، همراه با عدم چرخه طبیعی عناصر است. در چرخه طبیعی عناصر غذایی قسمت اعظم عناصر غذایی که به وسیله گیاه از محیط گرفته می شود از طریق پوسیدن مواد گیاهی و دامی و فضولات به صورت چرخه ای به زمین بر می گردد. در اگرواکوسیستم مواد غذایی بطور مداوم، از طریق برداشت محصول یا افزایش سرعت تجزیه مواد آلی و یا نشت مواد غذایی از سیستم خارج می شود. در اکوسیستم زراعی چون گیاهان یا حیوانات عمر کوتاه دارند سرعت چرخه مواد افزایش می یابد و مخزن زنده مواد غذایی از نظر حجم قابل نوسان است و بیشتر وابسته به وزن زنده دامی است نه وزن زنده گیاهی. اثر تلفات مواد غذایی از طریق انسان به وسیله خارج کردن مواد گیاهی و دامی انجام می شود. چنانچه به وسیله کودهای آلی یا غیر آلی جبران نشود، این مواد بکلی تخلیه شده و لذا وزن زنده و باروری سیستم کاهش می یابد. البته افزایش دانش و تکنیک انسان توانسته است از طریق به نژادی ارقام پر محصول و افزایش عناصر غذایی به صورت نهاده ها، بازدهی اگرواکوسیستم را افزایش دهد و در عین حال، تلفات محصول توسط رقابت با علفهای هرز را کاهش دهد.

در اکوسیستمهای طبیعی، پایداری بیشتر از اکوسیستمهای زراعی است، زیرا تنوع گونه ها در اکوسیستم طبیعی بیشتر است و پیچیدگی شبکه غذایی باعث ایجاد خودکنترلی (همواستازیس) شده بدین ترتیب در مقابل نوسانهای محیطی، حالت پایداری کسب می کند. در مقابل، اکوسیستم زراعی به علت عدم مکانیسم کنترل شده و درونی در معرض اثرات سوء

شرایط نامساعد محیطی مانند: خشکی، یخبندان، بیماری و غیره است. البته تصور بر این است که این مقایسه زیاد اعتبار ندارد، زیرا ثبات اکوسیستم زیاد وابسته به سیستمهای تنظیم کننده طبیعی نیست، بلکه وابسته به درجه مدیریت انسان و مراقبت در مقابل نوسانهای معمولی محیطی و پیش‌گویی احتمال نوسانهای غیر معمولی است.

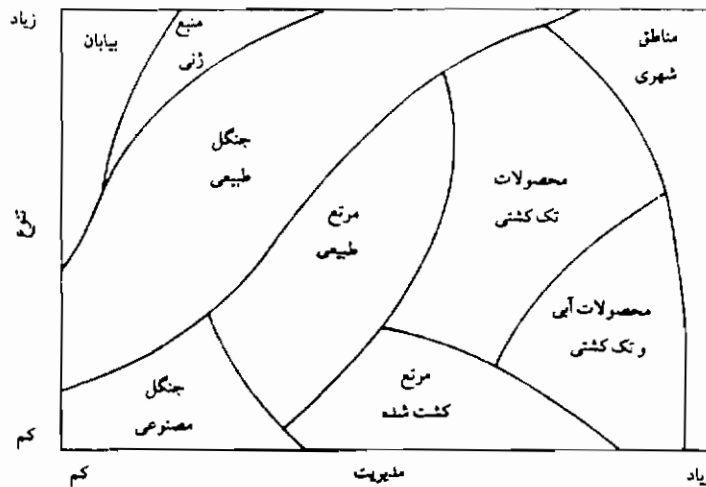


شکل ۱-۱ - انرژی سوبسیدی و انرژی خرجی در اکوسیستمهای زراعی (از تابوی و اهر، ۱۹۸۱)

یکی از تفاوت‌های مهم و قابل ملاحظه‌ای که بین اکوسیستم زراعی و طبیعی وجود دارد، این است که اکوسیستم زراعی یک سیستم باز بوده که با تعداد و مقدار بیشتر نهاده (معادل انرژی) و بازده‌ها (تلفات) است. در این سیستم انرژی سوبسیدی به صورت مستقیم یا غیر مستقیم برای کشت یا افزایش محصول وارد می‌شود (شکل ۱-۱). علاوه بر آن تولید اولیه یا ثانویه از یک اکوسیستم می‌تواند نهاده‌ای برای یک اکوسیستم دیگری باشد. علوفه تولید شده از مزرعه، که در مزرعه دیگر به مصرف می‌رسد یا استفاده می‌شود، دامهائی که در یک مزرعه تولید شده است در یک مزرعه دیگر پرورش داده می‌شود. همین‌طور تعداد بازده‌ها، در یک اکوسیستم زراعی بیشتر از یک اکوسیستم طبیعی است. علاوه بر خروج مواد



گیاهی و دامی از اکوسیستم زراعی، تلفات نیز در این نوع بیشتر است. زیرا اولاً قسمت قابل برداشت، معمولاً جزء کمی از گیاه است و علاوه بر آن متغیر است. ثانیاً چون تراکم دامها در اکوسیستمهای مصنوعی، بیشتر از اکوسیستمهای طبیعی است، به همین نسبت فضولات آنها بیشتر است. بسته به سیستم مزرعه، برخی از مواد آلی زاید می تواند به صورت کود دامی یا کود آلی به زمین برگردد. البته کودهای شیمیایی اضافی و نیز حشره کشها می توانند از یک سیستم نشت کرده و به صورت بازده که اکثراً بازده آلوده کننده ای است به سیستم دیگر وارد شود.



شکل ۱-۲ - رابطه بین اکوسیستمهای زراعی بر حسب درجه مدیریت (از اسمیت و هیل، ۱۹۷۵)

اکوسیستم کشاورزی از نظر شکل و عمل، مقدار و نوع انرژی ورودی، خروجی و سطوح مدیریت تفاوت زیادی با اکوسیستم طبیعی دارد. اسمیت و هیل (۱۹۷۵) چهار فاکتور اصلی از قبیل تنوع بیولوژیکی، شدت مدیریت انسان، موازنه انرژی خالص و تأثیر مدیریت را متمایز ساختند و اظهار داشتند که بین اکوسیستمهای طبیعی و زراعی تداومی وجود دارد (شکل ۱-۲). در انتهای طیف که سطح مدیریت کم و ناچیز است و همچنین انرژی ورودی و خروجی به جز انرژی کارگر کم است، یک اکوسیستم نیمه طبیعی، تنها برای تهیه فرآورده های دامی قابل استفاده است، آن چنان که در مراتع با چرای آزاد و با مدیریت

و دخالت کم انسان، از لحاظ اجزاء مواد آلی و یا عوامل فیزیکی آن صادق است. در این صورت انرژی ورودی و خروجی کم و تولیدات کشاورزی به منابع غیر کشاورزی، یعنی پوشش طبیعی وابستگی زیادی خواهد داشت. یکی از نمونه‌های ساده این نوع تولید، کشت دوره‌ای در نواحی جنگلی و پر باران مناطق حاره‌ای است که مدیریت محدود و اگر اکوسیستم، به شرایط اکولوژیکی موجود سازگار است و عقیده بر این است که این نوع اکوسیستم کشاورزی از نظر تنوع و فرم حیات مشابهت با جنگلهای طبیعی دارد (هریس ۱۹۷۶، رتن برگ ۱۹۸۰). از طرف دیگر در انتهای دیگر طیف که مدیریت بیشتر شده است، باعث تغییرات زیادی در عوامل محیطی و گیاهان و دامها شده است. حجم زیاد سرمایه‌گذاری باعث افزایش تولید شده است. در حقیقت عقیده بر این است که در این نوع اکوسیستم کشاورزی، مهارت تکنولوژیکی انسان طوری است که محیط فیزیکی جزء متغیرهای مهم نیست و تأثیری بر نوع اکوسیستم ندارد. این موضوع در مورد تولیدات گیاهی و دامی در شرایط کنترل شده صادق است. با این وجود هزینه‌های کنترل عوامل محیطی در خارج محیط کنترل شده ممکن است کم و بیش تحت تأثیر نور و حرارت دریافتی و یا مقداری از آنها به محیط اطراف داده می‌شود قرار گیرد.

جدول ۱-۱ اختلاف مقدار و نوع انرژی سوپسیدی مستقیم و غیر مستقیم تولید برنج رانشان می‌دهد. در برنشو روش کاشت ساده است و مهمترین انرژی ورودی به وسیله نیروی انسانی تأمین می‌شود. تولید در این سیستم کم و به حاصلخیزی اولیه یا ذاتی خاکها و چگونگی حفظ چرخه طبیعی مواد غذایی بستگی دارد. گرچه کشت برنج در ژاپن از نظر نیروی کارگری نسبت به برنشو متراکم تر است و نسبت زیادی از انرژی سوپسیدی که به صورتی به کار گرفته می‌شود در مکانیزاسیون مصرف می‌شود و انرژی سوپسیدی غیر مستقیم دو برابر انرژی مستقیم است. در ژاپن انرژی ورودی حاصل از سوخت یک تا دو و نیم برابر مقدار آن در برنشو است. در کالیفرنیا کلیه انرژی ورودی، در حد اکثر مقدار خود است و نیروی ماشین جانشین نیروی کارگری شده بجز فسفر و کلسیم بقیه نهاده‌ها در کالیفرنیا بیشتر از ژاپن است. میزان تولید در سه منطقه بستگی به مقدار نهاده‌ای دارد که مصرف می‌شود و یا به عبارت دیگر، بستگی به درجه فشردگی کشاورزی دارد.

جدول ۱-۱ - انرژی ورودی و خروجی در تولید برنج

انرژی (۱۰۰۰ کیلو کالری بر هکتار)			
کالیفرنیا	ژاپن	برنثو	
			انرژی ورودی
			مستقیم
۰/۰۰۸	۰/۸۰۴	۰/۶۲۶	کارگر
-	-	۰/۰۱۶	تبر و فوکا
۰/۳۶۰	۰/۱۸۹	-	ماشین آلات
۳/۲۶۴	-	-	گازوئیل
۰/۶۵۷	۰/۹۱۰	-	بنزین
۰/۳۵۴	-	-	گاز
			غیر مستقیم
۴/۱۱۶	۲/۰۸۸	-	ازت
۰/۲۰۱	۰/۲۲۵	-	فسفر
۱/۱۴۰	۰/۸۱۳	۰/۳۹۲	بذر
۱/۲۹۹	۰/۹۱۰	-	آبیاری
۰/۱۹۱	۰/۳۴۸	-	حشره کش
۱/۱۱۹	۰/۶۹۹	-	علف کش
۱/۲۱۷	-	-	خشک کردن
۰/۳۸۰	۰/۰۰۷	-	الکتریسته
۰/۱۲۱	۰/۰۵۱	-	حمل و نقل
			خروجی
۲۲/۳۶۹۸	۱۷/۵۹۸	۷/۳۱۸	عملکرد برنج
(۴۶۲ kg)	(۳۶۴ kg)	(۱۴۱ kg)	(عملکرد پروتئین)
۱/۵۵	۲/۴۵	۷/۰۸	کارایی انرژی

(از پی متل، ۱۹۷۹)

البته بین تولید و کارایی انرژی نسبت معکوس وجود دارد. کارایی انرژی در تولید برنج در برنثو پنج برابر بیشتر از کالیفرنیا است. با افزایش فشرده‌گی کارایی کارگر بر حسب مقدار

بازده، به ازاء هر واحد انرژی جنبشی یا به ازاء هر ساعت کارگر افزایش می‌یابد. همین موضوع برای مخارج تولید نیز صادق است.

در نهایت مقیاس اکوسیستم کشاورزی می‌تواند از سطحی کم به صورت بهره‌برداری متراکم از زمین تا سطح وسیع به صورت بهره‌برداری غیر فشرده متفاوت باشد که مقیاس وابستگی به میزان باز بودن اکوسیستم کشاورزی دارد. برخی از آنها مانند اقتصاد کشاورزی معیشتی خود کفتر از بقیه می‌باشد. در این مورد انرژی سوبسیدی، کم یا فاقد آن است. انرژی لازم به وسیله انسان یا ابزارهای دستی و غیره تأمین می‌گردد. از نمونه‌های دیگر که به صورت فشرده اداره می‌شود نه تنها بسیار باز هستند و انرژی سوبسیدی زیادی دریافت می‌دارند، بلکه مقیاس و عمل آنها از نظر مسافتی که انرژی سوبسیدی از آنجا دریافت می‌دارند و یا تولیدات مربوطه صادر می‌گردد می‌تواند جهانی باشد.

نوع اکوسیستم کشاورزی تا حدودی تحت تأثیر تواناییهای محیطی و تا حدودی تحت تأثیر شرایط اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است که بر درجه تقاضا و منفعت حاصله از گیاهان زراعی و تولیدات دامی در یک منطقه مؤثر است. محل مناسب یک سیستم کشاورزی خاص در جایی است که شرایط محیطی برای حداکثر بازده به ازاء نهاده‌ها فراهم باشد. ضمن این که پتانسیل تولید بستگی به شرایط محیطی دارد، محدودیتهای واقعی آن می‌تواند تحت تأثیر محدودیتهای اجتماعی و اقتصادی باشد و یا متأثر از تکنیکهایی باشد که بتواند محدودیتهای را به حداقل رسانده یا آنرا مرتفع سازد و یا تحت تأثیر حمایت‌های اقتصادی واقع شود. به هر صورت همان گونه که لومیس و جراکیس (۱۹۷۵) اظهار داشته‌اند، کشاورزان معمولاً محافظه‌کارند و آنها برای یک سیستم تحت تأثیر قرار می‌گیرند که تا چه حد در یک محیط مخاطره‌آمیز، مایل به کسب موفقیت هستند.

## فصل دوم

### گیاهان زراعی

تعداد گیاهان و حیواناتی که مورد استفاده انسان قرار می گیرد در مقایسه با آن چه که در دسترس اوست ناچیز است . برای مثال تنها در حدود ۳۰۰۰ گونه از ۳۵۰۰۰۰ گونه گیاهان گلدار، دارای ارزش اقتصادی هستند . علاوه بر آن انتقال از مرحله شکارچی گری به مرحله دامداری یا کشاورزی ساکن و از کشاورزی معیشتی به تجارتی، مقدار گونه ها کاهش قابل ملاحظه ای یافته است . غذای انسانهای اولیه خیلی متنوع تر از امروز بوده است . هارلن (۱۹۷۶) معتقد است که در دوران گذشته هزاران گیاه و صدها حیوان برای استفاده غذایی مورد استفاده قرار می گرفته است . در آزمایشی با آنالیز محتویات معده انسان عصر فلز (انسان تولوند) (هل بک، ۱۹۵۰) ملاحظه شد که آخرین غذای او شامل هفده گیاه مختلف بود که فقط دو عدد از آنها، یولاف و جو کشت می شدند و بقیه علفهای هرز گیاهانی بودند که کشت شده بودند . امروزه دوازده گیاه زراعی و سه تیپ دام اهلی غذای عمده کشورهای جهان را تأمین می کنند .

توسعه کشاورزی واقعه ای جدید در تاریخ تکاملی انسان محسوب می شود . این واقعه بستگی به انتخاب و تکثیر و به عبارت دیگر اهلی کردن گونه های گیاهی و حیوانات با

مشخصات دلخواه و مطلوب برای انسان دارد. این موضوع نه فقط ترکیب نسبی جمعیت گیاهان و حیوانات را تغییر داد، بلکه حدود ده درصد از زمینهای که پوشش گیاهی طبیعی داشته‌اند به وسیله گیاهان زراعی جایگزین شده‌اند و بخش عمده‌ای از زمینهای باقیمانده نیز به سبب چرای دامها تغییرات زیادی حاصل کرده‌اند. اکوسیستم کشاورزی ساختمان و ترکیب ساده‌تری نسبت به اکوسیستم طبیعی داراست. در این اکوسیستم کم و بیش سه تیپ موجودات غلبه دارند:

۱- گیاهان زراعی یا گیاهانی که قابل زراعت هستند.

۲- دامهای اهلی

۳- علفهای هرز، آفات و بیماریها

حیوانات و گیاهان اهلی شامل آنهایی است که تکثیر و اصلاح آنها کم و بیش توسط انسان کنترل می‌شود. انتخاب و به‌نژادی که اساساً روی اعاب وحشی صورت گرفته است از یک طرف باعث حذف ویژگیهای نامطلوب برای انسان شده است که این ویژگیها برای بقای آنها مفید بوده است و از طرفی دیگر ویژگیهایی که دارای ارزش زراعی بوده‌اند توسعه داده شده است (جدول ۱-۲). در مورد گیاهانی که اهلی شده‌اند رابطه همزیستی آنها با انسان طوری است که فقط تعداد معدودی از آنها بدون محافظت انسان می‌تواند به صورت وحشی بقاء داشته باشند.

### گیاهان مهم زراعی

ارزش گیاهان زراعی بسته به توانایی آنها در تولید هرچه بیشتر تولیدات مفید، نسبت به اجداد وحشی آنهاست و نیز امکان بیشتر کشت آنهاست. یکی از تفاوتهای مشخصی که بین گیاهان زراعی و اجداد وحشی آنها وجود دارد، رشد زیاده‌تر آنهاست (شوانیتز، ۱۹۶۰) که این تغییر در اندامهاییکه به عنوان محصول برداشت می‌شوند و نسبت آنها در کل گیاه مشخص است. برای مثال در غلات بخش بیشتری از مواد ساخته شده در طول دوره فتوسنتز، به دانه می‌رود و مقدار کمتری از آن به برگها اختصاص داده می‌شود. برعکس در سیب زمینی منبع اصلی ذخیره مواد غده‌ای است. ویژگی مهم دیگری که در تفاوت گیاهان زراعی و اجداد وحشی آنها وجود دارد، کاهش انتشار طبیعی بذر به وسیله انتخاب ساقه‌های محکم و غیر شکننده در غلات و بسته بودن نیام و میوه در نخود، لوبیا،

فلفل و غیره است. همزمان با کاهش انتشار بذر بعضی از صفت‌های مطلوب مثلاً اندازه بذر افزایش یافته است. به طور مثال بذر لوبیا (*phaseolus vulgaris*) ۵ تا ۸ برابر بزرگتر از اجداد وحشی آن است.

جدول ۱-۲- بیست گیاه زراعی مهم بر حسب سطح زیر کشت

نام عمومی	نام علمی	اندام اقتصادی	موارد استفاده عمده
۱- گندم	<i>Triticum aestivum</i>	غله	غذایی، علوفه
۲- برنج	<i>Oryza sativa</i>	غله	غذایی
۳- ذرت	<i>Zea mays</i>	غله	علوفه
۴- جو	<i>Hordeum sativa</i>	غله	علوفه، غذایی، مالت
۵- ارزن	<i>Panicum miliceum</i>	غله	غذایی، علوفه
۶- سورگوم	<i>Sorghum spp.</i>	غله	غذایی، علوفه
۷- سویا	<i>Glycine spp.</i>	حبوبات	غذایی، علوفه، روغن
۸- پنبه	<i>Gossypium spp.</i>	دانه	الیاف، علوفه، روغن
۹- یولاف	<i>Avena sativa</i>	غله	غذایی، علوفه
۱۰- لوبیا	<i>Phaseolus spp.</i>	حبوبات	غذایی، علوفه
۱۱- سیب زمینی	<i>Solanum tuberosum</i>	غده	غذایی
۱۲- بادام زمینی	<i>Arachis hypogea</i>	حبوبات	غذایی، علوفه، روغن
۱۳- چاودار	<i>Secale cereale</i>	غله	غذایی، علوفه
۱۴- سیب زمینی شیرین	<i>Impomoea batatus</i>	ریشه	غذایی
۱۵- نیشکر	<i>Saccharum officinarum</i>	ساقه	غذایی، علوفه
۱۶- کاساوا	<i>Manihot spp.</i>	غده	غذایی
۱۷- نخود	<i>Pisum sativa</i>	حبوبات	غذایی، علوفه
۱۸- نخودچی	<i>Cicer arietinum</i>	حبوبات	غذایی، علوفه
۱۹- انگور	<i>Vitis ovinifera</i>	میوه	غذایی، نوشابه
۲۰- کلم روغنی (منداب)	<i>Brassica napus</i>	بذر	روغن، علوفه

اندامهایی که برای برداشت انتخاب می شود ترکیب و فرم آنها نسبت به گذشته تغییر کرده است. مواد سمی یا تلخ در پام و لوپن کاهش و یا حذف شده است و نسبت موادی که

برای انسان، با ارزش و مفید هستند مانند پروتئین، روغن، شیرینی، دارویی یا معطر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.

گیاهان زراعی اغلب بر حسب استفاده ویژه‌ای که دارند که طبقه‌بندی می‌شوند که البته این موضوع از تغییرات زیادی برخوردار است. طبقه‌بندی جامع‌تر و عمومی‌تر بر اساس اندامهایی که برداشت می‌شود، صورت گرفته است که در جدول ۲-۲ نشان داده شده است:

غلات (دانه)	بذر
حبوبات	بذر
گیاهان ریشه‌ای و غده‌ای	ریشه و ساقه متورم
سبزیجات (محصول سبز)	برگها و ساقه‌ها
میوه‌ها	بذرهای دارای پوشش یا کپسول

دانه غلات و حبوبات یکی از منابع اولیه تأمین کربوهیدراتها، چربی، پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی ضروری برای تغذیه انسان و دامهاست (جدول ۲-۲).

جدول ۲-۲- ترکیبات ۱۰۰ گرم از مهمترین غلات در مقایسه با گیاهان غده‌ای، حبوبات و سبزیجات

انرژی (کیلوکالری)	پروتئین (گرم)	چربی (گرم)	
۳۴۰	۱۲	۲	گندم
۳۱۰	۸	۲	برنج
۳۵۲	۱۰	۴	ذرت
۳۴۸	۱۰	۵	سورگوم
۳۱۷	۱۰	۵	یولاف
۳۳۸	۱۱	۲	چاودار
۸۳	۲	۰٫۱	سیب زمینی
۷۰	۴٫۹	۰٫۴	نخود (سبز و خشک)
۱۵	۱۲	۰٫۲	کاهو

(از پاپک، ۱۹۷۰)

دانه غلات به سبب داشتن آب نسبتاً کم و دوره خواب طولانی علاوه بر این که به آسانی حمل و انبار می‌شوند منبع غذایی فشرده نیز می‌باشند.



ریشه و غده ها اندامهای حجیمی هستند که به سبب داشتن آب (بیشتر از ۷۵ درصد) از سایر اندامها متمایز گشته است و این موضوع عامل محدود کننده برای انبار شدن بوده است ولی عامل افزایش عملکرد در واحد سطح است . گیاهان غده ای (بعجز سیب زمینی) بیشتر دو ساله هستند و در اواخر فصل اوگ رشد که اندامهای ذخیره شونده به حداکثر اندازه خود رسیدند برداشت می شوند .

سبزیجات شامل آندسته از گیاهانی می شوند که ارزش آنها در برگها و ساقه های تازه و جوان است . مقدار زیاد سلولز و فیبر در آنها سبب محدودیت در مصرف غذایی آنهاست . این گیاهان منبع اصلی ویتامین ها ، مواد معدنی ، مواد دارویی مانند نیکوتین ، تانن و کافئین هستند . به سبب حجم زیاد و درصد آب بالا ذخیره سازی آنها بستگی به خشک کردن ، سیلو کردن یا یخ زدن سریع دارد .

میوه از نظر زراعی به مواد گوشتی و آبدار که بذرها در بر می گیرد (میوه های انگوری ، سیب و گلابی) یا میوه های تک بذری (نارگیل ، گیلان و گوجه) اطلاق می گردد . برخی مانند موز ، ممکن است حاوی مقدار زیادی کربوهیدرات باشند . در اکثر میوه ها ارزش اقتصادی آنها به سبب خوشمزه بودن و داشتن مقدار زیادی ویتامین C می باشد . همانند سبزیجات به سبب داشتن مقدار زیادی آب نگهداری آنها نیاز به نوعی ذخیره سازی دارد .

سهولت در کشت و کار ، بستگی نزدیکی به فرم رشد و یا عادت رشد و سیکل زندگی هر گیاه زراعی دارد . در گیاهانی که از طریق بذر تکثیر می شوند مسأله عمده در موفقیت گیاهان زراعی تولید بذرهایی با قدرت جوانه زنی بالا می باشد . البته پیشرفتهایی که در زمینه تولید بذرهایی هیبرید بخصوص در غلات شده است باعث شده است که تکثیر بذر مستلزم کشت گیاهان خاصی باشد . تولید و تکثیر غیر جنسی در اکثر گیاهانی که دارای ریشه و یا غده هستند مانند سیب زمینی ، سیب زمینی شیرین ، کاساوا و یام که غذای عمده مناطق حاره ای مرطوب را تشکیل می دهند صورت می گیرد چون شرایط محیطی برای کشت غلات مناسب نیست و کشت این قبیل گیاهان در مناطق حاره رایج است و همچنین برای بعضی از گیاهانی که میوه تولید می کنند مانند موز ، توت فرنگی ، آناناس و نیشکر تکثیر غیر جنسی لازم است .

اکثر گیاهان زراعی و بویژه آنهایی که دانه تولید می کنند یک ساله و بقیه دو ساله هستند مانند گیاهان ریشه ای که اغلب به عنوان یک ساله کشت شده است و فقط برای تولید بذر ،

به آنها اجازه داده می‌شود، به گل بروند. بسیاری از گیاهان چند ساله برای دوره‌های کوتاه کشت می‌شوند و یا مانند پنبه حتی به عنوان یک ساله کشت می‌شوند. تیپ رشد محدود، استحکام و مستقیم بودن ساقه و غیر شکننده بودن آنها و عدم پراکندگی بذر سبب تسهیل در برداشت می‌شود. بنابراین تعجب آور نیست که در غلات که عمده‌ترین گیاهان اهلی را تشکیل می‌دهند دارای بیشترین ویژگی‌های لازم برای یک گیاه زراعی بوده است و بیشترین توجه از نظر برداشت مکانیزه را به خود معطوف کرده‌اند. بزرگترین مشکل در مورد گیاهان ریشه‌ای، میوه‌ها و سبزیجات است که در آنها برداشت مکانیزه بسادگی باعث خسارت به آنها شده رشد نامحدود در آنها و امکان پراکنش بذر نیز، مشکل‌آفرین است.

### غلات

طبق نظریه هارلن (۱۹۷۶b) مهمترین گیاهان زراعی (جدول ۳-۲) از نظر ارزش، تولید و سطح زیر کشت گیاهانی هستند که مصرف غذایی دارند و دارای بازده زیادی از نظر مواد ذخیره‌ای به ازاء هر واحد کار دارند و از نظر نمود بیولوژیکی (نسبتاً باثبات هستند) بی‌خطر هستند و نیازهای غذایی عمده انسان و دامها را تأمین می‌کنند.

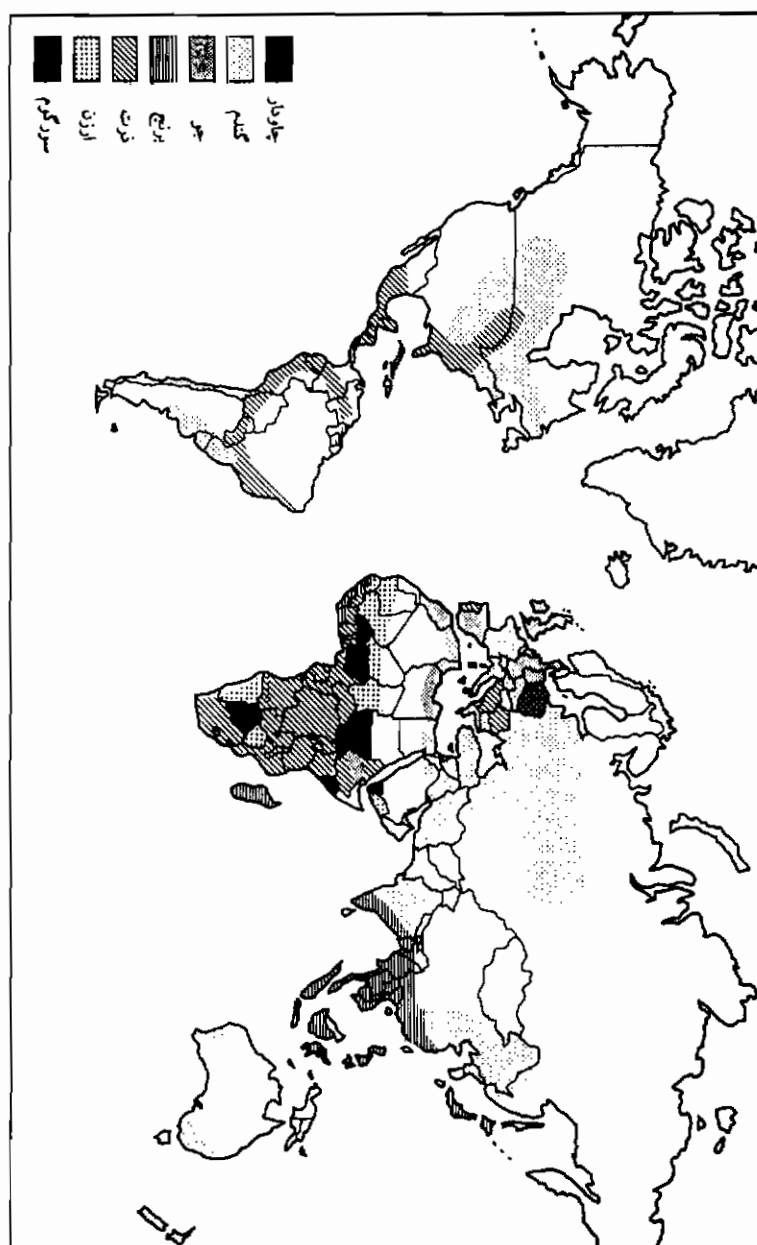
در میان اینها غلات از لغت سرس یا الهه دانه‌های غذایی گرفته شده است و دارای ارزش بالایی هستند (شکل ۱-۲). این گیاهان شامل غلات دانه ریز (گندم، جو، برنج، چاودار، یولاف) و یا غلات دانه درشت (ذرت، سورگوم، ارزن) می‌شوند و جمعاً ۵۰ درصد انرژی و پروتئین مورد نیاز جهان را تأمین می‌کنند (بیش از هفتاد و پنج درصد زمانی که غذایی که برای تغذیه دامها استفاده می‌شوند نیز محسوب شود) و دو سوم زمینهای زیر کشت را شامل می‌شوند. غلات اولین گیاهان اهلی شده بودند که از دیر باز منبع غذایی انسان بوده‌اند. غلات از نظر حجمی و ارزش عمده‌ترین مواد غذایی، در تجارت جهانی است و امروزه ذخیره غذایی جهان (غذای ذخیره شده) بر حسب مقدار دانه‌های غذایی که سالانه پس از تجارت باقی می‌مانند سنجیده می‌شود. مسلماً اهمیت غلات در ارتباط با ارزش غذایی آنها (شامل ۱۰-۱۲ درصد پروتئین)، سهولت کشت، حمل و نقل و انبار کردن، دامنه وسیع سازگاری به شرایط محیطی و زودرسی آنها می‌باشد. سه غله عمده و قدیمی: برنج، گندم و ذرت که هر یک شامل واریته‌ها و نژادهای زیادی هستند، با سابقه‌ای طولانی توسط انسان انتخاب و به نژادی شده‌اند.

جدول ۳-۲- گیاهان زراعی عمده

گیاه زراعی	تولید جهانی (تن $\times 10^{-6}$ )	درصد سهم در تولید جهانی
گندم	۴۱۷	۱۵/۷
برنج	۳۴۵	۱۳
ذرت	۳۳۴	۱۲/۵
سیب زمینی	۲۲۸	۱۰/۸
جو	۱۹۰	۷/۱
سیب زمینی شیرین	۱۳۶	۵/۱
کاساوا	۱۰۵	۳/۹
سویا	۶۲	۲/۳
سورگوم	۵۲	۲
حبوبات	۵۲	۱/۹
ارزن	۵۲	۱/۹
یولاف	۴۹	۱/۸
گوچه فرنگی	۴۱	۱/۵
چاودار	۲۸	۱

(از ۱۹۸۲، FAO)

گندم و چاودار از غلاتی هستند که برای تهیه نان استفاده می شوند و هر دو دارای مقدار بیشتری پروتئین نسبت به سایر غلات هستند. گندم دارای مقدار زیادی پروتئین گلوتن است که باعث و رآمدن خمیر می شود و در نتیجه آرد آن نان سبک تر و متخلخل تری که دارای ارزش انرژی بیشتری از چاودار است تولید می کند و بیشتر از چاودار مورد استفاده است. البته آرد چاودار به سبب دارا بودن پروتئین از نوع لیسین، دارای ارزش غذایی بیشتری است ولی ارزش انرژی زایی آن کمتر از گندم است. نان سیاه چاودار هنوز در اروپای شرقی غذای فقراست، ولی به وسیله مهاجرین به عنوان غذای ویژه برای رژیم غذایی به آمریکای شمالی معرفی شده است. چاودار در مقایسه با سایر غلات مقاومت بیشتری به یخبندان دارد و از نظر نوع خاک نیز کم توقعتر است.



شکل ۱-۲- سطح زیر کشت غلات عمده در کشورها در سال ۱۹۷۸ (رسم مجده از بلاستروفادن، ۱۹۸۲)

با وجود کاهش سطح زیر کشت غلات ، هنوز این گیاه در اروپای شرقی به مقدار زیادی جهت تهیه غذای دام و الکل کشت می شود . هیبرید تریتیکاله اخیراً از تلاقی بین گندم و چاودار به دست آمده است . این گیاه از نظر مقدار پروتئین مانند گندم و از نظر لیسین مانند چاودار است . البته این گیاه کمبود گلوتن دارد و فقط تعداد کمی لاین اصلاح شده آن آرد مناسبی برای نان تولید می کنند . بنابراین امید می رود که رقمهایی اصلاح شوند که نسبت به چاودار از نظر تولید و از نظر مقاومت از گندم بهتر باشند .

گندم و برنج از مهمترین دانه های غذایی هستند . گندم دارای مقدار پروتئین بالایی است ولی نسبت آن به واریته و شرایط محیطی که در آن رشد می کند بستگی دارد . با دارا بودن دامنه وسیع سازگاری به آب و هوا و شرایط خاک سطح زیر کشت آنها ، از هر گیاه دانه دار دیگری بیشتر است . به سبب دارا بودن ریشه عمیق در خاکهای سنگین که مواد غذایی بالایی دارند بخوبی رشد می کنند . حدود ۸۰-۷۰ درصد واریته های گندم جهان ، آنها را هستند که دارای عملکرد بالا بوده و زمستانه می باشند که در پاییز کشت می شود و بلافاصله رشد می کند و در طول تابستان بعد می رسند . واریته های بهاره احتیاج به دوره رشد کمتری دارند و به سبب عملکرد بالقوه کمتر ، دامنه وسعت آنها محدود است . در مناطقی که کم باران و تابستان گرم دارند افزایش گلوتن ، کاهش محصول را در گندمهای سخت جبران می کند . آرد این گندمها برای تولید نان مناسب است . در مقابل گندمهای نرم که سازگاری بهتری با آب و هوای سرد و مرطوب دارند ، آردهایی چند منظوره دارند که در شیرینی ، بیسکویت ، مواد مخصوص صبحانه و غذای دام استفاده می شود . در مناطقی که آب و هوای مرطوب و گرم دارند کشت گندم به ارتفاعات محدود می شود . حساسیت به حمله قارچها و مشکلات برداشت و انبار نمودن باعث شده است که این گیاه ، در مناطقی که درجه حرارت زیاد و رطوبت نسبی هوا نیز بالاست ، کشت شود .

اگرچه سطح زیر کشت برنج ، به اندازه گندم نیست ، با این وجود نصف غذای جمعیت دنیا را تشکیل می دهد . حدود نود و پنج درصد آن در مناطق گرم و مرطوب و سواحل پست نیمه گرمسیری خاور دوبره کشت برنج که تنها غذای آنهاست اختصاص دارد . برنج مانند گندم سابقه تاریخی طولانی کشت دارد و امروزه دارای ۱۴۰۰۰ واریته محلی سازگار به شرایط محیطی مختلف و سیستمهای سنتی تولید است . دو گروه ایندیکا (برومی جنوب آسیا) و ژاپونیکا (برومی ژاپن ، شمال چین و کره) از برنج وجود دارد که ارقام آنها به روزهای بلند با فصل کوتاه

این مناطق سازگار شده‌اند. برنج در میان غلات، از این نظر که قادر است در آب جوانه زده و رشد کند منحصر بفرد است. این گیاه درجه حرارت‌های زیاد (حداقل ۱۲-۱۰ درجه سانتیگراد) برای جوانه زدن نیاز دارد. البته انتخاب واریته‌های زودرس، باعث می‌شود که بتوان تا مناطق هوکایدو (ژاپن) آنرا کشت کرد و آبیاری باعث شده است در مناطق خشک دنیا توسعه یابد.

جو و یولاف دو غله دیگر مناطق معتدله عمدتاً به عنوان غذای دام مورد استفاده قرار می‌گیرند. جو زودتر از سایر غلات می‌رسد. ضمن این که نیاز آب و هوایی آن، نظیر گندم است؛ ولی می‌توان در عرض‌های جغرافیایی بالاتر و خشک‌تر نسبت به گندم کشت کرد. پروتئین جو در رابطه با واکنش این گیاه به آب و هوا نظیر گندم است و این فاکتور در رابطه با استفاده از جو به عنوان غذای دام یا در صنایع تخمیری مؤثر است. بالا بودن نسبت نشاسته به پروتئین در جو، در شرایط مرطوب برای تهیه مالت مناسب‌تر از دانه‌های سخت که دارای پروتئین بالا هستند می‌باشد. اگر چه نیاز غذایی جو مانند گندم نیست اما عدم زهکشی و بالا بودن اسیدیت را کمتر تحمل و در برابر غلظت نسبتاً زیاد نمک‌های قلیایی مقاومتر است.

یولاف (هر دو قسمت کاه و دانه) به عنوان غذای دام استفاده می‌شود. اگر چه ارزش غذایی آن از نظر چربی (۸ درصد) و پروتئین (۱۶ درصد) بالاست؛ ولی پتانسیل تولید آن کم است. پوست دانه، فیبری و نرم‌تر از سایر غلات است. یولاف از گیاهان شاخص نواحی معتدله سرد و مرطوب است؛ اما مقاومت آن کم و از نظر خاک قانع‌تر از گندم و جو است. ذرت، سورگوم و ارزن سه عله عمده مناطق گرم می‌باشند. ذرت که به عنوان یک گیاه غذایی در آمریکای مرکزی منشأ گرفته است با گندم و جو اولین گیاهان زراعی بودند که اهلی شدند. این گیاه دارای تنوع ژنتیکی و دامنه وسیع از نظر سازگاری به شرایط محیطی است و از پر محصول‌ترین غلات است. مهمترین گروه‌های تجاری آن عبارتند از:

- ۱- ذرت غلافدار (*Zea mays tunicata*)
- ۲- ذرت آردی (*Z.m. amylacea*)
- ۳- ذرت پاپ‌کرن (*Z. m. everta*)
- ۴- ذرت سخت (*Z. m. indurata*)
- ۵- ذرت دندانه‌ای (*Z. m. indentata*)
- ۶- ذرت شیرین (*Z. m. saccharata*)

ذرت‌های هیبرید با عملکرد بالا در دهه ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ در آمریکا تولید شدند. تقریباً اکثر

ذرت‌های امروزی، هیبرید و یا از نژادهای هیبرید تولید شده‌اند. کوتاه شدن فصل رشد، چه به وسیله کم آبی و یا پایین بودن درجه حرارت سبب شده است که کشت این هیبریدها، در مناطق خشک تر و یا سردتر نسبت به گذشته، افزایش یابد. امروزه به مقیاس زیادی در عرض های جغرافیایی ( $58^{\circ}$  شمالی و  $40^{\circ}$  جنوبی) و حاره ای (که  $4500$  متر از سطح دریا ارتفاع دارند) کشت می شوند. بهترین تولید، زمانی حاصل می شود که تابستانهای گرم با درجه حرارت متوسط روزانه ( $24^{\circ}\text{C}$ ) همراه با شبهای گرم باشد. یکی از فاکتورهای محدود کننده عدم رطوبت کافی و وجود تنش در دوره گل دهی و گرده افشانی است (زمان کاکل دهی).

در مقایسه با دو گیاه دیگر ذرت به عنوان یک دانه غذایی دامی در سطح جهانی دارای برتری است. اگر چه کمبود اسید آمینه ضروری لیسین، ارزش غذایی آن را کاهش داده ولی بالا بودن چربی و پروتئین آن باعث شده است که مهمترین مواد غذایی کنستانتره برای دامها باشد. در مناطقی که برای رسیدن دانه ذرت نامساعد هستند؛ ولی در عین حال رشد رویشی آن سریع است می توان برای علوفه نیز از آن استفاده کرد. دانه ذرت منبع غذایی مکملی، برای بسیاری از فرآورده ها از جمله فرآورده های مخصوص صبحانه، آرد ذرت، روغنهای گیاهی و قند برای تولید فرآورده های الکلی است.

سورگوم و ارزن از غلات مناطق خشک گرمسیری و نیمه گرمسیری است و محصول سورگوم بیشتر از ارزن می باشد. بعلاوه جزء محدود گیاهانی است که در برابر خشکی مقاوم است. چهار گروه سورگوم بر اساس ویژگیهای بذر و استفاده اصلی آنها وجود دارد:

- ۱- سورگوم دانه ای: غذای انسان و دام
- ۲- سورگوم شیرین (سورگو): علوفه، شربت قند، الکل
- ۳- سورگوم علفی: که در آن سودانگراس مهمترین گیاه علوفه ای برای تولید علوفه خشک و به عنوان چراگاه است.
- ۴- سورگوم جارویی.

علاوه بر آن کائولیانگ، گروهی از سورگوم ها را شامل می شود که نسبت به خشکی مقاوم ولی در درجه حرارت پایتتر نسبت به بقیه رشد می کند. بر خلاف ذرت، سورگوم یک دانه غذایی است که از آفریقا منشأ گرفته و بویژه از جنگ جهانی دوم، ارزش آن به عنوان یک گیاه علوفه ای در مناطق نیمه خشک جنوب غربی آمریکا افزایش یافته است. به نژادی برای متناسب ساختن آن با سیستمهای فشرده مکانیزه، در سورگوم سریعتر از هر گیاه زراعی دیگر

صورت گرفته است. ارزن هم نقش مهمی به عنوان دانه غذایی در مناطق گرم و خشک و به عنوان غذای دام در سایر مناطق دارد. اگر چه نسبت به گذشته کمتر کشت می‌شود؛ اما هنوز از گیاهان زراعی مهم آفریقا و آسیا بویژه در مناطقی که برای کشت سورگوم خیلی خشک است و یا خاکهای آن فقیر است کشت می‌شود.

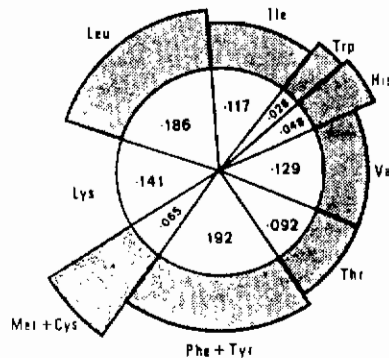
اهمیت غلات از نظر تولید مواد غذایی مورد نیاز، برای رشد و سلامتی انسان است. البته حتی در مورد گندم که مهمترین دانه غذایی است، از نظر مقدار، توازن و بویژه کیفیت پروتئین آن در حد کامل خود نیست. کمبود پروتئین همراه با کیفیت پایین آن در جیره غذایی انسان، عامل اصلی بیماری کواشیور کور است که در نتیجه سوء تغذیه و کمبود پروتئین حاصل می‌شود. بر حسب سن، تعداد ۹ تا ۱۰ اسید آمینه (که در ساختمان پروتئین‌ها هستند) برای سلامتی ضروریست. پروتئینهای گیاهی، از نظر برخی از این اسیدهای آمینه با کمبود مواجهند و فاقد ویتامین  $B_{12}$  هستند. بطور کلی لیزین و متیونین در تمام غلات کم است، در صورتی که ذرت دارای کمبود تربیتوفان نیز می‌باشد.

### بقولات

در مقایسه با غلات، حبوبات دارای لیزین فراوان است؛ اما از نظر سیستین و متیونین که دارای گوگرد هستند کم است. در حالی که پروتئین در گیاهانی که برگهای سبز دارند، از نظر اسیدهای آمینه به جز متیونین، موازنه بسیار خوبی دارد. در صورت کمبود یک یا دو اسید آمینه، استفاده از بقیه اسیدهای آمینه، به همان نسبت کاهش یافته است زیرا اسیدها نمی‌توانند ذخیره شوند و برای تولید انرژی شکسته می‌شوند، در نتیجه یک رژیم غذایی گیاه خواری تنها می‌تواند از ترکیب مصرف چندین غذا که دارای پروتئین‌های مکمل هستند حاصل شود (اسکریمشاو یانگ، ۱۹۷۶). به عنوان مثال هنگامی که منبع غذایی پروتئین دار به صورتی مخلوط شوند که کمبودهای یکدیگر را جبران کنند (شکل ۲-۲ a و b). در حالی که حبوبات در مقایسه با غلات، از نظر مقدار برخی اسیدهای آمینه ضروری کمبود دارند، دارای لیزین کافی است که می‌تواند در غلات که دارای کمبود واقعی این اسیدهای آمینه هستند کمک کند. علاوه بر آن در دانه حبوبات نسبت بیشتری پروتئین به کربو هیدراتها وجود دارد. در کشورهای که مردم به رژیم غذایی گیاه خواری زیاد وابسته هستند، حبوبات در تأمین پروتئین نقش مهمی به عهده دارند و به همین دلیل گوشت مرد فقیر نامیده می‌شود.



بعد از غلات حبوبات مانند: سویا، بادام زمینی، نخود و لوبیا از مهمترین گیاهان زراعی هستند که در مناطق معتدله و گرمسیری کشت می شوند. این گیاهان دارای سه ویژگی عمومی زراعی هستند. اول این که بذر در میوه (غللاف) قرار دارد و به همین دلیل به همه آنها لگوم گفته می شود. دوم این که در اکثر گونه های مهم از نظر زراعی بذرهای نسبتاً درشت تولید کرده که به آن حبوبات می گویند. پروتئین این دانه ها از نظر لیزین غنی بوده و ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن آنها را تشکیل می دهد. سوم این که همه آنها می توانند ازت هوا را (از طریق زندگی همزیستی با باکتریهای ریزوبیوم ریشه) که میزان متوسط آن در حدود ۱۵۰ تا ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار در سال و حداکثر آن ۶۰۰ کیلو گرم در سال است، تثبیت کنند. بعضی از حبوبات دارای درصد بالایی روغن بوده و به همین دلیل منشأ روغنهای گیاهی هستند. به علاوه منبع غذایی خوبی برای دامها (به صورت علوفه سبز یا خشک) بوده به مقدار زیادی به عنوان گیاه مرتعی و یا برای اصلاح خاکها استفاده می شود.

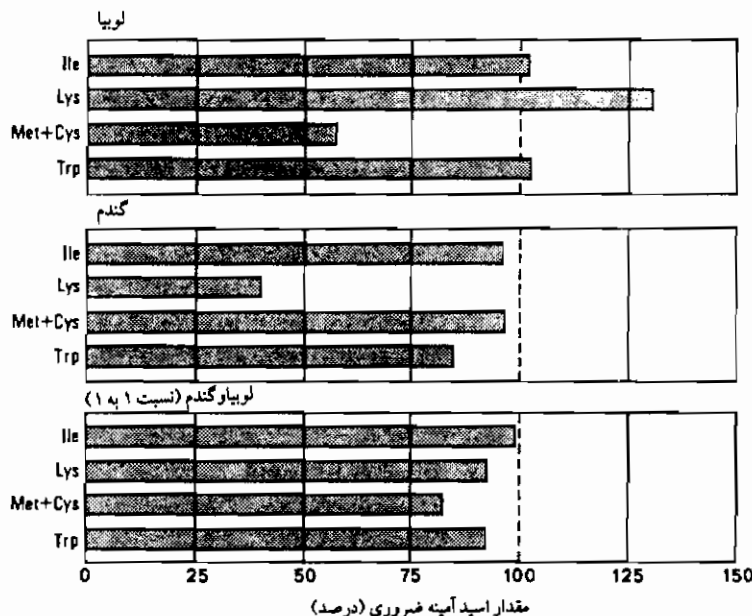


شکل ۲-۲ (a) - نسبت اسید آمینه های ضروری در آرد گندم. تعداد و مقدار اسید آمینه

که در سنتز پروتئین دخالت می کنند، نشان داده شده است. تمام لیزین استفاده می شود و اسید آمینه های اضافی (بخش ها شورخورده) ذخیره نشده اکسید می شوند. Leu = لوسین، Ile = ایزولوسین، Val = والین، Phe = فیل آلانین، Tyr = تیروزین، Thr = تیرونین، Lys = لیسین، Met = متیونین، Cys = سیستئین، Trp = تریپتوفان، His = هیستیدین (رسم مجلد از اسکریمشا و یانگ، ۱۹۷۶)

سه گیاه مهم بقولات دانه ای شامل: سویا، لوبیای معمولی و بادام زمینی است که بین آنها سویا گسترده تر و به مقدار بیشتری کشت می شود. سویا بومی ژاپن، چین و هند بوده

به عنوان غذا استفاده می‌شود. در دهه ۱۹۳۰ به عنوان گیاهی برای پوشش خاک و حفاظت آن به آمریکا معرفی شد و بعداً به عنوان یک گیاه چند منظوره درآمد. این گیاه به سادگی به آب و هوای گرم و مرطوب تابستانه و شرایط مکانیزه مناطق مرکزی آمریکا سازگار شد و در آنجا به صورت یک غذای عمده دامی درآمد. بعد از جنگ دوم جهانی سویا به عنوان یک گیاه صنعتی درآمد و بیش از ۱۵ درصد روغن خوراکی دنیا را تولید کرد. روغن سویا مهمترین ترکیب برای تهیه کره گیاهی، روغنهای مایع، صبحانه، شیر و خامه مصنوعی است و از مهمترین مواد تشکیل دهنده رنگها و روغنها و صابون و غیره است. همچنین برای تهیه فرآورده‌هایی نظیر گوشت استفاده می‌شود. بادام زمینی نیز منبع روغنهای خوراکی است و در مقایسه با سویا به فصول گرم و طولانیتر احتیاج دارد و منحصر به مناطق گرم حاره‌ای است. لوبیا یا لوبیای سبز (*Phaseolus Vulgaris*) یکی از هفده گونه لوبیای زراعی است. در کشاورزی فشرده لوبیا اغلب به دو منظور برای تهیه دام و کود سبز کشت می‌شود. بیشتر گونه‌های آن گیاهان یک ساله تابستانه هستند و احتیاج نسبتاً زیادی به باران یکنواخت در طول دوره رویش خود دارند.



شکل ۲-۲ (b) - مکمل پروتئین: لوبیا و گندم. خط مقطع نشان دهنده ۱۰۰ درصد

مقدار اسید آمینه در پروتئین استاندارد مرجع برای برآورده کردن نیاز انسان است که بوسیله FAO

پیشنهاد شده است (از اسکریمشاویانگ، ۱۹۷۶)

### گیاهان ریشه‌ای و غده‌ای

آخرین گروه گیاهان غذایی که در مناطق معتدله و گرمسیری اساس رژیم غذایی را تشکیل می‌دهند، گیاهان ریشه‌ای و غده‌ای هستند (شکل ۳-۲) که در میان آنها سیب زمینی که مهمترین و مؤثرترین گیاه برای تولید نشاسته است و یکی از اقلام اساسی غذایی در تمام کشورهای مناطق سرد و معتدله می‌باشد. این گیاه به فصل سرد رشد سازگار است و همچنین نیاز به رطوبت یکنواخت در طول تشکیل غده و نیز خاکهای سبک بازهکشی مناسب دارد. بالا بودن درجه حرارت بویژه در شبها می‌تواند از عوامل مؤثر در سرایت بیماری (Phytophthora infestants) که در اواسط قرن نوزدهم خسارت زیادی به سیب زمینی در ایرلند وارد کرد باشد. بعلاوه تکثیر غیر جنسی سیب زمینی امراض را مستعد می‌کند و در نتیجه تولید تجارتی بذر سیب زمینی انباری را دچار مشکل به آلودگی می‌سازد. سیب زمینی بذری را معمولاً در محدوده شمالی دامنه سازگاری آن یعنی خارج از حیطه آفات و بیماریهای این گیاه کشت می‌کنند. سیب زمینی یکی از پر محصول ترین گیاهان زراعی است ولی به سبب این که ۷۸ درصد وزن آن آب است، پس از چند ماه انبار کردن، قابلیت فساد دارد. در مناطق معتدله سایر گیاهان ریشه‌ای مانند شلغم و چغندر علوفه‌ای، از دیر باز برای تولید علوفه زمستانه کشت می‌شده است.

سیب زمینی شیرین و کاساوا از مهمترین گیاهان غده‌ای مناطق حاره هستند. در مناطق حاره و مرطوب که فصل رشد طولانی است و انبار کردن مواد غذایی مشکل است وابستگی سیستمهای سنتی معیشتی به گیاهان نشاسته‌ای از قبیل: یام و تارو زیاد است. این گیاهان برای تولید محصول خوب به روزهای بلند و شبهای گرم، در طول چهار ماه رشد سیب زمینی شیرین و کاساوا و ۸ تا ۱۲ ماه رشد برای یام و تارو نیازمند هستند. نیشکر یکی از گیاهان عمده زراعی است. مصرف شکر، بمقدار زیاد در کشورهای مناطق معتدله سابق زیادی ندارد و تنها در فاصله زمانی کمی وضعیّت آن، از یک کالای لوکس به کالای پر مصرف تغییر یافته است. این گیاه یکی از منابع عمده انرژی و چاشنی است و فرآورده‌های فرعی زیادی که از مهمترین آنها الکل و روغن است از آن حاصل می‌شود. توسعه سریع تکنولوژی سالهای اخیر در زمینه‌های کشت و کار و فرآیند سازی باعث تسهیل اهلی شدن این گیاه شده است. بویژه به نژادی در مقابل مقاومت به ویروس موزائیک نیشکر باعث شده است تولید اقتصادی آن در مناطقی که کشت می‌شود میسر گردد. نیشکر گیاهی است مخصوص مناطق حاره که

احتیاج به ۱۴-۱۲ ماه دوره رشد کامل دارد و پس از آن برای تجمع شکر تا زمانی که درجه حرارت مناسب شود در زمین نگه داری می‌شود. به باران فراوان نیاز دارد و در طول دوره ذخیره سازی قند به روزهای آفتابی زیادی محتاج است. چغندر قند نیز یکی دیگر از گیاهان نسبتاً جدید است که (به تکنولوژی پیشرفته جهت استخراج قند وابسته بوده است) شرایط محیطی مورد نیاز آن، شبیه سیب زمینی است. به روزهای بلند و نور فراوان، برای افزایش قند نیاز دارد و شرایط شور و قلیایی را بهتر از بیشتر گیاهان زراعی تحمل می‌کند.

پنبه تنها گیاه صنعتی است که رقیب عمده گیاهان زراعی غذایی بوده و مهمترین گیاه تولید کننده الیاف است. سایر گیاهان لیفی عبارتند از: کتان، کنف، سیسال  
پنبه از گیاهان قدیمی اهلی شده در آمریکای جنوبی و مرکزی و آسیا و آفریقا است. انواع مختلف آن بر حسب طول الیاف تقسیم بندی شده که مهمترین آنها عبارتند از:

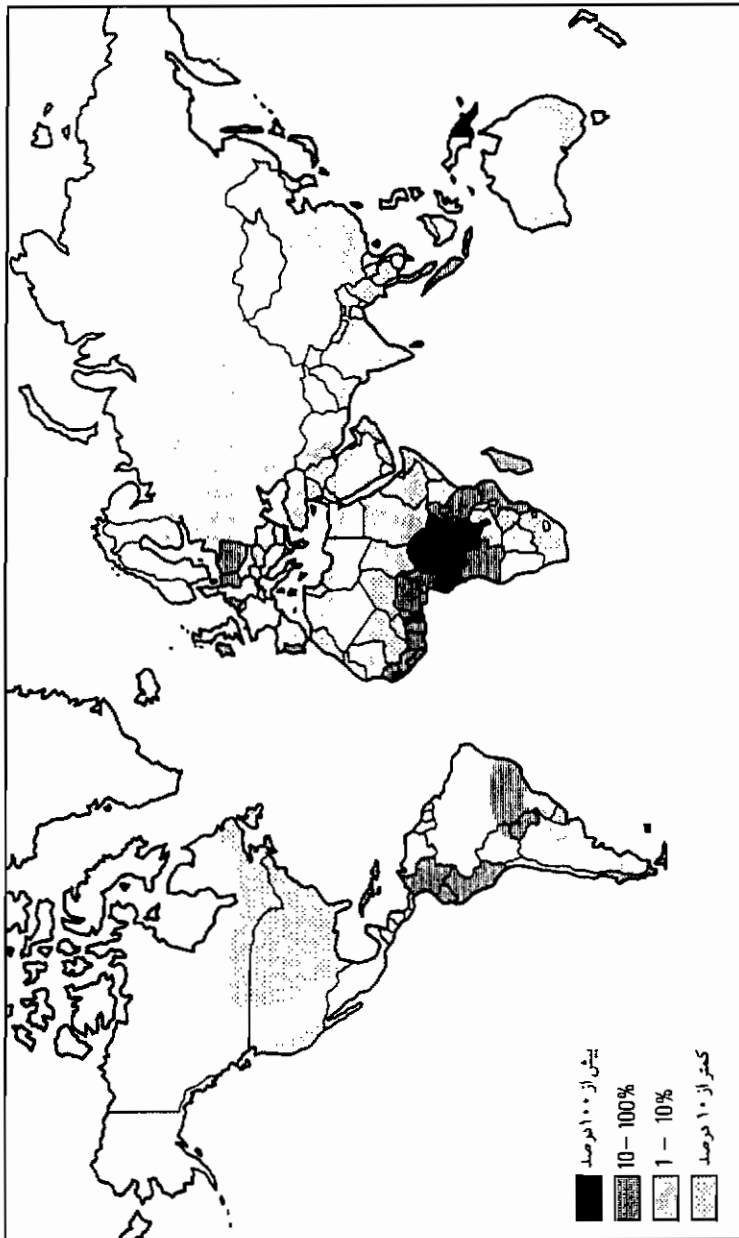
۱- آپلند آمریکایی (*Gossypium hirsutum*) الیاف کوتاه

۲- سی آپلند (*G. barbadense*) الیاف بلند

۳- پنبه مصری (*G. herbaceum*) الیاف بلند

۴- پنبه آسیایی (*G. arboreum*) الیاف کوتاه

پنبه های آپلند آمریکایی و مصری از مهمترین گونه هایی هستند که در گذشته و حال به صورت دو منظوره، برای تهیه الیاف و روغن در دنیای قدیم و جدید کشت می شده اند. متوسط درجه حرارت ۲۱-۲۲ درجه سانتی گراد و حداقل ۵۰۰ میلی متر بارندگی و عدم یخبندان در طول دوره رشد، از شرایط لازم برای موفقیت در زراعت پنبه است. اصولاً پنبه گیاهی چندساله با رشد نامحدود است که امروز به صورت یک ساله کشت می شود. اصلاح آن برای مقاومت در مقابل امراض و برداشت مکانیزه انجام گرفته است. پنبه اصولاً گیاهی دومنظوره است و بذر آن (۱۸ تا ۲۴ درصد روغن و ۱۶ تا ۲۰ درصد پروتئین) از مهمترین منابع روغنهای خوراکی است و باقیمانده بذرها پس از روغن کشی در تهیه کنجاله، برای غذای دام استفاده می شود. گیاهان دیگری که منبع روغن و غذای دام هستند شامل گلرنگ، کرچک، آفتابگردان، شاهدانه، کتان، کنجد و کلزا است. میوه بعضی درختان مناطق گرمسیری و نخلهای نیمه گرمسیری نظیر: نارگیل، نخل روغنی و زیتون برای مصرف محلی و نیز تولید روغن در سطح تجارتی کشت می شوند.



شکل ۳-۲- سطح زیر کشت گیاهان زراعی ریشه‌ای و غده‌ای به صورت درصدی از سطح زیر کشت  
غلات در سال ۱۹۷۸ (رسم مجّده از بالکستروفادن، ۱۹۸۲)

در حالی که تعدادی از گیاهان زراعی به دو منظور برای غذای انسان و دام کشت می‌شوند تعدادی از این گیاهان فقط به منظور علوفه کشت می‌شوند و در مجموع سطح زیادی از زمینهای زراعی را شامل می‌شوند. این گروه شامل علفهای چمنی و بقولات از قبیل شبدر، ماشک و یونجه است که در مناطق سرد و معتدله به عنوان چرای مستقیم، علوفه سیلویی، علوفه خشک و یا کودسبز در تناوب کشت می‌شوند. چون در گیاهان علوفه‌ای قسمت عمده تولید آن در طول دوره رشد مصرف می‌شود و یا برای تغذیه بعدی دام ذخیره می‌شود اهمیت نسبی آن بر حسب تولید و ارزش مشکل است، زیرا این پارامترها را نمی‌توان بدقت برای خیلی گیاهان مشخص کرد. به سبب حجم زیاد بجز در موارد خاص حمل و نقل آنها اقتصادی نیست.

بقیه گیاهان زراعی شامل سبزیجات و میوه جات است که چای و قهوه از مهمترین درختچه‌ها بوده انواع درختان را نیز شامل می‌شوند. هر یک از این گروه‌ها شامل گیاهانی هستند که در مقیاس کم (باغهای تخصصی یا تجارتي) و یا در مقیاس زیاد به صورت گیاه زراعی یا به صورت باغ و یا مانند درختان غیر مثمر به صورت جنگلهای مصنوعی کشت می‌شوند. در یک انتهای این طیف، کشاورزی به باغبانی و در انتهای دیگر به جنگل کاری وصل است که هر دو مورد از بحث این کتاب خارج است.

## فصل سوم

### اقلیم زراعی

در اصطلاحات کشاورزی گیاه زراعی واحد اصلی تولید در مزرعه است، در حالی که اتمسفر و خاک، تأمین کننده منابع ضروری دی اکسید کربن، آب، عناصر غذایی معدنی و تشعشع خورشیدی (انرژی نوری) هستند که فرآیند فتوسنتز یا تولید بیولوژیکی اولیه به آنها بستگی دارد. تمام گیاهان از نظر نیازهای محیطی خود برای حداکثر رشد و نیز از نظر دامنه تحمل به شرایط فیزیکی که محدود کننده رشد و یا نمو آنها است با هم فرق می کنند. آب و هوا که متوسط وضعیت طولانی مدت اتمسفری است، در مقیاس جهانی مهمترین فاکتور محدود کننده است. در حالی که گیاه وحشی یا غیر زراعی نیاز به نوعی شرایط اقلیمی دارد که تجدید نسل خود را بیمه کند، گیاه زراعی یا کالتی ژن به شرایطی نیاز دارد که باعث شود تولید (یا عملکرد) رضایت بخش و نسبتاً پایداری از اجراء قابل برداشت، یا اندامهایی که اختصاصاً برای آنها کشت می شوند برداشت شود. در کشاورزی تجاری عملکرد رضایت بخش به معنی کمیت و یا کیفیت محصول برداشت شده برای حصول حداکثر درآمد است. در اقتصاد معیشتی لازم است، غذای کافی از یک برداشت تا برداشت بعدی تأمین شود.

### الکیم و رشد گیاه زراعی

مقدار و سرعت رشد در هر گیاهی، به اختلاف بین فتوستتز ناخالص و خالص، یعنی فرآیندی که در طی آن ترکیبات پیچیده آلی (کربوهیدراتها) تشکیل می‌شوند بستگی دارد. این ترکیبات انرژی لازم را برای متابولیسم (رشد و نمو) و اجزاء ساختمانی که از آنها پروتئین و چربیها در نهایت، ستتز می‌شوند فراهم می‌کنند. اگر کمبود آب وجود نداشته باشد، رابطه زیاد موجود بین درجه حرارت و نور، سرعت و مقدار رشد گیاه زراعی را تعیین می‌کند و این رابطه اساس اختلاف بین گیاهان زراعی مناطق حاره، نیمه حاره، معتدل و معتدل سرد دنیا است. اخیراً ملاحظه شده است که پراکنش منطقه‌ای مربوط است به اختلافات موجود در فرآیندهای بیوشیمیایی که در فتوستتز دخیل هستند یعنی مسیرهای فتوستتزی خاص در گیاهان زراعی است در این مورد سه مسیر اصلی سه کرینه (C<sub>۳</sub>، سیکل کالوین)، چهار کرینه (C<sub>۴</sub>) و متابولیسم اسید کراسولاسه (CAM) وجود دارد. ویژگیهای فتوستتزی ارقامی که از این سه مسیر تبعیت می‌کنند در جدول ۱-۳ به صورت خلاصه آورده شده است و جدول ۲-۳ مثالهایی را از ارقام متداول در هر مسیر نشان می‌دهد. بر اساس دامنه مؤثر تحمل درجه حرارت و شدت نور ارقام به ۵ گروه عمده طبقه‌بندی می‌شوند. I و II (گونه‌های C<sub>۳</sub>)، III و IV (گونه‌های C<sub>۴</sub>) و V (گونه‌های CAM). دامنه‌ها در گروه II نسبت به I و در گروه IV نسبت به III بیشتر است. همان طوری که در جدول ۱-۳ نشان داده شده است در درجه حرارت و شدتهای نور بالا، ارقام C<sub>۴</sub> از نظر فتوستتزی کارایی بیشتری داشته‌اند آب را با کارایی بیشتری در مقایسه با ارقام C<sub>۳</sub> مصرف می‌کنند. حداکثر سرعت رشد در واحد سطح برگ در گونه‌های C<sub>۴</sub> می‌تواند ۲ تا ۳ برابر گونه‌های C<sub>۳</sub> باشد. گونه‌های C<sub>۳</sub> شامل غلات مناطق معتدل، سیب زمینی سفید و برنج است. گونه‌های C<sub>۴</sub> شامل ارقام حاره‌ای سورگوم، ذرت و نیشکر است. البته، در ارقام C<sub>۳</sub> و C<sub>۴</sub> حداکثر واکنشهای رشد وابسته به وجود شرایط مساعد محیطی است. ارقام C<sub>۴</sub> حداکثر رشد را تحت شرایط درجه حرارت سردتر و شدت نور کمتر در مقایسه با گونه‌های C<sub>۳</sub> دارند. البته، در شرایط مطلوب برای گونه‌های C<sub>۴</sub> اختلاف بین سرعت رشد گونه‌های C<sub>۴</sub> و C<sub>۳</sub> تا حدودی کم است.

دامنه جغرافیایی ارقام گروه II و گروه III با هم همپوشانی دارند. ارقام گروه IV (C<sub>۴</sub>) از قبیل ذرت در شدت نور زیاد، می‌توانند در اقلیمهای قاره‌ای معتدل که دارای تابستانهایی با نور خورشید و درجه حرارت بالایی است عملکرد زیادی را تولید کنند. به همین ترتیب ارقام



گروه II (C<sub>۲</sub>) مانند برنج، می توانند در مناطق حاره که در آن با دارا بودن اقلیم مونسون و بالا بودن درجه حرارت و شدت نور زیاد، در طی مرحله پر شدن دانه در شروع فصل خشک، عملکرد بالایی را تأمین کنند. در ارقام C<sub>۲</sub> که معمولاً در مقایسه با ارقام C<sub>۱</sub>، درجه حرارت پایین تری برای رشد آنها مطلوب است، در شرایط نیمه حاره، عملکرد خوبی تولید نمی کنند، در حالی که ارقام C<sub>۲</sub> که دارای درجه حرارت آستانه بالایی برای رشد هستند، (۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد) در مناطق معتدل سرد رشد نمی کنند.

گروه آخر یعنی گونه های CAM در مناطقی که تحت تنش آب است، سازگار هستند. این گیاهان مسیر فتو سنتزی مشابهی با گونه های گروه C<sub>۳</sub> دارند و واکنش به درجه حرارت در آنها نیز شبیه است. این گیاهان قادر به جذب و ذخیره سازی دی اکسید کربن در طی شب (زمانی که روزنه های آنها باز باقی می مانند) هستند و در طی روز زمانی که روزنه های آنها بسته هستند، عمل فتو سنتز را انجام می دهند. گونه هایی که مسیر CAM دارند در چندین خانواده گیاهی از گیاهان گوشتی قرار دارند و بخوبی به محیط های گرم و خشک که دامنه نوسانهای درجه حرارت روزانه آنها زیاد است، سازگاری پیدا کرده اند. البته فقط دو رقم مهم زراعی، به نام آگاو و آناناس در این گروه قرار دارند.

برای هر مرحله از رشد یک رقم خاص، دامنه ای از درجه حرارت وجود دارد که رشد و نمو می تواند صورت گیرد. درجه حرارتهای کاردینال یا آستانه عبارتند از: حداقل درجه حرارتی که کمتر از آن گرمای کافی برای فعالیت بیولوژیکی وجود ندارد، مقدار درجه حرارت مطلوب که سرعت فرایندهای متابولیکی در حداکثر است و حداکثر درجه حرارت که بالاتر از آن رشد متوقف می شود (درجه حرارتهای بالاتر ممکن است مضر یا کشنده باشند). یاتو (۱۹۸۱) درجه حرارتهای کاردینال را برای غلات مناطق سرد، صفر تا ۵ درجه سانتی گراد، ۲۵ تا ۳۱ درجه سانتی گراد و ۳۱ تا ۳۷ درجه سانتی گراد و برای غلات مناطق گرم ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی گراد، ۳۱ تا ۳۷ درجه سانتی گراد و ۴۴ تا ۵۰ درجه سانتی گراد اعلام کرده است. بعضی از گیاهان زراعی در رابطه با واکنش به درجه حرارت اصطلاحاً ترموپرودیگ هستند، یعنی در این گروه از گیاهان برای رشد و نمو لازم است درجه حرارت در شب کم شود و در طول روز افزایش یابد. بعضی از گیاهان زراعی قبل از این که در طی فصل رشد گلدهی و دانه بندی بتواند صورت گیرد، نیاز به درجه حرارت نزدیک به صفر دارند (یعنی ورنالیزاسیون یا بهاره سازی).

جدول ۱-۳- مسیرهای فتوسنتزی در گروههای اصلی گیاهان زراعی

گیاه زراعی				
V	IV	III	II	I
CAM	C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>
۲۵-۳۵	۲۰-۳۰	۳۰-۳۵	۲۵-۳۰	۱۵-۲۰
۱۰-۴۵	۱۰-۳۵	۱۵-۴۵	۱۰-۴۰	۵-۳۰
شدت تشعشع در حداکثر فتوسنتز				
۰/۶-۱/۴	۱-۱/۴	۱-۱/۴	۰/۴-۰/۸	۰/۲-۰/۶
حداکثر سرعت خالص تبادل CO <sub>2</sub> در اشباع نوری				
۲۰-۵۰	۷۰-۱۰۰	۷۰-۱۰۰	۴۰-۵۰	۲۰-۳۰
حداکثر سرعت رشد گیاه زراعی				
۲۰-۳۰	۴۰-۶۰	۳۰-۶۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰
کارایی مصرف آب				
۵۰-۲۰۰	۱۵۰-۳۵۰	۱۵۰-۳۰۰	۳۰۰-۷۰۰	۴۰۰-۸۰۰
(گرم بر گرم)				

\* C<sub>p</sub>، سه کرانه. C<sub>p</sub> چهار کرانه. CAM، متابولیسم اسید کراسولاسه (از FAO، ۱۹۷۸)

برخی از گیاهان زراعی فتو پرودیک هستند و برای گلدهی فتو پرود خاصی نیاز دارند و در این مورد به چهار گروه تقسیم می شوند (میلنورپ و موری، ۱۹۷۹):

۱- روز کوتاه (یاشب بلند) که نیاز به طول شب کمتر از ۱۲ ساعت دارند (به عنوان مثال: سویا، سیب زمینی شیرین).

۲- روز بلند (یاشب کوتاه) حداقل به ۸ ساعت نیاز دارند (به عنوان مثال: غلات دانه ریز).

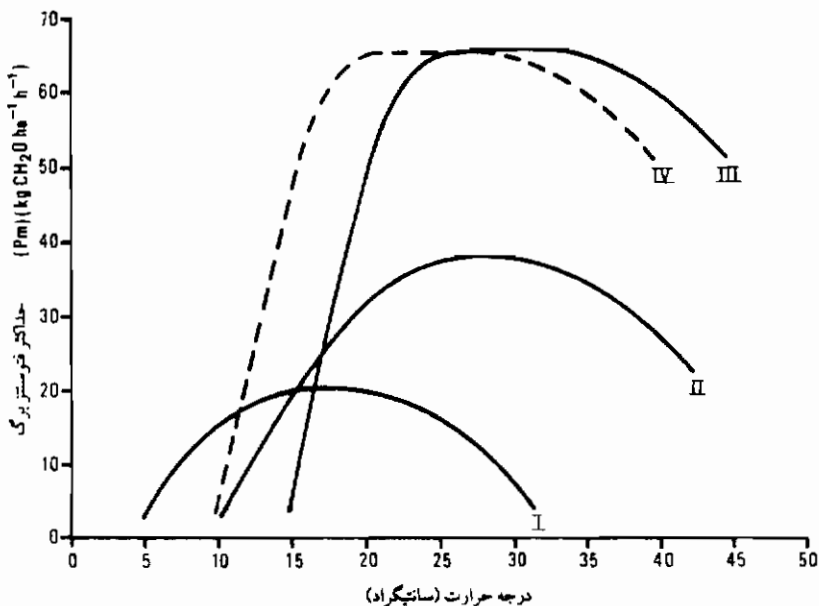
۳- روز خشی، تحت تأثیر نوسانهای فتو پرودی قرار نمی گیرند.

۴- ارقام روز بلند و روز کوتاه اختیاری که گلدهی آنها به ترتیب در اثر شبهای بلندتر یا کوتاhter تسریع می شود. این بزرگترین گروهی است که اغلب ارقام به آن تعلق دارند.

گیاهان زراعی روز بلند، به عرضهای جغرافیایی بالا محدود می شوند، در حالی که کشت گیاهان زراعی روز کوتاه و روز متوسط ممکن است، به عرضهای جغرافیایی پائین و بالا، یعنی تنها در جاهایی که فصلهای بهار یا پاییز به اندازه کافی گرم هستند تا بتوانند چرخه برداشت خود را کامل کنند، محدود می شوند. البته، در جایی که شرایط درجه حرارت و یا

نور برای تولید بذر پایین تر از حد مطلوب است، رشد رویشی گیاهان زراعی به منظور تولید علوفه کافی است.

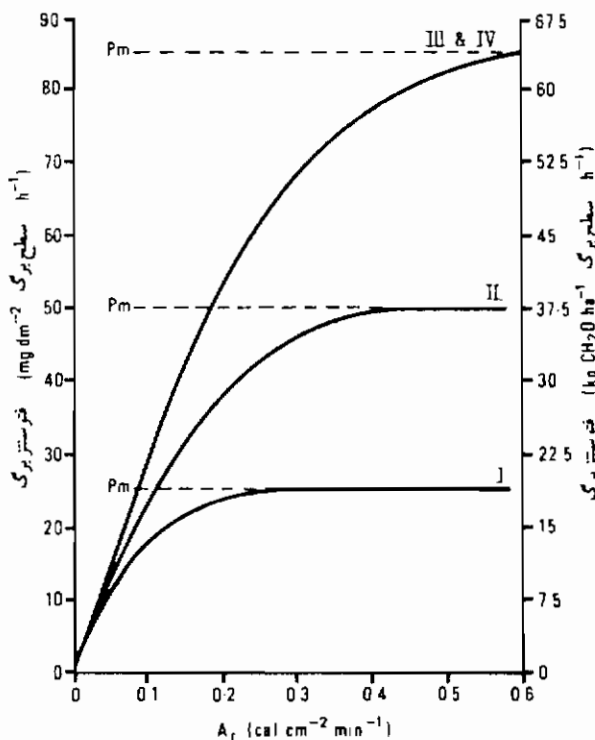
مناسب بودن آب و هوا برای زراعت نیز به نیازهای فنولوژیکی، یا مراحل رشد یک رقم خاص بستگی دارد (شکل ۲-۳ را ملاحظه کنید). هر کدام از طریق یک سلسله مراحل پیاپی انجام می شود (جوانه زنی، غنچه دهی، گلدهی، لقاح، میوه دهی، رسیدگی) و هر کدام نیاز به دامنه و طول مدت بخصوصی از شرایط محیطی، برای شروع و تکمیل خود دارد. طول دوره فنولوژیکی یا رشد گیاه زراعی خصوصیتی ژنتیکی است. البته در این دوره، مراحل یا سیکلهای رشد می توانند با تغییر در شرایط هوا، کوتاه یا طولانی شوند.



شکل ۳-۱ (الف) - متوسط روابط بین حداکثر سرعت فتوسنتز برگ و درجه حرارت برای گروههای گیاهان زراعی I، II، III و IV (از FAO، ۱۹۷۸).

در این مورد بعضی از گیاهان زراعی دارای رشد محدود هستند یعنی گلها (باضافه میوه و بذرها) بر روی شاخ های انتهایی تشکیل می شوند. غلات و علوفهای چمنی نیز، جزء این گروه هستند و زمانی که جوانه انتهایی وارد مرحله زایشی می شود، دیگر برگ تشکیل نمی شود.

گیاه بدون توجه به شرایط محیطی، وارد مراحل رسیدگی خود می‌شود. دیگر گیاهان زراعی دارای رشد نامحدود هستند، یعنی گلها و میوه اغلب به صورت متوالی بر روی شاخه‌های جانبی تشکیل می‌شوند. در این شرایط جوانه انتهایی در حالت رویشی باقی می‌ماند و تشکیل برگ در طول چرخه زندگی گیاه ادامه می‌یابد و فتوسنتز تا پایان فصل رشد، تداوم خواهد داشت.



شکل ۱-۳ (ب) - رابطه بین سرعت فتوسنتز برگ ( $P_m$ ) در درجه حرارت مطلوب و تشعشع فعال فتوسنتزی ( $A_r$ ) برای گروههای گیاه زراعی I، II، III، IV و  $P_m$  حداکثر سرعت فتوسنتز برگ در اشباع نوری است (از FAO، ۱۹۷۸).

درک رابطه نمو گیاه زراعی با عوامل اقلیمی باعث شده است که کاربرد تکنیکهای زمان بندی، برای مرحله بندی کاشت و برداشت گیاهان زراعی یک ساله بطور فزاینده ای اهمیت پیدا کند، بطوری که بیشترین استفاده از زمان و فضای موجود صورت گیرد. زمانی کشاورزان از

گیاهان راهنما برای زمان بندی کاشت و برداشت استفاده می کردند. به عنوان مثال، در ایالات متحده آمریکا اوکین مهاجرین انگلیسی معتقد بودند، که زمان کاشت ذرت موقعی است، که برگهای بلوط سفید به اندازه پای سنجاب باشد و یا پوست چوب زغال اخته، سفید شود (ونگ، ۱۹۷۲). زمان بندی بخصوص در درختان میوه و سبزیجاتی اهمیت دارد، که به صورت یخ زده یا منجمد به بازار عرضه می شوند. تورنت وایت یکی از اوکین اقلیم شناسانی بود که برای کاشت و برداشت نخود برای منجمد کردن تقویم اقلیمی را در دهه ۱۹۵۰ ارائه کرد (ونگ، ۱۹۷۲). در این تقویم تعداد واحدهای رشد (متوسط واحدهای تجمعی روزانه انرژی خورشیدی) مورد نیاز، بین جوانه زنی تا رسیدگی قابل محاسبه است. کوششهایی صورت گرفته است تا برای گیاهان زراعی مختلف، واکنش گیاه زراعی (و بنابراین فصل زراعی) به پراکنش درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه به صورت هفتگی تعیین شود. به عنوان مثال، نیومن و ونگ (۱۹۵۹) فصول زراعی را برای ایندیانا ی جنوبی به صورت زیر تعریف کردند:

۱- زمستان. گیاهان زراعی در حالت رکود هستند. بیش از ۲۰ درصد متوسط درجه حرارتهای روزانه ۸/۵ درجه سانتی گراد یا کمتر است.

۲- بهار. زود: گیاهان زراعی چند ساله فصل سرد شروع به رشد می کنند و گیاهان یک ساله مانند یولاف کاشته می شود، ۲۰ درصد درجه حرارتهای حداقل کمتر از ۸/۵ درجه سانتی گراد است. زمانی که ۱۰ درصد این درجه حرارتهای به صفر درجه سانتی گراد برسد، این فصل پایان می یابد. دیر: گیاهان زراعی فصل گرم مانند ذرت دندان اسبی کاشته می شود. گیاهان زراعی فصل سرد رشد سریعی دارند، زمانی که کمتر از ۱۰ درصد درجه حرارتهای حداقل روزانه به صفر درجه سانتیگراد یا کمتر برسد شروع شده و زمانی که ۵ درصد یا کمتر از ۵ درصد از درجه حرارتهای حداقل روزانه به ۵ درجه سانتی گراد یا کمتر برسد به پایان می رسد.

۳- تابستان. گیاهان زراعی فصل گرم مانند سویا به سرعت رشد می کنند. غلات دانه ریز (یک ساله) فصل سرد برداشت می شوند. ۵ درصد از درجه حرارتهای حداقل روزانه ۵ درجه سانتی گراد یا کمتر است و ۲۰ درصد درجه حرارتهای حداکثر روزانه ۷۰ درجه سانتی گراد است.

۴- پاییز. گیاهان زراعی فصل سرد (غلات زمستانه) کشت می شوند و غلات فصل گرم به سرعت می رسند.

جدول ۲-۳- ویژگی‌های رشد اندام قابل برداشت گرمه‌های نرستری گیاهان زراعی ۱۷۶

گیاه زراعی	تعداد روزهای تا مرحله رسیدگی / اندام قابل برداشت	مورد استفاده	محل رشد	جیات رشد	عملکرد تشکیل	PS <sup>۱</sup>	T <sup>۲</sup>		
گرمه (C <sub>۳</sub> ) سیب زمینی	۹۰-۱۱۰ (EC) ۱۲۰-۱۴۰ (MEC) ۱۵۰-۱۸۰ (LC)	غده	میزی	ID	A	US	MA	V	CHT
شانم آفتابگردان (Helianthus annuus) (TTEC)	۱۰۰-۱۲۰ (UBC, EC) ۱۳۰-۱۶۰ (BC, LC)	بذر	روغن	D	A	TI	LT	LD/DN	
جو (Hordeum vulgare)	۱۰۰-۱۳۰ (SC) ۱۸۰-۲۴۰ (WC)	بذر	دانه (C)	D	A	TI	LT LP	LD/DN LD	CHF
گندم (Triticum aestivum) (TTEC)	۱۰۰-۱۳۰ (SC) ۱۸۰-۲۴۰ (WC)	بذر	دانه (C)	D	A	TI	LT LP	LD/DN LD	CHTI CHF/CHTI
یولاف (Avena sativa)	۱۰۰-۱۳۰ (SC) ۲۱۰-۲۷۰ (WC)	بذر	دانه (C)	D	A	TI	LT LP	LD/DN LD	CHT CHF/CHTI
چاودار (Secale cereale)	۱۱۰-۱۳۰ (SC) ۲۱۰-۲۷۰ (SC)	بذر	دانه (C)	D	A	TI	LT LP	LD/DN LD	CHT CHF/CHTI
چغندر (Beta vulgaris)	۱۶۰-۲۴۰	ریشه	قند	D	A/N	R	MA	LD	CHF

## ادامه جدول ۳-۲

T**	PS*	دوره تشکیل	محل عملکرد	دوره حیات	رشد	عمده	مورد استفاده	اندام	تعداد روزهای تار حله رسیدگی / دوره رشد*		گیاه زراعی
									قابل برداشت	دوره رشد	
-	DN	ME	LI	A	ID	دانه (L)، روغن، کیک	دانه (L)، روغن، کیک	بذر	۹۰-۱۱۰ (SBC) ۱۲۰-۱۴۰ (ABC)		بادام زمینی (Arachis hypogaea)
-	DN	ME	LI	A	D	دانه (L)، روغن، کیک	دانه (L)، روغن، کیک	بذر	۹۰-۱۳۰ (EC) ۱۴۰-۱۸۰ (LC)		سویا (TRC) (Glycine max)
-	SD	LT	TI	A	D	روغن	روغن	بذر	۱۰۰-۱۲۰ (UBC, EC) ۱۳۰-۱۶۰		آفتابگردان (TRC) (H. annuus)
-	DN	LT	TI	A	D	دانه (C)	دانه (C)	بذر	(BRC, LC) ۱۰۰-۱۳۰ (EC) ۱۴۰-۱۸۰ (LC)		برنج (PR) (Oryza sativa)
-	SD/DN	ME	LI	A	ID	الیاف، روغن، کیک	الیاف، روغن، کیک	بذر پنبه	۱۳۰-۱۴۰ (OLC) ۱۶۰-۱۸۰ (NLC)		پنبه (Gossypium hirsutum)
-	SD	MA	R	(SP)A	ID	غده، نشاسته	غده، نشاسته	غده	۱۸۰-۲۷۰ (EC) ۲۷۰-۳۶۵ (LC)		کاساوا (تاپوکا) (Manihot esculenta)
-	V	MA	R	(SP)A	ID	غده	غده	غده	۲۱۰-۲۴۰		پام سفید (Dioscorea rotundata)
-	DN	SG	LI	(P)A	ID	روغن، کیک	روغن، کیک	بذر	۳۳۰-۳۶۵		نخل روغنی (Elaeis guineensis)

# اندامه جدول ۳-۲

گیاه زراعی	تعداد روزهای تا مرحله رسیدگی / دوره رشد*	قابل برداشت	صده	مورد استفاده	خصوصیت دوره	محل	دوره	تکثیر	PS*	T**
<b>گروه III (C<sub>4</sub>) φ</b>										
ارزن معمولی (Panicum milliaceum) (TRC)	۷۰-۱۰۰	بذر	دانه (C)	دانه	D	A	TI	LT	-	-
سورگوم (Sorghum bicolor) (TRC)	۹۰-۱۱۰ (EC) ۱۲۰-۱۳۰ (MEC) ۱۴۰-۲۴۰ (LC)	بذر	دانه (C)	دانه	D	A	TI	LT DN/SD SD LP	-	-
ذرت (Zea mays) (TRC)	۸۰-۱۰۰ (EC) ۱۱۰-۱۳۰ (MEC)	بذر	دانه (C)، روغن	دانه (C)	D	A	TI	LT	-	-
<b>پیشگر</b>										
(Saccharum officinarum) گروه IV (C <sub>4</sub> )	۲۷۰-۳۶۵	ساقه	قند	دانه (C)	D	A/B	S	MA	-	-
ارزن معمولی (Panicum milliaceum) (TEC, TRHC)	۸۰-۱۰۰	بذر	دانه (C)	دانه	D	A	TI	LT	-	-
سورگوم معمولی (Sorghum bicolor) (TEC, TRHC)	۱۱۰-۱۳۰ (EC) ۱۴۰-۱۶۰ (MEC) ۱۷۰-۲۸۰ (LC)	بذر	دانه (C)	دانه	D	A	TI	LT DN/SD SD	-	-
ذرت (Zea mays) (TEC, TRCH)	۱۱۰-۱۳۰ (EC) ۱۴۰-۱۶۰ (MEC) ۱۷۰-۲۰۰ (LC)	بذر	دانه (C)	دانه	D	A	TI	LT	-	-

بوم شناسی کشاورزی



## جدول ۳-۲

گیاه زراعی	نماد روزهای تا مرحله رسیدگی / اقدام مورد استفاده خصوصیت دوره محل دوره				T**	PS*
	دوره رشد*	قابل برداشت	عمده	رشد	حیات عملکرد	تشکیل
<b>گروه V (CAM)</b>						
آکاو (Agave sisalana)	۲۷۰-۳۶۵	برگ	D	B	MA	LE
آناناس (Ananas comosus)	۳۶۵	میوه	D	SP	SD	TI

\* روزهای تارسیدی برای گیاهان یک ساله. دوره رشد مورد نیاز برای گیاهان دو ساله و چند ساله.

PS\*، حساسیت فتو پریودی گلدهی.

T\*\*، محدودیت خاص از نظر درجه حرارت.

Φ، دیگر گیاهان زراعی در گروه III به قرار زیر هستند: ارزن ژاپنی (برنج گرسنگان - نه Oryza)، ارزن دم رویاهی، ارزن انگشتی و ارزن مرواریدی.

A، یک ساله. ABC، رقمی که به صورت متناوب انشعاب حاصل کرده است. B، دوساله. BC، رقم پوته ای. BRC، رقم منشعب.

C، غلات. CHF، نیاز به سرما برای گلدهی. CHT، نیاز به سرما برای غده دهی. CHTI، نیاز به سرما برای پنجه زنی.

D، رشد محدود. DN، گیاه زراعی روز خشتی. EC، رقم زودرس. ID، رشد نامحدود. L، بقولات. LC، رقم دیررس. LD، روز بلند. LE، برگ. LI،

گل آذین جانی. LP، آخرین مرحله در زندگی گیاه. LT، دوره سوم رشد و نمو گیاه. MA، بیشتر یا تمام دوره زندگی گیاه زراعی. ME، از اواسط تا اواخر

دوره زندگی گیاه زراعی. MEC، رقم متوسط رس. N، معمولی. NLC، پنبه یا برگ معمولی. OLC، پنبه یا برگ بامیه ای شکل. P، چند ساله.

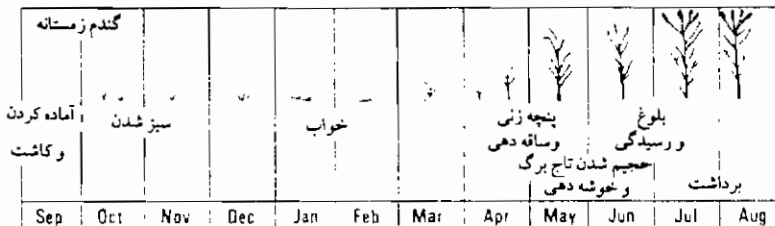
Q، کیفیت عملکرد که تحت تاثیر حرارت قرار می گیرد. R، ریشه. RH، ریزوم. S، ساقه. SBC، رقمی که به صورت متوالی انشعاب حاصل کرده است.

SC، رقم بهار. SD، روز کوتاه. SG، بخش کوچکتر یا بزرگتری از زندگی گیاه. SP، رقم با دوره زندگی کوتاه. TEC، رقم مخصوص منطقه معتدله.

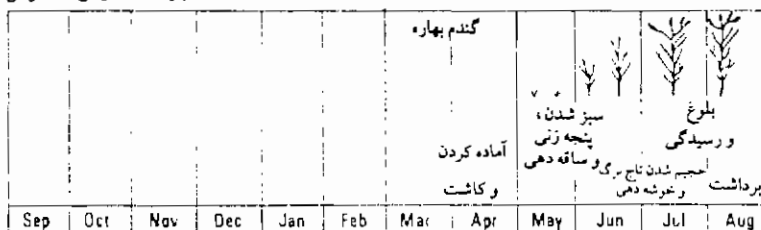
TI، گل آذین انتهایی. TRC، رقم مخصوص منطقه حاره.

US، رقم غیر منشعب. V، متغیر. WC، رقم آبرزی. (۱۹۷۸، FAO).

مراحل رشد گندم زمستانه و بهاره



چرخه مخصوص در کانزاس



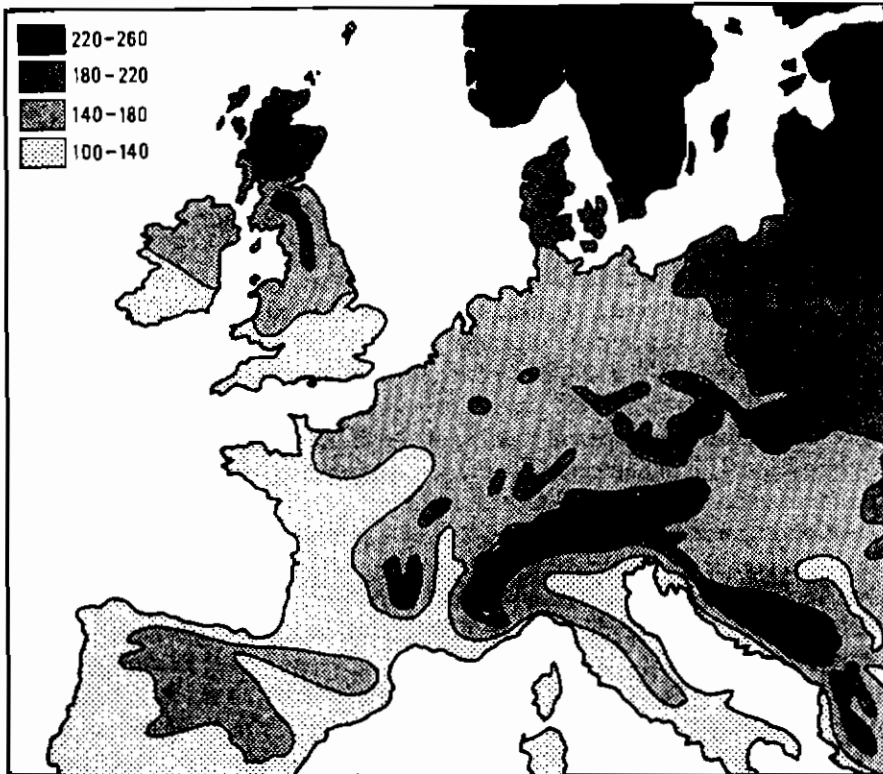
چرخه مخصوص در داکوتای شمالی

شکل ۲-۳- مراحل رشد گندم زمستانه در کانزاس و گندم بهاره در داکوتای شمالی

(از مک دونالد و هال، ۱۹۸۰، با اجازه از NASA)

تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی نیاز به تطابق زمانی چرخه رشد گیاه زراعی با شرایط اقلیمی دارد. یک گیاه زراعی بخصوص ممکن است در برگیرنده چندین رقم با چرخه های زندگی متفاوت باشد. البته طول مدت مطلوب چرخه رشد باید به ترتیبی باشد، که باعث شود رشد رویشی باندازه کافی باشد تا بطور ممتد (مانند حبوبات، گیاهان ریشه ای و دیگر گیاهان زراعی با رشد نامحدود) یا متعاقب (همانند غلات با رشد محدود) از فعالیتهای لازم برای تولید عملکرد، در فصل رشد حمایت کند.

فصل رشد اقلیمی یا آنچه دو کهام (۱۹۶۳) آن را فصل رشد جغرافیایی نامیده است را می توان مدت زمانی (برحسب روز، هفته یا ماه) از سال تعریف کرد، که متوسط نزولات و درجه حرارت توأماً باعث رشد و نمو گیاهان زراعی شود (شکل ۳-۳ را ملاحظه کنید). این تعریف مفهوم فصل رشد از دیدگاه کشاورزی است و بر اساس روابط تجربی بین اقلیم و رشد گیاه زراعی و نیز گرما و رطوبت به عنوان دو فاکتور عمده محدود کننده است. کوششهای قابل توجهی برای کمی کردن این تعریفها صورت گرفته است.



شکل ۳-۳- طول مدت دورهٔ رویشی در اروپا: تعداد روزهای بین کاشت غلات تابستانه در بهار و کاشت غلات زمستانه در پاییز (چاپ مجدد از سیمن و همکاران، ۱۹۷۹)

فصل رشد گرمایی بطور کلی به صورت مدت زمانی تعریف می شود که متوسط درجهٔ حرارت روزانه همیشه بالاتر از درجهٔ حرارت آستانه یا پایه باشد. میانگین حرارت ۶ درجه سانتی گراد، مقداری است که از قدیم مورد استفاده بوده همچنان متداولترین درجه حرارت است. این عدد در اصل، به این دلیل انتخاب شد که فرض می شد که این درجهٔ حرارت متوسط آستانه حرارت برای شروع رشد غلات و علفهای چمنی مناطق معتدل است. ممکن است که یک گیاه زراعی از این آستانه خیلی منحرف شود در حالی که این مورد در مناطق حاره یعنی جایی که بسیاری از گیاهان زراعی برای رشد مطلوب، نیاز به درجهٔ حرارت پایه بالاتر از این

سطح دارند نامربوط است. بعلاوه، درجه حرارت‌های بالاتر از حد مطلوب که مستقیم یا غیر مستقیم رشد را کاهش می‌دهند، به حساب نمی‌آیند. سازمان کشاورزی آمریکا بین فصل رویشی که در بالا تعریف شد و تعداد روزهای بین متوسط تاریخ اولین و آخرین یخبندان خطرناک، تمایزی قائل شده است. آخرین یخبندان خطرناک در مشخص کردن محدوده رشد اقتصادی گیاهان زراعی که ارزش زیادی دارند، اما به یخبندان حساسند مانند پنبه و مرکبات اهمیت بیشتری دارد. در این مورد یخبندان خطرناک به صورت یخبندانی با شدت کافی برای صدمه زدن به بیش از ۵۰ درصد پوشش طبیعی گیاهان منطقه تعریف می‌شود. با توجه به مشکلات استاندارد کردن استفاده از این پارامتر و بخاطر استفاده از حداقل درجه حرارت‌های بحرانی بالاتر یا پایین تر از صفر درجه سانتی گراد برای بعضی از گیاهان زراعی و مراحل رشد آنها از این پارامتر، دیگر استفاده نمی‌شود.

رابطه بین مقدار گرما و نمو گیاه برای اولین بار به وسیله رثامور (مخترع دماسنج الکلی) در سال ۱۷۳۵ با جمع کردن میانگین درجه حرارت در طی هر مرحله از نمو گیاه به صورت کمی بررسی شد. با وجودی که این پارامتر اهمیت چندانی پیدا نکرد؛ اما اساسی برای مفهوم درجه حرارت‌های تجمعی، به عنوان معیاری از گرمای نسبی یک فصل رشد با طول مدت مشخص شد. شاخص باقیمانده یا مجموع، از طریق جمع کردن میانگین درجه حرارت‌های روزانه بالاتر از یک آستانه معین و بیان آنها بر حسب تعداد درجه-روز (یا واحدهای گرمایی) محاسبه می‌شود. درجه حرارت آستانه که بطور گسترده‌ای برای اهداف مقایسه‌ای استفاده می‌شود ۶ درجه سانتی گراد است. البته از درجه حرارت‌های آستانه دیگری برای اهداف بخصوص استفاده می‌شود. مثلاً از ۱۰ درجه سانتی گراد برای تعیین مناسب بودن مناطق معتدله برای گیاهان زراعی مانند ذرت که نیاز به گرمای زیادی در تابستان دارد استفاده می‌شود. وزارت کشاورزی، غذا و شیلات انگلستان (۱۹۷۶a، MAFF) گرمای تابستانه را درجه حرارت‌های بالاتر از ۱۰ درجه سانتی گراد و سرمای زمستانه را درجه حرارت‌های پائین تر از ۱۰ درجه سانتی گراد تعریف کرده است. از درجه حرارت‌های تجمعی می‌توان برای محاسبه نیاز گرمایی یا سرمایی گلخانه‌ها و دیگر ساختمانهای کشاورزی به شرط محسوب کردن سرعت باد، استفاده کرد. همچنین از مجموع درجه حرارت‌های پایتتر از یک چنین آستانه‌های بحرانی مانند صفر درجه سانتی گراد برای نشان دادن رابطه با شدت سرما برای گیاهان زمستانه یا گیاهان زراعی سبز زمستانه استفاده می‌شود.

مفهوم درجه حرارتهای تجمعی به صورت یک رابطه خطی بین افزایش گرما و افزایش رشد گیاه زراعی در نظر گرفته می شود و ویژگی رابطه نمایی و وقوع درجه حرارتهای فوق مطلوب که می تواند رشد را کاهش داده یا در موارد شدید، به طور کامل باعث توقف رشد شود، در نظر گرفته نمی شود. بعلاوه این مفهوم نمی تواند تغییرات درجه حرارتهای آستانه را با مراحل نمو، یا دامنه درجه حرارتهای روزانه را که می تواند برای رشد موفقیت آمیز بعضی از ارقام ضروری یا مخرب باشد، منظور سازد. منحنی درجه حرارت تجمعی با منحنی فصلی درجه آفتابی موازی است؛ ولی تغییرات سالانه آن کمتر است. چون نور مستقیماً بر رشد گیاه اثر می گذارد، احتمالاً می تواند شاخص بهتری از پتانسیل فصل رشد، در مقایسه با درجه حرارت باشد. همچنین کاهش طول مدت فصل رشد و شدت گرمای آن، با افزایش عرض جغرافیایی، از طریق بلندتر شدن طول روز، جبران می شود. بدین ترتیب اگر اطلاعات در دسترس باشد، شاخصی که بتواند درجه - روز را با متوسط ساعات روشنایی روز (متوسط ساعات روشنایی روز  $\times$  درجه - روز = واحدهای فتوترمال) در یک عرض جغرافیایی خاص ترکیب کند، از دید زراعی، می تواند شاخص مفیدتری باشد.

البته عقیده بر این است که تعرق مطلق، در مقایسه با درجه حرارت تجمعی، شاخص معتبرتری در ارتباط با پتانسیل رشد، در طی فصل رشد گرمایی است. زیرا شاخص مذکور بر اساس نهاده مستقیم انرژی خورشیدی است. مجموع تعرق مطلق موثر روزانه (یعنی زمانی که کمبود آب در منطقه اصلی ریشه دهی خاک کمتر از ۵۰ میلی متر است) شاخص نسبی خوبی از تولید، بویژه برای علفهای چمنی است. استفاده از اطلاعات اقلیمی استاندارد، برای توصیف فصل رشد دو عیب اساسی دارد. اول این که ضمیمت اتمسفر اطراف گیاه را توصیف نمی کنند (یعنی میکرواقلیم). اغلب پارامترهای هواشناسی در ارتفاعی بالاتر از سطح کلی اکثریت گیاهان زراعی، ثبت می شوند. دوم این که ممکن است بین اقلیم ریشه و اقلیم بخشهای هوایی اختلاف زیادی وجود داشته باشد. در نتیجه در حال حاضر درجه حرارت خاک نسبت به درجه حرارت هوا از نظر زراعی اهمیت بیشتری پیدا کرده است زیرا درجه حرارت خاک بر فعالیتهایی مانند: جوانه زنی و توسعه ریشه و در نتیجه بر رشد در بالا و پایین سطح خاک مؤثر است. درجه حرارت خاک می تواند (اگر اطلاعات موجود باشد) معیار واقعی و قابل قبول تری از طول مدت رشد و شدت آن را نسبت به درجه حرارت هوای آزاد بدهد. پیشنهاد شده است که برای علفهای چمنی در انگلستان و ولز (MAFF, ۱۹۷۶a)

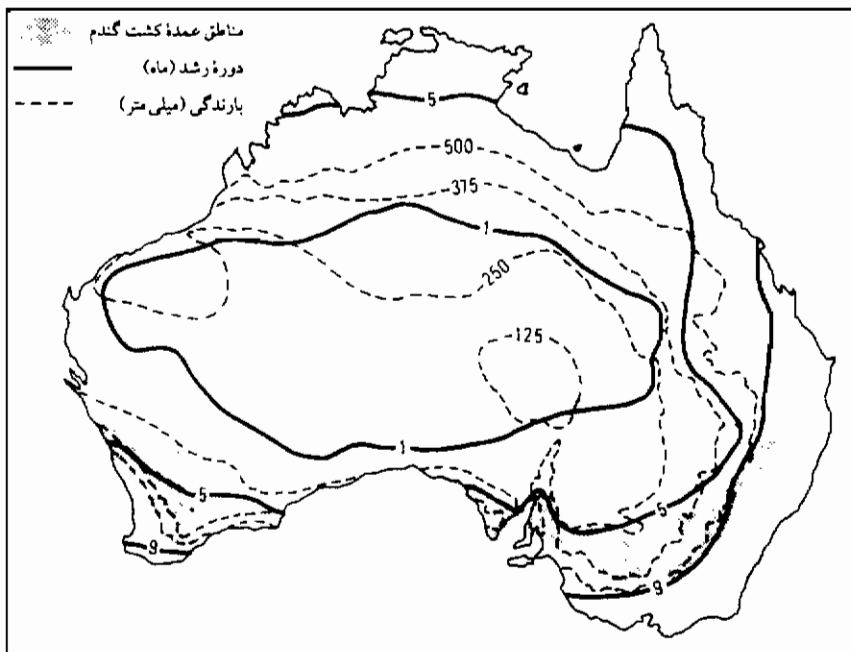
می‌توان از طول مدت زمانی که درجه حرارت خاک در ۳۰ سانتی متری زیر پوشش گیاهی بالاتر از ۶ درجه سانتی گراد باقی می‌ماند، استنتاج کرد. در این عمق نوسانهای روزانه درجه حرارت، در زمان ثبت کردن یعنی در ساعت ۹ صبح بسیار ناچیز است. افق خاک بالاتر از این عمق، به منظور اجتناب از اثر نوع خاک و نوع بهره برداری زمین، بر روی رژیم حرارتی حذف می‌شود. البته باید توجه داشت که فصل رشد و فصل چرا لزوماً با هم تطابق ندارند، زیرا علف چمنی باید تا ارتفاعی رشد کند که بدون این که دام آسیب ببیند، بتواند به اندازه کافی از آن برداشت کند. علاوه بر آن پایان فصل چرا را نمی‌توان به آسانی مشخص کرد؛ زیرا این موضوع می‌تواند بستگی به فاکتورهای غیر از رشد علف چمنی داشته باشد. درجه حرارت تجمعی خاک (یا جمع T) را می‌توان به عنوان شاخصی برای زمان کاربرد کودهای شیمیایی (بخصوص ازت) معدنی، به منظور منطبق شدن مصرف آن با رشد گیاه زراعی، در بهار استفاده کرد.

### فصل رشد مرطوب

طول مدت و درجه تأثیر فصل رشد، بستگی به قابلیت دسترسی آب کافی در خاک برای شروع رشد و اطمینان از نمو موفقیت آمیز محصول دارد. در بسیاری از مناطق دنیا آب، فاکتور عمده محدود کننده کشت گیاهان زراعی است.

قابلیت دسترسی آب برای گیاه بستگی به مقدار باران مؤثری دارد که وارد مخزن خاک شده و بوسیله آن نگهداری می‌شود. بیان کمی فصل رشد مرطوب، نسبت به فصل گرمایی مشکل تر است. بندرت اندازه گیرهای مستقیمی از تبخیر، تعرق و یا تبخیر و تعرق صورت گرفته است. همچنین رابطه بین تبخیر و تعرق واقعی یا مطلق و رابطه بین میزان رطوبت خاک و رشد گیاه را نمی‌توان بدقت مشخص کرد. این زمینه ای است که همیشه مورد بحث بوده است. لیوینگستون (۱۹۷۶) یکی از اولین محققینی بود که شاخص هیدروترمال (به منظور توصیف و تهیه نقشه مناطق اقلیمی ایالات متحده آمریکا) را ابداع کرد که در آن از یک شاخص کارایی درجه حرارت استفاده می‌شد. این شاخص از مشاهدات سرعت رشد بخشهای هوایی ذرت تحت درجه حرارت، نزولات و تبخیر مختلف استخراج شده بود. البته، بعلاوه فقدان اندازه گیری تبخیر کاربرد آن محدود بود. ثبت درجه حرارت یا کمبود اشباع، در مقایسه با ثبت تبخیر آسانتر در دسترس است و در ابتدا برای توصیف رابطه بین نزولات و تبخیر و فرموله کردن

شاخصهای خشکی یا رطوبت نسبی مورد استفاده قرار می گرفت. محققین در انستیتو ویت استرالیا شاخصی از نسبت نزولات به تبخیر (برحسب کمبود اشباع) (PE) برابر ۰/۵ را شاخص ویت نامگذاری کردند که برای شروع رشد گیاه یا باصطلاح آغاز فصل معروف بود. البته اگر سرعت تعرق بالا باشد، رشد مداوم نیاز به نسبت بالاتری دارد و اگر سرعت پائین باشد، نیاز به نسبت کمتری دارد. در نتیجه  $PE^{1/2}$  به عنوان معیاری از رطوبت قابل دسترس و شاخص ۰/۴ به عنوان آستانه رشد توصیه گردید. بنابراین برای تمام اهداف عملی فصل رشد ماههایی محسوب شد که  $PE^{1/2}$  بیش از ۰/۴ و میانگین درجه حرارت بیشتر از ۲ درجه سانتی گراد باشد (شکل ۳-۴ را ملاحظه کنید).



شکل ۳-۴ - مقایسه مناطق کشت گندم : میانگین بارندگی سالانه (میلی متر)

و طول فصل رشد (ماه) در استرالیا (از جینز، ۱۹۷۷)

تورنت وایت (۱۹۴۸) و پنمن (۱۹۵۶) مفاهیم تبخیر و تعرق مطلق را به ترتیب، برای بیان کمبود آب خاک یا مقدار اضافی آن برای رشد گیاه به کار بردند. تبخیر و تعرق

مطلق مقدار آب تلف شده از سطحی است که در هیچ زمان برای استفاده پوشش گیاهی کمبود آب وجود نداشته باشد (تورنت وایت، ۱۹۴۸). تعرق مطلق عبارت است از تبخیر از سطح پوشیده شده از گیاه زراعی با رشد فعال و سبز کوتاه که بطور کامل زمین را سایه اندازی کرده و ارتفاع یکنواختی دارد و با کمبود آب مواجه نیست (پنمن، ۱۹۴۸، ۱۹۴۹). علی‌رغم کم بودن اندازه گیریهای مستقیم تبخیر یا تبخیر و تعرق، تورنت وایت و پنمن هر دو فرمولهائی تجربی ارائه کردند که بوسیله آنها تبخیر و تبخیر و تعرق را می‌توان برآورد کرد. تورنت وایت تبخیر و تعرق مطلق را بسادگی به صورت تابعی از میانگین درجه حرارت هوا و طول روز بیان کرد. پنمن یک سری فرمولهای پیچیده، اما جامعتری ابداع کرد که تقریباً تمام فاکتورهای دخیل را ترکیب می‌کرد (یعنی کمبود اشباع، درجه حرارت، سرعت باد، تشعشع خالص).

مفاهیم تبخیر و تعرق و تعرق مطلق زمینه را برای برآورد تبخیر و تعرق واقعی فراهم کرد و در نتیجه محاسبه کمبود رطوبت خاک و اندازه گیری واقعیت‌تری از فصل رشد مرطوب آسان شد. معیارهای اولیه‌ای از خشکی یا رطوبت که هنوز هم اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر این اصل استوار است که نزولات یا بیشتر از تبخیر و تعرق پتانسیل است، یا با آن برابر و یا کمتر از آن می‌شود. البته این حالت، آن مقدار آب که در خاک ذخیره شده است و به وسیله نیروهای کاپیلاری نگهداری شده است که بعد از زهکشی شدن آب اضافی بدست می‌آید و به وسیله ریشه‌های گیاه قادر به جذب است شامل نمی‌شود. حداکثر مقدار آب قابل دسترس خاک بستگی به عواملی از جمله: عمق خاک و بافت آن دارد. دامنه نوسان آن از ۴ سانتی متر برای هر ۱۰۰ سانتی متر عمق خاک شنی تا ۱۷ سانتی متر یا بیشتر در همین عمق از خاک لومی رسی است (وارد، ۱۹۷۵). تورنت وایت (۱۹۴۸) از متوسط ۱۰ سانتی متر ذخیره آب در محاسبات توازن آبی خود استفاده کرد. البته پنمن و همکاران (۱۹۴۹) اظهار داشته اند که آب سهل الوصولی که در منطقه ریشه وجود دارد، تا حدودی به وسیله عمق خاک و تا حدودی به وسیله تیپ خاک تعیین می‌شود و آن را در اصطلاح ثابت ریشه نامیدند. مقدار آن برای علف چمنی ۷ تا ۱۲ سانتی متر برآورد شده است اما برای درختچه‌ها و درختانی که ریشه عمیقتر دارند، می‌تواند ۲۵ تا ۳۰ سانتی متر باشد. در مناطقی از دنیا که رطوبت فاکتور تعیین کننده طول مدت و درجه تأثیر فصل رشد می‌باشد، تحقیقات در جهت بهبود چنین برآوردهایی از رطوبت خاک متمرکز



شده است.

اهمیت اصلی تحقیقات انجام شده به وسیله تورنت وایت و پنمن از دید کشاورزی، کاربرد مفاهیم تبخیر و تعرق و تعرق مطلق بر اساس اطلاعات کلیما تولوژیکی برای توصیف توازن آب خاک، بر حسب کمبود یا مازاد آن است. کمبود آب خاک مقدار آبی است که در آن رطوبت خاک کمتر از ظرفیت زراعی است. ظرفیت زراعی مقدار آب مورد نیاز برای حداکثر رشد و نمو است. کمبود بیش از ۵۰ میلی متر در منطقه اصلی ریشه دهی مانع از رشد علف چمنی می شود. مازاد آب بالاتر از ظرفیت زراعی، باعث اشباع و ماندابی خاک شده و اثرات زیان آوری بر روی نمو گیاه زراعی خواهد داشت. در بسیاری از مناطق کمبود آب خاک در طی فصل رشد، می تواند رشد را باندازه ای به مخاطره اندازد و بدین وسیله آبیاری تکمیلی از نظر اقتصادی ضرورت پیدا کند. البته محاسبه نیاز آبیاری می تواند مشکل آفرین باشد. مقدار آن را می توان بر اساس مشاهده گیاه یا واکنش خاک به کمبود آب تعیین کرد. وسایلی وجود دارد که بطور دائم نصب می شوند و به تغییرات رطوبت خاک در یک نقطه بخصوص واکنش نشان می دهند. البته روشهای کلیما تولوژیکی به کار برده شده بوسیله تورنت وایت و بخصوص پنمن برای محاسبه نیاز آبیاری تکمیلی با وجود نواقصی که دارند، در سطح جهان پذیرفته شده اند و برای برآورد کمبود آب خاک در مقیاس منطقه ای استفاده می شوند.

در بریتانیا رطوبت خاک بخصوص شرایط زهکشی برای تعیین فصل رشد بویژه در جایی که این فاکتور تحت تأثیر مازاد آب باشد استفاده می شود. زمستان به مدت زمانی گفته می شود که آب خاک بیش از ظرفیت زراعی است (MAFF, ۱۹۷۶b) و تاریخ متوسط آن زمانی است که زه آب در زهکشهای مزرعه جریان پیدا کند و استعداد غرقابی بعد از بارندگی شدید افزایش یابد. بعلاوه مقدار بارندگی زمستانه، شاخصی از نیاز به زهکشی و تلفات آهک و دیگر عناصر غذایی به وسیله آبشویی است. برعکس، دوره زهکشی تابستانه بطور متوسط زمانی است که رطوبت خاک در ظرفیت زراعی یا کمتر از آن است و رشد بطور مستقیم یا غیر مستقیم به وسیله مازاد رطوبت خاک کنترل نمی شود. شروع، زودرسی یا دیررسی دوره مساعد رشد با توجه به درجه حرارتهای مناسب، بستگی به شرایط هوا و یا ظرفیت نگهداری رطوبت خاک دارد.

پالمر (۱۹۶۸) خشکی کشاورزی را کاهش قابل ملاحظه ای در رطوبت قابل دسترس

تعریف کرد یعنی پایین‌تر از آن مقداری که برای عملیات عادی زراعت در یک منطقه بخصوص لازم است. وی بر اساس مقادیر متوالی کمبود تبخیر و تعرق هفتگی محاسبه شده شاخص خشکی را ابداع کرد. نقشه‌های تهیه شده برای این شاخص بطور مرتب در بولتن هوای هفتگی و گیاه‌زراعی یافت می‌شود. این نقشه‌ها به وسیله آژانس ملی اقیانوس و اتمسفر شناسی در ایالات متحده آمریکا منتشر می‌شود. البته موقعیتهایی وجود دارد که فصل رشد می‌تواند دو وضعیتی شود؛ یعنی یک مرحله مرطوب با نزولات زیاد و یک مرحله نیمه مرطوب که در آن امکان کشت وجود دارد. البته این مرحله عمدتاً بستگی به اب ذخیره شده در خاک دارد. در تجزیه و تحلیلی که اخیراً از فصل رشد در ارتباط با درجه تناسب آن برای گیاهان زراعی در آفریقا صورت گرفته است، تعریفی کاربردی از این فصل ارائه شده است. در این رابطه فصل رشد، مدت زمانی از سال بر حسب روز است که نزولات بیش از نصف تبخیر و تعرق مطلق با اضافه مدت زمان مورد نیاز برای تبخیر و تعرق ۱۰۰ میلی متر آب از نزولات اضافی (پاک‌تر از ۱۰۰ میلی متر اگر آب اضافی دسترس نباشد) ذخیره شده در پروفیل خاک است و در عین حال درجه حرارت کمتر از حداقل درجه حرارت رشد برای گیاه زراعی نشود (FAO، ۱۹۷۸، ۳۳).

اغلب اندازه‌گیریهای فصل رشد، بخصوص در مقیاس محلی با محدودیتهای شاخصهای اگرو اقلیمی روبروست. در این مورد اولاً، ایستگاههایی که اطلاعات ثبت شده یا مشاهده شده را فراهم می‌کنند اغلب پراکنده هستند و ممکن است در عرضهای جغرافیایی بالا وجود نداشته باشند. ثانیاً، تعداد اطلاعات ثبت شده و نگهداری شده اغلب فرق می‌کنند: اطلاعات مربوط به تبخیر، ساعات خورشیدی، تشعشع و درجه حرارت خاک خیلی کمتر از اطلاعات مربوط به نزولات و درجه حرارت است و همچنین تعداد ایستگاههای هواشناسی کشاورزی نیز اندک است. بعلاوه قابلیت دسترسی اطلاعات کوتاه مدت (مثلاً روزانه، هفتگی) در مقایسه با اطلاعات ماهانه و سالانه کمتر است. حتی در داخل یک منطقه کوچک طول مدت واقعی فصل رشد، ممکن است در حد چندین هفته متفاوت باشد.

کاهش درجه حرارت خاک ارتباط با ارتفاع از سطح دریا با سرعت بیشتری در مقایسه با کاهش درجه حرارت هوا بوده ولی این دو بموازات هم تغییر می‌کنند (بطور متوسط ۰/۶ درجه سانتی گراد در هر ۱۰۰ متر) (سپمن و همکاران، ۱۹۷۹). البته تغییر درجه حرارت

نسبت به ارتفاع از سطح دریا می تواند بستگی به فصل و توپوگرافی محلی داشته باشد. این موضوع در جدول ۳-۳ نشان داده شده است. بطور کلی این کاهش در تابستان بیشتر از زمستان است. البته در دشتهای شیبدار حرکت هوای سرد ممکن است اینورژن ایجاد کند و وقوع یخبندانهای زودرس و دیررس بر روی بخشهای پایینی شیب یا کف دره ها افزایش یابد. گرادبان و جهت شیب با اثر بر روی انرژی دریافتی از تشعشع خورشیدی می تواند تأثیر زیادی بر روی طول مدت فصل رشد داشته باشد. اندازه گیریهای انجام شده در بریتانیا حاکی از آن است بین شیب رو به جنوب بازایه حدود ۲۰ درجه و یک محل مسطح در همان منطقه، می تواند تا ۲۰ روز اختلاف در طول فصل وجود داشته باشد. در عرضهای جغرافیایی شمالی این اختلاف در بیشترین مقدار خود است و از نظر کشاورزی در بهار و پاییز خیلی مهم است زیرا زاویه تشعشع خورشیدی در مقایسه با اواسط تابستان کمتر است (جدول ۴-۳). شیبهای رو به جنوب زودتر خشک شده و بدین ترتیب نسبت به شیبهای رو به شمال زودتر گرم می شوند (جدول ۵-۳). همچنین اگر چه شیبهای رو به جنوب تقریباً به اندازه شیبهای رو به غرب تشعشع ورودی دریافت می کنند؛ ولی شیبهای رو به غرب در پاییز، مدت زمان طولانی تری تشعشع خورشیدی دریافت می کنند. بعلاوه، شیبها می توانند از در معرض باد قرار گرفتن محفوظ باشند و معمولاً منطقه زیر باد نسبت به منطقه رو به باد گرمتر است.

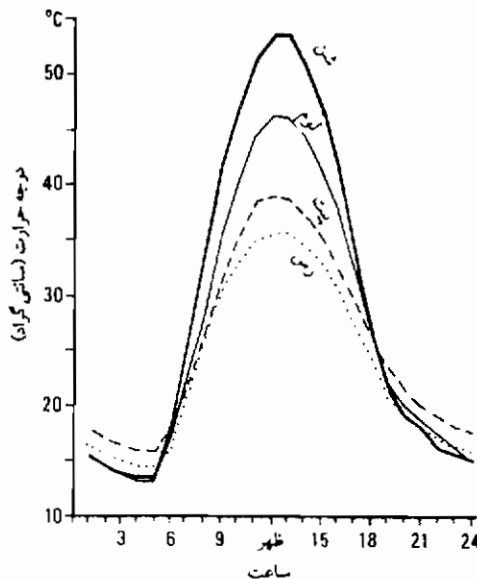
**جدول ۳-۳- کاهش درجه حرارت به ازاء هر ۱۰۰ متر افزایش در ارتفاع از سطح دریا (درجه سانتی گراد)**

زمستان			تابستان		
مقایسه ایستگاهها در:			مقایسه ایستگاهها در:		
دره های	دره های	زمین مرتفع	دره های	دره های	زمین مرتفع
باریک	عریض	باز	باریک	عریض	باز
حداکثر	-۰٫۷	-۰٫۷	-۱	-۱٫۲	-۱٫۴
حداقل	-۰٫۸	-۰٫۵	-۰٫۶	-۰٫۵	-۰٫۴

(از میمن و همکاران، ۱۹۷۹)

بالاخره بافت و رنگ خاک می تواند نوسانهای کم؛ اما معنی داری را در تاریخ شروع و

طول فصل رشد ایجاد کنند. البته بالاتر بودن محتوای آب خاکهای روشن در مقایسه با خاکهای تیره، مهمتر از بالاتر بودن آلبیدوی آن است (شکل ۵-۳ را ملاحظه کنید). هدایت گرمایی هوا بیشتر از آب است؛ ولی ظرفیت گرمایی آن خیلی کمتر است. در نتیجه خاکهایی که آب را نگه می‌دارند و زهکشی ضعیفی دارند، در مقایسه با آنهایی که آب را کمتر نگه می‌دارند و زهکشی مناسبتری دارند، در بهار به آهستگی گرم می‌شوند. نوع اول خاکهای سرد نامیده می‌شوند زیرا در بهار به آهستگی گرم می‌شوند؛ اما در مقایسه با خاکهای گرم، این نوع خاکها گرما را برای مدت طولانی‌تری در پاییز حفظ می‌کنند. بعلاوه شکل سطح زمین از طریق تغییر دادن طول فصل رشد، می‌تواند بر روی محدوده ارتفاع از سطح دریا، برای زراعت یا نوع گیاه زراعی کشت شده اثر مهمی داشته باشد. شیب و اقلیم خاک مساعد، بخصوص برای میوه‌های حساس به یخبندان و سبزیجات زودرس اهمیت دارند. این عوامل می‌توانند کشت گیاهان زراعی در مناطق یا در زمانهایی که از نظر آب و هوایی با اصطلاح حاشیه‌ای هستند اما کیفیت یا زودرسی محصول از نظر اقتصادی، جبران عملکرد نسبتاً کم حاصله را کند میسر سازند.



شکل ۵-۳- جریان روزانه درجه حرارت خاک در عمق ۵ سانتی متری در روزهای صاف

تابستانی در ساپورو، ژاپن (از چنگ، ۱۹۶۸ a)

**جدول ۴-۳- کل تشعشع ماهانه از نور مستقیم خورشید در هوایی عاری از ابر**

برای شیبهای بادرجات و جهت‌های مختلف در عرض جغرافیایی ۵۰ درجه شمالی

کل تشعشع ماهانه (کیلوکالری بر سانتی متر مربع)							
ماه	درجه شیب	جهتها				اختلاف بین شیب شمالی و جنوبی	
		SE SW	E W	NE NW	N		
دسامبر	صفر درجه (مسطح)	۲	۲	۲	۲	۰	
شیب	۱۰	۳/۵	۳	۱/۲	۰/۷	۲/۸	
	۲۰	۵	۴	۰/۶	۰	۵	
	۳۰	۴/۸	۲	۰/۱	-	۶	
	۹۰ (پرتگاه)	۵/۷	۱/۴	-	-	۸/۳	
مارس	صفر درجه	۸/۸	۸/۸	۸/۸	۸/۸	۰	
ژوئن	۱۰	۱۱/۲	۱۰/۶	۹/۲	۷/۹	۴/۱	
	۲۰	۱۲/۸	۱۱/۸	۸/۹	۵/۶	۷/۹	
	۳۰	۱۴/۱	۱۲/۶	۸/۷	۴/۶	۱۲	
	۹۰	۱۲/۲	۸/۸	۵/۶	۱/۲	۱۲/۲	
سپتامبر	صفر درجه	۱۸/۶	۱۸/۶	۱۸/۶	۱۸/۶	۰	
	۱۰	۱۹/۵	۱۹/۴	۱۸/۷	۱۸/۱	۱/۷	
	۲۰	۱۹/۶	۱۹/۷	۱۸/۴	۱۷	۳/۱	
	۳۰	۱۸/۸	۱۸/۸	۱۷/۵	۱۵	۴/۶	
	۹۰	۷	۸	۸/۸	۵/۴	۵	
دسامبر	صفر درجه	۱۰/۸	۱۰/۸	۱۰/۸	۱۰/۸	۰	
	۱۰	۱۲/۹	۱۲/۱	۱۱	۹/۶	۳/۷	
	۲۰	۱۴/۴	۱۲/۲	۱۰/۹	۸	۷/۹	
	۳۰	۱۵/۴	۱۳/۸	۱۰/۶	۶/۳	۱۱/۵	
	۹۰	۱۱/۲	۹/۹	۶/۳	۱/۸	۱۱/۲	

(از سیمین و همکاران، ۱۹۷۹)

**جدول ۵-۳- اختلاف درجه حرارت در ۱۰ سانتی متری بین خاک‌هایی با شیب شمالی و جنوبی**

با گرادیان ۲۰ تا ۲۲ درجه در ماه جولای (درجه سانتی گراد)

زمان از روز (ساعت)				سطح خاک
۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	
۱۵٫۷	۱۶٫۱	۱۱٫۸	۸٫۴	بدون پوشش
۷٫۴	۶٫۲	۴٫۳	۳٫۲	با پوشش علف چمنی

(از سیمن و همکاران، ۱۹۷۹)

اقلیم نه فقط بر رشد گیاه زراعی بلکه بر شرایطی که در آن زراعت انجام می‌شود اثر می‌گذارد. دوکهام (۱۹۶۳) بین بیوکلیما (اقلیم حیاتی) و ارگوکلیما (اقلیم کار) تفاوت قائل شد. اصطلاح دومی مربوط به شرایطی می‌شود که بر سهولت یا دشواری و در نتیجه سرعت عملیات مزرعه اثر گذاشته بدین ترتیب می‌تواند با تأخیر در یک یا چند عملیات زراعی طول فصل رشد را کوتاه کند. بعلاوه باران و باد مستقیماً بر وضعیت فیزیکی گیاهان زراعی و دامها اثر می‌گذارند و مدیریت آنها از نظر زمان و انرژی صرف شده با مشکل مواجه می‌شود. البته اثر اقلیم از نظر زمان عملیات زراعی بیشترین اهمیت را دارد زیرا برای دوره‌هایی که در طی آن بعضی از عملیات را می‌توان با موفقیت انجام داد، محدودیهایی وجود دارد. یکی از مهمترین محدودیتها قابلیت دسترسی به زمین است. دوره دسترسی به صورت تعداد روز از سال تعریف شده است که ماشین آلات می‌توانند بر روی زمین کار کنند و دامها می‌توانند بدون صدمه زدن به وضعیت خاک یا علوفه موجود از چراگاه استفاده کنند. دسترسی تابعی از قابلیت شخم و قابلیت عبور و مرور بر روی خاک است و هر دوی آنها بستگی به شرایط رطوبتی خاک داشته و از یک طرف به وسیله بافت خاک و از طرف دیگر به وسیله شرایط اقلیمی مشخص می‌گردد. این موضوع بطور کامل در فصل بعدی بحث خواهد شد.

در حالی که اقلیم اثر مستقیمی بر روی دامنه گیاهان زراعی و تولید آنها دارد، بطور غیر مستقیم نیز از طریق تأثیر بر روی دامنه جغرافیایی، توسعه فصلی و فعالیت آفات و امراض از یک طرف و بر حساسیت گیاهان میزبان به حمله آفات از طرف دیگر مؤثر است. سه فاکتور اقلیمی که بیشترین اهمیت را در تأثیر بر توسعه و پراکنش آفات و بیماریها دارند شامل: درجه حرارت، رطوبت نسبی و سرعت باد است. درجه حرارت اغلب پراکنش منطقه‌ای را

بخصوص بر حسب عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و وقوع فصلی کنترل می کند. درجه حرارت‌های مطلوب برای آلوده کردن یا آلوده شدن و توسعه بعدی، بر حسب گونه میزبان و وارسته های آفت یا پاتوژن تغییر می کنند. با افزایش درجه حرارت طول چرخه زندگی این موجودات کاهش یافته سرعت توسعه آنها افزایش می یابد. به عنوان مثال والی (۱۹۶۸) اظهار داشته است در درجه حرارت صفر درجه سانتی گراد زنگ ساقه گندم در ظرف ۳ ماه، در ۴ درجه سانتی گراد در ظرف ۲۲ روز و در ۲۴ درجه سانتی گراد فقط ظرف ۵ روز توسعه پیدامی کند.

آفات و پاتوژن ها از نظر دامنه تحمل به محدوده درجه حرارت فرق می کنند. ممکن است گیاهان و دامهای میزبان نزدیک به حاشیه دامنه آفت به حمله کمتر حساس باشند. به عنوان مثال گیاهان زراعی مانند سیب زمینی یا علفهای چمنی مخصوص بذر، اغلب نزدیک به حاشیه دامنه اقلیمی آنها کشت می شوند و بنابراین ماوراء دامنه اقلیمی برخی بیماریهای زیان آور اقتصادی از قبیل: بلایت و اسکب کشت می شوند. در این موارد ارزش گیاه زراعی مربوط به عاری بودن آن از بیماری است نه به عملکرد مطلق آن. نزولات و رطوبت اتمسفر ممکن است به تنهایی یا در ترکیب با درجه حرارت یک عامل کنترل کننده، در پراکنش و وقوع آفات و امراض باشند. بعضی اوقات اقلیم خاک در این رابطه، نسبت به وضعیت اتمسفر مهمتر است. البته ممکن است ارتفاع، تراکم و سطح گیاه زراعی، از طریق تأثیر بر روی میکروکلیم و سرعت پراکنش آفات و پاتوژن ها، در توازن کشمکش بین گیاه میزبان و آفت، به نفع گیاه میزبان مهمتر باشد.

بالاخره باد می تواند از طریق برخوردن یا نمک با گیاه، شکستن برگها و یا خرد کردن گیاهان، باعث صدمه مستقیم به آنها شود. بعلاوه بادهای خشک، می توانند باعث افزایش شرایط تنش شدید آب برای دامها شده اثرات درجه حرارت‌های غیر عادی را شدیدتر کنند. باد همچنین عامل مهمی در پراکنش آفات و پاتوژن هاست. دیگر عوامل اقلیمی مانند: شدت نور و طول روز، می توانند بر طول دوره تلقیح و سرعت توسعه بعضی از آفات و پاتوژن ها موثر باشند.

رابطه نزدیکی که بین فعالیت آفت یا پاتوژن و آب و هوا وجود دارد، اهمیت زمان و روش کنترل را مشخص می کند. سیستمهای خبردهنده توسعه آفت یا بیماری بر اساس پیشگویی اقلیم و پیش آگاهی و وضعیت جوی در حال افزایش است تا بدین وسیله اطلاعات

مربوط به احتمال وقوع، باندازه کافی از قبل فراهم شود و کنترل مؤثری صورت گیرد. حفاظت کامل بستگی به پیش‌آگاهی سریع و دقیقی از شرایط محیطی مساعد، برای شیوع آفت و بیماری دارد. بعضی از روشهای دقیق پیش‌آگاهی در رابطه با بیماریهای خطرناکی مانند بلایت و اسکب سیب زمینی انجام می‌شود (برروی درختان میوه مختلف مناطق معتدله). در مورد اخیر بر آورد وقوع بیماری، بر اساس دوره مرطوب بودن یعنی تعداد ساعاتی که در طی آن، برگها مرطوب بوده و میانگین درجه حرارت در طی این دوره (جدول ۳-۶ را ملاحظه کنید) پیش‌آگاهی انجام می‌شود. البته، احتمالاً پیشرفت بیشتری در پیشگویی بیماریهای دامی صورت گرفته است؛ زیرا در این مورد اختلاف فاز زمانی، بین حوادث هواشناسی و ظهور بیماریها عمدتاً مستقل از هوای بعد از حادثه، بحرانی می‌باشد (دوکهام و همکاران، ۱۹۷۶). اخیراً در بسیاری از کشورهای پیشرفته، پیش‌آگاهی براساس مدلهای کامپیوتری طراحی شده واکنش یک پاتوژن خاص به شرایط موجود آب و هوا شبیه سازی می‌شود و برای بسیاری از آفات و امراض توسعه یافته است.

#### جدول ۳-۶- طول‌های مدت مرطوب بودن (برحسب ساعت) لازم در میانگینهای مختلف

درجه حرارت برای به وجود آمدن آلودگی سبک، متوسط و شدید اسکب سیب

میانگین درجه حرارت در طی دوره مرطوب بودن ( $^{\circ}\text{F}$ )	سطح آلودگی		
	سبک	متوسط	شدید
۷ درجه سانتی گراد	۲۰	۲۶	۴۰
۱۳ درجه سانتی گراد	۱۲	۱۶	۲۴
۱۸ درجه سانتی گراد	۹	۱۲	۱۸
۲۴ درجه سانتی گراد	۱۲	۱۷	۲۶

(از والی، ۱۹۶۸)

چون کشاورزی وابسته به اقلیم است، بیشتر انواع کشاورزی تابع نوسانهای غیر قابل پیشگویی طولانی و کوتاه مدت شرایط جوی است. اقلیم عنصر مخاطره را در زراعت وارد می‌کند و لذا این صفره را پر مخاطره می‌سازد. در این متن مخاطره اقلیمی را می‌توان به صورت هر نوع وضعیت اتمسفری (یعنی هوای واقعی) که می‌تواند به گیاهان زراعی، دامها



بخصوص بر حسب عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و وقوع فصلی کنترل می کند. درجه حرارت های مطلوب برای آلوده کردن یا آلوده شدن و توسعه بعدی، بر حسب گونه میزبان و وارته های آفت یا پاتوژن تغییر می کنند. با افزایش درجه حرارت طول چرخه زندگی این موجودات کاهش یافته سرعت توسعه آنها افزایش می یابد. به عنوان مثال والی (۱۹۶۸) اظهار داشته است در درجه حرارت صفر درجه سانتی گراد زنگ ساقه گندم در ظرف ۳ ماه، در ۴ درجه سانتی گراد در ظرف ۲۲ روز و در ۲۴ درجه سانتی گراد فقط ظرف ۵ روز توسعه پیدامی کند.

آفات و پاتوژن ها از نظر دامنه تحمل به محدوده درجه حرارت فرق می کنند. ممکن است گیاهان و دامهای میزبان نزدیک به حاشیه دامنه آفت به حمله کمتر حساس باشند. به عنوان مثال گیاهان زراعی مانند سیب زمینی یا علف های چمنی مخصوص بذر، اغلب نزدیک به حاشیه دامنه اقلیمی آنها کشت می شوند و بنابراین ماوراء دامنه اقلیمی برخی بیماری های زیان آور اقتصادی از قبیل: بلایت و اسکب کشت می شوند. در این موارد ارزش گیاه زراعی مربوط به عاری بودن آن از بیماری است نه به عملکرد مطلق آن. نزولات و رطوبت اتمسفر ممکن است به تنهایی یا در ترکیب با درجه حرارت یک عامل کنترل کننده، در پراکنش و وقوع آفات و امراض باشند. بعضی اوقات اقلیم خساک در این رابطه، نسبت به وضعیّت اتمسفر مهمتر است. البته ممکن است ارتفاع، تراکم و سطح گیاه زراعی، از طریق تأثیر بر روی میکروکلیم و سرعت پراکنش آفات و پاتوژن ها، در توازن کشمکش بین گیاه میزبان و آفت، به نفع گیاه میزبان مهمتر باشد.

بالاخره باد می تواند از طریق برخوردش با نمک یا گیاه، شکستن برگ ها و یا خرد کردن گیاهان، باعث صدمه مستقیم به آنها شود. بعلاوه بادهای خشک، می توانند باعث افزایش شرایط تنش شدید آب برای دامها شده اثرات درجه حرارت های غیر عادی را شدیدتر کنند. باد همچنین عامل مهمی در پراکنش آفات و پاتوژن ها است. دیگر عوامل اقلیمی مانند: شدّت نور و طول روز، می توانند بر طول دوره تلقیح و سرعت توسعه بعضی از آفات و پاتوژن ها موثر باشند.

رابطه نزدیکی که بین فعالیّت آفت یا پاتوژن و آب و هوا وجود دارد، اهمیت زمان و روش کنترل را مشخص می کند. سیستم های خبردهنده توسعه آفت یا بیماری بر اساس پیشگویی اقلیم و پیش آگاهی و وضعیّت جوّی در حال افزایش است تا بدین وسیله اطلاعات

مربوط به احتمال وقوع، باندازه کافی از قبل فراهم شود و کنترل مؤثری صورت گیرد. حفاظت کامل بستگی به پیش‌آگاهی سریع و دقیقی از شرایط محیطی مساعد، برای شیوع آفت و بیماری دارد. بعضی از روشهای دقیق پیش‌آگاهی در رابطه با بیماریهای خطرناکی مانند بلایت واسکب سیب زمینی انجام می‌شود (برروی درختان میوه مختلف مناطق معتدله). در مورد اخیر بر آورد وقوع بیماری، بر اساس دوره مرطوب بودن یعنی تعداد ساعاتی که در طی آن، برگها مرطوب بوده و میانگین درجه حرارت در طی این دوره (جدول ۶-۳ را ملاحظه کنید) پیش‌آگاهی انجام می‌شود. البته، احتمالاً پیشرفت بیشتری در پیشگویی بیماریهای دامی صورت گرفته است؛ زیرا در این مورد اختلاف فاز زمانی، بین حوادث هواشناسی و ظهور بیماریها عمدتاً مستقل از هوای بعد از حادثه، بحرانی می‌باشد (دوکهام و همکاران، ۱۹۷۶). اخیراً در بسیاری از کشورهای پیشرفته، پیش‌آگاهی براساس مدلهای کامپیوتری طراحی شده واکنش یک پاتوزن خاص به شرایط موجود آب و هوا شبیه سازی می‌شود و برای بسیاری از آفات و امراض توسعه یافته است.

**جدول ۶-۳- طول‌های مدت مرطوب بودن (برحسب ساعت) لازم در میانگینهای مختلف**

درجه حرارت برای به وجود آمدن آلودگی سبک، متوسط و شدید اسبک سیب

میانگین درجه حرارت دوطی دوره مرطوب بودن (°F)	سطح آلودگی		
	سبک	متوسط	شدید
۷ درجه سانتی گراد	۲۰	۲۶	۴۰
۱۳ درجه سانتی گراد	۱۲	۱۶	۲۴
۱۸ درجه سانتی گراد	۹	۱۲	۱۸
۲۴ درجه سانتی گراد	۱۲	۱۷	۲۶

(از والی، ۱۹۶۸)

چون کشاورزی وابسته به اقلیم است، بیشتر انواع کشاورزی تابع نوسانهای غیر قابل پیشگویی طولانی و کوتاه مدت شرایط جوئی است. اقلیم عنصر مخاطره را در زراعت وارد می‌کند و لذا این صرفه را پر مخاطره می‌سازد. در این متن مخاطره اقلیمی را می‌توان به صورت هر نوع وضعیّت اتمسفری (یعنی هوای واقعی) که می‌تواند به گیاهان زراعی، دامها

یا ساختمانهای کشاورزی صدمه زده یا آنها را از بین ببرد و باعث کاهش در تولید و یا درآمد شود تعریف کرد. انواع عمده مخاطرات اقلیمی در جدول ۷-۳ خلاصه شده است. حدی از نوسانهای اقلیمی که مخاطره آمیز است، بستگی به تعداد متغیرها دارد و از یک طرف شامل زمان وقوع، شدت یا دامنه و طول مدت حادثه و از طرف دیگر شامل سن، مرحله نمو و مقاومت ذاتی (یا تحمل) گیاه زراعی یا تیپ دام می شود. گیاهان و دامها معمولاً در طی فصل رشد بخصوص در مراحل اولیه رشد خود حساس تر هستند در حالی که گیاهان زراعی دارای دوره های بحرانی یا مراحل مختلفی از نمو هستند که در آن شرایط نامساعد محیطی، شدیداً تولید محصول قابل برداشت را کاهش می دهد.

جدول ۷-۳ - مخاطرات اقلیمی

فاکتورهای اقلیمی	نوع مخاطره	روشهای حفاظت و پاکتزل
درجه حرارت	یخبندان	آبیاری غرقابی / آبیاری بارانی . معانت از اتلاف گرما از خاک - ملاج پاشی و غیره . به گردش درآوردن هوا بوسیله ماشین باد .
نزولات		
باران اضافی		
(مقدار یا طول مدت)	غرقابی	
باران ناکافی	خشکی	آبیاری
	تگرگ	
	توده برف	پرچین برف
نزولات + درجه حرارت	یخ شیشه ای	
باد	تند باد	حفاظ
	گردباد	-
	طوفان	-
باد + نزولات	طوفان همراه با باران	
	سوز برف	حفاظ
باد + درجه حرارت	بادهای خشک کننده	حفاظ
	آتش	راهروها و کمرندهای آتش . حفاظ مقاوم به آتش .

شدت مخاطرات اقلیمی، بستگی به فرکانس و درجه قابلیت پیشگویی وقوع آنها و بنابراین دامنه‌ای که بتوان از نظر فیزیکی و اقتصادی، آن را به حداقل رساند دارد. هودسون (۱۹۷۷) سه استراتژی برای به حداقل رساندن مخاطرات اقلیمی به شرح زیر ارائه کرده است:

۱- تغییر دادن شرایط اقلیمی و آب و هوایی که عملاً هنوز در مقیاس کوچک موفقیت آمیز هستند از قبیل: راههایی برای تغییر میکروکلیمای منظور حفظ درجه حرارت نزدیک سطح زمین در بالاتر از نقطه یخبندان، کاهش دادن اثرات مستقیم و وابسته شدید باد به وسیله حفاظ یا کاهش دادن اثرات خشکی به وسیله آبیاری.

۲- تغییر دادن واکنش گیاه به آب و هوا با استفاده از مواد تنظیم کننده خارجی رشد که بدان وسیله، می‌توان گیاهان را برای رشد بهتر تحت شرایط نیمه مطلوب و یا تا ارتفاعی که حساسیت کمتری به صدمه داشته باشند تحریک کرد.

۳- تنظیم مدیریت نسبت به شرایط موجود آب و هوایی در حد امکان.

آخرین استراتژی وابسته به درک عمیقتری از روابط گیاه زراعی و آب و هوا، بیش از آن چیزی است که در حال حاضر وجود دارد. این استراتژی به اطلاعات مهم زراعی برای پیش آگاهی دقیق و به موقع، از مخاطرات قریب الوقوع و زمان احتمالی وقوع آن نیز بستگی دارد. واگونر (۱۹۶۸) اشاره کرده است که اطلاعات هواشناسی باید در اختیار زارع باشد تا بتواند بدین وسیله، تدابیری را برای هماهنگی با آب و هوای موجود اتخاذ کند و قادر باشد استراتژیهای طولانی مدتی را در ارتباط با تغییرات اقلیمی طراحی کند. مخارج بیمه در مقابل مخاطرات غیر قابل پیشگویی و شدید اقلیمی، می‌تواند فوق العاده گران باشد. با این وجود در بعضی از انواع زراعت مخاطراتی وجود دارد (مانند تگرگ در مناطق گندم خیز ایالات متحده) که بیمه محصولات را توجیه پذیر می‌کند.

## فصل چهارم

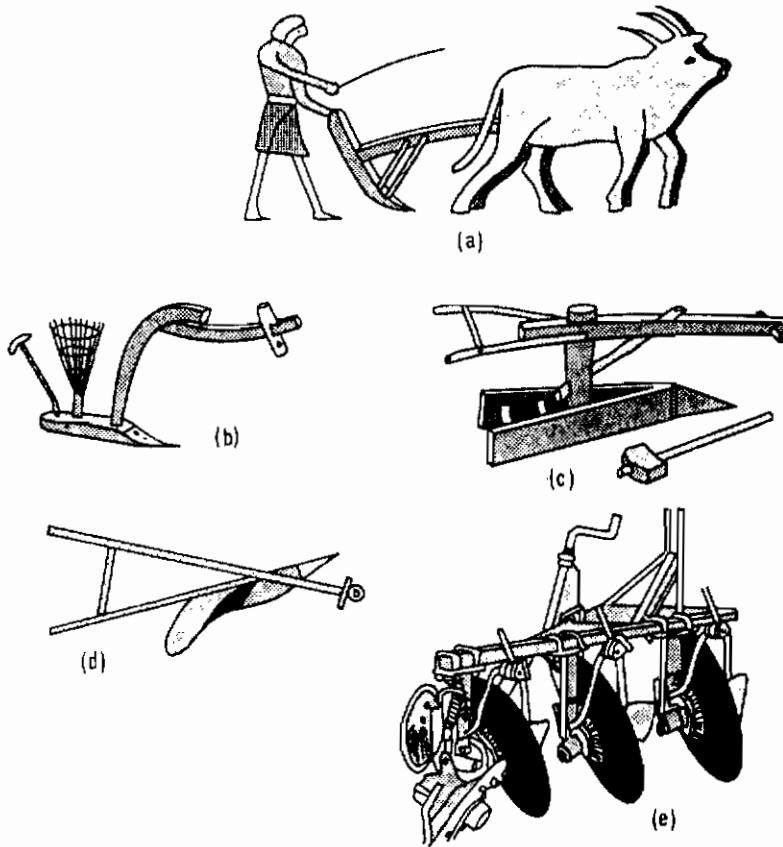
### خاك زراعى

زراعت از یک طرف، شامل انتخاب و تولید آن دسته از گیاهان زراعی یا وارته‌هاست که در شرایط فیزیکی و زراعی موجود، عملکرد رضایت بخشی (پادرامد اقتصادی) داشته باشد و از طرف دیگر شامل مدیریت محیط فیزیکی، برای ایجاد یک زیستگاه رضایت بخش برای تولید موفقیت آمیز است. خاک بخشی از محیط فیزیکی است که تابع مدیریت است و زراعت بر روی آن شامل فرایندهای مختلفی به قرار زیر است:

- ۱- شخم: آماده کردن فیزیکی زمین و خاک
  - ۲- بذر پاشی یا کاشت: استقرار اولیه گیاه زراعی
  - ۳- زهکشی و یا آبیاری: مدیریت هوا و آب در خاک
  - ۴- مصرف کود: نهاده مواد غذایی
  - ۵- حفاظت از گیاه زراعی: کنترل علفهای هرز، آفات و بیماریها
  - ۶- برداشت: جمع آوری نهایی یا برداشت محصول نهایی
- درحالی که این فرایندها برای انواع زراعت اساسی هستند، اهمیت نسبی روشهای مورد استفاده می‌توانند بر طبق شرایط محیطی، طبیعت گیاه زراعی و تکنیکهای موجود فرق کنند.

شخم نه فقط فرآیند اوکیه در زراعت است، بلکه تا این اواخر، فرآیند اصلی برای ایجاد خاک زراعی بوده است. اهداف شخم عبارتند از: ایجاد شرایطی از خاک که جوانه زنی بذر، سبز شدن گیاهچه و توسعه ریشه را تسهیل کند. موجودات رقابت کننده مانند: علفهای هرز، آفات و عوامل بیماریزا را از بین برده یا مانع از آنها شود و باعث شود که گیاهان زراعی به آسانی و در یک وضعیت مناسبی کشت یا برداشت شوند. با این عمل خاک بهم می‌خورد، باز می‌شود و زیرورو می‌گردد. شدت و عمقی که این کار انجام می‌شود از یک طرف بستگی به محل و نوع خاک و از طرف دیگر بستگی به نوع ادواتی که استفاده شده دارد؛ ولی ممکن است در بعضی موارد تابعی از نوع گیاه زراعی باشد. چوب و کج بیل ساده اولین ابزاری بودند که به وسیله انسان، برای زراعت کردن استفاده شدند و هنوز بطور گسترده‌ای در بخشهایی از جهان که کمتر توسعه یافته‌اند، مورد استفاده است و بیشتر از خراش دادن سطح زمین، کار دیگری انجام نمی‌دهند. البته خیش، خاک سطح زمین را حفزه کرده آن را بر می‌گرداند. توسعه خیش در ابتدای تاریخ بشر صورت گرفته هنوز مؤثرترین و بیشترین استفاده را در خرد کردن و مدفون کردن علفهای هرز دارد (شکل ۱-۴ را ملاحظه کنید). مصریها و سومریهای باستانی از خیشهای سنگین چوبی که به وسیله گاوها می‌کشیده می‌شدند، مانند آنهایی که هنوز در قسمتهای زیادی از هندوستان استفاده می‌شود، مورد استفاده قرار می‌دادند. این نوع خیشها سطح خاک را خرد کرده ولی بر نمی‌گردانند. بعدها در قرون وسطی گاو آهن برگردان دار، که امروزه معروف است مورد استفاده قرار گرفت. در این نوع گاو آهن از یک تیغه (یا کارد گاو آهن) برای قطع کردن چمن، بخشی برای نفوذ در خاک و یک خاک برگردان چوبی، برای کنار زدن خاک استفاده شده است که در ابتدا یک چکش چوبی دستی برای شکستن کلوخه‌ها نیاز بود. بخش آخری به وسیله یک هرس (چنگک) جایگزین شد.

البته در قرن هجدهم بود که با پیشرفتهای علمی و تکنیکی، دامنه و تنوع ادوات کشاورزی بسرعت افزایش یافت و بخش منحنی شکل خیش که قادر به برگردان خاک است توسعه یافت. از آن زمان به بعد انواع مختلفی خیش تولید شده‌اند که با شرایط خاک و نیازهای زراعتی مختلف سازگاری داشته است. از آن جمله خیش بشقابی که خاک را خرد و نرم می‌کند و خیش دندانه‌ای که از سطح خاک به سمت پایین به صورت مرحله‌ای کار می‌کند و بدین ترتیب مانع از ایجاد کلوخه‌های بزرگ می‌شود.



شکل ۱-۴ - تکامل خیش: (a) خیش آسوری که شکل آن در یک قبر رسم شده است. (b) خیش مصری با جعبه بذر، ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح. (c) خیش قرون وسطی با خاک برگردان چوبی و چکش چوبی برای خرد کردن کلوخه‌ها. (d) یکی از اوکین خیشهای آهنی با خاک برگردان منحنی شکل. خیش رترهام از نمای فوقانی. (e) یک خیش بشقابی مدرن (اقتباس از ساترلند، ۱۹۶۸)

در بریتانیا در میان دیگر ابداعات در قرن هجدهم، بذر کار و کج بیل کششی با اسب بود که به وسیله جترو تول معرفی گردید. این وسایل باعث شدند که استقرار بذر کارآمدتر و روشهای کنترل علفهای هرز مؤثرتر صورت گیرد. البته، تنها زمانی که علف کشهای انتخابی

برای علفهای هرز علفی چمنی معرفی شدند، تحت بعضی شرایط شخم کاهش یافت یا حذف گردید. با استفاده از علف کشها و کنترل بقایای گیاهی از طریق سوزاندن آنها، هدف اصلی شخم، آماده کردن شرایط رضایت بخش برای کشت گیاه زراعی بعدی شد. امروزه بیشتر به شخم خاک سطح زمین پرداخته می شود و بجای استفاده از خیش از کولتیواتور استفاده شده بذر بطور مستقیم در زمین شخم نخورده کشت می شود.

پیشرفتهای عمده دیگری که در ماشین آلات کشاورزی صورت گرفت استفاده از نیروی محرک بود. تا قرن نوزدهم، نیروی عمده محرک برای کارهای کشاورزی، به تنهایی نیروی انسان یا همراه با حیوانات بارکش (به عنوان مثال، اسب، قاطر، گاو میش، گاو و غیره) برای کشیدن ادوات بود. در واقع حیوانات بارکش هنوز در بسیاری از مناطق دنیا بطور گسترده ای استفاده می شوند. مکانیزاسیون کامل، بدنبال اختراع موتور بخار (اولین بار برای حرکت در آوردن ادوات خرمکوبی غلات استفاده شد) و مهمتر از آن، اختراع موتور احتراق داخلی صورت گرفت که به صورت تراکتور در کشاورزی استفاده گردید. البته استفاده سریع و تنوع زیاد طرحها و نوع کار تراکتورها بعد از جنگ جهانی دوم گسترش یافت. در حقیقت در مزارع بریتانیا تا سال ۱۹۴۰ تعداد اسبها هنوز برابر با تعداد تراکتورها بود. انواع عمده ماشین آلات کشاورزی، بر اساس نوع کاری که انجام می دهند در جدول ۱-۴ فهرست شده است.

در مناطق مرطوب روشهای سنتی شامل: شخم اولیه تا عمق حدود ۲۰ سانتی متر و به دنبال آن آماده کردن بستر بذر با هرس یا کولتیواتور دوار تا حدود عمق ۱۰ سانتی متری است. البته عمقی از خاک که شخم خورده می شود فرق می کند. شخم کم عمق یا سطحی طوری طراحی شده است که در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی متری خاک عمل می کند. همچنین شرایطی وجود دارد که شخم را از نظر فیزیکی مشکل یا حتی غیر ممکن می کند. در بعضی موارد مواد خاک ممکن است، آنقدر سطحی یا دارای سنگ باشد یا آنقدر استحکام سطح خاک ضعیف باشد که شخم زدن ارزشی نداشته باشد. در موارد دیگر شیب می تواند بدون این که زمین تراس بندی شود، برای هر نوع شخمی تند باشد. ۱۵ درجه به عنوان متوسط شیبی در نظر گرفته می شود که بیش از آن، استفاده از شخم با تراکتور یا کولتیواتور خطرناک خواهد بود، اگر چه این شیب می تواند از ۱۳ درجه برای تراکتور با چرخ ثابت، تا ۱۷ درجه برای تراکتورهای چهار چرخ فرق کند. در حقیقت شدت این عوامل محدود کننده، با پیشرفتهای تکنیکی و با تکامل ادوات شخم تخصصی و اغلب سنگین و پرهزینه افزایش یافته است. در حقیقت افزایش



اندازه و هزینه ادوات مدرن شخم، باعث افزایش اندازه مساحتی از زمین شده است که برای زراعت سودآور است. مساحت‌های خیلی کم را ممکن است رها کرد یا در جایی که امکان پذیر باشد، اندازه مزرعه را افزایش داد.

#### جدول ۱-۴- گروه بندی ماشین آلات زراعی بر طبق نوع کاری که انجام می دهند.

- ۱- مخرکهای عمده : تراکتورها
- ۲- حفر کردن، برگرداندن و مدفون کردن: گاو آهنهای برگردان دار، گاو آهنهای بشقابی
- ۳- نفوذ عمقی: ساب سویلر، خراش دهنده، چیزل، تیلر عمقی
- ۴- نرم کردن و کندن علف هرز: کولتیواتور، هرس دندان‌ه‌ای، دیسک، تیلر، کج بیل
- ۵- خرد کردن بقایای گیاهی و مدفون کردن: کولتیواتورهای مخصوص بقایای گیاهی، کولتیواتورهای دوار
- ۶- حفر کردن عمقی: دستگاههای ریشه کنی نی‌ها، شکاف دهنده های عمقی
- ۷- متراکم کننده ها: غلتکها، دستگاههای خردکن کلوخه ها و متراکم کننده خاک
- ۸- کاشت: بذرکار، بذریاش، بذریاش چمن، بذریاشهای مربوط به شخم حداقل، دستگاههای مرکب، نشاء کارها، پخش کننده های بذر، هواپیماها
- ۹- برداشت: بیلرها، بیلرهای پیکاپ، دروگرها و دستگاههای بسته بندی (بایندرها)، خوشه زنها، خوشه زنها اتوماتیک، دستگاههای برداشت بلال، برداشت کننده های نی، برداشت کننده های پنبه، دستگاههای سبب زمینی کن، برداشت کننده های هویج، برداشت کننده های علوفه، ماشینهای سیلو کردن
- ۱۰- جابجا کردن و عمل آوری محصول زراعی: لودرها، اگرها، بالابرها، خردکننده های کاه و کلش، آسیابهای چکشی، خشک کنها، ناودانهای آسیاب، پوست کنهای بلال، دستگاههای درجه بندی بذر، دستگاههای درجه بندی میوه جات
- ۱۱- پخش کردن کود: پخش کنهای سقوطی مستقیم، پخش کنهای دوار، هواپیماها، کودکارهای آمونیاک مایع
- ۱۲- دروگرها: دروگرهای یونجه، دروگرهای دوار، دروگرهای تیغه ای دوار
- ۱۳- جابجا کردن خاک: بولدزرها، لودرها، خاک بردارها، گریدرها، گودبردارها، حفارهای شیاری
- ۱۴- اسپری کردن: اسپری پاشی، اسپری بوم دار، اسپری باغی، هواپیماها
- ۱۵- شیردوشی: ماشینهای شیردوشی، تفکیک کننده های خامه
- ۱۶- آبیاری: پمپها، اسپری های ثابت، اسپری های متحرک

هر نوع روشی که استفاده شود، هدف از شخم ایجاد وضعیت مناسب و بهبود ساختمان خاک تا حد امکان، برای استقرار گیاه زراعی و توسعه اولیه بخشهای هوایی و ریشه است. خاک ایده آل خاکی است که خلل و فرج آن، توازن مطلوبی را بین شرایط نگهداری آب و شرایط زهکشی آزاد و تهویه مناسب فراهم کند. تا چه حدی این عمل صورت گیرد، بستگی به برخی متغیرها دارد که مهمترین آن بافت خاک است. بافت، خصوصیت ذاتی خاک است که فقط در مقیاس خیلی کوچک می‌توان آن را تغییر و اصلاح کرد. بافت بستگی به درصد نسبی ذرات معدنی، در دامنه قابل قبول اندازه یا کلاس آن دارد. سه جزء عمده خاک که به وسیله آنها بافت خاک توصیف می‌شود عبارتند از: شن، سیلت و رس (جدول ۲-۴ را ملاحظه کنید). اهمیت بافت خاک از دیدگاه کشاورزی از یک طرف مربوط به اثر آن بر روی خلل و فرج و نفوذپذیری خاک و از طرف دیگر مربوط به سطح ذرات خاک می‌شود. اندازه فضاهای بین ذرات یا خلل و فرج سرعت زه آب را در خاک تعیین می‌کند. سطح ذرات مقدار آب و عناصر غذایی در محلول را که می‌تواند در مقابل نیروی جاذبه نگهداری شوند مشخص می‌کند. با توجه به شکل ۲-۴ یک خاک سنگین می‌تواند تا بیش از دو برابر خاک سبک، آب را در خود نگه دارد. طبقه‌بندی سستی خاکهای زراعی به صورت سبک، متوسط و سنگین است که تشریح آن عمدتاً به دلیل قابلیت کار بر روی آن، با توجه به بافت آن بوده است. خاکهای سبک (بیش از ۸۰ درصد شن) بافتی درشت دارند. این خاکها معمولاً به عنوان خاکهای خشک و گرسنه توصیف شده‌اند؛ زیرا آب بسرعة از این نوع خاکها نفوذ می‌کند و عناصر غذایی آنها آبشویی می‌شوند. البته، مزیت آنها سریعتر گرم شدن و در مقایسه با خاکهای سنگین‌تر، باعث می‌شوند در بهار رشد گیاه زراعی زودتر رخ دهد. در مقابل، خاکهای سنگین بافت ریزی دارند و معمولاً دارای بیش از ۲۵ درصد رس هستند. این نوع خاکها نسبت زیادی خلل و فرج میکرو (یعنی خلل و فرجی که قطر آنها کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر و بخصوص کمتر از ۰/۰۰۱ میلی‌متر است) دارند و سطح اجزاء رس آنها خیلی زیاد و از نظر شیمیایی فعال هستند که بدین ترتیب هم آب و هم عناصر غذایی را نگه می‌دارند. بعلاوه بعضی از اجزاء رس می‌توانند آب را جذب کنند بنابراین با جذب آب متورم شده و با خشک شدن متقبض می‌گردد. رس از نظر شیمیایی فعال است و نسبت به اجزاء دیگر خاک غالب است و بدین ترتیب تأثیر فیزیکی و شیمیایی بر خاک اعمال می‌کند. البته جزء رس، خود معمولاً از مخلوطی از کانیهای رس تشکیل شده (یکی از آنها ممکن است

غالب باشد) که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها، باهم تفاوت زیادی دارند (جدول ۳-۴ را ملاحظه کنید).

جدول ۴-۲ - خاکهای سنگین: طبقه بندی بافت و ترکیب مکانیکی تقریبی (%)

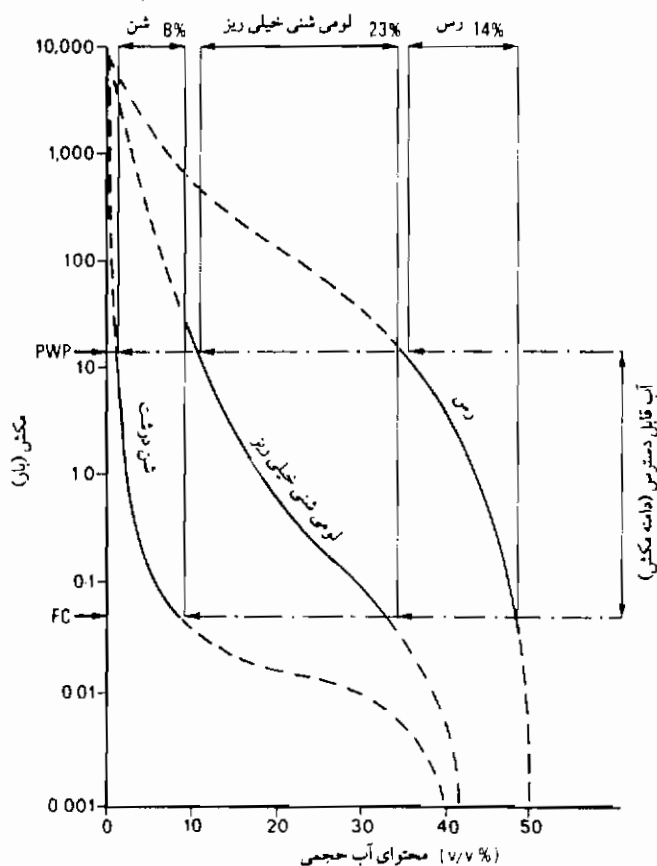
اندازه مکانیکی				
شن درشت	شن ریز	سیلت	رس	
(۰/۲ میلی متر)	(۰/۰۷۵ تا ۰/۰۲ میلی متر)	(۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۵ میلی متر)	(۰/۰۰۲ <)	
۲۵ ± ۵	۲۵	۱۰ ± ۵	۳۰ ± ۱۰	لومی رسی شنی
۱۰ ± ۵	۳۰	۲۰ ± ۵	۳۰ ± ۱۰	لومی رسی
< ۵	۲۰	۳۵ ± ۱۰	۴۰ ± ۱۰	لومی رسی سیلتی
۲۵ ± ۵	۱۵	۱۰ ± ۵	> ۴۰	رسی شنی
۱۰ ± ۵	۲۰	۲۰ ± ۵	> ۵۰	رسی
< ۵	۱۰	۳۵ ± ۱۰	> ۴۰	رسی سیلتی

(از ویلکینسون، ۱۹۷۵)

جدول ۴-۳ - خصوصیات کانیهای رس

کانی رس	نسبت Si به Al	عناصر دیگر	پیوندهای هیدروژنی (H)	ظرفیت تبادل کاتیونی
مونتموریلونیت	۲ به ۱	Ca, Mn, Fe	ضعیف	زیاد
ورمیکولیت	۲ به ۱	Ca, Mn, Fe	ضعیف	زیاد
ایلیت	۲ به ۱	Ca, K	ضعیف	زیاد
کائولینیت	۱ به ۱	-	قوی	کم
آلوفان	۱ به ۲	-	-	زیاد
(بی شکل)				
نسبت Fe به Al				
رسهای هیدروکسید	۱ به ۲	-	-	خیلی کم

H = هیدروژن، Al = آلومینیوم، Si = سیلیسیم، Fe = آهن، Mn = منگنز، Ca = کلسیم، K = پتاسیم،



شکل ۲-۴- منحنیهای مربوط به آب : FC = ظرفیت زراعی، PWP = نقطه پژمردگی گیاه،

(از MAFF, b, ۱۹۸۲)

### ساختمان خاک

یکی از اهداف عمده مدیریت خاک این است که حتی الامکان برای رشد گیاهان زراعی، شرایط یا ساختمان خوب خاک ایجاد کند و بدین ترتیب محاسن بافت موجود و محدودیتهای آن را افزایش دهد. ساختمان خاک تابعی است از حالتی که ذرات معدنی خاک به صورت ذرات

مرکب (خاکدانه) بهم پیوسته می شوند. خاکدانه ها از نظر اندازه، شکل، ترتیب و پایداری بستگی به اثرات متقابل تعدادی متغیر دارند که مهمترین آنها بافت اولیه خاک، محتوای ماده آلی، فرایندهای فیزیکی و مدیریت خاک هستند. ساختمان خاک ایده آل برای کشاورزی اسفنجی است؛ زیرا در این حالت خاکدانه ها ریز، متخلخل و نسبتاً در برابر آب پایدار هستند. البته، در حال حاضر شکل و ساختمان خاکدانه ها به خودی خود، از نقطه نظر زراعی در مقایسه با اندازه و پیوستگی فضاهای هوا بین و درون آنها کمتر اهمیت دارند (جدول ۴-۴ را ملاحظه کنید). در حال حاضر تخلخل بهترین معیار، وضعیت ساختمان خاک در نظر گرفته می شود. به عنوان مثال: هال و همکاران (۱۹۷۹) خصوصیات ساختمانی لایه سطح زمین خاک را براساس ظرفیت هوا و آب قابل دسترس به صورت زیر طبقه بندی کرده اند:

ظرفیت هوا (%)	آب قابل دسترس (%)	
> ۱۵	> ۲۰	خیلی خوب
۱۰-۱۵	۱۵-۲۰	خوب
۵-۱۰	۱۰-۱۵	متوسط
< ۵	< ۱۰	ضعیف

البته برای ساختمان مطلوب، خلل و فرجی با اندازه های مختلف مورد نیاز است تا بدین وسیله نفوذ ریشه به سهولت انجام شود، زهکشی، آزادانه صورت گیرد و ذخیره آب باندازه کافی باشد. بنابراین ساختمان مطلوب دارای تخلخل کافی و شکافهایی با قطر بیش از ۰/۱ میلی متر است که باعث رشد آزادانه ریشه، پخشیدگی اکسیژن و حرکت آب شده و همراه با شکافهایی که کمتر از ۰/۰۵ میلی متر هستند و قادر به نگهداری آب در مقابل نیروی جاذبه هستند. بعلاوه، نفوذ نزولات باید باندازه کافی سریع باشد تا مانع از تجمع آب سطحی شود. در خاک زیرین نباید فشردگی وجود داشته باشد و اگر امکان داشته باشد ریشه دهی باید در بعضی موارد، تا عمق یک متری صورت گیرد.

توسعه ساختمان خاک ناشی از اثرات متقابل پیچیده، بین هوا، روشهای زراعت و در وهله اول بافت خاک است. خاکهای شنی و سیلتی به آسانی خاکدانه تشکیل نمی دهند؛ در حالی که آنهایی که مقدار زیادی رس دارند شدیداً چسبنده هستند و با مرطوب شدن متورم می گردند و با خشک شدن منقبض شده شکافهایی طولی در ترکهای عمودی ایجاد می شود و ساختمانهایی به صورت مکعب به وجود می آیند. البته، مقدار مشخصی رس یکی از عوامل

ضروری برای ترکیب ذرات و ایجاد خاکدانه‌های شن و سیلت و ایجاد ساختمان اسفنجی است. فاکتور مهم‌تر برای به وجود آمدن ساختمانهای پایدار خاک وجود مواد آلی پوسیده شده است که این مواد همانند رس خصوصیات کلوئیدی دارند و در بعضی شرایط در رابطه نزدیک با رس، تشکیل کمپلکس کلوئیدی خاک را می‌دهند. ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی هوموس، بطور قابل توجهی بیش از رس است. وجود آن برای ثبات ساختمان ضروری است. در بسیاری از خاکهای زراعی بخصوص آنهایی که بطور مداوم کشت می‌شوند اگر تنها منبع مواد آلی تازه به وسیله ریشه گیاهان زراعی و دیگر بقایا تأمین شود، میزان هوموس برای ثبات ساختمان، ممکن است تقریباً در حد بحرانی خود باشد (۴ درصد در خاکهای شنی ریز و سیلتی، ۲/۶ درصد در خاکهای سنگین) (شکل ۳-۴ را ملاحظه کنید). از ترکیبات مصنوعی قابل جانشین هوموس می‌توان کریلیوم را نام برد؛ اما تأثیر آن کمتر است و معمولاً خیلی گران بوده فقط در مقیاس خیلی کم استفاده می‌شود.

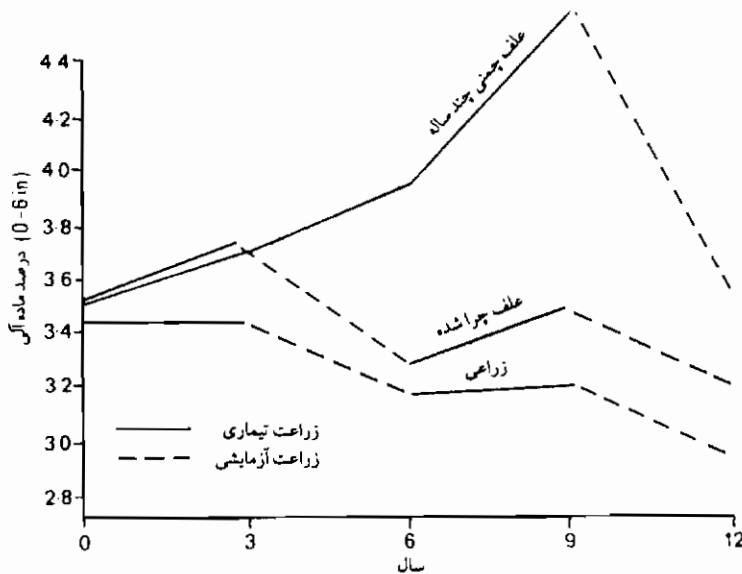
جدول ۲-۴- تشریح طبقه بندی اندازه خلل و فرج و وظیفه آنها\*

گرین لند (۱۹۷۷)		(دلین هیر (۱۹۷۷)	
قطر معادل خلل و فرج	وظیفه	قطر معادل خلل و فرج	وظیفه
> ۵۰۰	شکافها	> ۳۰۰	ظرفیت تهویه
۵۰۰		۳۰۰	
۵۰	خلل و فرج انتقال	۳۰	خلل و فرج زهکشیهای عادی
		۹	خلل و فرج زهکشیهای آهسته
			ظرفیت نگهداری آب مفید
۰/۵		۰/۲	
	خلل و فرج باقیمانده		محتوای آب غیر مفید
		۰	

\* به علت اختلاف خاکها از نظر اندازه خلل و فرجی که زهکشی ثقلی در آن صورت می‌گیرد و محدوده‌ای از خلل و فرج که گیاه می‌تواند آب جذب کند، این تقسیمات تا حدودی اختیاری هستند.

PF \*\* (هم اکنون منسوخ شده است) = لگاریتم مکش رطوبت خاک بر حسب سانتی متر آب.

(گرین لند، ۱۹۷۷)

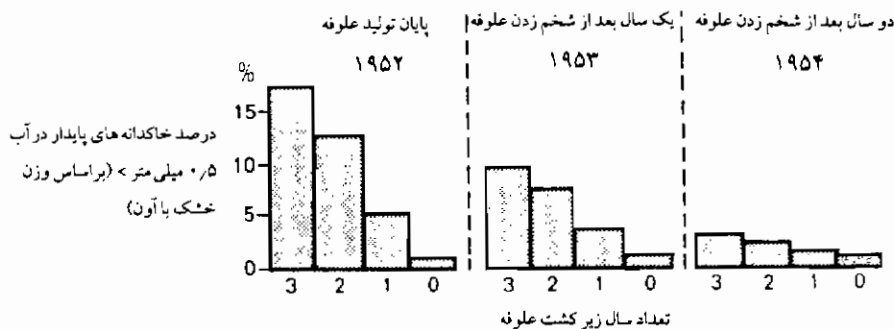


شکل ۳-۴- اثر علفه چرا شده و زراعت بر روی ماده آلی خاک: مزرعه تحقیقاتی  
رزاموند (ازایگل، ۱۹۷۵)

از دیگر عوامل مؤثر در توسعه ساختمان خاک میکروارگانیسمها هستند که ترکیبات چسبنده تولید می کنند و در نهایت به ذخیره مواد آلی کمک می کنند. در مناطق معتدل دنیا، کرمها نقشی حیاتی در تجزیه و ترکیب مواد آلی و معدنی دارند. بعلاوه این کرمها مجراهایی با قطر ۲۰ تا ۵۰ میلی متر تشکیل می دهند که می توانند به عنوان خلل و فرج ذخیره ای عمل کنند. بالاخره، ریشه علفهای چمنی خیلی مهم هستند. آنها نه فقط مستقیماً به تأمین مداوم مواد آلی خاک کمک می کنند، بلکه همچنین شبکه متراکم و منشعب ریشه های نازک (بخصوص در بسیاری از علفهای چمنی زراعی) فعالانه ساختمان اسفنجی شکل را افزایش می دهند (شکل ۴-۴ را ملاحظه کنید). این امر می تواند تا حدودی مربوط به ایجاد بخشهای فرعی در خاک و تا حدودی مربوط به فعالیت میکروارگانیسمها در منطقه ریشه دهی باشد.

شرایط هوائی نقش مهمی در توسعه ساختمان خاک دارد. مرطوب و خشک شدن سطح خاک و چرخه های منجمد شدن و ذوب شدن به خرد شدن کلوخه های بزرگ تشکیل شده در خاکهای رسی سنگین کمک می کند. بعضی از خاکها مانند: خاکهای لومی رسی و

لومی سیلتی به اصطلاح خود-مالج هستند یعنی هنگامی که در معرض هوا قرار می‌گیرند به‌سبب خرد شده تشکیل خاکدانه‌های شل سطحی را می‌دهند و لذا عملیات آماده‌سازی نسبتاً کمتری برای تهیه بستر بذر خوب لازم می‌گردد.



شکل ۴-۴- اثرات کشت علفه تا ۳ سال و کشت گیاهان زراعی بر روی درصد خاکدانه‌های پایدار به آب (باقطر کمتر از ۰/۵ میلی متر) (ازلو، ۱۹۷۵)

بیشتر مطالب چاپ شده در باره خصوصیات زراعی خاکهای رسی، بخصوص مربوط به مناطق معتدل سرد دینا می‌شود. یانگ (۱۹۷۴) اشاره کرده است که در مناطق حاره، خاکهای رسی اغلب اختلافات زیادی را از نظر ترکیب معدنیها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهند. با وجود این که خاکهای مناطق حاره ممکن است، تا ۸۵ درصد رس داشته باشند، اما آنها اغلب ترد و حتی نرم هستند و تشکیل واحدهای ساختمانی خیلی ریزی را می‌دهند. این نوع خاکدانه‌های ریز به علت خصوصیت اکسیدهای آهن آزاد که قدرت چسبندگی دارند، بوجود می‌آیند. این اکسیدها به مقدار زیاد در بسیاری از خاکهای مناطق حاره وجود دارد. در نتیجه این خاکها بیشتر شبیه خاکهای سبک، هستند. البته این نوع خاکها به آب نفوذپذیر و ریشه گیاهان زراعی به آسانی در آنها نفوذ می‌کنند، ولی ظرفیت کمی در نگهداری عناصر غذایی دارند. در نتیجه آنها نه تنها با کمبود عناصر غذایی مواجه هستند بلکه به تلفات عناصر غذایی به وسیله آبشویی خیلی حساس هستند. بنابراین خصوصیات قابلیت نگهداری عناصر غذایی مواد آلی، در خاکهای مناطق حاره در مقایسه با خاکهای مناطق معتدل، از اهمیت بیشتری برخوردار است. البته بخاطر سرعت زیاد تجزیه، معمولاً محتوای مواد آلی در خاکهای مناطق حاره، نسبت به خاکهای مناطق معتدل کمتر و اغلب در نزدیک سطح خاک متمرکز



هستند. این موارد در اثر عملیات کشاورزی با سرعت بیشتری در مناطق حاره کاهش می یابند.

### قابلیت انجام کار

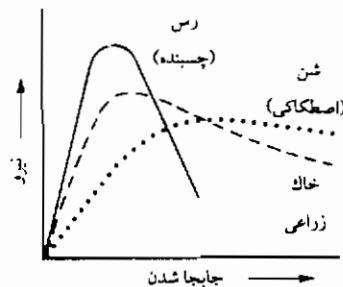
هدف شخم زدن ایجاد محیط فیزیکی مطلوب، برای استقرار گیاه زراعی و تولید است. موفقیت شخم در این رابطه بستگی به روشهای به کار گرفته شده بخصوص به نوع و زمان بندی مدیریت، برای شرایط خاصی از خاک دارد. مورد اخیر سهولت نسبی کار روی خاک و واکنش آن به عملیات زراعت را مشخص می کند. اصطلاحات سبک، متوسط و سنگین نیز شاخص مقدار کوشش یا انرژی مورد نیاز برای شخم هستند (جدول ۵-۴ ملاحظه کنید).

**جدول ۵-۴ - نیروی کششی مورد نیاز برای کشیدن یک گاو آهن در خاک**  
در ارتباط با سنگینی خاک که در درصد رس آن منعکس است

محتوای رس (%)	۲۳٫۶	۳۰	۳۱٫۱	۳۴٫۳
نیروی کششی (پوند)	۱۲۸۰	۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱۵۵۰
(کیلوگرم)	۵۸۰	۶۳۵	۶۸۰	۷۰۳

(از براون، ۱۹۷۴)

قابلیت انجام کار بر روی خاک در ارتباط با به اصطلاح استحکام آن است. استحکام ترکیبی از خصوصیات مواد خاک است که مقاومت آن را به نیروهای اعمال شده خارجی برای حفر کردن، شخم زدن یا وزن و کشش حیوانات و یا وسایط نقلیه تعیین می کند (بردی، ۱۹۷۴). مقدار حرکت یا تغییر شکلی که رخ خواهد داد، مربوط به نیروی برشی می شود که در خاک تشکیل می گردد (شکل ۵-۴ را ملاحظه کنید). این نیرو ناشی از اصطکاک و یا چسبندگی اجزاء تشکیل دهنده آن است. اصطکاکی که بین ادوات و مواد خاک به وجود می آید، تابعی از وزن، زبری و شکل ذرات تشکیل دهنده آن است و در خاکهای خشک با بافت درشت و شل نیروهای اصطکاکی غالب هستند. با توجه به شکل ۶-۴ عمل چسبندگی تابعی از محتوای رطوبت خاک و بافت است و هر چه محتوای رس بیشتر باشد، نیروی چسبندگی مهمتر خواهد شد.



شکل ۵-۴- رابطه بین نیرو (کشش) و مقدار جابجایی (ازدیوبیس و همکاران، ۱۹۷۲)

استحکام خاک بر حسب وضعیت آن با مقادیر مختلف رطوبت مثلاً، خشک و سخت، شل و ترد، مرطوب و ارتجاعی، خیس و چسبنده مشخص می‌شود. محدوده استحکام که مربوط به مقادیر بحرانی رطوبت خاک می‌شود، به وسیله آتبرگ در سال ۱۹۱۱ معرفی گردید و در ابتدا به وسیله مهندسين برای تعیین واکنش خاکها به وزن سازه‌های مکانیکی مانند ساختمانها و جاده‌ها استفاده می‌شد. این حالت و محدوده‌ها (جدول ۶-۴ را ملاحظه کنید) مربوط به خاکهایی که بافت متوسط و ریز دارند می‌شود و با اصطلاحات ارائه شده در زیر توصیف می‌شوند:

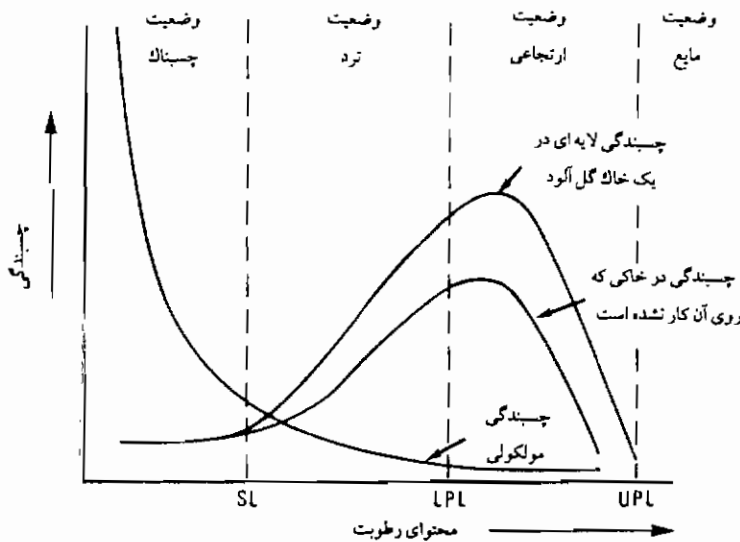
وضع استحکام: سخت، ترد، پلاستیک، مایع

محدوده استحکام: (خشک) منقبض شدن، (مرطوب) پلاستیک، (خیس) مایع

خاکهایی که بافت درشت دارند و دارای کمتر از ۱۰ درصد رس می‌باشند غیر پلاستیک هستند و حدود استحکام مشخصی را نشان نمی‌دهند.

حد انقباض حالتی است که خاک از مرطوب بودن به سمت خشک بودن پیش می‌رود، یعنی محتوای رطوبت فقط کافی است تا خلل و فرج موجود را با حداقل حجم به دلیل خشک شدن پر کند. در حد پلاستیک هر ذره به وسیله لایه نازکی از آب فقط باندازه‌ای که به عنوان نرم‌کننده عمل کند احاطه شده است، در حالی که در حد مایع لایه آب باندازه کافی ضخیم است تا چسبندگی بین ذرات خاک و جریان آب خاک تحت نیروهای اعمال شده خارجی را کاهش دهد. بین محدوده انقباض و پلاستیک، خاک ترد و مرطوب است؛ یعنی وضعیتی فیزیکی که باعث می‌شود، بدون کوشش اضافی و با حداقل خطر صدمه زدن به ساختمان خاک روی آن

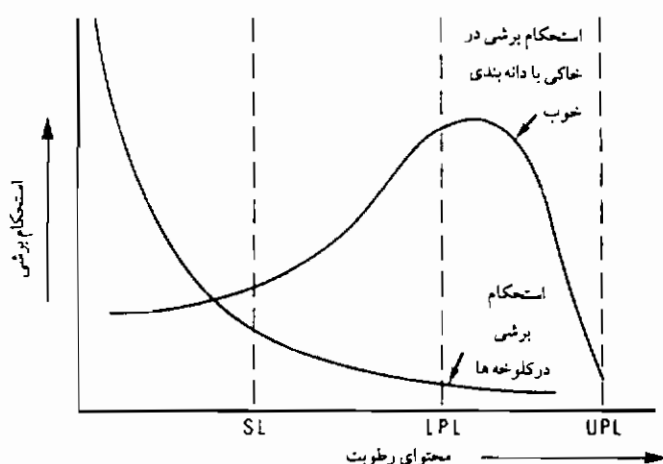
کار کرد. در حد پلاستیک خطر گل آلود شدن، چسبناک شدن و تخریب کلی ساختمان خاک افزایش می یابد (شکل ۷-۴ را ملاحظه کنید). اغلب اختلاف بیشتری بین حد پایین پلاستیک (یا حداقل محتوای رطوبت که گل آلود شدن خاک رخ می دهد و حداکثر محتوای رطوبت که خاک می تواند وضعیت ترد بودن را حفظ کند) و حد بالایی پلاستیک (که در این نقطه خاک از وضعیت پلاستیک تا وضعیت چسبنده یا مایع تغییر می کند) قائل می شوند. حد پایینی درست قبل از رسیدن به ظرفیت زراعی به دست می آید یعنی حدی که آن را به عنوان نقطه چسبنده توصیف می کنند.



شکل ۴-۶ (a) - نوسان چسبندگی خاک با محتوای رطوبت آن

در خاکهایی که بافت متوسط و بافت ریز دارند شاخص تردی (یعنی اختلاف بین حدود انقباض و پلاستیک) معیاری از دامنه قابل قبول رطوبت، برای کشت بسیاری از گیاهان زراعی است. هر چه این شاخص بیشتر باشد، مدت زمانی که عملیات شخم میسر می شود و شرایط خاک برای شخم زدن مطلوب است طولانی تر خواهد شد. البته کم بودن شاخص حاکی از آن است که خاک برای عملیات شخم موفقیت آمیز از حالت خیس بودن به خشک بودن سرعت تغییر وضعیت می دهد. شاخص پلاستیسیته (اختلاف بین محتوای رطوبت در محدوده پلاستیک و مایع) اغلب به عنوان شاخص کلی قابلیت کارکردن بر روی خاک بر حسب درجه

حساسیت به لطمه دیدن ساختمان آن استفاده می‌شود. این شاخص همچنین شاخصی از نیروی کششی یا محرك مورد نیاز برای یک عملیات خاص است. با افزایش شاخص، استحکام یا ثبات خاک به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد و کوشش نسبتاً بیشتری برای حفظ خصوصیت مطلوب فیزیکی خاک نیاز است. معیار دیگری برای قابلیت کار کردن روی خاک نسبت بین محدوده پلاستیک و ظرفیت زراعی است. اگر خاک قبل از ظرفیت زراعی به حد پلاستیک برسد، قابلیت کار کردن روی آن در حقیقت خیلی ضعیف خواهد بود (جدول ۷-۴ را ملاحظه کنید).



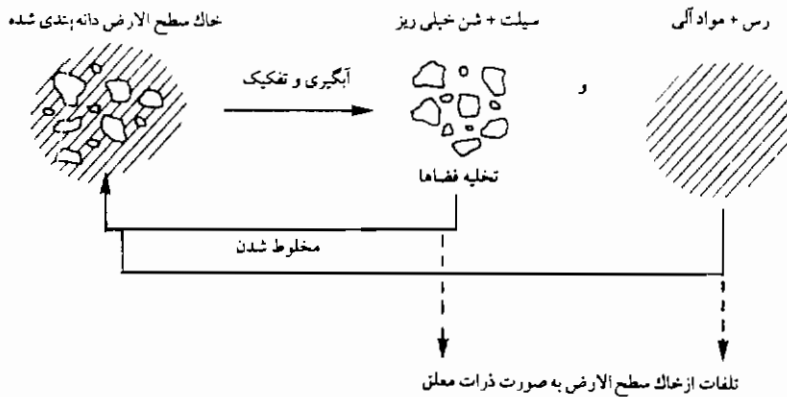
شکل ۶-۴ (b) - نوسان در استحکام برشی خاک با محتوای رطوبت.  $SL =$  حد انقباض،

$LPL =$  حد پایین قابلیت ارتجاع،  $UPL =$  حد بالای قابلیت ارتجاع (از اسپور، ۱۹۷۵)

جدول ۶-۴ - محتوای رطوبت در حد پلاستیک و در ظرفیت زراعی

ماده آلی (%)	رسم ۰/۰۰۲ میلی متر (%)	محتوای رطوبت (%)		بافت خاک (افق مسطحی)
		ظرفیت زراعی	حد پلاستیک	
۲/۸	۱۷	۲۶/۹	۱۹/۷	لومی شنی
۶/۴	۳۹	۴۲	۳۵/۹	لومی رسی
۸/۸	۵۸	۵۵/۲	۴۸/۸	لومی رسی

(از ویلکینسون، ۱۹۷۵)



شکل ۷-۴- شمایی از خرد شدن خاکدانه ها و تفکیک اندازه ذرات (از دبیرس، ۱۹۷۵)

جدول ۷-۴- اثر رطوبت خاک بر روی ثبات و قابلیت کارکردن بر روی خاکهای سنگین

رطوبت خاک	خشک	مرطوب	خیس	اشباع
ثبات	سخت، سفت	ترد، مست	پلاستیک، چسبنده	مایع
استحکام داشتن	زیاد	تقریباً زیاد	کم	خیلی کم
درجه سهولت و نتیجه شخم	سخت، کلونجه	خاک با نیروی خرد شدن، ثبات	خاک با نیروی کششی زیاد، گل آلود شدن و متراکم شدن	نیروی کششی کمتر اما خاک گل آلود می شود
	رگد در خاک	شدن، ثبات		کشش غیر ممکن است
		مطلوب کارکردن		

(از ویلکینسون، ۱۹۷۵)

مقدار کمی این مواد و شاخصها بستگی به سطح مواد خاک دارد که به وسیله بافت و بخصوص جزء رس و نوع کانی رس تشکیل دهنده آن مشخص می گردد. اطلاعات کمی درباره اثر این مواد وجود دارد، اگر چه افزایش مواد آلی محتوای رطوبت را در حد پلاستیک زیاد می کند. خاکهای سنگین که میزان رس آنها بیش از ۲۸ درصد است، مشکلترین مسائل مدیریت را برای زراعت به وجود می آورد. این خاکها آب زیادی را در خود نگه می دارند، نفوذ پذیری کمی دارند و زهکشی آنها به آهستگی رخ می دهد. بنابراین خشک شدن آنها آهسته می باشد. خاکهای رسی سنگین، زمانی پلاستیک می شوند که خیلی مرطوب و سخت باشند و

زمانی کلوخه‌ای می‌شوند که خیلی خشک شوند (جدول ۷-۴ را ملاحظه کنید). دامنه‌ای از رطوبت که شخم در این خاکها امکان‌پذیر است خیلی کم و در بریتانیا زهکشی معمولاً یک ضرورت است. تعداد روزهایی که می‌توان بر روی خاکهای مذکور کار کرد، در مقایسه با دیگر خاکها کم است (جدول ۸-۴ را ملاحظه کنید). بنابراین زمان بندی و سرعت عملیات زراعی در این نوع خاکها، در مقایسه با انواع دیگر اهمیت بیشتری دارد.

**جدول ۸-۴- اثر بارندگی و بافت خاک بر روی متوسط تعداد روزهای قابل کارکردن**

تعداد روزهای قابل کارکردن*									
فوریه			مارس			آوریل			
خاک	خاک	خاک	خاک	خاک	خاک	خاک	خاک	خاک	
سبک	متوسط	سنگین	سبک	متوسط	سنگین	سبک	متوسط	سنگین	
۳	۲	۰	۱۶	۱۴	۹	۲۱	۱۹	۱۶	خیس‌تر از متوسط
۸	۵	۳	۲۵	۲۴	۲۰	۲۶	۲۳	۱۶	متوسط بارندگی
۱۱	۹	۸	۲۹	۲۹	۲۷	۲۸	۲۶	۲۵	خشک‌تر از متوسط

\* روزکار = روزی که کشت و کار رضایت بخش است.

(از دیویس و همکاران، ۱۹۸۲)

عواقب شخم زدن خاکهای سنگین بدون در نظر گرفتن محدوده بحرانی استحکام، منجر به متراکم شدن، یعنی کاهش فضاها، خلل و فرج و افزایش جرم مخصوص ظاهری، گل‌آلود و چسبیده شدن یعنی قطع پیوستگی فضاها، خلل و فرج می‌شود. گل‌آلود شدن فرآیندی است که به موجب آن خاکدانه‌های سطحی شکسته می‌شوند. این امر می‌تواند یا با برخورد باران شدید یا لگد کردن سطح عریان یا نیمه عریان خاک به وسیله حیوانات یا به وسیله شخم به هنگامی که خاک خیلی خیس است به وجود آید. مقداری از رس پراکنده شده تشکیل لایه نازکی را بر روی سطح می‌دهد و انسداد منافذ انتقال را باعث می‌شود. در نتیجه گودالهایی از آب جمع می‌شود و در آنها ذرات ریز ته‌نشست شده بالاخره با خشک شدن سله تشکیل می‌شود که ممکن است سبز شدن گیاهچه را مانع شوند. بهم خوردن، شامل پراکنده شدن و نرم شدن موضعی خاک تحت فشار چرخها و گاوآهن است. کاهش حجم و اندازه فضاها، خلل و فرج، نه فقط حرکت آب را کاهش می‌دهد بلکه می‌تواند به علت تجزیه ناقص مواد

آلی و بخاطر دنیتریفیکاسیون، منتهی به شرایط بی هوازی و تولید گازهای سمّی می شود. خاکهای سنگین محدودیتهایی بر روی کشت و کار تحمیل می کنند که اصلاح آنها مشکل است و قابلیت انعطاف استفاده از آنها محدود است. گیاهان زراعی ریشه ای و آنهایی که در زمستان قابل برداشت هستند می توانند مستثنی باشند و بریتانیا و علفهای چمنی چه به صورت دائمی و یا به صورت تناوبی، از دیرباز یک گیاه زراعی سنتی در چنین خاکهایی بوده است. البته در علف زارهایی که مدیریت فشرده اعمال می شود و تراکم دام زیاد است و مقدار زیاد کود از ته مصرف می شود، علفهای چمنی با ریشه سطحی همراه با مقادیر کم مواد آلی می تواند شرایطی را ایجاد کند که حساس به گل آلود شدن به وسیله حیوانات باشد.

در مقابل، فاکتور عمده محدود کننده تعداد و عملکرد گیاهان زراعی بر روی خاکهای سبک، خشک شدن این نوع خاکها در طی فصل رشد و بخصوص در طی مرحله بحرانی رشد است. ظرفیت کم نگهداری عناصر غذایی مسائل بیشتری را نسبت به دیگر انواع خاکها به وجود می آورد. البته اکثر خاکهای سبک و متوسط بافت محدودیتهای ذاتی کمتری نسبت به خاکهای سنگین دارند و اغلب برای تعداد بسیار زیادی از گیاهان زراعی مناسب هستند. با این وجود، خاکهای شنی ریز و سیلتی هر دو ساختمانهایی ضعیف و ناپایدار دارند و در نتیجه در مقایسه با بعضی از خاکهای سنگین تر حتی حساسیت بیشتری به سله بستن دارند. در خاکهایی که مقدار شن بیشتری دارند، شخم می تواند باعث متراکم شدن ضعیف خاک، قبل از بذار کاری شده و بدین ترتیب سطح آن شل، برآمده و متورم می شود. از طرف دیگر در سیستمهای کاملاً مکانیزه کشت و کار، خاکهای لومی و سیلتی ریزتر متراکم می شوند.

### قابلیت عبور و مرور

ثبات خاک همچنین بر ظرفیت تحمل یا قدرت برد باری یا آنچه که بیشتر مصطلح است، قابلیت عبور و مرور مؤثر است. این معیاری از مقدار حرکتی است که بوسیله وسایط نقلیه چرخ دار و یا حیوانات، خاک می تواند با حداقل کشش و جابجایی تحمل کند. خاکهای شنی سبک، قابلیت عبور و مرور مطلوب خود را در شرایط مرطوب دارند. در حالت خشک یا خیس، حرکت خاک بیش از حد است و قدرت برشی آن زیاد است بطوری که به ماشین آلات سنگین تر و با انرژی بیشتر مورد نیاز است. در مقابل، قابلیت عبور و مرور در خاکهای

سنگین‌تر زمانی درخداکثر است که خاک خشک و طبیعتاً سخت باشد، یعنی وضعیتی که بخصوص برای برداشت با کمباین به عنوان مثال مناسب است. با افزایش رطوبت، متراکم شدن تا حد پلاستیک افزایش می‌یابد و این زمانی است که قابلیت عبور و مرور کاهش می‌یابد و خطر صدمه دیدن سطح خاک به سرعت افزایش می‌یابد. متراکم شدن سطح در تمام انواع خاکها رخ می‌دهد؛ ولی بخصوص در خاکهای شنی و سیلتی که به آسانی متراکم می‌شوند و در خاکهای سنگین زمانی که خیلی خیس باشند، مشاهده می‌گردند. در مورد اخیر مقدار وزنی که در واحد سطح می‌تواند حمل شود، کاهش یافته و باید از ماشینهای سبکتر یا ماشینهایی که دارای چرخ یا تایر هستند و بار را بهتر توزیع می‌کنند استفاده کرد.

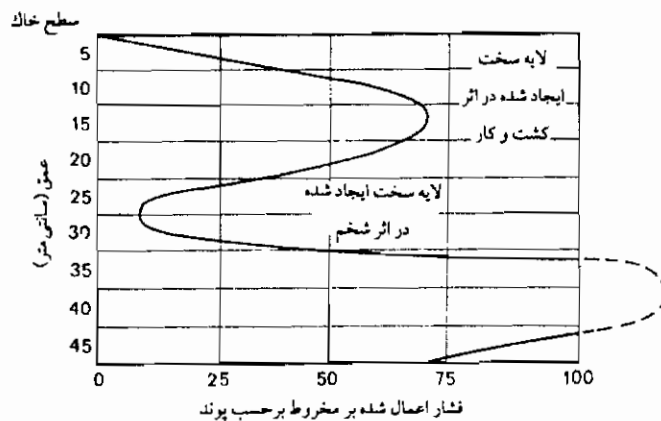
قابلیت عبور و مرور و قابلیت کار کردن رابطه زیادی با عملیات شخم دارد. در عملیات بدون شخم، بخصوص عملیاتی که در شروع یا پایان فصل رشد یعنی زمانی که شرایط رطوبت خاک بحرانی است، انجام می‌شود قابلیت عبور و مرور بتنهایی می‌تواند سهولت دسترسی و تعداد روزهایی که شرایط برای کار با تراکتورها و غیره مناسب است را مشخص کند.

### عملیات زراعی بیرویه

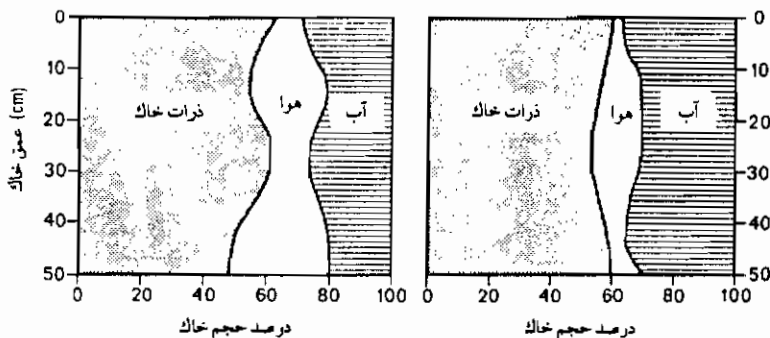
اسپور (۱۹۷۵) تفاوتی را بین کشت و کار مثبت و منفی قائل شده است. کشت و کار منفی باعث تغییر شکل ناخواسته؛ اما اغلب غیر قابل اجتناب خاک می‌شود و این موضوع ناشی از عملیات بدون شخم یا ناشی از استفاده از تراکتور و گاو آهن در طی کشت و کار مثبت است. مسائلی ناشی از افزایش فشردگی خاک با اسب یا تراکتور در اثر شخمهای مکرر در عمق ثابت وجود دارد و در اواخر قرن نوزدهم از ساب سویلر برای شکستن لایه سخت ایجاد شده در اثر شخم استفاده می‌شد (شکلهای ۸-۴ و ۹-۴ را ملاحظه کنید). افزایش تراکم زراعت در دهه های اخیر این مسأله را حادتر کرده است و با افزایش اندازه و بخصوص تخصصی شدن ادوات کشت و کار، اثر آن افزایش یافته است. برای یک مزرعه غیر عادی نیست که دوازده بار در طی فصل رشد روی آن تردد شود (بجز شخم زدن اولیه) (سیمپسون، ۱۹۸۰). در مواردی بیش از ۲۰۰ عبور و مرور به وسیله وسایط نقلیه چرخ دار در طی تولید بعضی از گیاهان باغی گزارش شده است. برای کاهش فشردگی سطح و سیستمهای بستر پیشنهاد شده است در آن عبور و مرور در یک مسیر مشخص که هیچ گیاه زراعی در آن کشت نشده است انجام شود. کشت



خالص غلات و افزایش مصرف کودهای معدنی، باعث کاهش مواد آلی خاک و در نتیجه تخریب ساختمان خاک شده است. خاکهای سبکی که روی آنها کشت و کار انجام می شود، بیشتر مستعد فرسایش بادی، خاکهای سیلتی و سنگینتر مستعد گل آلود شدن و سله بستن بعد از باران شدید هستند. نتیجه دیگر فشردگی سطح خاک، تشکیل کلوخه های بزرگ با قدرت و مقاومت متفاوت در مقابل خرد شدن هستند.



شکل ۸-۴- مقاومت به نفوذ سنج خاک نسبت به عمق، از سطح يك خاک زراعی که نشان دهنده دو منطقه متراکم شده است؛ یعنی يك لایه سخت ناشی از کشت و کار يك لایه سخت ناشی از شخم (از هارود، ۱۹۷۵)



شکل ۹-۴- اثر کشت و کار و تعداد دام بر روی حجمی از خاک که به وسیله هوا، آب و مواد جامد اشغال شده است (از سیمپسون، ۱۹۸۰).

### شخم حداللی یا صفر

با استفاده از علف‌کشها و سوزاندن کاه و کلش و بقایای گیاهی، اخیراً اهداف و روشهای شخم زدن در سیستمهای زراعی فشرده، دچار تغییرات اساسی شده است. عمق شخم کاهش یافته و کولتیواتور دوار به عنوان وسیله عمده شخم زدن، بخصوص در خاکهای سنگین جایگزین گاو آهن شده است. به علاوه تمایل فزاینده‌ای برای کاهش تعداد عملیات زراعی، به منظور اجتناب از نتایج نامطلوب انجام بیش از حد، این عملیات به وجود آمده است. کاهش یا حذف شخم همراه با کاشت مستقیم بذر است. این روش جدید نیست و در ابتدا معروف به کاشت در بقایای گیاهی بود. از این روش برای اصلاح تپه ماهورهای پاک شده از درختان نامرغوب در نیوزیلند و برای پخش کردن شبدر سفید، بر روی زمین‌های بایر در اسکاتلند استفاده شد. فرصتهای فراهم شده به وسیله معرفی علف‌کشهای مناسب، باعث توسعه سریع کاشت مستقیم بذر از دهه ۱۹۵۰ به بعد شد. برآورد شده است که تا سال ۱۹۷۰ (کانل و فینی، ۱۹۷۳) حدود ۴۰۰۰۰۰ هکتار غلات در بریتانیا، با شکلی از عملیات زراعی تغییر یافته یا کاهش یافته کشت شده است. البته کاشت مستقیم بذر، فقط برای سطح اندکی مثلاً ۵۵۰۰۰ هکتار که یک سوم آن غلات است استفاده می‌شود. در ایالات متحده آمریکا احتمالاً حدود سه میلیون هکتار گندم و سویا با روش کاشت مستقیم بذر کشت می‌شوند.

کاشت مستقیم، خیلی زیاد مورد تحقیق قرار گرفته است و با وجود بحثهای زیاد در این زمینه به نظر می‌رسد می‌تواند مزایایی داشته باشد و باعث حفظ شرایط مناسب خاک شود (جدول ۹-۴) را ملاحظه کنید). بنظر می‌رسد بیشترین موفقیت و پتانسیل آن، در خاکهای سنگین است که زمان بندی عملیات زراعی در آنها خیلی بحرانی است. این خاکها در مقیاس وسیع جهت کشت کلم، شلغم، کلم علوفه‌ای و شلغم روغنی استفاده شده است. تحت شرایط مساعد خاک با یک مقدار مشابه بذر، جمعیت گیاهی در این نوع زیادتر بوده جوانه زنی زودتر و استقرار گیاه زراعی سریعتر و توزیع گیاهان یکنواخت تر است. معایب عمده آن این است که باعث استقرار علفهای هرز چند ساله و بعضی از آفات از جمله راب و بیماریها می‌شود. زنگها و سفیدک بر روی گیاهانی از غلات که به صورت ناخواسته سبز شده‌اند، زمستان‌گذرانی می‌کنند (یعنی گیاهانی که از بذر یا ساقه‌های محصول برداشت شده رشد می‌کنند). همچنین ممکن است آبشویی عناصر غذایی در این روش، بیشتر از زمینهای شخم خورده باشد. گیاهان زراعی کشت شده به صورت مستقیم، اغلب نیاز به کود ازته بیشتری دارند

تا بخاطر رقابت بیشتر با علف هرز یا بخاطر استقرار آهسته تر بتوانند به حداکثر عملکرد برسند. خاک بعد از کاشت مستقیم، فشرده تر می شود، دارای تراکم بیشتر و قدرت مکانیکی زیادتر بوده هموارتر است و لذا قابلیت عبور و مرور را آسانتر می کند، تخلخل و بخصوص مقدار منافذ درشت کاهش می یابد (جدول ۱۰-۴ را ملاحظه کنید). البته فضای منافذ اغلب پیوسته تر است و این موضوع تاحدودی در اثر افزایش تعداد کرمهای خاکی است و در نتیجه نفوذ آب بهبود می یابد. تراکم شدن همچنین می تواند در خاکهای لومی شنی وسیلتی، همراه با افزایش رطوبت خاک باشد. البته در خاکهای ریز بافت ممکن است غرقابی اتفاق افتد. در بعضی موارد فشرده گی می تواند، همراه با دامنه وسیعتری از حرارت در خاک باشد و در بعضی دیگر همراه با افزایش ظرفیت گرمایی خاک باشد.

**جدول ۹-۴-** نتایج آزمایشی که روشهای کاشت مستقیم بذرها با عملیات زراعی سنتی و سطحی برای

غلات زمستانه، بهاره و پاییزه در انگلستان مقایسه شده است (منطقه شرقی)

عملیات زراعی سنتی	عملیات زراعی سطحی	کاشت مستقیم بذرها
(گاوا آهن برگردان دار) (گاوا آهن دندانه ای یا بشقابی)		
۶۵	۲۰	۱۵
درصدی از غلات پاییزه		
تیمار شده		
۵/۵	۳/۲۵	۱
نفر- ساعت در هکتار		
(تراکتور ۵۶ کیلو وات)		
میانگین عملکرد (تن در هکتار)		
۶/۲	۶/۲	۶/۳
۵/۸	۵/۶	۵/۵
۶/۳	۶/۱	۶/۲
۷	۴/۱	۳/۸
غللات بهاره (خاک سنگین)		
جو زمستانه (خاک سبک)		
جو زمستانه (تمام خاکها)		

(از MAFF، ۱۹۸۳)

جدول ۱۱-۴ اثرات شخم زدن و کاشت مستقیم، بر روی ساختمان خاک و محتوای مواد آلی، در محلی که قبلاً چراگاه دائمی بوده را نشان می دهد. با عمل شخم زدن کاهش دانه بندی خاک و مواد آلی رخ می دهد. البته در کاشت مستقیم بخصوص در ۵ سانتی متری لایه فوقانی خاک کاهش این دو معمولتر است.

جدول ۱۰-۳- درصد کل تخلخل و توزیع حجمی اندازه خلل و فرج

کل فضای منافذ		منافذ درشت که بزرگتر از ۳۰ میکرون هستند		منافذ ریز که کوچکتر از ۳۰ میکرون هستند	
کاشت مستقیم	شخم عمیق	کاشت مستقیم	شخم عمیق	کاشت مستقیم	شخم عمیق
۴۳	۴۸	۱۰	۱۷	۳۳	۳۱

(از دیویس و همکاران، ۱۹۸۲)

اطلاعات کمی درباره اثر تغییرات خاک که ناشی از کشت مستقیم است، بر روی رشد ریشه گیاهان زراعی وجود دارد. در حالی که طویل شدن ریشه با افزایش سختی خاک فرق می‌کند، جرم مخصوص ظاهری می‌تواند برای خاکهای مختلف فرق کند و اثر محدود کننده فشردگی می‌تواند با مجراهای باقیمانده به وسیله ریشه‌ها و کرمهای خاکی در حال پوسیدن کاهش یابد. در مورد گیاهان زراعی که ریشه راست (مثلاً، پنبه، کلم، چغندر قند و غیره) دارند، ریشه‌های سطحی گسترش می‌یابند. در مورد غلات ممکن است، رشد ریشه در ابتدا و بعد از کاشت مستقیم محدود شود؛ ولی رشد بعدی و عملکرد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند. البته هنوز عواقب طولانی مدت کاشت مستقیم، بر روی رشد ریشه نیاز به بررسی دارد. با پیشرفت دستگاههای بذر کار و علف کشها محیط فیزیکی خاک تغییر داده شده و خاک می‌تواند محدودیت اصلی باشد و لازم است شرایطی که در آن با مدیریت صحیح، بتوان این تکنیک را با اطمینان به کار برد مشخص شود (کانل و فینی، ۱۹۷۳، ۱۸۹).

### زهکشی

در حالی که در بعضی شرایط، اهمیت شخم برای استقرار و رشد گیاهان زراعی کاهش پیدا کرده است، مدیریت و تنظیم رطوبت خاک، نقش آن را به عنوان یکی از ضروریترین فرآیندهای عملیات زراعی حفظ کرده است.

در بسیاری از مناطق دنیا آب اضافی خاک، برای قسمتی از سال یا تمام سال، مدت زمان موجود برای رشد گیاه زراعی را محدود می‌کند. بدین ترتیب نوعی از زهکشی برای عملیات زراعی موفق لازم است. هدف اساسی تمام سیستمهای زهکشی حذف آب اضافی خاک و در نتیجه تهویه بهتر و توسعه عمیق تر و گسترده تر ریشه است. بنظر توماسون (۱۹۷۵، ۷) این

هدف در انگلستان تا حد امکان با تقلید از زمینهای گچی دنبال می شود و بدین وسیله آب آزاد حذف شده خاک ظرف ۴۸ ساعت به ظرفیت زراعی برمی گردد. بیش از نیمی از مزارع انگلستان برای حذف آب اضافی خود، نیاز به زهکشی مصنوعی دارند. شرایطی که ضرورت زهکشی را ایجاد می کنند عبارتند از: یک سطح ایستایی دائمی یا فصلی بالا، بارندگی زیاد و تبخیر آهسته در خاکهای سنگین، یک لایه زیرین غیر قابل نفوذ در خاک، یا وجود خاکهای پست اسیدی با ظرفیت نگهداری آب زیاد. در حالی که یک خاک بازهکشی خوب می تواند بعد از بارندگی در مدت ۴۸ ساعت به ظرفیت زراعی برگردد در یک خاک بازهکشی ضعیف این کار ۷ تا ۱۰ روز طول می کشد.

زهکشی اراضی حداقل در انگلستان تاریخچه ای طولانی دارد و به زمان رومیها برمی گردد. البته، در قرن هفدهم بود که تکنیکهای پیشرفته تری ابداع شد و مساحت زمینهای اصلاح شده به صورت قابل توجهی افزایش یافتند. درجه تأثیر و دوام نوع خاصی از زهکشی ضرورتاً بستگی به طرح سیستم، طبیعت خاک و کیفیت مدیریت دارد.

طرح ارجح یک سیستم زهکشی بر حسب عمق، فاصله و نفوذپذیری کانالهای تخلیه، طرحی است که بهترین توانایی را از نظر هماهنگی با شرایط هیدرولوژیکی خاک داشته باشد و بازده اقتصادی سرمایه به کار گرفته شده نیز مطلوب باشد. چنین طرحی به نوع گیاه زراعی، حساسیت آن به آب اضافی خاک، نیازهای زراعی، زمان و نوع برداشت و ارزش اقتصادی آن نیز بستگی دارد. خصوصیت عمده چنین سیستمی باید ممانعت از غرقاب شدن، در عمق ۵۰ سانتیمتری خاک در تمام موارد باشد. البته استثناهایی نیز ممکن است وجود داشته باشد. معمولاً عمق ایجاد نهرها و زهکشها بین ۷۰ تا ۱۲۰ سانتی متر متفاوت است؛ اما حداقل آن ۵۰ سانتی متر و حداکثر به ۲ متر می رسد. برای زهکشی عمقی، زهکشهای سفالی یا لوله های پلاستیکی که هم اکنون بیشتر متداول است (همراه با مواد نفوذپذیر روی آنها یا بدون آن) استفاده می شوند. نوع اول حدود ۲۵ سانتی متر طول و ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر قطر دارند و نوع دوم می تواند تا ۱۵۰ متر طول داشته باشد. فاصله که بر میزان بالا آمدن یا پائین رفتن سطح ایستابی اثر می گذارد، از ۵ تا ۴۰ متر فرق می کند و متوسط آن حدود ۱۰ متر است. در اوایل فاصله زهکشها بر اساس هماهنگی با شخم یک طرفه ایجاد می شد و عمدتاً به خصوصیات هیدرولیکی خاک ارتباط نداشت و تابعی از عرف بود. در غرب انگلستان و ولز و در اسکاتلند در زمینهای سنگین فواصل نزدیک رایج است.

**جدول ۱۱-۲ - ثبات خاکدانه های خاک و محتوای مواد آلی، در یک خاک لومی شنی**

بعد از ده سال شخم زدن یا کاشت مستقیم بذر

عمق (سانتی متر)	درصد خاکدانه ها در هر یک از گروهها		محتوای ماده آلی (%)
	ثبات کم	ثبات زیاد	
کرتهای شخم خورده			
۰-۲/۵	۴۶	۷	۷/۸
۲/۵-۵	۵۸	۲	۷/۴
۵-۱۰	۳۰	۱۰	۷/۷
۱۰-۱۵	۲۰	۲۰	۷/۷
۱۵-۲۰	۳۹	۱۰	۶/۱
کرتهای با کاشت مستقیم بذر			
۰-۲/۵	۲۰	۳۶	۹/۵
۲/۵-۵	۲۶	۶	۷/۸
۵-۱۰	۲۵	۱۷	۷/۴
۱۰-۱۵	۲۲	۱۱	۷/۴
۱۵-۲۰	۲۲	۲۱	۶/۱
منطقه علف چمنی مرجع			
۰-۲/۵	۶	۵۶	۱۰
۲/۵-۵	۵	۲۶	۷/۴
۵-۱۰	۰	۳۷	۷/۲
۱۰-۱۵	۱۱	۲۰	۷/۲
۱۵-۲۰	۳۱	۲۹	۵/۸

\* هر عدد میانگین حدود ۲۰۰ خاکدانه است. خاکدانه های با ثبات کم، نیاز به کمتر از ۲۵ قطره آب برای متلاشی شدن داشتند. خاکدانه های با ثبات زیاد نیاز به بیشتر از ۲۰۰ قطره داشتند.  
(از کانل و فینی، ۱۹۷۳)

ضرورت زهکشی مصنوعی و کارایی آن مربوط به اندازه، شکل و توزیع فضای منافذ می شود که این عوامل، هدایت هیدرولیکی خاک را مشخص می کنند. در خاکهای رسی هدایت کمتر از ۰/۱ میلی متر در روز است و تقریباً تمام حرکت مؤثر آب به افق A محدود می شود.

تحت این شرایط زهکشی کارآیی نخواهد داشت، مگر این که هدایت هیدرولیکی خاک زیرین بهبود یابد. در روشهایی که در حال حاضر استفاده می شوند، خاک زیرین را خرد و جابجا می کنند و در نتیجه تعداد و اندازه ترکها و شکافها را افزایش می دهند. این عمل یا با ساب سویلر و یا زهکش چاهکی انجام می شود.

در زهکشی چاهکی یک کانال مدور در زیر سطح (۵۰۰ تا ۷۰۰ سانتی متر عمق) ایجاد می شود. یک گلوله با قطر ۷۵ میلیمتر که در انتهای یک تیغه (۲ سانتی متر ضخامت، ۳۰ سانتیمتر عرض) قرار دارد در زیر خاک کشیده می شود و یک توپ کروی به قطر ۱۰ سانتی متر از پشت سر آن کشیده می شود تا کانال را بزرگ و صاف کند. زهکشی چاهکی معمولاً فقط در خاکهای سنگین فاقد سنگ که در آب از هم نمی پاشند، موفقیت آمیز است. زیرکنی با ساب سویلر شامل: طیف وسیعی از عملیات است که برای خرد کردن خاک زیرین در عمق ۴۵۰ تا ۶۰۰ سانتی متری و بخصوص برای خرد کردن افقها و یا لایه های سخت ایجاد شده در اثر شخم طراحی می شوند. این عمل بازهکشی چاهکی بخاطر عدم ایجاد یک کانال خاص و بخاطر شدت بیشتر خرد کردن فرق می کند. در اثر زیرکنی شکافهای عمودی یا نیمه عمودی ایجاد می شود که نفوذ پذیری خاک را بهبود داده حرکت عمودی واقعی آب به زهکش ها را افزایش می دهد. البته موفقیت نهایی در هر یک از این سیستمها بستگی به وجود بار یا گرادیان کافی، برای انتقال آب دارد، در غیر این صورت عمل پمپ کردن لازم است.

زمانی خاک از یک سیستم مؤثر زهکشی سود می برد که خاک بالاتر از ظرفیت زراعی باشد. در بریتانیا زهکشی زمستانه زمانی شروع می شود که آب در زهکشها جاری شود و شاخص اقلیمی زهکشی (یعنی میلی متر آب اضافی زمستانه، تقسیم بر تعداد روزهایی که دوره زهکشی زمستانه طول می کشد) معیاری از بارندگی در روز است که باید تخلیه شود (MAFF, ۱۹۷۶ b). طراحی زهکشهای معمولی اغلب بر اساس احتمال ۷ تا ۱۰ میلی متر در روز، و برای زهکشی چاهکی با احتمال ۱ میلی متر در روز که البته حد بالایی آن در نظر گرفته نمی شود. البته در مناطقی که بارندگی زیاد است و مشخص کردن تاریخ دقیق شروع و خاتمه جریان آب در زهکشها غیر ممکن است و خاک بندرت به حد کمتر از ظرفیت زراعی برای یک مدت زمان خاص می رسد، چنین برآوردی از نیاز به زهکشی غیر ممکن است. بالاتر از سطح مشخصی از بارندگی (۱۳۰ سانتی متر در بریتانیا) حد معینی از بهبودی وجود دارد که

می‌توان حاصل نمود. بر عکس زهکشی تابستانه دوره‌ای است که جریان آب در زهکشها متوقف شده خاک به ظرفیت زراعی یا کمتر از آن بر می‌گردد. لذا خاک باید باندازه کافی خشک باشد تا سیستمهای زهکشی با موفقیت و با حداقل آسیب به خاک کار گذاشته شوند. برآورد شده است که برای ایجاد زهکش چاهکی باید ۵۰ سانتی متر کمبود آب وجود داشته باشد. مقدار آن برای زهکشی به صورت زیر کنی ۱۰۰ میلی متر است. این ارقام معیاری از دوره قابلیت دسترسی برای عملیات زراعی مطلوب نیز است (جدول ۱۲-۴ را ملاحظه کنید). از مزایای خاکی که خوب زهکشی شده است زمان بندی عملیات زراعی و مدیریت آسان تر خاک و نیز افزایش عملکرد را می‌توان نام برد.

جدول ۱۲-۴- میانگین روزهای کار و تاریخ برگشت به ظرفیت زراعی

تاریخ برگشت به ظرفیت زراعی	طبقه بندی زهکشی			بد
	خوب	متوسط	ضعیف	
ابتدای سپتامبر	۵	۵	۴	۳
اواسط سپتامبر	۶	۵	۴	۳
اواخر سپتامبر	۱۳	۱۲	۱۰	۸
ابتدای اکتبر	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰
اواسط اکتبر	۲۵	۲۲	۱۹	۱۶
اواخر اکتبر	۲۶	۲۳	۲۰	۱۷
ابتدای نوامبر	۳۱	۲۷	۲۴	۲۱
اواسط نوامبر	۳۶	۳۲	۲۸	۲۵
اواخر نوامبر	۳۵	۲۹	۲۵	۲۱
ابتدای دسامبر	۴۵	۴۰	۳۶	۳۳
اواسط دسامبر	۴۸	۴۵	۴۱	۳۸
اواخر دسامبر	۵۹	۵۳	۴۸	۴۴

(از اسمیت، ۱۹۷۵)



## چرخه عناصر غذایی

خاک مخزن عناصر غذایی است که سیستمهای طبیعی و تمام سیستمهای کشاورزی ، بجز تعداد کمی از انواع سیستمهای تخصصی آن ، عناصر غذایی ضروری خود را برای رشد و نمو گیاه ، از این مخزن جذب می کنند . مقادیر متفاوتی از حدود چهارده عنصر مورد نیاز است . این عناصر شامل عناصر ماکرو که به مقدار نسبتاً زیاد وجود دارند و عناصر میکرو که به مقدار خیلی کم در دسترسند است . از گروه اول مهمترین آنها ازت ، فسفر و پتاسیم هستند که عناصر موجود در کودهای عمده مورد استفاده در کشاورزی هستند . گروه دوم شامل آهن ، منگنز ، بر ، مولیبدن ، مس ، روی ، کلر و کبالت می شود که به استثناء آهن و منگنز بقیه به صورت طبیعی به مقادیر کم در خاک وجود دارند .

البته جذب مواد غذایی بستگی به عنصر معدنی قابل دسترس ، یعنی شکل شیمیایی آنها که بتواند به آسانی به وسیله سیستم ریشه گیاه جذب شود دارد (هیلل ، ۱۹۷۲) . عناصر قابل دسترس ، آنهایی هستند که به شکلهای نسبتاً ساده و محلول به صورت آنیون در محلول خاک یا به صورت کاتیون موجودند و جذب می شوند . بنابراین بر روی سطح کمپلکس کلوئیدهای رس - هوموس نگه داشته می شوند (جدول ۱-۵ را ملاحظه کنید) . مقدار عناصر غذایی قابل

دسترس و سهولت جذب آب، بستگی زیادی به وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک نیز دارد. از یک طرف مقدار عناصر قابل دسترس که به وسیله خاک نگه داشته می‌شوند به وسیله بافت و ساختمان آن و بخصوص به وسیله ظرفیت تبادل کاتیونی کمپلکس کلونیدها تعیین می‌شود. از طرف دیگر، جذب می‌تواند با توسعه جانبی و عمودی سیستم ریشه ای گیاه زراعی، برای بهره برداری از خاک تحت تأثیر قرار گیرد. علاوه بر آن مواد غذایی که قابلیت حل کمتری دارند قابلیت دسترسی کمتری دارند در ترکیبات کمپلکس آلی و معدنی خاک وجود داشته و بالاخره در اثر تجزیه مواد آلی یا هوا دیدگی سنگها بتدریج آزاد می‌شوند. در خاکهای غیر زراعی بیشتر ازت، فسفر و گوگرد به شکل ترکیبات آلی نگه داری می‌شود و مقدار سهل الوصول آنها نسبتاً کم است (جدول ۲-۵ را ملاحظه کنید). برعکس، کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ترکیبات معدنی وجود دارند. دو عنصر اول با هوادیدگی سنگها به صورت شکل محلول و قابل دسترس باسانی آزاد می‌شوند. پتاسیم کمتر سهل الوصول است.

در اکوسیستمهای طبیعی مواد غذایی جذب شده به وسیله گیاهان مجدداً به چرخش در می‌آیند و در اثر فرآیند تجزیه مواد آلی به خاک بر می‌گردند. در اکوسیستمهای مختلف اندازه و ترکیب مخزن عناصر غذایی خاک و مقداری که از آن خارج شده است و به خاک بر می‌گردند، متفاوت است. البته زمانی که یک سیستم به وضعیت با ثباتی برسد، مفهوم چرخه بیولوژیکی بر حفظ توازن مقدار عناصر غذایی ورودی و خروجی است. بنابراین بر حفظ اندازه مخزن عناصر غذایی استوار است. تحت این شرایط تلفات عناصر غذایی، در اثر فرسایش خاک، آبشویی، تبخیر یا تلفات در اثر خروج مواد آلی زنده یا مرده کم است. به علاوه این تلفات به وسیله ورود عناصر غذایی از طریق نزولات، تثبیت بیولوژیکی ازت گازی و ورود مواد معدنی و یا آلی از دیگر سیستمها جبران می‌شوند (شکل ۱-۵ را ملاحظه کنید).

برعکس، در اکوسیستمهای زراعی توازن عناصر غذایی یا وضعیت با ثباتی از آنها به آسانی حاصل نمی‌شود و از خصوصیات این سیستمها نیست. حجم و میزان چرخه عناصر غذایی در اکوسیستمهای زراعی، بر طبق نوع و شدت عملیات زراعی فرق می‌کند. همچنین این چرخه‌ها در مقایسه با چرخه عناصر غذایی متمرکزتر در اکوسیستمهای طبیعی بازتر و وسیعتر بوده ورودی و خروجی بیشتری دارند. در بعضی از اکوسیستمهای زراعی می‌توان به توازن نسبی رسید و در برخی، تلفات یعنی کاهش بیش از افزایش است در حالی که در اغلب سیستمهای مدرن و فشرده زراعی، هدف افزایش عملکرد کشاورزی حتی با مصرف بیشتر

عناصر غذایی است. بطور کلی مقدار عناصر غذایی جذب شده به وسیله گیاهان زراعی، بخصوص در مورد ازت و پتاسیم بیش از گیاهان غیر زراعی مشابه آنهاست. البته هر دو مقادیر متفاوتی از عناصر ضروری را جذب می کنند. تقاضای عناصر غذایی نه فقط با نوع گیاه زراعی و پتانسیل عملکرد آن، بلکه با طبیعت جزء برداشت شده و طول مدت فصل رشد، فرق می کند. به عنوان مثال غلات مناطق معتدله، عناصر غذایی کمتری را در واحد سطح نسبت به گیاهان زراعی سبزی یا ریشه ای جذب می کنند. در حالت دوم تا پنج برابر عناصر غذایی بیشتری در مقایسه با غلات، از یک زمین برداشت می شود (کوک، ۱۹۷۲). گیاهان زراعی مناطق گرم از نوع چهار کرپنه که عملکرد بالایی دارند، مانند نیشکر و ذرت تقاضای بیشتری دارند. برای یک گیاه زراعی نیز ممکن است وارپته ها (ارقام) و نژادهای متعددی وجود داشته باشد که از نظر پتانسیل عملکرد و بنابراین از نظر نیاز به عناصر غذایی با هم فرق می کنند.

**جدول ۱-۵- اشکال اصلی یونی عناصر غذایی که به وسیله گیاهان زراعی جذب می شوند**

عنصر	کاتیون ها	آنیون ها
<b>عناصر ماکرو</b>		
ازت	$(\text{NH}_4^+)$ (آمونیم)	$(\text{NO}_3^-)$ (نترات)
کلسیم	$\text{Ca}^{2+}$	-
منیزیم	$\text{Mg}^{2+}$	-
پتاسیم	$\text{K}^+$	-
فسفر	-	$(\text{HPO}_4)^{2-}$ $(\text{H}_2\text{PO}_4)^-$ (فسفات ها)
گوگرد	-	$(\text{SO}_4)^{2-}$ (سولفات)
<b>عناصر میکرو</b>		
مس	$\text{Cu}^{2+}$	-
آهن	$\text{Fe}^{2+}$	-
منگنز	$\text{Mn}^{2+}$	-
روی	$\text{Zn}^{2+}$	-
بر	-	$(\text{BO}_3)^{2-}$
مولیبدن	-	$(\text{MoO}_4)^{2-}$
کلر	-	$\text{Cl}^-$

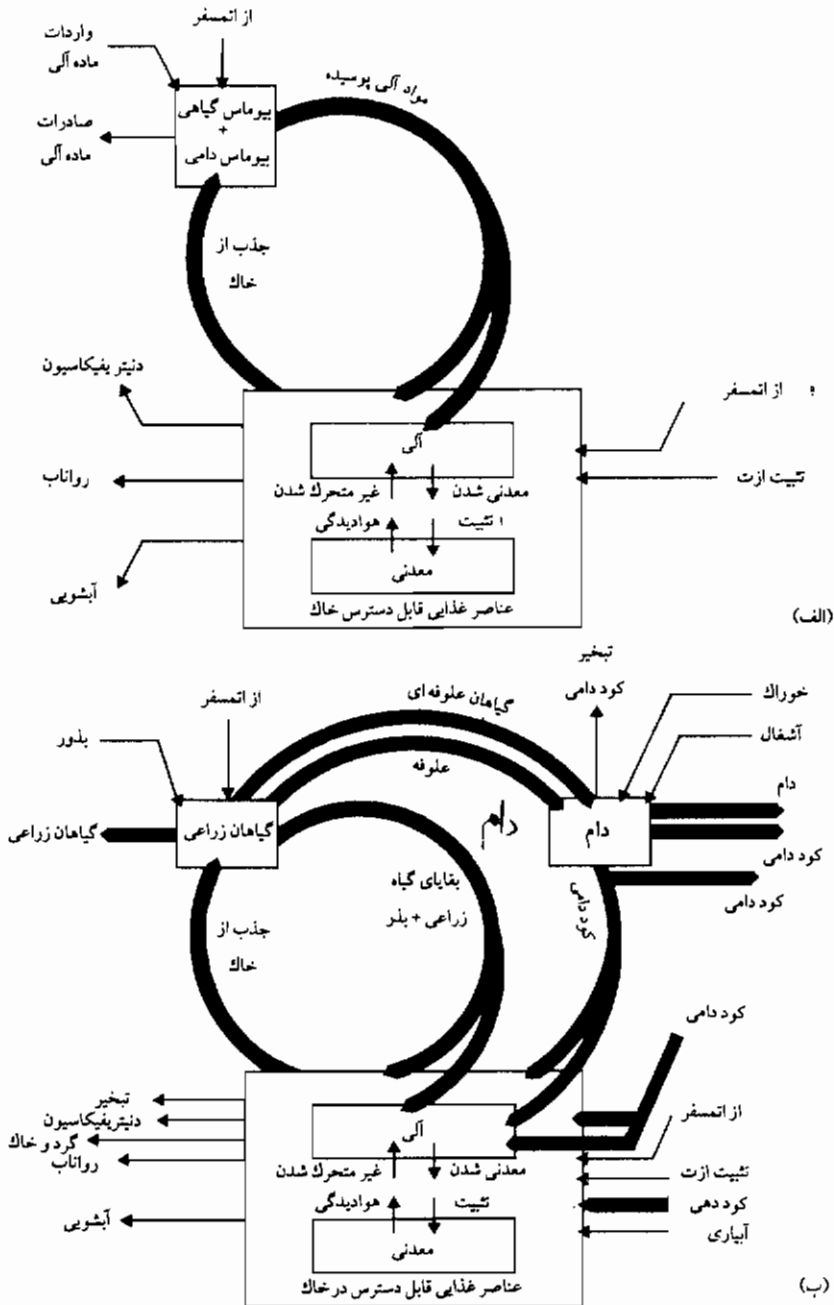
جدول ۲-۵- قابلیت دسترسی و قابلیت حرکت مواد غذایی اصلی در خاک

موجودی خاک				
عناصر ماکرو	مقدار	قابلیت دسترسی	جذب به وسیله گیاه زراعی	آبشویی
ازت	زیاد	کم	زیاد	کم تا زیاد
فسفر	زیاد	کم	کم	کم
گوگرد	زیاد	کم	زیاد	زیاد
پتاسیم	زیاد (بجز خاکهای شنی)	متوسط	زیاد (مصرف تجملی)	کم تا زیاد
کلسیم و منیزیم	زیاد	زیاد	کم	زیاد

تلفات عناصر غذایی از اکوسیستمهای زراعی، به علت جذب توسط گیاه زراعی و یا دام بطور دائمی، نوعی زهکشی شدید از مخزن عناصر غذایی قابل دسترس خاک را به وجود آورده است. بطور کلی تلفات عناصر غذایی از طریق دامها و یا فرآورده های دامی در یک مزرعه، کمتر از مقدار آن توسط گیاهان زراعی در یک مزرعه است و این موضوع بخصوص زمانی که مدفوع دام به زمین بر می گردد بیشتر صادق است. البته در تمام اکوسیستمهای زراعی تلفات را باید به وسیله مدیریت جبران کرد و حجم مناسب عناصر غذایی مورد نیاز، برای حفظ یا افزایش بار آوری را باید تأمین کرد. تأمین عناصر غذایی می تواند از داخل مزرعه یا خارج آن، به شکل آلی و یا معدنی با توجه به نوع اکوسیستم زراعی صورت گیرد.

### تأمین مواد غذایی آلی

در اکوسیستمهای غیر زراعی یا بعبارت دیگر اکوسیستمهایی که کود مصرف نمی شود؛ مواد آلی از قبیل: ریشه های زنده، حیوانات خاکزی، میکروارگانیسمها و مواد آلی مرده (عمدتاً با منشأ گیاهی) که در مراحل مختلف تجزیه هستند، ذخیره اصلی مواد غذایی در خاک هستند. حجم و توزیع عمودی مواد آلی بستگی به مقدار و ارزش غذایی مواد آلی اولیه ای دارد که در سطح یا زیر سطح خاک وجود دارند. ماده آلی که نسبت کربن به ازت (C: N) آن کم است، می تواند از جمعیت زیادی از میکروارگانیسمهای خاک که مهمترین آنها باکتریها به عنوان تجزیه کنندگان و کرمهای خاکی هستند، حمایت کند. کرمهای خاکی نقشی حیاتی در خرد شدن اولیه و توزیع بعدی مواد آلی، از طریق مواد معدنی خاک دارد. C به N ماده آلی در خاکهای زراعی معمولاً برابر ۱ به ۱۲ و در اکوسیستمهای طبیعی ۱ به ۲۰ است.

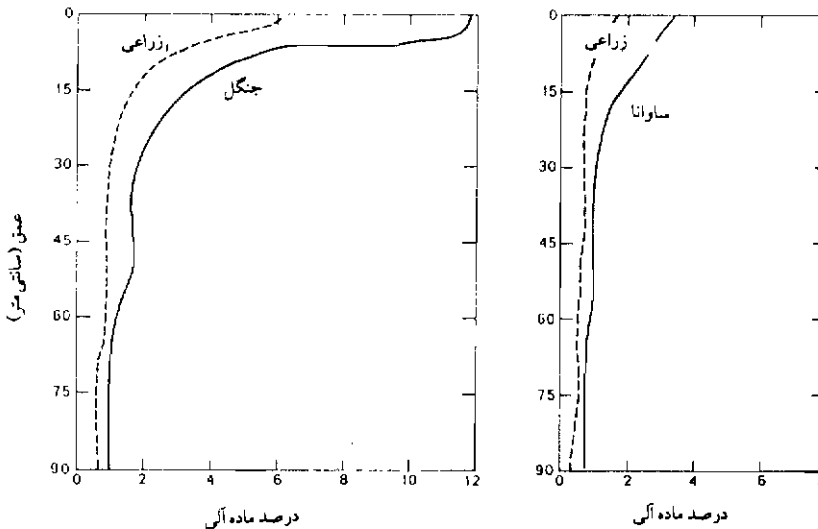


شکل ۱-۵- چرخه مواد غذایی در یک اکوسیستم طبیعی (الف) و یک اکوسیستم زراعی (ب). (از تاپری، ۱۹۸۷)

در اثر تجزیه، بعضی از مواد غذایی در اثر معدنی شدن، با سرعت نسبتاً زیادی به شکل قابل استفاده آزاد می‌شوند. بقیه آن نگه داری شده و برای مدت طولانی تری در ماده‌ای که به آهستگی هوموس می‌شود، بدون تحرک می‌ماند و محصول نهایی آن هوموسی کلونیدی به صورت نسبتاً پایدار است. این ماده با اجزاء معدنی خاک (کمتر از ۰/۰۰۱ میلی متر) متصل شده و تشکیل به اصطلاح کمپلکس کلونیدی خاک را می‌دهند. به نظر می‌رسد که هوموس کلونیدی می‌تواند فقط در حضور ذرات رسی که بر سطح آنها جذب می‌شود، یا حداقل اگر بدین صورت جذب شود و مدت طولانی باقی می‌ماند تشکیل گردد. بنابراین حفظ مقدار قابل توجهی از هوموس در خاکهای شنی خشک مشکل است (راسل، ۱۹۷۳). هوموس یا ماده آلی به معنی عام (معمولاً به صورت درصد کربن آلی بیان می‌شود) به صورت مستقیم یا غیر مستقیم، سهم مهمی در حاصلخیزی خاک دارد. این ماده با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، خصوصیات نگهداری مواد غذایی خاک را افزایش می‌دهد و کمک به کاهش تلفات مواد غذایی در اثر آبشویی، بخصوص از خاکهایی که زهکشی آزاد دارند و درشت بافت و اسیدی هستند می‌کند. وجود هوموس قابلیت دسترسی فسفر، آهن و آلومینیوم را نیز افزایش می‌دهد. این ماده همچنین می‌تواند ترکیبات آلی فلزی را با عناصر میکرو مانند آهن و مس تشکیل داده بنابراین تلفات در اثر آبشویی را کاهش دهد. بعلاوه ماده آلی وضعیت فیزیکی خاک را بهبود بخشیده با افزایش نگهداری آب و کاهش خشکی در خاکهای سبک و کاهش جرم مخصوص ظاهری و بهبود تهویه و زهکشی در خاکهای سنگین مدیریت آنها را تسهیل می‌کند. وجود هوموس برای تشکیل خاکدانه‌های پایدار و متخلخل با ساختمان اسفنجی ضروری است.

مقدار مواد آلی در خاک، از یک طرف بستگی به سرعت اضافه شدن آن و از طرف دیگر بستگی به سرعت اکسید شدن آن دارد. عملیات زراعی با کاهش محتوای ماده آلی بر هر دو فرآیند اثر می‌گذارد. در این مورد پوشش طبیعی گیاهی از بین برده می‌شود. عمل شخم، خاک را باز کرده و با افزایش درجه حرارت و تهویه، سرعت تجزیه در خاکهای مناطق حاره مرطوب، تا چهار برابر افزایش می‌یابد (سانچز و سالیانس، ۱۹۸۱). با توجه به شکل ۲-۵ ملاحظه می‌شود که محتوای ماده آلی در خاکهایی که از جنگلهای حاره‌ای با پوشش ساوانا پاک شده است، در عمق ۱۵ سانتی متری به نصف تقلیل می‌یابد. سرعت سالانه تجزیه در حالت آیش و کشت ممتد در بیشترین حد خود است. در مناطق معتدل که برای مدت طولانی‌تری تحت عملیات زراعی بوده‌اند، سرعت تجزیه در مقایسه خیلی آهسته است. البته سرعت تجزیه

در زمینی که تحت عملیات زراعی مداوم بوده بیش از دو برابر زمینی است که تحت سیستمهای تناوب زراعی است. در این مورد تلفات ازت در اثر تبخیر و دنیتریفیکاسیون و تلفات در اثر آبشویی از طریق آب زهکشی تسریع می شود. استفاده از نوعی مالچ سطحی، از نوع ماده آلی که در طی دوره آیش یعنی زمانی که خاک ممکن است لخت بماند می تواند باعث کاهش درجه حرارت و در نتیجه کاهش سرعت تجزیه شود و علاوه بر آن حفاظتی در برابر فرسایش خواهد بود.



شکل ۲-۵- مقایسه درصد ماده آلی در خاکهای جنگلی حاره ای و ساوانا

قبل و بعد از عملیات زراعی (از سانچز، ۱۹۷۶)

در بسیاری از سیستمهای زراعی که تلفات عناصر غذایی از طریق زراعت و آبشویی صورت می گیرد، اضافه کردن مواد آلی مرسوم بوده است. گیاهان زراعی مانند غلات و علفهای چمنی بقایای زیادی از قبیل ریشه، ساقه و برگ در خاک باقی می گذارند که می توان با شخم وارد خاک نموده یا یک گیاه زراعی سبز (به عنوان کود سبز) را می توان برای این هدف کشت کرد. البته بقایای گیاهان زراعی به تنهایی، می توانند فقط جایگزین بخش کمی از ماده آلی تلف شده در اثر عملیات زراعی بشوند. متداولترین و مؤثرترین وسیله حفظ ماده آلی خاک برای اطمینان از برگشت عناصر غذایی، کاشت علفهای چمنی است. چنین تناوبی از علفهای چمنی معمولاً از مخلوطی از علفهای چمنی و بقولات مانند شبدر، ماشک و یونجه تشکیل

شده است . شبکه متراکم ریشه های علف چمنی ماده آلی خاک (جدول ۳-۵ را ملاحظه کنید) را افزایش داده کمک به توسعه ساختمان اسفنجی خاک می کند . بقولات به دلیل همزیستی باکتریهای تثبیت کننده ازت (*Rhizobium SPP.*) در گره های ریشه خود، از اهمیت زراعی ویژه ای برخوردار هستند . برآورد شده است که بقولات محتوای ازت خاک را از ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار در سال در مناطق معتدله افزایش می دهد (جدول ۴-۵ را ملاحظه کنید) . البته اطلاعات کمی در باره مقدار ازت تثبیت شده در سیستمهای زراعی بجز در سطح کرت های آزمایشی وجود دارد . به علاوه کود سبز از بقولاتی مانند نخود و لوبیا نیز ازت زیادی تثبیت می کنند . البته کم و بیش ، ارزش نقدینگی یا غذایی این گیاهان معمولاً بیش از خصوصیات تثبیت کنندگی ازت آنهاست .

جدول ۳-۵- اثر کشت علوفه بر روی درصد کربن آلی خاک\*

درصد کربن آلی خاک						انواع سیستمها
چراگاه قدیمی (من بر حسب سال)			زراعی قدیمی (من بر حسب سال)			
۱۸	۱۲	۶	۱۸	۱۲	۶	
۳٫۳۶	۳٫۷۴	۳٫۱۷	-	-	-	چراگاه قدیمی
-	۳٫۳۶	۲٫۹۷	-	۲٫۱	۱٫۷۵	چراگاه جدید
۲٫۰۸	۲٫۱۴	۲٫۶۷	۱٫۴۶	۱٫۳۴	۱٫۴۷	زراعی
						کشت علوفه
						۳ سال زراعی بعد از ۳ سال :
۲٫۲۲	۲٫۳۵	۲٫۶۶	۱٫۶۱	۱٫۴۸	۱٫۵۵	علف چمنی / شبدر
۲٫۱۸	۲٫۲۷	۲٫۶	۱٫۶۲	۱٫۴۴	۱٫۵	علف چمنی با مصرف ازت
۲٫۰۶	۲٫۲۱	۲٫۶۲	۱٫۵۴	۱٫۳۴	۱٫۵۱	یونجه

\* روتا مستد : تناوب شش دوره ای ، نمونه برداری ۰/۲۲ سانتی متر .

(از راسل ، ۱۹۷۷)

تحقیقات نشان داده است که عملاً در روشهای سنتی ( بر اساس شخم زدن تا عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی متری و مصرف کود کافی ) بدون استفاده از کشت علفهای چمنی برای مدّت طولانی و کاربرد مکرر کود دامی مشکل است که محتوای مواد آلی خاک را تا بیش از ۰/۱ تا



۰/۲ درصد در طول بیش از ۲۰ سال تغییر داد. مصرف کود دامی هنوز روشی متداول برای حفظ محتوای مواد آلی (جدول ۵-۵) را ملاحظه کنید) و حفظ توازن عناصر غذایی در سیستمهای مختلف زراعی است.

**جدول ۵-۴ - برآورد تثبیت ازت به وسیله گیاهان زراعی حاوی گره در مناطق معتدل و حاره**

معتدل		حاره و نیمه حاره	
گیاه زراعی	تثبیت ازت (کیلوگرم در هکتار در سال)	گیاه زراعی	تثبیت ازت (کیلوگرم در هکتار در سال)
شبدر	۵۵-۶۰۰	علف چمنی چراشده / چراگاه بقولات	۱۰-۱۲۹
یونجه	۵۵-۴۰۰	لوبیا	۶۴
سویا	۹۰-۲۰۰	دال عدس	۹۷-۱۵۲
نخود	۳۳-۱۶۰		
میانه	۲۰۰	میانه	۱۰۰

(از وایت ، ۱۹۸۷)

**جدول ۵-۵ - اثر کود دامی و علف چمنی بر روی درصد کربن آلی خاک**

درصد کربن آلی خاک			
علف چمنی/شبدر	یونجه	زراعی: یک سال کشت علوفه	زراعی: بدون کشت علوفه
۱/۳	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۸۸
بدون کود دامی			
۱/۳۲	۱/۱۳	۱/۰۴	۰/۹۸
(۳۵ تن در هکتار در طول ۵ سال)			
با اضافه کود دامی			

(از راسل ، ۱۹۷۷)

کودهای آلی یا دامی شامل مواد زائد و بقایای گیاهان زراعی و دامی است. کودهای آلی یا دامی در مقایسه با کودهای معدنی کربن نسبتاً زیادی دارند؛ اما عناصر غذایی کمی دارند. البته قبل از جنگ جهانی دوم، کودهای آلی یا دامی منبع اصلی عناصر غذایی برای بیشتر مزارع کشورهای توسعه یافته دنیا بوده است و هنوز هم این نقش را در سیستمهای سستی تر زراعت

در این کشورها و کشورهای در حال توسعه حفظ کرده‌اند. کود دامی از نظر مقدار مصرف شده (FYM) در اصل مهمترین منبع مواد غذایی آلی بوده است. این کود معمولاً از مخلوطی از پهن گاو و ادرار آن با کاه و کلش به نسبت ۳ قسمت جامد به ۱ قسمت مایع تشکیل شده و میزان مواد غذایی آن متغیر و بستگی به اندازه، سن و وضعیت دامها دارد (جدول ۶-۵ را ملاحظه کنید).

**جدول ۶-۵- ترکیب کودهای دامی و مدفوع تازه**

نوع	ماده خشک تقریبی	درصد وزن تازه		
		ازت (N)	فسفات ( $P_2O_5$ )	پتاسیم ( $K_2O$ )
کود دامی				
گاو	۲۵	۰/۶	۰/۳	۰/۰۴
خوک	۲۵	۰/۶	۰/۶	۰/۰۴
طیور				
فضولات باضافه بقایا	۷۰	۱/۷	۱/۸	۰/۴
فضولات مرغی	۷۰	۲/۴	۲/۲	۰/۲۲
فضولات خشک شده در مرغداری	۷۰	۴/۲	۲/۸	۰/۴
(تازه و رقیق نشده)				
گاو	۱۰	۰/۵	۰/۲	۰/۰۵
خوک				
تغذیه با خوراک خشک	۱۰	۰/۶	۰/۴	۰/۰۳
تغذیه از طریق لوله	۶-۱۰	۰/۵	۰/۲	۰/۰۳
تغذیه با شیر پس چرخ	۴-۲	۰/۳	۰/۲	۰/۰۳
طیور	۲۵	۱/۴	۱/۱	۰/۱۲

(از آرچر، ۱۹۸۵)

در کشورهای جهان سوم معمولاً به دلیل تغذیه نامطلوب دامها کودهای دامی با کمبود عناصر غذایی مواجه است. نسبت C به N آن بالاتر است و این امر باعث آزاد شدن کمتر ازت و رقابت بیشتر بین میکروارگانیسمهای خاک و گیاه زراعی، در مقایسه با کودهای دامی غنی تر

در مناطق معتدل می شود. از ازت آزاد شده در طی تجزیه مواد آلی حدود یک سوم آن بسرعت برای استفاده قابل دسترس می شود و بقیه آن برای مدت خیلی طولانیتری در بخش هوموس مقاومتر خاک محبوس می گردد (شکل ۵-۵). کود دامی به تنهایی قادر به برگرداندن بیش از حدود ۵۰٪ از ازت، فسفر و پتاسیم برداشت شده از طریق گیاهان زراعی مصرف شده به وسیله دام نیست.

مصرف کاه و کلش موجود در کود دامی به تنهایی مشکل است. نسبت C به N آن خیلی بالا است و تجزیه آن نیاز به منبع تکمیلی ازت دارد. موجودات زنده خاک (باکتریها و قارچها) می توانند بطور موفقیت آمیزی با گیاه زراعی، برای ازت رقابت کنند بنابراین بطور موقتی مانع سرعت رشد گیاه شوند. کاه و کلش می تواند ماندابی خاک در زمستان را نیز تشدید کند و تحت شرایط بی هوازی حاصله، اسیدهای آلی و گازاتیلن که برای گیاهان سمی هستند تولید کند. بعلاوه کاه و کلش غلات ممکن است، حاوی بقایای علف کشها بوده که می تواند برای گیاه زراعی بعدی مضر باشد.

در طی ۳۵ تا ۴۰ سال گذشته، کودهای آلی مایع (ادرار) عمدتاً بخاطر تکامل سیستمهای فشرده دامپروری اهمیت زیادی پیدا کرده است. افزایش تخصصی شدن کشاورزی، همراه با تولید منطقه ای گیاه زراعی و دام بوده است. بنابراین در مناطقی که کاه و کلش تولید می شود، از مناطقی که می تواند این کاه و کلش به مصرف برسد و در آنجا قیمتها باندازه کافی بالا نیست تا بتواند جبران هزینه های حمل و نقل را بکند، جدا شده است. همچنین معرفی واریته هایی از غلات که عملکرد بالایی دارند؛ اما پا کوتاه هستند مقدار کاه و کلش قابل دسترس را کاهش داده است و این کمبود با سوزاندن کاه و کلش، بخصوص در مناطقی که عملیات زراعی مداوم غلات با شخم حداقل یا صفر صورت می گیرد، شدیدتر شده است. در حالی که سوزاندن ضرورت شخم زدن در کاه و کلش را مرتفع می سازد و کمک به عاری ساختن زمین از علفهای هرز و پاتوژنها می کند، به نظر می رسد تلفات مواد غذایی را سریع کند. ازت خاک تبخیر می شود و فسفر و پتاسیم آزاد شده در خاکستری نهایت حساس به فرسایش بادی و یا آبی می شود.

روشهای مدیریت دام نیز بطور قابل توجهی در طی همین دوره تغییر کرده است. ایجاد بستر با کاه و کلش دیگر کمتر مرسوم است بنابراین کود دامی کمتری بدست می آید. زمانی که دامها در اصطبل نگه داری می شوند، کف آن از تخته مشبک ساخته شده که تخلیه مدفوع را

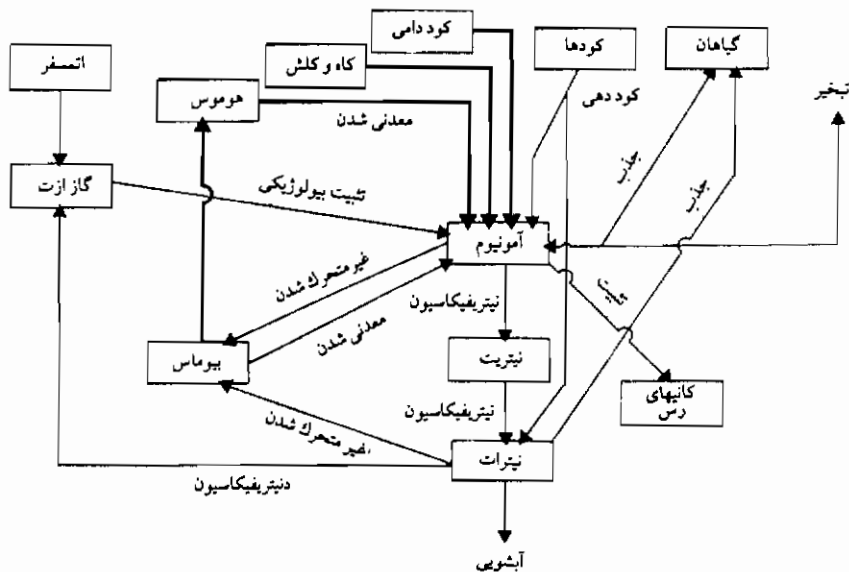
تسهیل می‌کند. در حال حاضر بیشتر مدفوع دام به صورت مایع (پهن باضافه ادرار مخلوط با آب) در آورده می‌شود و مستقیماً به این شکل در زمین به کار برده می‌شود. این عمل تازگی ندارد و مبنای سیستم سستی گاوول در احداث علفزارها در سوئیس بوده است. در قرن نوزدهم جمع‌آوری و ذخیره‌سازی ادرار دام در مخازن زیر زمینی در بریتانیا نیز مرسوم بوده است (کوک، ۱۹۷۷). این روش در بسیاری از کشورهای اروپایی به غیر از بریتانیا هنوز مرسوم است. امروزه کود دامی مایع جمع‌آوری شده و با لوله به مزارع منتقل می‌شود و در آنجا به صورت افشان به مصرف می‌رسد. این موضوع بخصوص در چمنزارهای فشرده جنوب غربی اسکاتلند که برای تولید شیر احداث شده اند متداول است.

منبع دیگر مواد آلی فاضل آب است که به وسیله کارخانه‌های مدرن فاضل آب، فرایند سازی می‌شود و اغلب به آنها به جای کود دامی کود آلی می‌گویند. اگر فاضل آب باندازه کود دامی ازت و فسفر داشته باشد، از نظر زراعی ارزشمند است. البته محتوای مواد غذایی فاضل آب بسیار متغیر است و همیشه از نظر میزان پتاسیم، در مقایسه با کود دامی کمتر است. بعلاوه مواد زائد شهری/ صنعتی دارای مقادیری از عناصر فلزی غیر ضروری هستند که می‌تواند برای گیاهان و حیوانات سمی باشند. کاربرد بسیار طولانی و مکرر فاضل آب، ممکن است باعث تمرکز فلزات سنگین مانند روی، مس، نیکل، کبالت، بر، سرب و جیوه به مقادیر سمی شود. چون این عناصر در خاک غیر متحرک می‌شوند، آنها را نمی‌توان به آسانی جابجا کرد. فاضل آب در حقیقت همتای مدرن فضولات و مدفوع انسان و دام است که هنوز در باغداری مناطق حاره و در قسمت‌هایی از آسیا که اقلیم موسمی دارند، در گیاهان زراعی مانند برنج استفاده می‌شود.

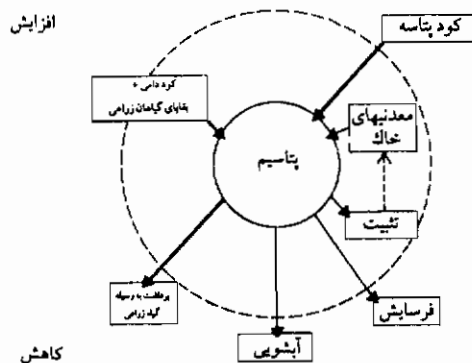
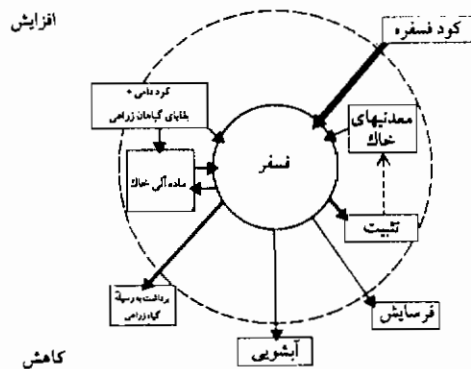
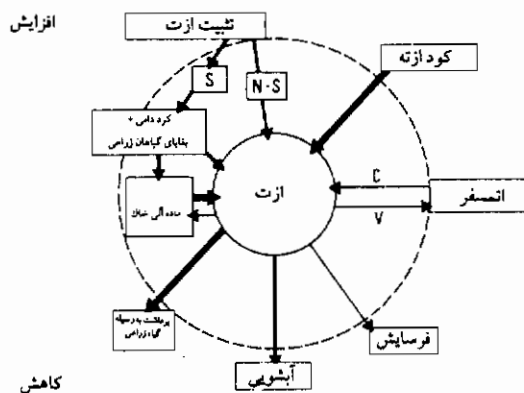
### نامین مواد غذایی معدنی

تا قرن نوزدهم مارل و آهک (هر دو در بریتانیا از زمان رومیها استفاده می‌شده است) تنها منابع معدنی مواد غذایی قابل دسترس بوده‌اند. رسوبات نیترات سدیم اوگین ماده‌ای بود که مورد بهره‌برداری قرار گرفت و بدین ترتیب با حل کردن استخوان در اسید سولفوریک، سوپرفسفات تولید می‌شد (در روتامستد در سال ۱۸۴۰ توسعه یافت). این کار شروع صنعت مدرن کود شیمیایی بود. البته در جنگ جهانی دوم، پیشرفتهای علمی و تقاضا برای افزایش تولید غذا، در بسیاری از کشورهای غربی استفاده از کودهای معدنی را تشویق کرد. تولید

کودهای معدنی باعث شد که زارعین بتوانند این کودها را مکمل کودهای آلی کنند و در نهایت به منابع کودهای آلی وابسته نباشند. در حال حاضر در اغلب کشورهای پیشرفته این کودها در مقایسه با کودهای آلی مواد غذایی بیشتری را تأمین می کنند. آنها معمولاً به شکل ترکیبات ساده شیمیایی مستقیماً از سنگها گرفته شده، از منابع معدنی فرآیند سازی می شوند، یا از عناصر ساده ساخته می شوند. ساخت آنها از عناصر ساده در حقیقت ساخت کودهای مصنوعی یا دقیق تر سینتتیک است (اصطلاحی که اغلب بطور غلط برای تمام مواد غذایی معدنی استفاده می شود). در اغلب کشورها بخش عمده کودهای معدنی از ازت، فسفر و پتاسیم به اضافه کلسیم و منیزیم تشکیل شده اند. کار آبی چرخه این عناصر معدنی و در نتیجه نسبت نهاده به بازده در تولیدات فرق می کند. این موضوع به عنصر غذایی، شکل کاربرد آن و قابلیت حل و حرکت آن در خاک و حساسیت عنصر غذایی به تلفات در اثر آبیاری، زهکشی، تبخیر، دنیتریفیکاسیون و فرسایش خاک بستگی دارد (شکل ۳-۵ را ملاحظه کنید).



شکل ۳-۵- مدل شبیه سازی شده وضع ازلت در خاک (ازقریزل، ۱۹۷۸)



شکل ۴-۵- افزایش و کاهش در چرخش ازت، فسفر و پتاسیم در اکوسیستمهای زراعی.  
 $S$  = همزیستی،  $N-S$  = غیر همزیستی،  $C$  = انقباض و نزولات،  $V$  = تبخیر (اقتباس از باکمن و بردی، ۱۹۶۰)

## ازت (شکلهای ۳-۵ و ۴-۵ را ملاحظه کنید)

در حال حاضر کودهای ازته مختلفی وجود دارد که بطور سینتتیک از ازت اتمسفر تولید می شوند. در ابتدا نمکهای آمونیوم و نیتراهای بخصوص به صورت سولفات آمونیوم از اشکال مرسوم کودها بودند (جدول ۷-۵ را ملاحظه کنید). سولفات آمونیوم محصول جانبی از کارخانه های کک سازی و گاز بود که به صورت سینتتیک تولید می شد. این کود ارزش خود را به عنوان یک منبع ازت زراعی برای تقریباً یک قرن حفظ کرد. اگر چه هنوز در کشورهای مناطق حاره استفاده می شود ولی در مناطق معتدله به وسیله نیتراهای آمونیوم (گچ نیترو) جایگزین شده است. در بریتانیا نیترات آمونیوم، تا قبل از سال ۱۹۶۵ عمدتاً به دلیل مشکلات جابجایی و خطرات آتش سوزی زیاد استفاده نمی شد. این کود حاوی مقدار کافی کلسیم است و جبران تلفات این عنصر را می نماید و اسیدی شدن خاک در اثر کاربرد سولفات آمونیوم را خنثی می کند. بعلاوه فسفاتهای آمونیوم، به علت دارا بودن فسفر دارای ارزش هستند. اگر چه اوره مقدار ازت زیادی دارد؛ ولی معایبی از قبیل مشکلات جابجایی، جذب رطوبت و عدم پایداری در خاک را دارد. در ایالات متحده آمریکا اخیراً کودهای ازته مایع رواج پیدا کرده است و تا سال ۱۹۸۱ یک سوم تمام کود ازته مصرفی به این شکل و بخصوص به صورت آمونیاک بی آب متراکم (گاز آمونیاک مایع) مصرف می شد.

متأسفانه کارایی کودهای ازته نسبتاً پائین است و برآورد شده است که مقدار جذب آنها از خاک به وسیله یک گیاه زراعی در مناطق معتدله کمتر از ۵۰ درصد و در برخی خاکها کمتر از ۳۰ درصد است. البته جذب آنها به وسیله یک علف چمنی می تواند تا ۷۵ درصد باشد. این کارایی کم به علت عوامل زیر است (اسمایلد، ۱۹۷۲) (شکل ۴-۵ را ملاحظه کنید):

۱- آبشویی نیترات: آنیون  $(NO_3^-)$  در محلول خاک وجود دارد، بنابراین به تلفات از طریق آب زهکشی خیلی حساس است.

۲- دنیتریفیکاسیون: احیاء نیترات به ازت گازی به وسیله باکتریها بخصوص تحت شرایط زهکشی و تهویه ضعیف خاک.

۳- تبخیر آمونیاک از مدفوع و ادرار، کود دامی و بقایای گیاهان زراعی موجود روی سطح خاک، از گیاهانی که کود زیادی به آنها داده شده است و از ترکیبات آمونیومی به کار برده شده روی سطح خاک.

مشکلات مربوط به کاهش تلفات ازت با شرایط محیطی و با سیستمهای زراعی فرق

می‌کند. در مناطق معتدل مرطوب و حاره‌ای کوششهای اصلی در جهت تنظیم مقدار و زمان مصرف کودهای ازته، با شرایط محلی خاک و اقلیم است تا به این ترتیب عمل جذب به وسیله گیاهان زراعی به حداکثر خود و تلفات از طریق آبشویی به حداقل خود برسد. در مناطق نیمه خشک، تلفات در اثر تبخیر و در اثر کشت و کار برنج بسیار زیاد است. تحت روشهای سنتی زراعی تبخیر می‌تواند تا حدود ۶۰ درصد باعث تلفات مقدار کود مصرفی شود. تلفات در اثر دنیتریفیکاسیون تقریباً باندازه ۱۰ درصد است و اهمیت خیلی کمتری از مورد اول دارد (کوک، ۱۹۸۱).

**جدول ۷-۵- درصد ازت، فسفر و پتاسیم در شکل‌های مختلف**

عملکرد کم عناصر غذایی	%	عملکرد زیاد عناصر غذایی	%
ازت			
سولفات آمونیوم	۲۱	نترات آمونیوم (باگچ نیترو)	۳۵
		اوره	۴۶
		ازت مایع	
		آمونیاک آبدار	۲۵-۲۹
		آمونیاک بی‌آب	۸۲
فسفر			
سوپر فسفات	۲۰	فسفات آمونیوم	۳۰
پتاسیم			
سولفات پتاسیم / منیزیم	۲۵-۳۰	کلرور پتاسیم	۵۰-۶۰
		سولفات پتاسیم	۵۰

(از تاپوی، ۱۹۸۷)

#### فسفر (شکل ۴-۵ را ملاحظه کنید)

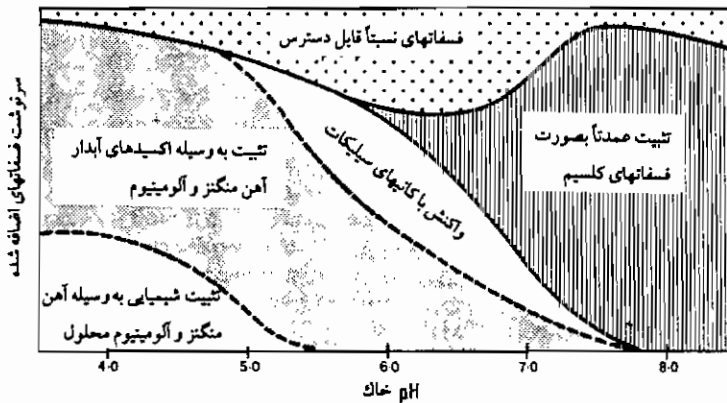
اگر چه مقدار کل فسفریک خاک، تقریباً برابر ازت است ولی مقدار آن از پتاسیم، کلسیم یا منیزیم خیلی کمتر است. بعلاوه تقریباً تمام فسفر به شکلی غیر قابل استفاده برای گیاهان است. بنابراین در کشورهای کمتر توسعه یافته این عنصر غذایی غالباً در خاکهایی که جدیداً زیر کشت رفته یا قبلاً کود داده نشده است، محدود کننده عملکرد است (راسل، ۱۹۷۷). در کشورهای توسعه یافته که زراعت فشرده دارند، از فسفر برای تقویت اولیه گیاهان جوان و



حصول عملکرد بالقوه و حفظ مقدار فسفر قابل دسترس در خاک استفاده می شود.

فسفات شکل عمده کود معدنی است که در بسیاری از قسمتهای دنیا از سنگهای رسوبی موجود به دست می آید. قسمت عمده سنگ فسفردار خرد شده که مناسب مصرف به صورت مستقیم است، از آفریقای شمالی است: به عنوان مثال فسفال (یک فسفات آلومینیوم - کلسیم) که از طریق آهکی و خرد کردن فسفات در سنگال تولید می شود (کوک، ۱۹۷۲). در واقع اولین کود محلول در آب که به صورت شیمیایی ساخته شد سوپر فسفات بود که در اثر مصرف اسید سولفوریک بر سنگ فسفات تولید شد. همراه با سنگ فسفردار، در اواسط قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت و سهمی انقلابی برای افزایش عملکرد در کشاورزی داشت. سنگ فسفردار بخصوص در استقرار شبدر سفید وحشی و در نتیجه بهبود کشت علوفه اهمیت داشت. سنگ فسفردار که محصولی فرعی از تصفیه سنگ آهن است، علاوه بر فسفر، ۲۵ تا ۳۰ درصد کلسیم و مقادیری از کانیهای دیگر دارد. یک تن سنگ فسفردار ممکن است معادل دو سوم کلسیم موجود در همین مقدار سنگ آهک دارا باشد. این ماده سابقاً بطور گسترده ای به صورت سرک برای بهبود علفزارهای دائمی استفاده می شد. البته ابداعات فنی جدید در صنعت فولاد، باعث کاهش سریعی در عرضه سنگ فسفردار با کیفیت بالا شده است. در واقع فسفاتهای آمونیوم متراکمتر جایگزین سنگ فسفردار و سوپر فسفات شده اند. به علاوه این مواد برای تولید ترکیبات دیگر استفاده می شوند. امروزه تقریباً ۹۰ درصد فسفات مورد استفاده در بریتانیا، به صورت کود مرکب فروخته می شود.

فسفر (شکل ۴-۵ را ملاحظه کنید) در میان عناصر اصلی غذایی برای گیاهان زراعی، از متعادلترین آنهاست و تحرك و کارایی استفاده آن پائین است. این عنصر حساسیت کمتری به آبشویی در مقایسه با ازت یا پتاسیم دارد و البته می تواند به آسانی تثبیت شود. بنابراین غیر قابل دسترس می گردد. دامنه مطلوب PH خاک برای قابلیت دسترس فسفر کمتر از دیگر عناصر اصلی است و حتی در شرایط اسیدی یا قلیایی کم می تواند ترکیبات نامحلولی با آهن، آلومینیوم و منگنز تشکیل دهد (شکل ۵-۵ را ملاحظه کنید). فسفر همچنین می تواند به شکل آلی درآمده و در این صورت موقتاً غیر قابل دسترس شود. بنابراین در حالی که جذب آن به وسیله گیاهان زراعی در مقایسه با ازت و پتاسیم کم است مقدار زیادی (که ممکن است سه تا چهار برابر بیشتر از جذب واقعی باشد) برای جبران تثبیت شدن و غیر متحرك شدن، یعنی به صورت غیر قابل دسترس درآمدن آن لازم است (بردی، ۱۹۷۴).



شکل ۵-۵- رابطه بین قابلیت دسترسی فسفر و PH خاک (از باکمن و پردی، ۱۹۶۰)

#### پتاسیم (شکل ۴-۵ را ملاحظه کنید)

کودهای پتاسیم نیز از رسوبات سنگهای معدنی به دست می‌آیند. مهمترین شکل‌های آن به ترتیب کلرور پتاسیم و سولفات پتاسیم هستند (جدول ۷-۵ را ملاحظه کنید). اگر چه پتاسیم نسبت به دیگر عناصر غذایی در اغلب خاک‌ها، باندازه کافی وجود دارد؛ ولی از نظر عدم قابلیت دسترسی نسبی آن مشابه فسفر است. پتاسیم از نظر حساسیت به آبشویی، بیشتر شبیه ازت است. بیشتر پتاسیم طبیعی در سنگهای معدنی هوا نديده وجود دارد، در حالی که آن مقداری که به عنوان کود به خاک اضافه می‌شود، می‌تواند در شبکه‌های بعضی از کانیهای رس تثبیت شود (بخصوص گروه‌های مونت موریلونیت و ایلیت) و به آهستگی آزاد شود. تلفات آن در اثر آبشویی می‌تواند معادل مقدار برداشت آن به وسیله گیاهان زراعی، بخصوص در خاک‌های منطقه حاره که ظرفیت جذب سطحی و تثبیت عناصر غذایی جزء رس آنها کم است باشد. البته جذب پتاسیم به وسیله گیاه زراعی و غلظت آن در گیاه، بخاطر آنچه که مصرف تجملی یا جذب بیش از نیاز گیاه زراعی، نامیده می‌شود زیاد است.

#### کلسیم و منیزیم

عناصر اصلی دیگر کودهای به اصطلاح آهکی یعنی کلسیم و منیزیم هستند. این عناصر از سنگ‌هایی مانند سنگ آهک یا گچ گرفته می‌شوند و به صورت پخته شده یا آهک سریع (CaO)

ترکیب شده با منیزیم)، آهک آب جذب کرده یا کشته شده  $(Ca(OH)_2)$ ، یا سنگ خرد شده  $(CaCO_3)$  به کار برده می شوند. بطور کلی مقدار کلسیم در خاک نسبت به تقاضای آن زیاد است. در حالی که کلسیم یک عنصر ضروری است برای حفظ PH خاک برای حفظ قابلیت دسترسی و جذب عناصر غذایی (PH برابر ۶/۵) لازم است. کاتیونهای کلسیم فراوانترین بازهای آهکی خنثی کننده هستند (که شامل منیزیم و گوگرد نیز می شود). آنها می توانند اثر اسیدی آنیونهای  $(SO_4)^{2-}$ ،  $(NO_3)^{-}$  و  $(CO_3)^{2-}$  را که با مصرف کودهای ازته (مثلاً  $(NO_3)^{-}$ ) و یا از طریق رسوبات تر یا خشک اتمسفر (مثلاً  $(NO_3)^{-}$ )،  $(SO_4)^{2-}$ ) در محلول خاک آزاد می شوند خنثی کنند. رسوبات اتمسفری بخصوص در مناطق مرطوب که برای بخشی از سال یا تمام سال، نزولات بیش از تبخیر و تعرق است می باشد. در حالت اولی یونهای  $Ca^{2+}$  با سانی به وسیله یونهای  $H^+$  در داخل آب خاک از کمپلکس کلونییدی جایگزین می شوند. در هر دو مورد کلسیم با سانی آبشویی شده و از طریق آب زهکشی از خاک خارج می شود.

اگر چه ممکن است، کلسیم باندا کافی برای تغذیه در خاک وجود داشته باشد؛ ولی اغلب افزایش اسیدیته در نتیجه آبشویی عواقب جدی، برای قابلیت دسترسی دیگر عناصر با تحرك عناصر غیر ضروری سمی در بردارد. مشکل اسیدیته در بسیاری از خاکهای مناطق حاره که بارندگی زیادی دارند وجود دارد. بیشتر ظرفیت تبادل کاتیونی ممکن است به وسیله آلومینیوم اشغال شود. این عنصر را با مصرف آهک وادار به رسوب می کنند و در غلظتهایی بیش از یک پی پی ام سمی می شود. البته سمیت آن بستگی به گونه یا واریته زراعی دارد. در حقیقت بسیاری از گیاهان زراعی به خاکهای اسیدی سازگار هستند. حتی در داخل یک گونه بعضی واریته ها ممکن است کم و بیش نسبت به سایرین به اسید متحملتر باشند.

### گوگرد

کمبود گوگرد در خاکهای زراعی پدیده ای است که اخیراً مشخص شده است (کوک، ۱۹۷۲). اگر چه گوگرد فقط به مقادیر کمی در بیشتر خاکها وجود دارد؛ ولی در مقایسه با دیگر عناصر اصلی، تقاضای گیاه زراعی زیاد نیست و از اواسط قرن نوزدهم مقادیر قابل توجهی گوگرد به صورت کودهایی مانند سوپر فسفات و سولفات آمونیوم و از طریق الودگی اتمسفر با صنایع به خاک اضافه شده است. البته عملیات زراعی مدرن برای گیاهان زراعی که عملکرد زیادی تولید می کنند؛ همراه با افزایش مصرف کودهایی که مقدار گوگرد آنها کم است، باعث

کمبود این عنصر در بعضی مناطق شده است. در حال حاضر توجه زیادی به وضعیت گوگرد خاک و کاربرد کودهای ویژه گوگردی معطوف شده است.

### عناصر میکرو

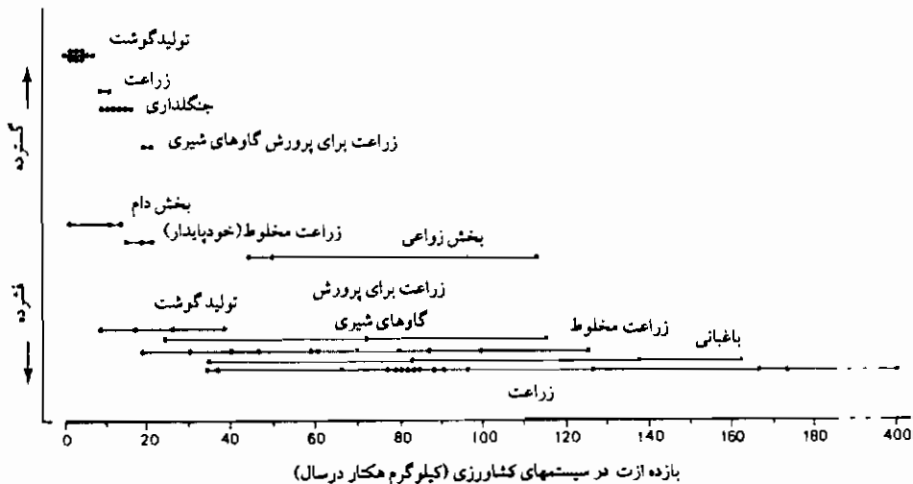
در مقایسه با عناصر ماکرو، عناصر میکرو فقط به مقادیر خیلی کمی مورد نیاز هستند. از هشت عنصر نادر ضروری، بیشترین نیاز گیاه زراعی به آهن و کرب و کمترین آن مس و مولیبدن است و برای منگنز و روی حد واسط است. مقدار کل و قابلیت دسترسی عناصر خاص بی‌نهایت متغیر است. مقدار کل این عناصر، تابعی از ترکیب شیمیایی مواد مادری خاک است و در بیشتر موارد کمبود عناصر میکرو را می‌توان باسانی پیشگویی کرد. قابلیت دسترسی آنها به وضعیت PH خاک و مقادیر نسبی دیگر عناصر ماکرو و یا میکرو دارد که این موضوع بیشترین اهمیت را دارد.

با PH پائین، آهن و منگنز محلول‌تر می‌شوند. بنابراین قابل دسترس شده (منگنز تا حدی که می‌تواند سمی شود) و مولیبدن کمتر قابل دسترس می‌شود. در شرایط قلیایی تر آهن و منگنز به شکلهایی با قابلیت دسترسی کمتر تثبیت می‌شوند. آن گروه از گیاهان زراعی که نیاز زیادی به آهن دارند، ممکن است زمانی که PH برابر ۵ است کمبود این عنصر را نشان دهند. قابلیت دسترسی نیز می‌تواند تحت تأثیر واکنشهای آنتاگونیستیک، بین عناصر میکرو و دیگر عناصر قرار گیرد. به عنوان مثال جذب بر درخاکهای غنی از کلسیم، جذب روی و آهن زمانی که کود فسفات زیاد مصرف شده و جذب آهن زمانی که مس بیش از حد است یا زمانی که منگنز با غلظت بیش از اندازه یا کمتر از اندازه در خاک است، کاهش می‌یابد. تصحیح کمبود عناصر میکرو در مقایسه با عناصر ماکرو متضمن مواد و روشهای متنوع مصرف کود است. عناصر میکرو غالباً به صورت گرد یا اسپری (اغلب مخلوط با آفت کشها) یا مخلوط با کودهای استاندارد یا آهکی به کار برده می‌شوند. البته کمبود این عناصر برای دام (وانسان) در مقایسه با گیاهی که دام تغذیه می‌کند جدی تر است.

### چرخه های عناصر غذایی در اکوسیستمهای زراعی

بطور کلی اکوسیستمهای زراعی بر عکس اکوسیستمهای طبیعی، به وسیله برگشت

بیشتر و سریعتر عناصر غذایی مشخص می شوند. خروج زیاد از طریق گیاهان زراعی و دامها با مصرف مقادیر زیاد کودها جبران می شود. البته ابعاد، سرعت و پیچیدگی چرخه به نوع و شدت سیستم زراعی بستگی دارد. فریزل (۱۹۷۸) با استفاده از بازده ازت قابل مصرف به عنوان شاخص تراکم زراعی اکوسیستمهای زراعی را طبقه بندی نمود. ازت به عنوان مهمترین و مشخصترین عنصر در چرخه عناصر غذایی است. طبقه بندی انواع زراعتها بر این اساس (شکل ۵-۶ را ملاحظه کنید) حاکی است که با افزایش شدت نهاده ها بازده ازت زیاد می شود. البته دامنه تغییر در سیستمهای فشرده در مقایسه با سیستمهای غیر فشرده خیلی بیشتر است. در مورد سیستمهای غیر فشرده سطح مدیریت کم است و تعداد نهاده ها و امکان ترکیب آنها قابل اغماض است. در مورد سیستمهای فشرده سطح مدیریت بالا بوده و تعداد و امکان ترکیب نهاده ها قابل توجه است. در یک سر طیف، اکوسیستم زراعی تغییر کمی یافته است و در سر دیگر آن تقریباً و بطور کامل به وسیله انسان دستکاری شده است.



شکل ۵-۶- خروجی ازت در سیستمهای کشاورزی. نقاط سیاه نشان دهنده اطلاعات موجود برای سیستمهای زراعی است (رسم مجدد از فریزل، ۱۹۷۸)

برعکس، در اکوسیستمهای زراعی که فشرده گی کمی دارند و یا خیلی فشرده هستند، چرخه عناصر غذایی اغلب پیچیدگی کمتری دارند زیرا در مقایسه با سیستمهای حد واسط و با تخصیص کمتر نهاده ها خیلی اختصاصی هستند (جدول ۵-۸ را ملاحظه کنید).

## جدول ۸-۵- مقایسه افزایش و کاهش سالانه ازت، فسفر و پتاسیم در خاک

در اکوسیستمهای مختلف در شمال غربی اروپا

سیستم	ازت		فسفر		پتاسیم	
	(کیلوگرم در هکتار)		(کیلوگرم در هکتار)		(کیلوگرم در هکتار)	
	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش
گوسفنداری سنتی در تپه‌ها	۶۳	۶۱	+۲	۴٫۳	۴٫۶	-۰٫۳
(بریتانیا)*					۳۰	۳۶
زراعت خود پایدار مخلوط	۳۸۰	۳۱۰	+۷۰	۸۱	۳۹	+۴۲
(فرانسه)**					۳۵۴	۲۸۴
گندم زمستانه فشرده	۱۳۸	۱۲۳	+۱۵	۲۹٫۷	۲۱٫۷	+۸
(بریتانیا)					۱۲۸	۱۶۳
تولید فشرده شیر***	۱۰۷۶	۷۲۴	+۳۵۲	۱۲۲	۵۷	+۶۵
					۵۱۵	۳۹۱

\* ارتفاع بیش از ۳۰۰ متر از سطح دریا، چراگاه نیمه طبیعی، ۰٫۵ تا ۱۰ گوسفند در هکتار.

\*\* کشت علوفه در تناوب با گیاهان زراعی، ۷۵ درصد علوفه برای چرا استفاده شد.

\*\*\* تولید شیر در هلند در مزرعه‌ای با خاک رس، ۴ گاو در هکتار، کود و مقدار زیادی خوراک مکمل

استفاده شد: شیر تولیدی ۱۸۰۰۰ لیتر در هکتار و گوشت تولیدی ۷۶۸ کیلوگرم در هکتار.

از فریزل، ۱۹۷۸)

## اکوسیستمهای زراعی غیر فشرده

اکوسیستمهای زراعی غیر فشرده، آنهایی هستند که بازده ازت مصرفی سالانه کمتر از ۲۰ کیلوگرم در هکتار است (شکل ۶-۵ را ملاحظه کنید). بازده گیاهان زراعی و یا دامها در واحد سطح کم است و تا حد زیادی وابسته به مخزن طبیعی عناصر خاک دارد. این اکوسیستمها سیستمهای سنتی و نسبتاً ساده‌ای هستند که برای چرای دام و یا به صورت کشاورزی دوره‌ای استفاده می‌شوند. چراگاهها در مناطقی هستند که بعضی عوامل فیزیکی تولید محصول را محدود می‌کنند و کشاورزی دوره‌ای یکی از اولین و گسترده‌ترین روشهای کشاورزی است که هنوز عمدتاً در مناطق حاره مرطوب رایج است.

سیستمهای غیر فشرده چرای دام آنهایی هستند که گوشت و دیگر فرآورده‌های دامی از

علوفه طبیعی تولید می کنند (شکل ۷-۵ را ملاحظه کنید). معمولاً از کود استفاده نمی شود. تنها نهاده های عناصر غذایی از اتمسفر و بخصوص از ازت تثبیت شده به وسیله باکتریهای آزاد یا همزیست در خاک تأمین می شوند. اتلاف ازت در اثر تبخیر آمونیاک از مدفوع و در اثر دنیتریفیکاسیون بخصوص در خاکهایی که زهکشی ضعیف دارند، نسبتاً بالاست و در مورد پتاسیم و فسفر در گوشت و شیر تولید شده ناچیز است. مهمترین و عمومی ترین مدیریت اعمال شده در این سیستمها سوزاندن در تناوبهای کوتاه یا طولانی مدت است که هدف آن کاهش مقدار پوشش گیاهی مرده و خشبی و تحریک تولید بافتهای سبز تازه است. سوزاندن باعث تسریع در برگشت عناصر غذایی می شود؛ اما می تواند تلفات ازت و (در درجه حرارتهای خیلی بالا) فسفر را در اثر تبخیر و تلفات کلیه عناصر را در اثر جابجایی خاکستر به وسیله باد یا آب افزایش دهد (جدول ۹-۵ را ملاحظه کنید). البته تحقیقات در بریتانیا بر روی خلنگ زارها که در تناوب طولانی مدت سوزانده شدند؛ نشان می دهد که تحت سیستمی از سوزاندن، با کنترل دقیق توازن نهاده ها با بازده ها را می توان حفظ کرد (گیمینگهام، ۱۹۷۵). قسمت زیادی از عناصر غذایی، از طریق مواد گیاهی در داخل سیستم مجدداً به چرخش در می آید، زیرا مقدار نسبتاً کمی از علوفه قابل دسترس، توسط دام مصرف می شود و ظرفیت چراگاه بر اساس حداکثر تولید آن تعیین می شود و بر معیار حداقل تولید سنجیده می شود. مقدار زیادی از عناصر برداشت شده نیز از طریق مدفوع دام به زمین برمی گردند. چرخه عناصر غذایی در این نوع سیستم کم و آهسته است و وابستگی شدیدی به آزاد شدن عناصر غذایی، به وسیله تجزیه مواد آلی دارد که سرعت این فرآیند، در اثر خشکی، درجه حرارتهای پائین، شرایط غرقابی یا PH پائین در خاک کند می شود.

برعکس چرخش عناصر غذایی در سیستم کشاورزی دوره ای، در ارتباط با نوسانهای زیاد، از نظر سرعت عمل و حجم مواد است. بیوماس طبیعی زیاد جنگلهای حاره ای، از منطقه کوچکی با عمل قطع کردن پاک می شود و سپس با عمل سوزاندن، زسین برای زراعت آماده می گردد. سوزاندن باعث می شود عناصر غذایی که در طولانی مدت در چوب گرد آمده اند رها شوند (جدول ۹-۵ را ملاحظه کنید). خاکستر حاصله یک بستر بذر غنی از عناصر غذایی را فراهم می کند که در آن می توان گیاهان زراعی متنوعی را بسرعت مستقر کرد و این موضوع به جلوگیری از تلفات عناصر غذایی، در اثر آبیویی و یا فرسایش خاک کمک می کند. تلفات عناصر غذایی، در طی سوزاندن و با شروع عملیات زراعی نسبتاً سریع است.

تقریباً ۲۰ درصد کل ازت می‌تواند تبخیر شود (سانچز، ۱۹۷۶) اما هنوز مشخص نیست که چه مقدار آن از طریق نزولات مجدداً بر می‌گردد. بازها و فسفر قابل تبادل کم شده و ماده آلی خاک در اولین سال عملیات زراعت ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۸-۵ را ملاحظه کنید). بعد از ۲ تا ۳ سال عملکرد کاهش پیدا کرده و منطقه رها می‌شود. با استقرار مجدد پوشش جنگلی، ذخیره عناصر غذایی در بیوماس و مخزن خاک بالاخره به توازن طبیعی خود بر می‌گردند.

**جدول ۹-۵- عناصر غذایی در خاکستر و موادی که تا حدودی سوزانده شده اند، در یک خاک اولی سول**

در پوری ماگواس پرو، بعد از سوزاندن یک جنگل ۱۷ ساله*		
عنصر	ترکیب (%)	کل افزایش (کیلوگرم در هکتار)
ازت	۱/۷۲	۶۷
فسفر	۰/۱۴	۶
پتاسیم	۰/۹۷	۳۸
کلسیم	۱/۹۲	۷۵
منیزیم	۰/۴۱	۱۶
آهن	۰/۱۹	۷/۶
منگنز	۰/۱۹	۷/۳
روی	۱۳۲ پی پی ام	۰/۳
مس	۷۹ پی پی ام	۰/۳

● باید توجه داشت که میزان عناصر خاکستر وابسته به نوسانهای ویژگیهای خاک، تکنیکهای پاك کردن و درصد بیوماسی از جنگل که عملاً سوزانده شده می باشد.  
(از سانچز و سالیانس، ۱۹۸۱)

در اوایل بهره برداری متناوب و تجدید طبیعی، سیکل عناصر غذایی اساس بسیاری از سیستمهای کشاورزی در اروپا را تشکیل می داد. زراعت غلات برای تأمین معیشت با آیش به صورت متناوب به کار برده می شد و از زمین آیش برای چرا استفاده می شد. تلفات عناصر غذایی از سیستم اندك بود و چرخه عناصر غذایی حتی به مقدار کم حفظ می شد. دستکاری در چرخه عناصر غذایی طبیعی به وسیله آیش علفهای چمنی برای



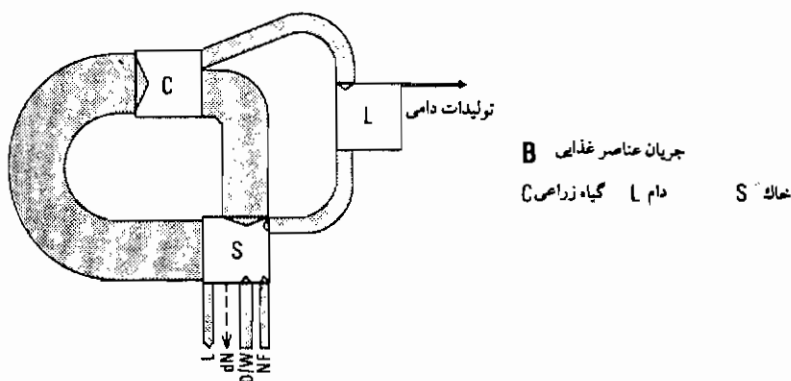
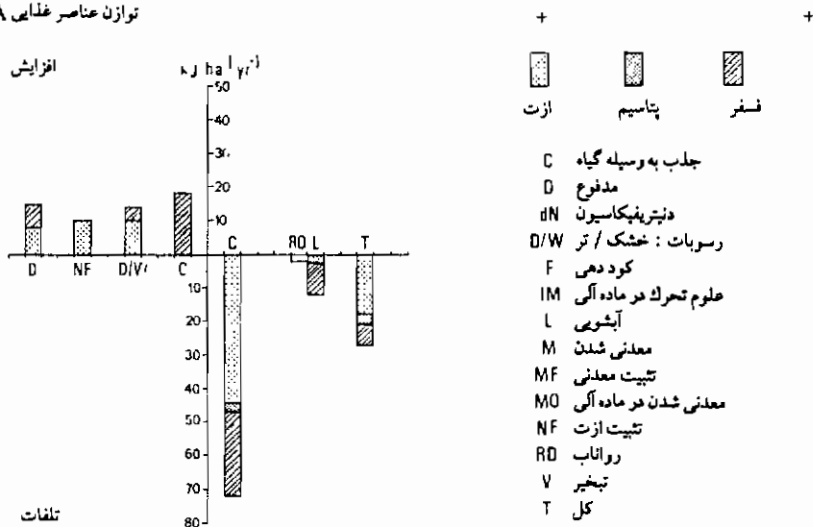
چرا و سوزاندن آن قبل از عملیات زراعی، هنوز در مناطق نیمه مرطوب و نیمه خشک مناطق حاره مرسوم است. البته در اینجا فشار جمعیت، باعث کوتاه شدن دوره آیش و افزایش تلفات ذخیره تلفات ذخیره عناصر غذایی شده است که عواقب آن در بخشهای بعدی بحث خواهند شد.

### اکوسیستمهای زراعی فشرده

اکوسیستمهای زراعی یا دامی فشرده و شدیداً تخصصی شده آنهایی هستند که با مصرف زیاد عناصر غذایی عملکرد در واحد سطح زیاد است. در این سیستمها حجم و سرعت چرخه مواد زیاد است. در سیستمهای مداوم که علفهای چمنی در تناوب قرار داده نمی شود (شکل ۹-۵ را ملاحظه کنید) عناصر غذایی عمدتاً به شکل کودهای معدنی مصرف می شود (جدول ۱۰-۵ را ملاحظه کنید). مواد آلی در مزرعه عمدتاً شامل غلات، ریشه ها، کاه و کلش و در بعضی موارد کود سبز حاصل از مواد زائد، بخشهای هوایی گیاهی چون چغندر قند است. کود دامی و دیگر کودهای آلی، بخاطر هزینه های زیاد حمل و نقل و کاربرد آنها بندرت استفاده می شوند. تثبیت ازت در اثر کار برد زیاد کودهای ازته کاهش می یابد، در حالیکه ماده آلی بجز در خاکهایی که از ابتدا غنی از هوموس هستند، اغلب در حداقل مقدار خود است.

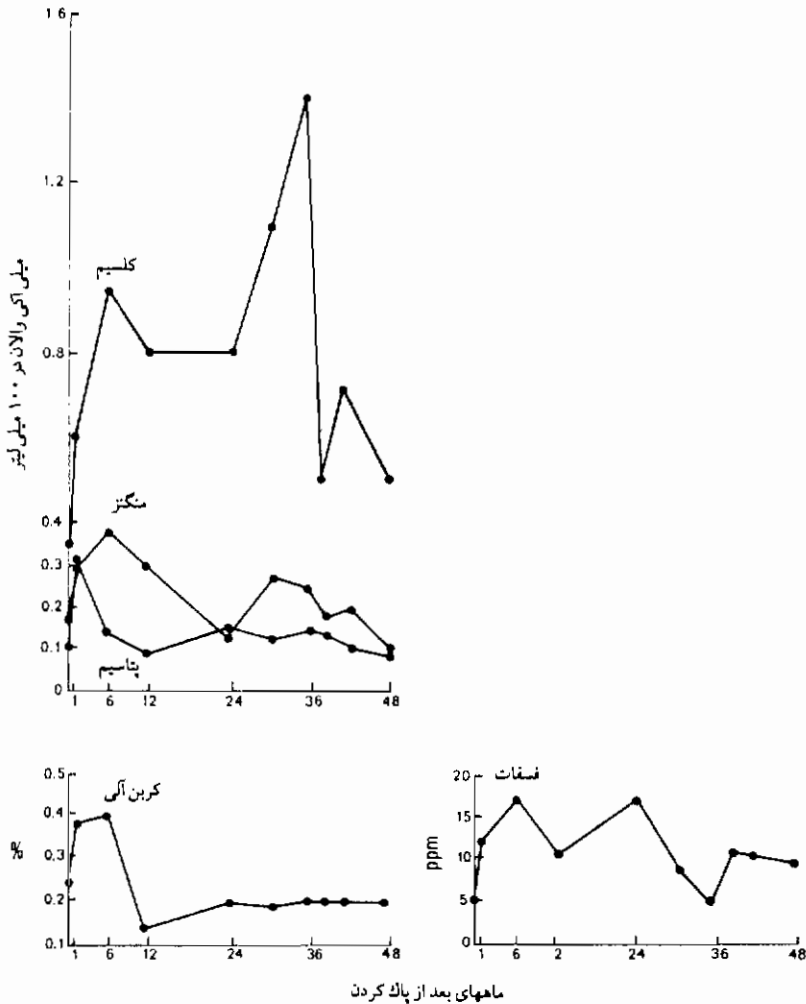
مقدار دقیق عناصر غذایی جذب شده، بر حسب وارته های گیاهان زراعی و ترکیب آنها و نوع سیستمی که گیاهان در آنها رشد می کنند، متفاوت است. البته جذب ازت و پتاسیم در مقایسه با فسفر در اغلب گیاهان زراعی (جدول ۱۱-۵ را ملاحظه کنید) بخصوص گیاهان ریشه ای زیاد است. سیب زمینی و علفهای چمنی علوفه ای، ازت زیادی مصرف می کنند در حالی که گیاهان زراعی بقولات مانند سویا، بادام زمینی، لوبیا و غیره قادر به تثبیت ازت بوده و به مصرف ازت معدنی واکنش نشان نمی دهند. تلفات از سیستمهای زراعی فشرده که محصولات تولید شده برای مصرف انسان، یا به عنوان علوفه فروخته می شود و از مزرعه خارج می گردد، می تواند خیلی زیاد باشد. مقداری که توسط گیاه خارج نمی شود، یعنی عناصر غذایی باقیمانده در خاک که شامل قسمت عمده ازت و تقریباً تمام پتاسیم و فسفر قابل دسترس می شود، می توانند از طریق آبشویی در طی آن قسمت از سال که خاک لخت است تلف شوند.

توازن عناصر غذایی A



شکل ۷-۵- توازن عناصر غذایی و جریان آن در یک سیستم زراعی تپه‌ای سنتی در پرتانیا:

جریان عناصر متناسب با مقدار عناصر غذایی بین خاک، گیاه زراعی و دام حرکت می‌کنند. شکلها با استفاده از اطلاعات (برآوردها) ارائه شده به وسیله فریزل (۱۹۷۸) تهیه شده‌اند (از تاپوی، ۱۹۸۷).



شکل ۵-۸- تغییر در میزان ازت خاکهای جنگلهای حاره‌ای بعد از پاک کردن درختان  
برای عملیات زراعی (از سانچز و سالیاس، ۱۹۸۱)

چرخه عناصر غذایی در میستم فشرده دامی (شکل ۱۰-۵ را ملاحظه کنید) با سیستمهای زراعی از چند جنبه اصلی با هم فرق می کنند. بخصوص در آنهایی که بر اساس تولید علف چمنی هستند و فاقد زمینهای زراعی می باشند، مصرف ازت می تواند خیلی زیاد باشد (جداول ۵-۱۰ و ۵-۱۱ را ملاحظه کنید) تا بدین وسیله علاوه بر چرا، دو یا چند چین

علوفه به منظور سیلو کردن، در طی فصل رشد میسر شود. نهاده‌هایی از منابع آلی مانند کود دامی و فضولات مهم هستند. جذب عناصر غذایی به وسیلهٔ دام، از طریق مصرف علوفه، بخصوص در مورد دامهای جوان و گاوهای شیری می‌تواند زیاد باشد. البته بیشتر آن که شامل مواد غذایی موجود در علوفه خشک و سیلو همراه با کنستانتیره است که در اصطبل به دامها داده می‌شود، از طریق مدفوع به خاک برمی‌گردد (کوک، ۱۹۷۲).

جدول ۱۰-۵- اقتصاد ازت در گیاهان زراعی و علفزارهای موقتی در بریتانیا، ۱۹۷۴

ازت (کیلوگرم در هکتار)	بازده	ازت (کیلوگرم در هکتار)	نهاده
گیاهان زراعی			
۴۶۰	در گیاهان زراعی	۳۷۰	کودها
۱۲۰	آشویی	۳۰	کود دامی
۵۸۰	جمع کل	۴۰۰	جمع کل
		۳۷۰	(اضافی از منابع بیولوژیکی)
علف زارهای موقتی			
۴۴۰	در گیاهان زراعی	۲۲۰	کودها
۱۰	آشویی	۴۵۰	منابع طبیعی
۴۵۰	جمع کل	۶۷۰	جمع کل
		۷۰	کود دامی
		۲۰۰	مدفوع و ادرار
		۲۷۰	جمع کل

(از کوک، ۱۹۷۷)

در این مورد کود دامی ممکن است حاوی عناصر غذایی کافی باشد و نیاز به کودهای معدنی را مرتفع سازد. تلفات عناصر غذایی به وسیلهٔ آشویی در اثر پوشش علف چمنی، در تمام طول سال کند می‌شود مگر این که به مقداری مصرف شود که بیشتر از مقدار جذب به وسیلهٔ گیاهان باشد و در مناطق معتدله ممکن است، باعث مقداری رشد حتی در زمستان شود. تبخیر و یا دنیتریفیکاسیون ازت از سیستمهای زراعی بیشتر است و با توجه به نوع علف چمنی، بخصوص سیستم ریشه‌دهی آن، مقدار بیشتری مادهٔ آلی در مقایسه با

سیستمهای زراعی حفظ می شوند. اگر چه غلات ممکن است در یک سال به اندازه علف چمنی ریشه تولید کنند، ولی غلات نسبت به علفهای چمنی با سرعت بیشتری تجزیه می شوند (راسل، ۱۹۷۷).

**جدول ۱۱-۵- عناصر غذایی در گیاهان زراعی و در مدفوع دام در مزارع بریتانیا، ۱۹۷۳**

عناصر غذایی (کیلوگرم در هر تن)		
K	P	N
گیاهان زراعی		
۴۶۰	۷۵	۵۰۰
گیاهان زراعی قابل کشت		
۱۱۰۰	۱۷۰	۱۰۰۰
علف چمنی		
مدفوع		
۶۰۰	۱۵۰	۵۴۰
گاو		
۱۵۰	۳۰	۱۲۰
گوسفند		
۳۰	۶	۱۰
خوک		
۶۰	۱۲	۲۰
طیور		
۵۰۰	۱۲۰	۲۵۰
برآورد کل مقادیر به کار برده شده در علفزار		

(از کوك، ۱۹۷۷)

#### اکوسیستمهای زراعی فشرده حدواسط

در مزارع سنتی که قبلاً به آن مزارع مخلوط (شکل ۱۱-۵ را ملاحظه کنید) می گفتند، تولیدات دامی بر اساس تولید علوفه و گیاه زراعی و اصلاح علفزار اداره می شوند و حد واسط بین سیستمهای وسیع و فشرده ای هستند که به وسیله فریزل (۱۹۷۸) تعریف شده اند. نهاده ها و چرخش عناصر غذایی وابسته به فضولات دامی، کود دامی و دیگر مواد زائد تولید شده در مزرعه و وابسته به ذخایر مواد آلی خاک هستند. در فضولات دامی مقدار زیادی از عناصر غذایی، یعنی قسمت عمده فسفر، کلسیم، منیزیم و تقریباً تمام پتاسیم موجود، در علف چمنی که به وسیله دام مصرف شده از طریق مدفوع و ادرار برمی گردند. در چمنزارهایی که بطور دائم چرا می شوند فضولات به صورت غیر یکنواخت ریخته می شوند و تلفات آمونیاک در اثر تبخیر تلفات دیگر کانیها، در نتیجه رواناب سطحی یا فرسایش بادی می تواند زیاد باشد. در کودهای

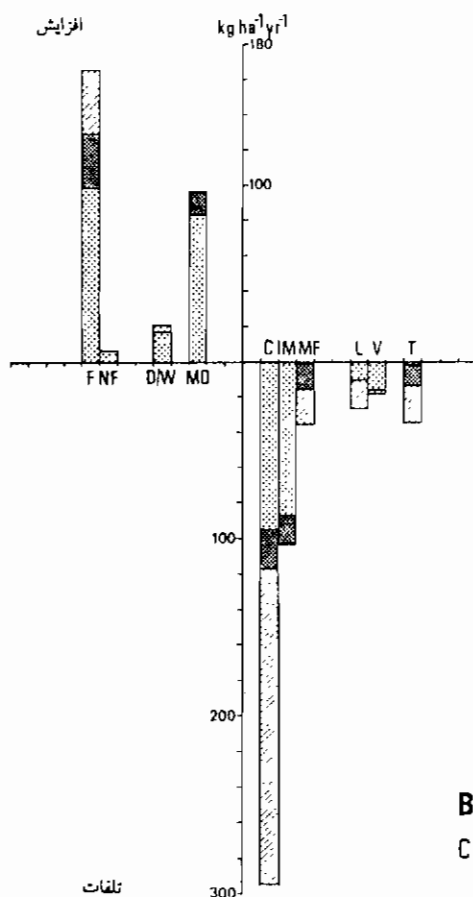
دامی که بطور یکنواخت، قبل از فصل رشد پخش شده باشند، حفظ عناصر غذایی بیشتر است و در سیستمهای سنتی که در زمستان حیوانات در شب یا در تمام روز، در محل سرپوشیده نگهداری می‌شوند و بستر آنها کاه و کلش است و از علوفه خشک یا سیلویی و دیگر گیاهان علوفه‌ای کشت شده در مزرعه، تغذیه می‌کنند؛ شرایط ایده‌آلی برای تولید ارزان قیمت و استفاده از کود دامی، به عنوان منبع عناصر غذایی فراهم می‌شود.

حفظ عناصر غذایی ماده‌آلی خاک، بستگی به استفاده از چراگاههای شبدر / یونجه دارد که در آن تثبیت ازت صورت می‌گیرد. به این دلیل علوفه نقش حفاظت از ازت را، در این نوع اکوسیستمهای زراعی به عهده دارد. این گیاهان در تناوب به عنوان گیاهان زراعی استراحتی استفاده می‌شوند و بدین ترتیب به کنترل بیماریهای خاکزی کمک می‌کنند، ماده‌آلی را افزایش داده و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشند. نسبت زمین زراعی به زمین زیر کشت علف چمنی، بستگی به نوع سیستم دامی و طول مدت چراگاه، از یک طرف و از طرف دیگر بستگی به حدی از شرایط محیطی دارد که کم و بیش برای تولید گیاهان زراعی مناسب است.

توسعه سیستم «لی فارمینگ» در بریتانیا، در اواخر قرن هجدهم و قرن نوزدهم اساس پیشرفت کشاورزی، نه فقط برای افزایش بازده، بلکه برای حفظ آن، از طریق مدیریت صحیح چرخه عناصر غذایی بوده است. این سیستم عمدتاً بستگی به افزایش نهاده‌ها از منابع آلی داشت و البته کودهای معدنی که در این زمان در دسترس بودند، مانند سنگ فسفردار و سوپر فسفات نیز استفاده می‌شد. در بریتانیا در قرن نوزدهم مرسوم بود که کود NPK را برای گیاهان زراعی ریشه‌ای که نیاز بسیار زیادی داشتند هر چهار سال یک بار استفاده می‌کردند و به دنبال آن، غلات از عناصر غذایی باقیمانده در خاک استفاده می‌کردند. کنترل چرخه عناصر غذایی نه تنها بسته به تناوب علف چمنی و گیاه زراعی است، بلکه به گیاهان زراعی با نیازهای مختلف به عناصر غذایی نیز وابسته است؛ بطوری که تلفات از یکی به وسیله افزایش حاصله به دیگری ختنی می‌شود.

بطور کلی در سیستم مخلوط سنتی، عناصر غذایی به مقدار متوسط تا کم از خارج مزرعه تأمین می‌شود. تلفات در اثر دنتریفیکاسیون، آبشویی و تبخیر بخصوص در مزارعی که فقط دامها برای فروش، از مزرعه خارج می‌شوند نیز کم است. حجم و سرعت چرخه مواد حد واسط بین سیستمهای گسترده و فشرده است. البته مدل آن شبیه مدل چرخه تقریباً مسدودی است که در مزرعه، خود پایدار و نگهدارنده عناصر غذایی دیده می‌شود.

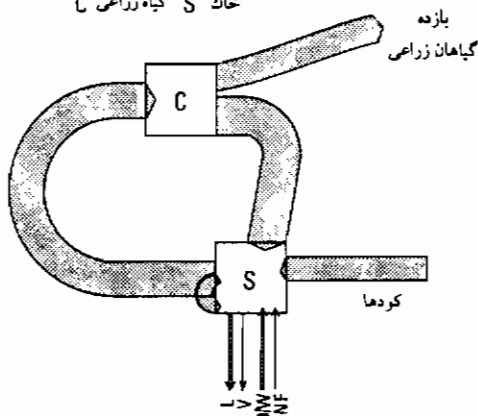
## A توازن عناصر غذایی



- +
- ازت پتاسیم فسفر
- C جذب به وسیله گیاه  
D مدفوع  
dN دنیتریفیکاسیون  
D/W رسوبات : خشک / تر  
F کود دهی  
IM عدم تحرک در ماده آلی  
L آبشویی  
M معدنی شدن  
MF تثبیت معدنی  
MD معدنی شدن در ماده آلی  
NF تثبیت ازت  
RO رواناب  
V تبخیر  
T کل

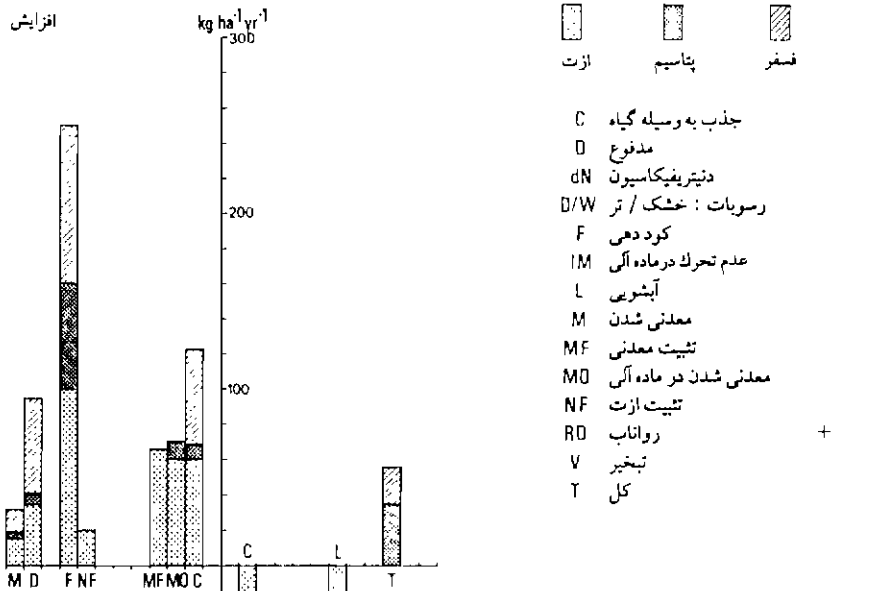
## B جریان عناصر غذایی

C خاک S گیاه زراعی



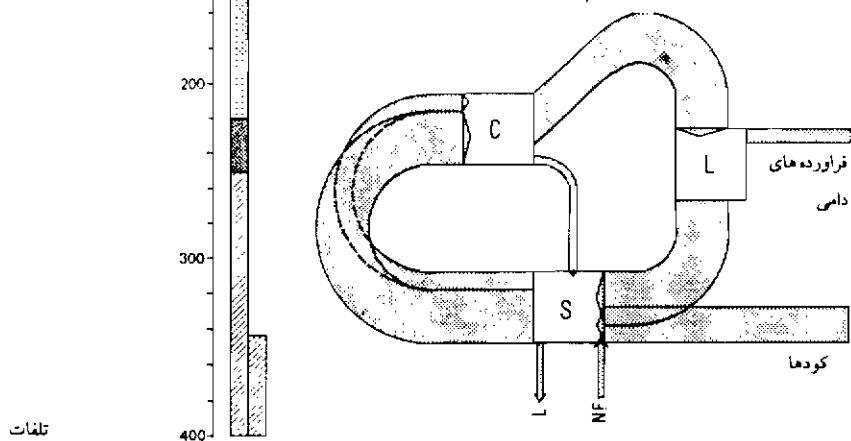
شکل ۹-۵- توازن عناصر غذایی و جریان عناصر قابل دسترس، در یک محصول تک کشتی گندم زمستانه در بریتانیا (برای توضیح شکل ۷-۵ را ملاحظه کنید) (از تاپری، ۱۹۸۷)

# **A** توازن عناصر غذایی



## **B** جریان عناصر غذایی

گیاه زراعی C دام L خاک S

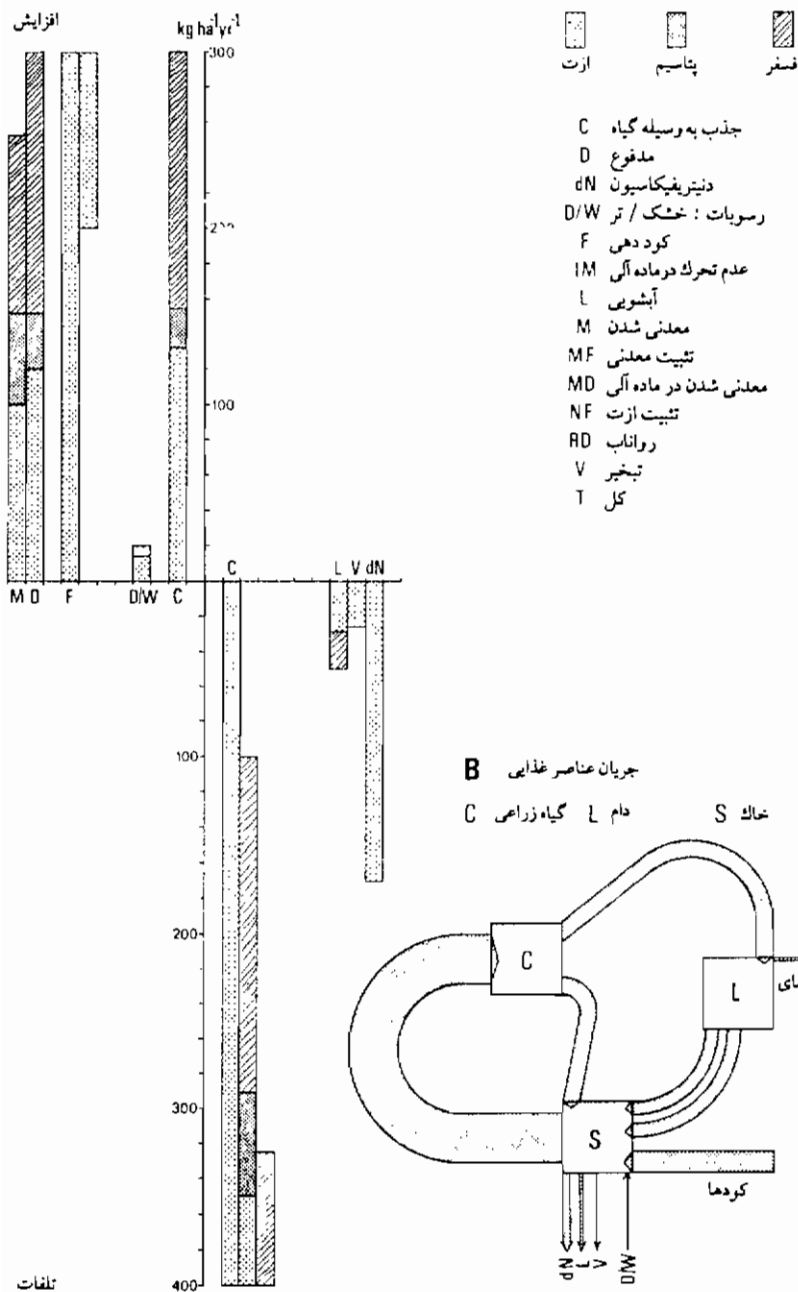


شکل ۱۰-۵ توازن عناصر غذایی و جریان عناصر قابل دسترس ، در یک سیستم زراعی مخلوط

(برای توضیح شکل ۷-۵ را ملاحظه کنید) (از تابی، ۱۹۸۷)



## A توازن عناصر غذایی



شکل ۱۱-۵- توازن عناصر غذایی و جریان آن در مورد عناصر قابل دسترس، در يك سیستم تولید گاوهای شیری در هلند (شکل ۷-۵ را برای توضیح ملاحظه کنید) (از تاپری، ۱۹۸۷)

در واقع دامنهٔ نوسان در داخل هر یک از سه طبقه بندی چرخه عناصر غذایی، در کشاورزی بستگی به این دارد که آیا اطلاعات بر آورد شده یا محاسبه شده است و همچنین بسته به نهاده‌ها و بازده‌های عناصر غذایی دارد که خود تابعی از نوع مدیریت و شرایط محیطی است. همانند تمام اکوسیستمها، اکوسیستمهای زراعی هرگز بطور کامل نمی‌توانند بسته باشند. در این اکوسیستمها بازده یکی از آنها غالباً به صورت نهاده دیگری در می‌آید. علاوه بر حسب چرخش عناصر غذایی، اکوسیستمهای زراعی از نظر مقیاس با یک مزرعه یا واحد کار فرق می‌کنند، زیرا این اکوسیستمها تمام اکوسفر را در بر دارند و در آنها به علت تجارت گستردهٔ فرآورده‌های کشاورزی، خط سیر عناصر غذایی، ابعادی جهانی دارد.

نه فقط نوع چرخه عناصر غذایی، بلکه توازن آنها نیز فرق می‌کند. در حالی که حجم چرخهٔ خاک در مناطقی از دنیا که به صورت فشرده زراعت صورت می‌گیرد، در حال افزایش است. توازنی بین مقداری که افزوده می‌شود و تلفات برای اغلب عناصر غذایی، به استثناء فسفر در بعضی مناطق حاصل شده است. كوك (۱۹۷۲) اظهار داشته است یکی از ویژگیهای برجسته در خاکهای بریتانیا این است که ذخیرهٔ فسفر آنها در حال افزایش است و این موضوع، برای سالیان متمادی این چنین بوده است. در بسیاری از مناطق دنیا بخصوص جایی که زراعت به صورت گسترده و معیشتی صورت می‌گیرد، عناصر غذایی به مقدار کمی به کار برده می‌شود (به علت کمبود مواد آلی و هزینه کودهای معدنی) و حجم عناصر غذایی کم است و تلفات خالص در حال افزایش است. کمی کار برد عناصر غذایی به داخل اکوسیستمهای زراعی، در مناطق در حال توسعه و فقیر کاملاً با آنچه، در مزارع فشرده و غنی اتفاق می‌افتد، فرق می‌کند. تا همین اواخر تولید زیاد در کشاورزی، به قیمت مصرف زیاد نهاده‌ها بوده است. كوك (۱۹۷۷) عقیده دارد که اتلاف مستقیم کودها زمانی رخ می‌دهد که بیش از نیاز گیاهان زراعی به کار برده شود و مقدار مناسب در زمان نامناسب یا مکان نامناسب و به شکل نامناسب به کار برده شود. اتلاف غیر مستقیم زمانی رخ می‌دهد که تلفات طبیعی، از طریق روشهای زراعی افزایش یابد و بتوان از ذخایر خاک و گیاهان زراعی که ازت به صورت بیولوژیکی تثبیت شده است، حداکثر استفاده را کرد. همچنین بعضی افراد عناصر غذایی به صورت اضافی، در سیستمهای زراعی را در نظر نمی‌گیرند. تلفات باعث عدم کارایی مصرف کود می‌شود و تولید را کاهش می‌دهد.

## فصل ششم

### تولید در کشاورزی

در اکوسیستمهای طبیعی و اکوسیستمهای زراعی تولید بیولوژیکی، بر حسب سرعت تجمع بیوماس گیاهی و یا جانوری، در واحد سطح زمین، در مدت زمان مشخصی بیان می شود. در هر دو نوع اکوسیستم تولید بیولوژیکی، تابعی از یک فرآیند اساسی مشابه، یعنی فتوسنتز است که به وسیله آنها عناصر ساده معدنی (کربن، اکسیژن، هیدروژن، ازت، پتاسیم، فسفر) از اتمسفر و خاک، با استفاده از انرژی نورانی، به وسیله سلولهای گیاهی حاوی کلروفیل به ترکیبات پیچیده آلی (کربوهیدراتها، پروتئین ها، چربیها) تبدیل می شوند. در هر دو نوع اکوسیستم سرعت رشد گیاه (تولید خالص اولیه، NPP) از یک طرف وابسته به کارایی جذب و استفاده از تشعشع قابل دسترس است و از طرف دیگر وابسته به اختلاف بین سرعت فتوسنتز (تولید ناخالص اولیه، GPP) و سرعت تنفس (R) است که در طی آن انرژی استفاده شده در متابولیسم گیاهی به صورت گرما تلف می شود بدین ترتیب:

$$NPP = GPP - R$$

تولید خالص اولیه معمولاً به صورت وزن ماده خشک تولیدی، در واحد سطح در واحد زمان ثبت می شود. در هر اکوسیستمی تولید خالص اولیه، مبنای غذایی برای تولید ثانویه

(مصرف کنندگان و تجزیه کنندگان) است. یکی از اهداف اصلی کشاورزی، کانالیزه کردن حداکثر انرژی تشعشع ورودی خورشید، به تولیدات زراعی و یا دامی و به حداقل رساندن انرژی تشعشعی مصرفی، توسط عوامل رقابت کننده بالقوه مانند علفهای هرز و آفات است. در نتیجه در اغلب اکوسیستمهای زراعی در مقایسه با سیستمهای طبیعی، زنجیره‌های غذایی کوتاه‌تر بوده و شبکه غذایی حاصله ساده‌تر است. البته تولید خالص اوکیه اکوسیستمهای طبیعی و زراعی را نمی‌توان و نباید با هم مقایسه کرد. اولاً، اندازه گیریهای کمی، در مورد تولید بیولوژیکی کل گیاهان زراعی از حجله بیوماس ریشه آنها وجود دارد. ثانیاً، تولید یا عملکرد در اکوسیستمهای زراعی مربوط به اندام قابل مصرف گیاه می‌شود که در هر گیاه زراعی فرق می‌کند. بعلاوه بخش قابل مصرف، همیشه کمتر از تولید بیولوژیکی کل است (جدول ۱-۶ را ملاحظه کنید). لومیس و جراکس (۱۹۷۵) اشاره کرده‌اند که عملکرد در کشاورزی، نه تنها خیلی متغیر است، بلکه بندرت منعکس کننده پتانسیل گیاه زراعی، یا پتانسیل محیطی است. این موضوع به علت محدودیتهای زراعی و اقتصادی مربوط به انتخاب گیاه زراعی و نیاز برای به حداقل رساندن مخاطرات است.

**جدول ۱-۶- سهم اندامهای رویشی (منهای ریشه) غلات در عملکرد بیولوژیکی آنها**

درصد عملکرد بیولوژیکی			
برگها	گندم زمستانه	جو بهاره	یولاف
۹	۶	۷	
۳۳	۲۸	۳۴	
۸	۵	۳	
۱۰	۱۰	۱۵	
۴۰	۵۱	۴۱	

از دونالد و همبلین، (۱۹۷۶)

### شاخص برداشت یا شاخص گیاه زراعی

نسبت عملکرد قابل وصول که در عملکرد نهایی قابل مصرف یا عملکرد سهم است به شاخص برداشت یا شاخص گیاه زراعی معروف است و به عبارتی نسبت عملکرد تجارتي،

به عملکرد قابل وصول را شاخص برداشت گویند. در مورد غلات این شاخص ممکن است، به صورت نسبت دانه به کاه و کلش یا در ذرت نسبت دانه به کاه و کلش بیان می شود. شاخص برداشت بسته به این که عملکرد گیاه زراعی، تابعی از مرحله رشد رویشی یا زایشی است، به مقدار زیادی فرق می کند (جدول ۲-۶).

**جدول ۲-۶ - جزء تقریبی از گیاه زراعی که در عملکرد قابل برداشت نشان داده می شود**

عملکرد قابل برداشت (%)*	
گندم	۵۴-۶۰
رای گرس چند ساله (در یک برداشت)	۶۳
ذرت	۴۲
نخود فرنگی	۵۰
کاهو	۵۰-۹۰
کلم دکمه ای	۳۰

\* ماده خشک قابل برداشت به صورت درصدی از کل ماده خشک بخش بالای زمین در گیاه نشان داده شده است.

(از اسپدینگ، ۱۹۷۵)

در مورد اول که برای گیاهان زراعی غده ای ریشه ای، سبزیجات سبز و علفهای چمنی علوفه ای به کار برده می شود؛ شاخص برداشت معمولاً نسبتاً بالاست و می تواند از ۸۵ درصد در سبب زمینی و نزدیک به عملکرد قابل وصول در علفهای چمنی علوفه ای تا کمتر از ۵۰ درصد در غلات، حبوبات، پنبه و دانه روغنیها، فرق داشته باشد (۱۵ تا ۲۵ درصد). این شاخص می تواند، در مورد یک رقم خاص یا نژاد از گیاه زراعی با توجه به تراکم کاشت یا نوسانهای عرضه عناصر غذایی و آب فرق کند. بعلاوه، شاخص برداشت معمولاً بر اساس برداشت، در مرحله بلوغ است که معمولاً کمتر از شاخص برداشت، در مرحله قبل از برداشت است و این موضوع به علت تنفس و تلفات برگ است. در نهایت شاخص برداشت می تواند، تابعی از مدیریت باشد. در واقع در دهه های اخیر، افزایش محسوسی در شاخص ارقام غلات مشاهده شده است؛ بدون این که افزایش معنی داری در کل عملکرد قابل وصول آنها به دست آمده باشد (جدول ۳-۶ را ملاحظه کنید). این موضوع در نتیجه عوامل متعددی است. از جمله استفاده از هورمونهای تنظیم کننده رشد مانند ماده شیمیایی کلر مکوات است که مصرف

آن ساقه کوتاهتری را تولید می‌کند. دیگری به نژادی گیاهان زراعی برای تولید ساقه‌های کوتاهتر، کاهش پنجه زنی و بزرگتر شدن خوشه‌ها و زودرسی است. مقداری که می‌توان ساقه و یا برگ را کاهش داد به وسیله حداقل نیازهای گیاه، برای حمایت مکانیکی و به وسیله سطح برگ مطلوب، برای جذب نور محدود می‌شود. کاهش ارتفاع گیاه همچنین باعث حساسیت بیشتر به بیماریها، خرمکوبی ضعیف و پائین بودن رقابت با علفهای هرز می‌شود (شارما و اسمیت، ۱۹۸۶).

جدول ۳-۶- شاخص برداشت در ارقام قدیمی و جدید غلات\*

گیاه زراعی و محل	اجزاء عملکرد گیاه زراعی		شاخص برداشت (%)
	YR (تن در هکتار)	YC (تن در هکتار)	
گندم (بریتانیا)	۱۱ (۱۲/۷۲)	۲/۵۹ (۴/۳۸)	۲۳/۵ (۳۴/۴)
	۸/۵۶ (۱۰/۰۲)	۲/۳۵ (۳/۶۱)	۲۹/۶۹ (۳۶)
جو (بریتانیا)	۱۱/۰۴ (۱۰/۸۶)	۴/۳۸ (۵/۲۱)	۳۹/۷۱
برنج (فلیپین)	۱۶/۵ (۱۷/۵)	۲/۷۶ (۴/۱۸)	۱۶/۸ (۲۴/۱)
ذرت (اوگاندا)	۱۷/۷ (۱۸/۶۶)	۲/۴۹ (۳/۶۹)	۱۴ (۱۹/۷)
سورگوم (نیجریه)	۳۹/۹ (۱۳/۷)	۲/۶۶ (۴/۸۱)	۷/۱ (۳۵/۱)

\* نتایج برای واریته‌های جدید، در پرائنتر آورده شده‌اند.

YR = عملکرد بیولوژیکی قابل وصول، YC = عملکرد دانه.

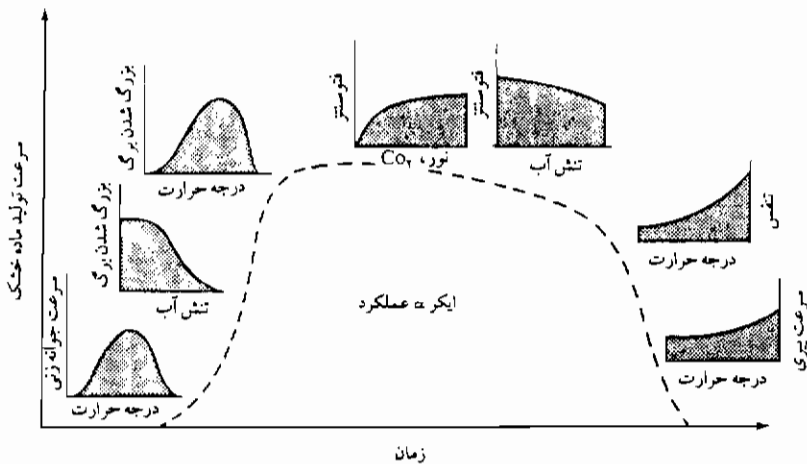
(از هالیدی، ۱۹۷۶)

### عملکرد گیاه زراعی

عملکرد گیاه زراعی، تابعی از اثرات متقابل و پیچیده متغیرهای بیشتری، در مقایسه با متغیرهای مربوطه به تولید اولیه بیولوژیکی، در اکوسیستم طبیعی است. این متغیرها عبارتند از:

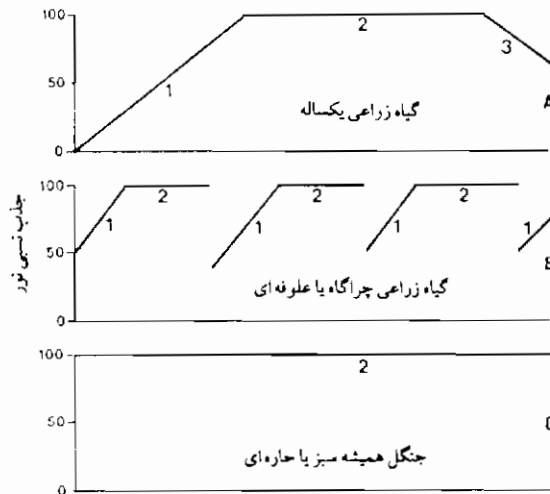
- ۱- شرایط محیطی که تحت آن گیاه زراعی رشد می‌کند.
- ۲- پتانسیل عملکرد رقم بخصوص.
- ۳- مدیریت گیاه زراعی و محیط آن به منظور به حداقل رساندن محدودیتهای محیطی، برای به حداکثر رساندن عملکرد گیاه زراعی.

شرایط محیطی که سرعت رشد و تجمع مادهٔ آلی را کنترل می کنند، در تمام گیاهان یکسان است (شکل ۱-۶ را ملاحظه کنید). از میان اینها می توان از مقدار تشعشع ورودی و قابل دسترس خورشید، برای فتو سنتز و کارآیی جذب و استفاده آن را نام برد که معمولاً عوامل تعیین کنندهٔ حداکثر تولید بیولوژیکی اولیه هستند. البته گیاهان مناطق معتدله که در نور کامل، رشد می کنند معمولاً قبل از اشباع نوری به حداکثر سرعت فتو سنتزی خود می رسند.



شکل ۱-۶- رابطهٔ فرضی بین سرعت فصلی تولید مادهٔ خشک در یک گیاه زراعی،  
فرآیندهای فیزیولوژیکی مربوطه و شرایط محیطی (مانتیت، ۱۹۶۵)

این موضوع بخاطر این است که عرضهٔ دی اکسیدکربن از اتمسفر، برای استفاده از حداکثر نور کافی نیست. چنین اظهار شده است که (مانتیت، ۱۹۷۲b) افزایشهای اخیر در غلظت دی اکسید کربن اتمسفر ناشی از سوختن ذغال سنگ، نفت و گاز است و باعث ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش سرعت تولید بیولوژیکی شده است. مقدار انرژی جذب شده، تابعی از اندازهٔ ساختمان و دوام کتوبی گیاه زراعی است (مانتیت والسون، ۱۹۷۸) و بخصوص تابعی از نسبت کل سطح برگ به سطح زمین، یعنی شاخص برگ (LAI) است (شکل ۲-۶ را ملاحظه کنید). محاسبه شده است که شاخصهای ۴ تا ۷ (برحسب مورفولوژی گیاه زراعی) برای جذب بیشتر نور ورودی لازم است و در شاخص ۴ تا ۵ بیش از ۸۰ درصد نور قابل دسترس، به وسیلهٔ کتوبی گیاه زراعی جذب خواهد شد.

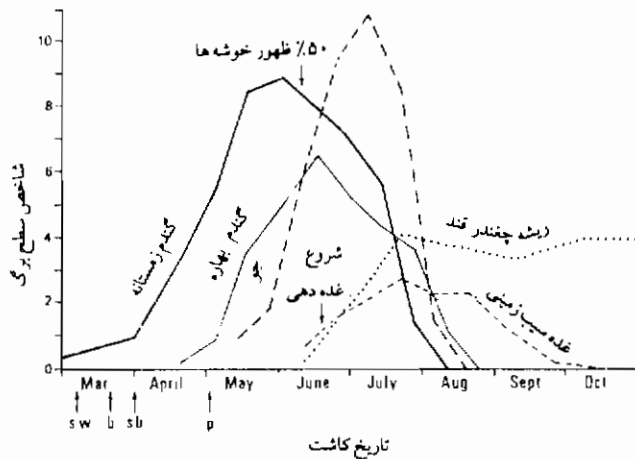


شکل ۲-۶- شمایی از مراحل رشد، در انواع مختلف گیاهان زراعی: (۱) مرحله‌ای که بخشی از انرژی نورانی ورودی به سطح خاک می‌رسد، (۲) مرحله پوشش کامل، (۳) مرحله پیری (تغییر رنگ برگ‌ها یا ریزش آنها) (از آلبردا، ۱۹۶۲)

زمان لازم برای رسیدن به LAI مطلوب، بستگی به سرعت جوانه زنی (در گیاهان زراعی یکساله) یا سرعت شروع ساقه‌های جدید (در گیاهان زراعی چندساله) و بستگی به سرعت بعدی رشد برگ دارد (شکل ۳-۶ را ملاحظه کنید). تاریخ و سرعت جوانه زنی به شرط این که شرایط رطوبت خاک مطلوب باشد، عمدتاً به وسیله درجه حرارت خاک کنترل می‌شوند. بعد از آن سرعت توسعه برگ‌ها در حالتی که LAI کم است فاکتور مهمی در تولید کل گیاه زراعی، در طول تمام فصل رشد است. در ابتدا سرعت رشد (تولید ماده خشک) مستقیماً مربوط به درصد نور جذب شده و درجه حرارت می‌شود (شکل ۴-۶ را ملاحظه کنید). زمانی که کنوپی گیاه زراعی کامل شود، اگر آب و عناصر غذایی باندازه کافی در دسترس باشد، سرعت رشد عمدتاً تابعی از درجه حرارت است. بالاتر از یک آستانه حداقل (۵/۰ درجه سانتی گراد برای گیاهان زراعی مناطق معتدله، ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد برای گیاهان زراعی مناطق حاره) سرعت رشد به صورت نمایی در ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد تا یک حد مطلوب افزایش می‌یابد (این حد مطلوب برای گیاهان زراعی مناطق معتدله، در مقایسه با گیاه زراعی مناطق حاره پائین تر است). بعد از آن با افزایش تنفس، سرعت رشد با سرعتی بیش از قوس‌مستر



کاهش می یابد.



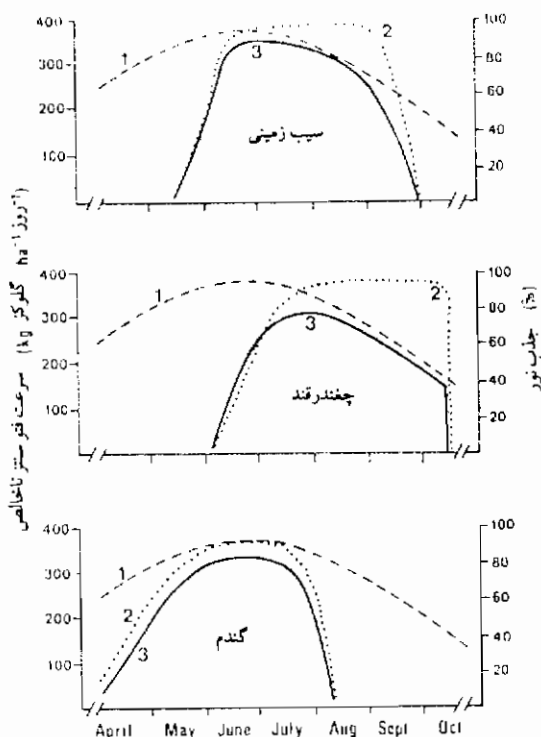
شکل ۳-۶- تغییرات رابطه تاریخ کاشت با شاخص سطح برگ (LAI)

گیاهان زراعی مختلف (از واتسون، ۱۹۷۱)

تولید کل بیولوژیکی گیاه زراعی بستگی به این دارد که تا چه حد می توان کنوپی گیاه را در طول دوره رشد مساعد، به حالتی که کاملاً زمین را پوشانده است حفظ کرد. بسیاری از گیاهان زراعی به خصوص آنهایی که رشد محدود دارند، تولید برگ درست قبل از گلدهی متوقف می شود (شکل ۳-۶ را ملاحظه کنید) و بعد از آن فتوسنتز، بستگی به دوام برگهای سبز موجود دارد. برعکس، گیاهانی که رشد نامحدود دارند، مانند سیب زمینی و چغندر قند می توانند مادامی که شرایط فصل رشد مساعد است، به تولید برگهای جدید ادامه دهند. بنابراین عملکرد نهایی قابل استفاده یا اقتصادی، بستگی به این دارد که چه مقدار مواد فتوسنتزی، به عملکرد اختصاص داده می شود. با نتینگ (۱۹۷۵) سه گروه فنولوژیکی از گیاهان زراعی را، بر اساس محل و زمان نهایی استقرار عملکرد اقتصادی طبقه بندی نمود:

۱- عملکرد در طول بیشتر فصل رشد یا تمام فصل تولید می شود، زیرا عملکرد از بخشهای رویشی یک گیاه زراعی چند ساله یا دو ساله تشکیل شده است (مثلاً، علفهای چمنی علفه ای و دیگر گیاهان علفه ای یا سیلویی، نیشکر، بسیاری از گیاهان زراعی ریشه ای و

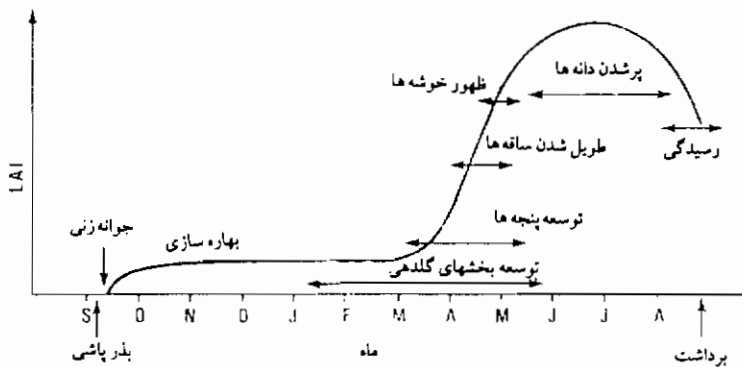
غده‌ای، تارو، کاکائو، کائوچو، چای، ساگو). در این گیاهان که عمدتاً رشد رویشی دارند، تجمع عملکرد در اندامهای منبع (یعنی برگها، ساقه) یا در اندامهای ذخیره (مثلاً غده‌ها، ریشه‌ها و غیره) به شرط این که شرایط رشد مساعد باشد، می‌تواند در طول یک دوره طولانی و در واقع یک دوره نامحدود صورت گیرد.



شکل ۴-۶ (۱) منحنی سرعت بالقوه فتوسنتزی ناخالص (۲) منحنی درصد جذب نور (۳) منحنی محاسبه شده سرعت فتوسنتز ناخالص واقعی برای سیب زمینی، چغندر قند و گندم (از سیما، ۱۹۷۷)

۲- عملکرد در طی قسمتی از زندگی گیاه به صورت میوه و بذر تولید می‌شود و تقریباً در ابتدای زندگی گیاه، شروع به شکل‌گیری می‌کند (مثلاً حبوبات، دانه روغنیها، گوجه فرنگی، پنبه، درختان میوه، درختچه‌های میوه).

۳- عملکرد در گل‌های انتهایی یا دیر رس، به عنوان مرحله نهایی در زندگی یک گیاه زراعی یکساله (غلات) (شکل ۵-۶ را ملاحظه کنید) یا رشد سالانه بخشهای هوایی، در یک گیاه زراعی چند ساله (مثلاً موز) تولید می‌شود. با توجه به شکل ۶-۶ قسمت عمده عملکرد در غلات دانه ریز، در آخرین برگ پرچمی و خوشه تولید شده در طول یک دوره ۶ تا ۸ هفته تولید می‌شود و عملکرد اقتصادی نصف و کمتر از نصف (۶ تن در هکتار) گیاهان زراعی ریشه ای (۱۲ تا ۱۵ تن در هکتار) است.



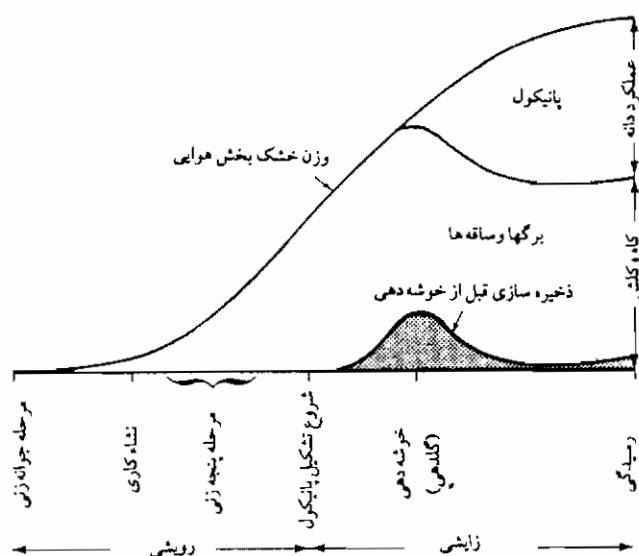
شکل ۵-۶- شمایی از شاخص سطح برگ (LAI) در مراحل رشد غلات (از ای. ویلیامز)

وزن کل ماده خشک گیاه زراعی وابسته، به اندازه سطح فتوسنتز کننده است (LAI)، در حالی که سرعت تولید اندامهای مهم از نظر اقتصادی (مثلاً شاخص برداشت) تابعی از طول مدت مرحله تشکیل عملکرد است. به منظور حصول حداکثر عملکرد در یک رژیم حرارتی مشخص گیاه زراعی باید آب و عناصر غذایی باندازه کافی، در طی دوره رشد و نمو خود در دسترس داشته باشد. کمبود هر یک از آنها می‌تواند عملکرد بالقوه را محدود کند.

### عوامل محدود کننده

آب مهمترین عامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی، در سطح جهان است و کشاورزی هنوز عمده ترین مصرف کننده آب در دنیای امروز است. حداکثر فتوسنتز، زمانی صورت می‌گیرد که روزنه های گیاه کاملاً باز باشند و این وضعیت، بستگی

به تأمین مداوم آب برای حفظ تورژسانس سلولهای نگهبان دارد و معمولاً زمانی به دست می‌آید که خاک در مرحله ظرفیت زراعی یا نزدیک به آن باشد؛ یعنی زمانی که کمبود آب خاک حدود ۲/۵ سانتی متر است (مانتیت، ۱۹۷۷). بالاتر از این آستانه، آبشویی عناصر غذایی یا تهویه ضعیف خاک می‌تواند محدود کننده باشد. حدی از کمبود آب که رشد اولیه و نمو کنوپی را کند می‌کند، می‌تواند تولید کل بیولوژیکی را در طول فصل رشد کاهش دهد. سیب زمینی نیاز به خاکی دارد که در طی دوره نمو اندامهای زیر زمینی در مرحله ظرفیت زراعی باشد. در غلات که رشد محدود دارند و عملکرد آنها وابسته به تعداد دانه در واحد سطح است؛ مرحله بحرانی رشد یعنی زمانی که عملکرد شدیداً به وسیله کمبود آب کاهش یابد، درست قبل از گلدهی و در طی تشکیل گل (یعنی گرده افشانی) است. برای آن دسته از گیاهان زراعی که ارزش اقتصادی آنها، تابعی از وزن تر نیست، بلکه وابسته به وزن خشک است، کمبود آب در طی مرحله تولید آنها می‌تواند باعث کاهش وزن، یا اندازه آنها شود و بدین ترتیب، بر درجه بندی اندازه آنها، برای عرضه بازار مؤثر باشد.



شکل ۶-۶- مراحل رشد در برنج، تغییر در مقدار کربوهیدراتهایی که بطور موقت ذخیره شده‌اند (ذخیره شدن قبل از خوشه دهی) و وزن خشک بخشهای مختلف در مراحل مختلف رشد (از موراتا و ماتسوشیما، ۱۹۷۵)

کارآیی مصرف آب به وسیله گیاهان زراعی، معمولاً بر حسب نسبت وزن خشک تولیدی به آب مصرفی بیان می شود (جدول ۴-۶ را ملاحظه کنید). در حالی که کارآیی مصرف آب با شرایط محیطی دیگر که (از جمله بیماریها) بر عملکرد مؤثرند متغیر است. بعضی از واریته های گیاهان زراعی، نسبت به دیگران در این مورد، کارآمدتر هستند. در این رابطه گیاهان زراعی چهارکرنبه معمولاً نسبت به گیاهان زراعی سه کرنبه، دو برابر کارآمدتر هستند. یکی از اهداف مدیریت کشاورزی، افزایش کارآیی مصرف آب در گیاهان زراعی است. در ۵۰ سال گذشته کارآیی در گندم، جو، برنج و پنبه دو برابر و در ذرت و سویا ۵ برابر افزایش داشته است. این عمل عمدتاً در نتیجه کار برد کود، به میزانی بیش از مصرف آب یک گیاه زراعی خاص بوده است. اصلاح واریته های زود رس، یا آنهایی که به شرایط رشد خنکتر یا خشکتر، سازگاری پیدا کرده اند، به کارآیی مصرف آب بالاتر کمک کرده است. به عنوان مثال پنبه ای که در ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز بعد از کاشت می رسد، ۲۵ درصد از واریته ای که در ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز می رسد کارآمدتر است (بگ و ترنر، ۱۹۷۶).

جدول ۴-۶- نیاز آبی گیاهان زراعی (گرم آب مصرف شده در هر گرم ماده خشک تولید شده)

سورگوم	۳۲۲	سویا	۷۴۴
ذرت	۳۶۸	شیدر شیرین	۷۷۰
گندم	۵۱۳	ماشک	۷۹۴
یولاف	۵۹۷	سیب زمینی	۶۳۶
برنج	۷۱۰	پنبه	۶۴۶
کتان	۹۰۵	چغندر قند	۳۹۷

(از اسپدینگ، ۱۹۷۵)

تحت شرایط مساعد کمبود یک یا چند عنصر، می تواند عملکرد را محدود کند و عنصر محدود کننده آن عنصری است که بیشترین کمبود، از حد مطلوب آن دارا باشد. این موضوع اساس «قانون حداقل» است که اولین بار به وسیله لیبیگ شیمیدان کشاورزی در قرن نوزدهم اعلام شد. هنوز در بسیاری از کشورهای در حال توسعه دنیا که عملکرد پائین گیاهان زراعی تا حدودی، مربوط به کمبود فسفر و ازت است بخصوص در خاکهای قدیمی و شدیداً هوا دیده و آبشویی شده که بر روی سنگهای آتشفشانی اسیدی یا رسوبی به وجود آمده اند. در کشورهای

توسعه یافته دنیا، مقادیر مطلوب عناصر غذایی، به وسیله کار برد مداوم کودها بخصوص ازت حفظ می شود. در حال حاضر در بسیاری از مزارع، مقادیر پتاسیم و فسفر تا حدودی پایدار است و وضعیت اغلب خاکها باتوجه به این عناصر غذایی مناسب است.

البته حاصلخیزی خاک نه فقط به وضعیت عناصر غذایی، بلکه به توانایی خاک برای عرضه این عناصر و آب بستگی دارد تا ریشه گیاهان زراعی با سرعتی متناسب با جذب آنها تولید شود. مقدار عناصر غذایی و آب قابل دسترس، بستگی به وضعیت فیزیکی خاک، بخصوص ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری آب آن دارد. مدیریت خاک از نظر شخم، مصرف کود و زهکشی، یا آبیاری در رابطه با افزایش حاصلخیزی فیزیکی خاک، تا حد امکان آن است. عملکرد واقعی گیاه زراعی، به درجه ای از سازگاری گیاه بستگی خواهد داشت که بین نیازهای گیاه زراعی، برای حداکثر عملکرد و منابع قابل دسترس محیطی، قابل حصول است.

رابطه نزدیکی بین تنش آب و کمبود عناصر غذایی نیز وجود دارد. عناصر غذایی معمولاً در نزدیک سطح خاک که بخشی از خاک است و زودتر خشک می شود در حداکثر مقدار خود است. بنابراین زمانی که کمبود آب در حد متوسطی است، کاهش رشد تا حدودی بخاطر کاهش جذب ازت و فسفر است. برعکس، وضعیت عناصر غذایی خاک، می تواند بر مصرف آب اثر بگذارد. مقادیر زیاد ازت رشد رویشی را تحریک می کند و ممکن است منجر به کمبود آب خاک شود و عملکرد را کاهش دهد (کوپر، ۱۹۷۵).

البته عملکرد گیاه زراعی، در بعد مکانی و زمانی خیلی متغیر است و دو دلیل عمده این نوسان عبارتند از:

۱- عوامل به اصطلاح بیولوژیکی منفی

۲- آب و هوا

عوامل بیولوژیکی منفی شامل: علفهای هرز، آفات و پاتوژنها هستند که سه جزء عمده تمام اکوسیستمهای کشاورزی را تشکیل می دهند. این عوامل دشمنان ناخواسته زارع هستند. به عبارت دیگر آنها از نظر زراع گیاهان (علفهای هرز)، حیوانات (آفات) و پاتوژنهایی هستند که زمانی که جمعیت آنها به یک آستانه مشخصی می رسد، بیشتر از آن شود، پتانسیل کمیت یا کیفیت عملکرد گیاه زراعی، یا دام را کاهش داده هزینه تولید را افزایش می دهند. علفهای هرز و آفات بطور غیر مستقیم و از طریق رقابت، برای منابع، یا بطور مستقیم از طریق مصرف تولیدات کشاورزی، بر عملکرد مؤثرند.

### علفهای هرز

تعداد گونه های علف هرز در مقایسه با فلور دنیا خیلی کم است و تعداد زیادی از علفهای هرز، به تعداد محدودی از خانواده های گیاهان گلدار تعلق دارند. در شرق آمریکای شمالی هفت خانواده گیاهی، ۶۰ درصد از ۷۰۰ گونه علفهای هرز وارداتی را در بر دارند. در حالیکه بسیاری از آنها علفی هستند، بعضی از علفهای هرز مراتع خشکی هستند. علفهای هرز زمینهای کشاورزی چندین منشاء دارند که عبارتند از:

- ۱- مکانهای باز و بهم خورده که در آنجا فقط گیاهانی که به شرایط ناپایدار سازگار هستند، می توانند بقاء داشته باشند؛ مانند سواحل رودخانه ها و محلهای ساخته دست بشر، مانند جاده ها، خطوط راه آهن، کناره جویها و کانالها، معادن شن و غیره.
- ۲- جنگل یا چمنزارهایی که نسبتاً در آنها مداخله ای صورت نگرفته و دارای گونه هایی هستند که به دلیل عدم رقابت، برای نور قادر به رشد بهتر در زیستگاههای کشاورزی هستند.
- ۳- گونه های خارجی وارداتی که بطور تصادفی، یا عمدی از محیطهای دیگر معرفی شده اند.

۴- گونه های قابل کشت که از باغها به خارج راه یافته اند.

۵- بذر گیاهان زراعی که بایندهای علفهای هرز آلوده شده اند.

موفقترین علفهای هرز، آن گونه هایی هستند که دارای سازگاری خوب و رشد بهتری در زیستگاههای ساخته دست انسان و محلهای بهم خورده به وسیله انسان نسبت به هر جای دیگر هستند و باعث بیشترین تلفات، به محصولات زراعی می شوند. در حالی که علفهای هرز مزارع، دارای خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مشترک زیادی هستند، همه آنها این خصوصیت را دارند که قادرند در زمینهای باز و بهم خورده، بقاء داشته باشند. ظرفیت تولید مثلی زیاد آنها همراه با رشد و استقرار سریع، از خصوصیت اکثر علفهای هرز است. بسیاری از آنها یکساله با چرخه زندگی کوتاه و تولید سریع و نسبتاً زیاد بذر (حتی تحت شرایط نامناسب محیطی) هستند و در مدت زمان طولانی، قادر به پراکنده شدن هستند. دوره رکود در آنها متغیر است؛ ولی با این وجود بسیاری از بذرهای علفهای هرز به صورت مدفون در یک خاک زراعی، برای مدت زمان نسبتاً طولانی زنده می مانند. هیل (۱۹۷۷) اظهار کرده است که ۴۷ درصد از بذرهای کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris*) بعد از ۱۶ سال، ۸۴ درصد از بارهنگ (*Plantago major*) بعد از ۲۱ سال و ۸۳ درصد از تاج ریزی (*Solanum nigrum*) بعد

از ۳۹ سال جوانه زدند. بعلاوه بسیاری از بذرهای علفهای هرز می‌توانند بطور موفقیت آمیزی در محلهای باز که در معرض دامنه وسیعی از درجه حرارتهای روز و شب هستند، بقا داشته و جوانه بزنند.

بدون شک انعطاف پذیری از نظر تولید بذر، به میزان بقای زیاد آنها، حتی در مقابل رقابت درون گونه ای و به مقاومت به تغییرات سریع محیطی که در زمینهای کشاورزی معمول است، کمک زیادی می‌کند. بسیاری از علفهای هرز سرسخت و مزاحمتر، گیاهان چند ساله ای هستند که دارای قدرت زیادی می‌باشند و تولید مثل رویشی از طریق اندامهای سطحی یا ذخیره ای زیر زمینی مانند استولون یا ریزوم تکثیر می‌یابند و رشد این اندامها در اثر قطعه قطعه شدن، در طی عملیات زراعی تحریک می‌گردد. بعضی از موفقترین علفهای هرز چند ساله، علفهای چمنی مانند مرغ (Agropyron repens)، قیاق (Sorghum halepense) و یولاف وحشی (Avena fatua) هستند.

خصوصیت دیگر علفهای هرز، سازگاری از نظر پراکندگی بذر یا اندام رویشی آنها در مسافتهای کم یا طولانی است. این عمل از طریق انتقال به وسیله باد، آب یا اتصال به حیوانات، یا در داخل مدفوع آنها تسهیل می‌گردد. البته ارتباط نزدیک علف هرز و گیاه زراعی، به ناچار باعث شده است که انسان مستقیماً یا غیر مستقیم، مهمترین عامل پراکنده شدن علفهای هرز در حال حاضر باشد. علفهای هرز بطور گسترده و سرعت، از طریق آلوده کردن بذر گیاهان زراعی، علوفه خشک، علوفه سیلویی و دیگر مواد غذایی دامی و کاه و کلش، از طریق ماشین آلات کشاورزی و وسایط نقلیه، مواد بسته بندی و از طریق حرکت شن و خاک پراکنده می‌شوند. در حال حاضر تعداد قابل توجهی از علفهای هرز کشاورزی مانند گندمک (Stellaria media)، هفت بند (Polygonum aviculare)، خردل وحشی (Sinapsis arvensis) و پوآ (Poa annua) در همه کشورها یافت می‌شوند. البته کارایی پراکنده شدن علفهای هرز، عمدتاً تابعی از زنده بودن و طول عمر بذر آنهاست.

بطور کلی علفهای هرز دارای دامنه وسیعی از تحمل به نوسانات محیط فیزیکی بوده و برای بقا در محلهای زراعی و محلهایی که کاملاً در معرض درجه حرارتهای افراطی و نوسانات سریع، در شرایط رطوبتی سطح خاک هستند، بخوبی سازگاری دارند. برخی از آنها می‌توانند از مزیت میکرو کليمایی مساعدتر که برای رشد گیاه زراعی آماده شده است استفاده کنند. در واقع موفقیت بسیاری از علفهای هرز مربوط به سازگاری اشکال رشد و الگوهای نمو آنها با



گیاهان زراعی، بخصوص به استعداد آنها از نظر بقا به عملیات زراعی خاص است. بسیاری از علفهای هرز مثل علفهای هرز چمنی در غلات و چراگاهها، از گیاهان زراعی همراه خود تقلید می کنند. یک علف هرز یکساله، مانند یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana*) می تواند، گندم کشت شده در زمستان را آلوده کند، زیرا این علف هرز قادر است، قبل از این که گیاه گندم باندازه کافی بلند شود و با سایه اندازی مزاحم آن شود مستقر گردد. علفهای هرزی که چرخه زندگی کوتاهی دارند، می توانند قبل از بوجاری، یا حتی بین بوجاری و کاشت رشد کرده و بذر تولید کنند. برعکس، علفهای هرز چراگاههای اصلاح شده اغلب به وسیله دامها خورده نمی شوند، زیرا خوش خوراک نیستند و در نتیجه مزیت رقابت با گیاهان چرا شده دارند. البته همان طوری که هیل (۱۹۷۷) اشاره کرده است، تهاجم نسبی یک علف هرز بخصوص از یک طرف، به نوع مرحله و مدیریت گیاه زراعی و از طرف دیگر، به شرایط محیطی مانند نوع آب و هوا و خاک بستگی دارد.

علفهای هرز می توانند، جنبه های سودمندی مرتبط با ماده آلی خاک، کاهش فرسایش خاک و عناصر غذایی داشته باشند. البته این مزایا معمولاً بیش از آن چیزی است که از نظر زراعی به آن نگاه می شود، زیرا این علفها غالباً پناهگاه آفات واقعی یا بالقوه گیاهان زراعی هستند. در حقیقت بیشتر حشرات نیز، از گیاهان وحشی تغذیه می کنند بخصوص زمانی که این گیاهان رابطه نزدیکی با گیاهان زراعی داشته باشند و زمانی که دوره فصل رشد کوتاهتر از فصل تغذیه حشرات است علفهای هرز منبع غذایی خوبی را فراهم می کنند و در نتیجه مخزنی از آفات و بیماریهای گیاهان زراعی می شوند.

### آفات و پاتوژنها

آفات و پاتوژنهای گیاهان زراعی، مصرف کنندگانی ناخواسته در تمام اکوسیستمهای زراعی هستند. بزرگترین گروه آفات، شامل حشرات و کته ها هستند که اکثریت آنها از گیاهان تغذیه می کنند. برآورده شده است که در ایالات متحده ۵۰۰ تا ۶۰۰ گونه آفت وجود دارد. تعداد آنها (بخصوص در حشرات) در خاک و در هوا بسیار متعدد هستند مثلاً ۲۵ میلیون در هر هکتار خاک و ۲۲ میلیون لارومگس در هر هکتار یولاف، اعداد غیر عادی نیستند. در شرایط مساعد، سرعت تولید مثل و رشد جمعیت آنها می تواند، بی نهایت سریع باشد. به عنوان مثال شته کلم قابلیت تولید یک نسل جدید را هر ۲ هفته یکبار دارد.

بعضی از این آفات، عادت تغذیه عمومی و بعضی دیگر بیشتر اختصاصی هستند و فقط به تعداد محدودی از گیاهان مشابه حمله می‌کنند. در واقع بسیاری از حشرات آفت گیاهان زراعی، در بسیاری از نقاط دنیا تک خوار هستند. بعضی مستقیماً صدمه وارد می‌کنند و بعضی دیگر به عنوان ناقلین بیماریها، بیشتر اهمیت دارند. اهمیت اقتصادی صدمه آفات رابطه نزدیکی با نوع گیاه زراعی دارد. همان طوری که ویگلزورث (۱۹۶۵) اشاره کرده است گیاهانی که رشد نامحدود دارند، معمولاً نسبت به آنهایی که محدود هستند، در مدت زمان بیشتری در معرض حمله هستند. بنابراین در گیاهان زراعی، مانند پنبه، قهوه و درختان میوه برگ ریز، نسبت به گیاهانی مانند ذرت یا غلات دانه ریز، کنترل آفات بیشتر نیاز است.

گروه بزرگ دیگری از آفات نماتدها هستند که کرمهای بدون بند و میکروسکوپی هستند و در خاک زندگی کرده معمولاً بخشهای زیرزمینی گیاهان را مصرف می‌کنند. نماتدها در آب و هوای گرمتر بیشتر شایع هستند؛ ولی مهمترین آنها که باعث بیماری سفت شدن ریشه می‌شود، شیوع گسترده‌ای دارد. آفات دیگر، شامل حلزون و راب و بعضی مهره‌داران چون پستانداران کوچکی، از قبیل جونندگان و پرندگان هستند. البته شتر مرغ استرالیایی و کانگورو که در استرالیا آفت هستند، حیوانات بزرگتر در این طبقه هستند.

پاتوژنها میکروارگانیسمهای عامل بیماری هستند و عبارتند از:

۱- قارچها: بیشترین تعداد و تنوع بیماریهای گیاهی را دارا هستند. اغلب گیاهان زراعی به بیماریهای قارچی، حساس هستند و بعضی می‌توانند با سی‌گونه مختلف قارچ آلوده شوند.

۲- باکتریها: عامل تعداد نسبتاً کمی از بیماریهای گیاهان زراعی هستند. اگر چه برخی از آنها در زمانهای مختلف، صدمه شدیدی وارد کرده‌اند.

۳- ویروسها: تقریباً تمام گیاهان عالی را آلوده می‌کنند.

آفات و پاتوژنهای گیاهان زراعی نیز، همانند علفهای هرز، یا به وسیله تکامل منشأ گرفته‌اند، به صورت همزمان با اجداد گیاهان زراعی فعلی، یا بوسیله انتقال عمده‌ای، یا تصادفی از یک محیط مشخص به یک محیط بیگانه ناشی شده‌اند، جایی که فشارهای طبیعی بر روی تعداد جمعیت آنها عمل نمی‌کنند. البته در هر دو مورد افزایش یک جمعیت، تا سطح یک آفت کشاورزی، عمدتاً به علت افزایش عرضه مواد غذایی قابل دسترس بوده است که تحت شرایط اقلیمی مطلوب، برای تکثیر آفات تولید شده است و این موضوع همراه با کاهش

قابل توجه، یا حتی عدم وجود شکارچیهای طبیعی آنها بوده است. کاهش دشمنان طبیعی آفت، معمولاً نتیجه یک یا چند عامل زیر است:

۱- معرفی آفت در یک مکان بیگانه که دشمنان طبیعی، یا وجود ندارند، یا اگر معرفی شده باشند، محیط جدید را نمی توانند تحمل کنند.

۲- تناوب گیاهان زراعی مختلف (بعضی اوقات با دوره هایی از آیش) که ممکن است، یک تأخیر زمانی بین معرفی یک گیاه زراعی جدید و مهاجرت شکارچیان به وجود آورد.

۳- حساسیت بیشتر شکارچیان به آفت کشتهای دیگر ترکیبات سمی استفاده شده در مزرعه، در مقایسه با حساسیت آفات به این ترکیبات.

۴- شکارچیهای طبیعی ممکن است شکار دیگری، یا در مرحله بلوغ نیاز غذایی دیگری به غیر از آفات گیاهان زراعی داشته باشند.

بعلاوه تراکم زیاد گیاهان زراعی، پراکندگی یکنواخت جمعیت زیادی از آفت را قبل از شروع رقابت درون گونه ای و مهاجرت شکارچیان مساعد می کند. یک خصوصیت منحصر بفرد گیاهان زراعی، این است که آنها تقریباً ویژگی عمومی برای پاتوژنهای خاص را دارند و تقریباً تعداد کمی از بیماریهای گیاهی هستند که بر گونه های گیاهان زراعی مختلف اثر می گذارند. مسأله آفات و پاتوژنها، در اثر زراعت تک کشتی طولانی مدت افزایش یافته است و این موضوع بخصوص در گیاهان زراعی که دوره نسبتاً طولانی رشد دارند و دارای درجه زیادی از یکنواختی ژنتیکی هستند و در جائیکه آب و هوا و یا آبیاری کشت و کار مداوم یک گیاه زراعی را میسر ساخته است، بیشتر صادق است. این مشکل با تکامل سریع مقاومت به حشره کشتهای در موجوداتی با جمعیت زیاد و چرخه زندگی کوتاه و اصلاح مداوم گیاهان زراعی مقاوم به آفات و بیماریها شدیدتر شده است که به نوبه خود، ممکن است تکامل آفات و امراض مضر بیشتری را باعث شود.

برآورده شده است که در سطح جهانی، علفهای هرز، آفات و پاتوژنها ممکن است، در بعضی از گیاهان زراعی تا ۵۰ درصد، باعث کاهش عملکرد قبل از برداشت شوند (جدول ۵-۶ را ملاحظه کنید). همه آنها عملکرد را عمدتاً با کاهش LAI گیاه زراعی کم می کنند. علفهای هرز نیز با گیاه زراعی برای نور ورودی و عناصر غذایی، رقابت می کنند و این موضوع بخصوص در مراحل اولیه رشد می توانند عملکرد را بطور قابل توجهی کاهش دهند. خاکهای زراعی دارای ذخیره قابل توجهی از بذرهای زنده علفهای هرز هستند که بعضی از آنها در اصل با

گیاه زراعی کاشته شده‌اند. بعضی‌ها از محصول قبلی حاصل شده‌اند و بقیه از دیگر مکانها وارد شده‌اند. بطور سنتی عملیات زراعی و تناوب مؤثرترین روشهای کنترل علفهای هرز بوده‌اند. تخصصی‌تر شدن همراه با کاهش استفاده از تناوبها و افزایش تک‌کشتی به صورت مداوم، باعث انتقال بیشتر علفهای هرز، آفات و پاتوژنها در خاکهای زراعی شده‌است. مصرف بذرهای علفهای چمنی با کیفیت پائین، ظرف ۵ تا ۶ سال گذشته، باعث افزایش مشکلات علفهای هرز در بریتانیا شده‌است. توسعه غلات زمستانه، در مناطقی که قبلاً علفزار بوده‌اند همراه با پراکندگی سریع علفهای هرزی چون (*Alopecurus myosuroides*)، (*Bromus mollis*) و یولاف وحشی (*Avena fatua*) بوده‌است.

**جدول ۵-۶- درصد تلفات محصول قبل از برداشت در اثر علفهای هرز، حشرات یا بیماریها**

وزن (میلیون تن)			درصد تلفات		
برنج	گندم	ذرت	برنج	گندم	ذرت
علل تلفات					
			۲۳	۴۰	۳۷
علفهای هرز					
			۵۸	۲۱	۳۶
حشرات					
			۱۹	۳۹	۲۷
بیماریها					
۲۰۷	۸۶	۱۲۱	کل تلفات قبل از برداشت (L)		
۲۳۲	۲۶۶	۱۲۸	محصول برداشت شده (H)		
			۴۷٫۱	۲۴٫۴	۳۵٫۷
$L/(L+H) \times 100$					

(از اسپدینگ، ۱۹۷۵)

آفات و پاتوژنها عملکرد را مستقیماً از طریق مصرف، یا فساد اندام قابل برداشت، یا بطور غیر مستقیم با کاهش اندازه، یا تأثیر بر سطح برگ کاهش می‌دهند. در حال حاضر، کنترل این عوامل شدیداً به استفاده از آفت‌کشهای شیمیایی و اصلاح ارقام مقاوم به بیماریها وابسته‌است. البته هر دو روش تقریباً به همان اندازه که مشکل را حل کرده‌اند، مشکل آفریده‌اند. سرعت سریع تکثیر و تکامل آفات و پاتوژنها مقاوم به مواد شیمیایی، ضرورت اصلاح همزمان گیاهان زراعی، حتی مقاومتر را ایجاد کرده‌است. آفت‌کشها می‌توانند شکارچیهایی طبیعی و همچنین آفت‌مورد نظر را کاهش داده، یا بکلی نابود کنند. بعلاوه،

بعضی از مواد شیمیایی، نسبت به بقیه پایداری بیشتری دارند می توانند به وسیله گیاهان از خاک جذب شوند و وارد زنجیره های غذایی شوند و اثرات زیان آور بر روی موجوداتی غیر از گونه های مورد نظر بگذارند. اخیراً با افزایش دانش حشره شناسی و عوامل کنترل کننده، جمعیت های حشرات، استفاده از روشهای کنترل بیولوژیکی، مجدداً احیا شده است. این روشها شامل پرورش، یا معرفی گونه های مناسب شکارچی بوده و سعی می شود با مدیریت دقیق، تنوع حشراتی که خود تنظیمی کمی دارند، شبیه آنچه در اکوسیستمهای طبیعی وجود دارد، حفظ شود. مهمترین روش برای حل این مسئله، استفاده از روشهای متعدد موجود است که برای گیاهان زراعی مختلف و در مراحل مختلف چرخه رشد آنها، می توانند انتخاب شود. این کار اساس آن چیزی است که مدیریت تلفیقی آفات نامیده می شود.

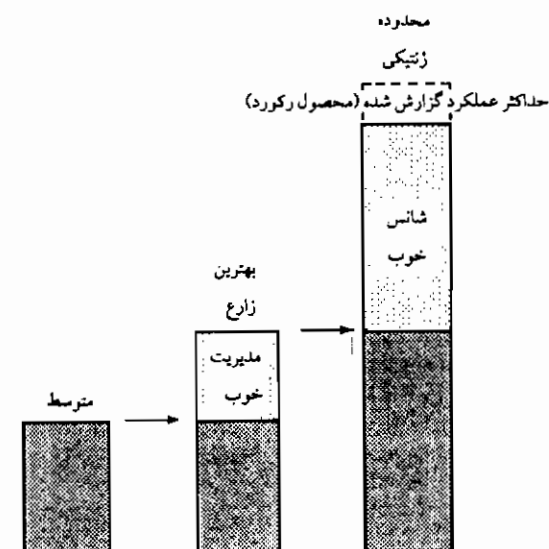
### آب و هوا

بهر حال با توجه به شرایط هوا در هر مرحله از رشد یک گیاه زراعی تا مرحله رسیدگی بخش قابل برداشت آن و بخصوص طی بحرانیترین مرحله رشد آن عملکرد متغیر است. اگر همه فاکتورهای دیگر مساعد باشد، حداکثر عملکرد به درجه حرارت، نور و مقدار آب خاک مطلوب، در طی هر مرحله از نمو بستگی دارد. کاهش عملکرد، به دلیل آب و هوای نامساعد، به زمان وقوع و چگونگی شدت محدودیتها و این که تا چه مقدار و برای چه مدت، شرایط واقعی از حد مطلوب انحراف دارد، بستگی خواهد داشت. آن گروه از گیاهان زراعی که عملکرد اقتصادی آنها، بخش هوایی گیاه است (یعنی سبزیجات سبز) در طول سال بخصوص به کمبود آب حساس هستند. در غلات مرحله بحرانی، درست قبل و در طی تشکیل گله (گلدی) است. کمبود آب برای میوه های نرم در طی مرحله تولید آنها بحرانی است. درجه حرارتهای پایتتر از حد مطلوب که رشد را کند می کنند، در مراحل اولیه رشد گیاه زراعی بسیار جدی هستند و درجه حرارت پائین همراه با نزولات زیاد و تشعشع خورشیدی کم، می توانند رسیدگی را به تأخیر انداخته کمیت و کیفیت غلات و میوه جات را کاهش دهند.

ییسکو و گالاگر (۱۹۷۸) اظهار داشته اند که فرایندهای رشد رویشی و تولید دانه در غلات مستقل هستند. در نتیجه به نظر نمی رسد اثر آب و هوا بر روی تولید ماده خشک به تنهایی تأثیر مستقیمی را بر روی سرعت رشد دانه اعمال کند. بجز در درجه حرارت خیلی بالا و تنش شدید آب، میانگین وزن دانه نسبتاً ثابت است و عملکرد بیشتر تابعی از تعداد دانه

تولید شده در واحد سطح است. البته در گندم تنش آب ۵ هفته قبل از ظهور خوشه‌ها، می‌تواند باعث ۷۰ درصد کاهش عملکرد دانه، ولی تنها ۵۲ درصد کاهش، در تولید کل ماده خشک شود. این ارقام برای ذرت به ترتیب ۴۷ و ۳۰ درصد است.

اگرچه در دهه‌های اخیر درک روابط بین عملکرد گیاه زراعی و آب و هوا بطور قابل توجهی افزایش داشته است؛ اما کوششهایی برای برقراری یک رابطه آماری، بین عملکرد و اجزاء خاصی از آب و هوا، نتایج ثابتی نداشته است و اثبات فرضیه‌های تجربی در مزرعه مشکل است. هودسون (۱۹۷۷) اظهار داشته است که یکی از راههای تعیین اهمیت نسبی اثر آب و هوا، مقایسه متوسط عملکرد و عملکرد حداکثر گزارش شده در مناطق خاص است (شکل ۶-۷).

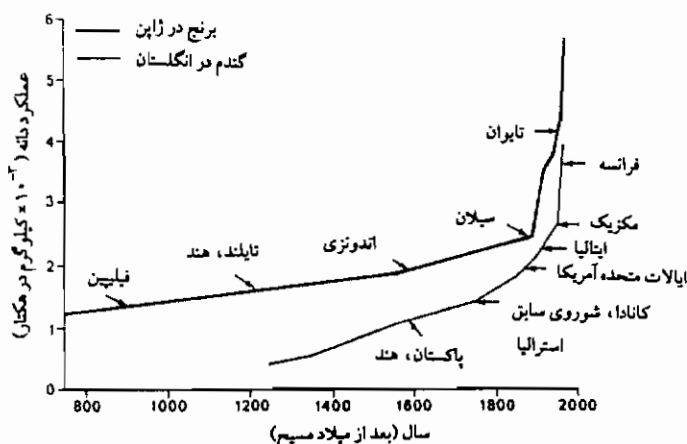


شکل ۶-۷- افزایش عملکرد به دلیل مدیریت خوب (از هودسون، ۱۹۷۷)

### افزایش عملکرد گیاه زراعی

قبل از انقلاب کشاورزی در قرن هجدهم، عملکرد گیاهان زراعی در همه جا در مقایسه با امروزه خیلی پایین بود. در قرون وسطی در بریتانیا، عملکرد دانه برابر با ۰/۲۵ تن در هکتار گزارش شده است (ایوانز، ۱۹۸۰). با حصار کشی زمینها و کاربرد تکنیک‌های جدید زراعت، تولید در کشاورزی شروع به افزایش کرد. روشهای جدید عملیات زراعی، بخصوص

تناوب زراعی و استفاده از تناوب علفهای چمنی، کمک به کاهش رقابت علفهای هرز می کنند و باعث افزایش حفظ حاصلخیزی خاک می شوند. در نیمه دوم قرن نوزدهم، منابع سنتی عناصر غذایی مانند: مارل، پودر استخوان، کود دامی و فاضل آب به وسیله کودهای معدنی تکمیل شدند. علاوه بر آن واریته های جدید، بخصوص در مورد گندم که به زمینهای باز زراعی، در مناطق نیمه مرطوب آمریکا، اروسیا، استرالیا و آفریقای جنوبی سازگاری داشتند، به وجود آمدند. تا پایان قرن نوزدهم عملکرد رو به افزایش بود (شکل ۸-۶). اولین بار این مورد در ژاپن، هلند و دانمارک دیده شد و از شروع قرن نوزدهم بجز در سالهای خشک، عملکرد غلات رو به افزایش بود. البته بعد از جنگ جهانی دوم، تمام کشورهای پیشرفته از نظر کشاورزی، در افزایش عملکرد گیاهان زراعی سهمیم بودند و این موضوع بخاطر مصرف مداوم کودها، آفت کشها و حشره کشها و توسعه واریته های گیاهان زراعی پر محصول بود. برآورده شده است که از سال ۱۹۴۵ مصرف جهانی کود، حدود پنج برابر افزایش داشته است و ۳۶ تا ۵۵ درصد از عملکرد حاضر، برای چهار گیاه زراعی عمده در بریتانیا (جو، گندم، سیب زمینی، چغندر قند) در نتیجه مصرف کود است (هود، ۱۹۸۲). همان گونه که در جدول ۶-۶ ملاحظه می شود، افزایش مصرف ازت خیلی محسوس بوده و تداوم داشته است و مقدار فسفر و پتاسیم به مقادیر لازم، برای جایگزین تلفات ناشی از زراعت ثابت مانده است.



شکل ۸-۶- روند تاریخی در عملکرد برنج در ژاپن و عملکرد گندم در انگلستان در مقایسه

با عملکرد برنج و گندم در سال ۱۹۶۸ در برخی از کشورها (از ایران، ۱۹۷۵)

جدول ۶-۶- مصرف کود در بریتانیا

سال	مصرف کود (Ktonne)		
	(ژوئن تا مه)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O
۱۹۳۹-۴۰	۶۱	۱۷۳	۷۶
۱۹۴۹-۵۰	۲۲۹	۴۶۸	۲۳۸
۱۹۵۹-۶۰	۴۱۰	۴۵۸	۴۳۰
۱۹۶۹-۷۰	۷۹۶	۴۷۶	۴۱۹
۱۹۷۹-۸۰	۱۲۶۸	۴۴۰	۴۴۴

(از هود، ۱۹۸۲)

تولید واریته‌های جدید پر محصول غلات، از طریق فرآیند طولانی به‌گزینی لاین‌های خالص انجام شد و بدین ترتیب خصوصیات مطلوب، از واریته‌های موجود انتخاب شده و با عمل خودگشتی تا زمانی که یک نژاد جدید ایجاد شود، عمل تکثیر ادامه می‌یابد. مهمترین موفقیت در این رابطه، ذرت هیبرید از طریق دگرگشتی واریته‌های مختلف بود. در ایالات متحده آمریکا در دهه ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ این هیبریدها، وارد تولید تجارتي و تا دهه ۱۹۵۰ در سرتاسر غرب میانه، کمربند ذرت که در طی پنج سال عملکرد ۲۰ برابر شد، مورد استفاده قرار گرفت. ذرت هیبرید پتانسیل عملکرد خیلی زیادی دارد و زراعت آن، بستگی به استفاده از بذر جدید در هر سال دارد و این بذر ها به وسیله بانکهای تخصصی بذر تولید می‌شوند. این نوع بذر از نظر ژنتیکی، در مقایسه با نژادهای بومی غلات که به وسیله به‌گزینی این لاین خالص انتخاب می‌شوند یکنواخت تر است و در نتیجه مقاومت کمتری به شرایط نامساعد محیطی دارند.

ذرت بخاطر جدا بودن اندامهای نر و ماده آنها و دگرگرده افشانی طبیعی در مقایسه با غلات دانه ریز کوچک و خودگرده افشان مانند گندم، جو و برنج به آسانی هیبرید می‌شد. کاربرد هیبرید اسیون برای بهبود عملکرد بالقوه در این گیاهان زراعی بعدها صورت گرفت و اساس انقلاب سبز در دهه ۱۹۶۰ گردید.

#### انقلاب سبز

بدنبال جنگ جهانی دوم موفقیت برنامه‌های اصلاح نباتات باهدف افزایش عملکرد



گیاهان زراعی در مناطق حاره دنیا که از نظر کشاورزی کمتر توسعه یافته بودند باعث بوجود آمدن انقلاب سبز شد. هدف از این برنامه تولید واریته های خاص گندم و برنج بود که عملکرد بالایی داشته باشند و به HYV یعنی واریته های پر محصول معروف بودند. واریته های سنتی و اصلاح نشده این گیاهان زراعی پا بلند، با برگهای آویزان و طویل، شاخص برداشت کم و سیستم ریشه ای عمیق و گسترده بودند. عملکرد آنها خیلی پائین بود و بعلت حاصلخیزی ضعیف خاک و بخصوص کمبود ازت که در مناطق حاره در مقایسه با دیگر مناطق بیشتر است کاملاً مشهود بود. البته عملکرد پائین تا حد خاص بوسیله تنوع زیاد ژنتیکی که در اثر انتخاب در مدت زمان خیلی طولانی صورت گرفته بود جبران می شد و نوعی مقاومت درونی به خشکی یا بیماریها ایجاد می کرد. با افزایش تراکم گیاهی عملکرد بیشتر نمی شد زیرا کمبود ازت و سایه اندازی حاصل می شد و افزایش مصرف کودها فقط باعث پر برگ شدن و سایه اندازی بیشتر همراه با طویل شدن ساقه های گلدار می شد و این موضوع حساسیت به ورس را بیشتر می کرد (جیننگز، ۱۹۷۴). نتیجه اصلی انقلاب سبز تولید واریته های پا کوتاه یا نیمه پا کوتاه غلات با ساقه های سفت و برگهای کوتاه و عمودی بود. در این واریته ها تراکم زیاد با حداقل سایه اندازی میسر بود و سیستم ریشه ای نسبتاً فشرده ای ایجاد می شد که با مصرف کود کافی و آب و حفاظت در برابر بیماریها عملکرد زیاد میسر بود (شکل ۹-۶ را ملاحظه کنید). در حال حاضر واریته ای که بیشترین سطح زیر کشت را دارد IR۳۶ می باشد.

فصل رشد	مقاومت به حشرات				مقاومت به بیماریها			قد	واریته
	ساقه خوار	قهوه ای	زنجره سبز	دروس ترنگرد	دروس کوتراگر	مطهای چمن	بلایت	قارچ	
روز ۱۲۰	■	■	■	■	■	■	■	■	IR 8 کوتاه
روز ۱۲۰	■	■	■	■	■	■	■	■	IR 20 کوتاه
روز ۱۲۰	■	■	■	■	■	■	■	■	IR 26 کوتاه
روز ۱۰۵	■	■	■	■	■	■	■	■	IR 28 کوتاه

■ حساس  
 ■ نسبتاً حساس  
 ■ نسبتاً مقاوم  
 ■ مقاوم

شکل ۹-۶- خصوصیات واریته های برنج تولید شده به وسیله برنامه های اصلاحی

IRRI (از جیننگز، ۱۹۷۶)

در مکزیك برنامه به نژادی در سال ۱۹۴۳ با اصلاح گندم بهاره شروع شد. در سال ۱۹۴۰ عملکرد در مناطق حاره بطور متوسط ۷۵۰ کیلو گرم در هکتار و تا سال ۱۹۷۰ برابر با

۳۲۰۰ کیلو گرم در هکتار تولید می‌شد و بذر، به هندوستان، پاکستان و ترکیه صادر می‌شد. در سال ۱۹۶۰ موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) تحقیقات را بر روی برنج شروع کرد و در سال ۱۹۶۶ اولین واریته موفق به نام IRA برای استفاده در فیلیپین آزاد شد. این واریته عملکرد بالایی داشت، به طول روز حساسیت نداشت و به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگار بود. با توجه به اینکه بجای ۱۶۰ روز در ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز می‌رسید، امکان تولید دومحصول در یک سال بود. در این رابطه واریته‌های دیگری نیز اصلاح شدند و ضرورت تولید واریته‌هایی که مقاومت به بیماری و خشکی همراه با عملکرد بالایی داشتند، افزایش یافت و در این مورد، نژادهای جدید که از نظر ژنتیکی یکنواخت بودند، در مقایسه با واریته‌های سنتی به مخاطرات محیطی، کمتر مقاوم بودند. چنینگر (۱۹۷۴) اظهار داشته است که اثر بیماری، حشرات و علفهای هرز بر روی کشاورزی مناطق حاره، خیلی بیشتر از مناطق دیگر است. همچنین واریته‌های جدید در مناطق حاره، رقابت خود را برای حدود نصف مدت زمانی که می‌توانند در مناطق معتدله باشند، حفظ می‌کنند. بدین ترتیب اصلاح‌کنندگان گیاهان زراعی، برای همگامی با آفات و موجودات زنده بیماری‌زا، در مناطق حاره با مشکلات بیشتری نسبت به دیگر مناطق مواجه هستند.

تحقیقات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه به وسیله شبکه‌ای از موسسه‌های بین‌المللی، با همکاری برنامه‌های تحقیقات ملی انجام می‌شود (جدول ۷-۶ را ملاحظه کنید). هریک از این موسسه‌ها بر روی گیاه زراعی (یا دام) بخصوصی کار می‌کنند و بعضی از آنها علاقه خود را به منطقه بخصوص یا رژیم آب و هوایی ویژه‌ای محدود می‌کنند. در تمام مؤسسات تحقیقات زراعی مجموعه‌ای از اصلاح‌کنندگان گیاهی، بیماری‌شناسان گیاهی، حشره‌شناسان، اقتصاد دانان و غیره باهم کار می‌کنند. از سال ۱۹۷۱ موسساتی توسط گروه مشاوره، برای تحقیقات بین‌المللی کشاورزی (CGIAR) سرمایه‌گذاری شده‌اند که مجموعه‌ای از دولتها، آژانسهای تخصصی سازمان ملل و بنیادهای بشر دوستانه خصوصی هستند.

نتایج انقلاب سبز نمی‌تواند دارویی، برای تمام دردهای مسائل کشاورزی کشورهای در حال توسعه باشد. کیفیت پخت و خوشخوارکی محصولات آن، همانند واریته‌های برنج سنتی نبود و در نتیجه برای زراعتین کشاورزی معیشتی کمتر قابل قبول بودند. همچنین کشت و کار واریته‌های پر عملکرد (HYV) به کود، آب، علف کش و آفت کش زیادی نیاز داشتند که

هزینه آنها ورای توان زراعتین خرده پا بود . بنابراین وارسته های جدید نقش بیشتری برای مالکان بزرگ داشت و نقش آن برای آنهایی که بیشتر به غذا نیاز داشتند کمتر بود .

**جدول ۶-۶- موسسات تحقیقات بین المللی کشاورزی در کشورهای در حال توسعه**

مؤسسه	زمینه تحقیق	محل سرمایه گذاری
مؤسسه تحقیقات بین المللی برنج (IRRI)	برنج	۱۹۶۰ فیلیپین
مرکز بین المللی اصلاح ذرت و گندم (CIMMYT)	گندم، ذرت، جو، تریکاله	۱۹۶۶ مکزیک
مؤسسه بین المللی کشاورزی مناطق حاره (CIAT)	ذرت، برنج، لوبیا چشم بلبلی، سویا لوبیا سفید، گیاهان زراعی ریشه ای و غده ای	۱۹۶۹ کلمبیا
مرکز بین المللی سیب زمینی (CIP)	سیب زمینی	۱۹۷۲ پرو
مؤسسه بین المللی تحقیقات گیاهان زراعی برای مناطق حاره نیمه خشک (ICRISAT)	سورگوم، ارزن، نخود زراعی، دال عدس، بادام زمینی	۱۹۷۲ هند
آزمایشگاه بین المللی تحقیقات بیماریهای دامی (IRAD)	بیماریهای دامی	۱۹۷۳ کنیا
مرکز بین المللی دام آفریقا (ICLA)	دامهای آفریقایی	۱۹۷۴ اتیوپی
مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA)	گندم، جو، عدس، باقلا، دانه های روغنی، پنبه	۱۹۷۷ سوریه

(از جینیگز، ۱۹۷۶)

### حداکثر عملکرد

شواهدی وجود دارد که آن دسته از گیاهان زراعی که بیشترین عملکرد را دارند، به وسیله محدودیتهای بیولوژیکی به محدوده حداکثر تولید خود رسیده اند. عملکرد بالقوه برای یک گیاه زراعی خاص را می توان از طریق رژیم تشعشع سالانه، درصد نور جذب شده به وسیله کنوپی و شاخص برداشت برآورد کرد (جدول ۸-۶ را ملاحظه کنید). متوسط حداکثر عملکردهای گزارش شده (رکورد) در مزارع آزمایشی، بالاترین عملکردهای ممکنه هستند که به وسیله یک گیاه زراعی خاص و در یک محیط بخصوص تحت پیشرفته ترین تکنولوژی و مدیریت به دست می آید. متوسط عملکرد در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه حاکی از این است که هنوز درصد نسبتاً کمی از عملکردهای رکورد حاصل می شود. در حال حاضر

در بعضی از گیاهان زراعی مانند غلات مناطق معتدله، عملکردهای رکود به عملکردهای بالقوه نزدیک می‌شوند (شکل ۱۰-۶).

جدول ۸-۶- عملکردهای واقعی و بالقوه غلات در بریتانیا

عملکرد (تن در هکتار)		
گندم زمستانه	جو بهاره	
۱۲/۹	۱۱/۱	عملکرد بالقوه برآورد شده (استین، ۱۹۷۸)
۱۲	۱۰	عملکردهای رکود به دست آمده (هود، ۱۹۸۲)
۵/۲	۴/۱	متوسط عملکرد در سطح ملی ۸۰-۱۹۷۹ (۱۹۸۰ و HGCA)

(ازریس، ۱۹۸۵)

تا به امروز افزایش در عملکرد بالقوه، از طریق توسعه دوره رشد کنوپی کامل گیاه زراعی، به منظور افزایش مقدار تشعشع ورودی و با افزایش شاخص برداشت صورت می‌گرفته است. شاخص سطح برداشت، سهم زیادی در افزایش عملکرد غلات داشته است. در بعضی موارد این شاخص به ۵۰ تا ۶۰ درصد می‌رسد؛ ولی حداکثر نمی‌تواند بیش از ۶۰ درصد شود، زیرا هرگونه کاهش بعدی در مقدار اندامهای فتوسنتز کننده، برای حصول شاخصهای بالاتر کافی نخواهد بود.

محدودیت بیولوژیکی نهایی، بر روی افزایش عملکرد کارایی فتوسنتز گیاه زراعی، یعنی نسبت انرژی خورشیدی ورودی و انرژی ماده خشک تولیدی است و آن را با پارامترهای مختلف از قبیل: زمان (سالانه تا روزانه)، تشعشع (کل یا مرئی)، بازده (معادل انرژی وزن خشک کل یا بخشی از گیاه) بیان می‌کنند. در مورد گیاه زراعی، عملکرد اقتصادی به عملکرد قابل مصرف بیان می‌شود. کارایی در گونه‌های مختلف متفاوت است. تحت شرایط محیطی مطلوب که در آن حرارت و شدت نور بالا باشد، گیاهان زراعی چهار کرانه که به شرایط اقلیمی معتدلتر سازگار هستند، نسبت به ارقام سه کرانه کارآمدتر هستند. البته در هر گونه گیاهی کارایی می‌تواند در طی دوره رشد از ۱۸/۰ درصد تا ۲ درصد متغیر باشد و معمولاً در شروع و پایان

دوره رشد مقادیر آن کم است. گیاهان زراعی که عملکرد بالا دارند و تحت شرایط محیطی مطلوب کشت شده اند، ممکن است کارایی روزانه آنها حداکثر به ۱۰ درصد برسد. بر اساس مقادیر حداکثر روزانه به نظر می رسد گیاهان زراعی، نسبت به گیاهان غیر زراعی کارآمدتر باشند. البته مقایسه سرعت تبدیل در طول فصل رشد، حاکی از آن است (جدول ۹-۶) که فقط در موارد استثنایی، کارایی گیاهان زراعی به بیش از ۲ درصد می رسد. در بهترین حالت، کارایی آنها با کارایی جنگلهای مناطق معتدل در بریتانیا قابل مقایسه است.

جدول ۹-۶- مقایسه کارایی فتوسنتزی برای انواع پوشش گیاهی و بعضی از گیاهان زراعی

گیاه زراعی یا اکوسیستم	محل	دوره رشد کارایی فتوسنتزی (روز)	(%)
اکوسیستمهای طبیعی			
جنگلهای بارانی حاره ای	ساحل عاج	۳۶۵	۰/۳۲
	دانمارک	۱۸۰	
جنگل کاج	بریتانیا	۳۶۵	۱/۹۵
جنگل خزان کننده	بریتانیا	۱۸۰	۱/۰۷
گیاهان زراعی			
نیشکر (مارس) (چهار کربنه)	هاوایی	۳۶۵	۱/۹۵
نوعی لونی (Typha elephantina) (چهار کربنه)	پورتوریکو	۳۶۵	۲/۶۶
ذرت (دومحصول) (چهار کربنه)	اوگاندا	۱۳۵+۴۳۵	۲/۳۵
ذرت (یک محصول) (چهار کربنه)	کنیا (آبلندها)	۲۴۰	۱/۳۷
سویا (دومحصول) (سه کربنه)	اوگاندا	۱۳۵+۱۳۵	۰/۹۵
رای گراس چندساله (میانگین شش چین - سه کربنه)	بریتانیا	۳۶۵	۱/۴۳
برنج (سه کربنه)	ژاپن	۱۸۰	۱/۹۳
گندم زمستانه (سه کربنه)	هلند	۳۱۹	۱/۳
جو بهاره (سه کربنه)	بریتانیا	۱۵۲	۱/۴۹

(از کوپر، ۱۹۷۵)

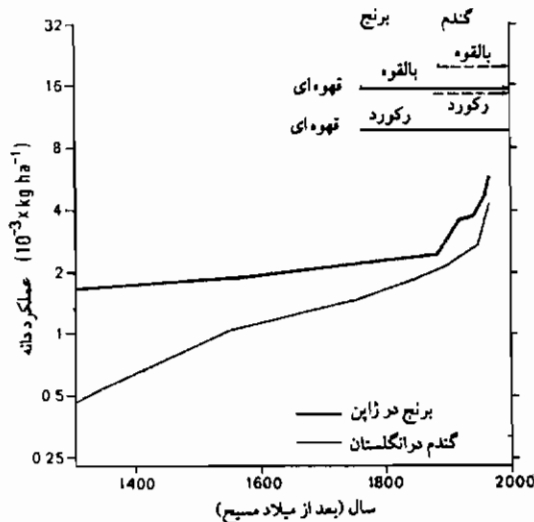
البته کارایی بر حسب عملکرد اقتصادی خیلی پائین تر است و ۰/۳ تا ۰/۴ درصد می باشد. ایوانز (۱۹۷۵) اشاره کرده است با وجودی که زمینهای کشاورزی، حدود ۱۱ درصد

از سطح خشکیهای دنیا را در بر دارند، محصولات برداشت شده کمتر از ۱ درصد کل تولید بیولوژیکی اولیه است. بعلاوه کارایی واقعی، در مقایسه با مقادیر برآورده شده کارایی بالقوه پائین است: تولید ماده خشک سالانه، حتی برای محصول خوبی از گیاه دانه‌ای، یا قندی کمتر از ۳ درصد است، در حالیکه حداکثر کارایی فتوسنتزی تئوری ۱۸ درصد می‌باشد. این مقادیر کم کارایی گیاهان زراعی، در رابطه با تولید بیولوژیکی اولیه تا حد زیادی مربوط به قیمتی است که برای تولید اقتصادی پرداخت می‌شود (آلبردا، ۱۹۶۲) و مبین اتلاف مقدار انرژی است که در فرآیند تبدیل انرژی ورودی به تولیدات غذایی، در طول تعداد اندکی زنجیره غذایی دیده می‌شود. بسیاری از گیاهان زراعی یکساله که دوره رشد آنها کمتر از توانایی فصل رشد، قابل دسترس است در شروع رشد آنها انرژی نورانی تلف می‌شود، زیرا کتبی ناقص و درجه حرارت پائین است (و یا تنش آب وجود دارد) و در آخر مرحله رشد به علت این موضوع، پیری برگها و در بعضی از گیاهان به علت این است که انرژی جهت ذخیره مواد در اندامهای ذخیره‌ای صرف می‌شود. بسیاری از گیاهان زراعی، در شدت نور بالاتر از مطلوب (برای قابلیت دسترسی دی اکسید کربن) رشد می‌کنند. بسیاری از آنها در دامنه وسیعتری، در مقایسه با اجداد وحشی خود رشد می‌کنند و بنابراین بیشتر از آنها، در معرض کاهش تولید در نتیجه کمبود آب، گرما و یا عناصر غذایی هستند. آلبردا (۱۹۶۲) نتایج آزمایشاتی را گزارش کرده است که در آنها کارایی فصل رشد را برای علفهای چمنی و چغندر قند، در شرایط فراوانی آب و عناصر غذایی بین ۵ تا ۶ درصد تشعشع (طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ میکرون) بوده است. این مقادیر با مقادیر تولید بالقوه یک سطح سبز مسدود که در شرایط محیطی کشت شده است قابل مقایسه است.

#### چند گشتی

تا به امروز برنامه‌های اصلاح نباتات، بر روی افزایش عملکرد کشت خالص گیاهان زراعی، در واحد سطح زمین متمرکز بوده است. البته نشانه‌هایی وجود دارد که سرعت این فرآیند شروع به آهسته شدن کرده است. با توجه به نیاز مداوم بخصوص در کشورهای در حال توسعه برای افزایش تولید غذا، توجه به امکان تولید از طریق توسعه سیستمهای چندگشتی معطوف شده است.

چندکشتی شامل تولید دو یا چند محصول زراعی از یک زمین (مزرعه) در یک فصل رشد (پاسال، در مواردی که هردو مترادف باشند) است و بدین ترتیب زراعت در ابعاد زمان و فضا متراکم می شود. گیاهان زراعی ممکن است به صورت همزمان یا مخلوط کشت شوند و یا به صورت متوالی و پشت سر هم.



شکل ۱۰-۶- روند تاریخی عملکرد برنج در ژاپن و گندم در انگلستان. سقف عملکرد بالقوه در طی پر شدن دانه ۴۰۰ کالری در سانتی متر مربع در روز برآورد شده است. محور عمودی در تمام موارد بر اساس مقیاس لگاریتمی است (از ایوانز، ۱۹۷۵).

الگوهای اصلی زراعت در داخل این دو سیستم (آندروز و قسام، ۱۹۷۶) به ترتیب زیر هستند:

۱- سیستم زراعی متوالی یا پشت سر هم

الف) مضاعف، سه تایی و چهارتایی

ب) کشت راتون یعنی تولید گیاه زراعی حاصل از رشد ساقه‌ها یا بذر بعد از برداشت آن

۲- کشت مخلوط

الف) کشت درهم بدون هیچ نوع ردیف مشخصی

ب) کشت مخلوط ردیفی با کاشت یک یا چند گیاه زراعی در ردیفهای مشخص

ج) کشت مخلوط نواری در نوارهای مختلف که باندازه کافی عریض باشند تا عملیات

زراعی به صورت مستقل انجام شود و باندازه کافی باریک باشند تا گیاهان زراعی از نقطه نظر زراعی، اثر متقابل داشته باشند.

د) کشت مخلوط متعاقب که در طی بخشی از چرخه زندگی یک گیاه و بعد از این که این گیاه به مرحله زایشی رسیده باشد؛ ولی قبل از این که آماده برداشت باشد، گیاه دومی کشت می‌شود.

چند کشتی یک روش قدیمی است که در سرتاسر دنیا عمل می‌شده است و هنوز در کشورهای حاره‌ای مرطوب که فصل بارندگی طولانی و کشاورزی فاریاب دارند، مرسوم است. سیستمهای چند کشتی با توجه به وضع جغرافیایی و مقدار انرژی ورودی نیز متفاوت است و از نوع پیچیده آن، در مناطقی که در تمام طول سال فصل رویش دارند تا کشت متوالی و بالاخره تک کشتی، در مناطقی که رطوبت و درجه حرارت عوامل محدود کننده هستند فرق می‌کند. این سیستمها در مزارع کوچک با کارگر زیاد و در مزارع مکانیزه و بزرگ با سرمایه و انرژی زیاد و گیاهان اختصاصی عمل می‌کنند (سانچز ۱۹۷۶). در استان زاریا (ایالت شمال مرکزی، نیجریه)، نورمن و همکاران (۱۹۸۴) تا ۱۵۶ نوع مختلف مخلوط گیاهان زراعی که از دو تا شش گیاه زراعی تشکیل شده بود، گزارش کردند. سیستمهایی که با دو گیاه زراعی بودند ۱۵٪، با سه گیاه زراعی ۴۲ درصد، با ۵ گیاه زراعی ۲۳ درصد با ۱۲ گیاه زراعی ۵٪ از سطح زیر کشت مخلوط را تشکیل دادند. متداولترین مخلوط گیاهان زراعی به قرار زیر هستند:

ارزن - سورگوم

ارزن - سورگوم - بادام زمینی - لوبیا چشم بلبلی

ارزن - سورگوم - بادام زمینی

پنبه - لوبیا چشم بلبلی - سیب زمینی شیرین

پنبه - لوبیا چشم بلبلی

ارزن - سویا - لوبیا چشم بلبلی

سویا - بادام زمینی

موفقیت کشت مخلوط به سازگاری اکولوژیکی گیاهان زراعی مربوطه و به دامنه‌ای که این گیاهان با یکدیگر به صورت متمم بوده و یا در استفاده از منابع محیطی قابل دسترس رقابت می‌کنند، بستگی دارد. رقابت بین گونه‌ای را می‌توان به وسیله استراتژیهای زیر،



به حداقل رساند (هاروود و پرایس، ۱۹۷۶):

۱- استفاده از مخلوط هایی با شکل رشد مشابه؛ ولی زمان رسیدگی متفاوت (مثلاً، ارزن ۳ ماه، سورگوم ۶ ماه).

۲- طبقه بندی گیاهان زراعی با ارتفاع مختلف مانند:

الف) گیاهان یکساله ای که زیر درختانی مانند: نارگیل، کافوچو، خرما روغنی و غیره کشت می شوند.

ب) گیاهان زراعی با فصل رشد کوتاه که در شروع دوره رشد گیاهان زراعی با فصل رشد طولانی کشت می شوند (یعنی ذرت یا سویا، بانشکر).

ج) مخلوطی از گیاهان زراعی یکساله با ارتفاعات مختلف، که در آن گیاهان پا بلند (ذرت، کاساوا) قبل از گیاهان پا کوتاه (سیب زمینی شیرین) برداشت می شوند و یا گیاهان پا بلند (ماش سبز) بعد از گیاهان پا کوتاه (ذرت) برداشت می شوند.

یکی از مهمترین مزایای کشت مخلوط، افزایش عملکرد بالقوه، در واحد سطح زمین در مقایسه با تک کشتی در واحد سطح مشابه است (جدول ۱۰-۶). چنین برآورد شده است زمانی که مخلوط گیاهان یکساله با گیاهان چند ساله کشت می شوند، عملکرد می تواند ۲۰ تا ۵۰ درصد بیشتر شود. بعلاوه، در کشت مخلوط گیاهان زراعی می توانند (مانند زمانی که گیاهان بالا رونده از غلات قائم استفاده می کنند) از نظربارندگی شدید، تشعشع مستقیم و نیروی زیاد باد به عنوان محافظ عمل کنند. پوشش گیاهی خاک باعث جلوگیری از فرسایش شدید که معمولاً خاکهای معدنی لخت بخصوص در مناطق حاره مرطوب به آن حساس هستند، حفظ کنند. این عمل همچنین مانع از رشد علفهای هرز می شود و تنوع زیاد گیاهان زراعی در کشت مخلوط، جمعیت آفات در سطح پائینی حفظ می کند. در تمام سیستمهای چند کشتی به علت این که دامنه وسیعی از تولیدات غذایی را، در طول یک دوره طولانیتر تولید می کنند، بدین ترتیب مخاطرات عدم برداشت کامل بدلیل آب و هوای نامساعد را کاهش می دهد. البته کاربرد اصول علمی و تکنیکهای جدید کشاورزی، در جهت افزایش عملکرد بالقوه در سیستمهای چند کشتی، نه تنها به علت پیچیدگی سیستمهای سنتی، بلکه به علت این که این سیستمها بر اساس تجربیات استوار است، مشکل می باشد.

جدول ۱۰-۶- عملکرد دانه در کشت خالص و مخلوط ذرت و دال عدس

تیمار	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)		
	۱۶ هفته*	۲۴ هفته**	۲۴ هفته جمع کل***
ذرت	۳۱۳۰	-	۳۱۳۰
دال عدس	-	۱۸۷۱	۱۸۷۱
کشت درهم	۲۰۲۵	۱۷۱۰	۳۷۳۵
مخلوط ردیفی	۲۶۰۶	۱۸۵۴	۴۴۶۰

\* عملکرد ذرت، \*\* عملکرد دال عدس \*\*\* عملکرد ذرت و دال عدس  
(از اولسلیگل و همکاران، ۱۹۷۶)

توسعه واریته‌هایی که عملکرد زیاد دارند و زود رس هستند انعطاف‌پذیری سیستم‌های چند کشتی، بخصوص در نوع متوالی را افزایش داده است و در مناطقی از هند که فقط تک کشتی میسر بوده است، کشت مضاعف را تسهیل کرده است. با جایگزین شدن سورگوم زود رس بجای واریته‌های خریف (فصل مرطوب) که حساس به نور هستند، تولید محصول دوم فصل ربی (بعد از فصل مرطوب یا رطوبت باقیمانده) را میسر ساخته است. گیاه زراعی را می‌توان، در فصل ربی زودتر کاشت و در نتیجه عملکرد بالاتری به دست آورد. در مناطق معتدل دنیا که فصل رشد می‌تواند شدیداً به وسیله درجه حرارت پائین، یخبندان و بارندگی کم محدود شود، سیستم چند کشتی کمتر متداول است. البته در مناطق مرطوب‌تر، در دوران قبل از صنعتی شدن، اغلب مخلوطی از غلات (ذرت) کاشته می‌شد. اخیراً سیستم‌های کشت دو ردیفه و یا دو گیاه زراعی، به صورت متوالی به وجود آمده است. قابلیت دسترسی علف‌کشها، توسعه ارقامی از غلات دانه ریز و سویا که فصل رشد کوتاهتری دارند و استفاده از تکنیک‌های شخم حداقل یا سیستم بدون شخم، باعث استقرار سریع محصول دوم و رسیدگی آن می‌شود. به عنوان مثال می‌توان از کشت سویا بعد از گندم، یا جو در مناطق مرطوب جنوب شرقی ایالات متحده آمریکا نام برد (جدول ۱۱-۶ را ملاحظه کنید). به همین نحو در بخش‌هایی از غرب اسکاتلند، سیب زمینی زودرس در ژوئن برداشت می‌شود و بعد از آن علف چمنی رای گراس هیبرید که رشد سریع دارد و می‌تواند به صورت سیلویی یا علوفه خشک تولید شود، یا تا پایان فصل رشد در سپتامبر و اکتبر چرا شود، کاشت می‌شود. البته

در مناطق دیمکاری کشورهای در حال توسعه، پتانسیل سیستمهای چند کشتی بیشتر بوده و قابل توسعه است (اولسلیگل و همکاران، ۱۹۷۶).

جدول ۱۱-۶- سیستمهای کشت مضاعف در جنوب شرقی ایالات متحده آمریکا

محصول زمستانه	محصول تابستانه
غلات دانه ریز (گندم، جو، یولاف) برای	ذرت (دانه ای - سیلویی)
تولید دانه	سویا
سیلو	سورگوم (دانه ای - سیلویی)
علوفه خشک	سورگوم - سودان گراس
چرا	ارزن
محصول سبز	

(از لویس و فیلیس، ۱۹۷۶)

### زراعت با جنگل

نوع خاصی از سیستم چند کشتی را در اصطلاح زراعت با جنگل می نامند (مک دونالد، ۱۹۸۲). در این نوع بهره برداری از زمین کشت درختان به صورت تلفیق با گیاهان زراعی و یا دام انجام می شود و بدین ترتیب، مواد غذایی و فرآورده های جنگلی تولید می گردد. این اصطلاح نسبتاً جدید است؛ ولی نوع بخصوصی از آن خیلی قدیمی است. در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، درختان هنوز اجزاء تلفیق شده ای در سیستمهای زراعی هستند. در مناطق مرطوب حاره اکوسیستمهای زراعی سنتی، غالباً ترکیبی از درختان با گیاهان زراعی چند ساله و یکساله هستند. فشرده ترین سیستم زراعت با جنگل، در باغهای سریلانکا است. در این سیستم مزارع کوچکی بر اساس کشت نارگیل با درخت میخک، دارچین، جوز هندی، مرکبات و انبه در اشکوب پائینتر از موز و درخت فلفل و نواری از ذرت، کاساوا، لوبیا و آناناس در اطراف است. این نوع ترکیب گیاهان برای زارع، مواد غذایی و درآمد به صورت دائم فراهم می کند و در تمام سال محصول وجود دارد و در مقایسه با سیستمهای تک کشتی، ثبات بیشتری تأمین می شود. درخت در رابطه با حفاظت از خاک و حفظ چرخه عناصر معدنی، از طریق بقایای برگ به خاک نیز مهم است. در سریلانکا

برنامه‌های وسیعی برای توسعه زراعت در جنگل، در مزارع چای متروکه که حساس به فرسایش سریع خاک هستند، در دست اقدام است.

زراعت در جنگل از دو نوع مختلف بهره‌برداری زمین، در مناطق حاره توسعه یافته است. یکی از این انواع که در سطح وسیعی متداول است و تا همین اواخر خیلی پایدار بوده است سیستم آیش درختچه و گیاهان زراعی است. ثبات این سیستم به درختان و درختچه‌هایی که ریشه عمیق دارند و بسیاری از آنها تثبیت‌کننده ازت هستند و عناصر معدنی با کارایی بیشتری مجدداً به چرخش در می‌آورند، نسبت داده می‌شود. البته با افزایش جمعیت و کاهش قابل توجه در طول دوره آیش، این فرآیند در حال تحلیل است. نوع دوم تانگیایا استقرار جنگل است که شکلی از کشاورزی با هدف حفاظت از جنگل و خاک، در مقابله با افزایش جنگل زدایی است. این سیستم در برمه، بر اساس کشاورزی دوره‌ای منشاء گرفته است و بدین وسیله با کاشت انتخابی درختان آیش جنگلی مجدداً مستقر گردد. در حال حاضر تانگیایا بطور گسترده‌ای در غنا و نیجریه، برای حل مشکل تخریب زمین و هزینه بالای ایجاد جنگل استفاده می‌شود. همانند آنچه در مورد سیستم چند کشتی ذکر شد، مزایای اکولوژیکی زراعت در جنگل، شامل افزایش استفاده از منابع محیطی، ممانعت از رشد علفهای هرز، حفظ حاصلخیزی و ثبات خاک و کاهش مسائل آفات می‌شود. البته این موضوع، جای بحث است که آیا عملکرد سالانه محصول قابل مصرف در این مورد، بیش از مخلوطهایی است که بدون درخت است یا معایب دیگر وجود رقابت زیاد بین گونه‌ای، بین درختان و گیاهان زراعی و مسأله حفظ توازن، بین درختان و گیاهان زراعی، مشکلات مکانیزه کردن عملیات زراعی و خروج مقادیر زیادی از عناصر غذایی، در مواردی که جنگل برای چوب به کار برده می‌شود می‌باشد. در دهه گذشته علاقه زیادی، در مورد مطالعه خصوصیات اکولوژیکی زراعت در جنگل ایجاد شده است. پتانسیل این روش، از نظر بهره‌برداری از زمینهای تخریب شده و بخصوص به عنوان راهی برای احیاء این قبیل زمینها در کشورهای در حال توسعه به صورت گسترده‌ای درك شده است.

### حیوانات اهلی

در مقایسه با گیاهان زراعی ، تعداد انواع حیوانات کاملاً اهلی شده نسبتاً کم است (جدول ۱-۷ را ملاحظه کنید) . اگر چه تنوع حیوانات اهلی به اندازه انسان است؛ ولی آنها چهار برابر انسان، مواد گیاهی را به مصرف می رسانند . البته در حالی که غذای حیوانی (از جمله ماهی و صدف ) فقط یک دهم مصرف کالری دنیا را فراهم می کند؛ ولی یک سوم کل پروتئین مصرفی به وسیله انسان را تشکیل می دهند .

حیوانات اهلی (یعنی اصلاح شده) نقش مهمی را در تمام سیستمهای کشاورزی دارد . تبدیل پروتئین گیاهی درجه دوم ، یا با کیفیت پائین به پروتئین دامی درجه یک، یا با کیفیت بالا ، یکی از تواناییهای حیوانات است . این موضوع به این علت است که حیوان علف خوار می تواند لایسین مورد نیاز خود را ، از گیاهی که فاقد لایسین است، تأمین کند و پروتئین گوشت که قابلیت هضم زیادی دارد تولید کند . نشخوار کنندگان، مهمترین حیوانات اهلی هستند که قادرند مواد گیاهی که سلولز بالا دارند، یعنی برگها و ساقه ها را هضم کنند . این موضوع به علت وجود باکتریها، در شکمبه آنها که اندامی شبیه یک خمره تخمیر زنده است می باشد . در نتیجه نشخوار کنندگان اهلی (از جمله گوسفند، بز، گاو، گاومیش، گاومیش آبی، شتر،

لاما، آلیاکا و گوزن شمالی) می‌توانند علوفه خشبی با کیفیت پایین را مصرف و هضم کنند و از سطح خیلی زیاد زمین‌هایی که به دلیل محدودیتهای فیزیکی از جمله: ارتفاع از سطح دریا، شیب، خشکی، سرما و غیره غیر قابل کشت و کار هستند غذا تولید کرد. علف‌خواران اهلی غیر نشخوارکننده (یعنی اسب، گوزن، خرگوش) می‌توانند با اشکال، سلولز را هضم کنند؛ در حالی که همه چیز خوران مانند انسان و خوک بطور مستقیم ارزش غذایی کمی را می‌توانند از سبزیجات سبز، کسب کنند و به جیره‌های غذایی متراکمتر از نظر پروتئین نیاز دارند. حیوانات اهلی می‌توانند از مواد زائد طبیعی در سیستمهای کشاورزی، یا صنایع فرآیند غذایی مانند: کاه و کلش، بخشهای هوایی چغندر قند و بقایای صنعتی، تغاله چغندر قند و ملاس تغذیه کنند. بالاخره اسب (و گونه‌های مربوطه مانند: خر، قاطر و الاغ)، فیل، شتر و گاومیش آبی، هنوز ارزش خود را به عنوان حیوانات بارکش حفظ کرده‌اند.

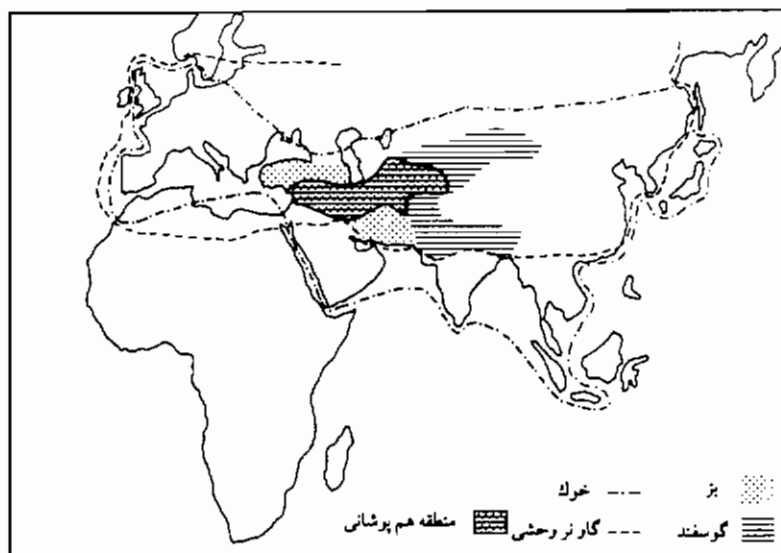
جدول ۱-۷- حیوانات عمده کشاورزی دنیا

نوع حیوان	جمعیت جهانی ۷۱-۱۹۷۰ (هزار)	تعداد نژادها (تقریبی)
گاو	۱۱۴۱۲۱۵	۲۴۷
گوسفند	۱۰۷۴۶۷۷	۲۳۰
خوک	۶۶۷۶۸۹	۵۴
بز	۳۸۳۰۲۵	۶۲
گاومیش	۱۲۵۴۱۲	۷
اسب	۶۶۳۱۲	۱۲۴
خر	۴۱۹۱۴	۱۲
قاطر	۱۴۷۳۳	

(از اسپدینگ، ۱۹۷۵)

خاور میانه مرکز عمده اهلی شدن تمام دامهای تولیدکننده غذا در نظر گرفته شده است (شکل ۱-۷ را ملاحظه کنید). منشأ آنها قدیمی است. به نظر می‌رسد تکامل آنها، به موازات استقرار جوامع کشاورزی و گیاهان زراعی صورت گرفته است (ایزاک، ۱۹۷۰). اجداد وحشی حیوانات اهلی امروزی، احتمالاً تمیزکنندگان یا غارت‌کننده غذای انسان بوده‌اند. به نظر

می‌رسد، سگ اولین حیوانی بوده است که اهلی شده است. مدارك نشان می‌دهد که سگ باید در مناطق مرتفع شمال عراق در ۱۲۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح اهلی شده باشد در حالی که به نظر می‌رسد، گاو و خوک مدتی بعد یعنی ۸۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح اهلی شده‌اند. به گفته کلاتون - براک (۱۹۸۰) تمام حیوانات اهلی معمولی تا ابتدای دوران امپراطوری روم، از گونه‌های والد وحشی خود به صورت جمعیت‌های متمایز استقرار یافتند. زونر (۱۹۶۳) مراحل اهلی شدن حیوانات را از طریق تماس اولیه و یا ارتباط با انسان، تا مرحله زراعت که موجب تسهیل در تجمع آنها شد و بالاخره مرحله اصلاح آنها برای صفات خاص را متمایز ساخت.



شکل ۱-۷- توزیع اجداد وحشی عمده‌ترین حیوانات اهلی در خاور نزدیک  
(رسم مجلد از کلاتون - براک، ۱۹۸۰)

بدون شک وجود بعضی از خصوصیات فیزیولوژیکی و یا رفتاری باعث شد که بعضی از انواع حیوانات را بهتر از سایرین، آماده اهلی شدن سازد (حافظ، ۱۹۶۹). برای اهلی شدن حیوانات، علاوه بر این که استفاده از آنها به عنوان منبع غذایی مهم بود، خصوصیات

نژادی در زمینه حرکت آنها به صورت رمه، برای سهولت کنترل و مدیریت از مزایای اولیه مورد نظر بودند. حیوانات اجتماعی با الگوهای رفتاری که بر اساس سلسله مراتب غالبیت استوار بوده است، بیشتر تابع غالبیت به وسیله انسان بوده‌اند و ارتباط زیادی را با او برقرار کرده‌اند. همانند گیاهان زراعی، تکامل حیوانات اهلی نیز بیشتر با تغییرات فیزیولوژیکی که سازگار با نیازهای اقتصادی فرهنگی یا زیبایی‌شناسی انسان است، همراه بوده است و کمتر بر اساس بقای حیوان در حالت وحشی استوار بوده است (بومن، ۱۹۷۷). در میان اثرات عمومی اهلی کردن، تغییراتی در اندازه بدن به صورتی، یا خیلی بزرگتر، یا خیلی کوچکتر از اجداد وحشی آنها صورت گرفته است. به گزینی برای صفاتی که باعث سهولت در تشخیص می‌شوند، باعث شده است تا تنوع قابل توجهی در صفات ظاهری مانند: پوست، مو و رنگ پشم ایجاد شود. گوسفند اهلی توانایی ریزش پشم خود را از دست داده است و در بسیاری از انواع اهلی، طول گوشها یا دم بطور نامتناسب افزایش پیدا کرده است. در طول زمان، به گزینی باعث ظهور نژادهایی شده است که با ظاهر یکنواختی که دارند، گروههای متمایزی را به وجود آورده‌اند و حتی در داخل یک گونه، قابل تمایز است.

البته در قرن حاضر تا همین اواخر، تکامل یک نژاد فرآیند آهسته‌ای بود. این عمل تا حدودی، ناشی از به گزینی عمدی و تا حدی واکنشی به شرایط محیطی بود و اغلب باعث ایجاد گروههایی می‌شد که از نظر جغرافیایی ایزوله بودند. تقریباً شبیه زیرگونه (گاو سات دون، گوسفند سافولک داون) بود. افزایش تخصصی شدن، همراه با تلفیح مصنوعی در سیستمهای کشاورزی مدرن فشرده، باعث امکان تلاقیهایی در سطح جهانی با هدف ایجاد دامهایی که به محیط دست ساز انسان، سازگاری داشته باشند، شده است.

گوسفند و بز اولین دامهایی بودند که اهلی شدند و منشأ آنها، مناطق مرتفع غرب آسیاست. نژادهای زیادی به شرایط اقلیمی گسترده‌ای بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا سازگار بودند، به وجود آمد. این دو نوع دام، هر دو با یک سیستم اجتماعی که بر اساس مراتع محلی استوار است، در ارتباط هستند. در این مورد معمولاً یک منطقه محدود در محدوده محل سکونت، به چرای گروههای مستقل از این دامها، اختصاص داده می‌شود. گله‌های کوچرو و اغلب مراتع ییلاقی و قشلاقی مشخصی دارند.



گوسفند (*Ovis spp.*) از هشت گروه اساسی تاکسونومی تشکیل شده است :

<i>O. aries</i> :	گوسفند اهلی
<i>O. nivicola</i> :	گوسفند برفی میبری
<i>O. musimors</i> :	میش کوهی اروپایی (آخر عصر حجر، اولین گوسفند اهلی در اروپا)
<i>O. orientalis</i> :	میش کوهی آسیایی : احتمالاً جد تمام گوسفندان اهلی است
<i>O. dalli</i> :	گوسفند شاخ مومی یا شاخ باریک
<i>O. canadensis</i> :	گوسفند شاخ بزرگ
<i>O. ammon</i> :	گوسفند ارغالی
<i>O. vignen</i> :	گوسفند وحشی شمال هند

در حالی که گوسفند، حیوانات سم دار چراکننده ای هستند و بومی مناطق تپه ای و دامنه کوهستانها می باشند، بزها (*Capra spp.*) سرشاخه درختچه ها و درختان کوتاه قدر را چرا می کنند و در ابتدا در مراتع کوهستانی و آزاد اروپا، آسیا و اتیوپی زندگی می کردند و البته به مناطق شمالی تر مثلاً آمریکای شمالی وارد نشدند. چون بز به محیطهای سخت سازگار است، انعطاف پذیرترین دام در بین نشخوار کنندگان می باشد. چون بز حیوانی پرطاقت است می تواند در شرایط سخت از نظر حرارت و رطوبت، در مناطقی که علوفه مطلوب در دسترس نیست زندگی کند. در نتیجه بز پراکنش جغرافیایی وسیعتری را نسبت به دیگر حیوانات اهلی دارد (هریس، ۱۹۶۱).

بز امروزه، در پنج گروه که عمدتاً به وسیله انحنای شاخهای خود مشخص می شود، طبقه بندی می گردد:

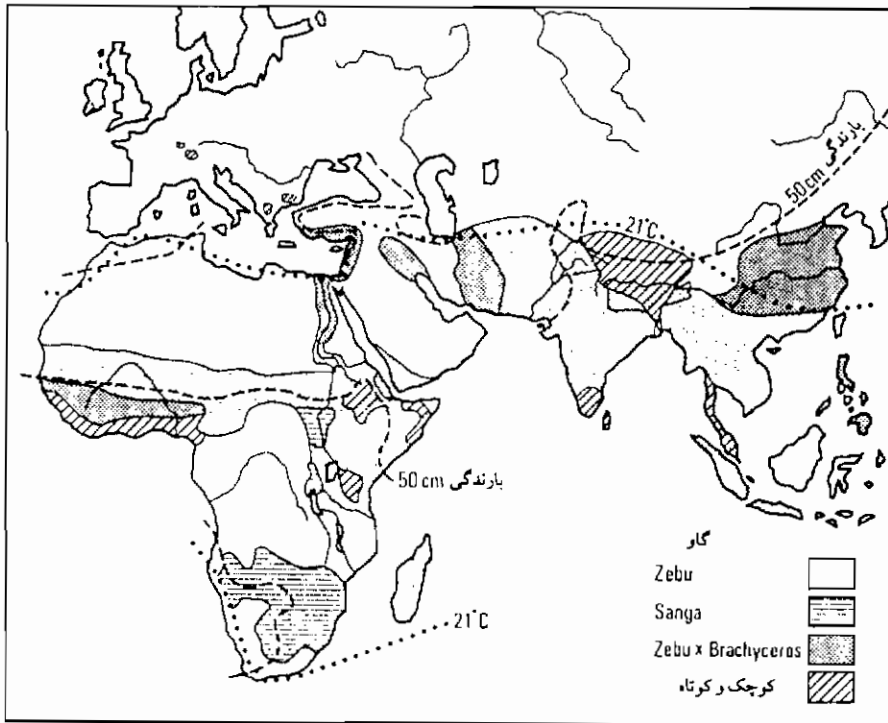
<i>C. hircua</i> :	بز اهلی (در این گونه تنوع زیادی وجود دارد)
<i>C. aegagrus</i> :	بز بزر
<i>C. falconeri</i> :	بز مارکر از شرق کشمیر و کوههای هندوکوش
<i>C. ibex</i> :	سازگار به ارتفاع زیاد از سطح دریا: تنها بز وحشی در اروپا که در آلپ یافت می شود.
<i>C. cylindricornus</i> :	در کوههای شرق قفقاز یافت می شود.

البته گوسفند در حال حاضر از نظر تجارتی نسبت به بز اهمیت بیشتری دارد و منبع عمده گوشت و پشم می باشد. بز معمولاً در دستجات خیلی کوچکتیری نگهداری می شوند و استفاده های مختلفی از جمله: شیر، گوشت، پوست و مو دارند. در بعضی از مناطق دنیا بز

هنوز برای قربانی شدن و احتمالاً برای ارزش دارویی آن نگهداری می‌شود.

حدود دو سوم جمعیت بزهای دنیا در مناطق حاره وجود دارند که بیشترین تراکم آن در آفریقا و شبه قاره هند است (و بستر و ویلسون، ۱۹۸۰) و در این مناطق معمولاً دو منظوره هستند و عمدتاً برای گوشت و شیر استفاده می‌شود. پتانسیل آن برای بهبود استانداردهای تغذیه، در کشورهای کمتر توسعه یافته زیاد است. با دوره آبستنی پنج ماهه، سرعت تولید آن بالاست. ترکیب شیر بز در مقایسه با شیر گاو و گاو میش آبی، نزدیک به شیر انسان است و در مقایسه با گاوهای شیری مناطق حاره، مستعد آلوده شدن به بیماری سل نیست. به علاوه بز می‌تواند در زمینهایی که استفاده محدودی برای دیگر انواع تولیدات کشاورزی دارند زندگی کند. بدین ترتیب گاو کوچک کشاورزان، لقب گرفته است. البته نقش اکولوژیکی بز قابل بحث است و به علت توانایی آن برای چریدن سرشاخه‌ها، از قدیم به عنوان عامل اصلی در جنگل زدایی زمینهای مناطق مدیترانه، شناخته شده است. از طرف دیگر در مناطق حاره، بز در محدود کردن تهاجم درختچه‌ها و بوته‌ها، در مناطقی که به وسیله گاوها بیش از حد چرا شده اند کمک می‌کند. در این مناطق بز می‌تواند، در زمین‌هایی که در اثر چرای گاو فاقد پوشش بوده و در معرض فرسایش قرار دارند، زندگی کند (و بستر و ویلسون ۱۹۸۰).

دو سوم پروتئین دامی دنیا را گاو (*Bos spp.*) تأمین می‌کند. تمام گاوهای امروزی، از فرزندان گاو نر وحشی یا *aurochs* (*Bos primigenius*) هستند که در حال حاضر نابود شده است و قبلاً در نیمکره شمالی دنیای قدیم مشاهده می‌شدند. براساس تصاویر موجود در غارهای دوران دیرینه سنگی اروپای جنوب غربی، گمان می‌رود گاو اهمیت مذهبی و اجتماعی داشته است و بخصوص در کشورهای مناطق حاره که اعتبار مالکیت و ارزش اقتصادی با هم در رابطه هستند، گاو امروزی هنوز هم این موفقیت را دارد. گاو در اصل سرشاخه خوار و چراکننده در جنگلها بوده است و می‌توانسته است در خارستانهای آزاد نیز زندگی کند. گاو دامنه وسیعی از نژادهای جغرافیایی داراست که امروزه مهمترین گروههای آن، به ترتیب دو نژاد گاو اروپایی و آسیایی است (فیلیس، ۱۹۶۱). گاو از مبدأ خود در آسیای غربی پراکنده شد و در حال حاضر نژادهای محلی در سرتاسر دنیای قدیم وجود دارد (شکلهای ۷-۲ و ۷-۳). در قرن پانزدهم نژاد سنت دومینگو به مکزیک معرفی شد و هیبریدهای *B. indicus* و *B. taurus* در آمریکای شمالی و جنوبی پراکنده شدند. مدتها بعد از آن، نژاد های گاو از اروپا و دنیای جدید به مناطق حاره ای دنیا بخصوص آفریقا معرفی شد.



شکل ۲-۷- پراکنش انواع گاو در دنیای قدیم (رسم مجدد از میسون، ۱۹۸۴)

گاو اروپایی شامل *B. taurus* (بدون کوهان) است و با نژادهای *longiformus* (شاخ بلند) و *brachycerus* (شاخ کوتاه) فرق دارد. گاوهای آسیایی شامل *B. namadicus* (شکل هندی *aurochs*) و *B. indicus*، یعنی گاو اهلی کوهان دار، گاو کوهان دار هندی، یا زبو که کوهان آن بر روی گردن قرار دارد و سنگا که کوهان آن بر روی گردن و سینه است، می باشند. با توجه به این که گاوهای کوهان دار از نظر مورفولوژیکی دارای کاسه سر باریکتر، غیبب سنگینتر، پاهای درازتر، گوشهای آویزان و کوهان گوشتی، یا گوشتی-چربی دار در پشت جدوگاه می باشند، متمایز هستند. در مقایسه با انواع بدون کوهان آنها، از نظر فیزیولوژیکی به محیطهای حاره ای بهتر سازگار هستند.

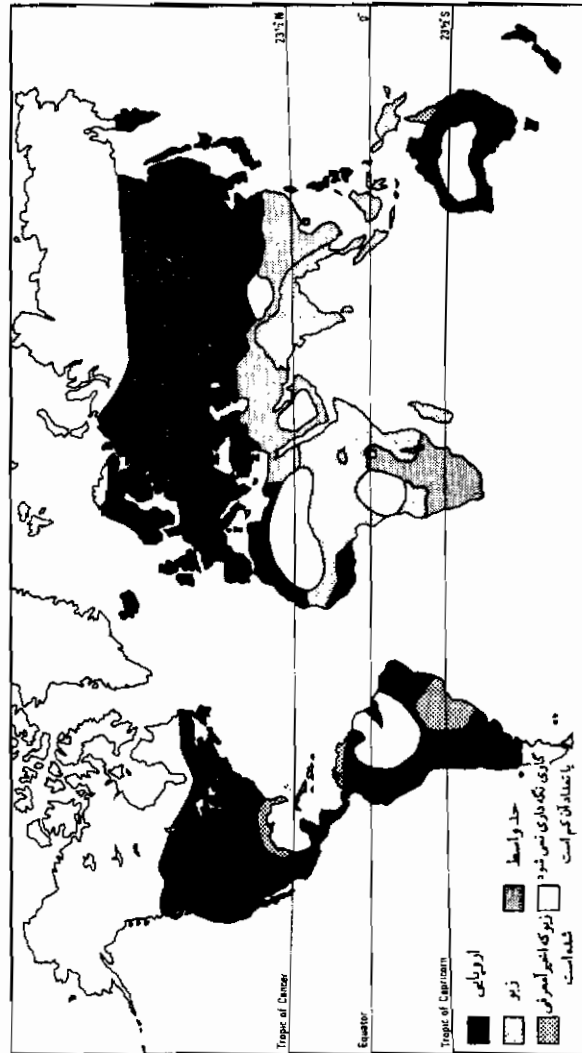
حیوان دیگری که از نقطه نظر اهلی بودن اهمیت دارد، از خانواده بزرگ Bovidae به نام گاو میش (*B. bubalis*) یعنی گاو میش آبی است. گاو میش از نظر جمعیت در ردیف سوم

گونه‌های متعلق به این خانواده است و عمدتاً در مناطق حاره و نیمه حاره آسیا متمرکز است. گاو میش حیوانی سه منظوره است. چربی شیر آن دو برابر چربی شیر گاوهای شیری اروپایی است و زمانی که جوان است گوشت با کیفیت خوبی دارد و حیوان بارکش نیرومندی است. گاو میش رودخانه‌ای به عنوان یک حیوان شیری و تولید کننده گوشت بخصوص در مناطقی که از نظر مذهبی کشتار گاوها ممنوع و کفر آمیز است، اهمیت زیادی دارد. گاو میش باطلاقی عمدتاً یک حیوان بارکش است که در مالزی برای شخم زدن شالیزارها و برای حمل چوب استفاده می‌شود. این دام می‌تواند مواد علوفه‌ای که فیبر خام آنها زیاد است (مثلاً کاه و کلمش برنج) را در مقایسه با گاو اروپایی هضم کند. در نتیجه تلاقی B. taurus با گاو کوهان دار وحشی (بیسون) آمریکای شمالی (B. bison) یک هیبرید جدید به نام کاتالو یا بیفالو بوجود آمده است. خوک (Sus spp.) که از اعقاب گراز نر وحشی است، از نظر تعداد بعد از گاو در ردیف دوم قرار می‌گیرد و همراه با سگ در ابتدا نقش مهمی به عنوان پس خورهای غذای انسان داشته است. خوک غذاهای مختلفی را می‌خورد و سرعت تولید مثل بالایی دارد و ملقب به دام فقرا است و کارآمدترین تولید کننده پروتئین است.

خانواده شتر (Camellus spp.) شامل سه گونه مهم اهلی و نیمه اهلی است (شتر جمازه، لاما و آلیاکا). به شرایط سخت اقلیمی که بازندگی کم است و دامنه درجه حرارت زیاد است و باجیره غذایی که از پوشش گیاهان خشکی پسند تشکیل شده است، سازگار است (ویلسون، ۱۹۸۴). مهمترین آنها شتر جمازه یک کوهان حاره‌ای است.

(C. dromedarius) مشخصه مناطق نیمه خشک آفریقا است. این نوع شتر می‌تواند براساس پوشش طبیعی درختچه‌ها و علفهای چمنی و برخی محصولات فرعی و زوائد کشاورزی به بقای خود ادامه دهد. شتر جمازه می‌تواند برای مدتهای طولانی بدون آب حرکت کند و تا ۴۰ درصد آب بدن خود را قبل از این که اثرات بیماری در او ظاهر شود، از دست دهد. شتر می‌تواند آب از دست رفته را به سرعت جذب و جایگزین کند. پوست مودار ولایه زیرپوستی بافت چربی شتر عایق مؤثری در محیطهایی به وجود می‌آورد که ممکن است تغییر روزانه درجه حرارت بدن ۵/۴ درجه سانتی گراد باشد. شتر جمازه یک حیوان چند منظوره است و اقتصاد چادرنشینهای بیابان به آن وابسته است. شیر آن که از پروتئین، چربی و ویتامین C غنی است، غذای عمده آنهاست و گوشت آن نیز مصرف می‌شود. از پوست شتر لباس و پناهگاه درست می‌کنند و می‌تواند تا مسافتهای طولانی بدون آب یا غذا بار حمل کند.

البته در سالهای اخیر به دلیل ساکن شدن چادر نشینهای بیابان اهمیت اقتصادی شتر سرعت کاهش یافته است.



شکل ۳-۷- پراکنش تقریبی دو نوع اصلی از گاو و حد واسطه های آن (رسم مجدد از فیلیپس، ۱۹۶۱)

در اسب (*Equus caballus*) نسبت به دیگر حیوانات اهلی، کمترین دستکاری ژنتیکی یا به‌گزینی مصنوعی صورت گرفته است. این امر می‌تواند تا حدودی به دلیل تغییر پذیری کمتر آن و تا حدودی به این دلیل باشد که وظیفه تخصصی این حیوان، از ابتدا بارکشی بوده است. اسب این وظیفه را با دیگر اعضای خانواده Equidae مانند: الاغ (*E. africanus*) و قاطر تقسیم کرده است.

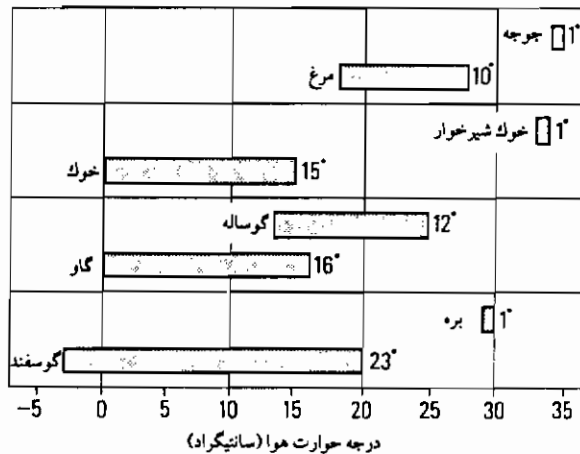
در حال حاضر گرایش برای اصلاح دام در جهت کاهش مداوم تعداد نژادهای اهلی که از نظر اقتصادی مهم هستند بوده و در مورد نژادهای محلی (یا گروها) دامهای یک منظوره که از تعداد اندکی از مراکز به دست آمده‌اند (مانند مورد گاوهای شیری) یا نژادهای هیبریدها (مانند مورد خوک و طیور) جایگزین آنها شده است. چنین گرایشهایی در سیستمهای فشرده کشاورزی، در مناطقی معتدله دنیا بسیار پیشرفت کرده است. در کشورهای در حال توسعه، هنوز انواع زیادی از دامهای محلی و حیوانات دو یا چند منظوره وجود دارد و استفاده از حیوانات بارکش برای کار در مزرعه همچنان مهم است.

### دام و آب و هوا

آب و هوا می‌تواند به صورت مستقیم یا غیر مستقیم بر دامها اثر بگذارد. درجه حرارت یکی از مهمترین متغیرهای مستقیم است. حیوانات اهلی (از جمله طیور) مانند انسان خون گرم هستند (یعنی homeotherms) و بنابراین بیشترین حساسیت را به اثر نوسانات اتمسفر بر روی درجه حرارت بدن خود دارند. چنانچه درجه حرارت هوای اطراف بیش از ۲۱ درجه سانتی‌گراد باشد، باعث افزایش درجه حرارت بدن اغلب گاوهای شیری اروپایی می‌شود. در بیش از ۲۷ درجه سانتی‌گراد، کاهش اشتها همراه با کاهش عملکرد شیر خواهد بود. با افزایش درجه حرارت در تمام دامها مصرف آب، افزایش می‌یابد. گاو زبو نسبت به انواع اروپایی تحمل بیشتری به گرما دارد؛ اما ارتباط این موضوع با شکل بدن، یا با سطح بدن همراه با تراکم بیشتر منافذ پوست هنوز جای بحث دارد.

برای اغلب دامها حد مطلوب نسبت مصرف غذا به افزایش وزن (یا به تولید شیر، یا تخم مرغ) زمانی رخ می‌دهد که حرارت هوا ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی اتمسفر ۵۵ تا ۶۵ درصد، سرعت باد ۵ تا ۸ کیلومتر در ساعت باشد و مقدار متوسطی از نور خورشید نیز وجود داشته باشد (مک‌دوال، ۱۹۷۴). با توجه به شکل ۴-۷ هر نوعی از دامها

یک منطقه آسایش یا دامنه ای از درجه حرارت محیط را دارد که می تواند تعدیل همواستازی انجام دهد و در این دامنه ، با کمترین سرعت متابولیکی ، بیشترین کارایی را دارد (کاکس واتکین ، ۱۹۷۹) . بالاتر از محدوده منطقه آسایش ، به شرایط فیزیولوژیکی آسیب وارد می شود . زمانی که این حالت اتفاق می افتد ، حیوانات به شرایط اقلیمی دیگر که می تواند توان دام را کاهش دهد ، مانند افزایش رطوبت نسبی ، تشعشع خورشیدی ، سرعت باد و نزولات حساس تر می شود . آستانه منطقه آسایش بانوع دام و با سطح تغذیه و سن دام تغییر می کند (جدول ۲-۷ را ملاحظه کنید) .



شکل ۴-۷- مناطق خنثی از نظر گرما (آسایش) و درجه حرارت معمولی بدن برای دامهای اهلی بالغ و نا بالغ (رسم مجدد از کاکس و اتکین، ۱۹۷۹)

منطقه آسایش گاوهای شیری اروپایی بین صفر تا ۲۰ درجه سانتیگراد است و بنابراین در مقایسه با نوع زیوکه ، دامنه آسایشی بین ۱۰ درجه تا ۲۲ درجه سانتیگراد دارد به سرما تحمل بیشتری دارد . سرما باعث افزایش مصرف انرژی دام و باعث کاهش سرعت بقا بخصوص در دامهای جوان می شود . بطور کلی نقش گرما همراه با رطوبت نسبی بالا و سرعت زیاد باد مسأله مشکلتری است و امکان مرتفع کردن آنها کمتر می باشد . نوع سازگاری به تنش محیطی نیز فرق می کند . به عنوان مثال اسب می تواند نسبت به الاغ ، گاو یا گوسفند بیشتر عرق کند و بدین وسیله گرمای بدن وی از بین می رود . ضخامت و رنگ پوست ، طول مو ، رنگ و

چربی آن و نسبت سطح بدن به حجم، همگی بر تبادل گرما اثر می‌گذارند.

جدول ۲-۷- شرایط زندگی مطلوب برای دامها

نوع	دامنه درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (%)
گوساله‌های مخصوص اصلاح	۵-۲۰	۵۰-۸۰
گوساله‌های پرواری	۱۸-۱۲	۵۰-۶۰
گاوه‌های جوان مخصوص اصلاح	۵-۲۰	۵۰-۸۰
گاوه‌های جوان پرواری	۱۰-۲۰	۵۰-۸۰
گاوه‌های شیری	۰-۱۵	۵۰-۸۰
خوکهای شیرخوار	۳۳-۲۲	۵۰-۸۰
(میکرواقلیم برای حیوانات تازه بدنیا آمده)		
خوکهای جوان و آماده برای کشتارگاه	۲۲-۱۵	۵۰-۸۰
خوکهای ماده (آبستن و شیرده)، گرازتر	۵-۱۵	۵۰-۸۰
بره	۱۲-۱۶	۵۰-۸۰
گوسفند برای گوشت یا پشم	۵-۱۵	۵۰-۸۰
اسب (سواری، مسابقه یا بارکش)	۸-۱۵	۵۰-۸۰
جوجه (میکرواقلیم)	۳۴-۲۱	۵۰-۸۰
جوجه ماده و جوجه خروس	۱۷-۲۱	۵۰-۸۰
مرغهای تخم‌گذار	۱۵-۲۲	۵۰-۸۰

دامنه درجه حرارت در مورد حیوانات تازه به دنیا آمده و خیلی جوان (یعنی گوساله‌های پرواری، خوکهای شیرخوار و جوان و جوجه) کاهش می‌یابد. نیاز به درجه حرارت مطلوب با سن کاهش می‌یابد.  
(از میمن و همکاران، ۱۹۷۹)

نیاز آبی حیوانات اهلی با هم فرق می‌کند و بعضی از آنها روشهایی برای کاهش تلفات آب دارند که آنها را به محیطهای خشک سازگارتر می‌کند. شتر جمازه مثالی است که قبلاً نیز ذکر شد. این حیوان می‌تواند تا ۴۰ درصد آب بدن خود را بدون اثرات زیان‌آور از دست دهد در حالی که اشتهاى خود را حفظ می‌کند. بعلاوه شتر دارای سرعت تنفسی کم است و دامنه تغییر درجه حرارت بدن وی یعنی ۵/۴ درجه سانتی‌گراد است که در مقایسه با ۰/۶ تا ۱/۲



درجه سانتی گراد در بیشتر حیوانات اهلی زیاده‌تر است. به نظر می‌رسد گاو نوع زبو، در مقایسه با نژادهای اروپایی، نیاز آبی کمتری داشته باشند (ماهادوان، ۱۹۶۸).

در واقع گاوهایی که تولید زیاد دارند در مقایسه با نژادهای بدوی کم تولید سازگاری بالقوه کمتری به تنش دارند. بعلاوه نژادهای بدوی کم تولید دوره‌زایمان ۱۲ تا ۱۳ ماهه، در مقایسه با دوره‌دو ساله در نژادهای کم طاقت‌تر دارند.

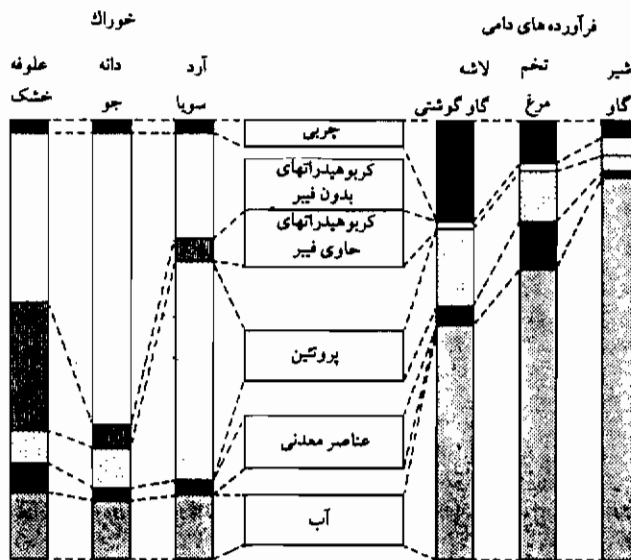
### دامپروری

گیاهان زراعی را می‌توان عمدتاً برای مصرف مستقیم و یا به عنوان علوفه، برای دامهای اهلی کشت کرد. در حالی که بخشهای غیر قابل استفاده یک گیاه زراعی نقدینگی، یا فرآورده‌های زاید فرآیند سازی گیاهان زراعی، برای تغذیه دام مصرف می‌شوند اصطلاح گیاه علوفه‌ای فرآیند شده به غلات، گیاهان ریشه‌ای، بقولات و علفهای چمنی اطلاق می‌شود که عمدتاً، یا انحصاراً برای این هدف کشت می‌شوند. گیاهان علوفه‌ای معمولاً برداشت می‌شود و به تغذیه دام می‌رسد در حالی که گیاهان علوفه‌ای تازه مانند: علفهای چمنی، بقولات، سبزیجات و در بعضی موارد گیاهان ریشه‌ای عمدتاً، برای چرا در محل اصلی کشت می‌شوند.

به منظور حفظ دامها برای ادامه حیات و تولید، همگی به یک حداقل جیره پایه حاوی مقدار ضروری کربو هیدرات و یا چربی، پروتئین و مواد معدنی نیاز دارند (شکل ۵-۷ را ملاحظه کنید). در حالی که اغلب دامهای اهلی، از غذاهای متنوعی استفاده می‌کنند؛ بعضی از آنها از نظر توانایی در استفاده از انواع مختلف مواد غذایی متفاوت هستند و از نظر کارایی تبدیل انرژی و پروتئین گیاهان به پروتئین دامی به شکل گوشت، شیر، تخم مرغ و از نظر مقدار غذای مورد نیاز، برای نگهداری، رشد و تولید مثل فرق می‌کنند. استفاده از علوفه یا خوراک دام توسط دامهای اهلی تابعی از خوشخوراکی و قابلیت هضم آنها یعنی مقدار غذای مصرف شده که به وسیله حیوان نگهداری می‌شود می‌باشد. درصد قابلیت هضم، یا نسبت قابلیت هضم، با ترکیب و بخصوص ارزش غذایی خوراک دام، مقدار مصرف شده و سن دام و سیستم هضمی حیوان فرق می‌کند.

با توجه به سیستم هضمی، دامهای اهلی در دو گروه عمده قرار می‌گیرند: نشخوار کنندگان و غیر نشخوار کنندگان. نشخوار کنندگان (که مهمترین آنها گاو، گوسفند، بز و گوزن است) اندام هضم کننده تخصصی دارند که قادر به هضم سلولز و فیبر خام (مواد خشبی)

هستند به شرط این که این مواد حاوی مقدار زیادی لیگنین نباشند. در شکمبه پروتئین گیاهی سلولز، به شکل پروتئین‌های دامی مجدداً ساخته می‌شوند. در این حالت قابلیت هضم خوراك بستگی به نسبت C: N آن دارد. اگر این نسبت خیلی بالا باشد، ارزش غذایی آن ممکن است برای سلامت کلی حیوان کافی نباشد زیرا برای باکتریهای شکمبه، به یک حداقل پروتئین نیاز است تا بدین وسیله بتواند سلولز را در شکمبه تجزیه کند (بالچ و رید، ۱۹۷۶). با افزایش جذب مواد کنستانتتره (مواد غذایی که پروتئین زیاد دارند) درصد علوفه خشبی (مواد غذایی که کربن زیاد دارند) هضم شده کاهش می‌یابد. در حالی که نشخوار کنندگان به جیره‌های غذایی که سلولز زیاد دارند، سازگار هستند. مقداری که می‌توانند مصرف و هضم کنند به وسیلهٔ مواد غذایی که کیفیت پایین دارند، محدود می‌شود. برعکس غیر نشخوار کنندگان (که مهمترین آنها خوک، طیور، اسب و خرگوش هستند) حیواناتی هستند که یا نمی‌توانند سلولز را هضم کنند، یا این کار را به سختی انجام می‌دهند. این نوع حیوانات مانند انسان، نیاز بخصوصی به هر یک از نه تا ده اسید آمینه ضروری که قادر به ساخت آنها نیستند دارند (فصل اول را ملاحظه کنید). جیره‌های غذایی که مقدار لاپسین در آنها کافی است، معمولاً حاوی مقدار مناسبی از دیگر اسید آمینه‌های مورد نیاز هستند.



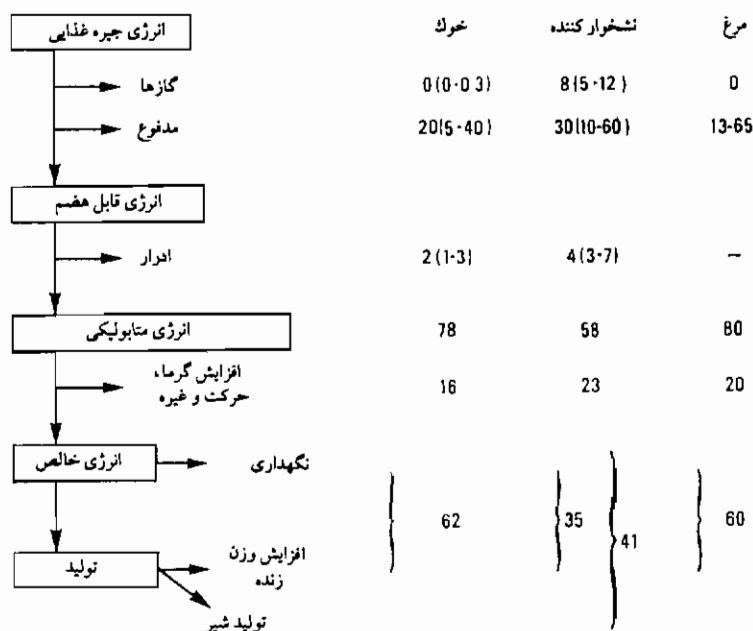
شکل ۵-۷- ترکیب انواع مواد غذایی و فرآورده‌های دامی (از گرین هالگ، ۱۹۷۷)

مواد حاصل از عمل هضم جذب شده برای حفظ فرایندهای متابولیکی حیوان استفاده می‌شوند (شکل ۶-۷ را ملاحظه کنید). در این مورد نیز همانند رشد گیاه، تبدیل انرژی ناقص است و فقط مقدار نسبتاً کمی از آن چیزی که هضم می‌شود، در بافتهای حیوان نگه داری می‌شود و بقیه آن به صورت گرمای تنفس از بین می‌رود. کارایی تبدیل بیوماس گیاهی به بیوماس حیوانی اهمیت اقتصادی دارد زیرا خوراک دامی معمولاً پرهزینه‌ترین بخش در تولید دام است. کارایی تبدیل در دام (یا میزان) را می‌توان بر حسب نسبت  $R$  (منابع استفاده شده یعنی جذب غذا) به  $E$  یا  $P$  (انرژی یا پروتئین تولید شده) به وسیله یک دام در مدت زمان مشخصی بیان کرد اگر چه اغلب متوسط سرعت تبدیل برای دام ذکر می‌شود ولی در حقیقت این ارقام شدیداً متغیر هستند. عوامل مؤثر بر سرعت تبدیل عبارتند از: مقدار جذب غذا که مقدار آن تحت تأثیر اشتهای دام است و می‌تواند با شرایط محیطی بخصوص درجه حرارتهای بحرانی و تا اندازه‌ای خوشخواری غذا فرق کند، کیفیت غذا، سن و سلامت حیوان. درحالیکه جذب غذا نمی‌تواند بیش از ظرفیت حیوان افزایش یابد، کیفیت و بنابراین مقداری را که می‌تواند هضم شود تا حدی که بستگی به نژاد و ظرفیت تولید دام دارد، می‌توان افزایش داد.

در مقایسه با تولید بیولوژیکی اولیه، یا عملکرد اکوسیستمهای زراعی، تولید ثانویه دام را نمی‌توان، بر حسب تولید در واحد سطح زمین بیان کرد. در درجه اول، حتی در مراتع که دام برای علوفه قابل دسترس، کاملاً به آن وابسته است، اطلاعات موجود نیست. بازده دام بر حسب تعداد دام فروخته شده در مرتع گزارش می‌شود؛ در حالی که باروری مرتع بر حسب نرخ دام گذاری یعنی مقدار زمین مورد نیاز برای تغذیه یک حیوان، در مدت زمان مشخصی بیان می‌شود. بلاکستر (۱۹۷۸) اشاره کرده است که تولید دام را می‌توان فقط به صورت میانگین بازده، بازه هر دام در مقیاس جهانی، یا بر حسب کل بازده محصول بیان کرد. در انواع دیگر سیستمهای کشاورزی، تولید دام تا حدودی به وسیله عملکرد گیاه زراعی، از مناطق خارج از مرزهای یک مزرعه خاص، تکمیل می‌شود. با این وجود توجه اقتصادی هر سیستم تولیدات دام بستگی، به کارایی آن بر حسب عملکرد فرآورده‌های مفید دامی، در طول زندگی آن در رابطه با کل نهاده‌ها، به صورت خوراک دام دارد (هولمز، ۱۹۷۷، ۲۲۱).

تولید دام بستگی به سرعت رشد حیوان و یا تولید شیر، یا تخم مرغ دارد. این موضوع تابعی از مقدار مواد غذایی هضم شده در واحد زمان، بیش از آن چیزی که برای حفظ وزن ثابتی

لازم است دارد. تولید دام از یک طرف نسبت به اندازه، سن و سلامت گونه دام و از طرف دیگر نسبت به ترکیب و مقدار مواد غذایی خورده شده و هضم شده فرق می‌کند. دامها نیز منحنی رشد سیگموئیدی که از خصوصیت تمام موجودات است، نشان می‌دهند. در تمام گونه‌ها سرعت رشد، برای حیوانات جوان در مقایسه با حیوانات مسن بیشتر است. با توجه به جدول ۳-۷ سرعت تولید پروتئین، در واحد وزن بدن برای شیر و برای گاوهای گوشتی که رشد سریع دارند خیلی زیاد است. رشد به وسیله عدم کفایت کمیت و کیفیت غذا و به وسیله شرایط محیطی محدود می‌شود. درجه حرارت زیاد دامها اشتها را کاهش می‌دهد و یا هوای سرد، سرعت مصرف انرژی را افزایش می‌دهد.



شکل ۶-۷- درصد تبدیل انرژی ناخالص جیره غذایی به محصولات دامی (تعمیل شده از بالغ ورید، ۱۹۷۶)

بالاخره، آفات و بیماریها رشد را کاهش می‌دهند و در موارد منتهی درجه باعث مرگ حیوان می‌شوند. مهمترین آفات دامهای اهلی، بدون شک حیوانات انگلی هستند. دو نوع اصلی آفات که بر دامها اثر می‌گذارند عبارتند از:

- ۱- کرمهای روده، کرمهایی هستند که عمدتاً در ریه و در ناحیه معده و روده و دیگر اندامها زندگی می کنند.
- ۲- بند پایان، یعنی حشرات و کنه ها که انگل حیوانات هستند.

### جدول ۳-۷- سرعت رشد نسبی نمونه برای حیوانات گوشتی و مقادیر نمونه

برای تشکیل روزانه پروتئین نسبت به وزن بدن

روزهای تا	سرعت رشد نسبی	درصد لاشه	پروتئین	تولید پروتئین	اتمام
( $kg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ )	قابل استفاده*	(گرم در کیلوگرم)	(گرم در روز)	(گرم در روز)	$kg \cdot h^{-1}$
۶۰	۳۱	۶۳	۱۱۳	۲/۲۷	۲/۳
-	-	-	۱۰۲	۴/۱۸	۲/۵
۱۴۷	۲۱	۷۹	۱۴۴	۵/۸۵	۲/۴
۶۰ - ۹۸	۳۳ - ۲۲	۶۰	۱۶۰	۳/۱۲	۳/۱
خوک					
۱۱۵	۳۹	۷۷	۱۱۰	۴۵/۷	۳/۳
۱۶۵	۳۱	۷۸	۱۰۵	۴۴/۲	۲/۵
۱۹۸	۲۶	۸۰	۹۰	۳۷/۴	۱/۹
گوسفند					
۷۰	۴۷	۴۵	۱۳۰	۲۵/۷	۲/۸
۲۱۰	۱۸	۴۵	۱۲۰	۱۱/۳	۰/۹
گاو					
۱۳۱	۳۱	۵۸	۱۴۰	۸۵/۳	۲/۵
۳۴۹	۱۸	۵۴	۱۴۰	۷۹/۴	۱/۴
۵۶۹	۱۲	۵۴	۱۴۰	۵۷/۴	۰/۹
۷۲۲	۹	۵۲	۱۴۰	۴۷/۳	۰/۷
۳۶۵	۱۱	۵۸	۱۳۵	۱۲/۹	۱
-	-	-	۳۳	۳۷۰/۶	۳/۵
شیر					

$kg \cdot h^{-1}$  وزن متابولیکی

\* مقداری از دام زنده که برای مصرف در دسترس است.

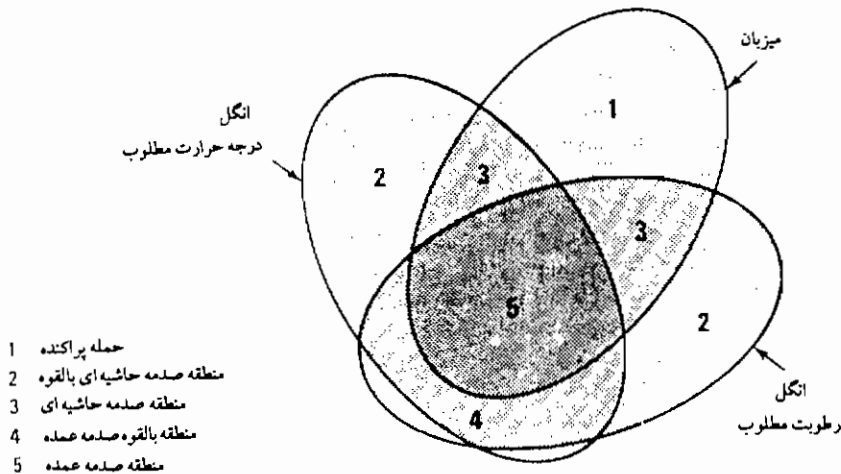
(از هولمز، ۱۹۷۷)

با این که آفاتی که تولید را محدود می‌کنند کم هستند؛ ولی همین تعداد سلامت و تولید دام را کاهش داده و آنرا نسبت به بیماری‌ها حساس‌تر می‌کنند. موجودات بیماری‌زا ممکن است بومی و یا مسری یعنی اپیدمی باشند. بیماری‌هایی که شدیداً آلوده‌کننده و برگشت‌پذیر هستند، ارزش تجارتي را کاهش داده ممکن است در نهایت کشنده باشند. این بیماری‌ها شدیدترین خطرات را برای تولید کشاورزی دارند. در بعضی از قسمتهای دنیا بخصوص مناطق حاره، خطر بیماری‌ها هنوز باعث مشکلاتی برای دامپروری تجارتي است و در بعضی موارد این نوع دامپروری را غیر ممکن می‌سازند. و بای گاوای که یک دهم از ۲/۵ میلیون گاو و ۸۰ تا ۹۰ درصد از زرافه‌ها، گاوهای کوهی آفریقای، حیات وحش و بز کوهی را در آفریقای جنوبی در سالهای ۱۸۹۰ تا ۱۹۰۵ بین برد، اپیدمی بوده هنوز همانند ناگانا (یا تریپانوزومیاژیز دامی) در آفریقای حاره‌ای و تب‌خوک مانعی برای توسعه می‌باشد. در میان تمام بیماری‌های عمده دامها، بیماری پا و دهان می‌تواند بیشترین تلفات اقتصادی، در هر نقطه‌ای از دنیا را سبب شود. انواع زیادی از موجودات مهاجم و سرایت‌کننده وجود دارند (جدول ۴-۷ را ملاحظه کنید) که بعضی از آنها در بدن میزبان یعنی دام، تکثیر پیدا کرده بعضی فقط دوره نمو خود را آنجا می‌گذرانند. بعضی از آنها، می‌توانند به صورت آزاد برای مدت زمان نسبتاً طولانی زندگی کنند. انتقال بیماری در دام نیز همانند انسان، می‌تواند عمودی یعنی از طریق شیر والد، اسپرم و غیره، یا افقی از طریق یک، یا چند عامل خارجی صورت گیرد. این موضوع می‌تواند در اثر تماس مستقیم یا غیر مستقیم (یعنی از طریق مدفوع یا ترشح) بین حیوانات، انتقال به وسیله هوا، آب، غذا، لباس، تجهیزات و غیره باشد، یا به وسیله ناقلین که اغلب آنها حیوانات بدون مهره‌ای مانند حشرات، کنه‌ها و حلزون‌ها هستند صورت گیرد. در مورد ناقلین، پراکنده‌شدن و شدت اپیدمی آنها، به مجموعه‌ای از اثرات متقابل بین عامل، میزبان و محیط دارد (شکل ۷-۷ را ملاحظه کنید). در حالی که دام می‌تواند در هر زمانی از سال، تحت تأثیر بیماری‌های آلوده‌کننده و یا مسری قرار گیرد، شیوع بعضی از بیماری‌ها، مربوط به سن یا وضعیت فیزیولوژیکی حیوان می‌شود (مثلاً، در طی آبستنی یا شیر دادن). بعضی دیگر در رابطه با وضع دام که ناشی از نوسانات فصلی عرضه غذا است می‌باشد. بالاخره زمان وقوع بیماری‌های اپیدمی مربوط به فصل بودن عامل بیماری است و بسیاری از آفات و پاتوژنها در هوای گرم بسیار فعال هستند.

بیماریهای دامی می توانند در مناطق وسیعی به سرعت پراکنده شوند و یک مشکل منطقه ای یا ملی بشوند. در وهله اول، پراکنده شدن به وسیله حرکت و تماس دامها، در اثر عبور از بازارهای عمومی و محلهای فروش تسهیل می گردد. افزایش تجارت بین ایالتها و بین قاره ها این مشکل را بدتر کرده است و ضرورت برنامه های کشتار و محدودیتهای قرنطینه ای را که در هر سطحی از مبادی ورودی هر کشور یا محل ورود یک مزرعه را در بر می گیرد ایجاب می کند.

#### جدول ۲-۷- انواع اصلی عوامل بیماری زا در دامهای اهلی

نوع عامل	بعضی از آلودگیهایی که ایجاد می کنند
ویروسها و موجودات میکروسکوپی	وبای خوکی، جوشهای تاول زا، جوشهای تاول زا در دهان، بیماری پا و دهان
حد واسط بین ویروسها و باکتریها	وبای گاوی، گزیدگی سگ ها، ورم مغز، بیماری نیوکامل
باکتریها	سیاه زخم، آلودگی و مسمومیت کلوستریدیومی، باد سرخ، سالمونلوزیس، آلودگی کولیفورمی، ویریوز، لیستر یوز، پاستورلوز، سل، سل کاذب، تب مالت، لپتوز یوز، ورم پستان عفونت قارچی و دیگر بیماریهای پوستی، بیماری پوستی ناشی از آسپرژیلوس، بیماری قارچی دام و انسان که تب ایجاد می کند، بیماری ایجاد کننده تب و کم خونی
پروتوزوا	کوکسیدیوز، هستومونیا یوز، تریپانوزومیاز، پیرو پلاسموز، اناپلاسموز، توکسو پلاسموز
مستودها (کرمهای کدو)	سیستیسرکوزیس، گیچی، بیماری هیداتیت، بسیاری از انواع آلودگیهای روده ای
ترماتودها (کرمهای جگر)	فاشیولیاز، اسهال و کم خونی، و غیره
نماتودها (کرمهای گرد)	بیماری کرم قلاب دار، بیماری کرم جگر سفید، کرم روده (آسکاریس)، بیماری کرم قلابدار گرد نماتد، کرم ریز سنجاقی روده و غیره
لارو حشرات	بیماری لارو مگس ها، بیماری حاصل از وجود لارو مگس ها زیر پوست دام



شکل ۷-۷- مدلی از وقوع مؤثر و بالقوه يك آفت یا بیماری گیاهی که به وسیله درجه حرارت و رطوبت کنترل شده است (از کلینگاف، ۱۹۸۱)

### کارایی تبدیل غذای دامی

کارایی تبدیل غذا به وسیله دام (یعنی نسبت غذای دامی مصرفی به غذای تولید شده) را می توان به وسیله پارامترهای مختلف بیان کرد:

۱- ارزش پروتئین

۲- انرژی متابولیکی

۳- انرژی ناخالص

چون پروتئین محصول اصلی است و عرضه انرژی فاکتور محدود کننده عمده ای است (هولمز، ۱۹۷۷)، کارایی را می توان به صورت بازده پروتئین در مگاژول انرژی متابولیکی، یا انرژی ناخالص غذای مصرفی نیز بیان کرد. با توجه به جدول ۵-۷ کارآمدترین تبدیل انرژی و پروتئین در تولید شیر و تولید گوشت خوک و گاوهای جوان گوشتی صورت می گیرد. البته کارایی تحت تأثیر مقدار و ترکیب غذای قابل مصرف تولید شده در لاشه نیز، قرار می گیرد. درصد لاشه بخشی از حیوان زنده است که برای مصرف در دسترس است. با توجه به جدول ۳-۷ درصد لاشه بخصوص برای خوک و طیور و خرگوش زیاد است. این درصد بطور قابل توجهی برای گوسفندان و گاوهای سنگین وزن و بزرگتر کمتر است. گوشت طیور و خرگوش



دارای پروتئین با کیفیت بالا و چربی کمتر از ۱۰ درصد است. در خوک، چربی بیش از ۲۵ درصد از لاشه قابل مصرف را تشکیل می دهد.

**جدول ۵-۷- شاخصهای تولید مثلی و جایگزینی دامهای اهلی**

دوره زندگی تولیدمثل		تعداد زادگان شاخص تولید مثلی*		به ازاء $kg^{1/5}$		شاخص جایگزینی**
(سال)	در سال	(به ازاء کیلوگرم)	۲	۳	۵	
جوجه	۱	۱۰۰	۲	۲/۵	۰/۰۱	
		۱۵۰	۳	۳/۷۷	-	
		۲۵۰	۵	۶/۲۸	-	
بوقلمون	۱/۵	۵۰	۰/۵	۰/۸۹	۰/۰۱۳	
		۸۰	۰/۸	۱/۴۲	-	
خرگوش	۱/۵	۲۰	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۰۳۳	
		۴۰	۰/۴۴	۰/۶۵	۰/۰۱۶۵	
خوک ماده	۲/۵	۱۲	۰/۱۱	۰/۳۸	۰/۰۳۳	
		۲۴	۰/۱۷	۰/۶۱	۰/۰۱۷	
میش	۴	۱	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۰۲۵	
		۲	۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۰۱۲۵	
		۳	۰/۱۳	۰/۳۷	-	
گاو	۵ (شیردهنده)	۱	۰/۰۸	۰/۴	۰/۰۲	
	۴ (شیر)	۲	۰/۱۴	۰/۶۶	۰/۰۲۵	

\* شاخص تولید مثلی = وزن سالانه زادگان جوان زنده، یا در مورد طیور جوجه خارج شده نسبت به وزن مادر. کیلوگرم به توان ۰/۷۵ وزن متابولیکی است.

\*\* شاخص جایگزینی به صورت جایگزینی افراد ماده تقسیم بر کل زادگان محاسبه شده است.

(از هولمز، ۱۹۷۷)

البته مقداری از لاشه ای که قابل مصرف است، در زمانها و مکانهای مختلف، بسته به فرهنگ مردم، جیره غذایی و ذائقه آنها فرق می کند و بدین ترتیب بازارهایی برای فرآورده هایی با کیفیت، شکل و یا اندازه خاص را به وجود می آورد. تقاضا برای گوشت بی چربی، باعث توجه بیشتر به تولید دامهای جوان شده است در حالی که برای بسته بندی

قطعات کوچک در سوپر مارکتها ترجیح داده می‌شود.

تولید تخم مرغ، شیر، گوشت خوک و جوجه گوشتی نیز کارایی بالایی از نظر تبدیل انرژی متابولیکی و ناخالص دارد. تولید پروتئین به ازای واحد انرژی به وسیله طیور برای تولید گوشت یا تخم مرغ دارای بیشترین درآمد است، زیرا خوراک طیور حاوی مقدار زیادی از انرژی متابولیکی در انرژی ناخالص است.

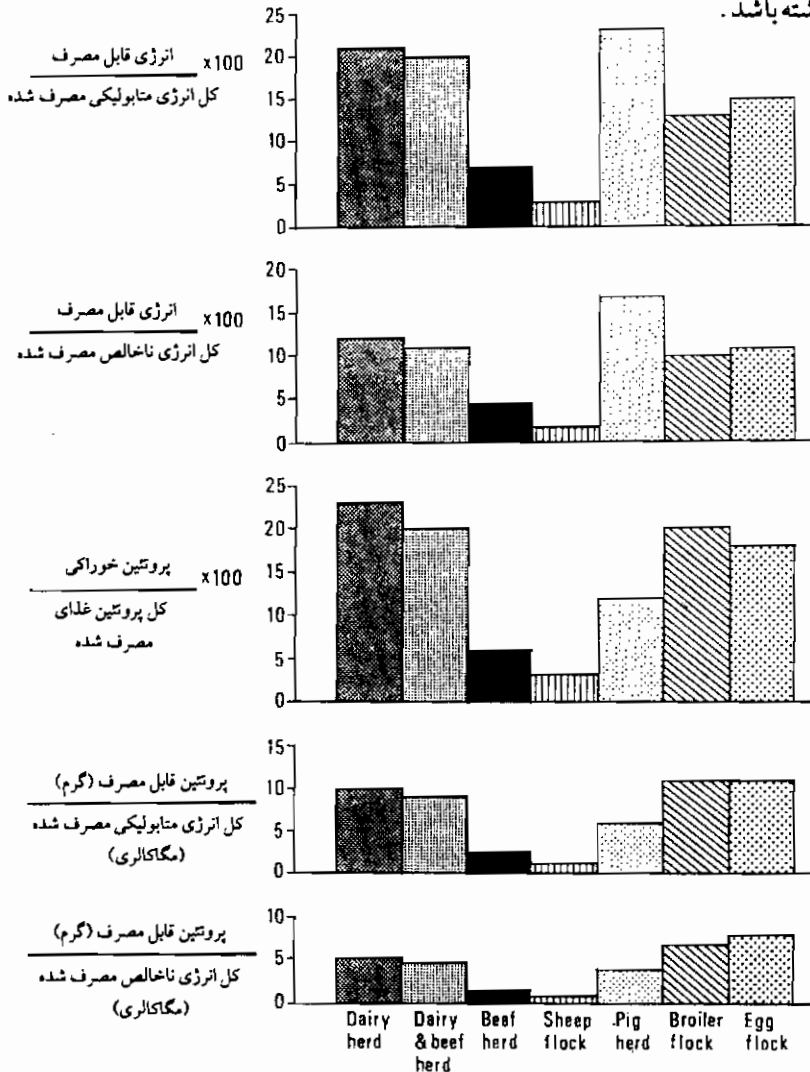
البته در اکوسیستمهای کشاورزی، کارایی جمعیت دامی، یا رمه مهمتر از کارایی هر دام است. تعداد نوزادان و نیاز غذایی آنها، برای محاسبه کارایی تولید رمه‌ها باید نیز منظور شود. در مورد رمه‌هایی که به اصطلاح خود جایگزین هستند، بازده زادگان باید به وسیله تعدادی که برای حفظ یک جمعیت زاد آور مورد نیاز است، کاهش یابد؛ در حالیکه مصرف غذا را باید برای رشد بقیه فرزندان، تا سن تولید مثل در نظر گرفت. در این شرایط کارایی تحت تأثیر ظرفیت تولید مثلی و نیاز جایگزینی دامهای تولید مثل کننده نیز، قرار خواهد گرفت. ظرفیت تولید مثلی، تابعی از زودرسی تولید مثل، طول زندگی تولید مثل، درجه نظم در تولید مثل، تعداد نوزادان متولد شده و تعداد مرگ و میر قبل از زایش است. جدول ۵-۷ شاخصهای تولیدمثل و جایگزینی، را بر اساس متوسط زندگی تولید مثل حیوان ماده نشان می‌دهد. این جدول حاکی است در حالی که طیور و خرگوش، شاخص تولید مثلی بالاتری نسبت به دیگران دارند؛ ولی شاخص جایگزینی برای حیوانات بزرگتر که سرعت تولید مثلی آهسته تری دارند، بیشتر است.

اختلاف بین کارایی یک دام (جدول ۶-۷) و کارایی یک جمعیت، از نظر تولید شیر و یا تولیدات مرغ (برای گوشت یا تخم مرغ) نسبتاً کم است. این امر به این دلیل است که گاو شیری، دوره شیردهی نسبتاً طولانی دارد (۴ تا ۵ سال) در حالی که مرغ در ۳ تا ۴ ماهگی شروع به تخم گذاری می‌کند و در ۱۰ هفته به حداکثر وزن خود می‌رسد و همچنین تعداد زیادی جوجه تولید می‌کند. هر دو برای تولید، به غذایی نیاز دارند که انرژی زیادی دارد. معمولاً کارایی تولید گوشت کم است و در این مورد اختلاف بین یک رأس دام و جمعیت آن بیشتر است و کارایی رمه، می‌تواند به نصف، یا حتی کمتر از نصف کارایی یک دام کاهش یابد (هولمز، ۱۹۷۷). این موضوع به علت این است که سرعت جایگزینی زیاد و شاخصهای تولید مثلی پائین است. در میان سه تولید کننده گوشت، خوک با سرعت تولید مثلی زیاد کارآمدترین است و گوسفند و گاو شیرده

کمترین کارایی را دارند. البته باید توجه داشت که تولید تجارتی طیور و خوک تقریباً بطور کامل، بر اساس مواد خوراکی کنستانتره است در حالی که گاو و گوسفند از مواد خشبی می توانند استفاده کنند. در حالی که تولید شیر و گاوهای گوشتی تغذیه شده با غلات، به ترتیب ۵۰ درصد و ۹۵ درصد انرژی متابولیکی خود را از کنستانتره ها کسب می کنند، در بریتانیا بطور کلی گاو ۲۰ تا ۴۰ درصد و گوسفند فقط ۶ درصد از انرژی خود را، از این منبع کسب می کنند. کارایی تولید دام در دامپروریها در شکل ۸-۷ نشان داده شده است. بر حسب تبدیل انرژی، گله های گاو شیری، شیری- گوشتی و خوک بیشترین کارایی و گاوهای گوشتی و گوسفند کمترین کارایی را دارند. گاوهای شیری، شیری- گوشتی و طیور کارآمدترین تبدیل کننده های پروتئین گیاهی به پروتئین دامی هستند، در حالی که مرغهای تخم گذار و گوشتی کارآمدترین دامها، از نظر انرژی گیاهی به پروتئین دامی قابل مصرف است.

تولیدات دامی نیز همانند تولیدات زراعی از دهه ۱۹۴۰ به بعد افزایش قابل توجهی داشته است که در تعداد تخم مرغ به ازای هر مرغ، عملکرد شیر در هر گاو شیری و تولید گوشت در هر دام یا گله منعکس شده است. کارایی تولید دام، بخصوص در کشورهای غربی که کشاورزی پیشرفته ای دارند، از طریق دامهایی که سرعت تولید مثل زیادی دارند و یا رشد آنها سریع و پتانسیل تولید بالایی دارند همراه با استفاده از مواد غذایی (کنستانتره ها) که غنی از پروتئین است بهبود یافته است. غذای کنستانتره سرعت رشد را تسریع می کند و در نتیجه وزن نهایی لاشه را کاهش می دهد. در حالی که تولید تخم مرغ، شیر و گوشت خوک، ممکن است به حداکثر کارایی بالقوه خود رسیده باشند، این موضوع تحت تأثیر سوء مرگ و میر، در زمان وضع حمل قرار دارد. تداوم کوشش ها برای افزایش کارایی تولیدات دام، بر روی افزایش سرعت رشد حیوانات نر، با توجه به تقاضای بازار برای اندازه ها و قطعات مختلف گوشت و از طریق افزایش آبستنی دامهایی مانند گوسفند که سرعت تولید مثل پایین دارند، متمرکز شده است. راه حل دیگر این است که با استفاده از گیاهان علوفه ای که تولید بیشتر دارند و با افزایش عملکرد گیاهان علوفه ای سنتی و یا با استفاده بهتر از بقایای گیاهان زراعی و محصولات فرعی تولیدات دامی را می توان بهبود بخشید. کارایی دام در کشورهای کمتر توسعه یافته هنوز بسیار پایین است. مشکل است با وجود مجموعه ای از محدودیتها در تولیدات دام بطور سنتی و وجود دامهایی که از نظر ژنتیکی فقیر هستند و عدم دسترسی به مواد کنستانتره و مصرف اندکی

غذای دام، همراه با آفات و بیماریهای زیاد، بتوان بسادگی مشکلات تولید در گاوهای شیری یا گوشتی، خوك يا مرغ را در این مورد حل کرد. همچنین افزایش جمعیت تقاضای زیادی را برای تولید غذا به وجود می‌آورد و دامها باید بناچار در زمینهای فقیر و نامناسب برای زراعت تغذیه کنند. تحت این شرایط بز می‌تواند بیشترین پتانسیل از نظر شیر و تولید گوشت را داشته باشد.



شکل ۸-۷- کارایی استفاده از انرژی و پروتئین جیره غذایی در مزرعه، مقادیر برای پنج مورد

کارایی در هفت سیستم کشاورزی نشان داده شده است (از بالچ ورید، ۱۹۷۶).

جدول ۶-۷- کارایی یک حیوان از زمان تولد یا از شروع تخمگذاری یا شیر دهی

پروتئین	انرژی	انرژی	گرم پروتئین به ازاء	گرم پروتئین به ازاء	پروتئین به ازاء
قابل مصرف	قابل مصرف	قابل مصرف	مگاژول انرژی قابل	مگاژول انرژی قابل	مگاژول انرژی
*(%)	**(%)	***(%)	متابولیسم	ناخالص کل	
۱۹	۱۶	۱۱	۲٫۹	۲٫۱	جوجه گوشتی
					بو قلمون
۲۰	۹	۶	۳٫۱	۲٫۲	نر
۲۰	۹	۶	۳٫۱	۲٫۲	ماده
۱۷	۱۳	۸	۳٫۲	۱٫۹	خرگوش
					خوک
۲۷	۳۱	۲۰	۳٫۴	۲٫۲	گوشتی
۲۲	۲۵	۱۷	۲٫۶	۱٫۸	گوشت به صورت بیکن
۱۵	۲۲	۱۵	۱٫۷	۱٫۱	خوک پرواری سنگین
					بره
۲۸	۲۸	۲۵	۳٫۳	۳	زود رس
۱۰	۱۵	۹	۱٫۳	۰٫۸	دیر رس
۲۵	۱۲	۱۰	۲٫۹	۲٫۲	گاو
۱۲	۱۰	۶	۱٫۳	۰٫۸	گاو گوشتی که از غلات تغذیه کرده باشد
۱۱	۱۰	۶	۱٫۳	۰٫۷	گاو گوشتی ۱۸ ماهه
۹	۱۰	۶	۱٫۱	۰٫۶	گاو گوشتی ۲۴ ماهه
					شیر
۲۰	۲۱	۱۱	۲٫۵	۱٫۴	غلظت کم
۲۱	۲۳	۱۳	۲٫۸	۱٫۵	غلظت زیاد
۲۵	۲۱	۱۴	۳٫۲	۲٫۱	جوجه

\* درصد کل پروتئین خام مصرف شده

\*\* درصد کل انرژی متابولیکی (ME) مصرف شده

\*\*\* درصد کل انرژی ناخالص (GE) مصرف شده



### استعداد اراضی برای کشاورزی

اراضی منبعی اصلی ولی محدود است و هنوز بیشتر غذای انسان و فضای زندگی و کار وی را تأمین می‌کند. از دیر باز مالکیت یا هر نوع حقوق ملکی بر روی اراضی شاخصی از ثروت، موقعیت اجتماعی و قدرت در جوامع انسانی بوده است. اراضی پایه اصلی انواع کشاورزی، بجز برخی از انواع تخصصی شده آن است. حداقل از نظر کشاورزی مفهوم زمین، شامل خاک همراه با کلیه خصوصیات بیوفیزیکی محیط آن (مثلاً آب و هوا، پستی و بلندی، مواد مادری، موجودات زنده) که بر تولید اثر می‌گذارد است (وینک، ۱۹۷۵).

در کشاورزی مشاع و سنتی اروپا و آسیا ارزش زمین بر اساس درجه مرغوبیت آن، یعنی خوب، متوسط و بد مشخص می‌شود. طبقه بندی زمین برای اشکال اخذ مالیات، به دورانهایی قبل بر می‌گردد. رومیها بر اساس مقدار زمینی که برای تغذیه یک انسان کافی بود، عمل می‌کردند. سیستم مشابهی نیز در اسلام در آسیا و بخصوص در هند متداول بود. در اروپا در ابتدای قرن هجدهم، طبقه بندی زمین بر حسب ارزش اقتصادی آن صورت گرفت و به وسیله آن، هر قطعه از زمین ارزش گذاری می‌شد. در سالهای ۱۷۱۸ تا ۱۷۶۰ در لومباردی به کار گرفته شد. بعدها در سال ۱۸۶۴ حکومت پروس، سیستمی را برای تعدیل قیمت زمین و انواع

اراضی ایجاد کرد که برای محاسبه متوسط خرید و اخذ مالیات مناسب بر زمین، استفاده می‌شد.

البته تا دهه ۱۹۴۰ اغلب سیستمهای ارزیابی زمین، بر اساس استفاده واقعی و تولید در شرایط اقتصادی متداول بود. با افزایش تقاضا برای زمین بخاطر اهداف دیگری غیر از کشاورزی (مثلاً خانه‌سازی، حمل و نقل، صنعت، تفریح، جنگلکاری و غیره) ارزش آن (بجز مناطق خاصی) بر اساس باروری بیولوژیکی آن سنجیده نمی‌شود و بیشتر به وسیله رقابت با دیگر استفاده کنندگان، تعیین می‌شد. به منظور فائق آمدن بر مشکلات مربوط به ارزیابی اقتصادی، ارزیابی زمین بر اساس ویژگیهای بیوفیزیکی نسبتاً ثابت یا ویژگیهایی انجام می‌شد که استعداد یا پتانسیل آن را برای تولیدات کشاورزی، یعنی ظرفیت فیزیکی آن بخاطر تولید یک گیاه زراعی خاص، برای یک مدت زمان نامحدود، بدون تحلیل رفتن، ضایع شدن یا تخریب مشخص می‌کرد. در بعضی موارد بین مفاهیم استعداد و درجه تناسب، تمایزی قائل می‌شوند. در بعضی موارد دو اصطلاح یا مترادف به کار برده می‌شوند، یا درجه تناسب جانشین استعداد می‌شود. سازمان خوار و بار و کشاورزی جهانی (۱۹۷۸) درجه تناسب را به صورت مناسب بودن نوع مشخصی از زمین، برای یک هدف بخصوص که شامل مفهوم استفاده بر اساس تداوم است، تعریف کرده است.

سه روش عمده برای مشخص کردن استعداد یا درجه تناسب زمین، برای استفاده در کشاورزی وجود دارد: تجربی، پارامتری و روشی بر اساس عوامل، یا شرایط محدود کننده استوار است.

### روش تجربی

روش تجربی بر اساس صور موجود زمین استوار است و اغلب با شاخصهایی از وضع گیاهان زراعی و زمین، اندازه و وضعیت ساختمانهای مربوطه در مزرعه و عملکرد گیاه زراعی همراه است. چنین ارزیابیهایی عمدتاً بر اساس دانش، مهارت و تجربه انجام می‌شود و باید درجه زیادی از موضوعیت ذاتی خود را دارا باشد. ارزیابی اختلافات بین اثر مدیریت و کیفیت مربوط به زمین، همیشه ساده نیست و ممکن است درجه بندی به جای این که ارزش واقعی را نشان دهد، ارزش بالقوه را مشخص سازد. البته روش تجربی زمانی استفاده می‌شود که اطلاعات کمی موجود نیست؛ ولی طبقه بندی کلی برای برنامه ریزی سریع منطقه ای، یا ملی



مورد نیاز است. طبقه بندی استامپ (۱۹۴۷) که بعد از جنگ جهانی دوم انجام شد، عمدتاً بر اساس بهره برداریهای موجود از زمین بود. وزارت کشاورزی و شیلات (اسکاتلند) هنوز زمینهای کشاورزی را بر اساس هفت طبقه بندی، از خیلی خوب (AT) تا ضعیف (C) و زمینهای غیر زراعی را بر اساس مشاهدات و بازرسی توأم با متوسط عملکرد منطقه ای گیاهان زراعی، درجه بندی می کند.

### روش پارامتری

روش پارامتری بستگی به استفاده از آن دسته ویژگیها، یا اعمال کلیدی زمین دارد که بر اساس همبستگیهای آماری بین آنها و عملکرد گیاهان زراعی، مشخص گردیده است. مساحت زمین بر اساس ترکیب ویژه ای از ویژگیهای مطلوب زراعی درجه بندی می شود. خصوصیات مطلوب زراعی برای اهمیت نسبی خود ممکن است سنجیده شوند و سپس جمع شده و یا ضرب شوند و در نهایت درجه بندی می شوند. مزایای این روش استاندارد کردن و تکرار پذیری دقیق آن است. معایب عمده آن فقدان آگاهیهای جامع راجع به ویژگیهای زمین است. به علاوه کمی کردن بسیاری از ویژگیها مشکل است و اغلب درجه بندی عددی دقت مقادیر نسبی را کمتر می کند.

مثالهای اولیه ای درباره روش پارامتری استفاده از شاخص استوری (استوری، ۱۹۵۴) و مشتقات آن بود که در ایالات متحده آمریکا و نیز برنامه های مختلف ارزیابی زمین که قبل از جنگ جهانی دوم، در اروپای شرقی استفاده می شد می باشد. شاخص استوری درجه تناسب خاک خاصی را برای تولید محصولات زراعی به صورت کمی نشان می دهد. این یک روش استقرایی است و زمین بر اساس مهمترین ویژگیهای خاک که تولید بالقوه آن را تعیین می کند درجه بندی می شود. ویژگیهایی که غالباً برای درجه بندی استفاده می شوند عبارتند از:

۱- ویژگی کلی نِسْمَرخ خاک بخصوص لایه بندی و درجه هوا دیدگی، بافت و ساختمان، حاصلخیزی ذاتی.

۲- توپوگرافی.

۳- شرایط قابل تغییر خاک مانند زهکشی، اسیدیته، قلیائیت، فرسایش و غیره

به هر کدام از ویژگیهای کیفی زمین یک ارزش عددی داده می شود و مجموع آن به صورت درصدی از حداکثر ممکن بیان می شود. شاخص درجه بندی از حاصلضرب امتیاز

مربوط به سه پارامتر اصلی، محاسبه می‌شود و جمع کل را به صورت درصدی از حداکثر ممکنه مثلاً:  $\frac{A \times B \times C}{300} \times 100$  بیان می‌شود. در کانادا در این شاخص تغییری داده شده است که در جدول ۱-۸ ملاحظه می‌شود. شاخص ۳۰ حاکی از شرایط حاشیه‌ای برای زمین زراعی است که بر اساس چهار عامل (اقلیم، خاک، عمق و آب خاک) در نظر گرفته می‌شود. درجه بندی خاکها در آلمان نیز با روش پارامتری و به منظور ارزیابی مجدد و سریع مالیات بر زمین، بعد از جنگ جهانی دوم است. به منظور ایجاد نوعی درجه بندی استاندارد و نسبتاً یکنواخت، درجه بندی عددی، ظرفیت عملکرد (استعداد) زمین که به وسیله فاکتورهای طبیعی (یعنی خاک، اقلیم، توپوگرافی و آب)، بازار و وضعیت کارگر و نحوه ملک تعیین می‌گردد، محاسبه شد. برای استاندارد ملی درجه ۱۰۰ در نظر گرفته شد و درجه بندیهای واقعی دیگر، در ارتباط با آن انجام شد.

#### جدول ۱-۸- نوسانهای شاخص استوری که به منظور ارزیابی استعداد زمین

برای گندم بهاره، در ساسکاچوان کانادا استفاده شد

ویژگیهای کیفی زمین	درجه بندی
A. نیمرخ خاک	
بافت	۴۰
ساختمان	۳۰
حاصلخیزی طبیعی	۳۰
B. توپوگرافی	۱۰۰
C. عوامل تغییر دهنده	
اقلیم	۲۵
شوری و قلیائیت	۲۵
سنگلاخی بودن	۲۵
تمایل به لغزش	۲۵

(خلاصه شده از اسمیت واتکینسون، ۱۹۷۵)

بعضی از روشهای پارامتری درجه بندی زمین عمدتاً بر اساس فاکتورهای استوار است که انتظار می‌رود، تعیین کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. بقیه روشها بر اساس عملکرد و

کیفیت تولید محصولات زراعی، تحت سیستمهایی از مدیریت بوده که به صورت فیزیکی مشخص شده است. این مورد که معروف به درجه بندی عملکرد است، بیان کمی تولید نسبی در انواع مختلف خاکهاست و آنها را می توان تحت مدیریت متوسط و خوب محاسبه کرد. در ایالات متحده آمریکا، عملکرد استاندارد متوسطی از عملکردهایی است که بدون مصرف کود تولید شده اند و برای عملکرد متوسط تقریبی یک گیاه زراعی خاص، در یک منطقه انتخاب می شود. به عنوان مثال، شاخص تولید ماریوت از فرمول زیر گرفته شده است:

$$100 \left( \frac{Y_1}{Y_2} \times Pr \right)$$

که در آن  $Y_1$  = عملکرد گیاه زراعی خاص در یک نوع خاک است،  $Y_2$  = عملکرد همان گیاه زراعی در مطلوبترین شرایط و  $Pr$  = درصد مساحتی از خاک که زیر کشت محصول خاص می باشد. اختلاف بین درجه بندیهای تولید شاخصی از واکنش خاک به مدیریت مطلوب است. البته این روش بر این فرض استوار است که وارته گیاهان زراعی مختلف، آنهایی هستند که بالاترین عملکردها را تحت شرایط مشخصی تولید خواهد کرد.

### عوامل یا شرایط محدود کننده

در حال حاضر این روش بطور گسترده ای برای طبقه بندی استعداد زمین، مورد استفاده قرار می گیرد. این روش بر اساس وجود آن دسته از ویژگیهای زمین که پتانسیل کشاورزی را تعیین می کند، نیست بلکه بر اساس فقدان این ویژگیها استوار است. در این مورد زمینها بر اساس نوع و شدت شرایط خاص محدود کننده آب و هوایی، خاک و پستی و بلندی، سطح مشخصی از مدیریت و شرایط پایدار اقلیمی و اقتصادی منطقه ای درجه بندی می شوند. محدودیتهایی را که از نظر اقتصادی می توان اصلاح کرد مانند کمبود عناصر غذایی، زهکشی، کنترل سیلابها یا نیاز آبیاری به حساب آورده نشده است و طبقه بندی به نحوی صورت می گیرد که انگار این عوامل مرتفع شده اند. در برنامه های مختلف، مخاطرات برای عملیات زراعی تشخیص داده می شود و بر اساس محدودیتهایی تعریف شده که اگر چشم پوشی شوند باعث زیان دایمی به زمین می شوند. این محدودیتهای شامل: فرسایش، غرقابی، شوری و آلودگی است. در درجه بندی استعداد زمین، مخاطرات را می توان همراه با دیگر محدودیتهای و یا به صورت مستقل در نظر گرفت.

معمولاً سه سطح یا سه مقیاس از طبقه بندی استعداد زمین وجود دارد (جدول ۲-۸ را ملاحظه کنید).

جدول ۲-۸- طبقه بندی استعداد زمین در یک منطقه خاص

واحد نقشه برداری زمین (واحد استعداد)	طبقه استعداد	طبقه فرعی*
A	III	s/g
A (شیب تند)	VI / III	g
B	II	s
C	I	s
D	III / IV	w/s/g
E	III	s
F	III	s

\* S = خاک ، g = گراپان ، w = رطوبت

**کلاس:** زمینها بر اساس شدت محدودیتها از آنهایی که بیشترین پتانسیل برای استفاده زراعی دارند تا آنهایی که فاقد پتانسیل هستند، طبقه بندی می شوند.

**طبقات فرعی:** زمینها به وسیله نوع، یا انواع اصلی محدودیتهایی که در منطقه بخصوصی وجود دارد، مشخص می شوند.

**واحدها:** واحدهای خاک، یا گروهبهای از واحد خاک باندازه کافی یکنواخت هستند تا گیاهان زراعی مشابهی در آنها کشت نمود و مدیریت مشابهی اعمال نمود.

مفهوم و کاربرد این روش در ارزیابی استعداد زمین برای کشاورزی به وسیله بخش حفاظت خاک وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا در دهه ۱۹۳۰ مرتبط با نیاز، به نوعی تفسیر سیستماتیک ویژگیهای زمین برای اهداف مشاوره ای کشاورزی و بخصوص برای ابداع معیارهای حفاظت خاک که در اواخر دهه ۱۹۲۰ و اوایل دهه ۱۹۳۰ به وجود آمد ارائه شد.

در سیستم طبقه بندی آمریکا هشت طبقه از استعداد بر اساس محدودیتهایی برای عملیات زراعی و افزایش خطر فرسایش خاک مشخص شده است:

I قابلیت استعداد خیلی زیاد

II قابلیت استعداد زیاد

III قابلیت استعداد متوسط

IV قابلیت استعداد کم

V برای عملیات زراعی حاشیه ای است

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{VI} \\ \text{VII} \end{array} \right\} \text{استعداد کشاورزی را ندارد}$$

VIII استفاده تجارتي برای کشاورزی ندارد

طبقات فرعی بر اساس پنج نوع محدودیت قابلیت فرسایش، مرطوب بودن، عمق خاک (منطقه ریشه)، توپوگرافی و آب و هوا (جدول ۳-۸ را ملاحظه کنید) تعریف شده اند.

در حالی که هنوز در ایالات متحده آمریکا و کشورهای دیگر، حفاظت خاک هدف اصلی در ارزیابی استعداد زمین است، این مفهوم از زمان معرفی آن بطور قابل توجهی گسترده شده است. بطور کلی از اواخر دهه ۱۹۴۰ پذیرفته شد که ارزیابی زمینهای کشاورزی باید بر اساس ویژگیهای طبیعی، یا ذاتی آنها و نه مهارتهای مدیریتی، یا شرایط متداول اقتصادی استوار باشد. در حالی که سیستم آمریکایی طبقه بندی استعداد زمین چهار چوبی را مشخص کرد؛ ولی این روش با نیازها و مشکلات خاص، در دیگر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه دنیا نیز مطابقت داده شد. در حال حاضر بسیاری از کشورها طرحهای ملی، ایالتی یا منطقه ای خود را دارند (جدول ۴-۸ را ملاحظه کنید). البته تعداد کلاسهای مشخص شده همانند تعداد و نوع محدودیت تشخیص داده شده متغیر است. به عنوان مثال، در سیستمهای انگلیسی بر روی شیب و محدودیتهای خاک تأکید بیشتر و بر روی فرسایش خاک که تا همین اواخر عامل مخاطره آمیزی در کشاورزی در نظر گرفته نمی شد تأکید کمتری شده است. در هلند توجه بیشتری به ارزیابی زمین برای اصلاح چمنزارها و چمنزارهای زراعی و توجه کمتری به چراگاههای اصلاح شده، یا جنگل می شود. بخش ممیزی زمینهای کانادا استعداد زمین برای کشاورزی را از دیگر موارد استفاده زمین یعنی جنگل کاری، حفاظت وحوش و تفرج گاه تفکیک کرده است. مفهوم قابلیت استعداد زمین، برای انواع تخصصی تولیدات کشاورزی، یا انواع مدیریت مانند آبیاری، زهکشی و غیره به کار برده می شود.

جدول ۳-۸- طبقه بندی استعداد زمین توسط بخش حفاظت خاک وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا

طبقه فرعی		استعداد	طبقه
درجه محدودیت	دسته		
بدون محدودیت		ممکن است با اطمینان برای تمام گیاهان زراعی، مرتعی و جنگلها استفاده شود.	I بدون محدودیت یا با محدودیت کم، مسطح، عمیق، زهکشی خوب، ترد
کمتر از ایده‌ال	Ic		
جزئی	IICc	ممکن است برای گیاهان زراعی،	II معمولاً از نظر عمق و ساختمان خوب
	IIs	مرتعی و جنگلها استفاده شوند ولی	است؛ ولی ویژگی زهکشی خاک کمی
	Iiw	نیاز به مدیریت مناسبی دارند.	کمتر از ایده‌ال است
	Iie		
متوسط	IIICc	ممکن است برای تعداد محدودی	III خاک‌هایی با شیب نسبتاً تند، یا
	IIIs	از گیاهان زراعی، مرتعی و درختان	با خاک زیرین نفوذ ناپذیر، یا خاک کم
	IIIW	بامدیریت ویژه استفاده شود.	عمق، یا در معرض سیلاب
	IIIC, t		
	IIIE		
	IIIs, t		
	IIIs, t, e		
قابل توجه	IVc	اگر قسراً است از خطرات آن	IV خاک‌هایی با شیب تند، یا با
	IVs	اجتناب شود، ممکن است برای	خطر فرسایش باد: کم عمق، نفوذناپذیر
	IVw	عملیات زراعی با اشکال و با	یا ظرفیت کم نگهداری آب، یا شور
	IVt	هزینه باشد	
	IVe		
	IVs, t		
	IVs, t, e		
نسبتاً شدید	Vc	به دلایلی غیر از فرسایش پذیری	V خاک‌های خیلی سنگلاخی، یا خیلی
	Vs	زمین را نمی‌توان کشت و کار کرد	در معرض سیلاب، یا با آب و هوای
	Vw		نامساعد
شدید	VIc	زمین نامناسب برای کشت و کار،	VI خاک‌هایی با شیب تند، کم عمق،
	VIIs	ولی ممکن است برای مرتع، کاشت	سنگلاخی، خیلی مرطوب، یا با خاک

## ادامه جدول ۳-۸

طبقه	استعداد	طبقه فرعی	درجه محدودیت
زیرین سفت	درختان، یا حفاظت از حیات وحش استفاده کرد.	VIw VIe VIIt VIIs,t VIIIs, t, e	
VII خاکهایی با شیب خیلی تند، یا خیلی شیب کم عمق، یا شور، تجارتی، مناسب برای مراتع طبیعی، جنگلها و حیات وحش	زمین نامناسب برای گیاهان	VIIc VIIIs VIIw VIIe VIIIt VIIIs,t VIIIs,t, e	خیلی شدید
VIII شیب شدید، رگه هایی از سنگ با نوک تیز، شن زار، اقلیم نامساعد	زمین برای تولید تجارتی گیاهان مناسب نیست و ممکن است برای تفرج، حیات وحش تأمین آب و مناظر زیبا استفاده شود.	VIIIc VIIIIs VIIIw VIIIIt VIIIe	بی نهایت شدید

\* طبقات فرعی بر طبق انواع محدودیت به صورت زیر تعریف می شوند: اقلیم (c)، خاک (s)، رطوبت (w)، فرمایش پذیری (e)، توپوگرافی (t).

(از کلین جیبل و مونتگمری، ۱۹۶۱)

ارزیابی و نقشه برداری واقعی از استعداد زمین، مسائل زیادی را به وجود می آورد و در نتیجه تا حدودی در معرض انتقاد زیاد بوده است. اولین مسأله، این است که درجه شدت عوامل محدود کننده خاص به طریقی استفاده می شود که تشخیص و طبقه بندی قابل تکرار و استاندارد شدن باشد. بعضی از محدودیتها به صورت کیفی و بعضی دیگر به صورت کمی توصیف می شوند و بستگی به آگاهیهای قابل دسترس، ماهیت صفات و مقیاسی دارد که طبقه

بندی استفاده می‌شود. در سطح ملی یا منطقه‌ای، باید از آگاهیهای موجود استفاده کرده و آنها را به کار برد. در سطح مزرعه، قبل از ارزیابی ممکن است، اندازه‌گیریهای مزرعه‌ای لازم باشد و از نظر اقتصادی توجیه پذیر باشد. ویژگیهای اقلیمی مهم از نظر کشاورزی مانند طول فصل رشد، مقدار و مدت بارندگی، خطرات یخبندان و خشکی، کمبود و زیادهای آب خاک را می‌توان کسب کرد، یا از آگاهیهای ثبت شده طولانی مدت هواشناسی در کشورهای پیشرفته گرفت. البته تراکم و پراکنش ایستگاههای ثبت آگاهیهای هواشناسی بندرت به صورتی است که تمام آگاهیهای مورد نیاز را برای ارزیابی محدودیتهای در مقیاس محلی، یا میکرو اقلیم فراهم کند. در انگلستان تعدادی ایستگاههای هواشناسی درجه یک که بالاتر از ارتفاع ۳۰۰ متری است، وجود دارد. در این ارتفاع شرایط اقلیمی بخصوص کاهش طول فصل رشد، افزایش بارندگی، کاهش تبخیر و تعرق و باد شدید است. اثر پستی و بلندی بر روی درجه حرارت، می‌تواند بر اساس سرعت تأخیر معمولی (normal lapse rate) یعنی کاهش یک درجه سانتی‌گراد به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا باشد. البته ارزیابی شدت در معرض قرار گیری مشکل است. این امر را می‌توان از میزان لرزش پرچمهای استاندارد که تحت سرعتهای مختلف باد قرار دارند، به دست آورد. البته اندازه‌گیری واقعی از نظر زمانی و طول مدت با محدودیت مواجه است و برای ارزیابی اثر در معرض قرار گیری جنگلها در ارتفاعات بالا به کار برده شده است.

محدودیتهای مربوطه به منطقه ریشه، می‌توانند مهمتر از بقیه عوامل باشند. این امر نشان دهنده اهمیت ویژگیهای خاک در ارزیابی زمینهای کشاورزی است. سه خصوصیتی که عمدتاً در این رابطه استفاده می‌شود، عمق و سنگلاخی بودن (در سطح یا در عمق خاک) را می‌توان به صورت کمی بیان کرد. عمق به صورت مطلق و سنگلاخی بودن به صورت نسبی (یعنی درصد مساحت، یا حجمی که به وسیله ذرات معدنی با قطر بیش از ۲ میلی متر اشغال شده است) بیان می‌شود. البته محدودیت آب خاک معمولاً بر حسب ویژگیهای زهکشی خاک که تابعی از بافت است به صورت زهکشی آزاد، ناقص یا ضعیف مشخص می‌شود و یا بر حسب کمبود، یا مازاد آب بیان می‌شود.

گروه آخر این صفت‌انتهایی هستند که مربوط به شکل سطح زمین می‌شوند. از میان آنها، شیب سطح زمین فاکتور عمده محدود کننده در کشاورزی است و مستقیماً بر سهولت و اطمینان از کلیه فرایندهای عملیات زراعی اثر می‌گذارد و غیر مستقیم فاکتور مهمی است که



بر رواناب سطحی، نفوذ و تبخیر آب و حساسیت خاکهای زراعی نسبت به تسریع فرسایش تأثیر می‌گذارد. در حالی که شیب یا گرادیان را می‌توان به صورت مطلق بیان کرد (جدول ۵-۸ را ملاحظه کنید) خطر فرسایش خاک یک فاکتور محدود کننده و پیچیده تر می‌باشد.

در آغاز خطرات فرسایش بر اساس تراکم جویها بر آورد می‌شود که این بر آورد شاخصی از شدت فرسایش موجود و نه ارزیابی آسیب پذیری نسبت فرسایش بود. حساسیت زمین به تسریع فرسایش خاک، بستگی به اثر متقابل بین شرایط اقلیمی، نوع خاک، شکل زمین و پوشش گیاهی دارد. معیارهایی که در حال حاضر برای خطرات فرسایش استفاده می‌شود، شاخص فرسایش، شاخص قابلیت فرسایش پذیری، یا ترکیبی از هر دو می‌باشد. فرسایش تابعی از شدت، یا تأثیر عامل فرساینده، یعنی باران، یا باد است. البته فرسایش پذیری شاخصی از مقاومت خاک به جدا شدن و انتقال (مورگان، ۱۹۸۰) است که دو عامل اصلی آن آب و باد است. مقاومت به هر دو به ویژگیهای مشابهی از خاک بستگی دارد؛ بجز این که خاکهای خشک نسبت به خاکهای مرطوب بیشتر در معرض فرسایش بادی هستند. اگر چه شکل زمین و عملیات زراعی، فاکتورهای مهم کنترل کننده هستند؛ ولی ویژگیهایی از خاک مانند بافت، ساختمان، ثبات و مقدار مواد آلی خاک مهمترین عوامل هستند. فرسایش پذیری معمولاً برحسب بافت خاک بیان می‌شود زیرا ویژگیهای دیگر خاک وابستگی زیادی به این صفت اساسی دارد و نسبتاً ثابت است. خاکهای سیلتی و شنی ریز مقاومت کمتری به فرسایش آبی دارند و خاکهایی که محتوای سیلت آنها برابر با ۴۰ تا ۶۰ درصد است بیشتر صدمه می‌بینند. بعضی از محققین مانند ایوانز (۱۹۸۰) فرسایش پذیری را بر حسب محتوای رس بیان کرده اند: خاکهایی با ۹ تا ۳۰ درصد رس به علت نقش رس در تشکیل خاکدانه هایی با ساختمان پایدار و وضعیت خاک در شرایط تنش، بیشترین صدمه را می‌بینند (فصل ۴ را ملاحظه کنید).

شاخصهای ساده فرسایش پذیری، یا براساس ویژگیهای خاک، یا براساس نحوه واکنش خاک به بارندگی رواناب و باد است. مثالی در مورد ویژگی خاک شاخص ثبات خاکدانه هاست که مقاومت خاک را بر حسب درصد خاکدانه های غیر اولیه پایدار در آب که بیش از ۵ میلی متر هستند بیان می‌کند. مثال دیگر شاخص K است که معیاری از تلفات خاک به ازای هر واحد  $E_{130}$  ثبت شده در یک کرت لخت استاندارد به طول ۲۲ متر و با گرادیان ۵ درجه است (مورگان، ۱۹۸۰).  $E_{130}$  انرژی جنبشی است و بر حسب ژول در متر مربع در میلی متر در ساعت برای یک بارندگی با حداکثر شدت بارندگی با ۳۰ دقیقه است.

جدول ۴-۸- طبقه بندی استعداد زمین برای کشاورزی، توسط اداره مساحی خاک در انگلستان وولز

طبقه	درجه محدودیت	محصولات اصلی کشاورزی	پیشنهاد
۱	خیلی کم	تمام گیاهان زراعی معمول انگلستان، محصولات باغی	عملکرد زیادی به دست می آید و زمین برای کارهای مهم مناسب است.
۲	کم	تمام گیاهان زراعی معمول انگلستان، افزایش خطر عدم موفقیت کشت بسیاری از گیاهان باغی را به مخاطره می اندازد.	عملکرد زیاد با مدیریت خوب به دست می آید، برای بیشتر کارها مناسب است.
۳	متوسط	غلات (تمام انواع)، علفهای چمنی، گیاهان علوفه ای (شلغم، کلم، غیره)، سیب زمینی	عملکرد مساوی با عملکرد طبقه I است که ممکن است از بعضی از گیاهان زراعی تحت مدیریت خوب به دست آید، زمین برای بیشتر کارها مناسب است.
۴	نسبتاً شدید	علفهای چمنی غالب است، بعضی از از غلات (عمدتاً یولاف، جو)	چنانچه مدیریت خوب باشد، عملکرد زیاد تعدادی از گیاهان زراعی، امکان پذیر است. مناسب برای جنگلکاری و تفریگاهی می باشد.
۵	شدید	علف چمنی اصلاح شده تنها گیاه زراعی است بجز کشت گاه به گاه یک گیاه استراحتی	عملکرد زیاد علف چمنی امکان دارد؛ اما خطر عدم موفقیت زیاد است و برای جنگلکاری و تفریگاهی مناسب است.
۶	خیلی شدید	بدون کشت وکار اصلاح پذیر نیست مگر از طریق هوایی به صورت افشان عمل شود.	پرورش گله دام در سطح وسیع (گوسفند، گوزن، گاو)، مدیریت چرا نیاز به مراقبت دارد تا مانع از آسیب دیدن به مرتع شود. جنگلکاری در بعضی قسمتها و تاحدودی برای مقاصد تفریحگاهی.
۷	بی نهایت شدید	بدون کشت وکار	تاحدودی چرا به وسیله دامهای پرتاقتتر (گوسفند، گوزن)؛ اما فصل به کمتر از ۵ ماه محدود می شود. جنگلکاری امکان ندارد، تاحدودی برای مقاصد تفریحگاهی

مشکل دیگر در مورد استفاده از عوامل محدود کننده، در ارزیابی استعداد زمین، مشخص کردن مرزهای طبقات است. دامنه مقادیر و بخصوص پایین ترین سطوحی که برای یک کلاس خاص قابل قبول، در نظر گرفته می شود، ممکن است با یک جهت مرتب کردن اعداد با روش سیستماتیک اختیاری تعیین شود یا با مقایسه با محدوده های معین و قابل قبول مشخص گردد. به عنوان مثال، در طبقه بندی انگلیسی، مرطوب و سنگلاخی بودن به صورت کیفی توصیف می شوند؛ ولی می تواند به دامنه مقادیری که برای مساحتی خاص استفاده می شود ربط داده شود. طبقه بندی شیب (یا گرادیان) بر اساس چگونگی استفاده از ماشین آلات، برای کشاورزی مکانیزه است (جدول ۵-۸ را ملاحظه کنید). شرایط میکروکلیمای ناحیه ای بر اساس توازن آب و درجه حرارت، در طی فصل رشد (آوریل تا سپتامبر) تعریف می شوند و طبقه بندی محلی یا مزوکلیمای به وسیله ارتفاع از سطح دریا و بارندگی مشخص می گردند (جدول ۶-۸).

جدول ۵-۸ - کلاس شیپها و نوع ماشین آلات مناسب

حد اکثر گرادیان کلی	کلاس شیب	محدودیت ماشین آلات
۳ درجه	ملایم	بدون محدودیت
۷ درجه	متوسط	ادوات سه ردیفه برداشت علوفه را محدود می کند
۱۱ درجه	زیاد	کمباین و ادوات تریلر با تراکتورهای دو چرخه
۱۵ درجه	خیلی زیاد	تراکتورهای دو چرخه با ادوات کاملاً متصل
۲۵ درجه	تند	تراکتور چهار چرخ با ادوات تریلر
۳۰ درجه	خیلی تند	می تواند با تراکتور چهار چرخ با ادوات کاملاً متصل استفاده شود.
بیش از ۳۰ درجه	بی نهایت تند	هیچ نوع کاری امکان پذیر نیست

(از بیبی، ۱۹۸۲)

در نهایت تعداد کلاسهای استعداد زمین باید، با دامنه ای از شرایط زمین در منطقه مورد نظر ربط داده شود. در مواردی که نوسان کم است، کلاسهای کمتری نسبت به مواردی که نوسان زیاد است لازم می باشد. در سیستمهایی که فقط چهار یا پنج کلاس زمین، قابل کشت تشخیص داده شده است، دامنه نوسان، ممکن است آنقدر زیاد باشد که طبقه بندی آنها بی معنی گردد. به عنوان مثال، در انگلستان مقدار خیلی زیاد زمین قابل کشت در کلاس I قرار می گیرد

و بدین ترتیب اختلاف در استعداد زمین، در داخل کلاس می‌تواند باندازهٔ اختلاف بین کلاس ۳ و ۲ یا بین کلاس ۳ و ۴ و یا بیشتر از آن باشد.

طبقه بندی آمریکایی استعداد زمین و طبقه بندی‌هایی که از این نوع به دست آمده‌اند، از زمان ابداع آنها در معرض انتقادات زیادی بوده‌اند. این سیستم از یک طرف به علت عمومی بودن و از طرف دیگر به علت این که کاربرد جهانی ندارد، مورد انتقاد قرار گرفته است. این طبقه بندی شاخصی از درجهٔ تناسب زمین برای بعضی از گیاهان زراعی، سیستمهای زراعت، یا انواع مدیریت را تعیین نمی‌کند و نمی‌تواند شاخصی از ارزش واقعی زمین، یا جنبهٔ اقتصادی آن را فراهم کند. همچنین بدون نوعی درجه بندی تولید، این سیستم نمی‌تواند اساسی، برای طراحی واقعی بهره برداری از زمین باشد. در این مورد پترسون و مکیتاش (۱۹۷۶) بر اهمیت ارتباط استعداد زمین با تولید از نظر اقتصادی تأکید کرده‌اند. آنها اظهار کرده‌اند که خصوصیت کیفی زمین که به وسیلهٔ شاخص تولید تعریف می‌شود، همبستگی زیادی با درآمد ناخالص مزرعه و درآمد ناخالص در هکتار دارد. مشخص شده است که اگر شاخص تولید ۹۰ تا ۱۰۰ باشد، احتمال درآمد ناخالص زیاد در هکتار سه برابر حالتی است که این شاخص ۸۰ تا ۸۹ است و احتمال کسب درآمد زیاد با هزینه کم؛ زمانی خیلی زیاد است که زمینی که با بالاترین شاخص برای تولید است، استفاده می‌شود.

البته طبقه بندی آمریکایی استعداد زمین بیشتر به علت عدم توانایی‌هایش مورد انتقاد قرار گرفته است. انعطاف پذیری و توانایی این مفهوم در نظر گرفته نشده است. اخیراً سازمان خوار و بار و کشاورزی (۱۹۷۶) چارچوبی را برای دستورالعمل ارزیابی استاندارد استعداد زمین (مترادف با درجه تناسب) که برای هر بخشی از دنیا، در هر مقیاسی عملی باشد ابداع کرده است. این مفهوم برای ارزیابی درجهٔ تناسب زمین برای بعضی از گیاهان زراعی و برای مدیریت خاک اختیار شده است. این امر در هر دو مورد، نیاز به آگاهیهای دقیق تری از شرایط زمین که برای حداکثر عملکرد نیاز است دارد و این شرایط ممکن است، تولید یک گیاه زراعی بخصوص (یا وارسته) را محدود کند و این آگاهیها ممکن است، برای طرحهای مدیریت موفق (یعنی از نظر اقتصادی عملی) مانند آبیاری، زهکشی، شخم صفر (بدون شخم) و غیره نیاز باشد. ریودفورت (۱۹۷۵) اظهار داشته است که درجهٔ تناسب زمین، برای گیاهان زراعی خاص را می‌توان با مقایسه محل‌هایی که گیاه زراعی در حال حاضر رشد نمی‌کند، با دامنه‌ای که در آن کشت و کار می‌شود، ارزیابی کرد. از نظر انتخاب محلها (یعنی حداکثر و حداقل) دامنهٔ

شرایط فیزیکی که تحت آن یک گیاه زراعی بخصوص می تواند رشد کند را می توان ایجاد کرد. تمام محلهای بالقوه با هر خصوصیتی وراء دامنه ایجاد شده، می تواند مستثنی شوند. سپس بقیه محلهها به صورت زمین هایی که می توان یک گیاه زراعی بخصوص را در آنها با موفقیت کشت کرد، طبقه بندی می شود. البته این روش به مقدار قابل توجهی کار مزرعه ای و به درجه کفایت محل، برای رشد یک گیاه زراعی خاص، در زمان مساحی بستگی دارد.

ارزش طبقه بندیهای استعداد زمین در کشورهای پیشرفته که در آنجا الگوهای گیاهان زراعی و بهره برداری از زمین از دیر باز بوده است و نیز مدیریت فشرده ای لازم دارند، مورد انتقاد قرار گرفته اند. البته ویلکینسون (۱۹۶۸) اشاره کرده است که زراعین ضرورتاً پتانسیل کامل زمین خود را نمی شناسند. درک آنها از این ارزش، اغلب بر اساس استانداردهای محل است و می تواند تحت تأثیر بهره برداری و تولید موجود زمین قرار گیرد. وی اظهار کرده است که تغییر در مالکیت زمین، باضافه ضرورت افزایش کارایی اقتصادی، ارزش طبقه بندیهای استعداد زمین را در انگلستان به عنوان وسیله ای برای فراهم کردن آگاهیهای فیزیکی اساسی، درباره منابع زمینی یک زارع، به شکل قابل قبول افزایش می دهد. بحث و دلایل نامبرده با افزایش فشار بر روی زمین در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه دنیا برای مقاصد غیرکشاورزی تقویت شده است. این موارد ارزش زمین را، از ارزش واقعی آن برای کشاورزی بالاتر برده است و جنبه اقتصادی آن را برای تولیدات کشاورزی، کاهش داده، یا حتی از بین می برد.

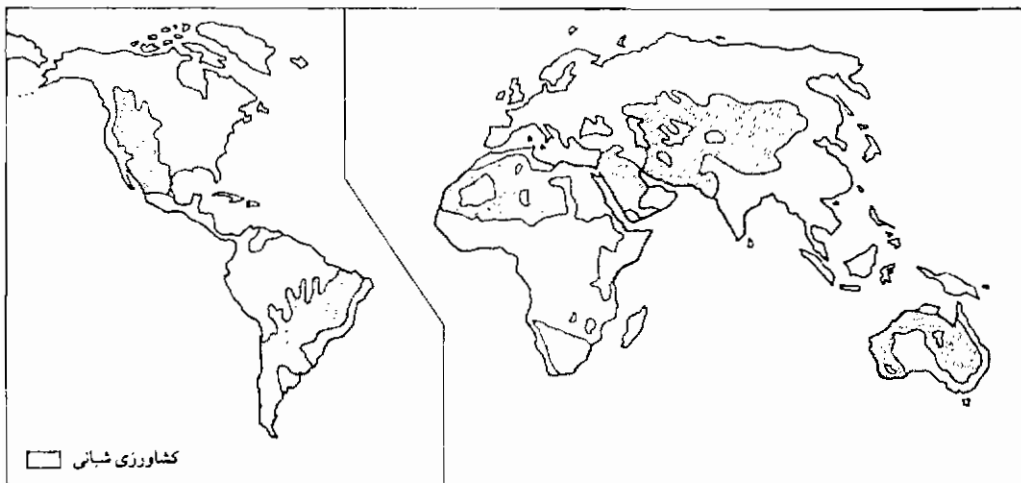


### کشاورزی شبانی

سطح قابل توجهی از خشکیهای زمین به دلیل محدودیت فصل رشد، در اثر عدم بارندگی کافی، یا درجه حرارت پائین و تا حدودی به علت شیبهای تند، خاکهای کم عمق و سنگلاخی، برای تولید محصولات زراعی نامناسب است. بنابراین در این مناطق بهره برداری کشاورزی، به شکلهایی از کشاورزی شبانی که بر اساس تولیدات دامی از پوشش طبیعی یا نیمه طبیعی است محدود می شود. این زمینها مرتع نامیده می شود (در بعضی موارد در اصطلاح چرا می نامند) و در حال حاضر، حدود ۵۰ درصد از کل سطح خشکیهای زمین را در بر دارد که نیمی از آن در مناطق حاره و نیمه حاره و نیمی دیگر در مناطق معتدل تا سرد قرار دارد (شکل ۹-۱). البته در این دو منطقه کشاورزی شبانی با محدودیت ها و مشکلات بیوفیزیکی مشابهی مواجه است.

مقدار زیادی از این مراتع، در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا قرار دارند که مهمترین عامل محدود کننده تولید بیولوژیکی اولیه، در این مناطق آب است. نزولات سالانه کم و فصلی است و بغیر از مناطقی که اقلیمهای گرم و سرد معتدل دارند (مانند خاورمیانه، آفریقای شمالی و جنوب استرالیا) که بارندگی زمستانه دارند، بارندگی در این مناطق عمدتاً تابستانه

است. فصل رشد یعنی زمانی که نزولات به تنهایی، یا همراه با رطوبت خاک، برای رشد گیاه کافی باشد کوتاه است و فصل خشک طولانی است و بخصوص در مناطقی که بارندگی تابستانه دارند، خشکی به وسیله سرعت بالای تبخیر و تعرق تشدید می‌شود و مقدار بارندگی مؤثر را کاهش می‌دهد. بعلاوه، شدت بارندگی زیاد می‌باشد و در نتیجه ظرفیت نفوذ خاک کم است. البته مهم‌تر از کمبود آب نوسانهای زیاد بارندگی، از نظر مقدار و وقوع آن است که از خصوصیت این مناطق است و با کاهش مقدار بارندگی و دوره وقوع آن این نوسانها افزایش می‌یابد (جدول ۹-۱ را ملاحظه کنید). تغییر پذیری بارندگی در مراتع مناطق نیمه خشک منجر به دوره‌های مختلف خشکی، یعنی زمانی که نزولات کمتر از حد متوسط است می‌گردد. در مناطق معتدل و حاره دنیا مراتع خشک در مناطق کم ارتفاع، یعنی دشتها، فلاتها یا حوضه‌های وسیع بین کوهها یا دره‌ها هستند که باد شدید نیز به نامساعد بودن آب و هوا اضافه می‌شود.



شکل ۹-۱- پراکنش تقریبی مراتع آزاد در سطح دنیا

در مراتع سرد معتدل و سرد فصل رشد، اثر عدم کفایت گرما بیشتر از کمبود آب است. در توندرا و بالاتر از مرز رشد درختان، مدت زمانی که میانگین درجه حرارت روزانه، برای



شروع رشد بیش از آستانه بحرانی است کمتر از ۳ ماه است و میانگین حداکثر درجه حرارت تابستان بیش از ۱۰ درجه سانتی گراد نیست. با افزایش عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا، طول مدت و نامساعد شدن زمستان و عمق خاک دائماً یخ زده (پرمافراست) افزایش می یابد در حالی که عمق خاک فعال که یخهای آن در تابستان آب می شود کاهش می یابد. نوع دیگری از مراتع که گستردگی کمی دارد؛ ولی در شمال غربی اروپا و بخشهایی از مناطق موسمی آسیا وجود دارد مراتعی است که به علت شرایط اقلیمی، خاک یا پستی و بلندی برای عملیات زراعی نامساعد هستند، لذا پس از جنگل زدایی به عنوان چراگاه استفاده می شود. این قبیل مراتع، شامل بیشه زارها و گاریگ (در فرانسه) هستند که جزو خاکهای مناطق مرتفع ضعیف اروپا می شوند.

**جدول ۱-۹-** نوسان طول فصل رشد، نزولات، ماههای خشک و تغییر پذیری بارندگی در مناطق اقلیمی آفریقا

منطقه اقلیمی	طول فصل رشد (روز) <sup>۱</sup>	بارندگی (میلی متر) <sup>۲</sup>	تعداد ماههای خشک <sup>۳</sup>	درصد تغییر پذیری بارندگی <sup>۴</sup>	ظرفیت مرتع به ازای هر هکتار در ssu <sup>۵</sup>	گاریبالت <sup>۶</sup>
خشک	کمتر از ۹۰	کمتر از ۲۵۰	بیش از ۱۰	بیش از ۴۰	۱۲	۱۵-۱۰
نیمه خشک	۹۰-۱۸۰	۲۵۰-۵۰۰	۷/۵-۱۰	۲۵-۴۰	۴	۱۰-۶
نیمه مرطوب	۱۸۰-۲۷۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۵-۷/۵	۲۰-۲۵	-	۵-۳

SSU = واحد دام استاندارد، هر SSU برابر با ۴۵۰ کیلو گرم وزن زنده است.

(از (a) هریس، ۱۹۸۰، (b) دیویس و اسکیمور، ۱۹۶۶)

ارزش مراتع برای کشاورزی شبانی، مستقیماً مربوط به کمیت و کیفیت علوفه و یا سرشاخه ای می شود که به وسیله پوشش گیاهی طبیعی یا نیمه طبیعی تأمین می گردد (جدول ۲-۹). این مورد، می تواند از جنگلها و درختچه زارهای باز ساوانا تا علفزارهایی که دارای درختچه های کوتاه هستند متفاوت باشد که در رابطه با این نوع علفزارها، ارتفاع و تراکم پوشش کاهش می یابد و مقدار گیاهان چوبی نسبت به غیر چوبی بستگی به اقلیم، نوع خاک و شدت استفاده دارد. گونه های گیاهی که به شرایط نامساعد اقلیمی سازگار هستند، مقاوم به خشکی یا سرما هستند. بسیاری از درختان و درختچه ها بخصوص در مناطق حاره، در طول فصل غیر رشد سبز می مانند و رشد مجدد برگها درست، قبل از شروع بارندگی و زمانی که

علفهای چمنی هنوز خشک و راکد هستند، شروع می‌شود. مرتع مناطق معتدل و حاره‌ای گیاهان همیشه سبز، جزء اصلی غذای علف‌خواران اهلی و وحشی را، در طی فصل خشک و یا فصل سرد فراهم می‌کند که به عنوان مثال، در غنا ۲۰ تا ۴۰ درصد از مصرف غذای دام از سرشاخه‌ها و درختچه‌هاست. به‌علاوه در مناطق حاره تعداد زیادی از درختان و درختچه‌ها از بقولات بوده (مثلاً گونه‌های مختلف *Acacia*، *Cassia* و *Prosopis*) که غلاف دارند و منبع مغذی برای حیوانات است. با سخت‌تر شدن شرایط محیطی، علفهای چمنی مرتعی از نظر ارزش غذایی، سخت‌شدن برگ‌ها، فیری شدن و تراکم شدن بوته‌ها تغییر می‌کند.

در مراتع حاره‌ای به علت درجه حرارت بالا، در طی فصل رشد عملکرد سالانه گونه‌های علوفه‌ای (علفهای چمنی و بقولات) بیش (۳۵ تا ۳۸ تن در هکتار در سال) از مناطق معتدل (۲۰ تا ۲۷ تن در هکتار در سال) است. البته قابلیت هضم گیاهان علوفه‌ای حاره‌ای، در مقایسه با مراتع مناطق معتدل کمتر است (جدول ۳-۹ را ملاحظه کنید). ۵۲ درصد تمام علفهای چمنی مناطق حاره، کمتر از ۹ درصد پروتئین خام در مقایسه با ۳۲ درصد گونه‌های مناطق معتدله دارند. حداقل ۱۵ درصد پروتئین برای شیر دهی لازم است و کمتر از بیست گونه علفهای چمنی مناطق حاره، دارای این مقدار پروتئین هستند (نورتون، ۱۹۸۲). این موضوع در میانگین قابلیت هضم ماده خشک آنها تا زمان گلدی منعکس است در حالی که در مورد بسیاری از گونه‌های حاره‌ای (مثلاً گونه‌های مختلف *Panicum*، *Chloris* و *Hyparrhensia*) قابلیت هضم ماده خشک در طی رشد به سرعت کاهش می‌یابد (شکل ۲-۹ را ملاحظه کنید). به‌علاوه، ساختمان برگ علفهای چمنی چهار کربنه، در مناطق حاره به وسیله تراکم زیاد آوندها مشخص می‌شود که آنها را به صدمه مکانیکی و تجزیه میکروبی مقاوم‌تر می‌کند. فرم رشد ایستاده اغلب علفهای چمنی حاره‌ای (و بقولات) و تراکم کمتر برگ در آنها، باعث شده است که مصرف آنها به وسیله حیوانات محدود شود.

تولید اولیه بیولوژیکی مراتع نسبتاً کم و بطور قابل توجهی فصلی است. فصلی بودن رشد گیاهان باعث می‌شود که دوره نسبتاً کوتاهی علوفه اضافی در دسترس باشد و یک دوره طولانی کمبود علوفه باشد (شکل ۳-۹). در طی دوره طولانی کمبود علوفه، دام در بهترین حالت فقط ممکن است بتواند خود را حفظ کند. غالباً مواد غذایی قابل دسترس، برای نگهداری و نیازها کافی نیست و دامها وزن خود را از دست می‌دهند. به‌علاوه علوفه قابل دسترس، بخصوص علوفه‌ای که به وسیله علف چمنی تأمین می‌شود، با رسیدن به بلوغ ارزش غذایی آن

به سرعت کاهش می یابد. در مورد چراگاههای تپه ای اسکاتلند ملاحظه شده است که محدودیت اصلی تغذیه بر روی تولید دام (بازده ۱۵/۳ کیلو گرم در هکتار در سال، وزن تولیدی بره های از شیر گرفته شده در مقایسه با ۱۲ کیلو گرم در هکتار در سال وزن بره تولیدی از زمینهای کم ارتفاع) عدم کفایت مصرف مواد غذایی در زمستان است (ایدی و کانینگهام، ۱۹۷۱).

#### جدول ۲-۹- تولید اولیه سالانه برای جوامع عمده گیاهان در اکوسیستمهای مرتعی

تولید سالانه (گرم بر متر مربع در سال)	کمرندهای هم عرض جغرافیایی و جوامع گیاهی
	کمرند شمالی، مناطق مرطوب و نیمه مرطوب
۷۵۰ - ۱۲۰۰	مرغزارهای کوهستانی
	کمرند شبه شمالی، مناطق مرطوب
۱۵۰۰	مرغزارهای علفی بر روی خاکهای شبه چرنوزوم
	کمرند شبه شمالی، مناطق نیمه خشک
۱۳۰۰ - ۱۵۰۰	استپ
۴۰۰	جوامع گیاهی شورپسند
۸۰۰	جوامع ساموفیت
۹۰۰	استپ خشک
۵۰۰	استپ بیابانی
۷۰۰	استپ خشک کوهستانی
۱۱۰۰	استپ مرغزار کوهستانی بر روی خاکهای استپی کوهستانی شبه آلفی
	کمرند شبه شمالی، مناطق خشک
۴۰۰	بیابان استپی بر روی خاکهای نیمه بیابانی
	کمرند شبه حاره ای، مناطق مرطوب
۱۳۰۰	مرغزار علفی
	کمرند شبه حاره ای، مناطق نیمه خشک
۶۰۰ - ۱۰۰۰	استپ درختچه ای
۵۰۰	جوامع ساموفیت
۵۰	جوامع گیاهی شورپسند
۸۰۰	جوامع استپ درختچه ای کوهستانی بر روی خاکهای کوهستانی خاکستری - قهوه ای
	کمرند شبه حاره ای، مناطق خشک
۱۰۰۰	بیابان استپی

## ادامه جدول ۲-۹

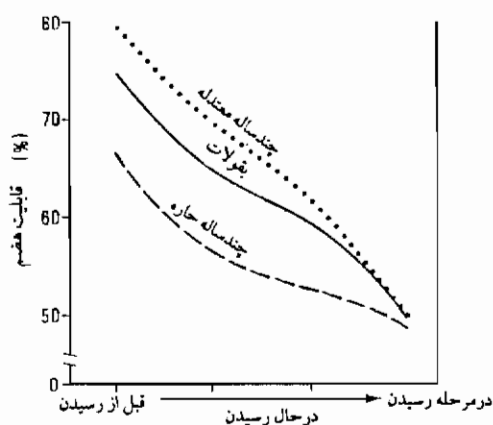
تولید سالانه (گرم بر متر مربع در سال)	کمرندهای هم عرض جغرافیایی و جوامع گیاهی
	کمرند حاره ای ، مناطق مرطوب
۱۶۰۰	جنگل همیشه سبز که به صورت فصلی مرطوب است و ساوانای ثانویه علفهای چمنی بلند بر روی خاکهای قرمز آهن دار
	کمرند حاره ای ، مناطق نیمه خشک
۷۰۰-۱۲۰۰	علفهای چمنی و ساوانای درختچه ای
۱۲۰۰	ساوانای کوهستانی بر روی خاکهای کوهستانی قرمز - قهوه ای
	کمرند حاره ای ، مناطق خشک
۴۰۰	ساوانای شبه بیابانی

(از کالدول ، ۱۹۷۵)

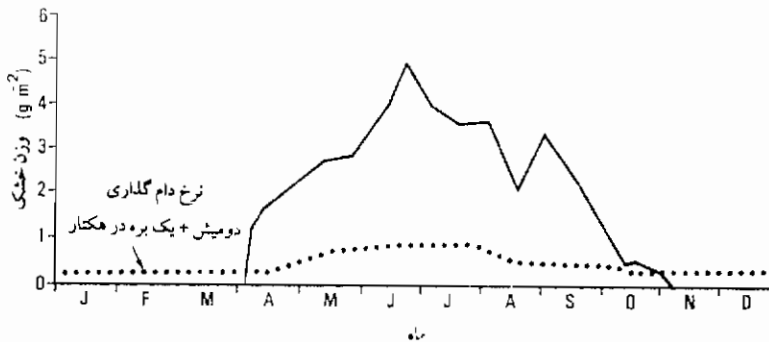
## جدول ۳-۹- درصد قابلیت هضم گونه های علوفه ای مرتعی مناطق حاره و معتدله

علفهای چمنی	بقولات	
۵۵٫۴	۵۰٫۶	حاره ای
۶۸٫۲	۶۰٫۷	معتدله

(از نورتون ، ۱۹۸۲)



شکل ۲-۹- رابطه بین مرحله رسیدگی و قابلیت هضم، بین یک گونه علف چمنی چند ساله (*Dactylis glomeratus*) منطقه معتدل و یک گونه علف چمنی چند ساله منطقه حاره (*Cynodon dactylon*) (از نورتون، ۱۹۸۲)



شکل ۳-۹- نیاز روزانه گوسفند به علف چمنی، در مقایسه با سرعت رشد روزانه یک علف

چمنی بر روی یک محل تپه‌ای در بریتانیا (از موریس، ۱۹۷۷)

نوع دام، استفاده‌ای که از آن می‌شود و تولید آن بر حسب غذای تولیدی برای انسان، از یک طرف به سختی شرایط محیطی و از طرف دیگر به سیستم خاص گله‌داری بستگی دارد. در حیوانات اهلی کار آبی استفاده از علوفه قابل دسترس، برای نگهداری فرق می‌کند. بز، گوسفند، و بخصوص شتر، لاما، یاک و گوزن شمالی به محیط‌های سخت سازگاری دارند و در مقایسه با گاو بهتر می‌توانند مواد غذایی نامطلوب‌تر را هضم کنند. تعداد واحد دامی یا معادل دامی (جدول ۴-۹ را ملاحظه کنید) که می‌توانند بدون کاهش تولید (یعنی اطمینان از تداوم تولید) در یک منطقه مشخص نگهداری شوند، در اصطلاح ظرفیت مرتع می‌نامند.

البته بیان ظرفیت مرتع به صورت کمی مشکل است و به رابطه بین تعداد دام و وضعیت مرتع بستگی دارد. از طرف دیگر نرخ دام‌گذاری معیاری از بهره‌برداری واقعی است و آن تعداد دامی است که در یک مرتع، یا منطقه چرای خاص با مساحت معین برای تمام، یا بخشی از سال چرا می‌کند. نرخ دام‌گذاری مراتع معمولاً کم است و با کاهش تولید بیولوژیکی منطقه، مساحت مورد نیاز برای تأمین علوفه برای یک حیوان افزایش می‌یابد. تراکم دام معیاری از ازدحام است و معمولاً به صورت روزانه محاسبه می‌شود. تراکم دام رابطه نزدیکی با تراکم، یا فشار چرا و قابلیت دسترسی آب آشامیدنی دارد. نیاز به آب تا حد قابل ملاحظه‌ای دامنه‌چرا را برای انواع مختلف دام، بخصوص در محیط‌های خشک یا نیمه خشک تعیین می‌کند.

جدول ۹-۴- واحدهای دامی: نسبتها برای تبدیل دامها به واحدهای معادل است

نوع دام	واحدهای دامی*	نوع دام	واحدهای دامی
گاو		گوسفند	
گاوهای شیری	۱	میش و جایگزینهای میش	
گاوهای نر برای اصلاح گاوهای شیری	۰٫۶۵	(بجز بره های شیرخوار)	
گاوهای گوشتی	۰٫۷۵	سبک وزن	۰٫۰۶
گاوهای نر برای اصلاح گاوهای گوشتی	۰٫۶۵	متوسط وزن	۰٫۰۸
انواع دیگر گاوها		سنگین وزن	۰٫۱۱
(بجز سیستمهای تولید گوشت گاو)		قوچ	۰٫۰۸
		بره	
صفر تا ۱۲ ماه	۰٫۳۴	زایمان تا نگهداری	۰٫۰۴
۱۲ تا ۲۴ ماه	۰٫۶۵	زایمان تا پروار کردن	۰٫۰۴
بیش از ۲۴ ماه**	۰٫۸	زایمان تا بره یکساله	۰٫۰۸
تولید گوشت گاو از جو	۰٫۴۷	خریداری شده برای نگهداری	۰٫۰۴
اسب	۰٫۸		

\* یک واحد دامی معمولاً بر حسب نیاز غذایی تعریف می‌شود. نسبتهای موجود در جدول بر اساس نیاز انرژی متابولیکی هستند که عدد یک به عنوان مقدار نگهداری برای یک گاو بالغ ۶۲۵ کیلوگرمی نژاد فریزین و تولید یک گوساله ۴۰ تا ۴۵ کیلوگرمی و ۴۵۰۰ لیتر شیر با ۳۶ گرم در کیلوگرم چربی و ۸۶ گرم در کیلوگرم مواد جامد غیر چربی در نظر گرفته شده است.

\*\* به نسبت زمانی که حیوان در مزرعه است کم شده است.

آب برای بقای گاو حیاتی است و مقدار مورد نیاز از ۵ تا ۲۳ لیتر در روز بر حسب سرعت رشد، درجه حرارت، وضعیت شیر دهی و حرکت فرق می‌کند. دامهای شیری بسته به نژاد آنها، تا ۴۴ درصد آب بیشتری نیاز دارند. فقدان آب اشتها را کاهش می‌دهد و مصرف اختیاری غذا کم می‌شود. آزمایشات در استرالیا حاکی است که تراکم چرا متناسب با مجذور فاصله، از منبع آب کاهش می‌یابد (جیتز، ۱۹۷۷). نیاز به آب فاصله چرای روزانه را تا ۱۳ کیلومتری محدود می‌کند. البته دامهای عشایر و رمه‌داران، ممکن است روز در میان آب در دسترس داشته باشند (جدول ۵-۹ را ملاحظه کنید). گاو می‌تواند تا ۴۰ کیلومتر چرا کند در حالیکه شتر تا ۸۰ کیلومتر است. مراتعی وجود دارد که عدم دسترسی آب، یا وجود آبهای حاوی املاح، در قسمت اعظم فصل چرا امکان مصرف آب را محدود می‌کند.

حیوانات سازگار به محیطهای خشک مصرف آب کمتری دارند (مقدار یا درصدی از آب که در واحد خاصی از زمان استفاده شده است). دامنه میزان مصرف آب در گاو زبو، گوسفند و بز ۷۰ تا ۲۰۰ میلی لیتر بر کیلو گرم در روز، در مقایسه با شتر که ۳۷ تا ۷۰ میلی لیتر بر کیلو گرم در روز است (نیکلسون، ۱۹۸۵). مدفوع شتر ۴۵ درصد ماده خشک و مدفوع گاو ۳۰ درصد ماده خشک دارد. به نظر می رسد بزهای صحرا نشینان بیشترین سازگاری را به جذب آب دارند و بطور متوسط ۳۰ درصد وزن آب کشیده بدن خود، آب مصرف می کند. در حالی که شتر میزان مصرف آب کمی دارد، عدم مراجعه مکرر به آبشخوار به این معنی است که کل جذب آن در هر دفعه خیلی زیاد و تا ۱۰۰ لیتر است. بعلاوه، تحمل شتر به آب آشامیدنی شور بیش از هر حیوان چرا کننده دیگری است (تحمل شتر ۵/۵ واحد از کل نمکهای محلول در مقایسه با ۱/۵ واحد برای بز، ۱/۳ تا ۲ واحد برای گوسفند و ۱ تا ۱/۵ واحد برای گاو است).

**جدول ۵-۹ -** نیاز به آب آشامیدنی برای بعضی از دامهای چرا کننده، با فرض این که غذای کافی در دسترس باشد

دام	حداکثر دوره تابستانه بدون آب (روز)	دامنه شعاع از محل آب*
گوسفند / بز	۳-۵	۱
الاغ	۴	۱/۳
شتر	۱۲	۴
گاو	۰/۴	۲

\* دامنه شعاع برای سایر دامها به نسبت گوسفند محاسبه می شود. بدین ترتیب دامنه شعاع، برای گوسفند ۱ می باشد و برای شتر برابر ۴ است که چهار برابر گوسفند است.

(از اشمیت - نیلسون، ۱۹۵۶)

رقابت علف خواران وحشی برای علوفه، می تواند یک عامل مهم در تعیین ظرفیت مرتع برای دامهای اهلی باشد. علف خواران بزرگ و وحشی و سر شاخه خوار در ساواناهای آفریقا و استرالیا متعدد هستند و در استرالیا حیوانات کیسه دار، آشیانه اکولوژیکی مشابهی با پستانداران در آفریقا اشغال می کنند. در مراتع مناطق معتدله جوندگان چرا کننده و آنهایی که زمین را می کنند، مانند خرگوش و خرگوش صحرایی همراه با علف خواران وحشی، از رقابت کننده های اصلی با دامهای اهلی هستند. این مورد بخصوص درجایی که شکارچیان طبیعی حذف شده اند بیشتر صادق است و یا در نیوزیلند تا قبل از ورود

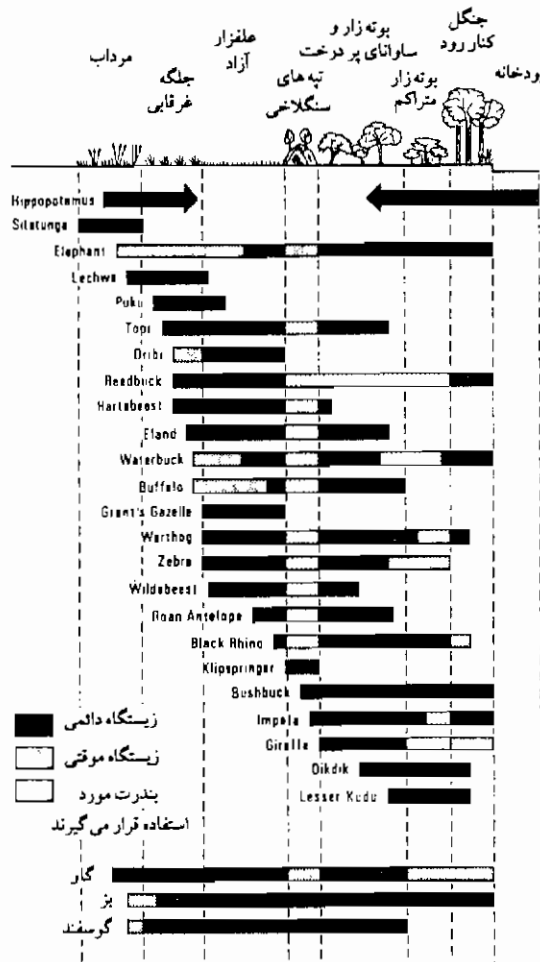
دام از اروپا چنین رقابتی وجود نداشته است. تحقیقات در استرالیا درجه رقابت موربانه (*Drepainotermus spp.*) را برای علوفه تا ۳۷۵ کیلو گرم در هکتار علف چمنی، در سالهای مرطوب گزارش کرده‌اند (جوس و همکاران، ۱۹۸۷). بیشترین اثر رقابت روی ظرفیت مرتع، زمانی است که همپوشانی زیادی از نظر محل سکونت و رجحان گونه‌ها، بین حیوانات وحشی و اهلی وجود داشته باشد (شکل ۴-۹).

عدم توازن بین تولید فصلی علوفه و تقاضای ثابت سالانه را تا حدودی، می‌توان با مدیریت تصحیح کرد. علوفه چرا شده بخصوص علف چمنی نسبت به حالت چرا نشده تولید بیشتری دارد. برداشت علوفه رشد را تحریک می‌کند. البته معمولاً تولید بیش از نیاز، در طی فصل رشد است و تجمع و بوسیدگی آهسته علوفه مصرف نشده، می‌تواند رشد بعدی را کم کند و در نتیجه سوزاندن از طریق آتش طبیعی یا عمدی، فاکتور مهم محیطی در مراتع مناطق حاره و معتدله است. درجه وقوع آتش سوزی در اثر رعد و برق، با مقدار اضافات گیاهی قابل احتراق و مقدار و شدت نزولات متغیر است. در استرالیا برآورد شده است که ۶ درصد از تمام آتش سوزیهای بوته‌زارها به وسیله رعد و برق شروع می‌شود. آتش سوزی مصنوعی یا کنترل شده، در ساواناهای پراکنده استرالیا و آمریکای جنوبی که تولید سالانه آنها زیاد است؛ ولی عناصر مغذی علفهای چمنی آنها کم است، رایج می‌باشد (هریس، ۱۹۸۰). با این وجود از آتش غالباً برای ساواناهای متراکمتر آفریقا و مراتع بیابانهای خشک آمریکای شمالی و اروپا و آسیا نیز استفاده می‌شود.

زمانی که شرایط اقلیمی اجازه بدهند عمل سوزاندن باعث حذف علوفه خشک بدون مصرف می‌شود و با آزاد کردن عناصر غذایی، باعث تحریک رشد می‌شود. این عمل همچنین علفهای هرز، آفات و بیماریها را نیز کنترل می‌کند. البته استفاده از آتش مزیت رقابتی را برای گونه‌های گیاهی متحمل به آتش، بخصوص به گیاهان علفی (عمدتاً علفهای چمنی) در مقایسه با انواع چوبی فراهم می‌کند. از طرف دیگر کاهش آتش سوزی از طریق کنترل عمدی، یا به علت کاهش عملکرد علف‌های چمنی، در نتیجه فشار چرای زیاد، می‌تواند باعث افزایش گونه‌های خاردار غیر متحمل به آتش (مانند *Larrea tridentia*، *Prosopis juliflora*، *Pinus ponderosa*، *Acacia spp.*) در مراتع خشک شود. دوره تناوب آتش سوزی در مراتع معتدله سرد شمالی که در آنجا گونه‌های بوته‌ای چوبی با رشد کند غالب هستند معمولاً طولانیتر و از ۷ تا ۱۵ سال متغیر است. در این مورد هدف از سوزاندن پوشش گیاهی نزدیک به انتهای مرحله چوبی شدن آن است و بدین ترتیب تا حد امکان شاخه‌های سبز تولید می‌شود.



مقدار پوشش گیاهی از مراتع که در یک سال سوزانده می شود، به وسیله طول دوره تناوب سوزاندن آن مشخص می شود. بعلاوه اثر آتش می تواند در فصول مختلف متفاوت باشد. آتش سوزیهای ابتدای فصل خشک سبکتر و اواخر فصل خشک سنگینتر هستند در حالی که آتش سوزیها در طی دوره بارانهای ابتدای فصل، بر رشد درختان و بوته ها مؤثر است و اثری بر علفهای چمنی را ندارد. و بنابراین مزیت رقابتی را برای علفهای چمنی فراهم می آورد.



شکل ۴-۹- شمایی از تفکیک اکولوژیکی و همپوشانی گونه های علف خوار وحشی و اهلی در سکونت گاههای غرنه (از جیول، ۱۹۸۰)

یکی از مهمترین راههای سازگاری به نوسانهای فصلی و محلی علوفه تغییر مکان از مناطقی با تولید کمتر به مناطقی با تولید بیشتر است (جدول ۶-۹ را ملاحظه کنید). چادرنشینی که در آن گله داری بر حسب نوسانهای وقوع فصلی بارندگی و پوشش گیاهی تنظیم می‌شود، می‌تواند کامل یا جزئی باشد. حالت کامل به آن مناطقی که در حاشیه بیابان هستند و ظرفیت مرتع و قابلیت دسترسی به آب برای زندگی به صورت ساکن کافی نیست محدود می‌شود. شتر به علت درجه زیاد سازگاری به خشکی مهمترین دام در گله‌های چادرنشینانست و گوسفند، بز و تاحد کمتری گاو به شرایطی که سختی کمتری دارند سازگار هستند. چادرنشینی عمدتاً در آفریقا و خاورمیانه و خاور دور بوده و هرگز در مراتع دنیای جدید وجود نداشته است. البته در حال حاضر چادرنشینی رو به کاهش است و نیمه چادرنشینی یا شبه چادرنشینی بخصوص در ساواناهای آفریقا و در میان باقیمانده‌های گله‌داران گوسفند ناواجو در آریزونا بیشتر متداول است. در این موارد گله‌ها و گله‌داران بین مراتع و محلهای استقرار دائمی کوچ می‌کنند. حرکت می‌تواند فصلی، سالانه، یا حتی دوساله همراه با آبشخورهای موقتی باشد که کنار محلهای مطمئن آب ساخته می‌شود و این حرکتها، از نظر فضایی می‌تواند افقی، یا عمودی باشد (شکل ۵-۹ را ملاحظه کنید). نوع افقی خاص سیستمهای شبانی آفریقا است. نوع عمودی در مناطق کوهستانی اروپا و آمریکای شمالی وجود دارد. حرکت منظم فصلی به صورت عمودی در ارتباط با قابلیت دسترسی انواع مختلف مرتع می‌شود و از دیر باز از خصوصیت کشاورزی شبانی در مناطق مرتفع و کوهستانی اروپا بوده و اخیراً در مراتع آمریکای شمالی رایج شده است. حرکت انسان و دامهای اهلی به چراگاههای تابستانی که از محل سکونت آنها فاصله دارد، و در ارتباط با نوسان طول فصل رشد، یا فصل چرا نسبت به ارتفاع از سطح دریا است و اصطلاحاً به آن رمه داری گویند. علفزارهای کوهستانی نوژ و کوههای آلپ سویس مواردی از این نوع هستند. در سوئد گله‌های گوزن شمالی کوهستانی، به مسافتهای طولانی بین چراگاههای تابستانه ارتفاعات و چراگاههای جنگلی زمستانه در کنار سواحل منتقل می‌شوند، یا کوچ می‌کنند و در برگشت خود از چراگاه پائیزه و یا بهاره زایش صورت می‌گیرد. رمه داری در مقیاس وسیعتر هنوز در حوضه‌ها و مناطق مرتعی کوههای راکی آمریکای شمالی انجام می‌شود. چرای فصلی از محلی به محل دیگر فرق می‌کند. سه نوع عمده مرتع، با توجه به ارتفاع از سطح دریا عبارتند از:

۱- مراتع تابستانی در کوهستانهای مرتفع که یک فصل چرا کوتاه سه ماهه (جولای تا

سپتامبر) را بین حد فاصل ذوب و ریزش برف دارند و ظرفیت بالقوه آنها زیاد است و قبل از فصل زمستان که غذا در دسترس نیست، غذای کافی را برای دامها تأمین می کنند.

۲- مرتع بهاره/ پاییزه در ارتفاعات کمتر دارای درجه حرارت بیشتری هستند؛ ولی اغلب نزولات آن کمتر از چراگاههای کوهستانی مرتفع است. این مراتع در ابتدای بهار، یا اواخر پاییز در راه رفت و بازگشت از مرتع تابستانی، یا بطور مداوم برای ۶ ماه فصل رشد از اواسط آوریل تا اواسط اکتبر، می توانند استفاده شوند.

۳- مرتع زمستانی مربوط به زمینهای پست و دره های پست بین کوهها و حوضه هاست که میانگین بارندگی سالانه آنها کم است و دامنه درجه حرارت روزانه و در بعضی موارد دامنه درجه حرارت سالانه خیلی زیاد است. به شرط این که آب در دسترس باشد مراتع مذکور می توانند در تمام سال چرا شوند. البته در مراتع شمالی خشکی منطقه و سرمای زمستانه تولید را محدود می سازد.

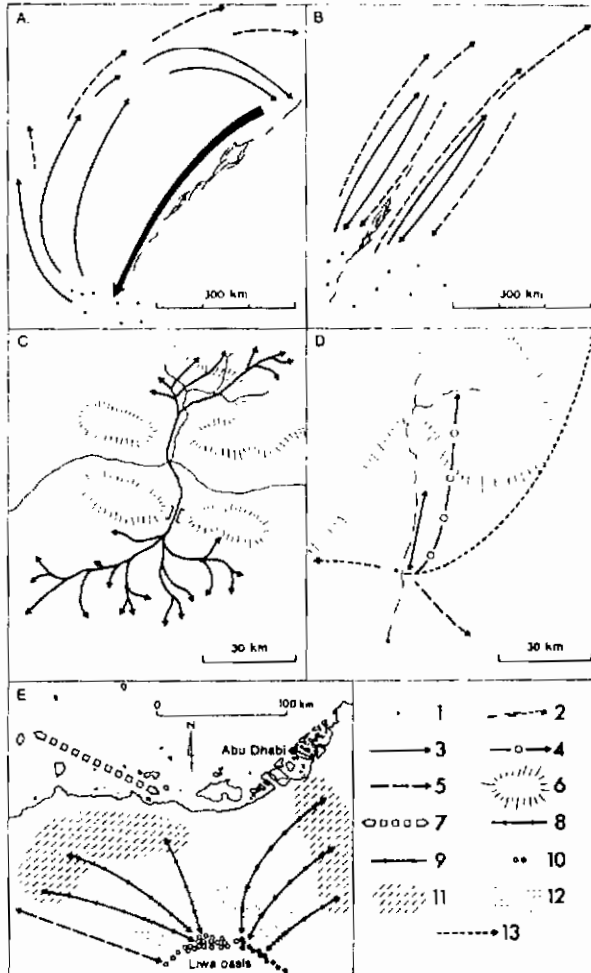
جدول ۶-۹- رابطه بین نوع دام و بارندگی در آفریقا

بارندگی (میلی متر در سال)	سیستم غالب چرا	حیوان غالب
کمتر از ۵۰	چادر نشینی پراکنده	شتر
۵۰-۲۰۰	چادر نشینی با کوچهای طولانی	شتر
۲۰۰-۴۰۰	انواع چادر نشینی، و رمه گردانی باضافه	گاو
	زراعت مکمل	بز
		گوسفند
۴۰۰-۶۰۰	شبه چادر نشینی، رمه گردانی، نیمه چادر نشینی	گاو
	تأکید بر روی زراعت	بز
		گوسفند
۶۰۰-۱۰۰۰	رمه گردانی و نیمه چادر نشینی	گاو
بیش از ۱۰۰۰	نیمه چادر نشینی و دامپروری دائمی	گاو

(از روتنبرگ، ۱۹۷۶)

انواع مختلف پوشش گیاهی در یک منطقه چرانیز مانند مقدار کل علوفه مرتع شاخص مهمی در ظرفیت مرتع است. این امر در دامداری ارتفاعات در اسکاتلند بخوبی بارز است. مناطق تپه ای اسکاتلند با جوامع دارای تنوع گیاهی می توانند علوفه زمستانه همیشه سبز و علوفه بهاره و علفزارهای تابستانه را فراهم کنند و نسبت به مراتعی که یک نوع علوفه دارند، از اهمیت

بیشتری برخوردارند.



شکل ۵-۹- انواع حرکت‌های چادرنشینها: (A) افقی (بیضی)، (B) افقی (نیم‌ضی)، (C) و (D) عمودی، (E) مسیر چادرنشینهای بدوی در ابوظبی. ۱- واحه‌ها، ۲- پادیه‌ها، ۳- مسیرهای معمولی، ۴- مسیرها در سالهای خوب که علوفه کافی است، ۵- مسیرها در سالهای بد که علوفه کمیاب است، ۶- کوهستانها، ۷- نوعی حرکت دوطرفه، ۸- دامهای قبیله‌ای (بانی‌یاس)، ۹- حرکت‌های قبیله‌ای (نانامیر) دامها، ۱۰- نخلستانها، ۱۱- مناطق چرای زمستانه، ۱۲- مناطق چرای تابستانه، ۱۳- حرکت در سالهای بد (از بهیت کت، ۱۹۸۳).

## تولید دامها

در اغلب مراتع، چرای دامهای اهلی در طول سال صورت می گیرد و کنترل شده نیست و به عبارت دیگر مرتع بازو آزاد است و تعداد حیوان و تولید آنها بر حسب گوشت، شیر، چرم، پشم، یا الیاف رابطه نزدیکی با علوفه و منابع آبی دارد و این موضوع رابطه نزدیکی با آب و هوا دارد. نوع دام و نوع فرآورده دامی نیز با اقلیم متفاوت است. گاو در مناطقی که خشکی کمتری دارد غالب است و گوسفند در مناطق خشکتر (جدول ۷-۹ را ملاحظه کنید). بز در همه جا بخصوص در مناطق نیمه خشک حاره ای آفریقا و آسیا و در ارتفاعات مرتفع در فلاتهای نیمه خشک و مناطق کوهستانی کشورهای خاور نزدیک و خاور دور و در رشته کوههای آند در آمریکای جنوبی دیده می شود. فقط شتر می تواند در بیابانهای حقیقی بقا داشته باشد. گوزن شمالی توندرا ی قطب شمال مانند نژادهای پراستتر بز و گوسفند، می تواند در مقایسه با انواع گاو خود را در شرایطی که علوفه کمتر در دسترس است، سازگار نماید.

جدول ۷-۹ - نوسانهای بیوماس تولید وزن زنده علف خواران بر روی گرادبان خشکی ساواناهای آفریقای شرقی

بیوماس (کیلوگرم در کیلومتر مربع)					
کمترین	گرادبان خشکی				بیشترین
I*	II	III	IV	V	VI
۶۵۱۶	۳۹۴۲	۱۴۶۰	۴۸۶	۵۵۳	۵۲۶
۰	۱۸۰	۶۴	۸۴۰	۱۰۵۲	۴۳۵
۶	۱۱۷	۱۳	۳۸۰	۱۱	۷
۱۳۷	۱۶۴	۱۷	۴۵۴	۳۸	۱۶
۱۱۲۷	۱۹۸۰	۲۲۵۷	۶	۱۹۷	۱۶۷
۷۸۸۴	۶۵۱۴	۳۸۱۸	۲۴۰۶	۱۹۰۱	۱۱۵۱

\* I تا VI به ترتیب نواحی کاپوتی، سامبورو، گاریسا، جنوب تورکانا، ماندرا و واجیر

\*\* جمع کل شامل تولید وزن زنده الاغ نیز می شود.

(از دایسون - هودسون، ۱۹۸۰)

فرآورده نهایی هر چه باشد، ظرفیت مرتع و تولید دام پایین است. در نتیجه سرعت رشد دام آهسته بوده در مقایسه با رژیمهای غذایی بهتر، دامها مدت زمان طولانی تری برای رسیدن

به بلوغ لازم دارند (جدول ۸-۹ و ۹-۹ را ملاحظه کنید). همانطوری که گفته شد الگوی تغذیه چرخه‌ای است و دام باید شرایط کم و بیش نامساعد را تحمل کند و لذا با کاهش وزن مواجه می‌شود. سرعت تولید مثل نیز خیلی آهسته‌تر از شرایط مساعدتر است و ممکن است با توجه به شدت خشکی، یا فصل سرما ۵۰ تا ۶۰ درصد، یا کمتر برای گاو و گوسفند باشد. آبستنی همزمان با چرخه سالانه تولید علوفه است و منطبق بر دوره کمبود مواد غذایی است و نوزاد بعد از شروع تولید علوفه که برای شیر دهی لازم می‌باشد به دنیا می‌آید. گاو ممکن است هر دو سال فقط یک گوساله تولید کند و در مراتع خشک آفریقا، ممکن است درصد گوساله زایی ۴۵ تا ۵۰ درصد کاهش یابد. بعلاوه مرگ و میر گوساله‌ها بخصوص تحت شرایطی که شیردوشی برای مصرف انسان زیاد باشد، ممکن است تا ۳۰ درصد افزایش یابد. حیوانات نر تا زمانی که ۴ تا ۵ ساله نشده‌اند، برای کشتار گاه آماده نیستند. در مراتع آفریقا تولید بر حسب درصد سرعت استخراج کم است و گاو بر حسب درصد کل گله (۶/۲ تا ۲۱/۵ درصد)، وزن لاشه (۹۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم) قابل برداشت از لاشه بازای هر کیلوگرم در هر رأس از کل گله ( $14/7 \pm 6/1$ ) ذبح می‌شود. بعلاوه درجه حرارت بالاتر یا پایتتر از حد آسایش، می‌تواند اثرات نامساعدی بر روی دام داشته باشد و همراه با جیره اندک، در شرایط گرسنگی یا نزدیک به گرسنگی آنها را به بیماری‌ها حساس کند.

جدول ۸-۹- پارامترهای تولید برای گوسفند و بز در مراتع خشک آفریقا

کنیا		مالی		
بز	گوسفند	بز	گوسفند	
۵۷۶	۵۲۷	۴۰۳	۴۷۴	متوسط سن در اولین آبستنی (روز)
-	-	۱۶/۹	۲۳/۴	وزن در اولین آبستنی (کیلوگرم)
۳۲۰	۳۲۰	۲۷۰	۲۵۰	فاصله زمانی هر زایمان (روز)
۱/۲۵	۱/۰۴	۱/۲۱	۱/۰۵	تعداد به دنیا آمده در هر زایمان
۱/۴۲	۱/۱۹	۱/۶۲	۱/۵۱	تعداد نوزاد در سال
۵۷	۷۴	۶۱	۸۹	سرعت رشد در ۱۵۰ روز (گرم در روز)
۳۲	۳۳	۳۵	۳۱	مرگ و میر نوزادان قبل از شیر گرفتن

جدول ۹-۹- پارامترهای تولید برای گاو در مراتع آمریکای جنوبی

برزیل	کلمبیا	ونزوئلا
۰٫۲۳	۰٫۱۷	۰٫۳۲
۲۸۳	۲۵۵	۲۷۰
۴۰	۳۵	۳۸
۵۷	۴۵	۵۲
۶۵	۵۸	۵۶
۱۲	۱۲	۳۲

(از ورا و همکاران، ۱۹۸۷)

اثر بیماری بر توزیع و تولید دام در مناطق حاره ای دنیا شدیدتر است. علاوه بر بیماریهای وارده از مناطق معتدله، انواع زیادی از عوامل بیماری زا در این مناطق وجود دارد که بسیاری از آنها کشنده هستند و می توانند تمام گله را از بین ببرند. کنترل برخی عوامل بیماری زا مشکل است، زیرا آنها خارج از بدن حیوان اهلی، دویا سه چرخه زندگی روی میزبان خود دارند. به علاوه در بعضی موارد حیوانات اهلی مانند: گاو میش آبی، شتر، الاغ، بز و خوک و نیز حیوانات وحشی منابع آلودگی هستند. در میان مهمترین بیماریهای حیوانات در مناطق حاره، می توان از وبای گاوی و بخصوص تریپانوزومیاز نام برد. برآورد شده است که تقریباً دوازده میلیون متر مربع، از ساوانای آفریقا بین ۱۴ درجه عرض جنوبی تا ۲۹ درجه عرض جنوبی تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر از سطح دریا به وسیله مگس ته ته (*Glossina spp.*) آلوده است که بیست و دو گونه از آن ثبت شده و هر یک مخصوص منطقه خاصی است. در مساحتی حدود دو سوم آفریقای شرقی، نیمی از آفریقای غربی و یک چهارم از آفریقای مرکزی، بیماری حاصل از ته ته پرورش گاو را محدود کرده است (جردن، ۱۹۸۰). حتی اگر گاو و انسان از مناطق آلوده انتقال داده شوند منبعی از آلودگی به وسیله حیوانات، وحشی، همچنان وجود خواهد داشت.

نوع دام و تولید مرتع به سیستم شبانی خاص خود بستگی دارد. در کشورهای پیشرفته در مراتع مناطق معتدله و حاره گله های اصلاح شده گاو و یا گوسفند عمدتاً غالب هستند. حیواناتی که دامهای اهلی امروزی را تشکیل می دهند، بومی قاره آمریکا و استرالیا و آسیا نبودند. نژادهای خارجی گوسفند و گاو اروپایی (با نژادهایی از *Bos indicus* در استرالیا)

عمدتاً در قرن نوزدهم معرفی شدند و نژادهای جدید حاصله که سازگاری بهتری به شرایط محیطی محلی داشتند، از آن زمان توسعه یافته‌اند. هیت کت (۱۹۸۳) اشاره کرده است که سیستم مدیریت دامی که در مناطق معتدل اروپا توسعه یافت، فقط با جزئی تغییرات به مناطق خشک برده شد. هدف پرورش تجارتي در این مراتع تولید گوشت در محل، یا تولید دامهایی است که جهت نگهداری، یا به نژادی در مناطق دیگر فروخته می‌شوند. با افزایش تقاضا برای گوشت در دنیای غرب، گله‌داران به مراتع نیمه خشک و خشک نیز راه یافتند.

در آغاز بیشترین تقاضا برای زمینهایی بود که به آب سطحی دسترسی داشت و بعدها ذخیره آب سطحی و مهمتر از آن استفاده از تکنیکهای حفر چاه عمیق برای استخراج آب زیرزمینی، به کاهش مسأله خشکی فصلی و طولانی مدت کمک کرد. در بعضی مناطق آب کافی برای آبیاری و تولید غذای دامی وجود داشت. در مواردی که دوره‌های نامساعد آب و هوا، حادث می‌شود، دامها را، یا باید به مراتع دیگری (اغلب اجاره‌ای) در کوهستان منتقل کرد، یا به منظور کاهش نرخ دام‌گذاری تا سطحی متناسب با کاهش ظرفیت مرتع آنها را به فروش رسانید.

نگهداری دام بیش از حد ظرفیت مرتع و تخریب شرایط مرتع (مثلاً در استرالیا به وسیله آفات وارداتی مانند خرگوش) باعث فرسایش خاک می‌شود. تا سال ۱۹۳۰ در ایالات متحده آمریکا ظرفیت مراتع غرب تا ۵۰ درصد کاهش یافته بود. به منظور تنظیم چرا در زمینهایی که مالکیت عمومی داشته، قوانینی وضع شد و از دهه ۱۹۴۰ به بعد، تحقیقات بر روی جنبه‌های مربوط به نوسان فصلی تولید علوفه، بهبود اثر خطرات خشکی، یا سرما، کنترل بیماریها و ممانعت از فرسایش خاک متمرکز شد تا در این مورد، کاربرد سرمایه و تکنولوژی مدرن، برای توسعه منابع آب زیرزمینی، روشهای مدیریت چرا و بهبود مراتع، همراه با انتقال دامها از طریق جاده، یا راه آهن، واردات غذای مکمل و یا تغذیه دامهای جوان در مناطق دیگر، در طی دوره‌هایی از کمبود سالانه علوفه را می‌توان نام برد. با وجود این پیشرفت‌ها گله‌داری هنوز به منابع طبیعی وابسته است و تولید اولیه و ثانویه همچنان کم است. جوس و همکاران (۱۹۸۷) اظهار کرده‌اند که در استرالیا مرکزی در دهه ۱۹۷۰ تعداد گاو در سال (یعنی تعداد دام ذبح شده یا جدا شده از کل گله)، برابر با ۹ تا ۱۹ درصد بوده است که در مقایسه با این وضعیت در گله‌های ماسائی آفریقا اختلاف کمی وجود دارد.

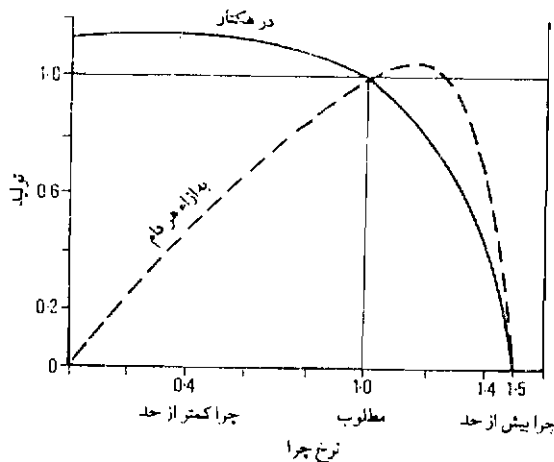
در سیستم‌های شبانی معیشتی، در مراتع مناطق حاره بخصوص در کشورهای جهان



سوم، مهمترین فرآورده شیر است. انواع بیشتری از دامها، در مقایسه با مراتع مناطق معتدله نگهداری می شوند و این دامها کم و بیش چند منظوره هستند؛ یعنی یک دام برای بارکشی، شیر و گوشت استفاده می شود و فضولات حیوان منبعی از سوخت دامی و کود است. در جایی که وابستگی زیادی به شیر وجود دارد، تعداد دامهای مورد نیاز برای حمایت از یک خانواده، یا یک گروه اجتماعی زیاد است و این موضوع تا حدودی به دلیل اطمینان از بقا در سالهای نامساعد است، زیرا در این سالها مرگ و میر، می تواند بیش از ۷۰ درصد شود و تا حدودی به این دلیل است که تولیدات دامی کافی نیست و مدت زمان زیادی طول می کشد تا گاو بالغ شود و میزان تولید گوساله کم است. بعلاوه حیوانات مسن تر را بیش از آنچه برای کارهای اصلاحی نیاز است نگه می دارند و نسبت حیوانات نر به ماده زیاد است. این موضوع عامل مهمی در ترکیب گله در مقایسه با مراتع مناطق معتدله است. بعلاوه حیوانات اهلی بخصوص گاو ارزش اجتماعی قابل توجهی دارد و تعداد آن از کیفیت و باروری آن مهمتر است. این امر باعث نرخ دام گذاری بیشتری در مقایسه با مراتع مناطق معتدله می شود. همچنین برعکس گله داری تجارتي، در حالی که دام به افراد و یا خانواده ها تعلق دارد، حق آب و چرا به افراد و خانواده ها تعلق ندارد. ترايب و همکاران (۱۹۷۰) اظهار داشته اند که بهره برداری از زمین در این مناطق براساس فرصت طلبی است و به وسیله شرایط آبی محیطی و اهداف کوتاه مدت استوار است. با این وجود براجت (۱۹۷۸) بحث کرده است که سیستمهای بهره برداری جمعی از مراتع در آفریقا در مقایسه با سیستمهای دیگر بهره برداری، از زمینهای خشک غذای بیشتری در واحد سطح تولید می کنند (مثلاً ۱/۷ و ۳/۲ کیلو گرم پروتئین در هکتار در سال در دلتای نیجریه و جنوب اتیوپی در مقایسه با ۰/۴ تا ۰/۵ کیلو گرم، در مراتع استرالیا که بارندگی مشابه دارند).

در تمام مراتعی که برای کشاورزی شبانی استفاده می شوند، خطر تخریب منابع در نتیجه چرای بیش از حد وجود دارد (شکل ۶-۹ را ملاحظه کنید). این امر باعث کاهش تولید پوشش گیاهی، از نظر کیفیت و کمیت می شود. تمام دامهای چرا کننده و سرشاخه خوار کم و بیش غذای خود را انتخاب می کنند. خصوصیت انتخابی ممکن است، تابعی از روش خوردن باشد. بعضی ها مانند گاو علوفه را از طریق کشیدن مصرف می کنند، بنابراین ترجیح می دهند از مراتعی که علفهای چمنی بلند دارند استفاده کنند و به آنها سازگاری بهتری دارند. بعضی دیگر مانند: گوسفند و خرگوش گاز می گیرند، بنابراین علفهای چمنی کوتاه را ترجیح

می‌دهند. گاو رجحان قابل توجهی برای علفهای چمنی دارد در حالی که گوسفند و بز تا حدودی، تمایل بیشتری برای سرشاخه‌خواری دارند. مخلوطی از دامها حداکثر استفاده را از سرشاخه‌های درختچه‌ها و علفهای چمنی در طول سال می‌کنند و اثرات انتخاب زیاد را به وسیله نوع دام تعدیل می‌کنند. خصوصیت انتخابی نیز تابعی از خوشخوراکی نسبی گیاهان علوفه‌ای است و انواع مغذی‌تر و خوشخوراک‌تر نسبت به انواعی که خوشخوراکی کمتر دارند، ارجحیت بیشتری برای مصرف دارند. در نتیجه در طول زمان، گیاهانی که خوشخوراکی کم دارند، جایگزین گونه‌های خوشخوراک‌تر می‌شوند. با افزایش شدت چرا، مقدار مصرف دام بیش از مقدار جایگزین شده در اثر رشد می‌شود و تولید علوفه کم می‌شود و به دنبال آن پوشش گیاهی ضعیف، می‌گردد و در نتیجه فرسایش خاک بیشتر تسریع می‌گردد.



شکل ۶-۹- نرخ مطلوب چرا (ازهدی، ۱۹۷۵)

فرآیند تخریب منابع به وسیله سوزاندن بیش از حد و خشکی نیز تشدید می‌شود. سوزاندن بی‌رویه در نتیجه شدت آتش سوزی است و معمولاً در اثر تجمع مواد قابل احتراق، در پوشش گیاهی است که برای مدت طولانی سوخته نشده باقی مانده است. این امر همراه با رطوبت نسبی کم و نیروی زیاد باد است. اگر ماده‌الی خاک و اندامهای ذخیره‌ای زیرزمینی از بین بروند، بازیابی به دلیل فشار چرا و یا تسریع فرسایش خاک آهسته و تا مطمئن است. در مراتع مناطق نیمه خشک و خشک خطر اصلی خشکی است و دوره‌هایی طولانی مدت که

بارندگی پایین از متوسط یا ناچیز است، برای چندین سال حادث می شود. در طی دوره های خشکی کمیت و کیفیت علوفه و بنابراین ظرفیت دام مرتع کاهش می یابد. ممکن است تعداد دام، در اثر گرسنگی به صورت طبیعی، یا به وسیله کوچ کردن، یا به وسیله کاهش عمدی کم شود. بر عکس مراتع مناطق معتدله که جدیداً مورد بهره برداری قرار گرفته اند و جمعیت دام در آنها کم است، در مراتع مناطق نیمه خشک بخصوص در آفریقا از دیر باز دامهای زیادی در حال چرا بوده اند. از شروع قرن بیستم تعداد دام به صورت نمایی افزایش داشته است. این امر باعث افزایش شدت چرا و افزایش بیش از حد تعداد دام، در طی دوره های خشکی و تخریب همزمان پوشش گیاهی شده است و متعاقب آن، فرسایش خاک و بهم خوردن شدید چرخه هیدرولوژیکی خاک صورت گرفته است. خاک برهنه در معرض گرما، فشردگی و انسداد سطحی است. کم شدن نفوذ باعث افزایش تبخیر و رواناب سطحی می شود و در نتیجه همزمان با کاهش محتوای آب خاک و تولید بیولوژیکی فشار چرا افزایش می یابد. بنابراین تأخیر زمانی بین پایان دوره خشکی و واکنش پوشش گیاهی نسبت به بارندگی افزایش می یابد، در حالی که توانایی برای بازیابی بتدریج کاهش می یابد. تخریب منابعی که منجر به فرسایش خاک و بیابانی شدن شود، فرآیندی خود شتاب است و به آستانه ای می رسد که اگر تنش موجود حفظ شود بازیابی دیگر غیر ممکن خواهد بود. البته این فرآیند، در قسمتی که درباره کشاورزی در محیطهای نیمه خشک بحث می شود، بطور مفصلتر بررسی خواهد شد.

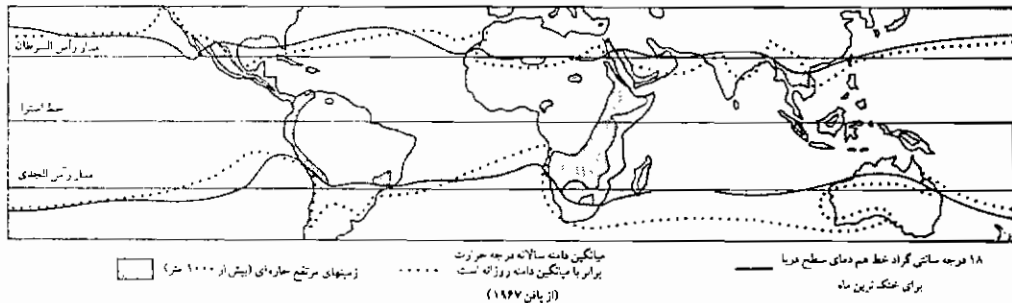


## زمینهای پست مناطق حاره ای مرطوب

مناطق حاره همانطوری که اسم آن دلالت می کند، منطقه اطراف خط استوا، بین عرض  $23\frac{1}{4}$  درجه شمالی و عرض  $23\frac{1}{4}$  درجه جنوبی است. این منطقه ۴۰ درصد از کل سطح خشکیهای زمین را تشکیل می دهد و حدوداً همین مقدار از جمعیت دنیا را در بر دارد. منطقه ای با تولید بیولوژیکی بالقوه بالایی است؛ ولی عملکرد کشاورزی آن نسبت به دیگر مناطق دنیا کم است. در این مناطق اثرات متقابل اقلیم و خاک باعث می شود که مدیریت و حفاظت منابع نسبت به دیگر مناطق سهولت کمتری داشته باشد و مشکلات کشاورزی ایجاد شده در این مناطق، از نظر ماهیت و شدت با مناطق معتدله دنیا فرق کند.

در زمینهای پست حاره ای مرطوب تشعشع خورشید و درجه حرارت هوا همیشه بالاست و در سرتاسر سال نوسان کمی در طول روز وجود دارد. دامنه درجه حرارت روزانه و سالانه کم و دامنه روزانه آن معمولاً کمتر از سالانه است. منطقه حاره بخش گرم زمین است. ونین ولت (۱۹۷۵) دو پارامتر برای تعریف مرزهای این منطقه اقلیمی تعریف کرده است. یکی میانگین حداقل درجه حرارت ماهانه است که کمتر از ۱۸ درجه سانتی گراد نباشد و دیگری دامنه میانگین سالانه و ماهانه درجه حرارت است (شکل ۱-۱۰). خطوط همطراز مربوطه

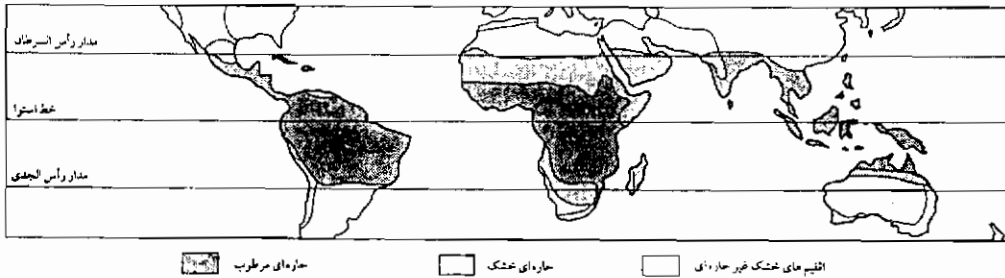
دارای انطباق فضایی مشابهی است که در نیمکره شمالی بیش از نیمکره جنوبی است. در منطقه حاره یخبندان وجود ندارد و درجه حرارت بندرت کمتر از آستانه رشد گیاهان می‌شود. البته درجه حرارت، می‌تواند مانع از کشت و کار موفق گیاهان زراعی مناطق معتدله در این مناطق شود، زیرا این گیاهان نیازمند درجه حرارت مطلوب پایتر و نوسانهای درجه حرارت فصلی و روزانه و همچنین طول روز بیشتری از آنچه در مناطق حاره وجود دارد هستند.



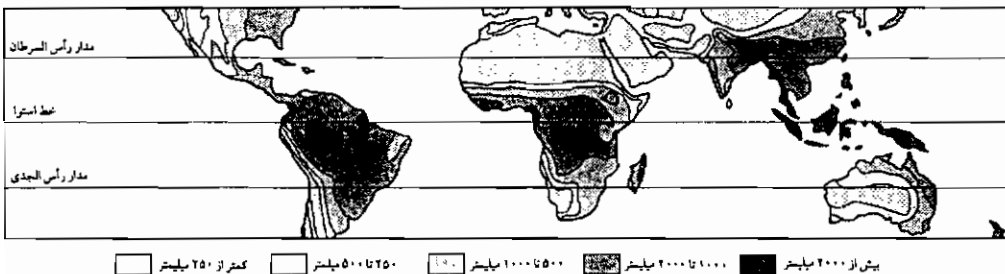
شکل ۱-۱۰- محدوده عرض جغرافیایی و درجه حرارت مناطق حاره (از نین ولت، ۱۹۷۵)

پوشش وسیع ابر مقدار نور خورشید (و همچنین تشعشع خروجی) را تا سطحی کمتر از عرضهای جغرافیایی بالاتر کاهش می‌دهد و علاوه بر آن طول روز در طی فصل رشد خیلی طولانی تر است. در واقع مقدار نور خورشیدی دریافتی، در طی فصل رشد در عرضهای جغرافیایی معتدله بیش از مناطق حاره است. با این وجود در جایی که کمبود آب وجود ندارد، فتوسنتز بالقوه و در نتیجه تولید گیاهان در مناطق حاره مرطوب دو تا سه برابر بیشتر است، زیرا در طول سال فصل رشد حرارت کافی تأمین است. کمبود آب خاک فاکتور اصلی محدود کننده تولید محصولات زراعی و دامی در مناطق حاره است. در بیشتر این منطقه پراکنش نزولات (شکلهای ۲-۱۰ تا ۴-۱۰) بطور قابل توجهی فصلی است و زمانی که باران بیش از تبخیر و تعرق بالقوه باشد، یک یا دو دوره مرطوب و زمانی که بارندگی کمتر از تبخیر و تعرق بالقوه

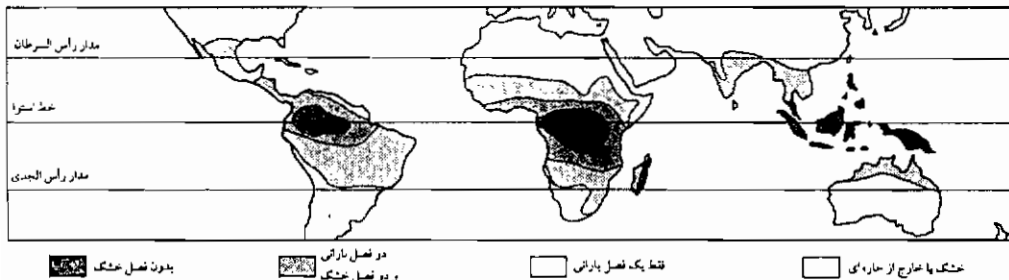
باشد، یک یا دو دوره خشکی وجود دارد و نتیجه آن کمبود آب در خاک است (شکل ۵-۱۰). سرعت زیاد تبخیر مقدار باران مؤثری را که به منطقه ریشه می رسد، بیشتر کاهش می دهد و همانطوری که بسیاری از محققین اشاره می کنند، مقداری از نزولات که ممکن است بیش از حد کفایت برای کشاورزی در مناطق معتدله باشد، می تواند در مناطق حاره کاملاً کمتر از حد کفایت باشد. مقدار بارندگی و طول نسبی فصول خشک و مرطوب، عوامل اصلی پتانسیل کشاورزی از نظر نوع تولید و عملکرد هستند.



شکل ۲-۱۰- پراکنش مناطق حاره مرطوب و خشک (رسم مجدد از نین ولت، ۱۹۷۵)



شکل ۳-۱۰- میانگین نزولات سالانه در مناطق حاره (رسم مجدد از نین ولت، ۱۹۷۵)



شکل ۴-۱۰- پراکنش فصلی نزولات در مناطق حاره (رسم مجدد از نین و لت، ۱۹۷۵)

رژیم بارندگی (جدول ۱-۱۰ را ملاحظه کنید) مبانی طبقه‌بندی اقلیمهای حاره‌ای از نقطه نظر زراعی بوده است. در این رابطه رژیمهای مرطوب فاقد فصل خشک بوده و یا این فصول خیلی کوتاه هستند رژیمهای نیمه مرطوب دارای فصول مرطوب و خشک با مدتهای مختلف هستند و رژیمهای خشک که فصل بارانی در آنها، از نظر طول مدت و مقدار بارندگی خیلی کوتاه و متغیر است. اقلیم نیمه مرطوب، مرطوب و خشک سه رژیمی هستند که در مناطق حاره بیشتر وجود دارند. البته بسته به فاصله از توده‌های هوای استوایی، یا حاره‌ای موسمی نوسانهای دائمی از مناطق مرطوبتر به خشکتر وجود دارد.

فصلی بودن اقلیمی همراه با درجه زیادی از نوسان پذیری (بخصوص از نظر مقدار بارندگی سالانه، شروع فصل بارانی و طول مدت فصل رشد مرطوب) است و این موضوع از نظر کشاورزی، در مقایسه با مناطق معتدله اهمیت بیشتری دارد. ماهیت و شدت بارندگی مناطق حاره، فصلی بودن را شدیدتر می‌کند (شکل ۶-۱۰). درصد زیادی از نزولات سالانه در طوفانهای سخت، یا بارندگیهای سنگین که طول مدت نسبتاً کوتاهی دارند، متمرکز شده است. شدت بارندگی زیاد است و مقادیر ۱۵۰ میلی متر باران در ساعت معمولاً زیاد است. برای مقایسه در مناطق معتدله شدت بارندگی فقط در موارد نادر، در مواقعی که طوفانهای تابستانه همراه با رعد و برق است، به نصف این مقدار می‌رسد. شدت زیاد درجه تأثیر نزولات مناطق حاره را کاهش می‌دهد، زیرا در این حالت بارندگی بیش از ظرفیت نفوذ سطحی



خاك است. در نتیجه تلفات در اثر رواناب سطحی بخصوص در زمینهای برهنه، باعث افزایش سیلابهای ناگهانی، در سطوح وسیع شده بدین ترتیب مانع از زهکشی خاك می شود. بارندگی بالاتر از ۲۵ میلی متر در ساعت، قابلیت فرسایش را افزایش می دهد و این مقدار معادل فشار فیزیکی ۲۵۰ تن آب در ساعت است. در نتیجه در این مناطق خطرات فرسایش خاك نسبت به مناطق معتدله مرطوب خیلی بیشتر است. کشاورزان مناطق حاره در معرض مشکلات مضاعف آب یعنی آب اضافی و کمبود آب در طول یک سال هستند. این مشکلات به وسیله باد شدید که همراه با سیکلونها و گردبادهای حاره‌ای، در فصل مرطوب و بادهای خشک کننده گرد و غباردار، در فصل خشک هستند حادث می شود.

#### جدول ۱-۱۰ - رژیم بارندگی مناطق حاره

##### حاره‌ای مرطوب

۱- میانگین نزولات سالانه بیش از ۲۰۰۰ میلی متر، تمام ماهها با حداقل ۱۰۰ میلی متر، فصل خشک محسوسی وجود ندارد.

۲- میانگین نزولات سالانه کمتر از ۲۰۰۰ میلی متر، هیچ فصل خشک مشخصی وجود ندارد؛ ولی چند ماهی میانگین نزولات کمتر از ۱۰۰ میلی متر می شود.

##### حاره‌ای نیمه مرطوب (مرطوب و خشک)

۱- میانگین نزولات سالانه ۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی متر، دو فصل بارانی و یک فصل کوتاه چند ماهه با کمتر از ۵۰ میلی متر

۲- میانگین نزولات سالانه ۱۵۰۰ تا ۶۵۰ میلی متر، دو فصل کوتاه بارانی به وسیله یک فصل خشک مشخص و یک فصل خشک کوتاه تفکیک می شود.

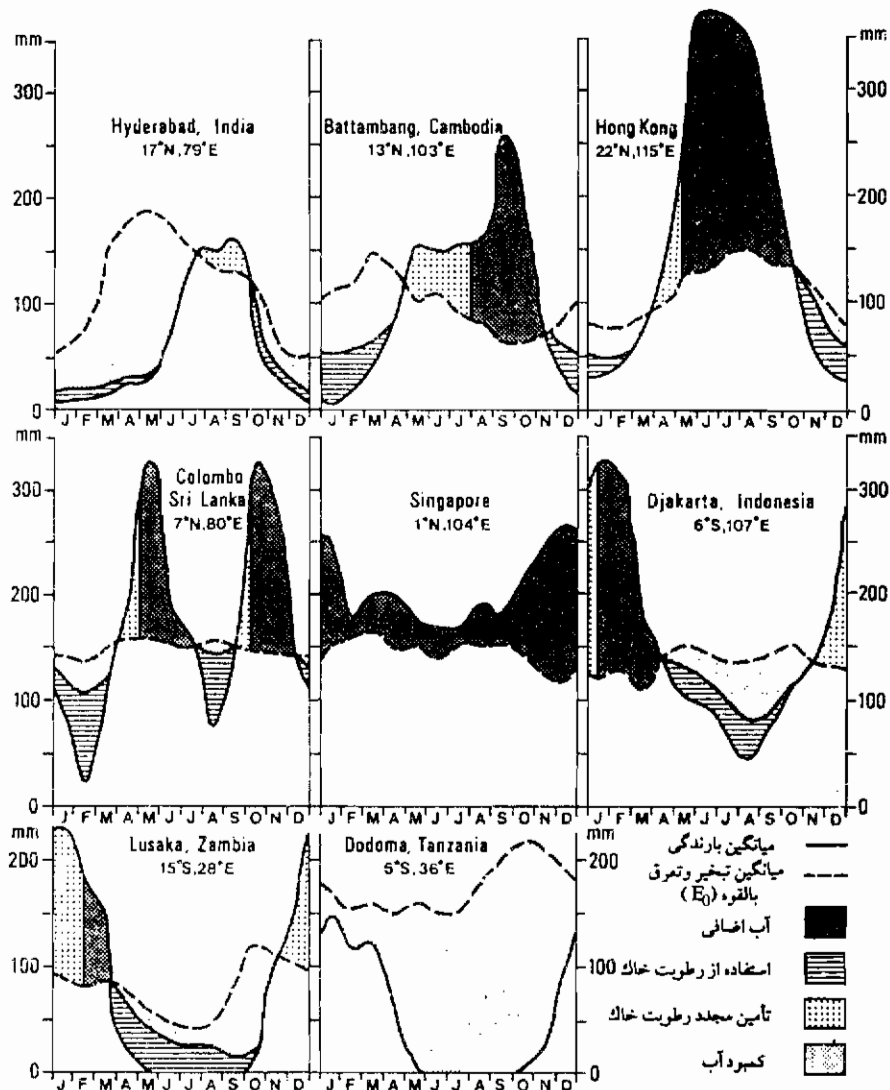
۳- میانگین نزولات سالانه ۱۵۰۰ تا ۶۵۰ میلی متر، یک فصل نسبتاً طولانی بارانی ۳ تا ۵ ماهه که هر یک بیش از ۷۵ میلی متر بارندگی دارند و یک فصل خشک طولانی

۴- میانگین نزولات سالانه ۶۵۰ تا ۲۵۰ میلی متر، یک فصل کوتاه بارانی ۳ تا ۴ ماهه، هر یک با بیش از ۵۰ میلی متر بارندگی و یک فصل خشکی طولانی موسمی حاره‌ای

میانگین نزولات سالانه بیش از ۱۵۰۰ میلی متر، یک فصل با بارندگی خیلی سنگین و یک فصل طولانی خشکی

##### حاره‌ای نیمه خشک یا خشک

میانگین نزولات سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی متر که در ۲ تا ۴ ماه متمرکز شده است.



شکل ۵-۱۰- رژیم آب خاک در مناطق حاره (رسم مجدد از نین ویت، ۱۹۷۵)

## تولید

با وجود ترکیب درجه حرارت و رطوبت نسبی بالا در طی فصل رشد، عملکرد گیاهان زراعی در مناطق حاره مرطوب، معمولاً در مقایسه با گیاهان زراعی مشابه، در مناطق غیر

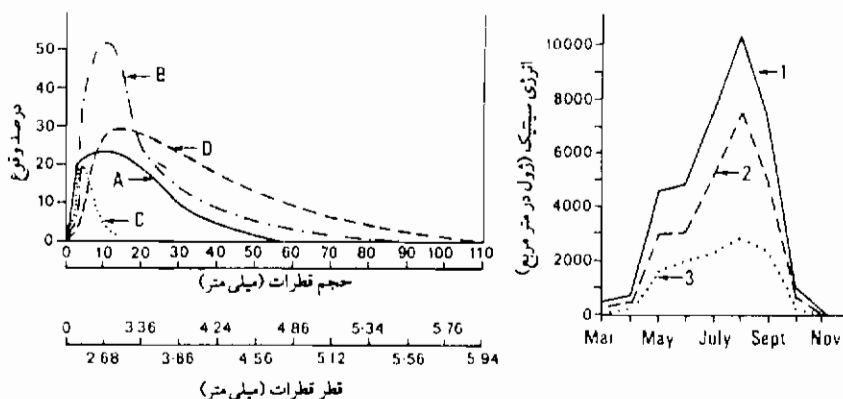
حاره ای کم و خیلی متغیر است (جدول ۲-۱۰). سیستم کشاورزی در این مناطق با تراکم کم و نزدیک به حالت معیشتی است. مقدار نهاده یعنی آب، کود، علف کش، آفت کش یا واریته های اصلاح شده با عملکرد بالا خیلی کم است. در نتیجه در مقایسه با مناطق با کشاورزی فشرده دنیا، عملکرد گیاهان زراعی بیشتر وابسته به شرایط محیطی طبیعی است. چهار عامل تعیین کننده اصلی عملکرد عبارتند از:

۱- عملکرد بالقوه ارقام مورد استفاده

۲- میزان رقابت علفهای هرز

۳- شدت آلودگی آفات و بیماریها

۴- پتانسیل تولید خاک



شکل ۶-۱- شدت بارندگی در سامارو، شمال نیجریه (a). توزیع اندازه قطرات باران،

A بارندگی نمونه، B بارندگی مرکب (طوفان و باران ریز)، C باران ریز، D باران سنگین، (b)

بارانرژی سینتیک رگبار در طی فصل مرطوب: ۱- کل بارندگی، ۲- باران فرساینده (بیش از ۲۰

میلی متر در هر بار وقوع، ۳- باران غیر فرساینده (از کوال و قسام، ۱۹۷۸)

### عملکرد بالقوه

عملکرد بالقوه اغلب گونه های بومی، بخصوص گیاهان زراعی یکساله در مناطق حاره کم است. البته این گیاهان در مدت زمان طولانی فرآیند اهلی شدن به دامنه وسیعی از شرایط محیطی، سازگاری پیدا کرده اند. در نتیجه گیاهان زراعی بومی، غالباً از تعداد زیادی اکوتیپ

تشکیل شده‌اند. بعلاوه بسیاری از این وارسته‌های بومی گیاهان زراعی، از نظر ژنتیکی بی‌نهایت متنوع هستند. در هر یک از جمعیت‌های گیاهی، ممکن است از نظر نوع رشد، واکنش به اقلیم، مقاومت به بیماری‌ها و عملکرد تفاوت داشته باشد. بنابراین معایب عملکرد بالقوه کم، می‌تواند تا حدودی در گیاهانی که از نظر ژنتیکی متنوع هستند، از طریق تضمین در مقابل مخاطرات محیطی جبران شود.

جدول ۲-۱۰- متوسط عملکرد غلات در مناطق حاره (۱۹۷۸ تا ۱۹۸۰)

عملکرد مناطق حاره	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	
	مناطق حاره	دنیا
برنج (شلتوک)	۲۰۱۴	۲۷۲۳
ذرت	۱۲۳۸	۳۱۲۴
سورگوم	۸۳۲	۱۳۴۶
ارزن	۵۴۶	۶۶۷
سایر گیاهان	۱۳۴۸	۱۸۷۳
جمع کل	۱۴۰۳	۲۱۵۲

(از نورمن و همکاران، ۱۹۸۴)

### علفهای هرز

علاوه بر مشکلات کشاورزی ناشی از شدت بارندگی‌های حاره‌ای، رشد زیاد علفهای هرز نیز مشکل‌آفرین است. تنوع گیاهان در مناطق حاره گرم و بخصوص مناطق مرطوب زیاد است و ذخایر گونه‌های علف هرز بالقوه زیاد است. در این مناطق رقابت با گیاهان زراعی شدید است و کاهش متعاقب عملکرد نسبت به دیگر مناطق دنیا خیلی بیشتر است. بسیاری از علفهای هرز مناطق حاره به شرایط خشکی شدید و سوزاندن سالانه زمینهای آیش، یا چراگاهها سازگارند. نه گونه از بدترین علفهای هرز دنیا در مناطق حاره یافت می‌شوند و عبارتند از:

(جگن)	Cyperus rotundus
(پنجه مرغی)	Cynodon dactylon
(سوروف)	Echinochloa crus - galli

	<i>Eleusine indica</i>
(قیاق)	<i>Sorghum halepense</i>
	<i>Imperata cylindrica</i>
	<i>Eichornia crassipes</i>
(خرفه)	<i>Portulaca oleracea</i>

شش گونه از آنها علفهای چمنی چند ساله هستند که از طریق ساقه‌های زیرزمینی یاریزوم رشد می‌کنند و بدین ترتیب ریشه کن کردن آنها مشکل است و بنیه و پراکنش آنها اغلب به وسیله قطع کردن و سوزاندن تحریک می‌شود. علفهای هرز انگلی نیز، بخصوص در خاکهایی که حاصلخیزی کم است و گیاهان میزبان کشت شده‌اند مشکلی جدی ایجاد می‌کنند. این علفهای هرز خصوصاً پایدار هستند، زیرا بذرهای آنها دوره رکود طولانی دارند و تا زمانی که گیاهان میزبان در خاک کشت شوند باقی می‌مانند. جدی‌ترین علفهای هرز انگلی گونه‌های مختلف گل جالیز (*Orobancha spp.*) است که در مناطق خشکتر بر روی گیاهان زراعی برگ پهن مانند: توتون، لوبیا، پنبه و بعضی از سبزیجات رشد می‌کند. علفهای انگلی دیگر گونه‌های مختلف علف جادو (*Striga spp.*) است که خصوصاً در آفریقا و آسیا یافت می‌شوند و عمدتاً علفهای چمنی و بعضی از غلات مانند: ذرت، سورگوم یا ارزن را آلوده می‌کنند. آلودگیها اغلب خیلی سنگین است. ریگلی (۱۹۸۱) دو میلیون بوته علف جادو در یک هکتار که معادل با ۳ تن وزن زنده بود گزارش کرده است. بنابراین جای تعجب نیست که نیمی از کار توسط کارگران در تولید محصولات زراعی مناطق حاره، به وجین اختصاص داده می‌شود. وسایل مکانیکی و شیمیایی کنترل علفهای هرز، برای اکثریت کشاورزان مناطق حاره هنوز خیلی گران است. در هر صورت کنترل مکانیزه می‌تواند فرسایش خاک را افزایش دهد و استفاده از علف کشها در مناطق معتدله، این خطر را دارد که با حذف علفهای هرز پهن برگ حساس تر، پراکنش علفهای هرز چمنی که قبلاً نادر بوده‌اند و رقیب سرسختی هستند و کنترل آنها مشکلتر و پرهزینه است تسهیل می‌گردد.

### آفات و بیماریها

در مناطق حاره آفات و بیماریهای گیاهان زراعی و دامها، بیش از مناطق دیگر متعددتر و اثرات ویران کننده تری بر روی تولیدات کشاورزی دارند. بطور کلی در حالی که ممکن است

بین پنج تا بیست حشره آفت عمده وجود داشته باشد که به گیاهان زراعی حمله کنند، هیل و والر (۱۹۸۵) اظهار می‌کنند بعضی از گیاهان زراعی نقدینگی مهم مناطق حاره (مانند: کاکائو، پنبه، قهوه) ممکن است در معرض ۵۰۰ تا ۷۰۰ حشره آفت باشند. برآورد شده است که تقریباً ۱۵ درصد از کل محصولات زراعی دنیا، در نتیجه آفات خسارت می‌بیند (و ۲۰ درصد تلفات، در طی انبارداری بعد از برداشت حادث می‌شود). تلفات گیاهان زراعی در مناطق حاره، برابر با ۵۰ درصد است (۲۰ درصد در طی عملیات زراعی و ۳۰ درصد در طی انبارداری). شرایط اقلیمی این مناطق بخصوص برای تکثیر سریع آفات، در طی فصل مرطوب مساعد است. حشرات و عوامل بیماری‌زا که چرخه زندگی خیلی کوتاهی دارند، می‌توانند در یک فصل چندین نسل به وجود آورند؛ در حالی که دوره خشک این مناطق شرایط مطلوبی را برای بقای اسپورها، لاروها و غیره فراهم می‌کنند. در واقع در مناطق حاره مرطوب، اغلب آفات بطور دائم تکثیر می‌یابند و در هر زمان می‌توان تمام مراحل رشد و نمو موجودات زنده را مشاهده کرد.

متأسفانه تخم و شفیره بسیاری از حشرات آفت، به حشره‌کشهای تماسی خیلی مقاوم هستند؛ در حالی که انتقال و تجزیه حشره‌کشها در مناطق حاره مرطوب سریعتر از مناطق دیگر است، بنابراین مصرف مواد شیمیایی در این مناطق در مقایسه با دیگر رژیمهای اقلیمی، کارایی خیلی کمتری دارد. هیل و والر (۱۹۸۵) نیز اشاره کرده‌اند که گیاهان زراعی حاره‌ای یکساله، با چرخه زندگی کوتاه‌تر بیشتر در معرض شیوع ناگهانی آفات هستند، زیرا دوره‌های مناسب رشد با دوره‌های نامناسب، برای تکثیر و رشد بعضی از آفات به صورت متناوب حادث می‌شود.

تک‌کشتی گیاهان زراعی نقدینگی در معرض کاهش جدی آفات و بیماریها هستند. مثالهایی در این رابطه، نابودی صنعت قهوه عربی در سریلانکا و درختان نارگیل در نیجریه است. به همین ترتیب دامها نیز در معرض خطر هستند و تعداد زیادی از حشرات بومی ناقل بیماری و عوامل بیماری‌زا به حشرات و عوامل بیماری‌زای وارداتی اضافه شده‌اند که می‌توان از بیماری پاو دهان گاو نام برد. بسیاری از بیماریهای گاو در مناطق حاره به وسیله کته‌ها که دو یا چند میزبان دارند منتقل می‌شوند که این عامل کنترل و حذف آنها را خصوصاً مشکل می‌کند. در بین مسری‌ترین و جدی‌ترین بیماریها، از وبای گاوی می‌توان نام برد که یک بیماری ویروسی است که از گاو میش آبی، به گاوهای اهلی سرایت می‌کند. دیگری بیماری

تربیانوزومیاویز (یا ناگانا) است که بیماری مشترک انسان و دام است و به وسیله گونه‌های مختلف مگس تسه تسه (*Glossina spp.*) منتقل می‌گردد. سه گروه مگس با زیستگاههای متفاوت مشخص شده‌اند: گونه *G. fusca* یا مگس جنگل، گونه *G. morsitans* یا مگس ساوانا و گونه *G. palepas* که بر خلاف دیگر گروهها، می‌توانند در ارتباط با انسان باشند. این موضوع بخصوص در جایی که کشاورزی دوره‌ای باعث تجدید پوشش گیاهی بوته‌ای و درختچه‌ای می‌گردد که محل ضروری برای تکثیر و پرورش تسه تسه است، بیشتر صادق است. در مناطق دیگر تراکم جمعیت انسان، منجر به پاک کردن جنگلها و حذف کامل آنها شده است. در حالی که با پاک کردن جنگل برای کشاورزی تسه تسه عقب نشینی می‌کند. اما هنوز مناطق خیلی وسیعی، بخصوص در آفریقا و آمریکای جنوبی وجود دارد که بجز در مورد گاوهای مقاوم به بیماریها مانند: نژادهای بومی نداما و موتورا مگس تسه تسه مانع توسعه بقیه نژادها می‌شود. کنترل و حذف بیماریهای دام در مناطق حاره، بخصوص در آفریقا بعلت تشابه زیستگاههای حیات وحش و دامهای اهلی مشکل است و این موضوع ذخایر طبیعی برای تکثیر بیماریها و آفات را تأمین می‌کند.

#### پتانسیل خاك

آن گونه که از پوشش طبیعی و بیوماس گیاهی خاکهای مناطق حاره‌ای مرطوب بر می‌آید؛ این خاکها از نظر کشاورزی زیاد حاصلخیز نیستند. عدم حاصلخیزی آنها برای کشاورزی چندان یکنواخت نیست. وضعیت عناصر غذایی و پتانسیل کشاورزی خاکها، در رابطه به یک اقلیم حاره‌ای مرطوب، با توجه به نوع مواد مادری، درجه هوازدگی و آبشویی، شرایط اقلیمی و روش مدیریت متغیر است. البته کشت و کار در این خاکها مشکل است و با مناطق معتدله، از نظر نوع و شدت این مشکلات متفاوتند. این امر تا حدودی به دلیل ویژگیهای ذاتی و تا حدودی به دلیل شرایط اقلیمی آنها می‌باشد (جداول ۳-۱۰ و ۴-۱۰).

وسیعترین و مشخصترین خاکهای مناطق حاره لاتوسولها هستند. این اصطلاحی کلی برای طیف متنوعی از خاکهای قرمز و زرد است که دارای زهکشی آزاد می‌باشند (یانگ، ۱۹۷۴b). خاکهایی که بر روی مواد مادری اسیدی به وجود می‌آیند (سنگهای آذرین اسیدی، ماسه سنگ و غیره) کم و بیش هوا دیده‌اند و شدیداً آبشویی شده‌اند و در نتیجه فاقد کانیهای قابل هوا دیدن در نیمرخ خاک هستند. نوع غالب رس معمولاً کائولینیت و اکسیدهای آهن و

آلومینیوم بی‌شکل است و ظرفیت تبادل کاتیونی و ویژگیهای نگهداری آب خاک پائین است. در واقع علیرغم محتوای زیاد رس در بسیاری از خاکهای مناطق حاره، دانه بندی ریز که در نتیجه اکسیدهای آهن حاصل می‌شود، باعث تشکیل ساختمان جبه‌ای «شن مانند» ریزی می‌شود که زهکشی آزاد و کشت و کار را تسهیل می‌کند. معمولاً لاتوسولها از نظر واکنش، متوسط تا شدیداً اسیدی هستند و قابلیت بافر شونگی زیادی دارند و خصوصاً از نظر کلسیم و فسفر با کمبود مواجهند. در محیط اسیدی خاک، کلسیم و فسفر به شکل غیر قابل دسترس تثبیت می‌شوند. بعلاوه آلومینیوم قابلیت حرکت پیدا می‌کند و به سطحی از مسمومیت می‌رسد که بجز در مورد گیاهان مقاوم به آلومینیوم، برای بقیه گیاهان سمی می‌شود.

جدول ۳-۱ - رابطه انواع لاتوسولها با عوامل محیطی

مواد مادری		اقلیم
اسیدی (شدیداً هوادیده)	اسیدی (سیلیسی یا حد واسطه)	
بازی (غنی از کانیه‌های فرومیزیم)		
<b>جنگل بارانی</b>		
فریسولهای شدیداً آبشویی شده* ۱۸۰۰ میلی متر فریسولها ۹۰۰ میلی متر خاکهای قهوه‌ای غنی از عناصر محلول		(میانگین بارندگی سالانه بیش از ۱۵۰۰ میلی متر) خاکهای آبشویی شده آهن دار  (میانگین بارندگی سالانه بین ۶۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی متر) خاکهای آهن دار آهن دار
فریسولهای هوموس دار		حاره‌ای با ارتفاع زیاد از سطح دریا (میانگین بارندگی سالانه بیش از ۱۵۰۰ میلی متر)
خاکهای هوموس دار دارای آهن لاتوسولهای هوموس دار		

\* فاکتور تشکیل خشکی مهم است: سطوح فرسایش با موجهای ملایم می‌باشد.

(از یانگ، ۱۹۷۴a)

فقرترین لاتوسولها فرالیت‌های هوا دیده یا لاتوسولهای فلاتی هستند که از مشخصه سطوح قدیمی فرسایش شده در فلاتهای مرتفع ساواناهای آفریقا و آمریکای جنوبی هستند. آنها



ساختمان خوبی ندارند یا توده ای هستند و اغلب با بافت شنی می باشند. با کشاورزی روی آنها در پایان فصل خشک، سخت و سیمانی می شوند. بهترین لاتوسولها برای کشاورزی بازسولها هستند که از مواد مادری غنی از بازها، بخصوص سنگهای آذرین بازی و فوق بازی غنی از کانیهای فرومیزیم به دست آمده اند. در این مورد خاک معدنی ممکن است حاوی مقدار مناسبی، کانی قابل هوادهی باشد که ذخیره ای از عناصر معدنی فراهم می کند و جزء رس آن مقدار زیادی مونت موریلونیت دارد. در نتیجه ظرفیت تبادل کاتیونی و نگهداری آب، نسبت به لاتوسولهای فقیرتر بیشتر می باشد و آبشویی خیلی شدید نیست. در حالی که فرالیت های فلاتی، غالباً کشت و کار نمی شوند و دارای پوشش گیاهی فقیر، از نوع ساوانای علف چمنی هستند، بازسولها برای کشت خالص گیاهانی مانند: چای، قهوه و پنبه استفاده می شوند و نیاز بیشتری به عناصر غذایی دارند. در تمام لاتوسولها، میزان ماده آلی و در نتیجه محتوای ازت پایین است. مقدار آن در خاکهای کشت نشده تابعی از نوع پوشش گیاهی و حجم سالانه تولید اضافات گیاهی است و به ۳ تا ۵ درصد در جنگلهای بارانی مرطوب مناطق پست، ۲ تا ۳ درصد در ساوانای مرطوب، ۱ تا ۲ درصد در ساوانای خشک می رسد. افقهای لاتریت (بعضی اوقات سنگ آهن، فریکریت و مورین نامیده می شوند.) در بیشتر انواع لاتوسولها وجود دارد و به گفته بانگ (۱۹۷۴) در ۵ تا ۱۰ درصد از خاکهای مناطق حاره مرطوب دیده می شود. از نظر ضخامت می توانند از ۳ تا ۳۰ متر برسند. این افقها عمدتاً دارای اکسیدهای آهن و آلومینیوم هستند که از ۸۰ تا ۹۰ درصد  $Fe_2O_3$  تا بیش از ۶۰ درصد  $Al_2O_3$  (بوکسیت) متفاوت است و بدین ترتیب لاتریت معمولاً خیلی سخت است و در واقع به خاک شباهت ندارد و بیشتر شبیه سنگ است. این افق می تواند توده ای با ساختمان سلولی یا متخلخل باشد، به صورت گره ای با درجات مختلف سیمانی شدن، یا می تواند سنگ آهن دار باشد. بعضی رسوبات محدود لاتریت نرم است و با در معرض هوا قرار گرفتن سخت می شوند؛ اما این حالت استثنا است. افقهای لاتریتی، می توانند عمق خاک و نفوذ ریشه را بطور جدی محدود کنند. خاکهای بالای این افقها در فصل خشک سرعت دچار کمبود آب شده در فصل مرطوب سرعت اشباع می شوند. در جاهایی که در اعماق کم و زیر زمین های نسبتاً مسطح که زهکشی سطحی ضعیفی دارند، می توانند سیلابهای زیادی را باعث شوند. خاکهایی غیر از لاتوسولها و آنهایی که ارزش کشاورزی زیادی دارند در مناطق حاره مرطوب نسبتاً محدود است. دو نوع از مهمترین خاکها از نظر زراعی ورتیسولها و خاکهای الویال هستند. ورتیسولها (در ابتدا

گروموسولها نامیده می‌شدند) رسهایی با رنگ تیره و دارای شکاف و ترک هستند که پنبه سیاه یا خاک سیاه می‌نامند و در دکن هند به خاکهای رگور و در استرالیا به رس جیلگای معروف هستند. این نوع خاکها در مناطق حاره عمدتاً در اقلیمهای مرطوب و خشک مشاهده می‌شوند و پوشش گیاهی آنها از جنگلهای نیمه برگ ریز تا علف زارهای ساوانا متفاوت است. به علت محتوای زیاد رس، ظرفیت نگهداری آب آنها نسبتاً بالا است؛ اما نفوذ پذیری و هدایت آب در این نوع خاکها خیلی کم است. بنابراین آبشویی محدود می‌شود و کلسیم و منیزیم کاتیونهای غالب هستند و سدیم اغلب باندازه کافی وجود دارد. سفت شدن کربنات کلسیم کم و بیش در سرتاسر نیمرخ خاک وجود دارد. واکنش خاک تا حدودی قلایی با PH برابر با ۷/۵ تا ۸/۵ است. دامنه ثبات خاک کم است، یعنی زمانی که خشک بشود خیلی سخت است و زمانی که مرطوب شود سرعت به وضعیت پلاستیک می‌رسد و در واقع زمانی که یک مالچ سطحی داشته باشد، ترد و شکننده می‌شود.

جدول ۴-۱۰- ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی انواع عمده لاتوسولها

فراسولها	فرالیتیک	فرالیتیک	فراسولها
آهن دار	فرالیتیک	فرالیتیک	بازیسولها
(متداولترین فریسولها)	هوادیده	خیلی عمیق	عمیق
عمق تا	سنگ هوا دیده	۲ تا ۵ متر	بیش از ۱۰ متر
درصد	ماده آلی	۱ تا ۲ درصد	۲ تا ۵ درصد
PH	۶/۵ تا ۵/۵	کمتر از ۵/۵	۷/۵ تا ۸/۵
اشباع بازی	۴۰ تا ۹۰ درصد	کمتر از ۲۰ درصد	-
ظرفیت تبادل (میلی)	۲۵ میلی اکوالانت	کمتر از ۲۰ میلی	-
اکوالانت)	در ۱۰۰ گرم	اکوالانت در ۱۰۰ گرم	-
کانی رس	کائولینیت نسبتاً آبشویی شده بامقداری ایلیت و	عمدتاً کائولینیت با آکومینیوم و آهن آزاد	کائولینیت
مونت موریلونیت			غنی از فرومنیزیم

تشخیص ورتیسولها وجود رس مونت موریلونیت زیاد در آنها است (۴۰ تا ۹۰ درصد) که انقباض شدید آن می تواند باعث خود مالچی سطح خاک شود. زمانی که این خاکها خشک می شوند، سخت و چسبنده شده انقباض باعث تشکیل شکافها و ترکهای عمودی عمیقی در آنها می شود. با عمل انقباض خاکها به سهولت خشک شده همزمان شکافها عریض و عمیق می شوند. در همین زمان خاک سطحی به صورت ساختمان دانه ای، یا به صورت مالچ در می آید و ممکن است ضخامتی برابر ۲ سانتی متر به دست آورد و سطح خاک مسدود می شود و ترکها را پر می کند. در طی فصل بارانی جذب غیر یکنواخت آب، به وسیله ماده مالچی، بخصوص در شکافها و ترکهای عمیق باعث تورم غیر یکنواخت و در نتیجه حرکت عمودی و افقی خاک می شود. این امر باعث تشکیل یک سطح ناهموار و نامنظم و شکافهایی در خاک می شود که نه تنها حرکت آب را تسهیل نمی کند، بلکه مانع از حرکت آن هم می شود.

حاصلخیزترین خاکها در مناطق حاره (که قادر به حمایت متراکمترین جمعیتهای کشاورزی در دنیا هستند) بدون شک خاکهای الویال در زمینهای پست کرانه رودها، در مناطق موسمی آسیاست. از یک طرف ارزش و استعداد آنها از نظر کشاورزی، رابطه نزدیکی با ترکیب شیمیایی و فیزیکی مواد تشکیل دهنده آنها دارد و از طرف دیگر رابطه نزدیکی با رسوبات سالانه که در طی اوج فصل مرطوب و در طی طغیان سیلابها در دشتهای صورت می گیرد، خواهد داشت. بهره برداری و عملکرد بالقوه آنها، رابطه نزدیکی با طول مدتی که غرقاب می شوند و عمقی که از سیلاب اشباع می شوند دارند. این خاکها اساس کشت و کار برنج شلتوک در آسیا هستند و در فصل بعدی مفصلتر بحث خواهد شد.

اهمیت حفظ حاصلخیزی، یا افزایش آن در خاکهای مناطق حاره کمتر از اهمیت حاصلخیزی کم آنها نیست. تحت شرایط طبیعی بیشتر عناصر غذایی در این اکوسیستمها، در بخش بیوماس گیاهی متمرکز است و تجزیه سریع تحت شرایط اقلیمی مرطوب، باعث حفظ مقادیر کمتری ماده آلی در این خاکها، در مقایسه با خاکهای مناطق معتدله مرطوب می شود. همچنین به دلیل ظرفیت کم تبادل کاتیونی، کانیهای رس در بسیاری از خاکها، ذخیره عناصر غذایی قابل دسترس، در خاکهای مناطق حاره در مقادیر کمی ماده آلی متمرکز است که عمدتاً در ۲۰ سانتی متری فوقانی نیمرخ خاک وجود دارند. عملیات زراعی خاک را به صورت برهنه، در برابر اثرات کامل شرایط اتمسفری قرار می دهد. درجه حرارت سطح و زیر خاک افزایش می یابد و سرعت تجزیه مواد آلی تسریع می شود. در واقع ۴۰ درجه سانتی گراد گرمای خاک معمول

است و گاهی می‌تواند به ۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد. البته بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد، حرارت برای رشد گیاهان زراعی بیشتر از حد مطلوب شده و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد. حذف پوشش گیاهی قبلی، مقدار نزولاتی را که به گیاه برخورد می‌کند کاهش می‌دهد و بدان وسیله شدت آبیاری، یا مقدار رواناب سطحی را افزایش می‌دهد. برخورد بارندگی با شدت زیاد بر خاک برهنه، باعث شکستن ساختمانهای سطحی می‌شود، خلل و فرج ریز را پر کرده و سله‌های سطحی بیشتر می‌شود. بسیاری از لاتوسولها و ورتیسولهای فقیرتر مستعد سخت شدن هستند و در نتیجه در اثر نور خورشید و یا فشردگی، نفوذ ناپذیر می‌شوند. اگر این عمل قبل از برداشت اتفاق بیفتد، محصول خسارت می‌بیند. تخریب خاک در نتیجه کاهش مواد آلی و تلفات ساختمان سطحی، باعث افزایش بیشتر خطر فرسایش خاک در مناطق حاره مرطوب در مقایسه با مناطق معتدله می‌شود، زیرا فرساینده‌های بارانهای مناطق حاره خیلی بیشتر است (جدول ۵-۱۰ a, b). بعلاوه تلفات حاصله از همین مقدار خاک فوقانی بطور متناسب، باعث تخلیه بیشتری از عناصر غذایی خاک، در مناطق حاره می‌شود و بویژه برای خاکهای سنگریزه دار کم عمق این موضوع جدی است. لل (۱۹۸۴) اظهار کرده است که تلفات ۵۰ تن خاک در هکتار، باعث کاهش عملکرد ذرت بمیزان ۵۶ درصد در یک شیب ۱۵ درصد، ۱۴ درصد در شیب ۱۰ درصد و ۸ درصد در شیب ۱ تا ۵ درصد می‌شود. لل و گرین‌لند (۱۹۷۹) پیشنهاد کرده‌اند که در اکثریت لاتوسولها در مناطق حاره مرطوب، در حقیقت کشت و کار برای تولید محصولات زراعی زیان‌آور است و سیستمهای بدون شخم همراه با ایجاد مالچ، روشهایی هستند که مناسب بهتری برای حفاظت خاک در این مناطق دارند.

جدول ۵-۱۰ (a) - رواناب سالانه به صورت درصد بارندگی در کواداسواجورا

رواناب (%)			
۱۹۷۶	۱۹۷۵	۱۹۷۴	
			شیب ۳ درصد
۳۶٫۴	۳۸	۳۵٫۸	آیش میاه
۵۱٫۱	۳٫۷	۴٫۶	کشت درهم
			شیب ۷٫۵ درصد
۴۹٫۸	۳۴	۴۸	آیش میاه
۱۳٫۲	۱۴٫۹	۱۲٫۴	کشت درهم

(از آینا و همکاران، ۱۹۷۹)

جدول ۵-۱۰ (b) - تلفات خاک در کواداسو و اجورا

تلفات خاک (تن در هکتار در سال)			
			شیب ۳ درصد
۱۸/۳	۱۹/۷	۱۸/۳	آیش سیاه
۲/۵	۱/۳	۲/۵	کشت درهم
			شیب ۷/۵ درصد
۳۱۳	۱۸۷/۱	۱۰۰/۱	آیش سیاه
۳۳/۵	۲۰/۳	۲/۳	کشت درهم

(از آینا و همکاران ، ۱۹۷۹)

#### چرخه های عناصر غذایی و حفظ حاصلخیزی خاک

در مناطق حاره مرطوب تولید گیاهان زراعی یکساله ، عمدتاً بدون مصرف کودهای آلی ، یا معدنی صورت می گیرد . تولید گیاهان علوفه ای و استفاده از کود دامی استثناست و در حقیقت تلفیق کمی از دام و زراعت وجود دارد . در بعضی مناطق که دامهایی مانند گاو ، بز و گوسفند نگهداری می شوند ، کود آنها معمولاً برای سبزیجات ، یا جایی که کمبود چوب وجود دارد ، اغلب به عنوان سوخت استفاده می شود . در مناطق جنگلی حاره ای خیلی مرطوب مگس تله تله مانع از نگهداری گاو می شود . در مناطق ساوانای نیمه مرطوب دامها و بنابراین مدفوع آنها در سطح گسترده ای روی مناطق غیر زراعی بطور طبیعی پخش می شود و لذا اثر آن بر روی حاصلخیزی خاک بطور قابل توجهی ، کاهش می یابد . بعلاوه هزینه کودهای معدنی و دیگر نهاده ها برای اکثریت کشاورزان معیشتی عامل محدود کننده است . درجه تأثیر کودهای معدنی به تنهایی به دلیل رقابت زیاد علفهای هرز و شدت آبیویی می تواند کم باشد . بنابراین لازمه حفظ حاصلخیزی خاک اعمال مدیریت بنحوی است که یک دوره کشت و کار و تخلیه عناصر غذایی با یک دوره استراحت خاک و تشکیل طبیعی عناصر غذایی همراه باشد . این کار اساس سیستمهای عملیات زراعی آیش است که بطور گسترده ای در سرتاسر مناطق حاره مرطوب و خشک عمل می شود (روتنبرگ ، ۱۹۸۰) .

بین سیستمهای آیش گسترده و فشرده معمولاً اختلافی وجود دارد . آیش گسترده در عملیات زراعی دوره ای و حالت دوم با آیش بوته ای یا ساوانا (یا علف چمنی) همراه است .

### عملیات زراعی دوره ای

کشت و کار دوره ای هنوز بطور گسترده‌ای به عنوان یک سیستم زراعت، در جنگلهای بارانی مرطوب آمریکای جنوبی، آفریقا و جنوب شرقی آسیا رواج دارد. ۳۰ درصد از خاکهای قابل زراعت مناطق حاره با سیستم دوره ای کشت و کار می‌شود (ریگلی، ۱۹۸۱). در این رابطه عمل پاکسازی درختان صورت می‌گیرد و درختان قطع شده در فصل خشک سوزانده می‌شوند. خاکستر آنها ذخیره‌ای را از عناصر غذایی سهل الوصول فراهم می‌کند و گیاهان زراعی به کمک ادوات چوبی که با آن زمین را حفر می‌کنند و حداقل بهم خوردگی خاک صورت می‌گیرد، در شروع فصل بارانی کشت می‌شوند. مخلوطی از گیاهان زراعی با دوره‌های مختلف رشد، نیازهای غذایی و ارزش غذایی متفاوت از جمله: ذرت، یا برنج، کدو، کاساوا، موز، لوبیا و انواع متنوعی از سبزیجات کشت می‌شوند. این امر عرضه مداومی از غذا را در سرتاسر سال به وجود می‌آورد و همیشه پوشش گیاهی کامل و حفاظت‌کننده‌ای وجود دارد. بعد از حدود سه سال زراعت، عملکرد شروع به کاهش کرده رشد درختان غلبه می‌کند و بدین ترتیب زمین رها شده کشاورز به منظور پاک کردن و کشت و کار به بخش دیگری از جنگل کوچ می‌کند. احیاء مجدد جنگل در زمین رها شده سریع است و ظرف ۱۰ سال درختانی تا ارتفاع ۱۵ متر تولید می‌شوند و گمان می‌رود این مدت طول مدت زمان لازم، برای برگرداندن وضعیت عناصر غذایی تخلیه شده به وسیله ۳ سال زراعت باشد. البته مدت زمان بین کشت و کار متوالی یک قطعه زمین، با تراکم جمعیت فرق می‌کند.

### کشت و کار آیش

کشت و کار آیش بخودی خود با کشت و کار دوره ای تفاوت دارد، زیرا در حالت اول شخم به وسیله کج بیل انجام می‌شود و سطح زیر کشت معمولاً زیاد است. مدت زمانی که زمین به صورت آیش رها می‌شود، کوتاهتر است و جوامع کشاورز ساکن هستند. در سرتاسر مناطق حاره مرطوب و نیمه مرطوب انواع مختلف آیش وجود دارد. معمولاً بین آیش بوته‌ای که بیشتر در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب بخصوص در غرب آفریقا و جنوب شرقی آسیا و اغلب همراه با کشت درختان است، با آیش علف چمنی که عمدتاً در محیطهای ساوانای آفریقا مشاهده می‌گردد، اختلاف زیادی وجود دارد. برعکس کشاورزی دوره‌ای، پوشش گیاهی

آیش در پایان فصل خشک سوزانده شده عملیات کاشت بعد از شروع بارندگی، یعنی زمانی که خاک باندازه کافی مرطوب است انجام می شود. در رژیم اقلیمی خشکتر، ترکیب گیاهان زراعی با سورگوم و یا ارزن، یام و بقولات (بادام زمینی، سویا و یا نخود معمولی) عوض می شوند. برای ایجاد عمق کافی برای توسعه غده ها و اجتناب از رقابت با علفهای چمنی چند ساله ساوانا، گیاهان زراعی، روی خاکریزها یا پشته ها کاشته می شوند. در ساواناهای خشکتر و عاری از تله تله علفهای چمنی و کاه و کلش گیاهان زراعی و زمین آیش معمولاً یا به وسیله دامهای جوامع کشاورز، یا عمدتاً به وسیله جوامع شبانی چادر نشین، یا نیمه چادر نشین چرانده می شوند. مدت زمان آیش بوته ای، یا آیش علف چمنی بسته به پتانسیل خاک و یا نزدیکی به دهکده، در جوامع قبیله ای فرق می کند. در آیش بوته ای خاکهای بهتر برای تناوب با آیش کوتاه استفاده می شوند و خاکهای فقیرتر برای سیستم آیش طولانیتر مورد استفاده قرار می گیرد. در آیش علف چمنی زمینهایی که نزدیک به محل استقرار جوامع کشاورز هستند، در مقایسه با زمینهایی که دورتر هستند بطور فشرده تری مدیریت می شوند.

طول مدت آیش تا حد زیادی به وسیله تراکم جمعیت نیز تعیین می شود و در سرتاسر مناطق حاره بویژه در آفریقا و جنوب شرقی آسیا افزایش جمعیت همیشه همراه با کاهش مدت زمان آیش بوده است. در گامبیا آیش طولانی مدت بوته ای که قبلاً ۳۰ سال طول می کشیده است، در عرض سه دهه به سه سال کاهش یافته است. با کوتاه شدن مدت آیش، استقرار مجدد ساوانا محدود شده و آیش علف چمنی به ناچار جایگزین آیش بوته ای می شود. در مناطقی که علف زارهای خشک تر وجود دارد استراحت زمین به صورت آیش برای جبران تلفات مرکب سیستم که ناشی از زراعت و چرای دام است، کافی نیست. در نهایت خاک می تواند در حدی که تولید خیلی کمی داشته باشد حفظ شود و معمولاً در معرض تخریب است و بسرعت به فرسایش خاک حساس می شود.

آلودگی و رقابت علفهای هرز مشخصه تمام سیستمهای آیش است و مهمترین عامل کاهش عملکرد است. علفهای هرزی که در زمینهای زراعی وارد می شوند، حفظ شده با کاهش حاصلخیزی در پوشش گیاهی آیش تکثیر یافته زیاد می شوند. البته بعضی از محققین اظهار می کنند که علفهای هرز ممکن است، یک نقش مثبت و همچنین یک نقش منفی در حفظ حاصلخیزی و کاهش فرسایش داشته باشند. سایه و اضافات علفهای هرز می تواند خاک را، از در معرض خورشید قرار گرفتن، حفظ کند. بسیاری از علفهای هرز ریشه عمیقی داشته و

می‌توانند عناصر غذایی را از اعماق خاک مجدداً وارد چرخه‌ها بکنند. گروهی دیگر تثبیت کننده‌های با ارزشی برای ازت هستند. بعلاوه، تنوع گونه‌های گیاهی که علفهای هرز هم شامل آن می‌شوند، به حفظ توازن بین حشرات آفت و شکارچیهای آنها بهتر از سیستمهای تک کشتی عاری از علف هرز کمک می‌کنند.

### کشت مداوم

کشت ممتد در مناطق آپلند (یعنی بدون آبیاری) همراه با آیش کوتاه مدت، یا بدون آیش در مناطقی که جمعیت زیاد است و یا بارندگی زیاد و فصل بارانی طولانی است و ذخیره آب مناسبی دارند، بیشتر متداول است. این سیستم از دیر باز در کشت و کار فشرده سبزیجات حاره‌ای و کشت و کار برنج در چین متداول بوده است و مقدار زیادی مواد زائد آلی از جمله فضولات انسانی به کار برده می‌شود یا در بخشهایی از جنوب شرقی آسیا با استفاده از خاکهای غنی حاصل از مواد آتشفشانی دو یا چند محصول در سال امکان پذیر است. کشاورزی دائمی از خصوصیات مناطقی با جمعیت متراکم، بویژه در هند است که با فشار بر منابع محدود خشکی، این نوع کشاورزی در حال افزایش است. حفظ تولیدات کشاورزی بدون مصرف عناصر غذایی و بدون دوره آیش، برای بازگرداندن حاصلخیزی مشکل است. این سیستم باید براساس تناوب زراعی کاملاً متوازن استوار باشد.

### ترکیب گیاهان زراعی

تنوع گیاهان زراعی در یک زمین مشخص در طی فصل رشد ویژه کشاورزی حاره‌ای است. یک قبیله در زیر ۸۰ واریته از ۳۰ گونه گیاه زراعی کشت می‌کند (اوکیگو و گرینلند، ۱۹۷۶). هدف اکثریت مزارع در مناطق حاره‌ای مرطوب تا حد امکان، تولید منبع غذایی زیاد و مطمئن است. به این منظور مخلوطی از گیاهان زراعی که بیشترین درآمد ممکن را از مقدار مشخصی زمین، در طی فصل رشد کسب کند کشت می‌گردد. هدف دیگر کاهش خطر عدم موفقیت گیاه زراعی، در ارتباط با تغییرات اقلیمی و کاهش تکثیر آفات و بیماریهای گیاهان زراعی، از طریق استفاده از واریته‌های مقاوم به خشکی و یا بیماری همراه با روشهای کاشت تأخیری و یا مرحله‌بندی شده است. اگر روشهای زراعت با ایجاد پوشش مداوم خاک،



فرسایش آن را به حداقل برسانند و استفاده از عناصر غذایی و آب را به حداکثر برسانند و حاصلخیزی خاک به وسیله تناوب زراعی حفظ شود، این اهداف موفقتر خواهد بود.

ترکیب سه عامل بیوفیزیکی، شامل اقلیم منطقه‌ای، شرایط خاک و نوع گیاه زراعی بر نوع زراعت مؤثرند. ترکیباتی که در مناطق حاره مرطوب غالب است، شامل ذرت و یا برنج، سیب زمینی شیرین، موز، کدو، کاساوا و یام و درختان زراعی (نخل روغنی، کاکائو، کائوچو) است. با افزایش طول مدت فصل خشک، این ترکیب به صورت سورگوم و ارزن، یام و یا کاساوا، و بقولات مانند: بادام زمینی، نخود معمولی، سویا، لوبیا و غیره تغییر می‌کند. در محدوده یک اقلیم وسیع، سیستم زراعی ممکن است با ویژگیهای فیزیکی، یا شیمیایی خاک فرق کند. خاکهای سنگینتر با نگهداری آب بیشتر، توازن بین یام و کاساوا یا مقاومت به خشکی را تعیین می‌کنند در حالی که گیاهان زراعی نیازمندتر مانند: ذرت و سورگوم در مقایسه با ارزن در خاکهایی با عناصر غذایی بیشتر کشت می‌شوند. بعلاوه ویژگیهای فنولوژیکی شکل رشد و نیازهای محیطی یک گیاه زراعی، یا وارته‌ای سازگاری ارقام و توانایی آنها را برای شرکت موفقیت آمیز در مخلوط گیاهان زراعی تعیین می‌کنند. بعلاوه ترکیبات گیاهان زراعی ممکن است، تابعی از مرحله توسعه سیستم زراعی، یا تابعی از اهمیت نسبی گیاهان نقدینگی و غذایی، یا اهمیت نسبی درختان و گیاهان زراعی باشد. در مخلوطهای موفق از گیاهان زراعی، این گیاهان نیازهای متفاوت و تکمیل کننده‌ای از خاک دارند و نقشهای متفاوت و تکمیلی به عهده دارند و زیستگاهها و یا نیچه‌های متفاوتی را در یک اکوسیستم زراعی خاص، اشغال می‌کنند.

در مناطق حاره مهمترین گیاهان زراعی غلات، سورگوم و ارزن هستند که نیازهای حرارتی آنها فقط در این مناطق برآورده می‌شوند. ذرت و برنج به دامنه وسیعتری از درجه حرارت سازگاری دارند (جدول ۶-۱۰ را ملاحظه کنید). ذرت و برنج در طی دوره رشد خود، نیاز زیادی به آب دارند. هر دو کمبود آب را تحمل نمی‌کنند در حالی که ذرت بهترین عملکرد را زمانی دارد که درجه حرارت بالا همراه با رطوبت نسبی بالا باشد. سورگوم و ارزن با دوره رشد کوتاهتر به آب کمتری نیاز دارند و می‌توانند درجه حرارتهای بالا را تحمل کنند، درحالی که سورگوم نسبت به ارزن به خشکی سازگاری بیشتری دارد. البته ارزن بهتر قادر است با بارندگی خیلی کم و در خاکهای خیلی ضعیفتر در مقایسه با سورگوم، عملکرد داشته باشد. غلات چرخه‌های رشد محدود نسبتاً کوتاهی دارند و اغلب اولین گیاهان زراعی هستند

که کاشته می‌شوند، زیرا زود می‌رسند، از بارندگی کوتاه مدت در ابتدای فصل استفاده می‌کنند و نسبت به بسیاری از گیاهان زراعی نیاز بیشتری به عناصر غذایی دارند و آنها را می‌توان به عنوان محصول سریع‌الرشد، نزدیک به پایان فصل بارانی کشت کرد. رشد قائم بعضی غلات، چون سورگوم در مخلوطهای سورگوم-یام قیم خوبی برای گیاه زراعی است. بعلاوه رطوبت کافی امکان تولید پنجه را در سورگوم پس از برداشت محصول فراهم می‌سازد و این موضوع باعث تولید محصول، از بقایای باقیمانده گیاه در خاک می‌شود که به آن، راتون‌گویند. از محصول حاصله برای موارد مختلفی، از جمله غذای دامها می‌توان استفاده کرد.

**جدول ۶-۱۰ - غلات عمده در چهار منطقه از نظر بارندگی در غرب آفریقا**

منطقه	میانگین بارندگی سالانه (میلی متر)	طول فصل رشد (روز)	گیاهان زراعی عمده	گیاهان زراعی درجه دوم
A	۳۵۰	۶۰	SS ارزن	-
B	۵۵۰	۱۰۰	SS، MS سورگوم	SS سورگوم
			MS ارزن	SS ارزن
C	۸۰۰	۱۲۰	MS، LS سورگوم	SS ذرت
			MS، LS ارزن	SS سورگوم
				SS ارزن
D	۱۰۰۰	۱۴۵	LS ذرت	SS ذرت
			LS سورگوم	SS سورگوم
			LS ارزن	SS ارزن

SS، MS، LS = به ترتیب ارقام زودرس، متوسط رس و دیر رس

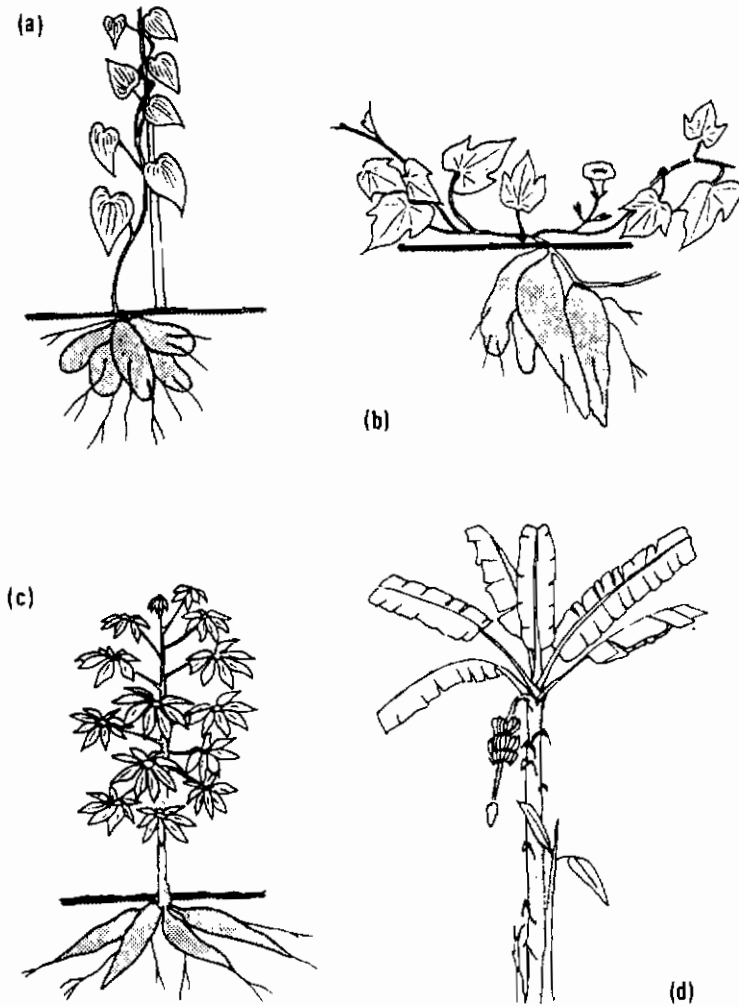
(از نورمن و همکاران، ۱۹۸۴)

در بخشهایی از مناطق حاره خیلی مرطوب که فصل خشک محسوسی وجود ندارد، گیاهانی مانند موز، یا گیاهان ریشه‌ای غده‌ای مانند یام و کاساوا که فصل رشدی برابر با یک سال دارند، جایگزین غلات می‌شوند (شکل ۷-۱۰ را ملاحظه کنید). موز یکی از مهمترین غذاها و محصولات صادراتی مناطق حاره مرطوب است. موز به آسانی مستقر می‌شود و ۱۲

ماه بعد از کاشت میوه تولید می‌کند و در سرتاسر سال میوه دهی ادامه دارد. تعداد زیادی از واریته‌های موز، به دامنه وسیعی از شرایط خاک سازگاری دارند به شرط این که خاک دارای زهکشی خوبی باشد. نیازهای اقلیمی میانگین درجه حرارت ماهانه بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد و همراه با بارندگی و رطوبت نسبی زیادی است. یام (با دوازده گونه با ارزش از نظر غذایی) و کاساوا نیاز به بارندگی زیاد و فصل رشد طولانی دارند. رسیدگی یام بین ۶ تا ۱۲ ماه طول می‌کشد و می‌تواند در پایان فصل مرطوب برداشت شود یا در زمین برای ۱۲۰ روز بدون اتلاف وزن یا زیان باقی بماند. کاساوا که غده‌های آن بین ۶ تا ۱۲ ماه یا بیشتر می‌رسد با توجه به تعداد واریته‌های آن نسبت به یام دامنه اقلیمی وسیعتری دارد. در مناطق حاره که میانگین بارندگی سالانه بیش از ۵۰۰ میلی‌متر دارند کاساوا از سطح دریا تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری رشد می‌کند. بعلاوه کاساوا با داشتن سیستم ریشه‌ای طویل و توسعه یافته، قادر به تحمل یا گریز از خشکی است و در خاکهایی با عناصر غذایی خیلی کم محصول خوبی تولید می‌کند.

سومین گروه مهم گیاهان زراعی حاره‌ای که منبع مکمل انرژی و بویژه پروتئین و چربی هستند بقولات می‌باشند (جدول ۷-۱۰ را ملاحظه کنید). این گروه شامل تعداد خیلی زیادی از گونه‌ها و واریته‌هایی می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از: لوبیا، بادام زمینی و سویا. همه این گیاهان زراعی واریته‌هایی دارند که دوره رسیدگی غلافهای آنها بین ۲ تا ۱۰ ماه متغیر است. همگی نیاز به حداقل ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر بارندگی در طی فصل رشد دارند و می‌توانند دامنه وسیع درجه حرارت را تحمل کنند. البته اغلب آنها سرما را تحمل نمی‌کنند و دریخبندان بقاء ندارند و بعضی از آنها درجه حرارت بالا و خشکی را تحمل می‌کنند. بقولات نقش زیادی در اکوسیستمهای زراعی مناطق حاره دارند که حداقل آن حفاظت از خاک است. بسیاری از واریته‌ها رشد خوابیده دارند، یا بالارونده هستند و می‌توانند با یک غله به صورت تلفیق کشت شوند و بعد از برداشت غلات از آب خاک استفاده کنند. پوشش گیاهی زیاد آنها می‌تواند بطور مؤثری از رشد علفهای هرز جلوگیری کرده سطح خاک را از فرسایش حفظ کنند. بالاخره تمام بقولات ازت را تثبیت می‌کنند (جدول ۸-۱۰ را ملاحظه کنید) البته مقدار ازت گرفته شده به وسیله گیاهان دیگر، دقیقاً مشخص نیست.

اگر یک گیاه بقولات و گیاه غیر بقولات با هم کشت شوند رقابت برای ازت کمتر است. اثر باقیمانده بقولات بر روی غلات بعدی نیز مشخص است و در این موارد جذب عناصر غذایی تا دو برابر زمانی بوده است که بقولات در ابتدا کشت نشده است.



شکل ۷-۱۰- (a-c) گیاهان زراعی غده‌ای مناطق حاره: (a) پام، (b) سیب زمینی شیرین، (c) کاساوا، و (d) موز (از نورمن و همکاران، ۱۹۸۴)

اغلب گیاهان زراعی غذایی حاره‌ای با استثناء موز و بعضی اوقات کاساوا، یا یکساله حقیقی هستند یا به صورت یکساله کشت می‌شوند. گیاهان زراعی چند ساله عمدتاً از نوع غیر غذایی بوده و غالباً درختان و درختچه‌های تجارتي هستند (جدول ۹-۱۰ را ملاحظه کنید). متداولترین درختان زراعی مناطق حاره همیشه نیاز به درجه حرارت بالا و رطوبت کافی در طی

یک فصل رشد نسبتاً طولانی دارند. دامنه بالقوه آنها در مناطق حاره مرطوبتر است (در منطقه جنگلهای بارانی که این درختان جزء طبیعی این جنگلها هستند) و شامل کائوچو، نخل روغنی، کاکائو و نارگیل و درختچه‌های همیشه سبز، چای و قهوه می‌شود. این درختان در مخلوطهای زراعی، بویژه در غرب آفریقا چند منظوره و مهم هستند. شاخص سطح برگ همیشه سبز زیاد آنها باعث تولید اولیه زیادی می‌شود و عملکرد قابل برداشت آنها، در مقایسه با گیاهان زراعی یکساله مطمئنتر و با ثباتتر است. زمانی که درختان زراعی مستقر شوند، به حداقل عملیات زراعی در خاک و وجین نیاز دارند. آنها بطور مؤثری از سطح خاک حفاظت می‌کنند و باعث کاهش آبشویی و فرسایش می‌شوند، در حالی که در همین زمان مقدار زیادی از عناصر غذایی استخراج شده از خاک، از طریق ریزش برگهایی آنها چرخش مجدد می‌شوند. بالاخره این درختان باعث استقرار گیاهان زراعی که اشکوب پائینتر از جنگل دارند و با ارتفاع مختلف رشد می‌کنند می‌شوند. بدین ترتیب درختان زراعی به عنوان نوعی از گیاه زراعی در نظر گرفته می‌شوند که بهترین سازگاری را برای تولید و حفظ عملکرد زیاد در مناطق حاره‌ای مرطوب دارد.

جدول ۷-۱۰ - مقایسه عملکرد پروتئین غلات و بقولات

گیاه زراعی	متوسط عملکرد (تن در هکتار)	مقدار پروتئین (%)	متوسط عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
غلات			
برنج (شلتوک)	۲٫۰۱	۷٫۵	۱۵۳
ذرت	۲٫۲۴	۹٫۵	۱۱۸
سورگوم	۰٫۸۳	۱۰٫۵	۸۷
ارزن	۰٫۵۵	۱۰٫۵	۵۸
بقولات			
سویا	۱٫۳۳	۳۸	۵۰۵
بادام زمینی	۰٫۸۵	۲۵٫۵	۲۱۷
لوبیا	۰٫۶	۲۲	۱۳۲
نخود معمولی	۰٫۶۶	۲۰	۱۳۲

**جدول ۸-۱۰ - تثبیت ازت به وسیله بقولات یکساله حاره‌ای تحت شرایط زراعی**

ازت تثبیت شده (کیلوگرم در هکتار)		
۲۲۴	(Cajanus cajan)	دال عدس
۱۹۸	(Vigna unguiculata)	لوبیا چشم‌بلبلی
۱۳۰	(Cyamopsis tetragonoloba)	لوبیا خوشه‌ای
۱۲۴	(Arachis hypogaea)	بادام زمینی
۱۰۳	(Glycine max)	سویا
۱۰۳	(Cicer arietinum)	نخود معمولی
۶۱	(Vigna radiata)	ماش سبز

(از نورمن و همکاران، ۱۹۸۴)

چای و قهوه درختانی هستند که به صورت درختچه مدیریت می‌شوند. هر دو نیاز زیادی به آب دارند؛ اما به شرط این که خطر یخبندان و جود نداشته باشد می‌توانند دامنه وسیعی از درجه حرارت را از حاره‌ای تا نیمه حاره‌ای تحمل کنند. هر دو در ارتفاعات بالاتر و سردتر نسبت به دیگر گیاهان زراعی حاره‌ای کشت می‌شوند. چای در ۱۵۰۰ متری، یا بیشتر و قهوه تا ۷۰۰ متری از سطح دریا کشت می‌شوند. البته در مقایسه با دیگر درختان زراعی، نیاز به کارگر برای وجین، هرس و برداشت خیلی زیاد است.

کشت خالص گیاهان زراعی یا درختچه‌ها و درختان زراعی در مناطق حاره‌ای مرطوب عمدتاً به تولید چای و قهوه، قند، پنبه و سیسال، موز و تولید تجارتی روغن نباتی، کاکائو و آناناس منحصر می‌شود. در حالی که سطح زیر کشت کل این گیاهان زراعی نقدینگی، در مناطق حاره کم است؛ ولی عملکرد آنها زیاد است. البته مدیریت فشرده همراه با مصرف زیاد کودهای معدنی، آبیاری بویژه برای پنبه و گیاهان قندی و مصرف زیاد علف‌کشها و آفت‌کشها است. گیاهان زراعی تک‌کشتی بویژه در مناطق حاره به آلودگی توسط آفات حساس است. روتنبرگ (۱۹۸۰) اظهار کرده است که گیاهان زراعی تجارتی اولین محصولات حاره‌ای بودند که از ابداعات فنی عملیات زراعی و اصلاح نباتات برای ایجاد واریته‌های مقاوم به بیماریها و عملکرد بالا سود بردند و تأثیر آنها در مورد قند، آناناس و پنبه بیشتر محسوس بوده است. عملکرد این گیاهان، ظرف ۳۰ سال گذشته دو برابر شده است. با وجودی که درختان زراعی تجارتی پوشش گیاهی دائم، یا نسبتاً دائمی را همراه با میزان ماده آلی زیادی در خاک

فراهم می کنند، در مقایسه با کشاورزی فشرده مناطق معتدله حفظ عملکرد زیاد در آنها، نیاز به هزینه زیاد از نظر تأمین عناصر دارد و کاهش عملکرد، یا نابودی محصول به وسیله آفات و بیماریها بیشتر است.

**جدول ۹-۱۰- نیازها و طول مدت رشد گیاهان زراعی چندساله اصلی در مناطق حاره**

گیاهان زراعی چندساله	نیازهای اقلیمی	تعداد سال تا اولین محصول	سالهای تولید
نیشکر	میانگین درجه حرارت ماهانه ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی گراد بارندگی ۹۰۰ میلی متر + نور خورشید زیاد	۱ تا ۱٫۵ سال	۴ تا ۶ سال
موز (برای صادرات)		۱ تا ۲ سال	۵ تا ۵٫۵ سال
آناناس		۱٫۵ سال	۳٫۵ سال
میسل		۳ سال	۸ سال
گیاهان درختچه ای زراعی			
قهوه	میانگین درجه حرارت ماهانه سردترین ۱۱ درجه سانتی گراد حداکثر ۳۰ درجه سانتی گراد بارندگی ۹۰۰ تا ۲۰۰ میلی متر غیر متحمل به یخبندان	۳ سال	۱۲ تا ۵۰ سال
چای		۳ سال	۵۰ سال
درختان زراعی			
نخل روغنی		۳ تا ۴ سال	۳۵ سال
کائوچو		۲ تا ۴ سال	۳۵ سال
کاکائو	میانگین درجه حرارت ماهانه کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد نیست. بارندگی ۹۰۰ میلی متر	۸ تا ۱۱ سال	۸ تا ۱۰۰ سال
نارگیل		۴ تا ۶ سال	۱۰۰ سال
میخک (ادویه ای)		۸ تا ۹ سال	۱۰۰ سال





## فصل یازدهم

### برنج

برنج گیاه زراعی عمده مناطق حاره بخصوص جنوب و جنوب شرقی آسیاست که بالغ بر ۵۰ درصد از کل سطح زیر کشت و تولید برنج دنیا را در بر دارد. اگر چه بیشتر برنج دنیا در مناطق حاره تولید می شود؛ ولی دامنه واقعی و در واقع بالقوه آن گیاه زراعی تا ۴۵ درجه شمالی و ۴۰ درجه جنوبی در اقلیمهای معتدل گرم و سرد است. برنج به دامنه وسیعی از شرایط محیطی، از جمله متوسط درجه حرارت هوا برابر با ۲۰ تا ۳۸ درجه سانتی گراد و درجه حرارت مطلوب خاک، برابر با ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد در طی رشد (جدول ۱-۱۱)، به شدتها و طول دوره مختلف نوری، و به خاکهای نسبتاً اسیدی تا نسبتاً قلیایی، با عناصر غذایی کم تا زیاد و با ویژگیهای بافتی متفاوت سازگار است. البته برنج در میان غلات کمترین مقاومت را به خشکی دارد و قابلیت دسترسی آب خاک، فاکتور محیطی اصلی است که محدود کننده پراکنش و عملکرد آن می باشد.

دامنه وسیع جغرافیایی برنج، تابعی از پتانسیل ژنتیکی فوق العاده زیاد آن است. کولتی ژن برنج که در ابتدا اهلی شد و از دیر باز در جنوب شرقی آسیا کشت می شود، تعداد زیادی رقم را تشکیل می دهد که به زیستگاههای فیزیکی و روشهای کشت و کار متنوعی سازگار است

(دوداتا، ۱۹۸۱). مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج تقریباً ۱۵۰۰ واریته برنج راثبت کرده است. این تنوع، ممکن است به دلیل روشهای سستی برداشت به صورت جمع‌آوری تک خوشه‌ای و با وسایلی باشد که به صورت یک بوته‌ای برنج را برداشت می‌کند. واریته‌ها از نظر شکل و وضع فیزیکی فرق می‌کنند. بعضی‌ها پا بلند و بعضی دیگر پا کوتاه هستند. بعضی از واریته‌ها بیش از دیگران پنجه می‌زنند. بعضی از واریته‌ها نسبت به سایرین به ورس یا شکستن خوشه حساستر هستند. واریته‌ها همچنین از نظر طول دوره رسیدگی، از دوره رشد کوتاه (۹۰ تا ۱۰۰ روز) تا دوره رشد بلند (بیش از ۲۰۰ روز) فرق می‌کنند (شکل ۱-۱۱). از نظر نیاز به آب خاک و از نظر حساسیت فتوپریودی از روز کوتاه تا روز بلند نیز متفاوت هستند. بالاخره ارقام برنج از نظر تحمل، یا مقاومت به شرایط نامساعد محیطی مانند: خشکی، غرقابی، باد شدید، شوری خاک و سمیت عناصر غذایی (آهن، آلومینیوم) یا کمبود آنها (روی) تفاوت دارند.

**جدول ۱-۱۱ - اثر درجه حرارت پروری فرآیندهای مختلف رشد برنج**

درجه حرارت بحرانی (درجه سانتی‌گراد) مرحله رشد			
کم	زیاد	متوسط	
۱۶-۱۹	۴۵	۱۸-۴۰	جوانه زنی
۱۲-۱۳	۳۵	۲۵-۳۰	سبز شدن و استقرار
۱۶	۳۵	۲۵-۲۸	حجم شدن تاج برگ
۷-۱۲	۴۵	۳۱	طویل شدن برگها
۹-۱۶	۳۳	۲۵-۳۱	پنجه زنی
۱۵	-	-	شروع تشکیل خوشه‌ها
۱۵-۲۰	۳۰	-	تمایز خوشه‌ها
۲۲	۳۵-۳۶	۳۰-۳۳	گلدهی
۱۲-۱۸	بیش از ۳۰	۲۰-۲۹	رسیدن

(از دوداتا، ۱۹۸۱)

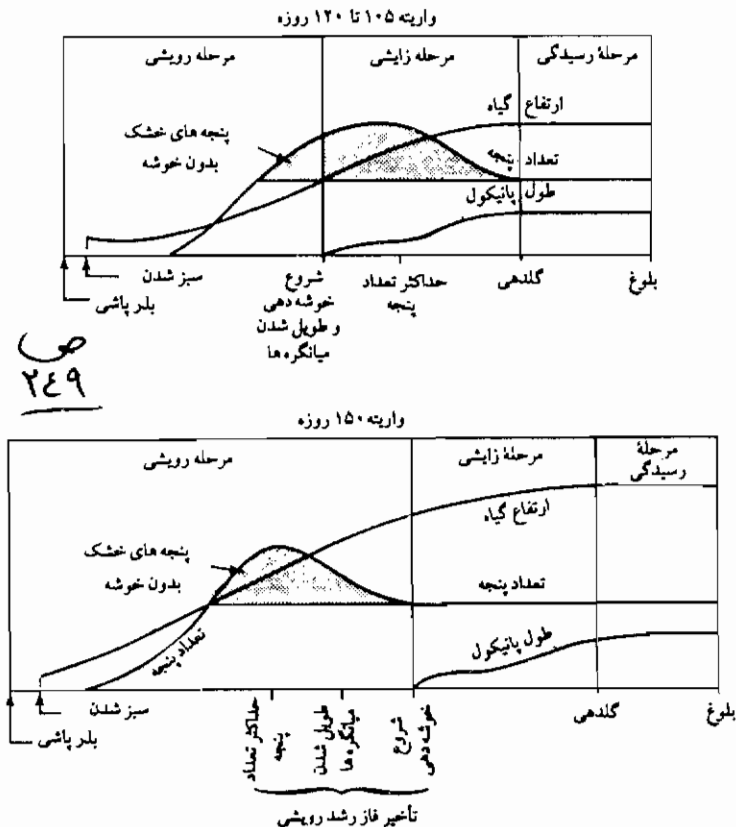
برنج فقط دارای دو گونه زراعی است: گونه *Oryza sativa* که غالب است و *O. glaberrima* که تنها در مناطق محدودی از غرب آفریقا کشت می‌شود. *O. sativa* دارای سه گروه اصلی از واریته‌های سستی است که از دیرباز بر اساس پراکنش جغرافیایی آنها مشخص شده‌اند:

Indica - ۱

Japonica - ۲

Javannica - ۳

ویژگیهای متفاوت وارته های indica و japonica در جدول ۲-۱۱ خلاصه شده است. وارته های معرفی شده این گروه های ستی وارته هایی هستند با عملکرد بالا که اخیراً توسعه یافته اند و حاصل به گزینی و اصلاح بین و درون گروهی هستند. این وارته ها در بعضی از قسمتهای مرکز آسیا، جایگزین وارته های قدیمتر شده اند و اخیراً در پیرامون خارج از مناطق حاره ای در زمینهای زراعی که تازه زیر کشت برنج برده اند غالب شده است.



شکل ۱-۱۱ - برنج: نمودار مقایسه ای به (a) طول مدت کوتاه و (b) طول مدت بلند رشد (۱۵۰ روزه) (از پوشید، ۱۹۷۷)

## جدول ۲-۱۱ - ویژگی‌های مورفولوژیکی و اکولوژیکی واریته‌های indica و japonica

برنج (*Oryza sativa*)

واریته برنج		ویژگی‌ها
japonica	indica	
معتدله	موسمی حاره‌ای	منطقه اقلیمی
غیر حساس	حساس (معمولاً روز کوتاه)	طول روز
متوسط	زیاد	تحمل به شرایط نامساعد
کوتاه	طولانی	دوره رشد رویشی
خوب	ضعیف	واکنش به کودها
مقاوم	حساس	ورس
وجود ندارد	وجود دارد	خواب بذر
کوتاه و قطور	طویل و باریک	شکل دانه
متوسط	زیاد	تنوع فرمها
کوتاه	بلند	ارتفاع
متوسط	زیاد	پنجه‌ها
کم	زیاد	شکستن خوشه‌ها
زیاد	متوسط	عملکرد بالقوه

(ازریگی، ۱۹۸۱)

## برنج غولابی یا شلتوک

در مناطق حاره مرطوب واریته‌ای از برنج که کشت می‌شود بستگی به اثر متقابل سه عامل عمده دارد: شرایط محیطی، رسوم زراعی و هدف از تولید برای معیشت، یا برای فروش. در مناطق حاره مرطوب جنوب و جنوب شرقی آسیا ۹۰ درصد از برنج تحت شرایط غرقابی کشت می‌شود و خاک منطقه ریشه باید برای بیشتر دوره رشد اشباع باقی بماند. برنج یک گونه آبی حقیقی (یعنی اجباری) نیست. البته می‌تواند به دلیل سازگاریهای مورفولوژیکی سیستم بخشهای هوایی و ریشه اش بخوبی در خاکهای اشباع رشد کند. ریشه‌ها علاوه بر این که کم عمق و پراکنش جانبی دارند دارای فضا‌های متخلخل بوده که می‌توانند هوا را در خود نگه دارند. به علاوه سیستم تنفسی گیاه به قابلیت دسترسی اکسیژن کمی سازگار است و ریشه‌ها

می توانند اکسیداسیون را در منطقه ریشه انجام دهند که این دوفراآیند، به جبران شرایط غیر هوائی مربوط به اشباع خاک کمک می کنند.

به نظر می رسد غالبیت و تمرکز برنج غرقابی در آسیا، در نتیجه ترکیب تصادفی یک رژیم اقلیمی موسمی حاره ای که به وسیله بارندگی خیلی زیاد و پراکنش فصلی قابل توجهی همراه است و یک فصل خشک مشخص دارد با سطح زمینهای زیادی از جلگه ها و دلتاهای پست و غرقابی که با کشاورزی فشرده و غرقابی سازگارند باشد. مورمن و وان بریمن (۱۹۷۸) زراعت غرقابی را برای برنج بر طبق منبع اصلی عرضه آب خاک به صورت وابسته به آب زیرزمینی و وابسته به رواناب سطحی طبقه بندی کرده اند (جدول ۳-۱۱ راجعاً ملاحظه کنید).

درحالیکه در بسیاری موارد تعیین دقیق سهم نسبی هر یک از این منابع آسان نیست؛ ولی در مواردی یکی از این دو مهمترند. بیشتر زمینهای تحت کشت برنج در آسیا عمدتاً وابسته به بارندگی مستقیم (۸۰ درصد بر طبق نظر گریست، ۱۹۷۶) و رواناب سطحی از شیبها هستند. عملیات زراعی برنج شلتوک وابسته به سیستم پیچیده ای از کنترل آب به وسیله تسطیح و مرز بندی مناطق کوچک است تا بدین وسیله جمع آوری و نگهداری (یعنی تشکیل حوضچه) آب سطحی در عمق مطلوب برای عملیات زراعی برنج تسهیل گردد. مشخص کردن عمق مطلوب آب سطحی مشکل است و بطور متوسط تا ۲۰ سانتی متر ذکر شده است. تحقیقات بوسیله مؤسسه بین المللی تحقیقات برنج نشان می دهد که کارایی بالای مصرف آب و عملکرد خوب با جریان مداومی از آب کم عمق (یعنی ۲/۵ سانتی متر) روی یک خاک رسی نمونه به دست می آید. تحت این شرایط درجه حرارت خاک و آب در طی روز بالاتر و در شب نسبت به آب عمیقتر پایتتر است و تجزیه مواد آلی سریع است و این موضوع باعث ایجاد توسعه ریشه ای قوی می شود. البته هیچ عملیات استاندارد وجود ندارد، زیرا شرایط محلی و تب گیاه بسیار متفاوت است و مدیریت نامطلوب و یا ترمس از خشکی در طی فصل رشد ممکن است باعث مصرف افراطی آب بیش از نیاز شود. تشکیل حوضچه نیز باعث حداکثر نفوذ سطح و نفوذ عمقی و ایجاد یک لایه ۱۰ تا ۳۰ سانتی متری زیر سطح خاک می شود که غالباً چند متر بالاتر از سطح ایستابی آب منطقه قرار می گیرد. توسعه و عمق منطقه اشباع شده به سرعت نفوذ سطحی و عمقی و ظرفیت نگهداری آب خاک بستگی دارد. خاکی با سرعت نفوذ عمقی ۱ میلی متر در روز ایده ال است. در بسیاری از شالیزارها این مقدار ۵ تا ۱۰ میلی متر در روز است که با این سرعت، آب کافی برای محصول دوم نگهداری نمی شود. برنج خوب نیاز به خاکهای

سنگین یعنی ترجیحاً خاک‌هایی با بیش از ۷۰ درصد سیلت و رس دارد که به وسیله هدایت هیدرولیکی آهسته، نفوذ پذیری کم و یک لایه نفوذ ناپذیر در عمق و استفاده از عملیات زراعی مطلوب مشخص می‌شوند و این عملیات باعث به وجود آوردن و حفظ چنین شرایط فیزیکی در خاک می‌شود.

**جدول ۳-۱۱ - واژه‌های مربوط به کشت برنج به عنوان تابعی از فیزیوگرافی و هیدرولوژی**

شدت آبیاری	طبقه	مرزبندی و تسطیح	رژیم‌های غرقابی*	واژه‌های پیشنهادی
صفر یا کم:	نزولات	بدون	بدون غرقابی	شالیزار با نزولات
قابلیت دسترسی آب بستگی به عرضه آن دارد		با	۳، ۲، ۱	شالیزار با نزولات
	وابسته به آب زیرزمینی	بدون	بدون غرقابی	شالیزار با آب زیرزمینی
		با	۳، ۲، ۱	شالیزار با آب زیرزمینی
	وابسته به آب سطحی	پایا بدون	۸، ۷، ۶، ۵، ۳، ۲	شالیزار با آب سطحی
زیاد:	آبی	بندرت بدون	۴	شالیزار آبی
قابل دسترس				
مستقل از عرضه				
طبیعی در ۴ سال از طول مدت				
۵ سال				

\* رژیم ۱- غرقابی سطحی، نامنظم، مختصر، رژیم ۲- غرقابی سطحی، نامنظم، طولانی، رژیم ۳- غرقابی سطحی، مداوم و غیر کنترل شده، رژیم ۴- غرقابی سطحی، مداوم که به وسیله آبیاری کنترل می‌شود، رژیم ۵- غرقابی سطحی تا نسبتاً عمقی فصلی، رژیم ۶- غرقابی فصلی عمیق، رژیم ۷- غرقابی نسبتاً عمیق تا سطحی بعد از قطع کردن غرقابهای عمیق، رژیم ۸- غرقاب جذر و مدی.

(از مورمن و وان بریمن، ۱۹۷۸)

عملیات کشت و کار برنج منحصر بفرد است، زیرا روش اصلی شخم زدن خاک به وسیله گل آلود کردن، یا شخم خاک اشباع با آب راکد است. این امر باعث تخریب نسبی، یا

کامل خاکدانه های خاک و کاهش متعاقب سرعت نفوذ سطحی و عمقی و افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی خاک و توقف رشد علفهای هرز می شود. گل آلود کردن، یا با ابراز دستی، یا به وسیله گاو آهنهای کششی به وسیله گاو صورت می گیرد. در طولانی مدت این امر معمولاً همراه با تشکیل یک لایه سخت موقتی (فصلی)، یا دائمی به اندازه ۵ تا ۱۰ سانتی متر ضخامت در ۱۰ تا ۴۰ سانتی متری زیر سطح خاک است. در ژاپن برآورد شده است که این لایه سخت اوکیه بعد از ۵۰ سال کشت و کار ظاهر می شوند و بعد از ۲۰۰ سال لایه های سخت دائمی را تشکیل می دهند. این لایه سخت مانع از نفوذ عمقی آب شده می تواند براحتی در خاکهایی که زهکشی خوب دارند ایجاد حوضچه های سطحی بکند. این امر همچنین باعث می شود خاکهای نفوذ پذیر که فاقد سطح ایستایی آب در قسمتهای بالا هستند آب را نگهداشته و یک زمین غرقابی ایجاد کنند. اگر این لایه سخت شکسته شود، خاکها گل آلود و تا عمق قابل توجهی به فشار غیر مقاوم می شوند و این موضوع خطری از نظر محدود کردن استفاده از وسایط نقلیه سنگین مانند تراکتور است.

غرقاب کردن و اشباع خاک به مبارزه با تکثیر علفهای هرز کمک می کند، زیرا کشت و کار برنج در معرض این علفها قرار دارد. از ده گونه علف هرزی که باعث ۹۰ درصد خسارت به محصولات غذایی دنیا در اثر رقابت می شوند، سه گونه در شالیزارها متداول هستند:

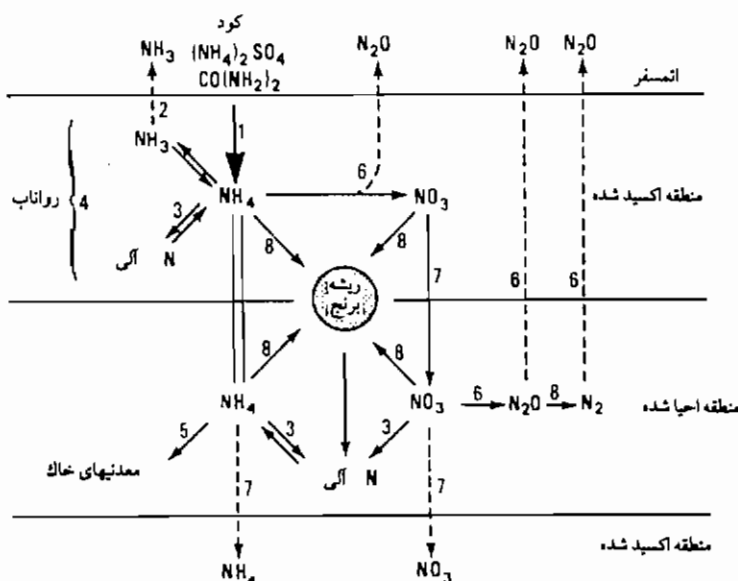
اویارسلام (*Cyperus rotundus*)، سوروف (*Echinochloa crus-galli*)، *E. Colonum* و سنبل آبی (*Eichhorria crassipes*) می توانند باعث مسدود شدن نهرا و کانالهای آبیاری شوند. البته مهمتر این که عمل اشباع باعث تغییرات شیمیایی در خاک می شود (شکل ۲-۱۱ را ملاحظه کنید). بعد از غرقاب کردن محتوای اکسیژن خاک بسرعت کاهش یافته تا لایه سطحی (منطقه اکسید شده) کم عمقی (۵/۰ تا ۱۰ سانتی متر) که اکسیژن اتمسفری می تواند به آسانی منتشر شود محدود می گردد. پایتتر از این منطقه احیاء شرایط بی هوازی شایع است. البته ریشه برنج به دلیل نفوذ اکسیژن از طریق فضاها و مجاری هوا در بخشهای هوایی و ریشه به صورت هوازی به تنفس خود ادامه می دهد. رشد جانبی ریشه ها باعث تراکم بیشتر آنها در لایه سطحی خاک می شود. بنابراین عناصر غذایی باید در ۲۰ سانتی متری سطح خاک برای حداکثر سرعت رشد در دسترس باشند.

شرایط احیا در منطقه اشباع شده غالب است. اکسیدهای آهن و منگنز فریک به صورت فرو در آمده و متحرک می شوند. سولفاتها و نیتراها نیز احیا می شوند در حالی که تجزیه ناقص

(تخمیر) باعث تولید  $H_2S$ ،  $CH_4$ ،  $CO_2$  و اسیدهای آلی می‌شود. البته مهم‌تر این که قابلیت دسترسی فسفر، سیلیسیم و مولیبدن و عرضه و قابلیت دسترسی ازت افزایش می‌یابند. تثبیت ازت بیش از جبران تلفات ناشی از دنتریفیکاسیون از منطقه احیا شده خاک است. در یک نوع خاک قابلیت دسترسی ازت برای برنج غرقابی بیش از برنج کشت شده تحت شرایط غیر اشباع است (راسل، ۱۹۷۳). در شرایط اشباع تثبیت ازت به وسیله چهار گروه اصلی ارگانیسم‌ها انجام می‌شود و آب ساکن نسبتاً زلال و مقدار زیادی نور خورشید، زیستگاه ایده‌آلی برای آنها فراهم می‌کند. این ارگانیسم‌ها عبارتند از:

۱- جلبک‌های سبز-آبی (گونه‌های مختلف *Schizothrix*، *Nostoc*، *Tolypothrix* و *Calothrix*) که در آب بالای سطح خاک زندگی کرده می‌توانند بیش از ۷۰ کیلو گرم ازت در هکتار تثبیت کنند.

۲- *Azolla pinnata* (سرخس شناور) که دارای همزیستی با جلبک‌های سبز آبی، *anaebena azolla*، بوده و ۷۰ تا ۱۱۰ کیلو گرم ازت در هکتار تثبیت می‌کنند.



شکل ۱۱-۲- سرنوشت کودهای ازته در شالیزار غرقابی: ۱- هیدرولیزاوره، ۲- تبخیر آمونیاک، ۳- غیر متحرک شدن ازت (آلی شدن ازت)، ۴- رواناب، ۵- تثبیت آمونیاک، ۶- دنتریفیکاسیون، ۷- آبشویی، ۸- جذب به وسیله گیاه (ازکراس ول وولک، ۱۹۷۹)



کودهای فسفره می توانند رشد این گیاهان را تحریک کرده عملکرد ازت را در هر دو گروه افزایش دهند. آنها یا روی سطح خاک خیس، یا در خاک توسعه پیدا می کنند و برای تداوم رشد خود وارد سطح آب می شوند. با رشد گیاهان برنج یا با تخلیه آب سطحی به پایین کشیده می شوند و روی خاک می پوسند و بالاخره به وسیله گل آلود شدن با خاک مخلوط می گردند.

۳- ارگانیزمهای هتروتروف عمدتاً شامل باکتریهای منطقه ریشه دهی گیاه برنج می شوند و مقادیر کمی ازت را تثبیت می کنند.

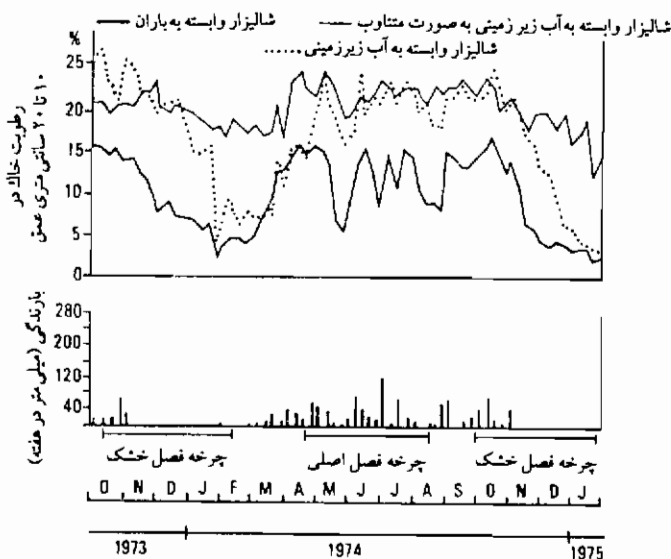
۴- ارگانیزمهای هتروتروف که در منطقه ریشه دهی نیستند و با توجه به مقدار کاه و کلش برنج برگردانده شده به خاک می توانند ۶ تا ۲۵ کیلوگرم ازت در هکتار تثبیت کنند.

دیگر منابع ازت شامل بارندگی (۱ تا ۳۸ کیلوگرم در هکتار در سال)، آب آبیاری (۶ تا ۱۶ کیلوگرم در هکتار به ازای هر گیاه محصول)، آب زیر زمینی (۱/۰ کیلوگرم در هکتار در سال) و مقادیر کم و متغیری از آمونیاک اتمسفری، تجزیه ماده آلی و بقایای گیاهان زراعی می شود. برآورد شده است که بازیافت ظاهری ازت در برنج غرقابی بیش از ۴۰ درصد و در شرایط خشک ۶۰ درصد است.

شرایط اشباع نیز قابلیت دسترسی فسفر و پتاسیم را افزایش می دهد. در مورد فسفر، حفظ این عنصر و پراکنش یکنواخت آن می تواند به وسیله ترانس بندگی شیبها، ساخت مخازن و سدهای کوچک نگهداری، حمل و نقل و به وسیله غرقاب شدن کناره رودها افزایش یابند. ترانس بندگی شیب تپه ها با استفاده از خاکریز در مناطق پر جمعیت و بخصوص در مناطق موسمی آسیا مرسوم است. این امر سطح برنج شلتوک را افزایش داده همزمان به توقف رواناب سطحی از شیبهای تند کمک می کند و این آب در پایین شیب زهکشی شده آب حاصل از نزولات را در زمین پست افزایش می دهد. در مناطق دیگر مانند جنوب هند که بارندگی نسبتاً کم است و فصل بارانی کوتاه می باشد با خاکریزهای کوچک موقتی، یا مخازن دائمی نزولات را جمع آوری کرده پراکنش آن را کنترل می کنند. آبیاری به معنای واقعی فرایند انتقال آب از مناطقی با آب زیاد به مناطقی که کمبود آب دارند در زمینهای غرقابی حاره ای، یا معتدل آسیا انجام نمی شود. البته ممکن است آب سیلاب طبیعی از طریق برداشت و انتقال آن، از رودخانه ها به زمینهای مجاور انجام شود.

منابع آب حاصل از بارندگی کم و بیش ممکن است از منابع آب زیر زمینی، یا منابع آب

سطحی تکمیل شوند. البته وابستگی شالیزار تنها به آب زیر زمینی بیشتر در مناطق جدید برنج غرقابی در مناطق حاره آسیا و آمریکای لاتین است که در آنجا جلگه‌های غرقابی به شکل آسیایی آن به یک اندازه یافت نمی‌شوند، یا در آنجا به دلیل فیزیکی، یا زراعی از آنها برای زراعت برنج بهره‌برداری نشده است. در این مناطق حاره‌ای به علت سطح ایستابی بالا و متغیر فصلی خاک در قسمتهای گود و کرانه رودها اشباع می‌شود و زراعت برنج باطلاقی را تشکیل می‌دهد. البته آب زیر زمینی به اندازه آب باران تابع کنترل نیست. در شالیزارهای وابسته به باران آسیا وجود سطح ایستابی بالا، به کاهش خطر خشکی، در طی فصل رشد کمک می‌کند و طول دوره‌ای را که خاک به اندازه کافی برای برنج و برای جبران خاکهایی که ظرفیت نگهداری آب کمی دارند (شکل ۳-۱۱ را ملاحظه کنید) مرطوب بماند افزایش می‌دهد. برعکس، ایجاد سیلاب عمقی سریع به وسیله رواناب سطحی در جلگه‌های سیلابی پست و دلتاها، می‌تواند شروع فصل رشد را تا زمانی که آب سیلاب تا عمق مناسب برای کشت و کار کاهش یابد، به تأخیر بیندازد.



شکل ۳-۱۱- محتوای رطوبت خاک در منطقه ریشه دهی شالیزار وابسته به باران و وابسته به آب زیر زمینی در مؤسسه بین‌المللی کشاورزی مناطق حاره، ایپادان، نیجریه (از مورمن و

وان برمن، ۱۹۷۸)

نوع (وارسته) برنج کشت شده، تعداد محصول برداشت شده در سال و الگوهای زراعت اصولاً به رژیم غرقابی فصلی (جدول ۳-۱۱ را ملاحظه کنید) و بخصوص طول مدت، عمق و قابلیت دسترسی غرقاب شدن بستگی دارد و دو رژیم طبیعی مشخص، به ترتیب آب سطحی و آب عمقی هستند.

### رژیمهای آب سطحی

رژیمهای آب سطحی عمدتاً وابسته به منابع حاصل از نزولات هستند و کم و بیش به وسیله آب زیر زمینی و آب سطحی تکمیل می شوند. در میان اینها گسترده ترین آن به این صورت است که دوره غرقابی طولانی؛ اما متغیر است و فصل رشد در بعضی سالها به وسیله مدت‌های کوتاه خشکی قطع می شوند. بندرت به صورت طبیعی غرقاب می شوند و لذا بارندگی به وسیله رواناب سطحی که از زمینهای تراس بندی شده مرتفع، به زمینهای تراس بندی شده پست جریان دارد تکمیل می شود. در شرایط مساعد رواناب سطحی باعث غرقاب شدن سطحی شده خطر خشکی به حداقل می رسد. در شرایطی که برای دیمکاری مناسب نباشد و وابستگی کاملی به بارندگی وجود دارد رژیم غرقابی شدیداً نامنظم است و خطر خشکی در طی فصل رشد قابل توجه است.

در مناطق حاره مرطوب جنوب شرقی آسیا که فقط فصل مرطوب وجود دارد، یا آب آبیاری در دسترس است کشت دو یا بندرت سه محصول برنج در سال امکان پذیر است. در بیشتر مناطق حاره و معتدل آسیا یک محصول در سال معمول است که دلیل آن عدم کفایت آب در فصل خشک، نفوذ بیش از حد آب به اعماق تحت شرایط کمتر از حد مطلوب خاک، درجه حرارت پایین در زمستان مانند شمال چین، کره و ژاپن بوده، یا به دلیل نیاز زارعین معیشتی برای تولید گیاهانی که مکمل غذایی یا نقدینگی هستند. در اکثریت رژیمهای آب سطحی، تناوب دو مرحله ای برنج تابستانی با زراعت دیم غلات زمستانه معتدله مانند: گندم یا جو، بقولات (بخصوص نخود و لوبیا)، سبزیجات، پنبه یا توتون است یا تحت شرایط مساعد تناوب سه مرحله ای مانند: پنبه - گندم زمستانه (فوری تا اکتبر)، ذرت - نخود (مه تا اگوست) و برنج - میخک ادویه ای (ژوئن تا اکتبر) است که در مصر این نوع تناوب دیده می شود.

### رژیمهای غرقابی

رژیمهای غرقابی عمدتاً وابسته به آب سطحی هستند که از نظر طول مدت و عمق فرق می‌کنند. رژیمهای سطحی تر آنهاهی هستند که زهکشی و یا قطع آب غرقابی باندازه کافی سریع است تا بدین وسیله از دوره‌های طولانی مدتی که عمق آب بیش از ۵۰ سانتی متر است جلوگیری شود. رژیمهایی که غرقاب فصلی عمقی برابر با ۱ تا ۲ متر و تا بیش از ۵ متر دارند مشخصه مناطق پایین رودخانه و به خصوص مشخصه محلهای گود دلتاهای وسیع است. در این موارد زمین را نه می‌توان کرت بندی کرد و نه می‌توان آنرا آبیاری کرد و لذا وارینه‌های برنج که به آب عمیق سازگارند (برنج شناور) و نیاز به آب غرقاب تا عمقی بیش از یک متر، برای قسمتی از دوره رشد خود دارند کشت می‌کنند. برخلاف کشت برنج با آب سطحی، در این روش برنج را به صورت بذر پاشی مستقیم بر روی زمین خشک می‌کارند و رشد گیاهچه‌ها قبل از غرقابی کردن شروع می‌شود. وارینه‌های برنج مخصوص آب عمیق که به این وضعیت سازگاری پیدا کرده‌اند، با افزایش سطح آب سرعت رشد می‌کند (۱۲ سانتی متر در روز). برآورد شده است که برنج مخصوص آب عمیق حدود یک ششم از شالیزارهای دنیا را در بر دارد. طول مدت غرقابی باعث می‌شود که غالباً کشت و کار برنج به یک محصول در سال محدود شود. رژیم غرقابی دیگری که دامنه گسترده‌تری دارد و کمتر از آن بهره‌برداری می‌شود، در مناطق ساحلی است و در این مورد غرقاب کردن وابسته به جزر و مد های روزانه و نیم روز است. این روش در آفریقا به شالیزار مانگرو معروف است و در این روش برنج را فقط می‌توان زمانی کشت کرد که جریان آب شیرین روی زمین باندازه کافی باشد تا شوری را تا سطوح قابل تحمل کاهش دهد. در برخی از این باطلاحهای ساحلی مقدار گوگرد خیلی زیاد است (۷۲/۲ درصد). اگر زهکشی صورت گیرد، اکسیداسیون می‌تواند باعث PH برابر با ۲/۵ شود که در این نقطه آهن و آلومینیوم به سطوح سمی می‌رسند.

استفاده انحصاری از آبیاری برای غرقاب کردن و حفظ رطوبت خاک، منحصر به سیستمهایی است که در زراعت برنج اخیراً ابداع شده‌اند و به مناطق نیمه حاره‌ای و معتدله گرم مدیترانه‌ای اروپا، دره می‌سی‌سی‌پی، کالیفرنیا و مناطق پراکنده‌ای در آمریکای جنوبی و استرالیا محدود می‌شود. خاکهایی که سرعت نفوذ عمقی کم و ظرفیت نگهداری زیاد دارند، برای برنج آبی مطلوب است. در دره ساکرامنتو (کالیفرنیا) برنج آبی در خاکهایی که لایه سخت سطحی دارند و ارزش کمی برای کشت گیاهان زراعی دارند کشت می‌شود. البته نه تنها

تولید مکانیزه است بلکه سیستمهای مدرن کشت برنج آنها با آنچه در شالیزارهای سنتی آسیا وجود دارد متفاوت است. در این سیستمها مصرف زیاد کود، علف کشها و آفت کشها زیاد است و واریته هایی که عملکرد زیاد دارند استفاده می شود و آب ورودی با فواصل زمانی، در طی فصل رشد کنترل می شود.

### برنج دیم (یا آبلند)

حدود یک ششم از زمینهای زیر کشت برنج در دنیا غرقاب نمی شوند. در این موارد، برنج مانند دیگر غلات کشت و کار می گردد (دوداتا، ۱۹۷۵). اگر چه برنج دیم نسبت به نوع غرقابی به آب کمتری نیاز دارد ولی این نوع برنج بیشتر به خشکی حساسیت دارد و به بارندگی کافی برای ۳ تا ۴ ماه از فصل رشد خود نیازمند است. حفظ عناصر غذایی خاک در این حالت، مشکلتر از شرایط غرقابی است؛ زیرا شرایط هوازی باعث تسریع در تجزیه مواد آلی، تلفات بیشتر ازت و قابلیت دسترسی کمتر فسفر می شود. بعلاوه آلودگی علفهای هرز بخصوص به وسیله گونه *Imperata cylindrica* یک فاکتور محدود کننده است. در سرتاسر مناطق حاره مرطوب کشت و کار برنج دیم به صورت پراکنده وجود دارد و جزء مهمی در تناوبهای زراعی کشاورزی دوره ای و آیش بوته ای می باشد و در ژاپن این نوع برنج ممکن است، در طی مراحل آخر رشد خود و در مواردی که کودهای دامی و معدنی زیادی مصرف می شود آبیاری شود.

### تولید و عملکرد

عملکرد برنج دیم بطور کلی کمتر از عملکرد برنج غرقابی است و به زمینهایی که حاصلخیزی آنها کم است سازگار است و در مقایسه با واریته های غرقابی، به گزینی و به نژادی کمتری در رابطه با واریته های با عملکرد بالا صورت گرفته است. این برنج در مقایسه با برنج غرقابی، حساسیت بیشتری به رقابت با علفهای هرز و آفات نیز دارد.

با توجه به دامنه شرایط محیطی و روشهای کشت و کار برنج، تغییر در عملکرد از یک محل به محل دیگر (از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار در بعضی از مناطق حاره تا ۷۰۰۰ کیلوگرم در استرالیا) تعجب آور نیست. عملکرد بیشتر در مناطق معتدله در مقایسه با مناطق حاره (جدول ۴-۱۱ را ملاحظه کنید) غالباً به اختلافات اقلیمی، بخصوص به درجه حرارت تابستانه نزدیک به حد مطلوب برای رشد و تولید، شبهای خنکتر در طی فصل رشد که باعث کاهش

سرعت تنفس می‌شود و شدت نور خورشید بیشتر و طول روز بلندتر، در طی فصل رشد نسبت داده شده است. از طرف دیگر عملکرد بیشتر در مناطق معتدله، می‌تواند تابعی از روشهای فشرده تولید در مناطقی باشد که اخیراً در آن مناطق کشت و کار برنج مرسوم شده است (جدول ۵-۱۱ را ملاحظه کنید). به دلیل مدیریت، این عوامل شامل عدم وجود مخاطرات غرقابی و خشکی، مصرف مقدار زیادی عناصر غذایی که در این رابطه واریته های japonica واکنش بهتری از واریته های indica نشان می‌دهند، کنترل مؤثرتر علفهای هرز و آفات، استفاده از بذر بهتر و استفاده از واریته‌هایی که عملکرد بالا دارند و جدیداً تولید شده است می‌شوند.

جدول ۲-۱۱ - تغییر در عملکرد برنج نسبت به ارتفاع از سطح دریا

عرض جغرافیایی (°N/S)	متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	درصد تقریبی از کل سطح دنیا
۰-۱۰	۱۴۲۰	۱۱
۱۱-۲۰	۱۵۵۰	۲۵
۲۱-۳۰	۱۴۰۰	۵۷
بیش از ۳۰	۳۰۰۰	۷

(از گریست، ۱۹۷۵)

در حالی که عملکرد بطور قابل توجهی متغیر بوده است؛ ولی تا اوایل دهه ۱۹۶۰ تقریباً ثابت و یا در بعضی کشورها و مناطق تا حدودی کاهش یافته است. در سال ۱۹۶۲ موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) تلاقی موفقی را بین یک واریته نیمه پا کوتاه از indica (تایوان) و واریته پتا که پا بلند و سنتی است و بطور گسترده‌ای در فیلیپین کشت می‌شود انجام داد. این تلاقی باعث به وجود آمدن برنج معروف و جدید IR<sub>۸</sub> شد که اولین واریته از واریته های جدید با عملکرد بالا بود. این واریته کوتاهتر از بیشتر واریته های سنتی (۱۰۰ سانتی متر ارتفاع) بود و توانایی پنجه زنی خوبی داشت و نسبت دانه به کاه آن زیاد بود و مقاوم به ورس بود. برخلاف اغلب واریته های سنتی، واریته IR<sub>۸</sub> به کودهای ازته واکنش خوبی نشان می‌داد و عملکرد خیلی بیشتری در دوره رشد ۱۲۵ تا ۱۳۵ روزه تولید می‌کرد. این واریته خبر از انقلاب سبز می‌داد (فصل ۶) که امید می‌رفت تولید برنج رابه موازات افزایش جمعیت در آسیا حفظ کند.

جدول ۱۱-۵ - تغییر در توازن عناصر غذایی در اثر کشت فشرده برنج بیش از یک دوره پنجاه ساله: متوسط سه منطقه و سه واریته

توازن			عناصر غذایی برداشت شده			عناصر غذایی اضافه شده			کل عملکرد در ۵ سال (کیلوگرم در هکتار)			سیستم زراعی و کاربرد کود	
K	P	N	K	P	N	K	P	N	K	P	N		
-۱۶۴	-۲۸۱	-۱۲۶	۱۶۴	۲۸۱	۱۲۶	-	-	-	۷۵۰۰			یک محصول بدون کود	زراعت واریته های با عملکرد بالا:
-۷۱۰	-۱۲۲	-۵۴۵	۷۱۰	۱۲۲	۵۴۵	-	-	-	۳۲۴۰۰			کشت مضاعف	
-۱۱۰۰	-۱۹۰	+۲۱۰	۱۱۰۰	۱۹۰	۸۴۰	-	-	۱۰۵۰	۵۰۱۰۰			بدون کود	
												۱۰۵ کیلوگرم ازت در هکتار	۱۰۵ کیلوگرم ازت در هکتار
												۱۰۵ کیلوگرم ازت + ۲۶ کیلوگرم فسفر	۱۰۵ کیلوگرم ازت + ۲۶ کیلوگرم فسفر
-۱۲۰۰	+۵۴	+۱۳۰	۱۱۹۹	۲۰۸	۹۲۰	-	۲۶۲	۱۰۵۰	۵۴۷۰۰			در هکتار	در هکتار
												۱۰۵ کیلوگرم ازت + ۲۶ کیلوگرم فسفر	۱۰۵ کیلوگرم ازت + ۲۶ کیلوگرم فسفر
-۸۰۱	+۳۷	+۵۵	۱۲۹۹	۲۲۵	۹۹۵	۴۹۸	۲۶۲	۱۰۵۰	۵۹۳۰۰			۵۰ کیلوگرم بتاسیم در هکتار	۵۰ کیلوگرم بتاسیم در هکتار

(از نورمن و همکاران، ۱۹۸۴)

اگر چه در حال حاضر واریته‌های جدید تقریباً ۲۰ درصد از سطح زیرکشت برنج دنیا را در بر دارند و تولید برنج در هند از سال ۱۹۷۵ دو برابر شده است؛ ولی واریته‌های با عملکرد بالا دو مشکل ایجاد کرده‌اند. اول اینکه واریته‌های اولیه مستعد به آفات و بیماریها بودند. این امر تولید واریته‌های مقاومتر را تشویق کرد. البته یکی از آفاتی که در حال حاضر خیلی جدی است، گونه زنجره *Nilaparvata lugens* است که در سال ۱۹۷۷ به صورت آفت درآمد و از آن زمان به بعد از فیلپین به بقیه آسیا پراکنده شد. این آفت چندین بیوتیپ دارد و ناقل ویروس است. واریته‌های جدید نیمه پاکوتاه و پر برگ برنج و کشت برنج در طول تمام سال باعث شده است، زیستگاه جدید و ایده‌آلی برای این حشره فراهم شود. ممکن است بسیاری از شکارچیهای آن با استفاده از حشره‌کشهای غیر انتخابی حذف شده باشند. بعلاوه سیستم زراعی فشرده تر و احداث نهرهای بدون زهکشی مسیرهایی را برای مهاجرت آن فراهم کرده است. در حال حاضر هیچ واریته با عملکرد بالایی که مصون از جمله این آفت باشد وجود ندارد. در حالی که جستجو برای پیدا کردن واریته‌های مقاومتر به آفات و بیماریها ادامه دارد. واریته‌های جدید برنج که به دامنه وسیعی از شرایط محیطی (مانند تغییر در عمق آب) و به غرقابی سازگارند و کمبودها و سمیت خاک را بهتر تحمل می‌کنند و میزان پروتئین بیشتر دارند، در حال افزایش است.

مشکل دوم در مورد معرفی واریته‌های با عملکرد بالا بیوفیزیکی نیست و بیشتر اجتماعی - اقتصادی است. عملکرد بالقوه زیاد واریته‌های جدید را می‌توان تنها با مقدار نسبتاً زیاد کود و تأمین آب، آفت‌کشها و حشره‌کشها مشاهده کرد و این هزینه‌ها را برنجکارانی که در آسیا در مقیاس کوچک برنج کشت می‌کنند، قادر به برآورده کردن آن نیستند. در نتیجه انقلاب سبز اثر خود را در مناطقی داشته است که نیاز برای تولید معیشتی غذا، در حداقل است و کشت برنج از قبل زیاد بوده است و درآمد اقتصادی بیشتری دارند و تأمین آب آبیاری و کود میسر است.



## فصل دوازدهم

### دیمکاری

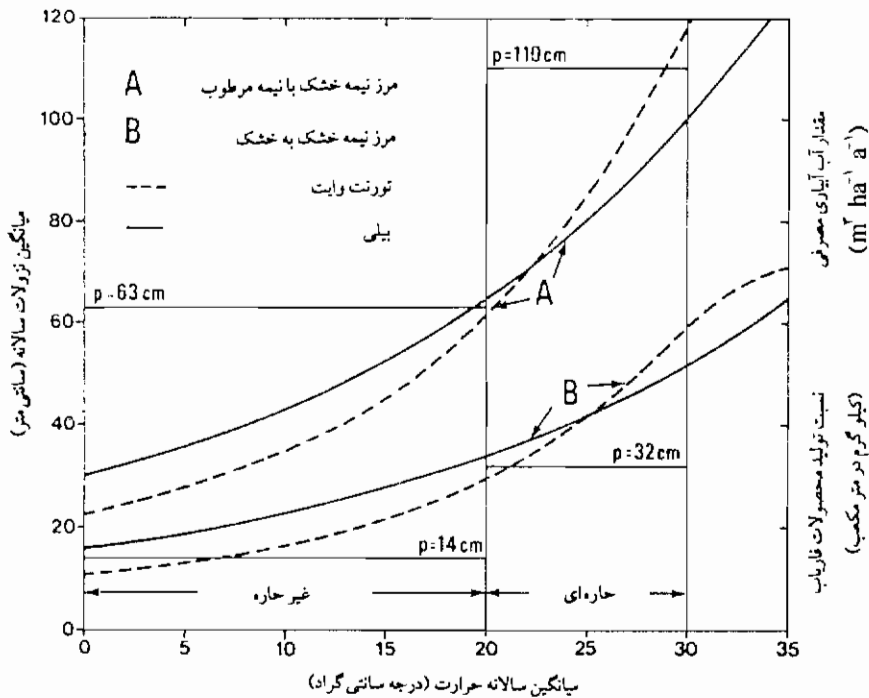
دیمکاری یا کشت و کار گیاهان زراعی با بارندگی کم از ویژگیهای مناطق نیمه خشک دنیاست و بطور گسترده‌ای در این مناطق عمل می‌شود (هال و همکاران، ۱۹۷۹). در حالیکه شرایط نیمه خشک شرایطی است که نه بطور کامل مرطوب و نه به طور کامل خشک است، اهمیت این مفهوم از دیدگاه کشاورزی را، تنها بر حسب کفایت بارندگی قابل دسترس برای کشت و کار می‌توان بیان کرد. مناطق نیمه خشک بین بیابانها واقع است و با وجود این که کوششهایی برای حفظ و به حداکثر رساندن رطوبت قابل دسترس صورت می‌گیرد، تولید گیاهان زراعی دیم، در طی اکثر سالها میسر نیست. در مناطق مرطوب خشکی عامل محدود کننده تولید محصولات زراعی است. تورنت وایت (۱۹۴۸)، بیلی (۱۹۷۹) (شکل ۱-۱۲) را ملاحظه کنید) و محققین دیگر اظهار داشته اند که مقدار نزولات سالانه که مرز مرطوب و خشک را تعیین می‌کند، به برخی شرایط اتمسفری مخصوص آنهایی که سرعت تبخیر و تعرق را مشخص می‌کند بستگی دارد و مقدار بارانی که برای تولید یک محصول در یک اقلیم سرد کافی است، ممکن است در اقلیم گرمتر کافی نباشد.

مناطق نیمه خشک دنیا دارای برخی ویژگیهای اقلیمی مشترك با مناطق خشک هستند که

از جمله می‌توان تشعشع و تبخیر بالقوه زیاد، بارندگی متغیر و کم، دامنه درجه حرارت روزانه زیاد با تشعشع زیاد در هنگام روز و تشعشع خروجی زیاد در شب در اثر وجود آسمان صاف و با ابر کم، و بادهای خشک کننده را نام برد. البته مناطق نیمه خشک از مناطق خشک و مرطوب به دلیل نوسانهای رژیم بارندگی تفکیک می‌شوند. نوسانهای مطلق در مناطق نیمه خشک کمتر از مناطق بیابانی واقعی است، زیرا در مناطق بیابانی، وقوع بارندگی بیشتر اتفاقی است. نوسان کمتر بارندگی سالانه در مناطق نیمه خشک، می‌تواند حد بین کفایت و عدم کفایت رطوبت برای کشت و کار را مشخص کند. شرایط نیمه خشک به وسیله دوره‌های متناوب خشکی با طول مدت مختلف که در این حالت اقلیم از نظر کشاورزی خشک است و دوره‌هایی که اقلیم، از نظر کشاورزی مرطوب است مشخص می‌شود. البته تغییر پذیری اقلیمی، حتی در طی سالهایی که نزولات بالاتر از حد متوسط است، می‌تواند زیادتر باشد. اگر چه بارندگی نسبت به مناطق خشک بیشتر فصلی است؛ ولی از نظر زمان و مکان وقوع متغیر است و فقدان آب قابل دسترس در دوره بحرانی، در طی دوره رشد گیاه زراعی بدون توجه به مقدار کل سالانه دریافت شده ممکن است باعث کاهش قابل توجهی در عملکرد، یا در عدم موفقیت گیاه زراعی شود.

در حالی که نزولات کم و طول فصل کوتاه محدودیت زیادی را در مورد تصمیم‌گیریها در کشاورزی ایجاد می‌کنند؛ ولی تغییر پذیری در مقدار و وقوع رطوبت قابل دسترس باعث می‌شود مناطق نیمه خشک دنیا، از نظر کشاورزی مخاطره‌آمیز باشند. برخی سیستمهای زراعی برای به حداقل رساندن مخاطرات تولید محصولات زراعی توسعه یافته‌اند. متداولتر از همه محدود کردن تعداد گیاهان زراعی یکساله‌ای است که در یک زمین پشت سرهم کشت می‌شوند. البته اختلافات اصلی در تکنیکهای زراعت است که در دیمکاری در مناطق استپی معتدل نیمه خشک و مناطق ساوانای حاره‌ای نیمه خشک موجود است که از نظر اقلیم، نوع گیاه زراعی و نوع سیستمهای زراعی متفاوت هستند و از نظر تراکم جمعیت روستایی و مرحله توسعه کشاورزی نیز تفاوتی دارند.

در مناطق معتدل با عرضهای جغرافیایی متوسط زمینهای استپی با فصول گرم و سرد محسوسی مشخص می‌شوند بدین ترتیب فصل رشد، می‌تواند به وسیله یخبندان بی‌موقع کوتاه شود. بخصوص در عرضهای جغرافیایی بالاتر زمستانها می‌تواند شدیداً متغیر باشد و اثر یخبندان طولانی آنرا تشدید کند.



شکل ۱۲-۱. مرز نیمه خشک با نیمه مرطوب بر طبق نظریات تورنت وایت (۱۹۴۵) و  
بیلی (۱۹۷۸) (از بیلی، ۱۹۷۹)

معمولاً رطوبت قابل دسترس خاک، با ذوب برف در بهار تکمیل می شود. اگرچه  
زراعت کم تولید است؛ ولی می تواند با حداقل ۲۵۰ میلی متر نزولات در سال و فصل رشد  
۱۲۰ تا ۱۴۰ روز با موفقیت انجام شود.

گسترده ترین زمینهای استپی در عرضهای جغرافیایی متوسط مربوط به دشتهای وسیع  
آمریکایی شمالی، اروپا و آسیاست که از غرب اورال به سمت شرق و به داخل شمال مرکزی  
آسیا امتداد دارند. در نیمکره جنوبی نیز به همین مقدار در آرژانتین (پامپاس)، جنوب استرالیا و  
جنوب شرقی آفریقا (ولد) وجود دارد. به استثنای استپ روسیه، غرب اورال و پامپاس  
آرژانتین، زمینهای استپی مناطق معتدل، فقط در طی ۲۰۰ سال گذشته زیر کشت و کار  
آورده شده اند. در اوائل تصور می شد که زراعت موفق مستلزم تکنیکهای حفاظت رطوبت

خاك است. اولین تکنیک بکارگیری سیستم آیش تابستانی بود (که در کشورهای منطقه مدیترانه چندین قرن عمل شده است) که بدان وسیله زمین برای یک یا چند سال بعد از زراعت، بلااستفاده رها می‌شد. هدف از این کار تا حد امکان حفظ بارندگی، در طی سالهای آیش است تا بدین وسیله نزولات در سالهایی که زراعت می‌شود تکمیل شود. تا جنگ جهانی دوم روشهای دیمکاری، در آمریکای شمالی و استرالیا با روشهای اعمال شده در خاورمیانه مشابه بود. شخم عمیق برای افزایش نفوذ سطحی و به دنبال آن عملیات زراعی، بر روی خاك سطحی به منظور ایجاد یک مالچ خاکی نرم انجام می‌شد. تصور بر این بود که این عمل مانع حرکت کاپیلاری آب به سمت بالا و مانع از تلفات آب در اثر تبخیر می‌شود درحالی که جذب رطوبت اتمسفری را افزایش می‌دهد و بدین ترتیب باعث حداکثر حفاظت آب خاك می‌شود. در این زمان درك درستی از حرکت آب در خاك وجود نداشت. مالچ خاکی فقط خاك را به سله بستن و شکاف و فرسایش شدید آبی و بادی حساستر می‌کرد.

در شروع قرن بیستم همزمان با دوره تقاضای زیاد برای غذا، دیمزارهای آمریکا و استرالیا گسترش یافت. در این زمان، بارندگی بیش از حد متوسط بود (ریدلی و همکاران، ۱۹۸۰). با شروع خشکیهای دهه ۱۹۳۰ که به دهه خبیث معروف بود، خاکهای مالچی نرم، در معرض فرسایش بادی شدیدی قرار گرفته بودند و بخصوص در جنوب دشتهای وسیع آمریکا، گوهایی از خاك را بوجود می‌آورد و طوفانهای خاك تا اقصی نقاط ساحل شرقی ایالات متحده گسترش یافت. در نتیجه در دهه ۱۹۳۰ و ابتدای ۱۹۴۰ روشهای حفاظت خاك توسعه یافت و تغییراتی در آیش بندی تابستانه صورت گرفت (استابس، ۱۹۷۹). شخم سطحی به منظور حذف علفهای هرز و حفاظت از بقایای گیاهان زراعی موجود روی سطح خاك (یعنی مالچ کاه و کلش) به کار گرفته شد و به وسیله استفاده از وسایل مخصوص شخم مانند: کولتیواتور با تیغه پهن، گاو آهن قلمی، کولتیواتور و علف کن تسهیل گردید. از زمان برداشت آخرین محصول هیچگونه عملیات شخم صورت نمی‌گیرد. معمولاً در ابتدای ژوئن سه نوبت شخم صورت می‌گرفت. در سالهای مرطوبتر به منظور کنترل علفهای هرز چندساله، مانند مرغ (Agropyron repens) بیشتر از سه نوبت شخم صورت می‌گرفت.

شخم تابستانه بخصوص برای کاهش علفهای هرز اهمیت دارد زیرا با هربار شخم زدن بذرها در شرایط جوانه زنی قرار می‌گیرند. بعضی از خاکهای مناطق نیمه مرطوب تا ده نوع عملیات زراعی نیاز دارند؛ زیرا اگر خاك برای مدتهای زیاد مرطوب باشد؛ بذر علفهای هرز

مستقر شده بنابراین قادر به آلودگی مجدد هستند . بخصوص بذرهای یولاف وحشی (Avena fatua) دوره خواب طولانی دارد و برای شکسته شدن نیاز به شرایط مرطوب سردی دارد . البته از پایان جنگ جهانی دوم ، معرفی علف کشها کنترل علفهای هرز را بدون نیاز به عملیات زراعی آیش تابستانه میسر ساخته است . این امر خطر فرسایش خاک و تلفات ازت را کاهش می دهد ؛ ولی باعث تشدید مشکلات شوری در اثر آیش بندی تابستانه و افزایش تبخیر آب خاک می شود .

مقدار آبی که به وسیله این وسایل حفظ می شود کم است و در بعضی مناطق بین ۱۶ تا ۲۰ درصد از کل بارندگی سالانه است . راسل (۱۹۷۷) اظهار داشته است که فقط آن مقدار آبی که در عمق بیش از ۲۰ سانتی متری از سطح خاک قرار دارد ، ذخیره می شود زیرا قسمت اعظم آب لایه زیر سطح خاک در اثر تبخیر تلف می شود . اندازه گیریهای انجام شده در مرغزارهای شمال ایالات متحده آمریکا نشان داد که از ۵۷/۷ سانتی متر نزولات دریافت شده در طی دوره آیش ۲۱ ماهه ، ۱۰ تا ۱۹ سانتی متر نگهداری شد و ۶/۵ سانتی متر از آن در طی ۹ ماه اول حفظ گردید . بعلاوه ، مزارعی که در طی ۹ ماه از برداشت تا بذرکاری ، شخم نخورده باقی ماندند فقط ۱ تا ۲ سانتی متر بیشتر از مزارع شخم خورده ، آب را حفظ کردند . در این زمان تکنیکهای دیگر حفاظت خاک معرفی شدند (اسکیدمور و همکاران ، ۱۹۷۹) که عبارتند از : شخم روی خطوط تراز ، شخم نواری با نوارهایی از زمین شخم خورده و زمین آیش به صورتی که در جهت باد قرار داشته باشند ، گیاهان پوششی موقت مانند ارزن که دارای رشد سریع است ، یا ایجاد مالچ کاه و کلش با سطح کلوخه ای فشرده .

بعلاوه بر نقش آیش تابستانه به عنوان راهی برای بهبود ازت خاک و حفظ رطوبت تاکید می شد . البته در خاکهایی که از علفهای چمنی پوشیده شده است و آبشویی شدید نبوده است عناصر غذایی زیاد می باشد و عملیات شخم ، تلفات سریع مواد آلی را که ذخیره اصلی ازت هستند افزایش داد . در بسیاری از خاکهای ایالات متحده ازت در حال کاهش است و در حال حاضر کمتر از ۵۰ درصد از ذخیره اصلی خود را حفظ کرده اند . نه تنها بسیاری از زمینهای زراعی در حواشی مناطق خشکتر به چراگاه تبدیل شده اند ، بلکه کشت علف چمنی بجای آیش لخت ، کمک به تثبیت خاکها می کند و تجمع مواد آلی را افزایش می دهد و ساختمان اسفنجی شکل را بوجود می آورد . اخیراً در روشهای دیمکاری آمریکای شمالی با تغییر از زراعت با شخم تابستانه به زراعت با شخم صفر ، تحولی ایجاد شده است . این امر در سال ۱۹۶۱ با

معرفی پاراکوات که علف کشی با طیف وسیع است و بقایای فعالی در خاک باقی نمی‌گذارد شروع شد. عملکرد محصولات زراعی در شخم صفر کمتر از روشهای شخم متداول نبوده است. بقایای گیاهی باقیمانده تا دو برابر برف بیشتری را بر روی سطح خاک نگه می‌دارند و این برف نسبت به آیش معمولی آهسته‌تر ذوب می‌شود. مزایای دیگر شخم صفر، شامل کاهش شوری خاک و کاهش علفهای هرز یکساله و حفظ ماده‌آلی بیشتر است. از طرف دیگر کنترل علفهای هرز چندساله مشکلتر می‌شود. قرار دادن کود با سهولت کمتری صورت می‌گیرد و درجه حرارت خاک، در زمان بذركاری کمتر از زمین شخم خورده است. درحالی که شخم صفر زمان و هزینه تولید را کاهش می‌دهد؛ اما کاربرد گسترده آن در رابطه با تقاضای زیاد و قیمت کمتر محصول تعیین می‌شود و جنبه‌های حفاظت خاک آن در مرحله بعدی است.

حتی با کارآمدترین سیستم حفاظت آب خاک، سیستمهای زراعی در مناطق نیمه خشک به دلیل بارندگی کم و فصل رشد کوتاه محدود می‌باشد. غلات مناطق معتدله مانند: گندم، جو و چاودار به ویژه به شرایط اقلیمی سازگار هستند که رطوبت قابل دسترس در مدت زمان کوتاهی متمرکز است و نور خورشید و درجه حرارت زیاد رشد سریع و زودرسی را ارتقا می‌دهد. اختصاص زمینهای مناطق معتدله نیمه خشک به تولید گندم در مقیاس وسیع در اواخر قرن نوزدهم، ناشی از افزایش تقاضا در آمریکای شمالی و اروپا، حمل و نقل سریع و ارزان و توسعه تکنیکهای زراعی مناسب بود. درمورد تکنیکهای زراعی مناسب با پیدایش گاوآهنهای تخصصی از قبیل گاو آهن قلمی فولادی که قادر به شکستن چمنزارهای متراکم در آمریکای شمالی و گاو آهن پرشی که برای استفاده در بقایای جنگلهای اوکالیپتوس در جنوب استرالیا ساخته شده بود، عملیات شخم بطور موثری انجام می‌شد. بعلاوه تکنیکهای جدید آسیاب کردن باعث شد که پتانسیل واریته های گندم سخت مقاوم به خشکی برای نانوائی تمیز داده شود.

در آن قسمت از مناطق نیمه خشک که زمستان سختی وجود دارد و زمین یخ زده دوره عملیات زراعی را کوتاه می‌کند، واریته های گندم بهاره زودرس کشت می‌شوند. در شرایطی که شدت و یخبندان زمستانه کمتر است، واریته های گندم زمستانه که در پاییز کشت می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این واریته ها قبل از گلدهی و رسیدگی در بهار، نیاز به درجه حرارت کمی (۲ تا ۴ درجه سانتی گراد) در طول زمستان دارند. عملکرد گندم زمستانه معمولاً بیشتر از عملکرد گندم بهاره است. البته عملکرد هر دو به وسیله نزولات کم محدود می‌شود و

کمتر از عملکرد واریته‌های زراعی اقلیمهای مرطوب است. عملکرد گندم زمستانه در اروپای غربی، حدود سه برابر مناطق نیمه خشک آمریکای شمالی و استرالیا و شش برابر زمینهای استپی شوروی سابق است. البته سطح زیرکشت زیاد جبران عملکرد کم را می‌کند. در این رابطه مکانیزاسیون باعث سرعت و به موقع انجام شدن عملیات ضروری، برای به حداقل رساندن خطرات نوسانهای فصلی می‌شود و باعث می‌شود که در مقایسه با مناطقی که جمعیت کشاورزان پراکنده است بازده نفر - ساعت بیشتر شود.

هنوز گندم گیاه زراعی غالب در دیمکاری مناطق معتدله است و ۹۰ درصد از آرد دنیا را تولید می‌کند. البته محدودیتهای کشت و کار بیشتر شده است و با وقوع دوره‌های خشکی و رطوبت زیاد همراه است. از زمان خشکیهای نامطلوب دهه ۱۹۳۰ مقداری از زمینهای نامرغوب که قبلاً کشت و کار می‌شدند، به چراگاه اختصاص داده شدند. برعکس، در شرایط بارندگی مساعدتر یا درجائی که استفاده از آب زیرزمینی برای آبیاری مقرون به صرفه است، کشت گندم به صورت خالص تغییر پیدا کرده است و زراعتها متنوعتر شده است. لی فارمینگ که شامل تناوب غلات دانه ریز (گندم، جو یا چاودار) با بقولات یکساله کوتاه فصل (یونجه، لوبین، یا شبدر) است که بذرات آنها خودبخود ریزش می‌کند و دوباره سبز می‌شوند و کشت و کار فاریاب یونجه و چغندر قند، تلفیق دامداری و محصولات زراعی را میسر کرده است. تلفیق سیستم زراعت گسترده و فشرده با دامپروری، در ایالات متحده آمریکا توسعه یافته است و با نسبت ۱۰۰ تا ۲۰۰ هکتار علوفه آبی به ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ هکتار آیش تابستانی دیمزار است و بیش از صد راس گاو را می‌توان پروار کرد. البته دام هنوز نقش نسبتاً کمی را در مناطق دیم به استثنای جنوب استرالیا بازی می‌کند و معرفی گونه شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum*) در دهه ۱۹۳۰ باعث تلفیق گندم و پرورش گوسفند شد. شبدر زیرزمینی که از مناطق مدیترانه‌ای اروپا به استرالیا و نیوزیلند معرفی شد، برای مناطقی که تابستانهای گرم و زمستانهای ملایم و باران زمستانی ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر و فصل رشد ۵ تا ۹ ماه دارند خیلی مناسب است (لانجروهیل، ۱۹۸۲). این شبدر پایا و مقاوم است و در خشکی شدید تابستانه بقاء دارد، زیرا می‌تواند بذر خود را درست قبل از شروع فصل خشک زیر خاک مدفون کند. شبدر زیرزمینی بذرهای سخت و بزرگی دارد و می‌تواند برای مدتهای طولانی قوه نامیه خود را حفظ کند. رشد آن به صورت خوابیده روی زمین است و این موضوع باعث مقاومت در برابر چرا می‌شود. برعکس، در آرژانتین پرورش گاو و زراعت گندم براساس کشت و کار

دوره‌ای، در رابطه با توسعه اولیهٔ زراعت استانسیا بوده است.

### کشاورزی در مناطق مدیترانه‌ای

زمینهای پیرامون دریای مدیترانه یکی از مهمترین مهدهای کشاورزی دنیا بوده است. کشاورزی ساکن که براساس کشت صورت گرفت، برای اولین بار بیش از ۵۰۰۰ سال پیش توسعه یافت. بسیاری از اجداد اغلب گیاهان علوفه‌ای و زراعی، از این منطقه منشأ گرفته و منتشر شدند. این منطقه به علت قرار گرفتن در چهارراه بین اروپا، آفریقا و آسیا، گونه‌های خارجی از شرق و غرب و از مناطق معتدله و حاره‌ای در سیستمهای زراعت سستی کشت شدند.

اقلیم مدیترانه‌ای در اروپا، کالیفرنیا، جنوب آفریقا و جنوب غربی استرالیا به وسیلهٔ اقلیم معتدلهٔ گرم نیمه خشک مشخص می‌شود. این اقلیم با اقلیم نیمه خشک مناطق استپی و ساوانایی فرق دارد؛ زیرا در این اقلیم فصل بارندگی در زمستان است که نور خورشید و درجهٔ حرارت در حداقل خود است. فصل رشد معتدل مرطوب در زمستان با تابستان حاره‌ای خشک که در آن نزولات کم و تبخیر و تعرق زیاد است و کمبود مطلق آب در خاک وجود دارد به صورت متناوب حادث می‌شود. رواناب حاصل از ذوب برف و یخ در بهار، باعث خطرات سیلاب شدید می‌شود. تراس بندی روی شیب تپه‌هایی با ۷۰۰ تا ۸۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا، در مناطق مدیترانه‌ای اروپا وسیله‌ای برای افزایش سطح زمینهای قابل کشت و کاهش رواناب و فرسایش خاک بوده است.

سه نوع بهره‌برداری از زمین در کشاورزی سستی مدیترانه‌ای وجود داشته است و هنوز هم ادامه دارد. البته نوع گیاهان زراعی و اهمیت نسبی آنها، بخصوص از دههٔ ۱۹۴۰ تغییر کرده است. نوع اول بهره‌برداری شامل کشت و کار گیاهان زراعی معتدله، در طی فصل زمستان با تاکید بر کشت گندم زمستانه و جو در پائیز بود. گندم از نوع دوروم سخت بود که نیاز به بارندگی کم دارد و از نظر گلوتن کمبود دارد و بیشتر مناسب تهیهٔ پاستا بوده که مناسب نانوائی نیست. این نوع کشت با آیش تابستانه همراه بود و گوسفند از کاه و کلش و رشد مجدد آن چرامی کرد.

نوع دوم بهره‌برداری از زمین کشت و کار درختان و درختچه‌های نیمه حاره‌ای، حساس به یخبندان و مقاوم به خشکی مانند: زیتون، انگور و بادام بود. آبیاری باعث می‌شود از پتانسیل



اقلیمی درجه حرارت تابستان و نور زیاد آفتاب بهره برداری شود و بدین ترتیب فصل رشدی را در تمام سال تامین کند. گیاهان زراعی مناطق حاره ای مرطوب مانند: پرتقال، خربزه، آناناس، موز و میوه جات و سبزیجات مناطق معتدله گرم، می توانند در خاکهای مناسب و زمینهای مسطح که دسترسی به مناطق قابل اطمینان آب وجود داشته باشد کشت شوند. مسلمانان هندی که تکنیکهای آبیاری را به مناطق مدیترانه ای معرفی کردند، اصطلاح اسپانیایی هورتا (یا باغ) را به این زمینهای سبز تابستانه که متنوع و خیلی حاصلخیز هستند اطلاق کردند.

نوع سوم بهره برداری از زمین به صورت چراگاه است. مشابه دیگر مناطق نیمه خشک زراعت و دامداری به صورت مجزا عمل می کردند و گوسفند و بز دامهای غالب برای تولید شیر و گوشت بودند. گوسفند و بخصوص بز در این شرایط بقای بیشتری دارند و می توانند از زمینهای مرتعی گاریگو و ماکوئیس مدیترانه ای بخوبی بهره برداری کنند. در این چراگاهها درختچه های همیشه سبز برگ سخت که نسبت به علفهای چمنی به خشکی تابستانه سازگاری بهتری دارند و دیگر گونه های علفی که غذای متداول گاو است، غالب است.

کشاورزی سنتی اثر خود را روی چشم انداز محیطی باقی گذاشته است. افزایش شهرها، گسترش بازارهای محصولات که قبل از دهه ۱۹۴۰ غذای تجمعی شمرده می شدند (بخصوص میوه جات حاره ای)، فشرده شدن کشاورزی و سوبسیدهای مالی بطور فزاینده ای در سیستمهای زراعت تغییر ایجاد کرده اند. بیشتر زمینهای نامرغوب و مرتفع که قبلاً ترانس بند یا چرا می شدند رها شده اند. کشت غلات زمستانه کاهش یافته است و رای گرس هیبرید که عملکرد زیاد دارد و سریع الرشد است و خوراک مغذی تری را برای گوسفند فراهم می کند جایگزین آن شده است. تعداد گوسفند در نتیجه سوبسید EEC و تقاضا افزایش یافته است. درختان و درختچه های زراعی دیم همچنان کشت می شوند؛ ولی در مناطقی که تولید زیاد میوه جات را می توان به وسیله افزایش نهاده ها و فشرده کردن کشاورزی به دست آورد تخصصی تر و متمرکز شده اند.

کشاورزی فاریاب از نظر وسعت و تولید نسبتاً اهمیت بیشتری پیدا کرده است و کشاورزی فشرده فاریاب در حال حاضر، اکوسیستم زراعی غالب در مناطق مدیترانه ای دنیای قدیم و جدید است. سیستمهای جدید آبیاری همراه با نهاده های زیاد، بخصوص آفت کشها و انرژی به شکل دستگاههای گرم کننده و پنکه ها برای به حداقل رساندن خطر یخبندان هوا به کار برده می شود. کشت مرکبات و دیگر میوه جات به صورت تخصصی تر درآمده است و انواع

بیشتری از وارته‌ها وجود دارد و این موضوع باعث شده است که تولید در طول سال میسر شده محصولات تخصصی‌تر شوند. محدودیت در دیررسی که از خصوصیت درختان زراعی است، به وسیله تولید وارته‌های جدید، در اثر پیوند زدن کاهش یافته است. بعلاوه آبیاری باعث تولید میوه جات و سبزیجات زودرس مانند: توت فرنگی، هلو، کاهو، سیب زمینی و غیره شده است و بطور موفقیت آمیزی با انواع این میوه جات که در عرضهای جغرافیایی بالا و سردتر نزدیک به بازارهای اروپا و آمریکای شمالی کشت می‌شود رقابت می‌کنند. بعلاوه با آبیاری، کشت مضاعف و سه تایی بعضی از گیاهان زراعی امکان پذیر است. در حال حاضر برداشت دو محصول سیب زمینی معمول است در حالی که کشت و کار گیاهان علوفه‌ای مانند: یونجه (که تا پنج چین در یک فصل می‌تواند تولید کند)، رای گرس و لوبیا با توسعه دامپروریهای گاو شیری نزدیک به بازارهای بزرگ شهری در مناطق مدیترانه‌ای دنیا سودآور شده است. در حالی که آبیاری ممکن است، باعث کاهش محدودیتها شده بروز پتانسیل کامل اقلیم مدیترانه‌ای در بعضی مناطق را میسر ساخته است؛ ولی یک سری محدودیتهای محیطی دیگر ایجاد کرده است که حل آن‌ها چندان ساده نیست (فصل ۱۳ را مشاهده کنید).

### دیمکاری در مناطق حاره

وسیعترین مناطق نیمه خشک در اقلیمهای حاره‌ای و شبه حاره‌ای آفریقا، بخصوص در منطقه ساحل وجود دارد که از شمال آفریقا بین ساوانا و بیابان صحرا و در کاروی جنوب آفریقا بین بیابان کالاهاری و ولد و در شمال و شرق استرالیا و سطح کمتری در شبه قاره هند و شمال شرقی برزیل می‌گذرد. از نقطه نظر کشاورزی، شرایط اقلیمی آن مشابه با شرایط اقلیمی مناطق معتدله نیمه خشک است. البته درجه حرارت در طول سال بالاتر است و بنابراین حد نزولات برای کشت و کار موفق نیز بیشتر است و مانند عرضهای جغرافیایی معتدله، فصل زمستان سردی وجود ندارد.

البته خاکهای این مناطق معمولاً فقیرتر هستند. برعکس چمن‌زارهای مناطق معتدله که دارای مواد مادری جوانتر، با هوادیدگی کمتر و عمدتاً رسوبی هستند خاکهای مناطق حاره‌ای نیمه خشک عمدتاً از سنگهای آتشفشانی و تغییر شکل یافته‌ای تشکیل می‌شوند که برای مدتهای طولانی در معرض هوادیدگی و آبشویی قرار داشته‌اند. بعلاوه مواد آلی و عناصر غذایی این خاکها، بخصوص ازت و فسفر کم است و وجود افق سخت شده‌ای به وسیله آهن در سطح

خاك يا نزديك به آن معمول است. در مناطق حاره، حاصلخیزی كم خاك محدوديتهای ناشی از نزولات كم و متغیر برای کشاورزی را افزایش می دهد. تناوب زراعی با دوره های مختلف آیش همانند آنچه در مناطق حاره ای مرطوب برای حفظ عناصر غذایی خاك و عملکرد گیاهان زراعی انجام می شود، رایج است و در اینجا تناوب برای حفظ رطوبت خاك است. البته همانند مناطق معتدله، بارندگی اندك انواع گیاهان زراعی دیم را محدود می كند (گیبون و پین، ۱۹۸۵). مواد غذایی معیشتی این مناطق مخلوطی از سورگوم و ارزن مقاوم به خشکی است. معمولاً وارته هایی از این دو نوع گیاه یا هر دوی آنها به نحوی انتخاب می شوند تا علی رغم فصل مرطوب متغیر و طول مدت غیر قابل پیشگویی حداكثر عملکرد را داشته باشند. با افزایش خشکی، سورگوم جانشین ارزن می شود چون این گیاه نیاز بیشتری به آب خاك دارد. بعلاوه سورگوم در مقایسه با ارزن بقایای بیشتری تولید می كند و تجزیه آن در طی فصل خشك آهسته است و بنابراین ازت خیلی زیادی در بقایای خود محبوس می كند.

در مقایسه با مناطق حاره ای مرطوب، تعداد گیاهان زراعی قابل كشت، در این مناطق كمتر است: لوبیا چشم بلبلی و بادام زمینی كه هر دو به فصل رشد كوتاهی نیاز دارند، منابع با ارزش پروتئین هستند در حالیکه غده های كاساوا به شرایط خاك فقیر سازگار است و قادر است در طی یک فصل خشك طولانی در زمین باقی بماند و عملکرد زیادی از كربوهیدراتها عاید سازد. شرایط اقلیمی دوره كشت و كار را تحت تاثیر قرار می دهد. در شرایط استثنایی از نظر مقدار آب خاك مانند آنچه در خاكهای سیاه رسی رگور در دكان هند، یا در جایی كه ذخیره آب در مخازن، یا آب انبارهای كوچك صورت می گیرد، تنها كشت دو محصول امکان پذیر است. متداولترین سیستم كشت محصول یکساله و به دنبال آن یک یا چند ساله آیش بوته ای، یا علف چمنی است. برای كشت مجدد، زمین آیش معمولاً درست قبل از شروع فصل بارندگی سوزانده می شود و بذر گیاه زراعی در مراحل بعد از آغاز باران كاشته می شود. همانند دیمزارهای مناطق معتدله نزولات كم و خیلی فصلی باعث تفكیک دامداریهای غیر فشرده عشایری كه بر اساس كوچ كردن بین زمینهای خشك و نیمه خشك و کشاورزی ساكن كه آب قابل دسترس کافی، تنها برای كشت یک محصول در طول سال و برای دامهای خود در طول سال دارند شده است (روتبرگ، ۱۹۸۰). این دو نوع فعالیت کشاورزی، بخصوص در مناطق نیمه خشك آفریقا همراه هستند و در مقایسه با مناطق حاره درجه زیادی از تلفیق همزیستی اكولوژیکی، بین دو سیستم وجود دارد. اگر چراگاه کافی در دسترس باشد، زارعین معمولاً

بز، گوسفند، گاو و مرغ نگهدارند. کاه و کلش گیاهان زراعی، برای چرای گله‌های گاو کوچ رو و ساکن است. گاوهای ساکن نزدیک به محل استقرار چرا می‌کنند تا بدین وسیله حداکثر استفاده از پهن آنها صورت گیرد. گاوهای کوچ رو از کاه و کلش خرمن و علف آیش استفاده می‌کنند و کود دامی و بقایای گیاهان زراعی و اضافات ساقه غلات به خاک اضافه می‌شود. در بسیاری از مناطق نیمه خشک آفریقا، درختان کروت (*Acacia albida*)، یا نگه داشته می‌شوند، یا در زمینهای زراعی کشت می‌شوند. غلافها و برگهای خزان‌کننده آنها علوفه مغذی باارزشی هستند و بدین وسیله مقدار فضولات دامی اطراف خود را افزایش می‌دهند.

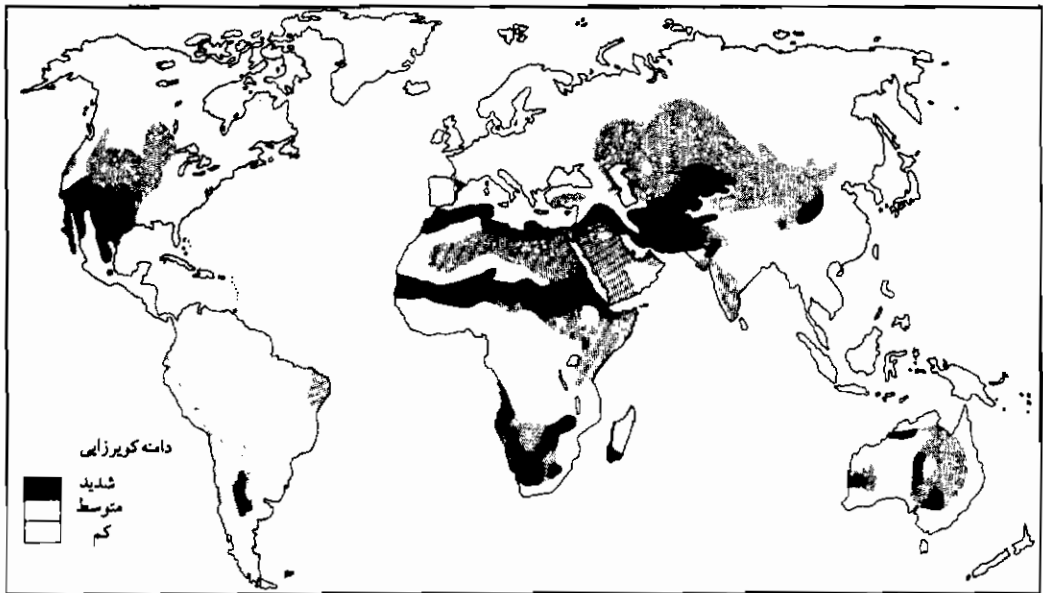
شکل مهم دیگر تلفیق این است که گله‌های گاو زارعین به وسیله چوپانها نگه داری می‌شوند. این نوع تلفیق در موقعیتهایی است که زارعین گاو بیشتری از آن تعدادی که باید در زمین خود نگه دارند، دارا هستند. در نتیجه افزایش درآمد از گیاهان زراعی نقدینه مانند: پنبه، بادام زمینی و غیره، کشت این گیاهان و بخصوص پنبه تانزانایی افزایش یافته است. اگر راه دیگری برای سرمایه گذاری نباشد درآمد به خرید گاو اختصاص داده می‌شود که ارزش اجتماعی و فرهنگی آن به کیفیت، یا ارزش اقتصادی آن مربوط نیست، بلکه بسته به تعداد آن است.

البته در نتیجه افزایش فشار جمعیت همراه با فعالیتهای سیاسی، برای حمایت از حقوق کشاورزی روی زمین در چارچوب افراد یا قبایل، نه تنها در مناطق نیمه خشک آفریقا زمینهای زراعی که به قیمت تخریب مراتع افزایش یافته است، بلکه دوره آیش به کمتر از یکسال کاهش داده شده است که نتایج آن کاهش حاصلخیزی خاک بوده است. در همین زمان افزایش تعداد دام فشار بیشتری را در روی زمینهای قابل دسترس اعمال می‌کند. در حالی که راه‌های مشکل کاهش تولید زمینها به علت بهره برداری بی‌رویه به وسیله جمعیت در حال افزایش زارعین معیشتی عمدتاً سیاسی و فنی است؛ ولی این مشکلات به علت نسبت نامطلوب هزینه به سود لازم پیچیده تر شده زیرا ظرفیت تولید ذاتاً کم است و مخاطرات اقلیمی وجود دارد.

**گویرایی (شکل ۲-۱۲ را ملاحظه کنید)**

گسترش خشکیها به هزینه زمینهای نیمه خشک مجاور و حتی زمینهای نیمه مرطوب، پدیده‌ای است که از دیرباز مشاهده شده است. البته تا شروع خشکی سالهای ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۲ در ساحل، بحثهای مربوطه از چارچوب علمی آن فراتر رفته است. کنفرانس سازمان ملل

در سال ۱۹۷۷ در مورد کویرزایی در مقیاس جهانی و افزایش سرعت این فرآیند را تاکید کرد و بطور رسمی کویرزایی به حالتی گفته شد که شرایط کویری که دارای تولید بیولوژیکی کمی است، به مناطق دیگری گسترش یابد. برای تجزیه و تحلیل علل، درك فرآیند کویرزایی و پیدا کردن راه حلها یک برنامه تحقیقاتی بین المللی در مقیاس وسیع شروع شد.



شکل ۲-۱۲ دامنه کویرزایی در دنیا (از بريك و اهار، ۱۹۸۴)

در ابتدا چنین تصور می شد که گسترش شرایط شبه بیابانی، نتیجه کاهش بارندگی و افزایش خشکی است. البته مدارك کمی برای حمایت از این فرض وجود دارد. در حال حاضر مشخص شده است که دلایل کویرزایی پیچیده و چند متغیره است و این پدیده فرآیندی مداوم و

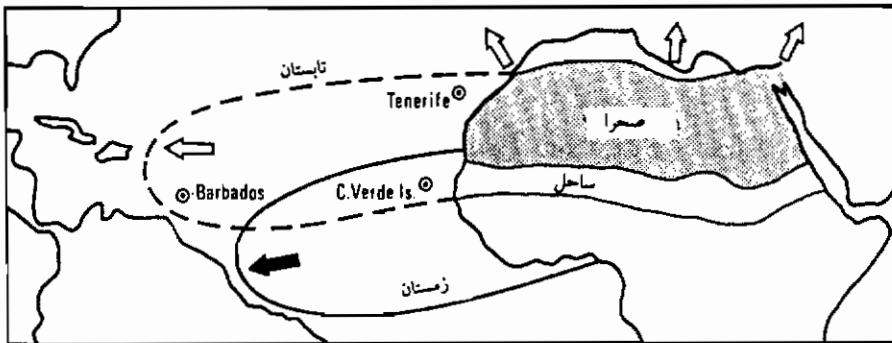
در نتیجه استفاده بی‌رویه از منابع زمین در زمان تنش‌های اقلیمی (یعنی از خشکی) بخصوص در مناطق نیمه خشک و نیمه مرطوب حاشیه بیابانهای حقیقی دنیا است. تحقیقات اخیر حاکی است که نوسانهای زیاد بارندگی و خطر خشکی از ویژگیهای ذاتی اقلیمهای نیمه خشک است. بعلاوه شواهدی از منابع علمی مختلف، حاکی از وجود تناوب دوره‌های مرطوب و خشکی از دوران زمین‌شناسی کوارترناری است. در حال حاضر کویر زایی فرآیندی متأثر از انسان است و ناشی از افزایش بهره‌برداری بی‌رویه از زمین، در طی دوره‌های مرطوب در حدی است که طی دوره‌های خشک بعدی، نمی‌توان آنرا حفظ کرد. در علفزارهای آمریکای شمالی و در منطقه ساحل آفریقا در دو تا سه دهه اول قرن حاضر دوره‌های بارندگی بیش از حد متوسط بوده است. در علفزارهای آمریکای شمالی، کشت و کار گندم به کناره غربی دشتهای وسیع گشاده شد و به دنبال آن خشکیهای دهه ۱۹۳۰ و شروع فرسایش شدید خاک و به اصطلاح «گوی‌های خاک» مشهور که قبلاً بحث شد آمد. گرو (۱۹۷۸) اظهار داشته است که در دهه ۱۹۳۰ و دهه ۱۹۵۰ و ابتدای دهه ۱۹۶۰ افزایش قابل توجهی، در زمینهای زراعی و در تعداد دام در منطقه ساحل مشاهده شده که این موضوع همراه با افزایش جمعیت بود و کمکهای دولتی برای تأمین منابع آب و احداث آب‌انبارهای محلی و بهبود خدمات دامپزشکی برای مبارزه با بیماریهای دامی آنرا تشدید کرد.

با شروع خشکی کاهش قابل توجهی در ظرفیت مراتع صورت گرفت. زمین که قبلاً زراعی بود بدون این که آیش بوته‌ای یا علف چمنی قادر باشد مجدداً مستقر شود رها شد. به دلیل افزایش تعداد دام چراگاهها در معرض فشار شدید و فزاینده بود. چرای بیش از حد منجر به تخریب سریع پوشش گیاهی شد. خاکهایی که دارای ترکیبات معدنی بودند به فرسایش بادی حساس شدند و خاک حاصلخیزتر سطحی به خارج از منطقه منتقل گردید (شکل ۳-۱۲ را ملاحظه کنید). اثر چرا و زراعت بیش از حد، بخصوص در بعضی مناطق به دلایل زیر شدیدتر شده است:

- ۱- با خشک شدن چاههای کم عمقتر، تراکم دام در ۵ تا ۱۰ کیلومتری آبشخورهای عمیقتر، قدیمی، یا دائمی زیاده‌تر شد. این تراکم به وسیلهٔ احداث چاههای عمیقتر توسط دولت شدیدتر شده است، زیرا بدون در نظر گرفتن ظرفیت دام مراتع حفر شده‌اند. چراگاههایی با بیشترین شدت تخریب و بیابان‌زایی در ساحل مشاهده می‌شود.
- ۲- کاهش طول مدت آیش از ۲۰ تا به ۳۰ سال به ۳ سال، یا کمتر در طی سه تا

چهار دهه .

۳- افزایش تقاضا برای چوب به عنوان سوخت، بخصوص برای مقاصد خانگی که این امر فرآیند جنگل زدایی و در نتیجه فرسایش خاک را شدت بخشیده است .  
در نتیجه این فشارهای متمرکزتر، سرعت و شدت کویرزایی در مناطق نیمه خشک متغیر است و در یک نقطه شروع می شود و به سمت خارج گسترش می یابد و بالاخره به هم می پیوندند (رپ، ۱۹۷۴؛ رپ و هلدن، ۱۹۷۹).



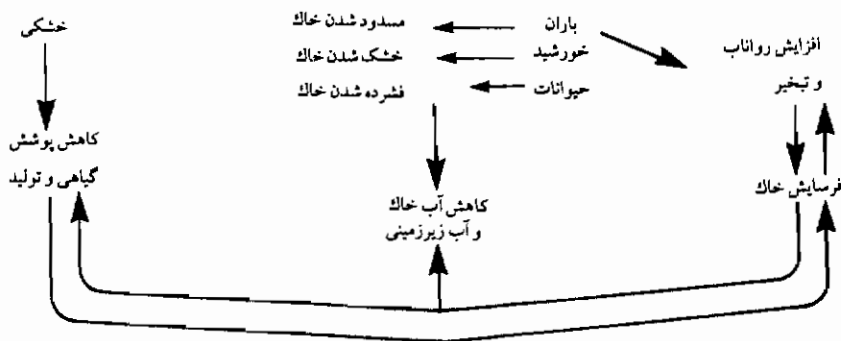
شکل ۳-۱۲- مسیر گرد و خاک از صحرا و ساحل . دایره ها نشان دهنده ایستگاههای

ردیابی خاک هستند (از رپ و هلدن، ۱۹۷۹)

کویرزایی ممکن است پس خور اقلیمی مثبتی داشته باشد . افزایش آلبیدوی سطحی در نتیجه در معرض قرار گرفتن خاکهایی که دارای مواد معدنی هستند، ممکن است باعث افزایش تلفات گرما در اثر تشعشع خروجی شود و به موجب آن مانع نزولات بیشتر شده و خشکی اقلیمی افزایش می یابد . البته قوت این فرضیه بستگی به حدی از افزایش گرد و خاک اتمسفری دارد که ممکن است باعث بی اثر کردن آلبیدوی سطحی شود .

کشت و کارو چرای بیش از حد در مناطق نیمه خشک مانند ساحل، اثر مخربی نیز بر روی چرخه هیدرولوژی داشته است . سطوح برهنه خاک به سله بستن، مسدود شدن خلل و فرج خاک، در اثر بارانهای سیل آسا و فشرده شدن به وسیله لگدمال شدن توسط حیوانات و انسان حساس هستند . در نتیجه ظرفیت نفوذ سطحی کاهش می یابد و تلفات آب به وسیله تبخیر سطحی و رواناب سطحی افزایش می یابد و باران قابل دسترس کاهش می یابد . با کاهش ذخایر

آب خاک و آب ورودی خاک، خشکی خاک همراه با کاهش تولید حادث می‌شود. با وجود کاربرد روشهای حفاظت خاک در دیمزارهای مناطق معتدله، کویرزایی حاصل از انسان (در اثر فعالیتهای زراعی) در حال تداوم است. البته در هیچ‌جا مانند آفریقا کویرزایی با چنین بازتابهای محیطی و اجتماعی-اقتصادی در حال گسترش نیست. در سال ۱۹۷۵ برآورد شده است که در سودان بیابانها به سمت جنوب با سرعت ۹۰ تا ۱۰۰ کیلومتر در ۱۷ سال توسعه یافته است و در حال حاضر تأثیر طوفانهای گرد و خاک تولید شده در ساحل، به خارج از منطقه گسترش یافته است. امروزه کویرزایی یک فرآیند پویا و خودشتاب است که ناشی از مکانیزمهای پس‌خور مثبت است که تخریب پس‌رونده و مارپیچی در خاک ایجاد می‌کند (شکل ۴-۱۲). بعد از هر بار تکرار خشکی و شروع بارندگی، بهبود پوشش گیاهی و تولیدات کشاورزی مشکلتر می‌شود، زیرا فشار دام و مردم به سطح قبلی بر می‌گردد یا بیشتر از آن می‌شود. در حال حاضر در ساحل فرآیند کویرزایی، به آستانه‌ای رسیده است که بعد از آن بهبود بیولوژیکی اگر غیر ممکن نباشد به دلیل مقیاس منطقه و محدودیتهای اجتماعی-اقتصادی و سیاسی مشکل است.



شکل ۴-۱۲- چرخه تخریب خاک در نتیجه خشکی ممتد و چرای بیش از حد



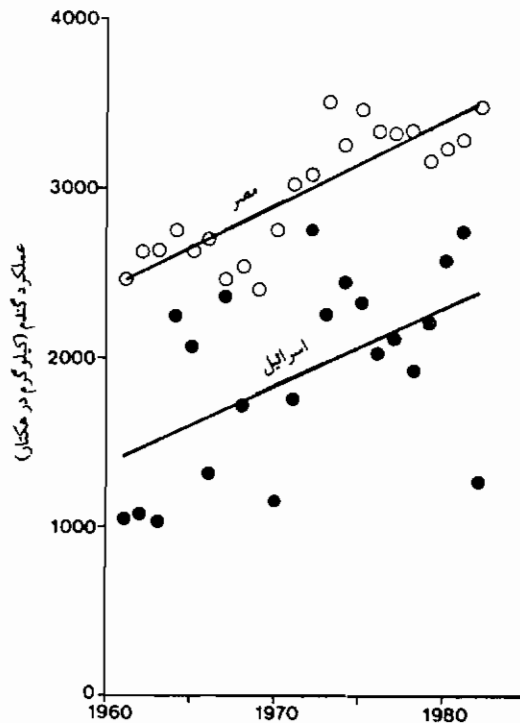
## فصل سیزدهم

### کشاورزی فاریاب

در بسیاری از مناطق دنیا برای بخشی از سال ، یا تمام آن کمبود آب خاک برای تولید محصولات زراعی وجود دارد و کشاورزی کم و بیش وابسته به آبیاری است . در رژیمهای نیمه خشک برای توسعه سطح کشت ، افزایش عملکرد و اطمینان در مقابل نوسانهای زیاد بارندگی از آبیاری استفاده می شود . در مناطق مرطوب برای غلبه بر کمبود آب خاک ، از آبیاری تکمیلی استفاده می شود که اغلب در دوره های بحرانی ، در طی رشد گیاهان زراعی انجام می شود . در بریتانیا خشکی خاک هنگامی است که کمبود آب بیش از ۱۵۰ میلی متر ، در طی دوره آوریل تا دسامبر باشد (MAFF ، ۱۹۸۲ b)

تعریف دقیق آبیاری عبارت از انتقال آب ، از منبع به زمینی است که برای کارهای کشاورزی فاقد آب است ، یا با کمبود آب مواجه است و بیابان را می توان به مناطقی اطلاق کرد که در آن ، تولید محصولات زراعی بدون آبیاری امکان پذیر نیست . بیابانهای گرم حدود یک ششم سطح زمین را اشغال می کنند . بیابانها مناطقی هستند که به دلیل آسمان صاف و بدون ابر و نور زیاد خورشید ، پتانسیل فتوسنتز سالانه آنها (چنگ ، ۱۹۷۰) در حداکثر خود است . در این مناطق درجه حرارت سالانه طوری است که در طول سال فصل رشد وجود دارد . چنانچه

عرضه آب کافی باشد، پتانسیل تولید کشاورزی قابل توجه است و در این مورد در شرایط مشابه اقلیمی، عملکرد خیلی بیشتر از عملکرد دیمزارهاست اگر شرایط خاک تخریب نشود. در شکل ۱- ۱۳ استنهایل (۱۹۸۶) تفاوت بین عملکرد گندم آبی در مصر را با عملکرد گندم دیم در اسرائیل نشان داده است. عملکرد گندم در مصر بطور متوسط ۵۰ درصد بیش از عملکرد در اسرائیل است و انحراف معیاری برابر با ۷ درصد دارد که مشابه با انگلستان است. در صورتی که در اسرائیل این انحراف معیار ۲۶ درصد است. باروری زمینهای فاریاب با کشت مداوم افزایش می‌یابد و در حال حاضر در مصر حدود پنج محصول، هر سه سال یکبار از هر هکتار زمین زراعی برداشت می‌شود.



شکل ۱- ۱۳. عملکرد گندم و ثبات آن در کشاورزی فاریاب و دیم مناطق

خشک، خطوط = رگرسیون خطی متوسط عملکرد در سطح کشور، کیلوگرم در هکتار (Y) در یک سال زراعی (X). دایره‌های توخالی: برای مصر (فاریاب)،  $F = 50$ ، دایره‌های توپر: برای اسرائیل (دیم)،  $F = 7$  (از استنهایل، ۱۹۸۶)

مقدار زمین زراعی که کاملاً به آبیاری وابسته است کمتر از ۱۰ درصد کل است درحالی که زمینهایی که به صورت بالقوه قابل آبیاری هستند به بیش از ۲۰ درصد نمی رسد. درحقیقت زمین قابل آبیاری به وسیله ترکیبی از محدودیتهای وضع زمین، خاک یا تامین آب شدیداً محدود می گردد. از نظر اقتصادی آبیاری موفق، نیاز به زمینی مسطح و با شیب منظم و خاکی با عمق کافی دارد تا به این وسیله نفوذ سطحی آب میسر شود و ظرفیت نگهداری آب در خاک تامین گردد.

در مناطق خشک و نیمه خشک این شرایط به وسیله رسوبات عمیق الویال که در ارتباط با جلگه های ساحلی، جلگه های سیلابی، بعضی حوضه های زهکشی داخلی و بادبزنهاي کوهپایه ای پیوسته تشکیل شده است و از ویژگیهای مناطق خشک و نیمه خشک است تامین می گردد. به دلیل وجود بافت شنی آب می تواند سریعتر در آنها نفوذ کند و لذا چنین رسوباتی حوضه های آگیر مهمی نیز هستند. در خاکهای شنی ریز تا لومی شنی نفوذ سطحی مناسب است. در خاکهای درشتتر سرعت نفوذ نسبت به ظرفیت نگهداری آب خیلی بیشتر است. در خاکهای رسی ریزتر سرعت نفوذ ممکن است آنقدر آهسته باشد که تلفات حاصل از تبخیر زیاد شود و عمق نفوذ آب قابل دسترس را محدود کند.

آبیاری اصولاً بستگی به عرضه آب قابل دسترس ارزان دارد که باسانی حاصل شود و دارای کیفیت مناسبی باشد. آب سطحی و آب زیرزمینی، دو منبع اصلی عرضه آب هستند. در مناطق خشک و نیمه خشک آب سطحی محدود است. به علت تبخیر زیاد، رواناب سطحی سریع و سرعت نفوذ سطحی زیاد بارندگی برای حفظ جریان مداوم در رودخانه ها کافی نیست. پس از بارانهای شدید سیلابهای ناگهانی در بادیه های خشک ایجاد می شود. رودخانه ها دائمی نیستند و جریان متناوبی دارند. مهمترین آبهای سطحی به وسیله رودخانه هایی تامین می شود که حوضه آگیر آنها در مناطقی با بارندگی زیاد و در ارتفاعات بالا و خارج از محدوده مناطق خشک قرار گرفته اند. آب ممکن است مستقیماً از رودخانه ها گرفته شود، یا در آب انبارهایی ذخیره شود که می توانند یک تا دو سال آب را عرضه کنند. البته استفاده از آب سطحی از نظر قانونی محدود می شود تا به این وسیله جریان طبیعی رودخانه در سطح قابل قبولی حفظ شود.

منابع آب زیرزمینی قابل توجه هستند. البته استفاده از آنها به وسیله قابلیت دسترسی به خاکهای قابل آبیاری، برحسب عمق و موقعیت آنها تعیین می شود. در نتیجه تخلیه آب بطور

اجتناب ناپذیری بیشتر از تامین مجدد آن، حتی اگر تامین آب بطور مصنوعی نیز انجام شود خواهد بود. با افت سطح ایستابی آب، انرژی و هزینه پمپاژ از اعماق افزایش می‌یابد. افت سطح آب به دلیل استخراج در یک منطقه، اغلب باعث کاهش جریان آن در منطقه‌ای دیگر خارج از محل بهره‌برداری می‌شود. بعلاوه در مناطق ساحلی مانند جنوب کالیفرنیا، پمپ کردن باعث کاهش سطح آب به پائین‌تر از سطح دریا و در نتیجه ورود آب شور به منطقه می‌شود. فرونشینی سطح زمین خطر دیگری در رابطه با افت سطح ایستابی آب است.

آبی که برای آبیاری استفاده می‌شود به معنای کلمه آن خالص نیست. در مناطق خشک و نیمه خشک آب سطحی و تا حد زیادی آب زیرزمینی معمولاً دارای مواد محلول و معلق زیادی است. میزان زیاد ترکیبات شیمیایی در نتیجه میزان زیاد تبخیر و وجود سنگهای نسبتاً هوادیده و خاک است که کانیهای آن مانند آنچه در مناطق مرطوب حادث می‌شود، آبشویی شده‌اند. معدنی شدن آب ممکن است، در نتیجه نمک فسیلی باشد که در زیرزمین محبوس شده‌اند، یا همانطوری که در اسرائیل دیده شده است در نتیجه تبخیر نمکهای پخش شده در هواست.

در مناطق خشک بارندگی فقط برای مرطوب کردن عمق محدودی از خاک کافی است که با افزایش درجه خشکی این عمق کمتر می‌شود. تحت شرایط سخت بغیر از گیاهان گوشتی چندساله‌ای که می‌توانند بقا داشته باشند فارو فیتها هستند که ریشه‌های آنها باندازه کافی طویل هستند و می‌توانند از آب زیرزمینی استفاده کنند. در صورتی که آبشویی انجام شود، مواد حاصل از هوادیدگی در بخش فوقانی نیمرخ خاک جمع می‌شوند. این ترکیبات شامل کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) و برخی نمکهای محلول می‌شود (جدول ۱-۱۳ را ملاحظه کنید). نمکهای مختلف محلول در خاکهای علفزار، مناطق خشک را از مناطق نیمه مرطوب متمایز می‌سازد، زیرا در خاکهای مناطق خشک دارای افق غنی از کلسیم هستند؛ ولی در آنها نمکهای محلول و قابل آبشویی شده تجمع نمی‌یابند.

در اریدیسولها، کلسیم و منیزیم معمولاً به صورت کربناتهای غیر محلول، یا به صورت گچ نسبتاً محلول ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) وجود دارند. کربنات کلسیم همیشه به شکلهای مختلفی چون رگه‌های سخت، یا نرم، یا به صورت افقهای سفت شده، یا لایه‌هایی سخت با ضخامت مختلف وجود دارد. نمکهای محلول غالباً نمکهای سدیم، کلر، پتاسیم، سولفاتها، کربناتها، بی‌کربناتها ( $\text{HCO}_3^-$ ) و بعضی اوقات نیتراتها و عناصر کم مصرف مانند: بر، لیتیوم، منگنز،

آهن و روی هستند . در نتیجه خاکهای خشک از نظر واکنش قلیایی و با PH بیش از ۷ هستند .

**جدول ۱ - ۱۳ =** نمکهای محلول در خاکها : کربناتها و گچ که به صورت نمکهای قابل حل نیستند

برای مقایسه گنجانده شده اند

نمک*	فرمول شیمیایی (به شکلی که در خاکها یافت می شود)	چگونگی وجود آنها	حلالیت	سمیت برای گیاهان زراعی
کربنات کلسیم	$\text{Ca CO}_3$	خیلی معمول	خیلی کم	ندارد
بی کربنات کلسیم	$\text{Ca (HCO}_3)_2$	توضیح را ملاحظه کنید	کم	ندارد
کربنات سدیم (سودا)	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	غیر معمول	زیاد	ندارد
سولفات کلسیم (گچ)	$\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	معمول	کم	ندارد
سولفات منیزیم	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	خیلی معمول	زیاد	زیاد
سولفات سدیم	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	خیلی معمول	زیاد	متوسط
کلرور منیزیم	$\text{Mg Cl}_2$	غیر معمول	خیلی زیاد	زیاد
کلرور سدیم	$\text{Na Cl}$	خیلی معمول	زیاد	زیاد

\* کربنات منیزیم ، کربنات پتاسیم ، سولفات پتاسیم ، کلرور پتاسیم و کلرور پتاسیم در خاکهای خشک نادر هستند . نیترا تها فقط در بیابانهای بسیار خشک تجمع پیدا می کنند .  
(از یانگ ، ۱۹۷۶)

### خطر شوری

در مناطق خشک و نیمه خشک نوع و عملکرد گیاهان زراعی در شرایط فاریاب به وسیله درجه شوری یا قلیایی محیط خاک تعیین می شود . وجود نمکها گیاهان را در معرض تنشهای مستقیم و غیر مستقیم قرار می دهد . تنشهای مستقیم مربوط به تغییر در پتانسیل اسمزی آب خاک ، عدم قابلیت دسترسی عناصر غذایی و یا حضور یونهای سمی است . تنشهای غیر مستقیم مربوط به خصوصیات ویژه فیزیکی شیمیایی خاکهای شور و قلیایی می شود .

شایع ترین انواع شوری به وسیله کلرور و سولفات سدیم و کلسیم به وجود می آید . در ارایدیسولها در مقایسه با خاکهای مناطق مرطوب سدیم زیادی از کل ظرفیت تبادل کاتیونی آنها را تشکیل می دهد در حالی که کاتیونهای هیدروژن ، به مقادیر خیلی کمی وجود دارند .

برای مقاصد کشاورزی وضعیت شوری یک خاک معمولاً به صورت هدایت الکتریکی (EC) برحسب میلی موس بر سانتی متر محلول خاک بیان می‌شود. EC متناسب با غلظت نمک و فشار اسمزی محلول است. خاکی شور در نظر گرفته می‌شود که EC آن بیش از ۴ میلی موس بر سانتی متر باشد (میری و لوی، ۱۹۷۳) (جدول ۲-۱۳ را ملاحظه کنید). افزایش فشار اسمزی محلول خاک بخصوص در بخش فوقانی منطقه خاک حرکت آب و عناصر غذایی را به داخل گیاه مشکل می‌کند. اغلب گیاهان زراعی کم و بیش به شوری حساس هستند و در نتیجه شوری یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک است. گیاهان زراعی از نظر تحمل شوری باهم فرق دارند (جدول ۳-۱۳ را ملاحظه کنید) و بالاتر از یک حد مشخصی سرعت رشد و عملکرد کاهش می‌یابد. گیاهانی که تحت تنش شوری قرار دارند علائمی مشابه علائم اثر خشکی نشان می‌دهند که در آنها برگها کوچکتر شده و سبز مایل به آبی می‌شوند، اندازه گیاه کاهش یافته و نسبت بخشهای هوایی به ریشه کم می‌شود، نکروزه شدن و سوختن برگها و پژمردگی حادث می‌شود.

جدول ۲-۱۳ = واکنش گیاهان زراعی به شوری خاک

EC	عصاره محلول خاک
(میلی موس بر سانتی متر در ۲۵ درجه سانتی گراد)*	واکنش گیاه زراعی
۰-۲	عمدتاً ناچیز
۲-۴	عملکرد گیاهان زراعی حساس ممکن است محدود شود
۴-۸	عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی محدود می‌شود
۸-۱۶	فقط گیاهان زراعی متحمل به شوری
بیش از ۱۰	تعداد خیلی کمی از گیاهان زراعی متحمل به شوری

EC = هدایت الکتریکی

(از هیلز، ۱۹۶۶)

کاهش عملکرد تدریجی است و هیچ آستانه بحرانی مشخصی برای شوری وجود ندارد. بنابراین تحمل گیاهان زراعی به صورت اختیاری با مقدار کاهش عملکرد، برحسب درصدی از آن که در شرایط عادی حاصل می‌شود بیان می‌گردد و مقدار ۲۰ درصد در هلند و شمال آفریقا و ۵۰ درصد در ایالات متحده آمریکا، در نظر گرفته می‌شود. البته

مفهوم تحمل شوری پیچیده است. مقدار تحمل نسبت به زمان و مکان برحسب نوع گیاه زراعی، مرحله رشد و طول مدت زمانی که در معرض شوری زیاد است و عمق و میزان رطوبت خاکی که در آن کشت شده فرق می کند.

**جدول ۳-۱۳ - تحمل گیاهان زراعی مختلف به درصد سدیم قابل تبادل (ESP)**

تحمل به ESP و دامنه ای که اثر می گذارد	گیاه زراعی	واکنش رشد تحت شرایط زراعی
بی نهایت حساس ( $ESP = 10 - 2$ )	میوجات برگ ریز خشکبار مرکبات اوکادو	علائم سمیت سدیم حتی در مقادیری که ESP کم است
حساس ( $ESP = 10 - 20$ )	لوبیا	کاهش رشد در مقادیر کم ESP حتی اگر شرایط فیزیکی خاک خوب باشد
نسبتاً متحمل ( $ESP = 20 - 40$ )	شیدر یولاف فستق بلند برنج	کاهش رشد به دلیل عوامل تغذیه ای و شرایط نامطلوب خاک
دالی گرس ( <i>Paspalum dilatatum</i> )		
متحمل ( $ESP = 40 - 60$ )	گندم پنبه یونجه جو گوجه فرنگی چغندر	کاهش رشد معمولاً به دلیل شرایط فیزیکی نامطلوب خاک
خیلی متحمل ( $ESP > 60$ )	علف گندمی ( <i>Agropyron cristatum</i> ) ردزگرس ( <i>Chloris gayana</i> )	کاهش رشد معمولاً به دلیل شرایط فیزیکی نامطلوب خاک

(از یارون و همکاران، ۱۹۷۳)

اثر شوری بر عملکرد گیاه زراعی به نوع و اندام برداشت شده گیاه زراعی بستگی دارد.

مرکبات، بادام، اوکادو، انگور و بسیاری از درختان برگ ریز به شوری بی‌نهایت حساس هستند. رشدرویشی جو، گندم و پنبه ممکن است، بطور قابل ملاحظه‌ای بدون کاهش عملکرد کم شود. برعکس، برنج می‌تواند در شرایط شوری رشد کند؛ ولی دانه‌ای تولید نخواهد کرد. در تمام گیاهان زراعی تعداد و اندازه میوه و اندمهای رویشی کاهش می‌یابند. حساسیت گیاه زراعی در طی رشد نیز فرق می‌کند و گیاهان جوان تحمل خیلی کمتری، نسبت به گیاهان زراعی استقرار یافته به شوری دارند. البته در بعضی موارد مانند: چغندر قند، خربزه و هویج شوری ممکن است با افزایش دادن میزان قند کیفیت محصول را بهبود بخشد. در بعضی دیگر مانند گیاهان علوفه‌ای، ارزش غذایی معمولاً کاهش می‌یابد و میزان نمک در گیاهان به حدی می‌رسد که به سلامت دامهای چراکننده بخصوص گاو صدمه می‌زنند.

درحالی‌که گیاهان زراعی به شوری خاک واکنش نشان می‌دهند، رشد آنها نیز تحت تاثیر قابلیت دسترسی عناصر غذایی و یا سمیت ناشی از اثر ویژه نمکهای خاص قرار می‌گیرد. کلر، سدیم و بر عامل عمده سمیت هستند و کلر در بالاترین مقدار و بر در کمترین مقدار سمیت ایجاد می‌کنند. بر یکی از عناصر ضروری کم مصرف است و در بیشتر خاکهای شور وجود دارد. متأسفانه این عنصر در غلظتهایی کمی بیشتر از حد مورد نیاز، برای رشد مطلوب گیاه زراعی سمی می‌شود (جدول ۴-۱۳ را ملاحظه کنید). بر در مقادیر ۲ تا ۴ پی‌پی‌ام کشت و کار را به چند گیاه زراعی متحمل‌تر مانند: چغندر قند، یونجه، خرما و بعضی از گیاهان زراعی خانواده شلغم محدود می‌کند. در حقیقت اختلاف بین مقدار کمبود بر و مقدار سمیت آن بسیار کم است. بعلاوه بر به آبشویی مقاوم است.

سدیم، کلر و تاحدودی سولفات و بی‌کربنات در سطوح معینی، می‌توانند علائم سمی را در بعضی از گیاهان زراعی ایجاد کنند. این عناصر همچنین توازن عناصر غذایی گیاه و خاک را، با افزایش یا ممانعت از جذب دیگر یونها به هم می‌زنند. حساسترین حالت آن توازن کلسیم با سدیم است. سدیم، سولفات، بی‌کربنات و منیزیم همگی مانع از جذب کلسیم شده و بدین ترتیب کمبود کلسیم ایجاد می‌کنند. افزایش مقدار سدیم باعث افزایش قلیائیت خاک می‌شود. در خاکهایی که ۱۵ درصد از کل ظرفیت تبادل کاتیونی آنها به وسیله سدیم اشغال می‌شود و PH آنها بیش از ۸/۵ است، آنقدر قلیایی هستند که مانع از رشد تعدادی از گیاهان زراعی می‌شوند. وجود کربنات سدیم باعث افزایش قلیایی می‌شود و فسفر، آهن، منگنز و روی در غیاب مواد آلی غیر قابل دسترس می‌باشند و به دلیل سهولت تثبیت فسفر به شکل معدنی



غیر قابل دسترس، اریدیسولها غالباً کمبود فسفر دارند.

**جدول ۴-۱۳** = حدود بر در آب آبیاری، برای گیاهان زراعی که درجات مختلفی از تحمل نسبت به بر را دارند

متحمل	نیمه متحمل	حساس
(حد: ۴ پی پی ام، حد مورد نیاز: ۲ پی پی ام)*	(حد: ۲ پی پی ام، حد مورد نیاز: ۱ پی پی ام)	(حد: ۱ پی پی ام، حد مورد نیاز: ۰/۳ پی پی ام)
گونه ای از گز (Tamarix aphylla)	آفتابگردان (بومی)	گونه Carya illinoensis
مارچوبه	مسبب زمینی	گردو (میاه و ایرانی یا انگلیسی)
گونه ای از نخل (Phoenix canariensis)	پنبه (آکالاویما)	مسبب زمینی ترش
خرما (P. dactylifera)	گوچه فرنکی	لویا سفید
چغندر قند	نخود شیرین	نارون آمریکایی
چغندر علوفه ای	ترب	آلو
چغندر برگی	نخود	گلابی
یونجه	رز سرخ دندان دندانه	مسبب
گلابول	زیتون	انگور (سلطانی و مالاکا)
باقلا	جو	نوعی انجیر
پیاز	گندم	خرمالو
شلغم	ذرت	گیلاس
کلم	سورگوم میلو	هلو
کاهو	یولاف	زردآلو
هویج	گل آهار	توت جنگلی بدون تیغ
	کدو تنبل	پرتقال
	فلفل سبز	اوکادو
	مسبب زمینی شیرین	گریپ فروت
	لویا لیما	لیمو

\* حد = غلظتی که بر سمی می شود، حد مورد نیاز = غلظت مورد نیاز برای رشد مطلوب،

پی پی ام = قسمت در میلیون

(از یارون و همکاران، ۱۹۷۳)

### شور و قلیایی شدن

درحالی که شوری خاک یک مشکل ذاتی در کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک دنیاست، استفاده از آبیاری خود باعث شور شدن و قلیایی شدن خاک می‌شود. برخی از فرایندها در این مورد دخالت می‌کنند. تحت شرایط تبخیر زیاد عمقی که باران نفوذ می‌کند محدود می‌شود و نمکها در منطقه ریشه متمرکز می‌شوند. البته اضافه شدن نمکها به وسیله آب آبیاری مهمتر است. عرضه مداوم آب بیش از آنچه مورد نیاز رشد گیاه زراعی است و عدم زهکشی کافی باعث بالا آمدن سطح ایستابی می‌شود. این سطح به اندازه ای بالا می‌آید که نمکها به وسیله حرکت آب کاپیلاری و تبخیر و تعرق به وسیله گیاهان به سطح خاک آورده می‌شود. مشکلات هنگامی ایجاد می‌شود که سطح ایستابی آب به حدود ۲ متری از سطح خاک برسد، زیرا برای نفوذ عمقی و آبتوی به منظور جلوگیری از تجمع نمک، به یک عمق ۳ متری نیاز است. فاکتور آبتویی درصدی از کل آبیاری است که برای شستن نمک اضافی خاک، در مدت زمان مشخصی نیاز است. هیچ برنامه آبیاری بدون این که سطح ایستابی در آن پائین نگه داشته شود و خاک نفوذ پذیر باقی بماند، نمی‌تواند در پایداری تولیدات کشاورزی موفق باشد. آبیاری باعث افزایش مقدار کل نمک می‌شود و همانطوری که ملاحظه شد منجر به بهم خوردن توازن نسبت نمکها می‌شود. با افزایش قلیائیت در نتیجه افزایش سدیم (بیش از ۱۵ درصد کل ظرفیت تبادل کاتیونی) و یون بی کربنات، وضعیت فیزیکی خاک شروع به خراب شدن می‌کند. فرآیند قلیایی شدن (Solonization) به معنای کلی آن فرآیندی است که به موجب آن کمپلکس تبادل کاتیونی در خاک به مقدار قابل توجهی، با یونهای سدیم اشباع می‌شود. مادامی که نمکهای آزاد با حلالیت کمتر وجود داشته باشند، PH پایتتر از ۸/۵ باقی می‌ماند. کلسیم اثر انعقادکنندگی بر رس دارد و باعث ایجاد ساختمان اسفنجی شکل و حداکثر نفوذپذیری خاک را باعث می‌شود. افزایش سدیم به هزینه یونهای کلسیم از یک طرف، می‌تواند نتیجه کاربرد آب آبیاری غنی از سدیم باشد و از طرف دیگر، می‌تواند در نتیجه آبتویی کلسیم در اثر زهکشی طبیعی، یا مصنوعی خاک باشد.

اگر PH بیش از ۸/۵ شود خاصیت عدم انعقاد سدیم باعث پراکنده شدن ذرات رس می‌شود و این امر منجر به تخریب ساختمان خاک می‌گردد و نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. بعلاوه رس پراکنده شده می‌تواند از افق فوقانی خاک آبتوی شود و یک افق B غیر قابل نفوذ ایجاد کند که مانع از زهکشی شود. مواد آلی موجود نیز بسرعت تجزیه شده، یک مخلوط

سیاه رنگ و بی شکل را تشکیل می دهد. چنین خاکهای قلیایی چه به صورت طبیعی باشند، یا در اثر آبیاری به وجود آیند، به نامهای مختلف از قبیل: خاکهای قلیای سیاه، سولونتر، خاکهای غیر شور، یا خاکهای شور-قلیایی معروف هستند. این خاکها با خاکهای شور از نظر عدم وجود نمکهای کریستالی آزاد، درصد سدیم قابل تبادل بیش از ۱۵ و PH برابر با ۸ تا ۱۰ فرق می کنند (جدول ۵-۱۳ را ملاحظه کنید).

**جدول ۵-۱۳ - وضعیت خاکهای شور (قلیای سفید یا سولونچاک) و قلیایی (قلیای سیاه یا سولونتر)**

قلیایی	شور	
بدون نمک آزاد	بیش از ۲ درصد نمک آزاد	مقدار نمک
	در محدوده ۱۲۵ سانتی متر سطح خاک	
بیش از ۱۵ درصد	کمتر از ۱۵ درصد	درصد سدیم قابل تبادل
۸/۵ - ۱۰	۷ - ۸/۵	PH

آبیاری بدون منظور کردن معیارهای کافی برای ممانعت از شور شدن و قلیا شدن، باعث تخریب زمینهای زراعی و در نتیجه رها شدن آنها شده است. برآورد شده است که در غرب پاکستان (پنجاب) ۱۵ درصد از زمینهای زیر کشت، در پایان قرن نوزدهم تا سال ۱۹۶۰ به وسیله طرحهای مدرن آبیاری، در اثر شور شدن غیر قابل کشت شده اند. به علاوه محاسبه شده است که تا سال ۱۹۴۵ در مصر بالا آمدن سطح ایستابی، عملکرد پنبه را به نصف عملکرد بالقوه آن کاهش داده است (بالز، ۱۹۵۳). در حال حاضر نزدیک به یک سوم از زمینهای زراعی مشکلات شوری و دو سوم آنها با مشکلات زهکشی روبرو هستند. البته ممانعت از شوری نیاز به مدیریت دقیق دارد تا به این وسیله از کیفیت آب آبیاری اطمینان حاصل شده آبیاری کافی در زمان مناسب و به مقدار صحیح برای آبشویی نمک اضافی انجام شود و برای پائین نگهداشتن سطح ایستابی سیستمهای زهکشی نصب شوند و به این وسیله باعث شود حرکت آب تحت نیروی جاذبه، بطور مؤثر به سمت پائین صورت گیرد. به علاوه به منظور جلوگیری از تجمع نمک در زیر نقاط مرتفعتر و محلهای تجمع آب در نقاط پست، لازم است زمین کاملاً تسطیح گردد. در بعضی موارد برای حذف نوسانهای بافت که خصوصیت خاکهای الویال است و در محلهایی که طبقات رس، ممکن است سطح ایستابی ایجاد کنند شخم عمیق لازم است. گیاه در طی جوانه زنی و مرحله گیاهچه ای بیشترین

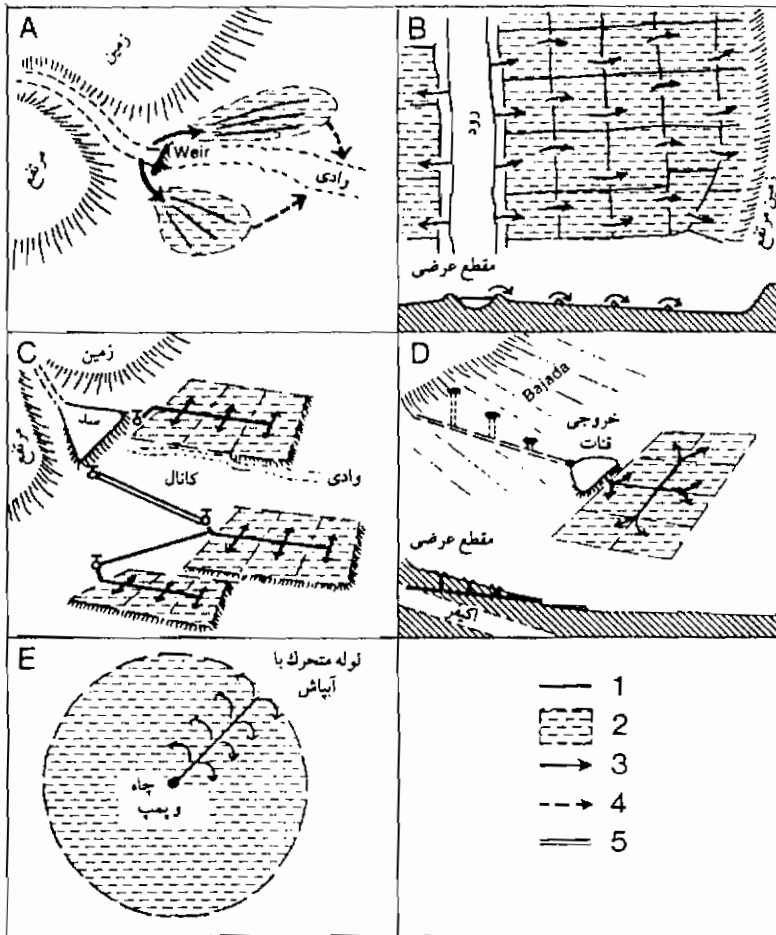
حساسیت را به شوری دارد، بنابراین برای اجتناب از تجمع نمک در این مرحله از رشد، مدیریت صحیح لازم است.

بیشترین مشکلات مدیریت نمک در آبیاری جوی پشته‌ای ایجاد می‌شود و نمک روی پشته‌ها تجمع می‌یابد. آبیاری بارانی و آبیاری قطره‌ای که هر دو برای اجتناب از سوختن شاخ و برگ بوسیله سدیم و کلر نیاز به آبی با کیفیت بالا دارند باعث کاهش تجمع نمک در سطح خاک می‌شوند. بالاخره زمان بندی آبیاری، برای کنترل نمک خیلی مهم است. در طی دوره مرطوب شدن نمکها بسته به عمق مرطوب شدن به سمت پائین حرکت می‌کنند.

چگونگی سهولت اصلاح خاکهای شور و قلیایی، به درجه‌ای که تخریب در آنها صورت گرفته است بستگی دارد. اگر سطح ایستایی را بتوان پائین آورد و خاک نفوذپذیر باشد، نمک را می‌توان با آب خارج کرد. البته این امر باعث به وجود آمدن شرایط قلیایی در آن دسته از خاکهای شور می‌شود که فاقد گچ ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) هستند و فاقد یون کلسیم کافی برای حفظ نسبت صحیح کلسیم به سدیم و نیز ضمانت از درصد سدیم تبدیلی کمتر از ۱۵ در آنها باشد. معیارهایی که برای بی اثر کردن قلیانیت بکار گرفته می‌شود شامل اضافه نمودن گچ و یا سولفاتهای اسیدی که می‌توانند جایگزین کاتیونهای سدیم قابل تبادل شوند می‌باشد. البته درجایی که قلیایی شدن همراه با پخش رس و آبشویی آن باشد و در نتیجه یک افق B غیر قابل نفوذ تشکیل شود، اصلاح آن بسیار مشکل می‌شود و از نظر اقتصادی غیر ممکن است.

### سیستمهای آبیاری

هدف اصلی هر سیستم آبیاری انتقال آب از یک منبع به زمین زراعی و در نتیجه به منطقه ریشه گیاه است. عملیات آبیاری قدمت زیادی دارد. بسیاری از تمدنهای اولیه شرق مدیترانه براساس کشاورزی فاریاب توسعه پیدا کرده‌اند. در نتیجه وجود یک دوره طولانی تکامل، انواع زیادی از سیستمهای انتقال آب به مزرعه وجود داشته است (شکل ۲-۱۳ را ملاحظه کنید). روشهای نه‌چندان پیشرفته وابسته به نیروی زیاد کارگری و دام بوده است و مخصوص مناطق حاره‌ای کمتر توسعه یافته است. اکثر این روشها شامل برداشت آب از رودخانه‌ها، چاهها و در بعضی موارد آب انبارهای کوچک به وسیله دست، یا ابزارهای ساده و به کاربردن آن بطور مستقیم در مزارع مجاور، یا در کانالهای روبازی می‌شود که مزارع نزدیک را تغذیه می‌کنند.



شکل ۱۳.۲. سیستمهای آبیاری: A سیستمهای غرقابی، B سیستم کرتی، C سیستم سد و کانال، D سیستم قنات، E سیستم بارانی سنتر پیوت. علامت راهنما ۱. موانع یا دیواره‌ها، ۲. مناطق آبیاری شده، ۳. حرکت آب، ۴. زهکشی آب اضافی، ۵. کانالها (از هیت کت، ۱۹۸۳)

برنامه‌های مدرن و گسترده آبیاری شامل انتقال آب، از مناطق پربراران به فواصل زیادی به سدهای بزرگ ذخیره‌ای و پمپ کردن آب زیرزمینی از اعماق زیاد است که بسته به گیاه زراعی، آب مورد نیاز، سرعت نفوذ سطحی و ظرفیت نگهداری آب خاک و شکل زمین به طرق

مختلف این آب به مصرف گیاه رسانده می‌شود.

آبیاری سطحی یا ثقلی سیستمی است که توزیع آب اصولاً بسته به ماهیت سطح زمین مشخص می‌شود. این سیستم نیاز به تسطیح زمین به عنوان وسیله‌ای برای پخش کردن آب با سرعت ممکنه دارد. بنابراین گرادیان یک فاکتور محدود کننده مهمی است. پخش آب را می‌توان به وسیله غرقاب کردن غیر قابل کنترل، مرزبندی و جوی وپشته انجام داد. آبیاری ثقلی یکی از متداولترین سیستمها در کشاورزی مدرن و سنتی است و برای توزیع و مصرف آب نیاز به فشار نیست و مصرف آب تحت تاثیر باد قرار نمی‌گیرد. البته در مواردی که تسطیح نیاز است، این امر ممکن است باعث انتقال خاک حاصلخیز فوقانی شود و از آب زیاد، نمی‌توان به صورت مؤثری استفاده کرد. تشکیل حوضچه‌ها و سله بستن سطح خاک، همراه با تلفات زیاد آب به صورت تبخیر مشکلات خاکهای سنگینتر هستند. ممکن است در خاکهای سبکتر آب زیادی به منطقه پائینتر از ریشه نفوذ کند. مهمتر این که آبیاری ثقلی باعث تجمع نمک در حفاصل خاک مرطوب و خشک می‌شود.

در سیستمهای آبیاری بارانی به منبع فشاری از لوله‌های انتقال و آب فشان نیاز است. لوله‌های ثابت، یا قابل حرکت و آب پاشهای دوار اجزای اساسی این سیستمها هستند و همانطوری که از اسم آن برمی‌آید، آب به صورت افشان شبیه باران پخش می‌شود. این روش نیاز به تسطیح زمین ندارد و می‌توان روی زمین ناهموار نیز استفاده کرد. مشکلات زهکشی آن کمتر از روشهای ثقلی است و فرسایش خاک به حداقل می‌رسد. این سیستمها بر حسب روش انتقال و وسایل تخلیه فرق می‌کنند. آبیاری بارانی این مزیت را دارد که کنترل مقدار و سرعت مصرف آب در آن آسان است. این روش خصوصاً در مواردی مؤثر است که (به دلیل وجود خاکهایی با بافت درشت و یا کم عمق، لایه سخت، یا سطح ایستابی بالا) مقادیر کم و مکرر آب برای جوانه زنی و استقرار گیاهان جوان لازم است. در این سیستم به غیر از هزینه‌های زیاد نصب وسایل، تلفات آب در اثر تبخیر به وسیله باد از آب پاشها، می‌تواند زیاد باشد و بعضی از گیاهان زراعی که برگهای آنها بدین ترتیب مرطوب هستند، می‌توانند صدمه ببینند. در این روش بیماریهای قارچی و باکتریایی نیز شایعتر هستند. در اسرائیل در حال حاضر ۸۰ درصد آبیاری به وسیله سیستمهای بارانی انجام می‌شود.

آبیاری قطره‌ای اخیراً توسعه یافته است. در این روش خروج مقادیر کمی آب، از قطره چکانهای کوچک روی سطح خاک، یا بلافاصله زیر خاک نزدیک به ریشه گیاه زراعی

قرار گرفته اند. هدف این روش حداکثر استفاده موثر از آب و حداقل تلفات آب، خطرات شوری و بهم خوردن سطح خاک است.

آبیاری زیرزمینی سیستم تخصیصیتری است که استفاده آن هنوز محدود است. در این روش سطح ایستابی به نحوی حفظ می شود که آب کاپیلاری به منطقه ریشه وارد شود. البته این روش معایبی نیز دارد، بدین صورت که به دلیل کم عمق بودن سطح ایستابی و عدم امکان آبیاری، نمک اضافی جمع شده، خاک ممکن است شور شود.

استفاده از سیستمهای آبیاری، برای کاربرد عناصر غذایی و آفت کشها و تغییر شرایط میکروکلیم، از جمله موارد افزایش کارایی کشاورزی فاریاب بوده است. با استفاده از آب برای خنک کردن کنوپی، بخصوص مرکبات و در مواردی که درجه حرارت زیاد است و خنک کردن گلخانه ها و محلهای نگهداری حیوانات و نیز حفاظت گیاهان زراعی در زمستان، از جمله موارد تغییر شرایط میکروکلیم است. از یک طرف افشاندن آب، می تواند درجه حرارت را بالای نقطه انجماد نگهدارد و از طرف دیگر حوضچه های سطحی، با استفاده از تشعشع خورشید گرم می شوند برای حفاظت گیاهان جوان بَرنج استفاده شده است. متأسفانه افزایش کشاورزی فاریاب نقش قابل توجهی بر وقوع آفات و بیماریها داشته است (پرفکت، ۱۹۸۶). مناطق آب راکد باعث پراکنش برخی از بیماریهای آبی می مانند: مالاریا و سالک می شود. در مورد آفات این موضوع در رابطه با آنهایی که معمولاً به رژیم کشت و کار فصلی سازگارند خیلی شدید است. تحت شرایط عادی زمانی که گیاه میزبان در دسترس نیست، این آفات باید بتوانند در یک دوره نامساعد بقا داشته باشند و در زمان رشد گیاه توانایی تکثیر سریعی را داشته باشند. در اثر آبیاری محدودیتهای فصلی برطرف می شود و لذا ظهور ناگهانی جمعیت آفت، می تواند رخ دهد و باعث کاهش جدی عملکرد گیاه زراعی شود. این موضوع در رابطه با زنجیره (ناقل و ویروس نواری ذرت) که معمولاً روی علفهای چمنی فصلی زندگی می کند، صادق است. این حشره آفت خطرناکی برای ذرت فاریاب در زمبابوئه است، زیرا کشت غلات زمستانه باعث شده است که زیستگاه دیگری برای آن تامین شود و بدین ترتیب جمعیت متراکم و نسبتاً پایداری از زنجیره را حفظ می کند. در حال حاضر این ویروس عامل مهم بیماری در ذرت فاریاب است. به همین ترتیب در آمریکا از سیستمهای آبیاری برای تغییر میکروکلیم، برای کنترل کرم غوزه استفاده شده است.

### کارآیی مصرف آب

کارآیی مصرف آب در آبیاری، معمولاً برحسب قسمتی از آب تامین شده از رودخانه، مخزن یا قنات است که در مزرعه به مصرف می‌رسد (جدول ۶-۱۳ را ملاحظه کنید). معمولاً بین کارآیی انتقال آب به زمین و مصرف آن در زمین اختلاف وجود دارد و مجموع این دو جزء می‌تواند تا ۳۰ درصد باشد.

**جدول ۶-۱۳** - مقدار آب برداشت شده، توزیع شده و مصرف شده در بیست و دو پروژه آبیاری آزمایشی

به وسیله سازمان احیاء اراضی ایالات متحده

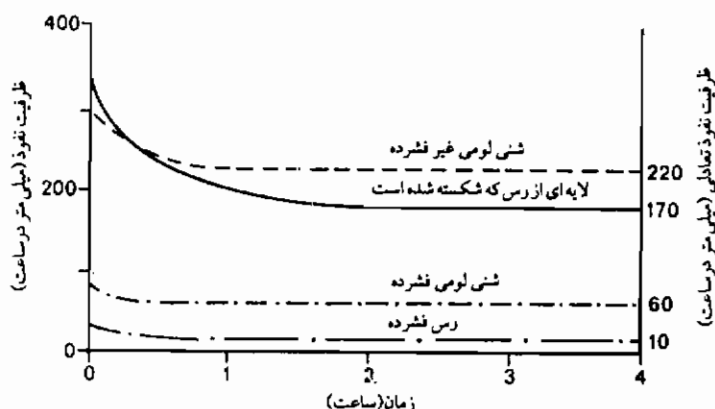
آب (سانتی متر مکعب سطحی)		کارآیی				
مقدار برداشت شده	مقدار توزیع شده	مقدار مصرف شده				
(A)	به مزرعه (B)	تبخیر (C)	نزولات (D)	مقدار توزیع شده (C-D)	انتقال (B/A)	کاربرد (C-D/B)
۱۵۷	۹۸	۷۷	۲۰	۵۷	۰/۶۲	۰/۵۸

(از مارشال، ۱۹۷۲)

کارآیی انتقال آب عمدتاً بستگی به فاصله و وسایل انتقال دارد، زیرا تلفات تبخیری از سطوح آزاد آب در مناطق خشک، می‌تواند خیلی زیاد باشد. کارآیی کاربرد آب بستگی به طراحی سیستمی دارد که بهترین درجه تناسب را برای خاک، آب و گیاهان زراعی داشته باشد. در میان عواملی که باعث کارآیی زیاد مصرف آب و به حداقل رساندن تلفات تبخیری می‌شوند، می‌توان از عمق و نفوذپذیری خاک نام برد که در این رابطه کنترل سطح ایستابی در آن، می‌تواند عمق کافی برای ریشه دهی و ظرفیت زیاد نفوذپذیری از سطح را فراهم کند. ظرفیت نفوذپذیری از سطح بسته به مکان و زمان متغیر است، زیرا این فاکتور وابسته به پستی و بلندی سطح، مقدار آبی که در خاک وجود دارد، نوع گیاه زراعی و مقدار پوشش آن است. با مرطوبتر شدن خاک ظرفیت نفوذپذیری سطحی کاهش می‌یابد و ممکن است بسته به بافت و ساختمان خاک در نهایت به مقدار ثابتی برسد (شکل ۳-۱۳ را ملاحظه کنید). ظرفیت ذخیره آب خاک نیز مهم است، زیرا این موضوع تلفات آب از



طریق زهکشی که خود تابعی از بافت و عمق خاک است را نشان می دهد . عمق قابلیت نفوذ ریشه (جدول ۷-۱۳ را ملاحظه کنید) (یعنی عمقی از خاک که ۹۰ درصد ریشه ها در آن رشد می کنند) نیز باید باندازه کافی باشد تا به این وسیله با شرایط ریشه دهی گیاه زراعی مطابقت داشته باشد .



شکل ۳-۱۳ - ظرفیت و تعادل نفوذ در دو نوع خاک و دو نوع شرایط خاک تحت الارض  
(از MAFF ، ۱۹۸۲b)

جدول ۷-۱۳ - منطقه عمق موثر ریشه در بعضی از گیاهان زراعی متداول که در خاکهای عمیق و بازهکشی مناسب کشت شده اند

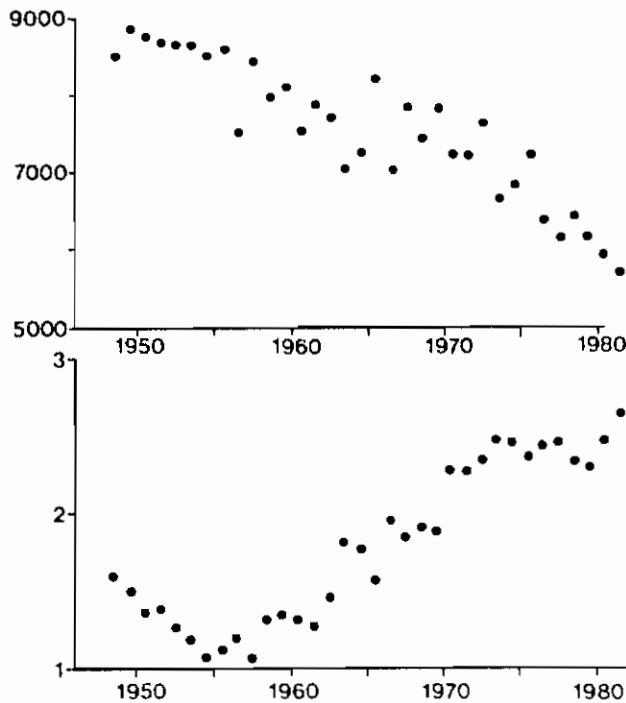
کم عمق (۶۰ سانتی متر)	متوسط (۹۰ سانتی متر)	عمیق (۱۲۰ سانتی متر)	خیلی عمیق
برنج	گندم	ذرت	نیشکر
سیب زمینی	توتون	پنبه	مرکبات
کلم پیچ	بادام زمینی	مورگوم	قهوه
کلم گل	هویج	ارزن مرواریدی	انگور
کاهو	نخود	ارزن	سیب
پیاز	لوبیا	مويا	گلرنگ
		چغندر قند	یونجه

(از مایکل ، ۱۹۷۸)

در ۵۰ سال گذشته تحقیقات قابل توجهی برای تعیین کارایی آب گیاهان زراعی، تحت شرایط مختلف رشد انجام شده است. هر گیاه زراعی در دامنه مشخصی از سرعت تبخیر و تعرق عمل می‌کند. سرعت مطلوب سرعتی است که در شرایط خاص، حداکثر عملکرد را تضمین می‌کند. شاخص کارایی مطلوب آبیاری، عبارت از حداکثر مقدار نسبت عملکرد به عمق آب آبیاری است که در یک فصل تحت شرایط زراعی و محیطی مشخص به کار برده می‌شود. در حال حاضر روشهای سنتی که در آن برای افزایش کارایی تاکید بر افزایش عملکرد، بدون تغییر دادن نیاز تبخیر و تعرقی است در حال تغییر است و کوششهایی برای افزایش عملکرد از طریق کاهش مصرف آب، در حد پائینتر از حداکثر نیاز تبخیر و تعرقی آن صورت می‌گیرد. این امر بخوبی در اسرائیل دیده می‌شود، زیرا در آنجا اخیراً از زمان جنگ دوم جهانی، کشاورزی فاریاب توسعه زیادی یافته است. در ابتدای دهه ۱۹۵۰ کمتر از ۲۰ درصد از زمینهای زراعی آبیاری می‌شدند و این امر عمدتاً برای باغات مرکبات به وسیله جوی و به صورت کرتی بود. در حال حاضر ۵۰ درصد از زمینهای زراعی آبیاری می‌شوند و این گسترش ناشی از احداث شبکه انتقال سراسری بود. این تاسیسات سرچشمه‌های رود اردن را به اکیفرهای ساحلی متصل می‌کند و مخازن بزرگی را تغذیه می‌کنند و بدین ترتیب آب را برای منطقه‌ای که میانگین بارندگی سالانه کم و شدیداً متغیر است، بطور مداوم تامین می‌کند.

در طی ۵۵ سال گذشته میزان مصرف آب، در واحد سطح زمین آبیاری شده کاهش یافته درحالی که تولید در واحد سطح افزایش یافته است (شکل ۴-۱۳ در ملاحظه کنید). این افزایش کارایی مصرف آب، ناشی از کاربرد نتایج تحقیقات مفصلی بوده است که برای تعیین رژیم آبیاری مطلوب و اقتصادی، برای هر گیاه زراعی عمده در هر رژیم آب و هوایی طراحی شده است (استنهل، ۱۹۸۶) و این موضوع استفاده از آبهای شور که غنی از عناصر غذایی هستند (بویکو، ۱۹۶۸) و نیز فاضلاب برای آبیاری را میسر کرده است. امروزه یک پنجم از آب آبیاری در اسرائیل از این دو منبع به دست می‌آید. بعلاوه توسعه قابل توجهی در استفاده از کامپیوتر، برای طراحی و عملیات سیستمهای آبیاری و سنجش از دور، از طریق تصاویر ماهواره‌ها، برای دیده بانی تنش آب در گیاه زراعی شده است. همه این تکنیکها باعث افزایش هزینه زیاد در آبیاری شده‌اند. در نتیجه در ایالات متحده آمریکا اخیراً تحقیقات بر روی روشهای افزایش کارایی سیستمهای ارزان و ساده جریان ثقلی و تکنیکهای طراحی آبیاری متمرکز شده است.

درحالی که آبیاری احتمالاً بیش از هر عامل دیگری باعث افزایش پتانسیل تولید سیستمهای کشاورزی شده است (پرفکت، ۱۹۸۶، ۳۴۷)؛ ولی همچنان از هزینه اقتصادی محیطی و اجتماعی بالایی برخوردار است. در مناطق خشک در مقایسه با مناطق معتدله، آب بیشتری به ازاء واحد عملکرد گیاه زراعی تعلق می‌شود و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم عرضه آب، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند آبیاری، در این مناطق برای تولید غذا را خیلی گران کند.



شکل ۴. ۱۳. تغییر در (a) هزینه آب و (b) تولید گیاهان زراعی فاریاب در اسرائیل. میانگین برای تمام گیاهان زراعی فاریاب آورده شده است (از استنهل، ۱۹۸۶)



## فصل چهاردهم

### کشاورزی فشرده

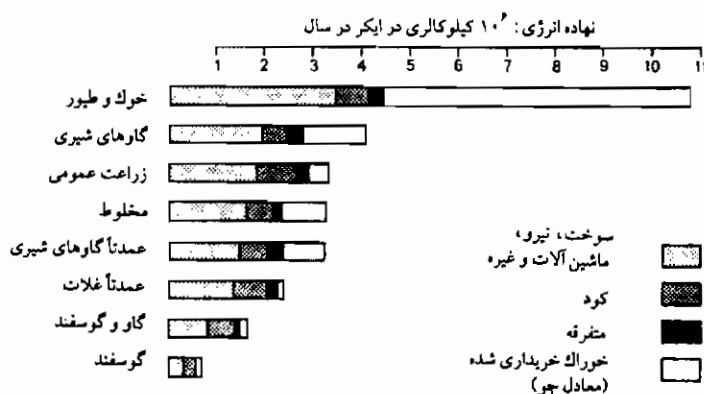
در کشاورزی مدرن فشرده از روشهای فنی خیلی پیچیده استفاده می شود . در این نوع کشاورزی به سرمایه یا نهاده زیاد برای کسب بازده زیاد ، در واحد سطح زمین و یا به ازای هر واحد دام با حداکثر کارایی ممکنه نیاز است . علاوه بر سرمایه ثابت و سرمایه گذاری برای زمین ، ساختمان ، دام و ماشین آلات ، زراعت فشرده مواجه با هزینه تولید سالانه زیاد است . این هزینه ها از یک طرف شامل انرژی مستقیم است ؛ به شکل نیروی کارگری ، یا دام ، سوختهای فسیلی و برق که برای انجام کارهای مزرعه لازم هستند و از طرف دیگر شامل انرژی غیرمستقیم است به صورت کود ، آب ، علف کش ، آفت کش ، بذر و برخی مواد شیمیایی دیگر که برای حصول عملکرد زیاد لازم است . اسلسر (۱۹۷۵) از تراکم انرژی یا نهاده کل به صورت معادل انرژی (مستقیم یا غیرمستقیم) ، به ازای هر هکتار زمین زراعی به عنوان شاخصی برای مقایسه انواع کشاورزی استفاده کرده است (جدول ۱- ۱۴ را ملاحظه کنید) . هزینه هر یک از نهاده ها با نوع زراعت متفاوت است (شکل ۱- ۱۴) . میوه های نرم مناطق معتدله (تمشک ، توت فرنگی و غیره) به کارگر زیادی نیاز دارند و این هزینه ها همراه با هزینه های مربوط به آفت کشها ، هزینه های عمده را در بر می گیرند . پرورش گاوهای شیری

به مصرف برق بیشتری، نسبت به انواع دیگر دامپروری و زراعت نیاز دارد، در حالی که زراعت هزینه بیشتری در رابطه با سوخت، کود و علف‌کش، نسبت به انواع دیگر کشاورزی نیاز دارد.

جدول ۱- ۱۲- طبقه بندی کشاورزی بر اساس تراکم انرژی (ژيگاژول) و عملکرد پروتئين

عملکرد پروتئين (کیلوگرم در هکتار)	تراکم انرژی (ژيگاژول در هکتار)	
	۰	شکارچی - جمع آوری کننده غذا
۰/۵	۰/۲	روستایی در آند (پرو)
۱-۱/۵	۰/۶	گوسفند داری در تپه‌ها (اسکاتلند)
۹	۴	کشاورزی حاشیه ای
۱۳۰	۵	پرورش گاوهای گوشتی در مراتع آزاد
۵۰۰	۱۲-۱۵	زراعت در هم در یک کشور پیشرفته
۲۰۰۰	۱۵-۲۰	تولید فشرده محصولات زراعی
۳۰۰	۴۰	دامپروری به صورت مجتمع های تغذیه دستی

(از اسلر، ۱۹۷۵)



شکل ۱- ۱۴- تراکم انرژی برای انواع کشاورزی به جز باغبانی در بریتانیا (از اسلر، ۱۹۷۵)

کشاورزی مدرن و فشرده تنها ظرف ۳۰ تا ۴۰ سال گذشته، در نتیجه پیشرفتهای

علمی و فنی که در طی جنگ جهانی دوم و بلافاصله بعد از آن رخ داد ظهور کرد. در این مورد عوامل مربوطه عبارتند از:

۱- افزایش مکانیزاسیون کشاورزی و متعاقب آن جایگزینی انرژی که قبلاً به وسیله حیوانات بارکش و انسان تامین می شد، به وسیله انرژی تراکتور و نیز با افزایش تعداد زیادی از ادوات، برای مراحل مختلف در فرآیند زراعت و دامپروری. این موضوع به علت کم شدن نیروی کارگر در اثر تقاضای زیاد، برای نیروهای مسلح و صنایع دفاع در زمان جنگ، در غرب اروپا و آمریکای شمالی تشدید شد. در اواسط دهه ۱۹۴۰ هنوز در بریتانیا و ایالات متحده آمریکا، تولیدات کشاورزی به نیروی کارگر و دام تکیه می شد. در حال حاضر تعداد اندکی از گیاهان زراعی تجارتی به صورت غیر مکانیزه کشت می شوند.

۲- افزایش استفاده از مواد شیمیایی به صورت کود، حشره کش و علف کش و داروهای دامی و غیره.

۳- توسعه سریع برنامه های اصلاح نباتات و اصلاح دام با تولید واریته های، با عملکرد بالا که این واریته ها پتانسیل کامل خود را تنها با مصرف زیاد عناصر غذایی کسب می کنند و خصوصیات رشد آنها هماهنگ با زراعت مکانیزه می باشد. دامهای اصلاح شده نیز متکی به مصرف زیاد مواد غذایی هستند.

بعلاوه فشرده شدن کشاورزی، همراه با تخصصی شدن انواع زراعت و مجزا کردن تولیدات زراعی و دامی از نظر مکانی، تمرکز تولید محصولات زراعی در زمینهایی که استعداد زیادتری برای کشاورزی دارند و بالاترین درآمد را براساس سرمایه گذاری انجام شده دارند، بوده است. در این مورد اندازه واحدهای تولید نیز در واکنش به افزایش هزینه نهاده ها، با سرعتی بیشتر از قیمت کسب شده از بازده بزرگتر شده است. در حالی که کشاورزی فشرده به یک محیط بیوفیزیکی خاص منحصر نیست این نوع کشاورزی بیشتر در مناطق معتدله مرطوب دنیا، بخصوص در کشورهای توسعه یافته در آمریکای شمالی و اروپای غربی و در طرحهای مدرن آبیاری و در کشاورزی مناطق حاره ای توسعه یافته است.

عرضهای جغرافیایی حد واسط معتدله، مواجه با مشکلات اقلیمی مناطق خشک و نیمه خشک مناطق حاره ای مرطوب نیستند. فاکتور محدود کننده اصلی کشاورزی درجه حرارت پایین است. زمانی که میانگین درجه حرارت روزانه بالاتر از آستانه ۶ درجه سانتیگراد باشد، با توجه به عرض جغرافیایی، طول فصل رشد از ۵ تا ۹ ماه و از نظر درجه روز از کمتر از ۱۰۰۰

تا ۳۰۰۰ درجه روز فرق می‌کند. البته در عرضهای جغرافیایی بالاتر، طول روز بلندتر فصل رشد کوتاهتر و خنک‌تر را جبران می‌کند. بارسیدن به محدوده اقلیم قاره‌ای وجود درجه حرارت بالاتر در تابستان، دامنه زیاد درجه حرارت سالانه و بارندگی فصلی، از آنچه در مناطق معتدله اقیانوسی وجود دارد، که در آنجا درجه حرارت سالانه کم و بارندگی سالانه بیشتر و پراکنش آن یکنواختتر است، فرق می‌کند. خطر اصلی اقلیمی که زارع با آن روبرو است، تغییر پذیری هوا در طول سال است و بدین ترتیب در مناطق قاره‌ای تر، خطرات یخبندانهای دیر یا زود و کمبود آب خاک در تابستان و در مناطق اقیانوسی تر، زیادی آب خاک در بهار و پاییز وجود دارد. البته شرایط فیزیکی برای کشت و کار برخی گیاهان زراعی مناسب است.

در میان غلات، گندم و ذرت بطور گسترده‌ای کشت می‌شوند. گندم عملکرد بیشتری را در مقایسه با گندمزارهای مناطق خشک‌تر تولید می‌کند و اگرچه بارندگی زیاد ممکن است تولید گندمهای سخت را کاهش دهد؛ ولی گندمهای سخت و نرم می‌توانند به ترتیب در مناطق گرم‌تر و خشک‌تر و در مناطق سردتر و مرطوب‌تر کشت شوند. در حال حاضر در شمال غربی اروپا، جو باندازه گندم کشت می‌شود و چون دوره رشد کوتاهی دارد، در مقایسه با غلات دیگر مناطق معتدله در قسمتهای شمالی‌تر کشت می‌شود. جو جایگزین یولاف و چاودار شده است. قبلاً این گیاهان زراعی سستی در اقلیمهای سردتر و مرطوب‌تر و در خاکهای ضعیف‌تر مناطق معتدله کشت می‌شدند. اگرچه کشت غلات زمستانه که عملکرد بالاتری دارند متداولتر است؛ ولی کشت و کار واریته‌های پاییزه و بهاره گندم و جو، باعث انعطاف پذیری کشت شده و در شرایط نامطلوب‌تر امکان تولید وجود دارد. البته، استفاده نهایی و ارزش اقتصادی این غلات را کیفیت آنها تعیین می‌کند. گندم نانویی نیاز به دانه‌های سخت، با میزان گلوتن زیاد دارد. جو مخصوص مالت باید دارای آب کمتری باشد و مهم‌تر مقدار ازت کمی داشته باشد. در هر دو مورد کیفیت محصول، وابستگی زیادی به آب و هوا دارد. در نیمه غربی آمریکای شمالی و مرکز اروپا که درجه حرارت و رطوبت نسبی تابستان بالاتر است، ذرت گیاه غالب است.

گیاهان زراعی ریشه‌ای و غده‌ای مناطق معتدله شامل: سیب زمینی سفید و تعدادی از گونه‌های جنس *Brassica* از قبیل: کلم علوفه‌ای، شلغم و نیز چغندر علوفه‌ای و چغندر قند است. گونه‌های جنس *Brassica* بخصوص کلم علوفه‌ای (*B. napus*) و شلغم علوفه‌ای (*B. campestris*) منبع مهمی از علوفه زمستانه هستند. کلم در مقایسه با شلغم (۹-۸ درصد) مقدار ماده خشک بیشتری (۱۲-۱۰ درصد) دارد و نسبت به یخبندان و به بیماریها مقاوم است.



(هولمز، ۱۹۷۳). ارقام کلم در تاریخهای مختلف، از پائیز تا ابتدای بهار می‌رسند و در بهار تا ابتدای تابستان کشت می‌شوند. شلغم سفید می‌تواند در عرض ۱۰ تا ۱۶ هفته بعد از کاشت، عملکرد خوبی داشته باشد. البته این شلغم در مقایسه با نوع زرد رنگ آن، زیاد به یخبندان مقاوم نیست و خاصیت انبارداری خوبی ندارد؛ ولی نوع زرد رنگ آن به آهستگی می‌رسد و بخوبی انبار می‌شود. البته در طی ۲۰ تا ۳۰ سال گذشته، به دلیل افزایش تقاضا برای غلات بخاطر مصرف دام و نیاز به کارگر زیاد، برای کشت و کار و برداشت گیاهان زراعی ریشه‌ای علوفه‌ای، سطح زیر کشت آنها کاهش یافته است. البته این معایب تا حدودی به وسیله کاشت ردیفی بذر بجای بذر پاشی بذرهای کوچک کاهش یافته است. این امر ضرورت تنک کردن دستی گیاهچه‌ها را که قبلاً با کارگر زیادی انجام می‌شد، کاهش داده است.

سیب زمینی و چغندر قند ارزش خود را به عنوان گیاهان زراعی غذایی حفظ کرده‌اند. سیب زمینی سفید بخوبی به اقلیم معتدله سرد و مرطوب سازگاری دارد و در زمان معرفی آن به اروپا، در خاکهای ضعیفتر و در اقلیمهای مرطوبتر غذای بیشتری را در واحد سطح زمین، در مقایسه با غلات تولید می‌کرد. البته عملکرد سیب زمینی، در خاکهای سبک در مقایسه با خاکهای سنگین بیشتر است. خاکهای سنگین مانع از رشد غده‌ها شده حالت سنگلاخی و ساختمان کلوخه‌ای برداشت مکانیکی را مشکل می‌کند. حداکثر عملکرد زمانی به دست می‌آید که درجه حرارت پائین در شب، همراه با روزهای آفتابی گرم و مقدار آب خاک در طی مرحله بزرگ شدن غده‌ها، نزدیک به ظرفیت زراعی باشد. در مناطق ساحلی عاری از یخبندان، سیب زمینی زودرس (برداشت در ماه مه و ژوئن) حدود ۲ تا ۳ هفته قبل از سیب زمینهایی که با آبیاری، در مناطق مدیترانه‌ای گرمتر کشت می‌شوند به بازارهای محلی می‌رسند. چون سیب زمینی به صورت رویشی تکثیر می‌شود، محصول آن در معرض چندین بیماری و ویروسی برگی و تعدادی از بیماریهای باکتریایی و قارچی غده‌ای قرار می‌گیرد. در نتیجه، سیب زمینی کشت شده برای بذر، معمولاً در حواشی سردتر دامنه اقلیمی آن که خارج از دامنه حصول به عملکرد مطلوب است و دور از دامنه مطلوب برای رشد عوامل بیماری‌زای آن است، کشت می‌شود.

در کشاورزی فشرده مناطق معتدله نیز همانند مناطق حاره بقولات دانه‌ای بعد از غلات از نظر عملکرد و سطح زیر کشت، در ردیف دوم قرار دارند. در میان آنها سویا، لوبیا و نخود در بالاترین ردیف قرار دارند. آنها بخصوص گیاهان زراعی چند منظوره با ارزشی هستند که غذا و علوفه تولید می‌کنند و همزمان باعث افزایش ازت و مواد آلی خاک می‌شوند. در آمریکای

شمالی سویا (با نیاز اقلیمی و خاکی مشابه با ذرت) منبع عمده‌ای از روغن نباتی است. در اروپای غربی در حال حاضر کلم روغنی که گیاه دیررس و با عملکرد بالاست و از نظر سطح زیر کشت در بسیاری از زراعت‌های فشرده، با گندم و جو رقابت می‌کند و همتای سویاست.

### زراعت فشرده

توسعه کشاورزی در مناطق معتدله از طریق جایگزینی کشت ممتد، بجای روشهای سنتی کشت علفهای چمنی به صورت تناوب با گیاه زراعی بوده است. در کشت سنتی گیاهان غلات، با نیازهای غذایی و شخم متفاوت با یک گیاه زراعی تابستانه مانند: سیب زمینی، گیاهان علوفه‌ای ریشه‌ای، سویا، یا لوبیا به صورت تناوب با مخلوطی از علفهای چمنی و بقولات علوفه‌ای چند ساله که ۳ تا ۶ سال زمین را اشغال می‌کند بوده است. این امر اساس کشت مخلوط سنتی و دامپروری مناطق معتدله مرطوب تا اواسط دهه ۱۹۵۰ بوده است. مزیت اصلی و در واقع نقش ضروری تناوب علف چمنی با گیاه زراعی، ممانعت از ازدیاد علفهای هرز، آفات و بیماریها (در ارتباط با یک گیاه زراعی خاص) و حفظ حاصلخیزی خاک است. علف چمنی در کشت مخلوط که در نهایت با شخم زیر خاک می‌رود، کود دامی و سرک (عمدتاً آهک و فسفات) دریافت می‌کند. این وضعیت باعث افزایش مواد آلی خاک می‌شود و بطور مستقیم از طریق ریشه علفهای چمنی و به صورت غیرمستقیم، از طریق فعالیت موجودات ریز خاک به تشکیل ساختمان پایدار اسفنجی کمک می‌کند (پیچ، ۱۹۷۲). به علاوه گیاه زراعی ریشه‌ای که جزء مهمی در این سیستم تناوب زراعی سنتی است، از طریق تنوع گیاهان زراعی فرصتهایی را برای کنترل علفهای هرز، در بین ردیفها و کنترل بیماریهای خاکزی و آفات خاص فراهم می‌کند (هولمز، ۱۹۷۳). بالاخره در این سیستم تناوب، نیروی کارگری و ماشین آلات در سرتاسر سال توزیع می‌شود.

از دهه ۱۹۵۰ به علت افزایش استفاده از کودهای معدنی و توسعه گیاهان زراعی پر محصول که به عناصر غذایی بیشتری نیاز دارند، سیستمهای تناوب زراعی به تدریج تغییر کرده، یا منسوخ شده‌اند. این تغییرات شامل جایگزینی نیروی کارگری و حیوانات بارکش با ماشینهای بزرگتر بوده است که می‌توان از کمباین که یکی از مهمترین آنهاست نام برد. استفاده از علف کشها، آفت کشها و تنظیم کننده‌های رشد نیز افزایش یافته است. البته افزایش تقاضا برای غلات بخصوص جهت خوراک دام، همراه با مکانیزمهای حمایتی قیمت تضمینی نیز مؤثر

بوده است. حفظ حاصلخیزی خاک دیگر به سیستم تناوب زراعی خاص و استفاده از کود دامی وابسته نیست و افزایش سرعت عملیات در نتیجه مکانیزاسیون، باعث انعطاف پذیری بیشتر در انتخاب گیاهان زراعی و سیستمهای زراعت شده است. در میان این تغییرات کاهش تولید گیاهان علوفه ای ریشه ای (خوراک زمستانی سستی)، متناسب با افزایش سیب زمینی، چغندر قند و سبزیجات ریشه ای (مثلاً هویج) و جایگزینی شبدر، یا مخلوط علف چمنی و شبدر با لوبیا و نخود فرنگی و کشت یک نوع غله خاص، برای چند سال متوالی (۲ تا ۴ سال) بجای تناوب یک یا دو سال غله، با یک گیاه زراعی تابستانه بوده است (لوکارت و وایزمن، ۱۹۸۳).

در مناطقی که از نظر اقلیمی، برای زراعت مناسب هستند، زراعت مداوم کم و بیش، جایگزین تناوب علفهای چمنی و گیاه زراعی شده است. سادگی ترکیب گیاهان زراعی با تخصصی شدن گیاهان زراعی، همراه شده است. غلات نقش مهمی در کشاورزی فشرده داشته اند و در سالهای بلافاصله بعد از جنگ جهانی دوم، برای افزایش عملکرد در دسترس بودند (فیدیان، ۱۹۷۳). توسعه فزاینده واریته های پرمحصول ذرت، گندم و جو، همراه با استفاده از کودهای معدنی بوده است. رشد سریع اولیه ریشه و ریشه دهی عمیق واریته های جدید، نیاز به ازت را افزایش داد. شکلهایی از کود ازته که ازت را به آهستگی آزاد می کند، یا مواد بازدارنده نیتریفیکاسیون، با هدف کاهش تلفات ازت در فاصله زمانی بین مصرف و جذب آن به وسیله گیاه زراعی توسعه یافتند. در آزمایشی که در ایندیانا انجام شد، ماده بازدارنده ای به نام نیتروپیتین عملکرد گندم زمستانه را، در اثر مصرف ازت در پائین دو برابر کرد. به علاوه به وجود آوردن واریته هایی از غلات با خوشه های بزرگتر و ساقه های کوتاهتر و سفتتر، باعث شد ازت زیادتری بتوان به کار برد بدون اینکه خطر تلفات محصول در اثر ورس به وجود آید.

امروزه رشد غلات مناطق معتدله را می توان در مراحل مختلف رشد، از طریق مصرف مواد تنظیم کننده رشد گیاهی (PGR) تنظیم کرد (بج، ۱۹۷۹). تا این اواخر این مواد شیمیایی عمدتاً در تولید محصولات باغی و گیاهان زینتی، برای هرس شیمیایی، شل کردن محل اتصال و رسیدگی میوه، برای کمک به برداشت محصول و کنترل میوه دهی در درختان میوه استفاده می شد. امروزه تحقیقات، بر روی استفاده از مواد تنظیم کننده رشد گیاهی برای افزایش عملکرد در گیاهان زراعی، در رابطه با افزایش هزینه ها و مشکلات محیطی ناشی، از برنامه های اصلاح نباتات متمرکز شده است. در سال ۱۹۷۹ برخی از مواد شیمیایی تجارتي ساخته شدند که از آنها برای ساقه های قوی و کوتاه در غلات استفاده می شد. موفقترین و

متداولترین مواد تنظیم‌کننده رشد، کلرمکوات است. اگرچه این ماده شیمیایی در دهه ۱۹۶۰ توسعه یافت؛ ولی تنها به وسیله بعضی از کشورها در اروپا (بریتانیا و آلمان) مورد قبول واقع شده است. بیج (۱۹۷۹، ۳۷۴) اظهار کرده است که مزایای کلرمکوات و دیگر مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی، تنها در سیستمهایی که نهاده‌های زیادی به کار برده می‌شود به صورت اثر متقابل با دیگر نهاده‌ها آشکار می‌شود.

اگرچه نسبت کاه و کلش به دانه در واریته‌های پر محصول گندم و جو کاهش یافته است؛ ولی تولید کاه و کلش در نتیجه افزایش سطح زیرکشت غلات، افزایش یافته است. با این وجود، مقدار کاه و کلش برداشت شده در انگلستان و ولز بطور قابل توجهی کاهش یافته است و در حال حاضر ۴۰ تا ۵۰ درصد از کاه و کلش بعد از برداشت محصول، در مزرعه سوزانده می‌شود. کاهش استفاده از کاه و کلش در نتیجه کاهش تعداد دام، در مناطقی با زراعت فشرده غلات و نیز ارزش غذایی کم آن، در مقایسه با هزینه‌های زیاد حمل و نقل آن بوده است. سوزاندن کاه و کلش روشی سریع و ارزان برای پاک کردن زمین بعد از برداشت است و به این وسیله استقرار گیاه زراعی بعدی قبل از زمستان تسهیل می‌شود. این روش همچنین به کاهش علفهای هرز، آفات و عوامل بیماری‌زا کمک می‌کند و فسفر و پتاسیم را به سرعت زیاد می‌کند. سوزاندن کاه و کلش اثرات نامطلوبی بر روی میزان ماده آلی خاک ندارد، زیرا بقایای ریشه‌ها و اضافات کاه و کلش که در زمین باقی می‌ماند، سهم بیشتری از کاه و کلش دارند (استانیفورت، ۱۹۷۴). البته خطرات آتش و دود می‌تواند زیاد باشد و در بریتانیا اتحادیه ملی کشاورزان، قوانینی را برای به حداقل رساندن این خطرات وضع کرده‌اند.

تخصیصی شدن کشت در غلات، باعث بروز مجدد مشکل علفهای هرز شده است. تمام غلات به درجات مختلف، خاک را با اصطلاح «خسته» و اگر برای مدت طولانی بطور مداوم در یک زمین کشت شوند، باعث افزایش علفهای هرز و بیماریهای قارچی در خاک می‌شوند. کرم ساقه‌خوار ذرت که یکی از مهمترین آفات ذرت است، تنها ظرف ۴۰ سال گذشته در ایالات متحده آمریکا آفت شده است. قارچهای عامل پاسوز و لکه چشمی و آفاتی مانند نماتد در گندم و جو، در طول زمان در خاک تجمع حاصل می‌کنند و بطور جدی عملکرد را کاهش می‌دهند. پیدایش علف‌کشهای تنظیم‌کننده رشد مانند MCPA و D-4 و 2 در سال ۱۹۴۲ روش شیمیایی مؤثر، برای کنترل وسیع اغلب علفهای هرز پهن برگ و بخصوص

علفهای هرز یکساله را فراهم کرد. البته مقاومت به این علف کشتهای نیز مشکلات جدیدی را به وجود آورد و بعضی از گیاهان مقاومتر مانند *Galium aparine* و *Matricaria chamomilla* و علفهای چمنی چندساله هرز افزایش یافتند. در اواخر دهه ۱۹۶۰ یولاف وحشی معمولی (*Avena fatua*) به صورت اپیدمی درآمد و همراه با یولاف وحشی زمستانه (*A. ludoviciana*) و گونه *Alopecurus mysuroides* که در زمستان جوانه می‌زنند و غلات زمستانه را آلوده می‌کنند، شایع شدند. علفهای هرز چمنی صدمه و تلفات بیشتری به گیاهان زراعی وارد می‌کنند و در مقایسه با دیگر انواع علفهای هرز، کنترل آنها پرهزینه و مشکلتر است. این امر به دلیل این است که آنها چرخه زندگی کوتاهی دارند و قبل از گیاه زراعی میزبان می‌رسند و بذرها را در خاک مدفون می‌کنند و قوه نامیه خود را معمولاً تا سه سال و در موارد استثنائی تا ۹ سال حفظ می‌کنند.

به همین دلیل کشت و کار فشرده غلات مشکلات جدی و در بعضی موارد مشکلات جدیدی در رابطه با آفات و بیماریها به وجود آورده است. تعداد آفات بخصوص پرندگانی از قبیل: زاغ و کبوتر افزایش یافته است. تراکم زیاد، کشت خالص و معتد غلات، باعث افزایش عوامل بیماریزا شده است. هینز (۱۹۸۲) اشاره کرده است مداخلات انسان، به نفع بعضی از آفات و بیماریها و نیز علفهای هرز شده است و کنترل آفات و بیماریها مشکل و پیچیده است. با افزایش فعالیتهای زراعی، استفاده از آفت کشهای شیمیایی زیاد شده است و در حال حاضر سمپاشی مکرر، در هر سال متداول است. اصلاح واریته های جدید و مقاوم به بیماریها، گران می باشد و وقت گیر است و موفقیت آن به علت توسعه نژادهای مقاوم به سموم کاهش یافته است.

نیاز به ایجاد وقفه در کشت و کار سیستمهای تناوب در کشاورزی فشرده، اجتناب ناپذیر شده است. در بعضی موارد در زمانی که شرایط خاک مناسب است، این موضوع از طریق معرفی یک گیاه نقدینگی، یا معرفی یک گیاه علوفه ای با فصل رشد کوتاه انجام می شود. ترکیباتی از گیاهان زراعی همراه با غلات متداول است و در مواردی که کشت و کار غله با گیاه همراه سازگار باشد، ممکن است برداشت آن همزمان صورت گیرد. این گیاهان شامل لوبیا و نخود، علفهای چمنی مخصوص تولید بذر، شبدر و سیب زمینی و اخیراً بزرک و کلم در بریتانیا و سویا و مخلوط هایی از سویا و ذرت در ایالات متحده آمریکا است. معرفی این گیاهان زراعی نیاز به نگهداری دام ندارد. آنها خاک را بهبود بخشیده و نیاز به کارگر برای

عملیات زراعی به صورت مکمل است (هیتز، ۱۹۸۲).

گسترش زراعت فشرده و مداوم همراه با افزایش تعداد و اندازه ماشین آلات بوده است. با وجودی که در کشت مکانیزه عملیات به موقع صورت می‌گیرد و سرعت عملیات و وضعیت محصول برداشت شده بدان وسیله بهبود می‌یابد؛ ولی مکانیزاسیون مشکلات خاص خود را به وجود می‌آورد. مزارع بزرگتر و واحدهای زراعی بزرگ، برای ماشینهای بزرگتر و توجیه اقتصادی آن ضرورت دارد. کشت و کار مداوم باعث شده است شدت رفت و آمد ماشین آلات، در طول سال در مزرعه افزایش یابد. این امر باعث کشت و کار بی‌رویه شده است و در بعضی موارد تخریب خاک را به دنبال داشته است. لایه سخت حاصل از شخم که از فشردگی در عمق ثابت شخم ایجاد می‌شود، باعث اختلال درزهکشی می‌شود. مسیر رفت و آمد ماشین آلات سنگین نیز، باعث فشردگی و کاهش نفوذپذیری و ظرفیت نفوذ سطحی خاک شده است. بدون استفاده از کود دامی، میزان مواد آلی به حداقل کاهش می‌یابد (۲ درصد) و ثبات ساختمان خاک از بین می‌رود. تحت چنین شرایطی خطر فرسایش آبی در اثر رواناب سطحی در خاکهای سنگینتر و فرسایش بادی در خاکهای سبکتر افزایش می‌یابد.

به منظور کاهش اثرات مخرب کشت و کار مداوم، بعضی از زارعین از تکنیکهای شخم حداقل (یعنی شخم صفر یا بدون شخم) استفاده می‌کنند که شامل کاشت بذر در خاکهای شخم نخورده است. این تکنیک کم و بیش در مناطق معتدله اروپا و آمریکای شمالی استفاده می‌شود. پس از این که پوشش گیاهی با پاراکوات از بین برده شد، بذر گیاهان زراعی مستقیماً در زمین کاشته می‌شود. در جنوب انگلستان از شخم صفر ابتدا برای کاشت کلم، در علفزارهای سابق استفاده می‌شد و بعداً برای دیگر گونه‌های خانواده شلغم مانند: کلم روغنی و ذرت علوفه‌ای و کاشت گندم زمستانه، در کاه و کلش محصول قبلی مورد استفاده قرار گرفت. در ایالات متحده آمریکا از این روش، برای کاشت ذرت در علفزارها استفاده می‌شود. موفقیت استفاده از کشت بدون شخم به وجود بذرکارهای جدید سنگین که در عمق خاک نفوذ می‌کند و قابلیت دسترسی به خاکهای سبک، با زهکشی خوب که عاری از علفهای هرز چندساله باشند، بستگی دارد. البته این روش بذرکاری بطور کامل نیاز به شخم زدن را برطرف نمی‌کند. شخم هنوز برای کشت و کار گیاهان ریشه‌ای لازم است و ممکن است برای غلات نیز در بعضی فصلها ضرورت داشته باشد. در موارد دیگر، شخم حداقل با استفاده از خطوطی که در اثر حرکت ماشین آلات به وجود می‌آید و در آنجا فشار

متمرکز است انجام می شود . استفاده از تایرهای بزرگتر و عریض تر نیز در پخش شدن وزن ماشین آلات کمک کرده و فشردگی خاک را کاهش می دهد .

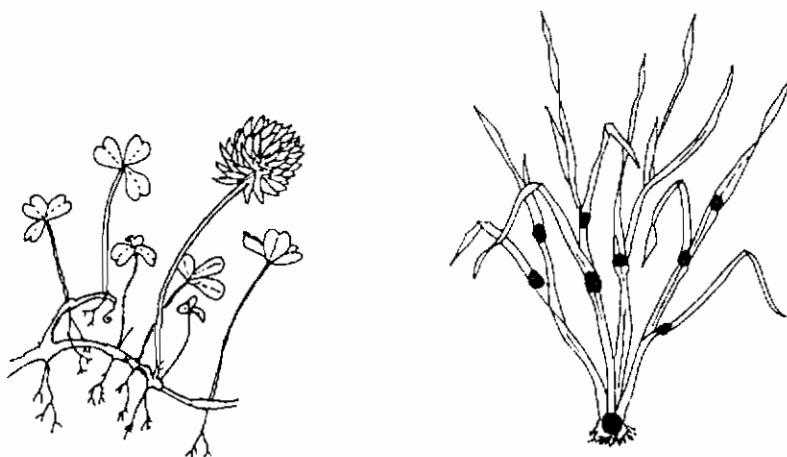
### زراعت علفزارها به صورت فشرده

در مقایسه با گیاهان زراعی عمده مناطق معتدل که در حال حاضر کشت و کار می شوند ، هزینه استقرار و حفظ علفهای چمنی و بقولات علوفه ای ، در واحد سطح زیاد و درآمد آن نسبتاً کم است . بعلاوه در بسیاری از سیستمهای زراعی فشرده افزایش استفاده از کودهای معدنی ، علف کشها و آفت کشها باعث کاهش ارزش علفهای چمنی به عنوان گیاه تناوبی و به عنوان غذای دام شده است . از طرف دیگر در قسمتهایی از مناطق معتدله که شرایط محیطی برای گیاهان زراعی دانه ای ، یعنی غلات و بقولات زیاد مناسب نیست ، مخلوط علفهای چمنی و بقولات به عنوان غذای دام و بخصوص در پرورش گاوهای شیری اهمیت دارد .

پتانسیل زراعی علف چمنی زیاد است . زمانی که علف چمنی مستقر شود ، غذای نسبتاً ارزانی را برای دامها فراهم می کند و این گیاهان را می توان با سطوح مختلفی از نهاده ها ، متناسب با شرایط مختلف اقتصادی و اکولوژیکی مدیریت کرد . در مناطق معتدله اگر میانگین روزانه درجه حرارت بیش از ۵ درجه سانتیگراد باشد و رطوبت خاک محدود کننده نباشد ، علفهای چمنی به رشد خود ادامه می دهد و با شاخص سطح برگ برابر با ۲ تا ۶ ، می تواند پوشش کاملی را در سرتاسر سال فراهم کند . این پوشش را می توان علی رغم برداشت علوفه و چرای دام حفظ کرد . تمام گونه های علفهای چمنی دارای دو منطقه مرستمی هستند که یکی در قاعده پهنک برگ و دیگری در قاعده غلاف برگ قرار دارد و برگها از قسمت نوک به سمت پایین به مرحله رسیدگی می رسند (شکل ۲- ۱۴) . قطع برگها رشد آنها و جوانه های محوری را که پنجه های جدید را تولید می کنند تحریک می کند و البته قدرت پنجه زنی بسته به گونه و نوع مدیریت متغیر است .

اغلب علفهای چمنی مناطق معتدله سرد برای رشد خود ، به یک آستانه درجه حرارت پایین نیاز دارند و درجه حرارت مطلوب برای ظهور برگها ۱۸ تا ۲۸ سانتیگراد است . البته وارسته های چندساله به دوره گرمایی و یا دوره نوری واکنش نشان می دهند و برای زادآوری به درجه حرارت پایین در زمستان (صفر تا ۱۰ درجه سانتی گراد) و یا طول روز بلند نیاز

دارند. در این مورد، علفهای چمنی یکساله مانند واریته‌هایی از رای گرس هیبرید و گونه‌های *Poa annua* و *Phleum pratense* مستثنا می‌باشند. البته علفهای چمنی برای حداکثر رشد، نیاز به عرضه آب بطور دائم دارند. کمبود آب به میزان ۴۰ تا ۵۰ میلی متر در عمق ۳۰۰ میلی متری سطح خاک رشد را کاهش می‌دهد و اگرچه سیستم ریشه‌ای عمیق آن، می‌تواند آب را از اعماق ۶۰۰ میلی متری جذب کند؛ ولی در پائینتر از ۲۰۰ میلی متر کمبود ازت قابل دسترس، یک فاکتور محدودکننده می‌شود (هولمز، ۱۹۷۳).



شکل ۲-۱۴. شبدر سفید و علف چمنی که در آنها محل مریستم‌ها نشان داده شده است (از موريس، ۱۹۷۷)

به‌گزینی و اصلاح واریته‌های پرمحصول، از علفهای چمنی مشابه آنچه در غلات و گیاهان زراعی رایج است، از قدمت زیادی برخوردار است. بسیاری از پیشرفتهای عمده در اصلاح علفهای چمنی، فقط در ظرف ۵۰ تا ۶۰ سال گذشته انجام شده است. دو نتیجه اصلی این برنامه‌های اصلاحی عبارتند از:

۱- تولید علفهای چمنی که پهنک برگ آنها بخش زیادی از گل و گیاه را تشکیل دهد (نسبت پهنک به ساقه زیاد است) و نسبت C: N آن کم باشد و بنابراین ارزش غذایی علف چمنی به عنوان غذای دام زیاد باشد.

۲- تمرکز برنامه‌های به‌نژادی در تعداد محدودی از جنس‌های عمده گیاهی.

این گیاهان عبارتند از: رای گرس چندساله (*Lolium perenne*) که دارای تعداد خیلی زیادی واریته است و در حال حاضر مهمترین علف چمنی زراعی در اروپای غربی است. این



علف چمنی به آسانی مستقر می شود، پایا بوده و علی رغم علفهای هرز و دیگر علفهای چمنی رقیب سرسختی است. در واکنش به کود ازته عملکرد بالقوه زیادی تولید می کند و قابلیت هضم آن، بیش از دیگر علفهای چمنی چندساله است. برعکس، رای گرس ایتالیایی (*L. multiflorum*) چرخه زندگی کوتاهی دارد؛ ولی یکی از اولین علفهای چمنی است که رشد خود را در بهار آغاز می کند. تیموتی (*Phleum pratense*) یک علوفه سستی است، خیلی خوشخوراک و مقاوم به سرمای زمستان است، در حالی که علف باغ (*Dactylis glomerata*) قابلیت هضم پایینی دارد و اگر کمتر چرا شود خشن و غیرخوشخوراک می شود و تحت شرایط چرای تناوبی بهترین رشد را دارد. دو علف چمنی دیگر که اغلب در مخلوطها استفاده می شوند گونه های *Festuca pratense* و *F. arundinacea* است. اولی قدرت رقابتی کمی دارد و دومی دارای برگهای زبری است؛ ولی در مقایسه با علف باغ قابلیت هضم بالاتری دارد و توانایی خشک شدن سریعی را داراست.

علفهای چمنی زراعی معمولاً از مخلوطی از واریته های یک گونه تشکیل می شود و مخلوط با گیاهان علوفه ای بقولات که در حال حاضر متداولترین آنها در مناطق معتدله شبدرها (*Trifolium* spp.) هستند کشت می شوند معمولترین آن شبدر سفید (*T. repens*) یک گونه خیلی پایا است که متحمل به دامنه وسیعی از شرایط محیطی است؛ ولی به کمبود آب خاک حساس است و برای مناطق مرطوبتر مناسبتر است. ارزش هضمی آن خیلی زیاد است (۷۲ تا ۷۵ درصد) و تثبیت ازت به وسیله این گیاه بالغ بر ۱۳۵ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد می شود. برعکس شبدر قرمز (*T. pratense*) چرخه زندگی نسبتاً کوتاهی دارد (۱۸ ماه تا ۲ سال)؛ ولی عملکرد آن زیاد است (سه چین در سال) و مقدار پروتئین آن بالاست. این نوع شبدر چه به صورت تنهایی، یا مخلوط با علفهای چمنی کشت می شود و برای سیلو کردن مناسب است. انواع دیگر شامل شبدر هیبرید (*T. hybridum*) که بومی سوئد است و سازگار به شرایط اقلیمی خنک، یا سرد با بارندگی زیاد و خاکهای اسید با حاصلخیزی کم است و شبدر لاکمی (*T. incarnatum*) که در ایالات متحده آمریکا متداول است.

یونجه (*Medicago* spp.) شامل دو گونه است: *M. sativa* که خصوصیت رشد قائمی دارد و می تواند تحت شرایط درجه حرارت های مختلف، در مناطق مدیترانه ای تا معتدله سرد با خاکهای غنی از آهک رشد کند و گونه *M. falcata* که خصوصیت رشد خوابیده دارد و متحمل به سرما و مقاوم به یخبندان است و می تواند در خاکهای اسیدی رشد کند. یونجه دارای

ریشه‌ای راست و عمیق است که باعث مقاومت به خشکی این گیاه می‌شود. با وجودی که یونجه را می‌توان چراند؛ ولی اغلب به صورت علوفه خشک استفاده می‌شود. در خاکهای سبک و در اقلیمهای خشک تولید آن زیاد است و در مقایسه با دیگر گیاهان علوفه‌ای، عملکرد آن بیشتر و مواد غذایی بیشتری تولید می‌کند. میزان پروتئین قابل هضم آن دو برابر شبدر و چهار برابر ذرت سیلویی است. در حال حاضر یونجه یکی از مهمترین گیاهان علوفه‌ای در آمریکاست و در مخلوط علفهای چمنی جایگزین شبدر شده است.

بقولات نیز همانند علفهای چمنی علی‌رغم برداشت مکرر، می‌توانند رشد خود را حفظ کنند. اغلب نقاط رشد آنها در جوانه‌های محوری قرار دارند و خیلی نزدیک به سطح خاک هستند و رشد ساقه اصلی و ساقه‌های کوتاه، به وسیله حذف جوانه‌های انتهایی در اثر چرا، یا قطع کردن تحریک می‌شود. شبدر سفید می‌تواند به وسیله ساقه‌های خزانده (استولون‌ها) به صورت رویشی تکثیر کند، در حالی که دیگر بقولات دارای ریشه‌های راست و عمیقی هستند. تمام بقولات علوفه‌ای توانایی تثبیت ازت را در نتیجه همزیستی با باکتری *Rhizobium spp.* که در گره‌های ریشه زندگی می‌کنند دارند. البته این ارتباط بستگی به حضور نژاد خاصی از *Rhizobium* در خاک دارد که برای یک گیاه بقولات بطور اختصاصی عمل می‌کند و این موضوع نیز به نوبه خود، وابسته به محیط خاک خصوصاً وجود زهکشی و عناصر غذایی کافی، برای رشد باکتری است. اسیدیته خاک یکی از مهمترین عوامل محدودکننده است که باعث کاهش باکتریهای همزیست تثبیت‌کننده ازت می‌گردد. مخلوط بقولات با علفهای چمنی علوفه‌ای، میزان پروتئین بیشتر تولید می‌کند و بنابراین نسبت به علف چمنی به تنهایی قابلیت هضم بیشتری دارد. البته توانایی رقابت بقولات از علفهای چمنی کمتر است و رشد آنها به وسیله مصرف کود ازته برای علفهای چمنی کاهش می‌یابد.

ترکیب علفهای چمنی و بقولات بسته به گونه‌های انتخاب شده برای کاشت فرق می‌کند (جدول ۲-۱۴ را ملاحظه کنید). علف چمنی بخصوص باتوجه به ارزش خوراکی آن، زودرسی، یا دیررسی در طی فصل رشد (شکل ۳-۱۴ را ملاحظه کنید)، سختی برگ و ساقه برای علوفه خشک، یا سیلویی و خصوصیت رشد خوابیده، یا قائم در رابطه با خصوصیات چرای دامهای اهلی انتخاب می‌شود. مخلوط انتخاب شده باید طوری باشد که برای استفاده خاص و تحت شرایط موجود یک منطقه و با هزینه قابل قبول مناسب داشته باشد (هیتز، ۱۹۸۲). بعلاوه در سیستمهای مدرن زراعت علفهای چمنی، هدف تولید

زیاد علوفه<sup>۱</sup> خوشخوارک برای چرا و یا غذای دامی ذخیره ای به منظور کسب حداکثر بازده فرآورده های دامی است .

جدول ۲- ۱۴ - انواع مختلف مخلوطها

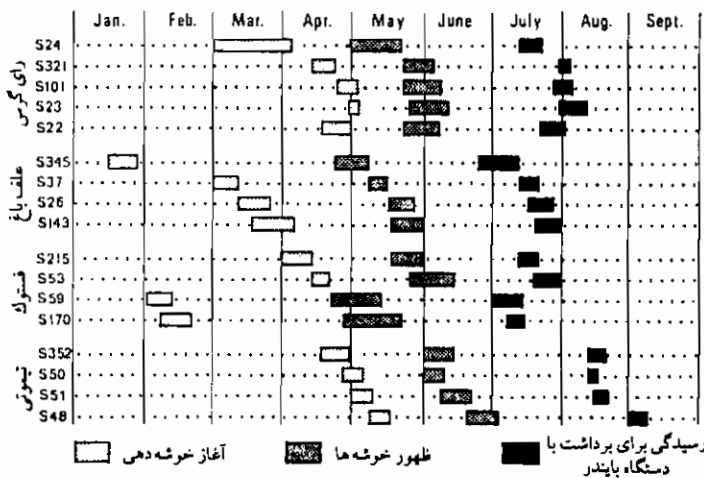
کاشت خالص گونه	مقدار بذر (کیلوگرم در هکتار)						
	شماره مخلوط*						
	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۲۵-۳۵	-	-	-	-	۳۴	۱۴	رای گرس ایتالیایی
۱۶-۲۲	-	۱۰	-	۲۰	-	-	رای گرس چندساله
۱۰-۲۴	(۴)	۴	۷	-	-	-	تیموتی
یا							
۱۵-۲۰	(۴)	۵	-	-	-	-	علف باغ
یا							
۱۶-۲۰	(۴)	-	۱۴	-	-	-	فستوک مرغزار
۱۴-۲۰	-	-	-	-	-	-	فستوک بلند
۱۰-۱۴	-	۴	-	-	-	۹	شبدر قرمز
-	-	۲	۲	۲	-	-	شبدر سفید
۱۶-۱۸	۱۶	-			-	-	یونجه

\* ۱- گیاه علوفه ای یکساله ، ۲- گیاهان علوفه ای ۱۸ تا ۳۰ ماهه با مدیریت فشرده ، ۳- گیاهان علوفه ای با طول مدت متوسط ۳ سال یا بیشتر ، ۴- مناسب برای گاوهای شیری ، ۵- مخلوط قدیمی

(از ویلیامز ، ۱۹۸۰)

افزایش تولید در علفهای چمنی مرهون ترکیبی از نهاده های زیاد ، بخصوص کود ازته و وارپته هایی پر محصول ؛ ولی به قیمت کاهش تثبیت ازت در خاک تمام شده است . این امر با این واقعیت توجیه شده است که تثبیت ازت در ابتدای بهار ، برای رفع نیاز علف چمنی در حال رشد کافی نیست . بعلاوه در مواردی که ممکن است خطر کمبود فصلی آب بیش از ۵۰ میلی متر در طی فصل رشد باشد ، معمولاً آبیاری تکمیلی استفاده می شود ، بخصوص اگر این آبیاری را برای محصولات دیگری مانند : لوبیا ، کلم روغنی ، سیب زمینی و غیره نیز بتوان

استفاده کرد. برای کسب عملکرد بالقوه در این نوع علف زارها، نیاز به اعمال صحیح مدیریت در زمینه چرا و برداشت علوفه است. اگر چرا کمتر از حد باشد، اغلب علفهای چمنی مغذی چریده می‌شوند و آنهایی که کمتر مغذی هستند کمتر چریده می‌شوند و لذا علفزار به حداکثر تولید خود نمی‌رسد و کمتر از ۵۰ درصد تولید سالانه قابل دسترس، به مصرف می‌رسد.



شکل ۳-۱۴. توسعه گل در بعضی از گونه‌ها و وارته‌های علف چمنی (از اسپدینگ و دیکمنز، ۱۹۷۲)

هدف اصلی از مدیریت چمنزارها حفظ عملکرد بدون وارد کردن لطمه، در اثر چرای شدید و یا لگد مال کردن است.

سیستمهای عمده چرا که در بسیاری از مناطق معتدله سرد، به منظور استفاده بیشتر از علفهای چمنی به کار برده می‌شوند عبارتند از:

- ۱- چرای معتدل و فشرده که نرخ دام‌گذاری، در توازن با تولید و استفاده علوفه چمنی در اوائل است و بعداً پس از کاهش تولید علفزار، یا تعداد دام را کاهش می‌دهند، یا سطح قابل دسترس چرا را به منظور حفظ تعداد اولیه دام افزایش می‌دهند. چرای مداوم باعث بهبود چمنزار و وجود نسبت زیادی شیدر در آن می‌شود.
- ۲- چرای تناوبی که باتوجه به معنی آن، شامل اعمال چرا برای مدت زمان مشخصی و

رعایت دوره استراحت است. حالت دیگری از این روش، چرای نواری است که در آن روزانه مقدار معینی از سطح چراگاه، مورد چرا قرار داده می شود.

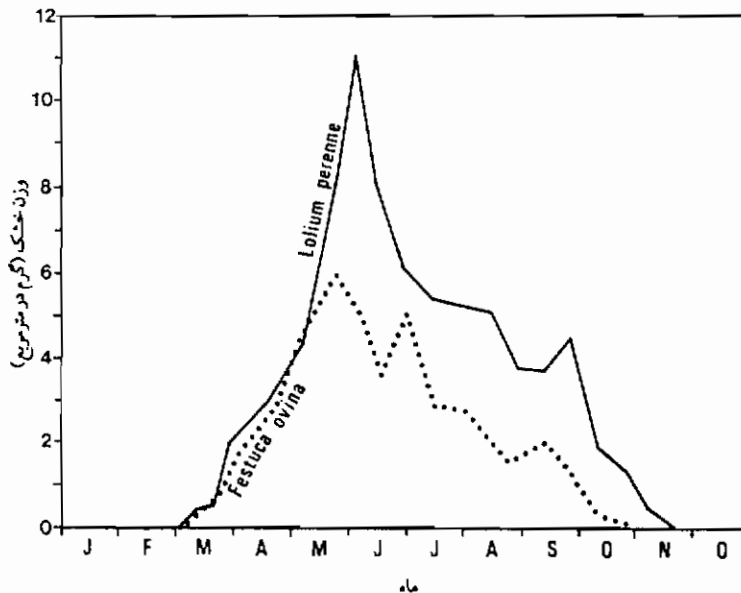
۳- تغذیه دستی (چرای صفر یا چرای مکانیکی) که به دلایل مختلف در بعضی مزارع بجای چرای مستقیم استفاده می شود. علف چمنی در بهترین مرحله، از نظر تولید و ارزش غذایی برداشت می شود و برای مصرف فوری روزانه به دام داده می شود.

اگرچه علفهای چمنی در بسیاری از مناطق معتدله قادر است، در طول سال رشد کند؛ ولی فقط می توانند چرای کافی برای حفظ دام به مدت ۵ تا ۹ ماه فراهم کنند، بنابراین قسمتی از محصول علفهای چمنی کاشته شده در مزرعه، باید برای ذخیره زمستانه نگهداری شوند. نسبت نیازهای دام برای نگهداری خود یا تولید فرآورده های دامی بستگی به کمیت و کیفیت علوفه و روشی دارد که علف چمنی نگهداری شده است.

اندازه گیری عملکرد علف چمنی، در طی دوره رشد آن مشکل است، زیرا رشد این گیاهان می تواند از مرستمهای برگ، بعد از چرا و قطع علوفه ادامه یابد. البته در شرایط مشابه تولید حاصله تقریباً همیشه بیش از علفزارهایی است که بهره برداری نشده است. معمولاً در بریتانیا حداکثر عملکرد، زمانی حاصل می شود که علف چمنی در طی فصل رشد، با فواصل چهار هفته ای برداشت شود (هانت، ۱۹۷۳). البته حداکثر عملکرد به نوع مخلوط علف چمنی و بقولات، اقلیم محلی و شرایط خاک، رقابت با علفهای هرز و آفات و مقدار کود مصرف شده، بخصوص ازت بستگی دارد. اگر آب و عناصر غذایی کافی باشد، الگوی رشد تمام علفهای چمنی چندساله مشابه است. سرعت رشد روزانه از حدود ماه مارس افزایش می یابد و در ماه مه به حداکثر می رسد و بعد از آن سریعاً کاهش می یابد. بعضی از گونه ها دوره رشد ثانویه دیگری در ماه اگوست دارند (شکل ۴-۱۴ را ملاحظه کنید). هانت (۱۹۷۳) اشاره کرده است که ۵۰ درصد از کل رشد سالانه علفهای چمنی در اسکاتلند در ۸ هفته از مه تا ژوئن، ۲۵ درصد در چهار هفته از جولای تا اگوست و ۲۵ درصد در ۱۸ هفته در ابتدای بهار، اواسط و اواخر تابستان صورت می گیرد.

کیفیت، یا ارزش غذایی محصول علف چمنی ذخیره شده باندازه کمیت آن اهمیت دارد. در حالی که کل عملکرد علف چمنی به تکرار چینها بستگی دارد، ارزش غذایی شاخ و برگ رابطه معکوسی با مرحله رشد دارد. ارزش غذای دامی برای نشخوارکنندگان به مقدار مواد آلی قابل هضم آن بستگی دارد. قابلیت هضم (یا ارزش هضمی) متداولترین معیار ارزش

غذایی خوراك دام است: ارزش هضمی شاخ و برگ به گونه، یا واریته، مصرف کود و بخصوص مرحله رشد بستگی دارد (جداول ۳-۱۴ و ۴-۱۴ را ملاحظه کنید). ارزش هضمی در مراحل اولیه رشد حداکثر است (۷۴ تا ۷۷ درصد) و بعد از آن با افزایش سن گیاه و مواد خشبی در ساقه و دیواره سلولی ارزش غذایی کاهش می‌یابد و ارزش نهایی محصول به نسبت برگ به ساقه در زمان مصرف آن بستگی دارد. کاهش ارزش غذایی با مرحله ظهور گلها شروع می‌شود و زودرسی یا دیررسی آن، تابعی از گونه، یا واریته علف چمنی، یا بقولات در مخلوط است.



شکل ۴. ۱۴. سرعت رشد روزانه گونه (*Festuca ovina*) و رای گرس چندساله (*Lolium perenne*) در مناطق کم ارتفاع (از مورس، ۱۹۷۷)

قابلیت هضم در طی دوره گلدھی روزانه به اندازه ۵/۰ درصد و در دامنه‌ای از ۴۰ تا ۸۵ درصد کاهش می‌یابد. زمانی که کمتر از ۷۰ درصد شود تجمع بقایای هضم نشده شکمبه و روده، اشتها و مصرف غذا را کاهش می‌دهد. بنابراین ارزش غذایی علف چمنی ذخیره شده به عوامل زیر بستگی دارد: ارزش غذایی شاخ و برگ اولیه، مرحله رشد در زمان برداشت، نسبت بقولات در مخلوط و مقدار کود مصرف شده در طی رشد. برای ذخیره علف چمنی،

باید توازنی بین عملکرد و کیفیت وجود داشته باشد (موردج، ۱۹۸۰، ۱۷۱). علوفه خشک که پس از برداشت در مزرعه خشک می شود معمولاً بعد از این که گیاه از نظر ارزش غذایی در مرحله حداکثر است برداشت می شود؛ ولی در این زمان عملکرد ماده خشک در حداکثر خود است. این امر تاحدودی به این دلیل است که علوفه حاصل از گیاهانی که رشد قائم دارند، نسبت به آنهایی که درصد برگ بیشتری دارند، راحتتر خشک شده و تاحدودی به دلیل وابستگی به شرایط هوا، برای خشک کردن است. علوفه خشک شده در مزرعه به دلیل مرحله ای که برداشت می شود و به دلیل کاهش ارزش غذایی آن به علت قرار گرفتن در معرض هوا، غذا طولانی دارای ارزش غذایی کمتری است. علف چمنی قبل از برداشت، باید نسبتاً خشک باشد و عمل خشک کردن رطوبت را به کمتر از ۲۵ درصد کاهش دهد. درحالی که بریتانیا اقلیم مناسبی برای رشد علفهای چمنی دارد؛ ولی خشک کردن علوفه با مشکل مواجه است، بنابراین اتلاف مواد غذایی در مزرعه و در انبار می تواند زیاد باشد. در بهترین شرایط علوفه خشک شده در مزرعه فقط می تواند غذای دامی را فراهم کند که وزن و وضعیت دام را حفظ کند. برای تولید گوشت، یا شیر شکل متراکمتری از غذای دام لازم است. برعکس، علوفه خشک شده در انبار و بخصوص به صورت مصنوعی و با ماشین ارزش غذایی بیشتری را حفظ می کند؛ ولی گران تمام می شود.

جدول ۳-۱۲ = ارزش هضمی تقریبی رشد مجدد گونه های علف چمنی ۴ تا ۶ هفته بعد از برداشت

گونه علف چمنی	۴ هفته بعد از برداشت	۶ هفته بعد از برداشت
رای گرس چندساله	۷۴	۷۰
تیموتی	۷۲	۶۸
فستوك بلند	۷۰	۶۶
علف باغ	۶۷	۶۰
رای گرس ایتالیایی	۶۶	۶۲

(از اسپرن، ۱۹۸۰)

علوفه سیلویی که از علف چمنی و دیگر گیاهان سبز به دست می آید، نسبت به علوفه خشک ماده غذایی متراکمتری دارد و می تواند نیازهای دام را در زمستان برآورده کند. علف

چمنی برای سیلو کردن، معمولاً در مراحل اولیه رشد که مغذی است برداشت شده، ممکن است با رطوبت کافی و مصرف ازت دو تا سه چین در فصل رشد تولید کند که این موضوع بستگی به شرایط محیطی نیز دارد. بعلاوه علوفه سیلویی با علوفه خشک متفاوت است و دارای مواد لازم، برای تخمیر و نیز ترکیبات شیمیایی تولید شده به وسیله عمل آنزیمها در طی سیلوشدن است. از دهه ۱۹۵۰ عملکرد علفزارها همانند گیاهان زراعی و چراگاههای دایمی بطور قابل توجهی افزایش یافته است. در بریتانیا متوسط انرژی مصرف شده (یعنی متابولیسی) به وسیله دام در طی ۱۹۳۸ تا ۱۹۷۳ در اثر افزایش مصرف کود و ذخیره علوفه در سیلو دوبرابر شده است. در حال حاضر علوفه سیلویی ۵۰ درصد کل علفهای چمنی ذخیره شده در بریتانیا و بیش از این مقدار، در شمال شرقی ایالات متحده آمریکا و اروپای غربی را شامل می‌شود. همراه با این روند نرخ دامگذاری در چراگاهها نیز افزایش یافته است.

**جدول ۲-۱۲ =** استفاده از مرحله رشد و پربرگ شدن برای پیشگویی ارزش هضمی

چراگاه‌رای گرس در طی دوره اصلی نگهداری

درصد پر برگ شدن					مرحله رشد
۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	
۷۵	۷۲	۶۹	-	-	خوشه گل، قبل از ظهور (۱۶ تا ۲۰ سانتی متر بالای سطح زمین)
۷۳	۷۰	۶۷	-	-	خوشه گل درست در حال ظهور
-	۶۹	۶۶	۶۳	-	$\frac{3}{4}$ خوشه گل ظاهر شده است
-	۶۷	۶۴	۶۱	-	خوشه بدون برگ پر چمنی
-	-	۶۲	۶۰	۵۷	ساقه گلچه‌ها در حال طویل شدن
-	-	۶۱	۵۸	۵۵	بساکها مشاهده می‌شود

(اسبرن، ۱۹۸۰)

دامنه فشردگی علفزارها متفاوت است. همانند گیاهان زراعی، علفزارها در مناطقی بیشتر مورد توجه بوده‌اند که شرایط محیطی نسبتاً مساعدتر است. در کشورهای مختلف نیز علفزارها متفاوت است. عملکرد علفزارهای بریتانیا به سطح دانمارک، یا هلند که در آنجا ازت زیادتری مصرف می‌کنند نمی‌رسد. در حال حاضر عملکرد بالقوه علفزارهای بریتانیا، خیلی



بیش از متوسط عملکرد در سطح ملی است. بهره برداری از چمنزارها، به وسیله چرای کمتر از حد معقول محدود می شود و بطور متوسط بیش از ۶۰ درصد از رشد گیاه چرای نمی شود درحالی که حداکثر آن می تواند ۷۵ تا ۸۰ درصد باشد.

### تخریب علفزار

علفزارهای اصلاح شده چه از نوع دائمی و چه از موقت، پس از رسیدن به مرحله حداکثر تولید خود، شروع به از بین رفتن می کنند و سرعت این اضمحلال بستگی به دایمی، یا موقت بودن آنها دارد. البته بعضی از چراگاههای دایمی در خاکهای خیلی حاصلخیز، اگر با چرای مناسب و مصرف کود مدیریت شوند، می توانند برای مدت طولانی عملکرد بالایی داشته باشند. تخریب علفزارها با کاهش نسبت شبدر، رای گرس و دیگر علفهای چمنی کشت شده به علفهای چمنی هرز صورت می گیرد. در مواردی که مصرف ازت زیاد باشد و عمل برداشت علوفه بیش از چرا باشد، مقدار پتاسیم قابل دسترس خاک، ممکن است کاهش یابد. نگهداری تعداد بیش از حد دام در زمستان زمانی که خاک خیلی مرطوب است، می تواند باعث فشردگی و گل آلود شدن سطح زمین، خرد شدن علفها و کاهش ظرفیت نفوذ سطحی خاک شود.

توسعه علفزارهای مصنوعی چنین اثراتی را شدیدتر کرده و باعث انواع مشکلات جدید عمدتاً در اثر افزایش مصرف کود ازته می شود. این مشکلات می تواند شامل تلفات علوفه، در اثر سرمای زمستان باشد که این موضوع در دو دهه گذشته در غرب اسکاتلند به وقوع پیوسته است. پژمردگی و کاهش ویژگیهای کیفی ظاهراً با خشک شدن علف چمنی در بهار همراه است و اگرچه علفزار ممکن است در ابتدای تابستان رشد مجدد داشته باشد، ولی کمبود علوفه برای چرای دام در بهار وجود دارد (هانت، ۱۹۷۳). تنک شدن علفزار مشکل دیگری است. این موضوع بخصوص زمانی که سالانه ۳۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار برای تولید مصرف می شود، بیشتر محسوس است. رشد بعد از قطع کردن آهسته است و علفهای هرز مانند مرغ (Agropyron repens) و گندمک (Stellaria media) می توانند مستقر شوند. ریشه کن کردن آنها مشکل است و عملکرد بعدی را کاهش می دهند. تنک شدن در اثر چرای مفرط نیز رخ می دهد و بدین ترتیب باعث کوتاه شدن علفهای چمنی شده آنها را در معرض هجوم علفهای هرز قرار می دهد. بعلاوه رشد سریع برگها که به وسیله مصرف ازت زیاد

افزایش می‌یابد، همراه با کاهش سیستم ریشه‌ای و سطحی شدن است و این امر باعث می‌شود گیاه به آسانی به وسیله گاو از زمین بیرون کشیده شوند. بالاخره زراعت فشرده علفزارها، می‌تواند بر روی تجمع عوامل بیماری‌زای گیاهی (قارچها و ویروسها) و یا موجودات پارازیت‌کننده دامها موثر باشد. هینز (۱۹۸۲) اظهار کرده است که تلفات ناشی از قارچها و ویروسها، می‌تواند باندازه ۲۰ درصد ماده خشک محصول علف چمنی باشد. برای جلوگیری از آلودگی انگلها و کرمها، باید مدیریت چرای مناسبی اعمال کرد. عوامل بیماری‌زایی مانند کرم کبد (*Fasciola hepatica*)، کرمهای شکمبه و *Dictyocaulus viviparus* که چرخه زندگی دو مرحله‌ای دارند که یکی از آنها خارج از بدن حیوان است، بنابراین برای کاهش تراکم انگلهای علفزارها، باید حداقل برای مدت یکسال بعد از بهره‌برداری به وسیله یک نوع دام استراحت داده شوند.

### دامپروری فشرده

به موازات فشرده شدن زراعت در مناطق معتدله، دامپروری هم فشرده شده است و هدف آن رسیدن به حداکثر بازده ممکنه فرآورده‌های دامی (گوشت، شیر، تخم مرغ) از مقدار معینی غذای دام است. این امر همیشه وابسته به پیشرفتهای علمی و فنی تغذیه، مدیریت دام و کنترل محیط دام بوده است.

### تغذیه

روشهای سنتی دامپروری که معمولاً تا دهه ۱۹۵۰ رایج بود، براساس استفاده از مواد علوفه‌ای با کیفیت کم از قبیل علوفه خشک، علفهای چمنی و گیاهان ریشه‌ای استوار بود. افزایش فرآورده‌های دامی عمدتاً به وسیله افزایش استفاده از مواد غذایی کنسانتره که کیفیت و انرژی زیادی دارند مانند غلات، دانه‌های روغنی و علفهای سیلویی صورت گرفته است. این امر با بهبود قابل توجهی در کارایی مصرف غذا توسط دام، برحسب نسبت تبدیل (علوفه مصرف شده به غذای تولید شده) و نرخ دام‌گذاری بیشتر نشان داده می‌شود، حاصل شده است. در بریتانیا فشرده شدن دامپروری در ابتدای دهه ۱۹۶۰ با پرورش گوساله‌های شیرخوار، توسط مواد قابل جایگزین شیر شروع شد. البته توسعه دامنه و تغذیه به وسیله چنین موادی متغیر بود. دامپروری فشرده می‌تواند بخشی

از یک سیستم کشاورزی باشد که در آن فقط بخشی از تولید به صورت فشرده است مانند پرواربندی، یا تمام تولید فشرده باشد، مانند دامداریهای گاو شیری، خوک و طیور. گوسفند هنوز از دامهایی است که کمترین مدیریت فشرده روی آنها اعمال می شود. فشرده شدن تولید در گاوهای گوشتی و شیری، بستگی به تولید علف چمنی داشته که مقدار زیادی جیره غذایی تابستانه و غذای زمستانه، به شکل سیلویی به وسیله مواد کنسانتره تکمیل می شود. پروار کردن کوتاه مدت، براساس جیره های غذایی کنسانتره با استفاده از ذرت برای گاوهای گوشتی، در ایالات متحده آمریکا و با استفاده از جو در تغذیه گاوهای گوشتی در اروپا صورت می گیرد. مجتمعات تغذیه دستی در ایالتهای جنوب غربی، نوع بارزی از این سیستمها است. در این موارد ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ راس گاو (که به عنوان گوساله یکساله خریداری شده اند) به تعداد متراکم در آغل های آزاد نگهداری می شوند و براساس دوره های ۶ ماهه، با جیره های غذایی متشکل از غلات و چغندر سیلویی که از مزارع اطراف آورده می شوند، پروار می گردند. برعکس خوک و طیور دامهای همه چیز خوار و غیرنشخوار کننده هستند که نقش ستنی آنها در اکوسیستمهای کشاورزی کمتر توسعه یافته هنوز به صورت باقیمانده خوار در مزارع، یا از محصولات بی مصرف است. تولید فشرده هر نوع دام کاملاً به عرضه مواد کنسانتره بستگی دارد (مثلاً ذرت، دانه های روغنی، جو و غیره).

بهبود تغذیه نه تنها باعث تولید بیشتر پروتئین دامی شده است، بلکه بازده به ازای دام در واحد زمان نیز بهبود یافته است. بعلاوه در سیستمهای دامپروری که شدیداً کنترل می شوند، تغذیه می تواند بدقت تنظیم شود تا به این وسیله تولید مطلوبی در مدت زمان مشخصی حاصل شود. بعلاوه در ایالات متحده آمریکا از هورمونهای، مانند استروژن برای افزایش سریع وزن دامهای گوشتی استفاده می شود. البته در بعضی شرایط افزایش ارزش غذایی خوراک دام و روشهای تغذیه فشرده عدم توازن غذایی، یا کمبودهایی ایجاد کرده است که باید مرتفع گردد. مشکلات تغذیه ای به دلیل اختلاف بین مقدار عناصر معدنی مورد نیاز به وسیله دامهای پر تولید مانند گاوهای شیری و مقدار این عناصر از جمله منگنز و در بعضی مناطق مس وید در علفهای چمنی ناشی می شود. در مورد خوک و طیور که از مراتع آزاد تغذیه می کنند، نیازهای غذایی خود را از دامنه وسیعی از منابع گیاهی و حیوانی طبیعی به دست می آورند و غذاهای کنسانتره، می توانند فاقد عناصر معدنی و

ویتامینهای ضروری باشند. به علاوه دامهایی که تحت شرایط کاملاً کنترل شده در محیط پوشیده اصلاح شده و پرورش یافته اند، در معرض تنشهای زیاد هستند که این موضوع جیره غذایی آنها را بحرانیتر می کند. از دیگر مواد افزودنی به خوراک دام آنتی بیوتیکهاست که در موقع خطر بیماری در دامهای جوان مصرف می شود و یا مواد رنگی برای زرد کردن رنگ زرده تخم مرغ به کار برده می شود.

### مدیریت دام

کارایی زیاد خوراک دام و نسبت تبدیل زیاد آن نیز، در اثر پیشرفتهایی است که از جنگ جهانی دوم به بعد صورت گرفته است. تحقیقات ژنتیکی همراه با برنامه های اصلاح دام که با استفاده از تلقیح مصنوعی صورت گرفته است، منجر به تولید دامهایی شده است که ظرفیت تولید بالقوه زیاد و توانای متابولیسم کردن غذاهای کنسنتره دارند و ظرفیت تولید نیز بهبود یافته است. مثلاً در مورد طیور تعداد بیشتری تخم مرغ به ازای هر مرغ تولید می شود. به همین ترتیب در گوسفندداری، افزایش وقوع آبستنی (مثلاً سه بار در دو سال) و درصد دوقلو زایی، یا سه قلو زایی بازای هر آبستنی زیاد شده است. تغییر ویژگی تولید و چرخه زندگی باعث شده است که شیر و گوشت در تمام مدت طول سال تولید شود. بالاخره پیشرفت در دامپزشکی به کنترل بیماریها کمک کرده است. افزایش این بیماریها ناشی از افزایش تراکم دامها بوده است.

### کنترل محیطی

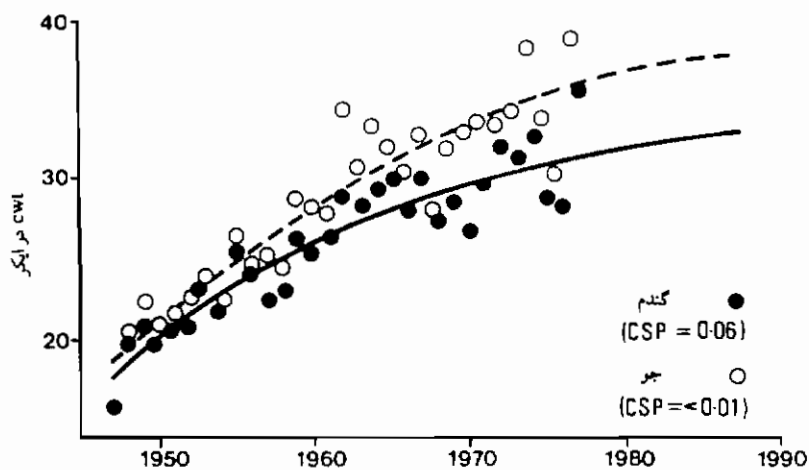
توسعه دامپروری همراه با توسعه محیطهای کنترل شده برای بخشی از فرآیند تولید، یا تمام آن بوده است. تقریباً تمام تولید تجارتي در مورد خوک و طیور، در محیط پوشیده صورت می گیرد. بعد از جنگ جهانی دوم در آمریکا مرغداریهای صنعتی به وجود آمد. استفاده از سیستم نگهداری فشرده طیور، در محیط سرپوشیده در رابطه با جنبه های اقتصادی کاهش سود بازای هر قطعه مرغ در سیستمهای سنتی آزاد بوجود آمد. این موضوع با پرورش مرغ و تولید تخم از طریق نور کنترل شده و نیز محیط های مختلف کنترل شده از نظر نور، درجه حرارت، رطوبت نسبی، گرد و غبار اتمسفر و سروصدا انجام می شود. افزایش اندازه محل نگهداری (یعنی محلهایی که می توانند بیش از ۱۰۰۰ عدد مرغ تخمگذار را جای دهند، باعث شد که

مکانیزه کردن کامل سیستمهای تهیه و مخلوط کردن خوراك، توزیع غذا و آب و جمع آوری کود تسهیل شود. مکانیزه کردن شیردوشی در صنایع شیر، باعث توسعه سالنهای پیشرفته شیردوشی شد و تعداد کارگر مورد نیاز، به یک نفر برای هر ۷۰ راس گاو کاهش یافت. دوقلو زایی یا سه قلو زایی گوسفندان ضرورت نگهداری آنها در محلهای سرپوشیده را ایجاب کرده است.

### نتیجه گیری

توسعه و افزایش تولیدات کشاورزی از طریق افزایش نهاده ها که در آن تغذیه گیاه و دام مهمترین آنهاست صورت گرفته است. عملکرد بالای گیاهان زراعی به کود زیاد، بخصوص ازت وابسته است و تولیدات زیاد دامی به مواد غذایی که ارزش غذایی بالا دارند وابسته است. البته هر دو مورد با هزینه قابل توجه انرژی و کاهش کارایی انرژی (نسبت بین انرژی مصرفی و انرژی غذایی تولید شده) انجام می شود. بعلاوه افزایش تولید پروتئین دامی، به هزینه استفاده از غذاهایی با کیفیت بالا به صورت خوراك دام صورت گرفته است. به دامهای پر تولید مقدار پروتئینی که داده می شود، بیش از مقداری است که کسب می شود. درحقیقت عمل اصلاح و به گزینی دام باعث به وجود آمدن دامهایی شده است که به مواد غذایی پر هزینه از نظر انرژی، وابسته هستند. در این رابطه به گزینی از نظر افزایش ظرفیت شکمبه صورت گرفته است. شکمبه گاوهای شیری بریتانیا بطور متوسط ۱۸ درصد از وزن بدن را دربرمی گیرد و برعکس برای گاوهای جهان سوم ۳۰ درصد است. فشرده شدن همراه با کاهش کارایی انرژی و کند شدن سرعت افزایش عملکرد گیاهان زراعی بوده و این موضوع در غلات به نقطه بازده نزولی، ممکن است رسیده باشد (شکل ۵-۱۴).

فشرده شدن کشاورزی به قیمت مسائل محیطی قابل توجهی نیز تمام شده است و در این رابطه مدیریت، اجزای معدنی و آلی آنرا افزایش داده است. این امر از یک طرف مشکلات اکولوژیکی مانند: خسارت بیماریها و تخریب خاک را ایجاد کرده است که نه فقط هزینه های تولید را افزایش داده است، بلکه ثبات اکوسیستم کشاورزی را نیز به خطر انداخته است. از طرف دیگر فشرده شدن کشاورزی، همراه با افزایش اضافات تولیدات گیاهان زراعی و دامها بوده که دفع یا اتلاف آنها مشکلاتی را برای دیگر اکوسیستمها ایجاد می کند.



شکل ۵-۱۴. میانگین عملکرد گندم و جو در بریتانیا، ۱۹۸۰-۱۹۵۰.  $CSP = درصد$

معنی‌دار بودن منحنی (از بلاکستر، ۱۹۷۸)

## فصل پانزدهم

### کشاورزی و محیط

هیچ یک از اکوسیستمهای کشاورزی نمی توانند به عنوان یک واحد منفک ، خود محتوا و خود پایدار داوم داشته باشند و عمل کنند . تمام اکوسیستمهای کشاورزی به دلیل ماهیتی که دارند ، نسبت به اکوسیستمهای طبیعی و اکثر اکوسیستمهای مصنوعی دیگر بازتر هستند . حتی در سیستمهای کشاورزی معیشتی که کمترین اصول فنی به کار برده می شود ، مقداری نهاده انرژی به شکل نیروی انسانی و یا دام و نیز غذای تولید شده و مصرف شده وجود دارد و مقداری مواد زائد به شکل مدفوع انسانی ، یا حیوانی به خارج از منطقه کشت شده تخلیه می شود . بعلاوه بهم خوردن اکوسیستمهای طبیعی باعث افزایش تلفات عناصر غذایی ، در اثر افزایش آبتشویی ، رواناب سطحی و فرسایش خاک می شود . از دهه ۱۹۴۰ با کاربرد اطلاعات فنی و علمی ، توسعه کشاورزی بسرعت افزایش یافته است . توسعه کشاورزی در مکانهای مختلف متفاوت است و بستگی به محدودیتهای محیطی و مرحله توسعه منطقه ای دارد .

با افزایش توسعه کشاورزی ، اثرات متقابل بین اکوسیستمهای کشاورزی و دیگر سیستمهای غیرکشاورزی ، شدت یافته است . بازده هر اکوسیستم برای اکوسیستم دیگر به صورت نهاده ای ضروری ، یا غیرضروری و حتی مضر درآمده است . بعلاوه تولید فشرده

محصولات زراعی و دامی بسیاری از ویژگی‌هایی که صنایع تولیدی دارند، از قبیل سرمایه‌گذاری زیاد برای ماشین‌آلات و ساختمانها، اختصاصی شدن تولید، افزایش کارایی تولید و حجم زیادی از محصولات فرعی زائد را، به خود اختصاص داده است. در حال حاضر مواد زاید کشاورزی منبع مهمی از آلودگی هوا و آب و خاک است و به عنوان یک عامل خارجی اغلب هزینه اقتصادی و اجتماعی زیادی بر دیگر سیستمها تحمیل می‌کند. برعکس، اکوسیستمهای کشاورزی گیرنده آلودگی‌هایی شده‌اند که در جای دیگری تولید می‌شود.

تا این اواخر افزایش آلودگی و صدمات محیطی ناشی از آن عمدتاً، به مجتمعهای شهری و صنعتی به عنوان منابع اصلی آلودگی ارتباط داده می‌شد. بعد از جنگ جهانی دوم اثر کشاورزی، بر محیط زیست شروع به خودنمایی کرد. با تغییر در روشهای کشاورزی توجه عموم به حفاظت محیط معطوف شد و آگاهی از عواقب آن افزایش یافت.

#### افزایش فرسایش خاک

اولین و مهمترین اثرات نامطلوب کشاورزی، بر محیط فرسایش خاک است. فرسایش خاک فرآیندی طبیعی است که در اثر از بین رفتن پوشش گیاهی طبیعی، تسریع می‌شود و خاک در معرض مستقیم نزولات، نور خورشید و باد قرار می‌گیرد. با عمل شخم زدن خاک بهم می‌خورد و در نتیجه افزایش درجه حرارت و تهویه، سرعت تجزیه مواد آلی زیادی شود و این امر ثبات ساختمان خاک را کاهش می‌دهد. خاک بسته به اقلیم و گرا دیان زمین به انتقال توسط باد، یا آب حساستر می‌شود. افزایش فرسایش خاک با جنگل زدایی و شخم خاک شروع می‌شود.

فرسایش خاک در ابتدا بر جوامع پیشرفته کشاورزی و پرجمعیت خاورمیانه و خاور دور (بخصوص شمال چین) اثر گذاشت. نابودی این جوامع تاحدودی به زیانهای ناشی از فرسایش خاک و کاهش کارایی برنامه‌های آبیاری و جریان رودخانه‌ها که در اثر پرشدن آب انبارها و کانالهای آب به وسیله گل و لای انجام شد، نسبت داده شده است. آگاهی از حجم و اندازه فرسایش، در سطح جهان ابتدا در اواخر دهه ۱۹۲۰ و اوایل دهه ۱۹۳۰ که کشت و کار به علفزارهای مناطق معتدله نیمه خشک دنیا، کشانده شد حاصل گردید. با شروع خشکیهای طولانی مدت در دهه ۱۹۳۰ خاکهای خشک شروع به حرکت کردند و اثرات طوفانهای خاک، در جنوب غربی آمریکا که به آن گوی خاک لقب دادند تا سواحل شرقی آن کشور مشاهده شد. بلافاصله قبل از جنگ جهانی دوم وضعیت فرسایش خاک، همانند آلودگی و بارانهای اسیدی



که در حال حاضر مورد توجه است، از اهمیت برخوردار بود. انتشار کتاب «تجاوز به زمین» به وسیله جکس و وایت (۱۹۳۹) ابعاد جهانی این فرآیند را جلوه گر ساخت.

فرسایش خاک همچنان زیان آورترین و گسترده ترین بلای محیطی متاثر از انسان است (جکس، ۱۹۵۴). با وجود معرفی روشهای حفاظت خاک و ضد فرسایش در کشت و کار درجایی که زمین برهنه است، فرسایش خاک همچنان وجود دارد. تغییر در بهره برداری از زمین و روشهای مدرن و فشرده کشت و کار حتی در مناطق مرطوبتر معتدل دنیا نیز، مساله آفرین شده است. کشت و کار مداوم و افزایش سطح زمینهای آیش، در زمستان و کاهش محتوای مواد آلی خاک باعث شده است، خاکهای خشکتر و سبکتر به وسیله باد جابجا شوند و خاکهای سنگینتر به وسیله آب شسته شوند.

اطلاعات دقیق در مورد مقدار و سرعت فرسایش خاک نسبتاً اندک است و اغلب در رابطه با فرسایش، در معیار محلی، یا آزمایشهای مزرعه ای است. در حال حاضر برآوردهای مختلفی از تلفات خاک، در مقیاس جهانی صورت گرفته است. براون (۱۹۸۴) گزارش کرده است که در سال ۱۹۷۰ فرسایش در جهان  $10^9 \times 14$  تن در سال، در مقایسه با  $10^9 \times 11$  تن در زمانهای قبل از پیدایش انسان بوده است. این محقق برآورد کرده است که تلفات خاک، در چهار کشور تولید کننده عمده محصولات زراعی، یعنی ایالات متحده آمریکا، شوروی سابق، چین و هند (که با هم نیمی از زمینهای زراعی دنیا را دربردارند)  $13/6$  میلیارد تن در هکتار است. در ایالات متحده آمریکا تحقیقات آزمایشی و کاربردی زیادی، روی ماهیت فرسایش خاک و کنترل آن انجام شده است و برآورد گردیده که در طول ۲۰۰ سال گذشته، حداقل یک سوم خاک سطح الارض زمینهای زراعی کشور، از دست رفته است (پی متل و همکاران، ۱۹۷۶). بعلاوه محاسبه شده است که متوسط تلفات خاک سطح الارض در زمینهای کشاورزی از ۱۲ تا ۲۸ تن در هکتار متغیر است. شدت فرسایش وابسته به برخی متغیرهاست که در میان آنها روشهای کشت و کار نقش مهمی را به عهده دارند. زراعت ردیفی و کشت و کار مداوم، می تواند باعث اتلاف خاک در اثر فرسایش تا ۴۰ تن در هکتار در سال شود، در حالی که تلفات سالانه خاک در علفزارها فقط  $6/0$  تن و در جنگلها  $2/0$  تا  $4/0$  تن در هکتار است. به نظر می رسد که اثرات سوء افزایش شدت تولید محصولات زراعی، خیلی بیش از آنچه به وسیله روشهای حفاظت خاک در دهه ۱۹۳۰ فرسایش را کاهش داده است باشد. در ایالات متحده آمریکا تلفات سالانه رسوبات به وسیله رواناب

سطحی، در زمینهای کشاورزی از حدود ۳ میلیارد تن در دهه ۱۹۳۰ تا ۴ میلیارد تن در دهه ۱۹۷۰ افزایش یافت (پی متل، ۱۹۷۶).

در اثر رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای غذا، فرسایش خاک در حال حاضر یک مشکل محیطی در مناطق حاره و نیمه حاره دنیا شده است. کشت و کار مداوم و یا باتناوبهای کوتاه مدت جایگزین آیشهای طولانیتر شده است و در بسیاری مناطق کشت و کار به مناطقی که اقلیم و خاک و شکل زمین برای کشت و کار نامناسب است، کشانده شده است. کوال و قسام (۱۹۷۸) اظهار کرده‌اند در حال حاضر، سرعت فرسایش خاک از ساوانای پاک شده ۲۰ تا ۲۰۰ برابر، بیش از سرعت فرسایش خاک در پوششی گیاهی بهم نخورده است. همین محققین اظهار می‌کنند که تلفات خاک می‌تواند از ۱/۰ تا ۹۹ تن در هکتار، با توجه به شرایط محیطی و مدیریت متغیر باشد. البته در شرایط مناسب تلفات سالانه فرسایش از زمینهای زراعی، برابر با ۷ تا ۱۰ تن در هکتار است که معادل با تلفات از زمینهای زراعی، در ایالات متحده آمریکا است. باتوجه به مقدار واقعی و قابل قبول فرسایش خاک (ایالات متحده آمریکا ۴/۰ تا ۱/۸ تن در هکتار در سال، شرق آفریقا ۸/۱ تن برای خاکهای رسی و ۵/۱ تن برای خاکهای شنی) این مقدار حد متعادلی در نظر گرفته می‌شود (جدول ۵b-۱۰ را ملاحظه کنید). در کشور نپال به علت جنگل زدایی برای کشاورزی مقدار فرسایش زیاد است که به علت بارندگی زیاد و شیب تند زمین و مواد مادری، قابل فرسایش است.

مواد از دست رفته به وسیله فرسایش بادی می‌تواند به مسافتهای زیادی منتقل گردد (فصل ۱۲ را ملاحظه کنید). در بعضی موارد مواد فرسایش یافته، ممکن است در مزرعه دیگری ته نشست کند که در این مورد اثرات سوء آن، بستگی به مواد غذایی و ثبات آن دارد. انتقال ذرات شن (اغلب  $SiO_2$ ) در مسافتهای کوتاه، می‌تواند زمینهای نسبتاً حاصلخیز را زیر توده‌های شن مدفون کند. این موضوع در دهه ۱۹۳۰ در رابطه با حواشی گوی خاک در آمریکا و در حال حاضر، در حواشی جنوب ساحل آفریقا مشاهده می‌شود. از خاکی که به وسیله فرسایش آبی از دست می‌رود، مقداری در شیبهای ملایم دره‌ها و دشتهای غرقابی ته نشین می‌شود. البته مقدار خیلی زیادی از آن، وارد آبهای شیرین شده در نهایت وارد اقیانوسها می‌شود. رسوب گذاری یکی از شایعترین و گسترده‌ترین شکل‌های آلودگی آبهاست. این امر به کیفیت آب صدمه زده و کارآیی آب انبارها، کانالهای آبیاری و مسیر حرکت کشتیها را کاهش داده سیلاب رودخانه‌ها را افزایش می‌دهد. در آمریکا تلفات عناصر غذایی در مزارع

به علت فرسایش، به مقدار ۱۰ کیلوگرم فسفر، ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم ازت و ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم کربن در هکتار در سال می‌رسد (پی متل و همکاران، ۱۹۷۶). سالانه ۶ کیلوگرم در هکتار (یا ۶۰ درصد) از کود فسفرد مصرف شده به وسیله فرسایش خاک، از دست می‌رود و با ۱۰ میلی متر در ساعت فرسایش بادی، می‌تواند ۱۵۰ کیلوگرم فسفر را از زمینهای زراعی غنی منتقل کند. کوال و قسام (۱۹۷۸) اظهار کرده‌اند که در شمال آفریقا، متوسط تلفات سالانه خاک به وسیله رواناب برابر با ۲۰۰ میلی متر باندازه ۲۲/۷ کیلوگرم در هکتار کاتیونهای سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و ۱۳/۷ کیلوگرم در هکتار ازت است. مواد معدنی فرسایش یافته خاک، مقدار معینی از فسفر و پتاسیم که حلالیت کمی دارند را نگه داشته و به شکل غیر قابل دسترس، در کاتیونهای رس خاک نگه می‌دارند، یا تثبیت می‌شوند، بنابراین رواناب در زمین زراعی، باعث غنی شدن عناصر غذایی آبهای می‌شود که به آن می‌ریزند. در نتیجه سرعت رشد جلبکها افزایش می‌یابد و گل آلود شدن آب و تخلیه اکسیژن نیز بیشتر می‌شود. گیاهان و حیوانات هوازی از بین می‌روند و سرعت تجزیه و چرخش مجدد عناصر غذایی تا حدی کاهش می‌یابد که یک دریاچه آب شیرین، در واقع به صورت مرده درمی‌آید.

### تغییر زیستگاهها و مداخله در آنها

یکی از نتایج غیر قابل اجتناب توسعه و گسترش کشاورزی، تخریب اکوسیستمهای طبیعی و مداخله قابل توجه در محیط فیزیکی، از طریق کشت و کار است (فصل ۴ را ملاحظه کنید). تغییر، یا تخریب زیستگاهها می‌تواند، از طریق زهکشی زمین که جهت تبدیل زمینهای مرطوب، به زمینهای کشاورزی، یا برای بهبود توازن آب خاک، در زمین زراعی صورت می‌گیرد نیز حادث شود. در هر یک از موارد اثرات زهکشی، می‌تواند به منطقه خارج از محدوده آن نیز توسعه یابد و در نتیجه رژیم آب خاک را، در اکوسیستم غیر کشاورزی تاحدودی تغییر دهد. به همین ترتیب اثر چرای دامهای اهلی و سوزاندن پوشش گیاهی به منظور افزایش تولید علوفه، می‌تواند به خارج از محدوده مربوطه نیز گسترش یابد. این امر در مواردی است که آتش و یا چرا باعث اثر سوء بر رشد درختان و تجدید حیات جنگلهای طبیعی، یا احداث شده می‌شود. در بسیاری از مناطق دنیا که زراعت فشرده دارند، با شخم علفزارها باعث کاهش مداوم زیستگاههای طبیعی شده، به همین دلیل توجه بیشتری به حفاظت منابع طبیعی، معطوف شده است. بعضی از گونه‌های گیاهی و جانوری، می‌توانند به اثرات مستقیم

یا غیرمستقیم یک اکوسیستم کشاورزی خاص، سازگاری پیدا کنند؛ ولی بعضی دیگر قادر به چنین عملی نیستند. کاهش، یا تخریب زیستگاهها همراه با کاهش و یا نابودی گونه‌های گیاهی و جانوری است. بریتانیا تا به امروز منابع زیر را از دست داده است:

۹۵٪	علفزارهای غنی از گیاهان علفی
۸۰٪	علفزارهای با خاک گچی و یا سنگ آهک
۶۰٪	زمینهای بوته زار پست
۴۵٪	بسترهای سنگ آهک
۵۰٪	جنگلهای بسیار قدیمی
۵۰٪	مردابها و باتلاقها
۶۰٪	باتلاقهای پست
۳۳٪	بوته زارها و چمنزارهای مرتفع

این امر همراه با تلفات حیواناتی بوده که وجود آنها تا حدودی، وابسته به این زیستگاهها بوده است.

### پرچینهای اطراف مزارع

در بریتانیا حذف کردن پرچینها بخاطر توسعه مزارع، توجه خاصی را به خود جلب کرده است. در سالهای اخیر سرعت حذف در بعضی مناطق آنقدر سریع بوده است که تغییرات خاصی را در محیط ایجاد کرده است. بین سالهای ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۰ هر ساله حدود یک درصد از پرچینها حذف شده اند (لو و همکاران، ۱۹۸۱). این کاهش عمدتاً در مناطق غله خیز شرق انگلستان متمرکز شده که در آنجا حدود ۵۰ درصد از اتلاف پرچینها تنها، در سطح شش میلیون ایکر حادث شده است (کابرن، ۱۹۷۱). در حقیقت، عمل حذف پرچینها پرهزینه است و این فرایند تا اندازه‌ای به وسیله کمکهای مالی دولت تشویق شده است. مزایای آن از نظر کشاورزی، افزایش کارایی ماشین آلات بزرگ، همراه با افزایش سطح زمین و صرفه جوییهای که برای حفظ پرچینها می شود و نیز صرفه جویی در همپوشانی اضافی، از نظر توزیع بذر، کود و آفت کشها و غیره است. معایب چنین کاری از بین رفتن حفاظها (در مزارع در مقایسه با دامپرورها اهمیت کمتری دارد) و در نتیجه افزایش حساسیت خاکهای زراعی نسبت به فرسایش بوده است. کابرن (۱۹۷۱) اظهار کرده است باوجودی که پرچین دور مزرعه، بندرت می تواند

حفاظ خوبی در مقابل فرسایش خاک در مزارع بزرگ باشد؛ ولی وجود آنها در فواصل معین، ممکن است کمک به کنترل وزش موضعی باد بکند.

مهمترین اثر اکولوژیکی حذف پرچینها بودن شک اتلاف گونه های گیاهی و جانوری و کاهش تنوع بیولوژیکی اکوسیستم کشاورزی است. پرچینها یک زیستگاه جنگلی، یا حاشیه جنگلی هستند (پولارد و همکاران، ۱۹۷۴) که در آن درصد بالایی از پستانداران کوچک، خزندگان، پرندگان، پروانه ها و حشرات وجود دارند. برآورد شده است که ۲۱ گونه از ۲۸ گونه پستانداران، ۶۱ گونه از ۹۱ گونه پرندگان و ۲۳ گونه از ۵۴ گونه پروانه ها، در زمینهای زراعی پست وجود دارند و حذف این نوع زمینها بر ۲۰ گونه از کل ۲۵۰ گونه، خیلی شدید، بر ۲۰ گونه کاملاً جدی و بر ۲۰ تا ۳۰ گونه تا اندازه محسوسی اثر می گذارد. بعلاوه پرچینها از دیرباز مسیرهای مهاجرت برای گونه های وحشی جانوری و گیاهی بوده اند و کاهش تراکم آنها، در حدی پائینتر از یک آستانه بحرانی، باعث کاهش جدی جمعیت پرندگان می شود. تنوع گونه ها در این پرچینها در مقایسه با یکنواختی جوامع گیاهان زراعی مجاور، از نظر کشاورزی مزایا و معایبی دارد. این پرچینها از یک طرف زیستگاه جانوران با ارزشی مانند کبک و شکارچیهای بالقوه آفات کشاورزی است. از طرف دیگر به عنوان منبعی از علفهای هرز و آفات گیاهان زراعی در نظر گرفته می شود. در حالت توازن ارزش زراعی پرچینها به سیستم زراعی خاص بستگی دارد. با حذف پرچین ارزش حفاظتی که از دست می رود، تابعی از بعد، شکل، سن، وضعیت، مدیریت و وسعت آن است. در بسیاری از پرچینهای باقیمانده ارزش حفاظتی آنها به دلیل افزایش سن و عدم مراقبت، بطور قابل توجهی کاهش یافته است.

### مواد زاید در مزارع

مصرف زیاد کودهای شیمیایی، مواد آلی زاید و آفت کشها لز جمله مواردی است که در دهه های اخیر، توجه زیادی را در رابطه با اثرات کشاورزی بر محیط زیست به خود جلب کرده است.

### کودهای شیمیایی

باقیمانده کودهای معدنی محلول، بخصوص ازت که به وسیله گیاه زراعی جذب نمی شوند، یا در خاک تثبیت نمی شوند در اثر آبشویی از سیستم خارج می شوند. بعضی دیگر

مانند: فسفر و پتاسیم باندازه‌ی ازت حساس به آبشویی نیستند، مگر اینکه شرایط خاک غیرعادی باشد. فسفر باقیمانده در خاک در ترکیبات معدنی یا آلی که حلالیت کمی دارند، تثبیت می‌شود و فقط در خاکهای شنی درشت که رس کمی دارند یا بدون رس هستند تلف می‌شود. قسمت عمده پتاسیم معدنی مصرف شده نیز به وسیله گیاهان زراعی در حال رشد جذب می‌شود. ازت بیشترین تلفات را از خاک دارد و این تلفات عمدتاً به شکل نیترات و تا حدودی آمونیاک است.

### مواد زاید آلی

اکوسیستمهای کشاورزی مقادیر مختلفی مواد زاید، به شکل مدفوع دامی و بقایای گیاهی تولید می‌کنند. انواع اصلی مواد زاید عبارتند از:

**جدول ۱ - ۱۵ =** برآورد تقریبی ازت که هر ساله در میستمهای زراعی بریتانیا وارد می‌شود

ازت (تن $\times 10^{-3}$ )	
۱۳۰۰	ازت خاک (تثبیت طبیعی، معدنی شدن)
۳۰۰	کود دامی
۹۰۰	کود
۵۰۰	مدفوع حاصل از دامها روی علفهای چمنی
۳۰۰۰	کل

(از MAFF، ۱۹۷۶d)

۱- فضولات دامی (ادرار و پهن): در حالی که قسمت عمده فضولات به شکل کود دامی، یا ترکیبی از فضولات و اضافات بستر دام، به زمینهای زراعی برمی‌گردد، مقادیر قابل توجهی از آن در اثر پخش کردن، یا به صورت رواناب از دست می‌رود. در دامپروریهای بزرگ علی‌رغم هزینه‌های زیاد (زمان و کارگر) استفاده از کود دامی، افزایش یافته است.

۲- ضایعات مایع از علوفه سیلویی: مقدار این ضایعات بستگی به کارایی فرآیند سیلو دارد. علوفه سیلویی نامطلوب می‌تواند تا ۲۲۸ لیتر در هر تن از این مایع خروجی تولید کند.

۳- اضافات شستشوی اصطبل: این امر در اثر شستشوی دامها و تمیز کردن محلهای

نگهداری و تجهیزات آنها حاصل می شود. در حال حاضر این نوع اضافات به مقادیر زیادی، بخصوص در دامپروریهای فشرده گاوهای شیری، مرغداریه‌ها و محلهای پرورش خوک تولید می شود.

تمام این مواد زاید آلی دارای مقادیر مختلفی آب، عناصر معدنی، مواد آلی و ترکیبات شیمیایی مانند آفت کشها و دیگر افزودنیها هستند که در غذای دام مخلوط شده اند (جدول ۱-۱۵ و ۲-۱۵ را ملاحظه کنید). این مواد از طریق رواناب سطحی، زهکشها و جریان آب به داخل رودخانه ها، پادریاچه ها و یا از طریق نفوذ عمقی و تراوش طبیعی، به آب زیرزمینی تخلیه می شوند.

**جدول ۲-۱۵ - غلظت عناصر غذایی در زهکشهای زمینهای زراعی و علفزارها در انگلستان، ۷۴-۱۹۷۳**

غلظت (میلی گرم در لیتر)		
عناصر غذایی	زراعی	علف چمنی
$\text{NO}_3(\text{N})$	۲۲	۴
$\text{NH}_4(\text{N})$	۰/۶	۰/۶
Cl	۱۳۷	۳۵
$\text{SO}_4(\text{S})$	۸۱	۵۴
Ca	۲۱۵	۱۰۸
Mg	۹	۷
K	۱/۲	۰/۹
Na	۲۲	۲۲
$\text{PO}_4(\text{P})$	۰/۰۲	۰/۰۱

(MAFF، ۱۹۷۶d)

توسعه اخیر دامپروریهای فشرده، در مناطق معتدله که با تغییر سیستمهای تولید، تغذیه، ذبح، حمل و نقل و فرآیندسازی تولیدات دامی همراه بوده است، منابع جدیدی از آلودگی نیتراتی و فسفاتی به وجود آورده اند. تغذیه دامها در محیطهای مسدود از مهمترین آنهاست. شکل افراطی آن مجتمعهای تغذیه دستی گاوها در جنوب غربی ایالات متحده آمریکا و مرغداریه‌هاست که امروزه گسترش جهانی پیدا کرده اند. این موارد

شامل واحدهای بزرگی هستند که بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ راس گاو را بطور متوسط و با تراکم یک دام در ۵ تا ۱۵ متر مربع در خود (له‌روها، ۱۹۷۰) جای می‌دهند و تولید مواد زاید دامی، در آنها ۲۵۰۰ تن در هکتار است، یا مرغداریهایی که تا ۱۰۰۰۰۰ مرغ را در مساحت ۲/۵ تا ۳/۵ ایکری جای می‌دهند. در بعضی موارد استفاده از مواد زاید یک مشکل جدی است و اثرات زیان‌آوری بر محیط دارند. در شرایط اقلیمی که بارندگی زیاد است، بارندگیهای تابستانه و ذوب شدن برف و یخ بهاره وجود دارد و رواناب سطحی می‌تواند مستقیماً باعث آلودگی رودخانه‌ها شود. بعلاوه برخلاف فضولات دامی که به صورت پراکنده است، فضولات متمرکز (مانند فاضلاب انسان) دارای مقادیر قابل توجهی فسفر و نیتрат است (جدول ۳-۱۵ را ملاحظه کنید). در بسیاری از مناطق ایالات متحده آمریکا، معادل آلودگی ایجاد شده در اثر مواد زاید دامی بر حسب تقاضای اکسیژن بیولوژیکی (BOD) به نسبت ۵ به ۱، از نظر کل مواد جامد خشک به نسبت ۱۰ به ۱ و از نظر کل ازت به نسبت ۷ به ۱ بیشتر از فضولات انسان است. اگر فقط ۱۰ درصد آن به آبهای سطحی و زیرزمینی برسد، در حقیقت پتانسیل آلودگی برابر با آلودگی ناشی از جمعیت انسان می‌شود.

جدول ۳-۱۵ - سهم ازت و فسفر در آبهای طبیعی ایالات متحده آمریکا

ازت		فسفر	
مقدار	غلظت عادی	مقدار	غلظت عادی
(تن × ۱۰ <sup>۳</sup> بر سال)	(میلی گرم در لیتر)	(تن × ۱۰ <sup>۳</sup> بر سال)	(میلی گرم در لیتر)
مواد زاید خانگی	۴۵۴-۷۲۵	۹۱-۲۲۷	۳/۵-۹
مواد زاید صنعتی	بیش از ۴۵۴	-	-
رواناب روستایی			
زمین زراعی	۶۸۰-۶۸۰۰	۵۴-۵۴۰	۰/۰۵-۱/۱
زمین غیر زراعی	۱۸۱-۸۶۲	۶۸-۳۴۰	۰/۰۴-۰/۲
مواد زاید دامی	بیش از ۴۵۴		
رواناب شهری	۵۰-۵۰۰	۵-۷۷	۰/۱-۱/۵
بارندگی	۱۴-۲۶۸	۱-۴	۰/۰۱-۰/۰۳

(از MAFF، ۱۹۷۶b)



البته فقط درصد کمی از مواد زاید دامی مستقیماً در آبهای سطحی تخلیه می شود. این نوع آلودگی در اغلب کشورهای پیشرفته، از نظر قانونی کنترل می شود. مقدار زیادی از آن از طریق خاک، اکوسیستم کشاورزی را ترك می کند و به دلیل عدم تحرك نسبی فوسفور، عنصر غذایی اصلی ازت به شکل نیتрат، یا آمونیوم است که به داخل آب سطحی، یا زیرزمینی آبتشویی می شود.

### آلودگی نیتراتی

از دهه ۱۹۶۰ توجه زیادی به وجود مقدار زیاد و در حال افزایش نیترات در رودخانه ها (جدول ۴-۱۵) و آب زیرزمینی معطوف شده است. در بعضی مناطق بریتانیا این مقدار بیش از مقدار توصیه شده به وسیله سازمان بهداشت جهانی، یعنی  $۱۱/۳$  میلی گرم است. از سال ۱۹۷۷ تعدادی از رودخانه ها در حوضه های تیمز و سورن - ترنت در انگلستان بطور متوسط، در سال حاوی بیش از ۱۰ میلی گرم در لیتر ازت بوده اند که بیشتر آن ناشی از کشاورزی فشرده، در این مناطق است. نیتراتها به عنوان یکی از عوامل بیماری مهلک و نادر متاموگلوبینا در کودکان است. بعلاوه این مواد منبع ترکیبات کارسینوژنیک نیتروزو هستند. زراعت فشرده بودن شک یکی از منابع اصلی آلودگی نیتراتی است. زهکشی آب زمینهای زراعی می تواند بطور متوسط حاوی ۱۰ تا ۱۵ میلی گرم نیترات در لیتر در سال باشد (دیکس، ۱۹۸۱) که غلظت آن در زمستان بطور قابل توجهی بیشتر است و در این دوره حداکثر تلفات عناصر غذایی در اثر آبتشویی وجود دارد. البته مقدار نیترات تلف شده از زمین، با توجه به مقدار مصرف آن حجم آب و بافت خاک متفاوت است. بجز در مواردی که باران سنگین و خاک اشباع شده باعث افزایش رواناب از مزارعی که دام زیادی دارند می شود، تلفات نیترات در علفزارها کمتر است (۵ میلی گرم در لیتر).

اگرچه مقادیر نیترات در رودخانه ها در اثر زهکشی مزارع فشرده زیاد است؛ ولی به دلایل مختلفی این موضوع، نمی تواند رابطه مستقیمی با مقادیر نیترات استفاده شده داشته باشد. غلظت نیترات در ماههای زمستان در بیشترین مقدار خود است؛ ولی در ماههای مارس تا مه که مصرف کود زیاد است مقدار آن فقط حدود یک چهارم مقدار کل است. از ماه مارس تا مه جذب نیترات به وسیله گیاهان در حال رشد و کاهش آبتشویی در نتیجه سرعت تبخیر و تعرق زیاد تلفات را کاهش می دهد. در زمستان افزایش مقدار نیترات، می تواند در رابطه با

توقف جذب و در رابطه با نیتروفیکاسیون و تجمع آن در خاک باشد که در اثر افزایش بارندگی به بیش از مقدار تبخیر و تعرق، باعث آبشویی می‌شود. قسمت عمده زراعت فشرده در بریتانیا در مناطقی وجود دارد که آبهای زیرزمینی منبع اصلی آب مصرفی خانگی است و در حال حاضر دارای مقادیر زیادی نترات است.

خطرات آلودگی زمانی در حداکثر خود است که آبشویی سالانه ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال باشد. محققین هلندی اظهار کرده‌اند که اگر تراکم دام سه را س گاو در هکتار یا بیشتر باشد، تولید کود دامی بیش از حد، باعث آلودگی آبهای سطحی می‌شود (وزارت کشاورزی، شیلات و غذا، ۱۹۷۶d). البته نفوذ آب آلوده به سمت پایین در خاک، معمولاً آهسته است. به نظر می‌رسد که ۳۰ سال، یا بیشتر طول خواهد کشید تا اثر کامل افزایش آلودگی نتراتی، در آب رودخانه‌ها نمایان شود. در حال حاضر در شرق انگلستان مقدار متوسط نترات در حدود یک پنجم از منابع آب زیرزمینی، بیش از حد استاندارد تعیین شده به وسیله جامعه اقتصادی اروپا یعنی ۵۰ میلی گرم در لیتر است.

در گزارش مربوط به سمپوزیوم کشاورزی و کیفیت آب (وزارت کشاورزی، شیلات و غذا، ۱۹۷۶d) چنین نتیجه‌گیری شد که قسمت اعظم نشت ازت، در اثر معدنی شدن مواد آلی خاک است یعنی فرآیندی طبیعی که در اثر کشت و کار افزایش می‌یابد و مربوط به مصرف کود ازته اضافی که فقط ۵ درصد سهیم است نیست. در گزارش مربوط به کشاورزی و آلودگی (۱۹۷۹)، MAFF چنین بیان شده است، در حالی که کشاورزی منبع اصلی آلودگی نتراتی است؛ ولی هنوز به تنهایی خطر اصلی برای سلامتی نیست. آنچه که مهمتر است این است که در حال حاضر بسیاری از آبخیزهای مربوط به کشاورزی، نمی‌توانند آبی را تامین کنند که مقدار نترات آن کم باشد و به این وسیله بتوان فاضلاب شهری و مواد زاید صنعتی را به وسیله آن رقیق کرد.

#### آفت‌کشها (جدول ۵-۱۵ را ملاحظه کنید)

در بعضی موارد از تعداد قابل توجهی ترکیبات شیمیایی، برای کنترل آفات کشاورزی یعنی گیاهان، جانوران و میکروارگانیسمهای ناخواسته استفاده می‌شود. در سال ۱۸۵۰ برای اولین بار اصطلاح آفت‌کش در کشاورزی رایج شد. قبل از جنگ جهانی دوم مهمترین آفت‌کشها مشتقات آلی طبیعی و بی‌خطر، مانند نیکوتین، پیرتروم و روتنون همراه با مقادیر کمی مخلوط بر دو (CuSO<sub>4</sub>)، جیوه، روی و گوگرد بود. البته این مواد به مقادیر کم و

به صورت غیر منظم استفاده می شدند. از سال ۱۹۴۰ ترکیبات سیستیک و پیچیده ای جایگزین این آفت کشها شدند. آفت کشهای سیستیک برای کنترل آفات موثرتر هستند، ولی دارای اثرات جانبی بر روی گیاهان و جانوران هستند.

بسیاری از اولین آفت کشها سیستمیک بوده و قادر به نفوذ در بافتهای گیاهی بودند. این آفت کشها موثرتر از ترکیبات اولیه تماسی یا سطحی که به هوادیدگی حساس بودند هستند (دیکس، ۱۹۸۱).

آفت کشهای سیستمیک آفات موجود روی سطوح گیاهی و آفات درون بافت گیاهان را از بین می برند. توسعه آفت کشها یعنی حشره کشها برای کنترل آفات جانوری در دهه ۱۹۵۰ و دهه ۱۹۶۰، با تولید ترکیبات خاصی مثلاً قارچ کشها و علف کشها دنبال شد. چون تعدادی از افراد جمعیت یک آفت به برخی آفت کشها مقاوم بودند و این مقاومت نسبت به زمان افزایش می یافت این امر باعث تولید ترکیبات شیمیایی موثرتر، برای گروههای خاص، یا برای برای یک گونه بخصوص آفت شد. در نتیجه، تعداد این ترکیبات در حال افزایش است. در اواسط دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده آمریکا بیش از ۹۰۰ ترکیب شیمیایی مختلف، به عنوان آفت کش استفاده می شد که البته اکثر آنها را می توان، به بیست و پنج نوع ترکیب شیمیایی طبقه بندی کرد (کراسبی، ۱۹۷۳). ترکیبات فعال به شکلهای مختلفی مانند: گرد، پودر و تابل، کنسانتره های قابل امولسیون و غیره تولید می شوند که می تواند، اثرات مهمی بر پراکنده شدن و تجزیه آفت کشهای خاص داشته باشند.

معمولاً سطح اشغال شده به وسیله یک گیاه زراعی، سطح نسبتاً کمی از دامنه زیستگاه یک آفت است. در نتیجه پتانسیل آلودگی در بهار (استریکلند، ۱۹۶۰) آنقدر زیاد است که در شرایطی که برای پراکنده شدن مطلوب است، یک آفت، ممکن است با حداقل جمعیت در طول یکسال، یک مزرعه را چندین بار محو کند. این مورد در جدول ۶-۱۵ نشان داده شده است. در نتیجه از مقادیر و غلظت بیشتری از آفت کشها برای مقابله با مشکلات مقاومت به آفت کشها و آلودگی بهاره استفاده می شود. در سال ۱۹۷۷، ۵۵ درصد از زارعین بریتانیا مزارع غلات و ۴۳ درصد آنها گیاهان زراعی دیگر را، یک تا سه مرتبه در هر فصل سمپاشی کردند در حالیکه به ترتیب ۴۲ و ۴۶ درصد آنها، این گیاهان زراعی را چهار تا شش مرتبه سمپاشی کردند (دیکس، ۱۹۸۱). البته کارآیی مصرف اغلب پایین و کمتر از ۲۰ درصد مواد به کار برده شده به آفت برخورد می کند.

**جدول ۲- ۱۵ =** برآورد تغییرات نسبت به زمان از متوسط ۵ سال انجام شده است

و تمام اعداد به صورت کیلوگرم ازت در هکتار هستند

رودخانه استور: (مساحت حوضه = ۵۷۸ کیلومتر مربع)

تغییر هر یک از نهاده‌ها نسبت به زمان					
شخم زدن	پر شدن سالانه *				
علف چمنی	مصرف کود	بارندگی	فاضلاب	از تمام منابع	سالها
۴/۷۶	۱۵/۰۹	۱/۷۹	۱/۷۳	۵/۴۶	۱۹۴۰-۴
۰/۷۶	۱۸/۹۹	۱/۸۴	۱/۷۳	۴/۶۲	۱۹۴۵-۹
۰/۰۵	۲۲/۲۸	۱/۹۱	۱/۷۳	۷/۹۶	۱۹۵۰-۴
۰/۳۶	۳۱/۳۵	۱/۸۲	۱/۷۳	۵/۸۸	۱۹۵۵-۹
۱/۲۶	۴۵/۳۴	۱/۸۱	۱/۷۹	۷/۴۸	۱۹۶۰-۴
۳/۳	۵۷/۴۶	۱/۸۴	۲/۰۶	۱۳/۵۲	۱۹۶۵-۹
۰/۵	۶۲/۹۸	۱/۵۶	۲/۳۳	۱۲/۶۱	۱۹۷۰-۴
۰/۵	۷۴/۸۲	۱/۷۸	۲/۶۶	۱۷/۴	۱۹۷۵-۹

(\*) کل  $NO_3$  بصورت کیلوگرم ازت در هکتار است که از جریان رودخانه  $\times$  غلظت نیترات محاسبه شده است و

جمع نهاده‌های بالقوه نیست)

رودخانه تیمز: (عدد ۱۹۷۵) (مساحت حوضه = ۹۹۵۰ کیلومتر مربع)

تغییر هر یک از نهاده‌ها نسبت به زمان					
شخم زدن	پر شدن سالانه *				
علف چمنی	مصرف کود	بارندگی	فاضلاب	از تمام منابع	سالها
بسیار کم	۳/۹	۲/۰۲	۰/۸۶	۵/۸۷	۱۹۳۰-۴
	۴/۹	۲/۳۵	۰/۹	۷/۴۹	۱۹۳۵-۹
۴/۷۳	۱۱/۶۲	۲	۰/۹۳	۶/۴۶	۱۹۴۰-۴
بسیار کم	۱۴/۶۲	۲/۰۸	۱	۶/۸۱	۱۹۴۵-۹
	۱۶/۹	۲/۳۴	۱/۰۷	۱۰/۵۹	۱۹۵۰-۴
۰/۳۸	۲۲/۵۲	۲/۰۳	۱/۱۷	۹/۳۹	۱۹۵۵-۹
۲/۸۴	۳۹/۴۲	۲/۱۲	۱/۲۷	۱۰/۰۵	۱۹۶۰-۴
۳/۷۸	۵۴/۷	۲/۳۱	۱/۳۹	۱۲/۲۸	۱۹۶۵-۹
۰/۷	۷۲/۹	۲/۰۹	۱/۵۱	۱۳/۳۵	۱۹۷۰-۴

(\*) جمع هر یک از نهاده‌ها نیست)

(از سازمان محیط زیست، ۱۹۸۴)

## جدول ۵-۱۵ - بعضی از آفت کشهای رایج

حشره کشها		
ترکیبات آلی طبیعی	نیکوتین روتونیدها (دریس) پیرتروم	
ترکیبات آلی سنتزی کلره آلی	DDT گاما-BHC (لیندن) کلردن	آلدرین دیلدرین اندرین
فسفره آلی	TEPP متاسپستوکس مالاتیون	دی متوات منازون کلروپیروفوس فورات
کارباماتها	دی کلروس (و'پونا)* کاریاریل (م'وین)	پروپوکسر
قارچ کشها		
انواع سطحی	جیوه فنیل / آلکیل تیرام زینب	کاپتان دینوکاپ (ک'اراتن) کیتوزن
انواع سیستمیک	مانب بنومیل تیوفانت - متیل کربوکسین	رورال تریایمومول د'اکو میلستم
علف کشها		
غیر انتخابی	سیمازین گلیفوسمیت منورون	دی کوآت پارا کوآت
تنظیم کننده های رشد انتخابی	MCPA یا B** 2, 4- D** 2, 4, 5- T*	مکوپراپ دی کلروپراپ
	مالئیک هیدرازید کلرومکوآت	دالاپون** TCA

\* و ، نشان دهنده نامهای تجاری است .

\*\* از این علف کشها ، می توان به صورت غیر انتخابی در طی فصل رشد استفاده کرد .

(ازدیکس ، ۱۹۸۱)

جدول ۶- ۱۵ = مشکلات اکولوژیکی در کنترل آفات گیاهان زراعی : آلودگی بالقوه بهاره برای دو آفت

مگس میوه	زنجره چغندر	زیستگاه منطقه ای
انگلستان و ولز	جنوب آیداهو و شرق ارگون	کل زمینهای بارور*
۲۸	۱۳	مناطق که میزبانهای وحشی خیلی مهم هستند .
۱۱	۳/۹	چراگاههایی که از نظر چرا کیفیت پائینی دارند و برای آفات نسبتاً مهم می باشند .
۳/۶	۷/۸	مناطق که گیاهان زراعی حساس دارند .
۱/۲	۰/۲	برآورد تعداد کل حشراتی که در بهار ظاهر می شوند ( $\times 10^9$ )
۳۰-۱۶۰	۷۰-۸۵۰	برآورد تعداد حشراتی که از نظر اقتصادی بر روی گیاهان زراعی میزبان مشکلی ایجاد نمی کنند .
۳-۶	۶-۱۱	( $10^3$ در هر ایکر)
۱۵-۵۳	۱۲-۱۴۲	آلودگی بالقوه بهاره که برای آلوده سازی میلیونها ایکر زمین کافی است .

\* مساحت بر حسب ایکر  $\times 10^6$  است .

(از استریکلند ، ۱۹۶۰)

کرامسی (۱۹۷۳) اظهار داشته است در یک کار تحقیقاتی که بر روی مصرف آفت کشها صورت گرفت، در کالیفرنیا کارآیی واقعی متوکسی کلر بر روی یونجه کمتر از ۰/۰۵ بود.

بقایای آفت کشها در هوا، خاک و آب و اکوسیستمهای غیر کشاورزی وجود دارند و در معرض تغییر شکلهای بیولوژیکی و غیربیولوژیکی قرار دارند . بیشتر آفت کشها از طریق گیاهان سبز و به وسیله جذب مستقیم از شاخ و برگ گیاه یا به وسیله جذب از طریق آب، یا خاک وارد اکوسیستمهای کشاورزی می شوند . برخی از آنها مستقیماً در خاک و برخی دیگر با بذر مخلوط می شوند . تا ۵۰ درصد مقدار مصرفی روی شاخ و برگ،

می تواند به داخل خاک شسته شود و مقادیر زیادی از آفت کشها تا مسافتهای طولانی به صورت ذرات گرد در اتمسفر متقل می شوند و بعداً در اثر بارندگی وارد خاک می شوند . بعلاوه ، بقایای گیاهی و جانوری ، باعث برگشت آفت کشها به خاک می شوند . در بعضی موارد خاک ، انبار گسترده ای از بیشتر آفت کشهای دنیا را تشکیل می دهد (کراسبی ، ۱۹۷۳ : ۴۸۱) . از آفت کشهای آلی ترکیبات کلره آلی ، معمولاً خیلی زیاد توزیع می شوند . به عنوان مثال ، محاسبه شده است در مناطقی که مصرف DDT مداوم و زیاد است صدها کیلوگرم در هکتار از این ماده ممکن است به صورت موضعی تجمع پیدا کند که قسمت عمده آفت کشی است که تاکنون به مصرف رسیده است .

درحالی که مقدار قابل توجهی آفت کش برای کنترل علفهای هرز ، جلبکها و لارو حشرات (بخصوص پشه ها) به آبهای شیرین اضافه می شود ، مقادیر زیادی در اثر باد و فاضلابهای خانگی و صنعتی وارد می شود . مقداری آفت کش نیز در اثر سمپاشی وارد اتمسفر می گردد . گرد و خاک و مواد ریز معلق ، می توانند آفت کشها را به مسافتهای طولانی متقل کنند : مقادیر قابل ملاحظه ای از ترکیبات پایدار ، مانند DDT در قطب جنوب و جزایر دور افتاده اقیانوس منجمد جنوبی گزارش شده است . تراکم موضعی در زمان مصرف می تواند خیلی زیاد باشد .

اثر آفت کشها بر روی گونه های دیگر ، غیر از گونه هایی که هدف هستند ، باتوجه به سمیت و پایداری آنها در محیط فرق می کند . پایداری تابعی از ثبات یک ماده شیمیایی خاص ، یعنی مقاومت آن نسبت به تجزیه بیولوژیکی ، یا غیربیولوژیکی است . کراسبی (۱۹۷۳) اظهار کرده است که اغلب آفت کشها پایدار نیستند و هیچ آفت کش آلی پایداری وجود ندارد . سرعت تجزیه بستگی به عناصر معدنی ساده و نیز به مجموعه ای از اثرات متقابل متغیرهای محیطی از جمله : شرایط اقلیمی ، نوع خاک ، پوشش گیاهی و غیره دارد . گروه کلره آلی شدیداً سمی هستند و در میان باثباتترین و پایدارترین حشره کشها هستند . اولین هشدار درباره اثر آفت کشها بر روی محیط به وسیله انتشار کتاب بهار خاموش توسط راشل کارسون (۱۹۶۳) داده شد و افکار عمومی را به تهدید واقعی و بالقوه این مواد شیمیایی جدید ، برای حیات وحش بخصوص پرندگان معطوف کرد . حیات وحش ، ماهیها ، حیوانات اهلی و از جمله انسان ، دارای مقادیر متفاوتی DDT و دیگر هیدروکربنهای کلره هستند . بجز در مورد ماهیها که این ترکیبات را می توانند مستقیماً از آب جذب کنند ، منبع

اصلی در مورد اغلب حیوانات از طریق غذای گیاهی مصرف شده است. مقادیر زیاد و سمی آفت‌کشها (بیش از ۱۰<sup>۲</sup> برابر مقداری که در محیط است) در ماهیها به علت تراکم بیولوژیکی، یا بزرگنمایی بیولوژیکی است.

اگر آفت‌کشها از بدن حیوان دفع نشوند، در بعضی از اندامها مانند کبد (جگر سیاه) ذخیره شده و به وسیله شکارچی بعدی مصرف می‌شود. مقدار مطلق آن ثابت می‌ماند؛ ولی در اثر اتلاف انرژی در تبدیل از یک سطح غذایی به سطح دیگر، تراکم آن افزایش می‌یابد. این امر حاکی از آن است حیواناتی که در معرض بیشترین خطر هستند پرندگان شکارچی و ماهیهای هستند که در انتهای زنجیره‌های غذایی قرار می‌گیرند. از طرف دیگر، مقادیر زیاد آفت‌کش، می‌تواند ناشی از دفع غیر مؤثر و تجمع سریعتر آنها، از آنچه تخلیه شده به محیط برگشت داده می‌شوند باشد و لذا جذب دایم آنها، همراه با ذخیره موقتی در بافتهای حیوانات است. از هر مسیری که ترکیبات کلره‌آلی وارد شوند، این مواد به مقادیر نسبتاً کم شدیداً سمی هستند و بدون شک باعث کاهش، یا حذف بعضی از گونه‌های حساس حیات وحش می‌شوند. در بعضی موارد این امر، در اثر مرگ مستقیم ناشی از مسموم شدن، در بعضی دیگر در اثر کاهش ظرفیت تولید مثلی آنها، از طریق نازک شدن پوسته و شکل نامناسب تخم پرندگان است. بررسی مقایسه‌ای که از تعداد پروانه‌های مزارع سمپاشی شده، و سمپاشی نشده در جنوب شرقی انگلستان انجام شد نشان داد که مصرف آفت‌کش در غلات، ممکن است عامل اصلی کاهش پروانه‌ها، در زمین سمپاشی شده باشد (رندز و ساترتون، ۱۹۸۶).

در حال حاضر ایالات متحده آمریکا و اروپای غربی حدود ۷۰ درصد، از تمام آفت‌کشهای مصرفی را دربردارند. با افزایش شدت کشاورزی و کشت و کار مداوم مصرف آفت‌کش، بطور یکنواختی افزایش یافته است. ممنوع کردن مصرف آفت‌کشهایی مانند DDT و مشتقات آن و پاراکوات (که کار با آن خطرناک است) با جستجوی مداوم برای پیدا کردن مواد قابل جایگزین آنها بوده است. بعلاوه ضرورت استفاده از آفت‌کشها در کشورهای در حال توسعه، در مناطق حاره دنیا در حال افزایش است. در حالی که احتمالاً همانند آنچه در مناطق معتدله صادق است، اثر محیطی آفت‌کشها به پایداری و تجمع آنها در بافتهای آلی و در محیط زیست مربوط است و نباید فرض کرد که یک نوع خاص از آفت‌کش ضرورتاً در مناطق حاره نیز همانند مناطق معتدله عمل کند.



### اثرات محیط بر اکوسیستمهای کشاورزی

اکوسیستمهای کشاورزی علاوه بر این که نهاده برای دیگر اکوسیستمها فراهم می کنند ، خود آنها شدیداً در معرض ورود نهاده هایی از محیط های غیرکشاورزی مجاور هستند . شایعترین این عوامل آلودگی هوا و خاک است . منابع اصلی آلاینده هوا مانند : گرد و غبار (یعنی ذرات ریز) ، دی اکسید گوگرد ( $SO_2$ ) ، باران اسیدی و ضایعات هسته ای ، در مناطق بزرگ صنعتی شهری ، یا نزدیک آنها متمرکز هستند و البته اخیراً بسیاری از ایستگاههای گرمایی و نیروی هسته ای و تاسیسات پتروشیمی خارج از شهرها احداث می شوند .

درحالی که اثر بالقوه آلودگی هوا بر روی پوشش گیاهی عموماً شناخته شده است ؛ ولی اثر آن بر تولیدات کشاورزی به دلیل فاصله آن از منابع آلودگی نسبتاً ناچیز در نظر گرفته شده است و هرگز دقیقاً به صورت کمی درنیاورده شده است . البته در مناطق دور افتاده خاصی ، آلودگی هوا و یا خاک به دلیل صدمه ناشی از کشاورزی دیده شده است ولی کاملاً تأیید نشده است که از جمله می توان سوختگی فلوره و کاهش عملکرد در استرالیا (نیوسوت ولز) را نام برد که به تولید فلوراید به وسیله کارخانه های بزرگ ذوب آلومینیوم ، اطراف مزارع نسبت داده شده است . بعلاوه حوادثی چون مرگ تعداد زیادی گوسفند در ایالات متحده آمریکا و گاو در بریتانیا ، در ارتباط با آلودگی خاک و هوا از تاسیسات تولیدکننده مواد شیمیایی مجاور بوده است . البته خطرناکترین اثر ناشی از ضایعات هسته ای ، در اثر حوادثی مانند تری مایل آیلند (ایالات متحده آمریکا) ، وینداسکیل (بریتانیا) و جدیدترین و گسترده ترین آن در چرنوبیل (شوروی سابق) که در بهار ۱۹۸۵ حادث شد ، می باشد .

ایزوتوپهای رادیواکتیو در ضایعات هسته ای شامل : استرونتیوم ۹۰ ، سزیم ۱۳۷ ، وید ۱۳۱ است . دو عنصر اول عمر طولانی دارند و خیلی آهسته از عنصر آخر تجزیه می شوند . آنها مستقیماً به وسیله گیاهان از هوا ، آب و خاک جذب می شوند و اگر در طی فرآیند تنفس ، یا دفع مدفوع تجزیه نشوند ، در اکوسیستمهای کشاورزی ، با عبور از سطوح پایین غذایی به سطوح بالاتر ، در بافتهای بدن حیوانات و انسان تجمع پیدا می کنند (مثلاً استرونتیوم در استخوان ، سزیم در گوشت) . دامپروریهای گاوهای شیری و دامداریهای مناطق مرتفع و پرورشگاههای گوزن شمالی ، در مناطق پرباران شمال غربی اروپا ، شدیداً تحت تاثیر ضایعات حاصل از چرنوبیل قرار گرفتند . در این مورد سزیم ۱۳۷ به وسیله دامهای چراکننده

باندازه‌ای جذب شد که مقدار بکرل آنها، بیش از اندازه قابل قبول، برای مصرف انسان شد. در بعضی موارد از فروش و کشتار گوسفندان، بخصوص گوسفندان مناطق مرتفع، در جنوب غربی اسکاتلند، کومبریا و ولز تا رسیدن به رشد کامل جلوگیری می‌شد و فرض بر این بود که تراکم عناصر، در این مرحله به سطح کمتری رسیده است. در گزارشی که روزنامه گاردین در تاریخ ۲۱ ژانویه ۱۹۸۸ منتشر کرده است آلودگی گوسفنداریها، در شمال ولز (ناشی از منابع محلی و چرنوبیل) تا ۳۰۰۰ بکرل رسیده است و این آلودگی تا رسیدن به حد قابل قبول، یعنی از ۱۰۰۰ تا ۶۰۰ بکرل ۳۰ سال طول می‌کشد. در سایر موارد، مثلاً گوزن شمالی در اسکاتلند و نایا به منظور حفظ سلامت ژنتیکی گله‌های گوزن، به کشتارگاه فرستاده شدند.

صدمه مستقیم دیگر، زیان حاصله به گونه‌های وحشی حفاظت شده است. در بعضی موارد حفاظت گونه‌های نادر، یا بخطر افتاده آنقدر موفقیت آمیز بوده است که جمعیت آنها مجدداً افزایش و رشد به حدی رسیده است که آفات مضر، برای زمینهای زراعی شده‌اند و در این رابطه می‌توان از گوزن و غاز وحشی و غاز برنت در بریتانیا نام برد.

بالاخره رقابت در جهت استفاده از زمینهای کشاورزی، برای توسعه شهرها و راهها، به علت کمبود این قبیل زمینها در کشورهای اروپایی شدید شده است. این امر توجه زیادی را در ایالات متحده آمریکا بخود معطوف کرده است و در این رابطه، گروه مطالعاتی زمینهای کشاورزی (وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا، ۱۹۸۱) تشکیل گردید تا به این وسیله ماهیت، سرعت، وسعت علت و عواقب طولانی مدت تبدیل زمینهای کشاورزی به غیرکشاورزی را بررسی کند. در اکثر کشورهای پیشرفته، رشد سریع بزرگ راهها و خطوط لوله آب و گاز طبیعی، باعث کاهش سطح زمینهای کشاورزی شده است. ائتلاف زمینها در اثر تخریب سیستمهای زهکشی زراعی و رژیم آب خاک بیشتر شده است. بعلاوه در بریتانیا زمینهایی که در طول مسیر لوله‌ها و حاشیه بزرگ راهها قرار دارند، منبع جدیدی برای رشد برخی از علفهای هرز کشاورزی که عمدتاً از خانواده چتریان هستند شده است. امکان جابجایی سریع از طریق جاده‌ها، انتقال بیماریهای گیاهان زراعی و دامها از قبیل بیماری پا و دهان که تنها علاج آن، منهدم کردن گله است سهولت بخشیده است.

توسعه بزرگراهها همراه با افزایش تعداد افرادی که بعد از جنگ جهانی دوم، از محیطهای خارج شهر، برای تفرج استفاده می‌کنند، باعث شده است که حومه شهرها به عنوان

زمینهای تفرج شهرنشینان در نظر گرفته شود . در بعضی مناطق اثرات منفی بازدیدکنندگان بر گیاهان زراعی و دامها نسبتاً زیاد و می توانند باعث تخریب گیاهان زراعی ، صدمه به مزرعه ، رم دادن دامها به وسیلهٔ سگها ، عدم دقت در بستن درب مزارع و ریزش اشغال مصنوعی (پلاستیکی) شوند . در حال حاضر ، این حالت در حد فاصل شهرها و روستاها در بدترین وضع خود است . در این مناطق زمینهای زراعی برای توسعهٔ شهرها به کار برده شده اند و یا به استفاده های دیگری مانند : کشت سیب زمینی ، باغبانی ، یا محل پرورش اسب تغییر داده شده که با مناطق شهری تناسب بیشتری دارند .

## منابع

- Agricultural Research Council 1967 *The Effect of Air Pollution on Plants and Soil*, HMSO
- Agricultural Research Council 1980 *The Nutrient Requirements of Farm Livestock* No. 2 *Ruminants*, HMSO
- Ahmad, N 1979 Tropical Clay Soils – Their Use and Management, *Outlook on Agriculture* 13(2), 87–96
- Aina, P O, Lal, R, Taylor G S 1979 Effects of vegetal cover on an Alfisol, in: Lal, R, Greenland D J (eds), 501–67
- Alberda, T W 1962 Actual and Potential Production of Agricultural Crops, *Netherlands Journal of Agricultural Science* 10, 325–33
- Alexander, M 1974 Environmental Consequences of Rapidly Rising Food Production, *Agro-Ecosystems* 1, 249–64
- Allen, E J, Wareing, J 1977 Physiological Aspects of Crop Choice *Philosophical Transactions of the Royal Society* London B, 281–91
- Allison, F E 1973 *Soil Organic Matter and its Role in Crop Production*, Elsevier, Amsterdam
- Alvim, P de T, Kozłowski, T T (Eds) 1979 *Ecophysiology of Tropical Crops*, Academic Press
- American Society of Agronomy 1976 *Multiple Cropping*, Special Publication No. 27, Madison, Wisconsin
- Amin, M A 1977 Problems and Effects of Schistosomiasis in Irrigation Schemes in the Sudan, in: Worthington, E B (Ed.), 407–12
- Andrews, D J, Kassam, A H 1976 The Importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies, in: American Society of Agronomy, 1–10
- Archer, J 1985 *Crop Nutrition and Fertiliser Use*, Farming Press
- Atterberg 1911 Plastizität der Tone. *Intern. Mitt. Bodenk* 1, 10
- Aubert, G 1974 *A World Assessment of Soil Degradation*, FAO, Rome
- Austin, R B 1978 Actual and Potential Yields of Wheat and Barley in the United Kingdom, *ADAS Quarterly Review* 29, 76–87
- Aweto, A O 1981 Total Nitrogen Status of Soils Under Fallow in the Forest Zone of South West Nigeria, *Journal of Soil Science* 32(4), 639–42
- Ayanaba, A 1977 *Biological Nitrogen Fixation in Farming Systems of the Tropics*, Wiley
- Bach, W, Pankrath, J, Schneider, S 1981 *Food-Climate Interactions*, Reidel Publishing Company

- Bailey, H P 1979 Semi-arid Climates: Their Definition and Distribution, in: Hall A E *et al*, 73–97
- Balch, C C, Reid, J T 1976 The efficiency of conversion of feed energy and protein into animal products, in: Duckham, A N *et al*, 171–98
- Balls, W L 1953 *The yields of a crop*, E & F Spon
- Barley, K P 1961 The Abundance of Earthworms in Agricultural Land and their Possible Significance in Agriculture, *Advancements in Agriculture* 13, 249–68
- Barke, Mike, O'Hare, Greg 1986 *The Third World*, Oliver & Boyd
- Batch, J S 1979 Recent Developments in Growth Regulators for Cereal Crops, *Outlook on Agriculture* 10(8), 371–8
- Bayliss-Smith, T P 1982 *The Ecology of Agricultural Systems*, Cambridge University Press
- Beek, K J, Bennisma, J 1972 *Land Evaluation for Agricultural Land Use Planning: an Ecological Methodology*, Agricultural University of Wageningen, Netherlands
- Beek, K J 1977 The Selection of Soil Properties and Land Qualities Relevant to Specific Land Uses in Developing Countries, in: *Soil Resources Inventories* No. 7, 7–23, Cornell University, New York
- Beek, K J 1978 *Land Evaluation for Agricultural Development*, Institute for Land Reclamation and Improvement Publication 23, Wageningen, Netherlands
- Beetz, W C 1982 *Multiple Cropping and Tropical Farming Systems*, Westview, Boulder, Colorado
- Begg, J E, Turner, N C 1976 Crop Water Deficits, *Advancements in Agriculture* 28, 161–207
- Bertin, J, Hemardinquer, J J, Kewl, M, Randles, W G L (Eds) 1971 *Atlas of Food Crops*, Ecole Pratique de Haute Etudes, Mouton et Co, France
- Bianca, W 1961 Heat Tolerance in Cattle, *Journal of Biometeorology* 1, 5–30
- Bianca, W 1976 The Significance of Meteorology in Animal Production, *Journal of Biometeorology* 210, 139–56
- Bibby, J S (Ed.) 1982 *Land Capability Classification for Agriculture*, Macaulay Institute for Soil Research, The Soil Survey of Scotland
- Bibby, J S, Mackney, D 1969 *Land Use Capability Classification*, Technical Monograph 1, Soil Survey Great Britain, Rothamstead
- Bingham, J 1961 The Achievements of Conventional Breeding, *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* 292, 441–54
- Biscoe, P V, Gallagher, J N 1977 Weather, Dry Matter Production and Yield, in: Landsberg and Cutting (Eds), 75–100
- Biscoe, P V, Gallagher, J N 1978 A Physiological Analysis of Cereal Yield – Production of Dry Matter, *Agricultural Progress* 53, 34–58
- Biscoe, P V, Scott, R K, Monteith, J L 1975 Barley and its Environment, *Journal of Applied Ecology* 12, 269–93
- Biswas M R, Biswas, A K 1980 *Desertification*, Pergamon
- Blacksell, M, Gilg, A 1981 *Countryside Planning and Change*, Allen and Unwin
- Blake, P W (Ed.) 1985 *Livestock Production*, Heinemann
- Blaxter, K L 1978 Limits to Animal and Crop Production, *The Journal of Australian Institute of Agricultural Science* 44, 97–103
- Blaxter, K L 1986 *People, Food and Resources*, Cambridge University Press
- Blaxter, K L, Fowden, L 1982 *Food Nutrition and Climate*, Applied Science Publications
- Blaxter, K L, Fowden, L (Eds) 1985 *Technology in the 1990s: Agriculture and Food*, The Royal Society, Cambridge University Press

- Blount, W P (Ed.) 1968 *Intensive Livestock Farming*, Heinemann
- Bonin, D 1978 Cattle, Rainfall and Tsetse in Africa *Journal of Arid Environments* 1, 49-61
- Bonner, J 1962 The Upper Limit of Crop Yield, *Science* 137, 11-15
- Borchert, J R 1971 The Dust Bowl in the 1970s, *Annals of the Association of American Geography* 61, 1-22
- Bowers, J K, Chesire, P C 1983 *Agriculture, the Countryside and Land Use*, Methuen
- Bowman, J C 1977 *Animals for Man*, The Institute of Biological Studies: Studies in Biology No. 78, Arnold
- Boyko, Hugo 1968 Farming the desert *Science Journal*, May, 72-78
- Bradfield, R 1974 Intensive Multiple Cropping, *Tropical Agriculture* 51(2), 91-3
- Brady, N C 1974 *The Nature and Properties of Soils*, 8th ed., Macmillan, NY
- Bremner, H, De Witt, C T 1983 Rangeland Productivity and Exploitation in the Sahel, *Science* 221, 4618
- Bresler, E, McNeal, B L, Carter, D L 1982 *Saline and Sodic Soils*, Springer-Verlag, Berlin
- Briggs, D, Courtney, F M 1982 *Agriculture and the Environment*, Longman
- British Society of Soil Science 1974 *Symposium on Land Capability*, Edinburgh, Collected Papers, Rothamstead
- Brown, G 1974 The Agricultural Significance of Clays, in: Mackney, D (Ed.) *Soil Type and Land Capability*, Technical Monograph 4, Soil Survey, Harpenden 27-42
- Brown, G D, Williams, O B 1970 Geographical Distribution of the Productivity of Sheep in Australia, *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 36, 182-9
- Brown, L R 1981 World Population Growth, Soil Erosion and Food Scarcity, *Science* 214, 995-1002
- Brown, L R 1984 Global Loss of Topsoil, *Journal of Soil and Water Conservation* 39, 162-5
- Buckman, H O, Brady, N C 1960 *The Nature and Properties of Soils*, 6th ed., Macmillan, NY
- Bullen, E R 1975 How Much Cultivation? *Proceedings of the Transactions of the Royal Society* London B281, 153-76
- Burning, A H 1975 Time, Phenology and the Yield of Crops, *Weather* 30, 312-25
- Buol, S W, Conto, W 1981 Soil Fertility Capability Assessment for Use in the Humid Tropics, in: Greenland, D J (Ed.) *Characterisation of Soils in Relation to their Classification and Management for Crop Production*, Oxford University Press, 254-61
- Buresh, R J, Casselman, M E, Patrick, W H (Jnr) 1980 Nitrogen Fixation in Flooded Soil Systems: A Review *Advances in Agronomy* 33, 150-87
- Butterworth, M H, Lambourne, L J 1987 Productivity improvement and resource conservation in the use of African rangelands, in: Joss *et al*, 111-4
- Butterworth, B, Davidson, J G, Sturgess, I M, Wiseman, A J A 1980 *Arable Management*, Northwood Books
- Butzer, K W 1974 Accelerated Soil Erosion - A Problem of Man Land Relationships, in: *Perspectives on Environment*, American Association of Geographers, Washington
- Caborn, J M 1971 The Agronomic and Biological Significance of Hedgerows, *Outlook on Agriculture* 6, 279-84
- Caldwell, M M 1975 Primary production of grazing lands, in: Cooper, J E (Ed.), 41-75
- Cannell, R Q, Finney, J R 1973 Effects of Direct Drilling and Reduced Cultivation on Soil Conditions for Root Growth, *Outlook on Agriculture* 44, 184-9

- Carlson, Peter S (Ed.) 1980 *The Biology of Crop Production*, Academic Press
- Carson, R 1963 *Silent Spring*, Hamish Hamilton
- Carter, D L 1975 Problems of Salinity in Agriculture, *Ecological Studies* 15, 26-35
- Charney, J, Stone, P H, Quirk, W J 1975 Drought in the Sahara: A Biogeographical Feedback Mechanism, *Science* 187, 343-5
- Chancellor, R S 1982 Dormancy in Weed Seeds, *Outlook on Agriculture* 11(2), 87-93
- Chang, J-H 1968a *Climate and Agriculture: an Ecological Survey*, Aldine Publishing Company, Chicago
- Chang, J-H 1968b The Agricultural Potential of the Humid Tropics, *Geographical Review* 58, 333-61
- Chang, J-H 1970 Potential Photosynthesis and Crop Production, *Annals of the Association of American Geographers* 60(1), 92-101
- Chang, J-H 1977 Tropical Agriculture: Crop Diversity and Crop Yield, *Economic Geography* 53, 241-54
- Chapman, S R, Carter, L P 1976 *Crop Production: Principles and Practices*, W H Freeman, San Francisco
- Charlton, C 1987 Problems and Prospects for Sustainable Agriculture Systems in the Humid Tropics, *Applied Geography* 7(2), 153-74
- Clements, R O 1980 Pests: the Unseen Enemy, *Outlook on Agriculture* 10, 219-23
- Clutton-Brock, J 1980 *Domesticated Animals from Early Times*, British Museum with Heinemann
- Colbourn, P 1985 Nitrogen Losses from the Field: Denitrification and Leaching in Intensive Winter Cereal Production in Relation to Tillage Methods of a Clay Soil, *Soil Use and Management* 1(4), 117-24
- Cole, H H, Garrett W N (Eds) 1980 *Animal Agriculture: the Biology Husbandry and Use of Domestic Animals* 2nd ed., W H Freeman, San Francisco
- Commission of the European Community 1987 *The State of the Environment in the EEC*, Brussels
- Condon, R W 1968 Estimation of Grazing Capacity on Arid Grazing Lands, in: Stewart, G A (Ed.) *Land Evaluation*, Macmillan, Canberra, Australia, 112-24
- Cooke, G W 1967 *The Control of Soil Fertility*, Crosby Lockwood
- Cooke, G W 1972 *Fertilising for Maximum Yield*, Crosby Lockwood
- Cooke, G W, Williams, R J B 1970 Losses of Nitrogen and Phosphorus from Agricultural Land, *Water Treatment and Examination* 19, 253-76
- Cooke, G W, Pirie, N W, Bell, G D H 1977 The Management of Inputs for Yet Greater Agricultural Yield and Efficiency, *Philosophical Transactions of the Royal Society London* B281, 73-301
- Cooke, G W 1977 Waste of Fertilisers, *Philosophical Transactions of the Royal Society London* B281, 231-41
- Cooke, G W 1981 Managing the Nutrient Cycle, *Proceedings of the Nutrient Society* 40, 295-314
- Cooper, J P 1970 Potential Production and Energy Conversion in Temperate Arid and Tropical Grasses, *Herbaceous Abstracts* 40(1), 1-15
- Cooper, J P (Ed.) 1975 *Photosynthesis and Productivity in Different Environments*, Cambridge University Press
- Cooper, J P, Tainton, N M 1968 Light and Temperature Requirements for the Growth of Tropical and Temperate Grasses, *Herbaceous Abstracts* 36(2), 167-76

- Countryside Commission 1984 *Agricultural Landscapes: a Second Look*, Cheltenham
- Cox, G W, Atkin, M D 1979 *Agricultural Ecology: Analysis of World Food Production Systems*, W H Freeman, San Francisco
- Craswell, E T, Vlek, P L G 1979 Fate of Fertiliser Nitrogen Applied to Wetland Rice, in: International Rice Research Institute, 175-92
- Crosby, D G 1973 The Fate of Pesticides in the Environment, *Annual Review of Plant Physiology* 24, 467-92
- Croxtall, H E, Smith, L P 1984 *The Fight for Food: Factors Limiting Agricultural Production*, Allen and Unwin
- Cunningham, E P 1979 Cattle Populations in Relation to their Ecological Environment, in: Bowman, J, Susmel, P (Eds) *The Future of Beef Production in the European Community*, Martinus Nijhoff, The Hague, 153-69
- Datta, S K de 1975 Upland Rice Around the World, in: *Major Research in Upland Rice*, International Rice Research Institute, Philippines, 2-11
- Datta, S K de 1979 Results from Recent Studies in Nitrogen Fertiliser Efficiency in Wetland Rice, *Outlook on Agriculture* 12(3), 125-34
- Datta, S K de 1981 *Principles and Practice of Rice Production*, International Rice Research Institute, Philippines
- Davidson, D A 1980 *Soils and Land Use Planning*, Longman
- Davies, D B 1975 Field Behaviour of Medium Textured and Silty Soils, in: MAF Technical Bulletin 29, 52-75
- Davies, D B 1981 Soil Degradation and Soil Management in Britain, in: Boelns, D, Davies, D B, Johnston, A E (Eds) *Soil Degradation*, Institute of Land and Water Management Research, Netherlands
- Davies, J, Eagle, D J, Finney, J B 1982 *Soil Management* 4th ed., Farming Press
- Davies, W, Skidmore, C L 1966 *Tropical Pastures* Faber & Faber
- Davis, N E 1972 The Variability of the Onset of Spring in Britain, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 98, 763-77
- Dennett, M D 1980 Variability of Annual Wheat Yields in England and Wales, *Agricultural Meteorology* 22, 109-11
- Dennett, M D, Elston, J, Speed, C B 1981a Rainfall and Crop Yield in Seasonally Arid West Africa, *Geoforum* 12, 203-9
- Dennett, M D, Elston, J, Speed, C B 1981b Climate and Cropping Systems in West Africa, *Idem*, 193-202
- Dent, D, Young, A 1980 *Soil Survey and Land Evaluation*, Allen and Unwin
- Department of Environment 1972 *Soil Capability Classification for Agriculture*, Quebec, Canada
- Department of the Environment 1984 Standing Technical Advisory Committee on Water Quality. *Fourth Biennial Report* February 1981-1983, HMSO
- Dix, H M 1981 *Environmental Pollution*, J Wiley and Son
- Donald, C M, Hamblin, J 1976 The Biological Yield and Harvest Index of Cereals as Agronomic and Plant Breeding Criteria, *Advances in Agronomy* 28, 361-405
- Doorenbos, J, Pruitt, W C 1977 Crop Water Requirements, *Irrigation and Drainage Paper* 24, FAO, Rome
- Douglas, G K 1984 *Agricultural Sustainability in a Changing World Order*, Westview, Boulder, Colorado
- Dowdell, R J 1982 Fate of Nitrogen Applied to Agricultural Crops with Particular



- Reference to Desertification, *Philosophical Transactions Royal Society London* B296, 263-73
- Drosokin, D, Heady, ED 1976 Farming Practices, Environmental Quality and the Energy Crisis, *Agriculture and Environment* 3, 1-13
- Duckham, AN 1963 *An Agricultural Synthesis: The Farming Year*, Chatto and Windus
- Duckham, AN, Jones, J G W, Roberts, E H (Eds) 1976 *Food Production and Consumption: the efficiency of human food chains and nutrient cycles*, North Holland Pub. Company
- Duckham, AN, Mascfield, G B 1970 *Farming Systems of the World*, Chatto and Windus
- Dutt, G R, Hutchinson, C F, Garduno, MA (Eds) 1981 *Agriculture in Arid and Semi-Arid Regions*, Commonwealth Agricultural Bureau.
- Dyson-Hudson, N 1980 Strategic Resource Exploitation among East African Savanna Pastoralists, in: Harris, DR, 1980, 171-84
- Eadie, J 1984 *Trends in Agricultural Land Use: The Hills and Uplands*, IFF Symposium No. 13, Monkswood
- Eadie, J, Cunningham, I 1971 Efficiency of Hill Sheep Production Systems, in: Wareing, P F, Cooper, J P, 239-49
- Eagle, DJ 1971 *Residual Value of Applied Nutrients*, MAFF Technical Bulletin 20, HMSO
- Eagle, DJ 1975 ADAS Ley Fertility Experiments, in: MAFF Technical Bulletin 29, 344-59
- Eden, MJ 1978 Ecology and Land Development: the Case of the Amazonian Rainforest, *Transactions of the Institute of British Geographers* 3(4), 444-63
- Ennis, W B, Jr, Dowler, W M, Klassen, W 1975 Crop Protection to Increase Food Supplies, *Science* 188, 593-8
- Evans, L T 1975 (Ed.) *Crop Physiology: some case histories*, Cambridge University Press
- Evans, L T 1976 The Two Agricultures: Renewable and Resourceful, *Journal of Australian Institute of Agricultural Science* 42, 222-3
- Evans, L T, Wardlaw, I F 1976 Aspects of Comparative Physiology of Grain Yield in Cereals, *Advances in Agronomy* 28, 301-59
- Evans, L T 1980 The Natural History of Crop Yields, *American Science* 68, 388-97
- Evans, R 1980 Characteristics of Water Eroded Fields in Lowland England, in: De Brodt, M, Gabriels, D (Eds) *Assessment of Erosion*, 77-87
- Evans, R 1983 Accumulated Water Erosion in Soils of England and Wales, in: Prendergast, A G (Ed.) *Soil Erosion*, Commission of the EEC, Brussels, 27-87
- Evans, SA, Hough, M 1984 Effects of Several Husbandry Factors on the Yield of Winter Barley at Four Sites for Each of Four Years, *Journal of Agricultural Science* 10, 555-60
- Evans, SA, Neild, J R A 1981 The Achievement of Very High Yields of Potatoes in The United Kingdom, *Journal of Agricultural Science* 97, 391-6
- FAO 1973 *Irrigation, Drainage and Salinity: an International Source Book*, Hutchinson
- FAO 1976 *A Framework for Land Evaluation* Soils Bulletin 32, Rome
- FAO 1974 *Shifting Cultivation and Soil Conservation in Africa*, Soil Bulletin 24, Rome
- FAO 1978 *Agro-Ecological Zones*, Report on the Project Vol. 1 *Methodology and Results for Africa*, Rome
- FAO 1980 *Land Evaluation Criteria for Irrigation*, World Soil Report No. 5, Rome
- FAO 1982 *FAO Production Yearbook 1982*, Rome
- FAO 1982 *Weeds in Tropical Crops*, Rome
- Farmer, B H 1981 The Green Revolution in South Asia, *Geography* 66, 202-7
- Fiddian, W E H 1973 The Changing Pattern of Cereal Growing, *Annals Applied Biology* 75,

123-49

- Pienhel, H, Muir, A 1984 *Soil Salinity*, Van Nostrand
- Fletcher, W W 1974 *The Pest War*, Blackwell
- Floate, M J S 1970 Mineralisation of Nitrogen and Phosphorus from Organic Materials of Plant and Animal Origins and its Significance in the Nutrient Cycle of Grazed Upland and Hill Soils, *Journal of British Grassland Society* 25, 295-302
- Forbes, T J, Dibb, C, Green, J O, Hopkins, A, Pred, S 1980 *Factors Affecting the Productivity of Permanent Grassland: a National Farm Survey*, Grassland Research Institute, Hurley, Maidenhead
- Fota, H D, Shafer, J W 1980 *Soil Geography and Land Use*, Wiley and Sons, New York
- Francis, C A 1986 *Multiple Cropping*, Macmillan
- Frissel, M J (Ed.) 1978 *Cycling of Mineral Nutrients in Agricultural Ecosystems*, Development in Agriculture and Managed Forest Ecology 3, Elsevier, Amsterdam
- Fuller, W H 1979 Management of Saline Soils, *Outlook on Agriculture* 10(1), 13-20
- Gair, R, Jenkins, J E E, Lester, E 1972 *Cereals, Pests and Disease*, Farming Press
- Gibbon, D, Holliday, R, Martei, F, Luppi, G 1970 Crop Production Potential and Energy Conversion Efficiency in Different Environments *Experimental Agriculture* 6, 197-204
- Gibbon, D, Pain, A 1985 *Crops of the Drier Regions of the Tropics*, Longman
- Gibson, T E (Ed.) 1978 Weather and Parasitic Animal Disease, Technical Note 159, *World Meteorological Organisation*, Geneva
- Gilg A W 1975 Development Control and Agricultural Land Quality, *Town and Country Planning* 43(9), 387-9
- Gimingham C H 1975 *An Introduction to Heathland Ecology*, Oliver & Boyd
- Gimingham C H 1976 *Ecology of Heathlands* Chapman & Hall
- Gleissman, S R, Garcia, E R, Amador, A M 1981 The Ecological Basis for The Application of Traditional Agricultural Technology in The Management of Tropical Agro-Ecosystems, *Agro-Ecosystems* 7, 173-85
- Gloyne, R W 1972 Long Range Weather Forecasts and The Farmer, *Scottish Agriculture* 51, 261-7
- Goodland, Robert J A, Watson, Catherine & Ledec, George 1984 *Environmental Management in Tropical Agriculture*, A Westview Replica ed., Boulder, Colorado
- Gourou, P 1980 *The Tropical World*, Longman
- Grasser, J K R 1982 Agricultural Productivity and The Nitrogen Cycle, *Philosophical Transactions Royal Society London* B296, 303-14
- Greenbalgh, J F D 1976 The dilemma of animal feeds and nutrition, *Animal Feed Science and Technology* 1, 1-7
- Greenland, D J 1977 Soil Damage by Intensive Arable Cultivation: Temporary or Permanent? *Philosophical Transactions Royal Society London* B281, 193-208
- Greenland, D J 1981 Soil Management and Soil Degradation, *Journal Soil Science* 32, 301-22
- Greenland, D J 1985 Upland Rice, *Outlook on Agriculture* 14, 21-8
- Greenland, D J, Lal R (Eds) 1977 *Soil Conservation and Management in The Humid Tropics*, J Wiley and Son, New York
- Greenfelt, P (Ed.) 1984 *The Evaluation and Assessment of the Effects of Photochemical Oxidants on Human Health, Agricultural Crops, Forestry Material and Visibility*, Swedish Environmental Research Institute, Goteborg

- Grieve, I C 1980 The Magnitude and Significance of Soil Structure Stability Declines Under Cereal Cropping, *Catena* 7, 79-85
- Grigg, D 1974 *Agricultural Systems of The World: an Evolutionary Approach*, Cambridge University Press
- Grist, 1975 *Rice*, 5th ed., Longman
- Grove, A T (1978) Geographical Introduction to the Sahel, *Geographical Journal* 144, 407-15
- Gudinundsson, O (Ed.) 1980 *Grazing Research at Northern Latitudes*, Agricultural Research Institute Kildna, Vol. 108 NATO Series A, Life Science
- Gupta, V S 1975 *Physiological Aspects of Dryland Farming*, Oxford University Press
- Hacker, J B (Ed.) 1982 *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*, Commonwealth Agricultural Bureau
- Hafez, E S E 1968 *Adaptation of Domestic Animals* Lea & Febiger, Philadelphia
- Hagan, R M, Halse, R R, Edminster, T W (Eds) 1967 *Irrigation of Agricultural Lands*, American Society Agronomy, Madison, Wisconsin
- Haines, M 1982 *An Introduction to Farming Systems*, Longman
- Hall, A E, Cannell, G H, Lawton, H W 1979 *Agriculture in Semi-Arid Environments*, Ecological Studies 34, Springer-Verlag, Berlin
- Hall, H T B 1985 *Diseases and Parasites of Livestock in the Tropics* 2nd ed., Longman
- Hamblin, A P, Tennant, D 1981 The Influence of Tillage on Soil Water Behaviour, *Soil Science* 132, 233-9
- Hamblin, A P 1985 The Influence of Soil Structure in Water Movement, Crop Root Growth and Water Uptake, *Advances in Agronomy* 38, 95-152
- Hanna, L W 1983 Agricultural Meteorology, *Progress in Physical Geography* 7(1), 329-44
- Harlan, J K 1976a Plant and Animal Distribution in Relation to Domestication, *Philosophical Transactions Royal Society London* B278, 13-25
- Harlan, J R 1976b The Plants and Animals that Nourish Man, in: *Food and Agriculture*, Scientific American Book, W H Freeman, San Francisco, 55-68
- Harris, D R 1961 The Distribution and Ancestry of the Domestic Goat, *Proceedings Linncean Society* 173, 79-91
- Harris, D R 1972 The Origin of Agriculture in the Tropics, *American Scientist* 60(2), 180-93
- Harris, D R 1976 The Ecology of Swidden Cultivation in the Upper Orinoco Rain Forest, Venezuela, *Geographical Review* 614, 75-95
- Harris, D R 1980 *Human Ecology in the Savanna Environment*, Academic Press
- Harrod, M F 1975 Field Behaviour in Light Soils, in: MAF Technical Bulletin 29, 22-51
- Harwood R R, Price E C 1976 Multiple Cropping in Tropical Asia, in: American Society of Agronomy, 11-40
- Heady, H F 1975 *Rangeland Management*, McGraw Hill, New York
- Heady, H F, Heady, E B 1982 *Range and Wildlife Management in the Tropics*, Longman
- Healy, M J, Ibery, B W (Eds) 1985 *The Industrialisation of The Countryside*, Geography Books
- Heath, S B, Roberts, E H 1981 The Determination of Potential Crop Productivity, in: C R W Spedding (Ed.) *Vegetable Productivity*, MacMillan, 17-49
- Heathcote, R L 1983 *The Arid Lands: Their Use and Abuse*, Longman
- Hellback, M 1950 Botanical study of the contents of Tollund Man, *Aarboger for Nordisk Oldkyndighed og Historie* 325-41
- Hill, D S, Waller, J M 1982 *Pests and Diseases of Tropical Crops: Principles and Methods of Control* (2 vols), Longman
- Hill, T A 1977 *The Biology of Weeds*, Institute of Biological Studies No. 79, Edward Arnold

- Hillel, D (Ed.) 1972 *Optimising the Soil Physical Environment Towards Greater Crop Yield*, Academic Press
- Hillel, D 1987 *Efficient Use of Water in Irrigation*, World Bank Technical Paper No. 64, Washington DC
- Hills, E S 1966 *Arid Lands - A Geographical Appraisal*, Methuen
- Hogg, W H 1971 Weather Forecasting for Agriculture, *Agriculture* (London) 78, 352-5
- Holliday, R H 1976 The Efficiency of Solar Energy Conversion by the Whole Crop, in: Duckham *et al*, 127-46
- Holmes, W 1973 Tillage crops, in: *Organic Resources of Scotland*, Ed. Joy Tivy, Oliver & Boyd, 141-63
- Holmes, W 1977 Choosing Between Animals, *Philosophical Transactions Royal Society London* B281, 121-37
- Holmes, W 1980 Ed. *Grass: Its Production and Utilisation*, CAB International
- Holzen, W, Numata, N. (Eds) 1982 *Biology and Ecology of Weeds*, Dr W Junk, The Hague
- Hood, A E M 1976 Nitrogen, grassland and water quality, *Outlook on Agriculture* 8, 320-7
- Hood, A E M 1982 Fertiliser Trends in Relation to Biological Productivity within the United Kingdom, *Philosophical Transactions Royal Society London* B296, 315-28
- Hopkins, L D 1977 Methods for Generating Land Suitability Maps: a Comparative Evaluation, *Journal American Institute Planning* 43(4), 386
- House of Lords Select Committee on Science and Technology 1984, *Agriculture and Environmental Research*, HMSO
- House of Lords Select Committee on The European Community 1984, *Agriculture and the Environment*, HMSO
- Hudson, J P 1977 Plants and Weather, in: Landsberg, J J and Cutting, C V, 187-201
- Hunt, I V 1973 The Grass Crop, in: *The Organic Resources of Scotland*, Joy Tivy (Ed.) Oliver & Boyd, 122-38
- Hurst, G W, Smith, L P 1967 Grass Growing Days, in: Taylor, J A (Ed.) *Weather and Agriculture*, Pergamon Press, 147-55
- Hutchinson, T C, Havers, M 1980 *The Effect of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems*, Plenum Publishing Corp., New York
- International Rice Research Institute 1978 *Soils and Rice*, Los Banos, Philippines
- International Rice Research Institute 1979 *Nitrogen and Rice*, Los Banos, Philippines
- Institute of Terrestrial Ecology 1984 *Agriculture and the Environment*, National Environmental Research Council, HMSO
- Isaac, E 1970 *Geography of Domestication*, Prentice Hall, New Jersey
- Issar, A 1980 The Reclamation of a Desert by the Consideration of Ancient and Modern Water Systems, *Outlook on Agriculture* 10(8), 393-6
- Jacks G V 1954 *The Soil*, Nelson
- Jacks, G V, White, R O 1939 *The Rape of the Earth: a World Survey of Soil Erosion*, Thomas Nelson
- Jackson, I J 1977 *Climate, Water and Agriculture in the Tropics*, Longman
- Janick, J, Schery, R W, Words, F W, Rutten, V W 1981 *Plant Science: an Introduction to World Crops* 3rd ed., W H Freeman, San Francisco
- Janzen, D H 1973 Tropical Agro-ecosystems, *Science* 182, 121-9
- Jeans, D N 1977 *Australia - a Geography*, Angus & Robertson, Sydney
- Jenkin, D 1980 *Agriculture and the Environment*, Proceedings NERC/ITE, Monkswood Experimental Station, Symposium No. 13

- Jennings, P R 1974 Rice Breeding and the World Food Production, *Science* 185, 1085-8
- Jennings, P R 1976 The Amplification of Agricultural Production, *Scientific American* 235(3), 180-94
- Jewell, J N C 1975 *Energy, Agriculture and Waste Management*, Ann Arbor Science
- Jewell, F A 1980 Herbivore ecology in African Savannas, in: Harris, D R, 353-82
- Jewitt, T N, Law, R D, Virgo, K J 1979 Vertisol Soils of the tropics and the sub-tropics: their management and use, *Outlook on Agriculture* 10(1), 33-40
- Jones, M J 1973 The Organic Matter Content of Savanna Soils of West Africa, *Journal of Soil Science* 24, 42-53
- Jordan, A M 1980 Trypanosomiasis control and land use in Africa, *Outlook on Agriculture* 10, 123-9
- Joss, P J, Lynch, P W, Williams, O B (Eds) 1987 *Rangelands: a Resource under Siege*, Proceedings Second International Rangeland Conference, Cambridge University Press
- Juo, A S R, Lal, R 1977 The Effect of Fallow and Continuous Cultivation on the Chemical and Physical Properties in Alfisols, West Africa, *Plant and Soil* 4, 567-84
- Keay, R W J 1978 Temperate and Tropical Agriculture Contrasts, in: Hawkes J G (Ed.) *Conservation and Agriculture*, Duckworth, 243-8
- Kipps, M S 1970 *Production of Field Crops*, 6th ed, McGraw-Hill, New York
- Kirby, M, Morgan, R P C 1980 *Soil Erosion*, John Wiley and Son
- Klingauf, P 1981 'Inter-relationships between pests and climatic factors', in: Bach, W *et al*, 285-302
- Klingebiel, A A, Montgomery, P H 1961 *Land Capability Classification*, Department Agricultural Soil Conservation Service Handbook No. 210, US Dept. of Agriculture, Washington DC
- Kogan, F N 1983 Perspectives on Grain Production in the USSR, *Agricultural Meteorology* 28, 213-17
- Korda, V A 1977 *Arid Land Irrigation in Developing Countries*, Pergamon Press
- Kowal, J M, Kassam, A H 1978 *Agricultural Ecology of Savanna: A Study of West Africa*, Clarendon Press
- Kranz, J, Schmitterer, H, Kuch, K 1978 *Diseases Pests and Weeds in Tropical Crops*, John Wiley and Son
- Lal, R 1984 Soil Erosion from Tropical Arable Lands and its Control, *Advances in Agronomy* 37, 183-240
- Lal, R, Greenland, D J (Eds) 1979 *Soil Physical Properties and Crop Production in the Tropics*, John Wiley and Son
- Landsberg, H E (Ed.) 1981 *World Survey of Climatology*, Elsevier, Amsterdam
- Landsberg, S S, Cutting, C V (Eds) 1977 *Environmental Effects on Crop Physiology*, Academic Press
- Langer, R H, Hill, G D 1982 *Agricultural Plants*, Cambridge University Press
- Lazenby, A, Downes, E M 1982 Realising the Potential of British Grasslands: Some Problems and Potentials, *Applied Geography* 2, 171-88
- Lee, J 1977 Land Valuation Should be Based on Productivity, *Farm and Food Research* 8, 187-91
- Le Houeron, H N (Ed.) 1980 *Browse in Africa*, ILCA, Addis Ababa
- Leohr, R C & Hart, Samuel, A 1970 Changing Practices in Agriculture and their Effect on the Environment, *CRC Critical Review Environmental Control* 1, 69-99
- Lewis, W M, Phillips, J A 1976 Double cropping in eastern United States, in: American

- Society of Agronomy, 41-50
- Liang T, Khan, MA, Manrique, LA, Parma, R 1986 Rating Land for Crop Introduction, *Agricultural Systems* 21, 107-27
- Lie, T A, Mulden, E G (Eds) 1971 Biological Nitrogen Fixation in Natural and Agricultural Habitats, *Plant and Soil* (special volume), 231-64
- Litomo, WH, Dexter, AR 1981(a) Tilth Mellowing, *Journal Soil Science* 32, 187-201
- Litomo, WH, Dexter, AR 1981(b) Soil Friability, *Journal Soil Science* 32, 203-13
- Livingstone, BE 1916 A single index to represent both moisture and temperature conditions, *Physiological Research* 1, 421-40
- Lockeretz, W 1977 *Agriculture and Energy*, Academic Press
- Lockhart, J A R, Wiseman, A J J 1983 *Introduction to Crop Husbandry*, 5th ed., Pergamon Press
- Loomis, RS, Gerakis, PA 1975 Productivity of Agricultural Ecosystems, in: Cooper J P (Ed.), 593-621
- Loomis, RS, Williams, W A, 1963 Maximum Crop Productivity - an Estimate, *Crop Science* 3(1), 67-72
- Loomis, RS, Williams, W A, Hall, E A 1971 Agricultural Productivity *Annual Review of Plant Physiology* 22, 431-68
- Lourbin, L G 1981 Continuous Cultivation and Soil Productivity in the Semi-arid Savanna: The Influence of Crop Rotation, *Agronomy Journal* 73, 317-63
- Low, AJ 1972 The Effect of Cultivation on Structure and Other Physical Characteristics of Grassland and Arable Soils, 1945-1970 *Journal Soil Science* 23, 363-80
- Low, AJ 1975 Ley fertility experiment at Jeallots Hill, in: MAFF Technical Bulletin 29, 360-87
- Lowe, P 1981 *Countryside Conflicts*, Gower, Aldershot
- Lynch, J M 1983 *Soil Biotechnology: Microbiological Factors in Crop Productivity*, Blackwell Press
- McCormack, DE, Stocking, MA 1986 Soil Potential Ratings: an Alternative Form of Land Evaluation, *Soil Survey and Land Evaluation* 6, 37-41
- MacDonald, RB & Hall, F G 1980 Global Crop Forecasting, *Science* 208, 670-8
- MacDonald, L H (Ed.) 1982 *Agroforestry in the African Humid Tropics*, Tokyo University Press
- McDowall, RE 1974 The Environment Versus Man and his Animals, in: Cole, HH, Ronning, M (Eds) *Animal Agriculture*, Freeman, San Francisco, 455-69
- Mabbut, J A, Floret, C 1980 Case Studies in Desertification, *Natural Resources Research* 18, UNESCO, Paris
- Mabbut, J A 1984 A New Global Assessment of the Status and Trends of Desertification, *Environmental Conservation* 11(2), 106
- Mabbut, J A 1985 Desertification of the Worlds Rangelands, *Desertification Control Bulletin* 12, 1-11
- Marbut, CF 1935 *Soils of the United States in American Atlas of Agriculture*, USDA, Washington DC
- Mahadevan, P 1968 The Relations Between Climatic Factors and Animal Production, in: *Agrometeorological Methods, Book 7*, UNESCO, Paris, 115-25
- Marshall, T J 1972 Efficient Management of Water in Agriculture, in: Hillel, D (Ed.), 11-22
- Mason I L 1984 *Evolution of Domestic Animals* Longman
- Mather, J R 1974 *Climatology: fundamentals and applications*, McGraw-Hill
- Meiri, A, Shalhvert, J 1973 Crop Growth under Saline Conditions, in: Yaron *et al*, 277-90
- Mellanby, K 1970 *Pesticides and Pollution*, Collins
- Mellanby, K 1981 *Farming and Wildlife*, Collins

- Michael, A M 1978 *Irrigation: Theory and Practice*, Vikas Publishing Press, New Delhi
- Milthorpe, F L, Moorby, J 1979 *An Introduction to Crop Physiology*, Cambridge University Press
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1970 *Modern Farming and the Soil*, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1974 *Land Capability Classification*, Technical Bulletin 30, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1975 *Soil Physical Conditions and Crop Production*, Technical Bulletin 29, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1976a *The Agricultural Climate of England and Wales*, Technical Bulletin 35, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1976b *Climate and Drainage*, Reference Book 434, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1976c *Organic Manures*, Bulletin 210, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1976d *Agriculture and Water Quality* Technical Bulletin 32, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1979 *Agriculture and Pollution*, 7th Report Royal Commission on Agricultural Pollution, Cmnd. 7644, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1980 *Inorganic Pollution and Agriculture*, Reference Book 326, HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1982 *Irrigation*, Bulletin No. 138, 4th ed., HMSO
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries 1983 *To Plough or Not to Plough* Primer 1 HMSO
- Monod, T (Ed.) 1975 *Pastoralism in Tropical Africa*, (International African Institute), Oxford University Press
- Monteith, J L 1966 Physical Limitations to Crop Growth, *Agricultural Progress* 40, 9-23
- Monteith, J L 1972a Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems, *Journal Applied Ecology* 9, 747-60
- Monteith, J L 1972b Weather and the Growth of Crops, Amos Memorial Lectures, *Malling Research Institute Station Report for 1971*, 21-34
- Monteith, J L 1977 Climate and the Efficiency of Crop Production in Britain, *Philosophical Transactions Royal Society London* B281, 277-94
- Monteith, J L 1981a Does Light Limit Crop Production, in: Johnson C G (Ed.) *Physiological Processes Limiting Plant Productivity*, Butterworth, 23-38
- Monteith, J L 1981b Climatic Variation and the Growth of Crops, *Quarterly Journal Royal Meteorological Society* 107(454), 760-74
- Monteith, J L, Elston, J F 1971 Microclimatology and Crop Production, in: Waring and Cooper, 23-42
- Moore, N W (Ed.) 1966 Pesticides in the Environment and their Effect on Wildlife, *Journal Applied Ecology* Vol. 3, Supplement
- Moore, N W 1977 Agriculture and Nature Conservation, *Bulletin British Ecological Society* 8, 2-4
- Moormann, F R, van Breeman, N 1978 *Rice, Soil, Water, Land*, IRRI, Los Banos, Philippines
- Moormann, F R, van Wambeke, A 1978 The Soils of the Lowland Rainy Tropical Climates: Their Inherent Limitations for Food Production and Related Climatic Constraints, Plenary Papers Vol. 2, *11th International Congress Soil Science*, 272-91
- Morgan, R A 1986 Changes in the Breeding Avi Fauna of Agricultural Land in Lowland Britain, *Proceedings 18th International Ornithological Congress*, 588-93
- Morgan, R P C 1980 *Soil Erosion*, Longman

- Morgan, R P C (Ed.) 1981 *Soil Conservation Problems and Perspectives*, John Wiley
- Morgan, W B 1980 *Agriculture in the Third World: A Spatial Analysis*, Bell Hyman
- Morris, R M, Potts, G R 1976 *Grasses and Cereal Ecosystems*, The Open University Press
- Morris, Dick 1977 *Systems Behaviour. Module 6. The Structure and Management of Ecosystems*, The Open University Press
- Mosteck, A, Walsh, J E 1981 Corn Yield Variability: Weather Patterns in the USA, *Agricultural Meteorology* 25, 111-24
- Munton, R J C 1983 Agriculture and Conservation: What Room for Compromise, in: Warren, A, Goldsmith, F B *Conservation in Perspective*, John Wiley, 353-72
- Murata, Y, Matsushima, S 1975 Rice, in: Evans, 73-100
- Murdoch, J C 1980 The Conservation of Grass, in: Holmes, W (Ed.), 174-216
- Murdoch, W W 1975 Diversity, Complexity, Stability and Pest Control, *Journal of Applied Ecology* 12, 795-807
- Muttsson, L 1985 *Forestry and Reindeer Herding*, Geographical Report 8, Department of Geography, University of Lund, Sweden
- National Academy Science 1974 *Productive Agriculture and a Quality Environment*, Washington DC
- Nature Conservancy Council 1977 *Nature Conservation and Agriculture*, HMSO
- Newman, J, Wang, J Y 1959 Defining Agricultural Seasons in Middle Latitudes, *Agronomy Journal* 51, 579-82
- Nicholson, M J 1985 The Water Requirements of Livestock in Africa, *Outlook on Agriculture* 14(4), 156-64
- Nienwolt, S 1975 *Tropical Climatology: An Introduction to the Climates of the Low Latitudes*, John Wiley
- Nightingale, H I 1974 Soil and Ground Water Salinisation Beneath Diversified Irrigation Agriculture, *Soil Science* 118, 365-73
- Nir, D 1974 *The Semi-Arid World: Man on the Fringe of the Desert*, Longman
- Norman, M J T, Pearson, C J, Scarle, P G E 1984 *The Ecology of Tropical Food Crops*, Cambridge University Press
- Northcliff, S 1983 Soil Cultivation, *Progress in Physical Geography* 7(2), 247-55
- Northcliff, S 1987 Developments in Soil and Land Evaluation, *Progress in Physical Geography* 11(2), 283-91
- Norton, B W 1982 Differences between species in forage quality, in: *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*, Ed. J B Hacker Commonwealth Agricultural Bureau, London, 89-110
- Nye, P H, Greenland, D J 1964 Changing the Soil After Clearing Tropical Forest, *Plant and Soil* 21(1), 101-12
- O'Connor, R J, Shrubbs, M 1986 *Farming and Birds*, Cambridge University Press
- O'Connor, R J, Shrubbs, M 1986 Recent Changes in Bird Populations in Relation to Farming Practices in England and Wales, *Journal Royal Agricultural Society England* 147, 132-44
- Oelhof, R C 1978 *Organic Agriculture*, John Wiley, New York
- Oelshlegel, R E 1976 Soil Fertility Management in Tropical Multiple Cropping, in: American Society of Agronomy, Special Publication No. 27, 275-92
- Oguntoyinbo, J S 1981 Climatic Variability and Food Crop Production in West Africa, *Geojournal* 5, 139-49
- O'Hare, Greg 1988 *Soils, Vegetation, Ecosystems*, Oliver & Boyd
- Okigbo B N and Greenland D J 1976 Inter-cropping systems in Tropical Africa, in: *Multiple*



- Cropping*, American Society of Agronomy, Special Publication No. 27, 63-102
- Olson, G W 1982 *Soils and the Environment*, Chapman and Hall, New York
- O'Riordan, T 1982 *Putting Trust in the Countryside*, Nature Conservancy Council, HMSO
- Osborne, D D, Schneebergen 1983 *Modern Agricultural Management*, Reston, New York
- Osborn, D F 1980 The Feeding Value of Grass and Grass Products, in: Holmes, W (Ed.), 69-124
- Page, C C 1972 Arable Crop Rotation, *Journal Royal Agricultural Society England* 133, 98-105
- Palmer, W C 1968 Keeping track of crop moisture conditions nationwide: the new crop moisture index *Weatherwise* 21, 156-61
- Patterson, G T, MacIntosh, E E 1976 Relationship Between Soil Capability Class and Economic Returns from Grain Corn Production in SW Ontario *Canadian Journal Soil Science* 56, 167-76
- Pearson, C J (Ed.) 1984 *Control of Crop Productivity*, Academic Press
- Peel, L, Tribe, D E 1983 *Domestication and Use of Animal Resources*, World Animal Science, Elsevier, Amsterdam
- Peel, S 1985 Efficiency of Temperate Grasslands: Lessons from the United Kingdom and New Zealand, *Outlook on Agriculture* 15(1), 15-20
- Penman, H L 1948 Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil, and Grass, *Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. A* 193, 120-46
- Penman, H L 1949 The Dependence of Transpiration on Weather and Soil Conditions, *Canadian Journal Soil Science* 1, 74-89
- Penman, H L 1956 Evaporation: an introductory survey, *Netherlands Journal of Agricultural Science* 4, 9-29
- Pereira, H C Agricultural Science and the Traditions of Tillage, *Outlook on Agriculture* 6, 211-12
- Pereira, C, Hamblin, M J, Mansell-Mouldin, M 1987 Scientific Aspects of Irrigation, *Philosophical Transactions Royal Society London* 317, 193-737
- Perfect, T J 1986 Irrigation as a factor influencing the management of agricultural pests, *Philosophical Transactions Royal Society London* A316, 347-54
- Perrin, R M 1977 Pest Management in Multiple Cropping Systems, *Agro-Ecosystems* 3, 93-118
- Pfander, W H 1971 Animal Nutrition in the Tropics - Problems and Solutions, *Journal Animal Science* 33, 843-4
- Phillips, E D 1961 World Distribution of the Main Types of Cattle, *Journal of Heredity* 52(1), 207-13
- Pimentel, D, Dritschilo, W, Krummel, J, Kutzman, J 1975 Energy and Land Constraints in Food Protein Production, *Science* 190, 754-61
- Pimentel, D, Terhune, E C, Dyson-Hudson, R, Rocherau, S, Samis, R, Smith, E, Denman, D, Reifschneider, Shepard, M 1976 Land Degradation: Effects on Food and Energy Resources, *Science* 194, 149-55
- Pimentel, D (Ed.) 1978 *World Food, Pest Losses and the Environment*, American Association Advancement Science, Washington DC
- Pimentel, David and Marcia (Eds) 1979 *Food Energy and Society*, Arnold
- Pimentel, D (Ed.) 1980 *Handbook of Energy Utilisation in Agriculture*, CRC Press Inc, Boca Raton
- Pimentel, D, Fast, S, Berardi, G 1983 Energy Efficiency of Farming Systems, *Agriculture Eco-*

- systems and Environment* 9, 359-72
- Pimentel, D, Hall, CW 1984 *Food and Energy Resources*, Academic Press
- Pollard, E, Hooper, MD and Moore, NW 1974 *Hedges*, Collins
- Power, J F 1981 Nitrogen in the Cultivated Ecosystem, in: Clark, F E, Rosswall, T (Eds) *Terrestrial Nitrogen Cycles*, Stockholm SNERC Biological Bulletin 33
- Purnell, RE 1980 Tick Borne Diseases as a Barrier to Efficient Land Use *Outlook on Agriculture* 10, 230-4
- Pyke, M 1970 *Man and Food*, Weidenfeld & Nicolson
- Quispel, A (Ed.) 1974 *The Biology of Nitrogen Fixation*, Frontiers of Biology 33, North-Holland Publishing Co., Amsterdam
- Rands, MRW, Sotherton, NW 1986 Pesticide use on Cereals Crops and Changes in the Abundance of Butterflies in Arable Farmland in England *Biological Conservation* 36(1), 71-82
- Rao, SNS 1984 *Current Developments in Biological Nitrogen Fixation*, Edward Arnold
- Rapp, A 1974 *A Review of Desertification in Africa - Water, Vegetation and Man*, Report No. 1, Secretariat for International Ecology, Stockholm
- Rapp, A, Helden, V 1979 *Research on environmental monitoring methods for land use planning in African drylands*. Lund Universitets Naturgeografiska Institution. Rapporter och Notiser Nr. 42
- Raymond, WF 1977 Farm Wastes, *Biologist* 24(2), 10-15
- Reece, CH 1985 The Role of the Chemical Industry in Improving the Effectiveness of Agriculture. *Philosophical Transactions Royal Society London* B310, 201-13
- Reinig, P 1977 *Desertification: its Causes and Consequences*, United Nations Secretariat, Pergamon Press
- Reith, JWS, Inkson, RHE, Caldwell, KS, Simpson, WE, Ross, JAM 1984 Effect of Soil Type and Depth on Crop Production *Journal of Agriculture Science* 103, 377-86
- Rhoades, JD 1972 Quality of Water for Irrigation, *Soil Science* 113, 277-84
- Richards, P 1985 *Indigenous Agriculture: Ecology and Food Production in West Africa*, Hutchinson Press
- Ridley, AO, Hedlin, RA 1980 Crop Yield and Soil Management in the Canadian Prairies Past and Present, *Canadian Journal Soil Science* 60, 393-402
- Ritchie, JC, Folle, RF 1983 Conservation Tillage: Where To From Here? *Journal Soil and Water Conservation* 38(3), 267-9
- Ritchie, JT 1981 Soil Water Availability, *Plant and Soil* 58, 327-38
- Roberts, RA, Darrell, NM, Lane, P 1983 Effects of Gaseous Air Pollutants on Agriculture and Forestry in the United Kingdom, *Advances in Applied Biology* 9
- Rowett Research Institute and The Hill Farming Research Organization 1974 *Farming the Red Deer*, HMSO
- Rosswall, T (Ed.) 1980 *Farming Systems in West Africa in Relation to Nitrogen Cycling*, SCOPE/UNEP, International Nitrogen Unit, Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm
- Rudeforth, CC 1975 Storing and Processing Data for Soil and Landuse Capability Surveys, *Journal Soil Science* 26, 155-68
- Russell, EW 1973 *Soil Conditions and Plant Growth* 10th ed. Longman
- Russell, EW 1977 Organic matter and soil fertility, *Philosophical Transactions Royal Society London* B, 97, 215
- Ruthenberg, H 1976 *Farming Systems in the Tropics* 2nd ed. Oxford University Press

- Sakamoto, CM 1978 The Z-index as a Variable for Crop Yield Estimation, *Agricultural Meteorology* 19, 305-25
- Samways, J 1981 *Biological Control of Pests and Weeds*, Institute Biological Studies in Biology No. 132, Edward Arnold
- Sanchez, P A, Buol, S W 1975 Soils of the Tropics and the World Food Crisis, *Science* 188, 598-605
- Sanchez, P A 1976 *Properties and Management of Soils in the Tropics*, J Wiley, New York
- Sanchez, P A, Salinas, J G 1981 Low Input Technology for Managing Oxisols and Ultisols in Tropical America, *Advances in Agronomy* 34, 280-406
- Sanchez, P A, Vallachi, J H, Brandy, D E 1983 Soil Fertility Dynamics after Clearing a Tropical Rain Forest in Peru, *Soil Science America Journal* 47, 1171-8
- Sandford, S 1983 *Management of Pastoral Development in the Third World*, J Wiley, New York
- Sasanon, S 1985 Acid Rain: A Review of the Current Controversy. *Soil Use and Management* 1, 34
- Sasanon, S 1985 The Nitrate Issue, *Soil Use and Management* 1, 102
- Savant, N K, Datta, S K de 1982 Nitrogen Transformation in Wetland Rice Soils, *Advances in Agronomy* 35, 241-303
- Schmit-Nielson, K 1956 *Desert Animals*, Oxford University Press
- Schwabe, Calvin 1980 Management and Disease, in: Cole, H H, Garrett, W H, 694-710
- Schwanitz F 1966 *The Origin of Cultivated Plants* Cambridge, Harvard University Press (Mass.)
- Scottish Agricultural Colleges 1987 *Farm Management Handbook*, publication No. 168, 7th ed., 1986-7
- Scrimshaw, N S, Young V R 1976 The Requirements of Human Nutrition, *Scientific American* 235(3), 51-65
- Seeman, J, Chirkov, Y I, Lomas, J, Primault, B (Eds) 1979 *Agrometeorology*, Springer-Verlag, Berlin
- Shainberg, I, Shalhevet, J (Eds) 1984 *Soil Salinity Under Irrigation: Processes and Management*, Springer-Verlag, Berlin
- Sharma, R C, Smith, E L 1986 Harvest index in winter wheat, *Crop Science* 26, 1147-52
- Shaxton, T F 1981 Determining Erosion Hazard and Land Use Capability: a Rapid Subtractive Method, *Soil Survey and Land Evaluation* 1(3), 40-3
- Sheail, J B D 1987 *Pesticides and Wildlife: a Case History of Conservation*, Cambridge University Press
- Sibma, L 1977 Maximisation of Arable Crop Yields in the Netherlands, *Netherlands Journal Agricultural Science* 25, 278-87
- Silvey, V 1978 The Contribution of New Varieties to Increasing Cereal Yield in England and Wales, *Journal Institute Agricultural Botany* 14, 367-84
- Simmons, I G 1980 Ecological Functional Approaches to Agriculture in Geographical Contexts, *Geography* 65, 305-16
- Simpson, Ken 1980 *Soil* Longman
- Simpson, Ken 1986 *Fertilisers and Manures*, Longman
- Singh, I D, Stoskopf, N C 1971 Harvest Index in Cereals, *Agronomy Journal*, 63, 224-6
- Skidmore, E L, Kumari, M, Larsen, W E 1979 Crop Residue Management for Wind Erosion Control in the Great Plains, *Journal Soil and Water Conservation* 39, 90-4
- Slessor, Malcolm 1975 in: Lenihan, J, Fletcher, W, Energy requirements for Agriculture, *Food, Agriculture and Environment*, Blackie, 1-20

- Sluotmaker, A.J. 1974 Aims and Objectives in Breeding Cereal Varieties, *Outlook on Agriculture* 3, 133-40
- Smilde, K.W. 1972 The Influence of the Changing Pattern of Agriculture on Fertiliser Use, *Proceedings Fertiliser Society* No. 120
- Smith, C.V. 1970 Weather and Machinery Work Days, *University College Wales Aberystwyth* 17-20
- Smith, D.F., Hill D.M. 1975 Natural Agricultural Ecosystems, *Journal Environmental Quality* 4(2), 143-5
- Smith, L.P. 1970 *Weather and Animal Disease*, Technical Note No. 113, WMO Geneva
- Smith, L.P. 1971a *The Significance of Winter Rainfall over Farmland in England and Wales*, MAFF, Technical Bulletin No. 24, HMSO
- Smith, L.P. 1971b Assessment of the Probable Date-of-Return of Soil to Moisture Capacity in the Autumn, *ADAS Quarterly Review* 2, 71-5
- Smith, L.P. 1975 Modes of Agricultural Meteorology, *Developments in Atmospheric Science* 3, Elsevier, Amsterdam
- Smith, L.P., Davis, J.H.R.H. 1972 Autumn Cereal Sowing and Date-of-Return to Field Capacity in the Soil, *ADAS Quarterly Review* 6, 36-40
- Smith, M.E. 1985 *Agriculture and Nature Conservation in Conflict: the Less Favoured Areas of France and the United Kingdom*, Langholm
- Smith, R.T., Atkinson, K. 1975 *Techniques in Pedology*, Elk Science
- Soane, B.D. (Ed.) 1983 *Compaction by Agricultural Vehicles: a Review*, Scottish Institute Agricultural Engineering, Technical Report No. 5
- Soane, B.D. 1985 Traction and Transport Systems as Related to Cropping Systems, *International Conference Soil Dynamics Proceedings* 5, 818-915
- Soane, B.D., Stafford, J.V. 1983 Tillage Developments Around the World, *Span* 26(3), 103-5
- Soper, M.R.H., Carter E.S. 1985 *Modern Farming and the Countryside*, Association of Agriculture
- Spedding, C.R.W. 1969 The Agricultural Ecology of Grassland, *Agricultural Progress* 44, 1-23
- Spedding, C.R.W. 1975 *Biology and Agricultural Systems* Academic Press
- Spedding, C.R.W. 1976 The Biology of Agriculture, *Biologist* 23, 72-80
- Spedding, C.R.W. 1979 *An Introduction to Agricultural Systems*, Applied Science Publishers
- Spedding, C.R.W. 1985 (Ed.) *Fream's Agriculture*, 17th ed., Royal Agricultural Society, England
- Spedding, C.R.W., Dickmahns, E.C. 1972 Grasses and Legumes in British Agriculture, *CAB Bulletin* 49
- Spedding, C.R.W., Walsingham, J.M., Hoxey, A.M. 1981 *Biological Efficiency in Agriculture*, Academic Press
- Spencer, J.E., Stewart, N.R. 1973 The Nature of Agricultural Systems, *Annals Association American Geographers* 63(4), 529-44
- Spoor, G. 1975 Fundamental Aspects of Cultivation, in: MAFF Technical Bulletin 29, 128-49
- Sprent, Janet I. 1987 *The Ecology of the Nitrogen Cycle*, Cambridge University Press
- Squires, V.R. 1978 Distance Traveled to Water and Livestock Response, *Proceedings 1st International Rangeland Congress* 431-4, Denver
- Stanhill, G. (Ed.) 1984 *Energy and Agriculture*, Springer-Verlag, Berlin
- Stanhill, G. 1986 Irrigation in Arid Lands, *Philosophical Transactions Royal Society London*

- A316, 261-73
- Staniforth, A R 1974 Cereal Straw Production and Utilisation in England and Wales, *Outlook on Agriculture* 14, 194-200
- Stamp, L D 1947 *The Land of Britain: Its Use and Misuse* 3rd ed. 1962, Longman
- Steinhardt, R, Trafford, B D 1974 Some Effects of Subsurface Drainage and Ploughing on the Structure and Compactability of a Clay Soil, *Journal Soil Science* 25, 138-52
- Stevenson, F J (Ed.) 1982 *Nitrogen in Agricultural Soils*, Agronomy Monograph 22, American Society Agriculture, Madison, Wisconsin
- Stewart, W D P, Rosswall, T (Eds) 1982 The Nitrogen Cycle, *Philosophical Transactions Royal Society London* B296, 299-576
- Stobbs, E H 1979 Tillage Practices in the Canadian Prairie, *Outlook on Agriculture* 10(1), 21-6
- Storie, R E 1954 Land Classification as used in California for the appraisal of land for taxation purposes *Transactions of the 5th International Congress Soil Science* 3, 407-12
- Strickland, A H 1960 Ecological Problems in Crop Pest Control in: Wood, R S K (Ed.) *Biological Problems Arising from the Control of Pests and Diseases* Institute of Biology, 1-6
- Strickland, A H 1976 Crop Losses in the Field: Control and Some Consequences, *Journal Science Food Agriculture* 27, 702-3
- Sturrock, F G, Calthie, J 1980 *Farm Mechanisation and the Countryside*, Occasional Paper No. 12, School of Geography, University of Cambridge
- Sutherland J A 1968 *Introduction to Farming*, Angus Robertson
- Swanson, E R, Nyankori, J C 1979 The Influence of Weather and Technology on Corn and Soybean Yield Trends, *Agricultural Meteorology* 20, 327-42
- Sys, C, Verhey, W 1977 Land Evaluation for Irrigation of Arid Regions by Use of the Parameter Method, *Transactions 10th International Congress Soil Science* 5, 149-55
- Szaboles, I 1979 *Review of Research on Salt Affected Soils*, Natural Resources Research 15, UNESCO, Paris
- Talbot, M 1984 Yield Variability of Crop Varieties in the United Kingdom *Journal Agricultural Science* 102(2), 315-23
- Tarrant, J R 1987 Variability in World Cereal Yields, *Transactions Institute British Geographers* (new series) 12(3), 315-26
- Terman, G L 1979 Volatilisation Losses of Nitrogen as Ammonia from Surface Applied Fertilisers, Organic Amendments and Crop Residues, *Advances in Agronomy* 31, 189-223
- Terry, R, Powers, W L, Olson, R V, Murphy, L S, Rubison, R M 1981 The Effect of Feed Lot Runoff on the Nitrate-Nitrogen Content of Shallow Aquifers, *Journal of Environment Quality* 10, 22-6
- The Royal Society 1985 *The Nitrogen Cycle of the United Kingdom: A Study Group Report*, Cambridge University Press
- The Royal Society 1986 *Technology in the 1990s: Agriculture and Food*, Cambridge University Press
- Thomasson, F A (Ed.) 1975 *Soils and Field Drainage*, Soil Survey Technical Monograph No. 7, Harpenden
- Thomasson, A J, Youngs, E G 1975 Water Movement in the Soil, in: MAFF Technical Bulletin 29, 218-28
- Thompson, L M 1975 Weather Variability, Climatic Change and Grain Production, *Science* 188, 535-41
- Thorne, D W 1979 Climate and Crop Production Systems, in: Thorne, D W, Thorne, M D

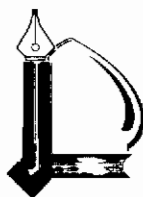
- (Eds) *Soil Water and Crop Production*, Avi Publishing Company, 17-29
- Thornthwaite, C W 1948 An approach towards a rational classification of climate *Geographical Review* 38(1) 55-94
- Tinker, P B H 1979 Uptake and Consumption of Soil Nitrogen in Relation to Agronomic Practices, in: Hewitt, J H, Cutting, C V (Eds) *Nitrogen Assimilation of Plants*, Academic Press, 101-22
- Tinker, P B (Ed.) 1981 *Soils and Agriculture*, Vol. 2, Blackwell Science Publications
- Tinker, P B, Widdowson, F V 1982 Maximising Wheat Yields and Some Causes of Yield Variation, *Proceedings Fertiliser Society* 211, 149-84
- Tiplott, G V, Van Doren, D M 1977 Agriculture Without Tillage, *Scientific American* 236, 28-33
- Tivy, Joy, O'Hare, Gregory 1981 *Human Impact on the Ecosystem*, Oliver & Boyd
- Tivy, Joy 1981 *Biogeography: the role of plants in the ecosystem*, 2nd ed., Longman
- Tivy, Joy 1973 (Ed.) *Organic Resources of Scotland: their use and misuse*, Oliver & Boyd
- Tivy, Joy 1987 Nitrogen Cycling in Agro-Ecosystems, *Applied Geography* 7, 93-111
- Tomlinson, T E 1971 Nutrient Losses from Agricultural Land, *Outlook on Agriculture* 6(6), 272-8
- Trentath, B R 1974 Biomass Productivity of Mixtures, *Advances in Agronomy* 26, 177-210
- Tribe, D E et al 1970 *Animal Ecology, Animal Husbandry and Wildlife Management*, National Resources Research, UNESCO, Paris
- Trudgill, S T, Briggs, D J 1971-81 Soils and Landuse Potentials, *Progress in Physical Geography* 1: 319-21, 2: 321-32, 3: 283-299, 4: 282-95, 5: 274-95
- Turner, I I, Brush, B L, Stephen B 1987 *Comparative Farming System*, Guildford Press, New York
- Turner, H G 1974 The Tropical Adaptations of Beef Cattle: An Australian Study, *World Animal Review* 13, 16-21
- United Nations 1977 *Desertification its Causes and Consequences*, Pergamon Press
- UNESCO/FAO 1977 *Tropical Grazing and Land Ecosystems: a State of Knowledge Report*, UNESCO, Paris
- Unger, P W, McCallan, T M 1980 Conservation Tillage Systems, *Advances in Agronomy* 33, 2-53
- Unger, P W 1982 Management of Crops on Clay Soils in the Tropics, *Tropical Agriculture* 59(2) 110-112
- USDA 1980 *Report and Recommendations on Organic Farming* Washington DC
- USDA 1981 *Council on Environmental Quality. National Agricultural Land Study, Final Report*, Washington DC
- Utomo, W H, Dexter, A R 1981b Tilt Mellowing, *Journal Soil Science* 32(2), 187-202
- Utomo, W H, Dexter, A R 1981 Age Hardening of Tropical Soils, *Journal Soil Science* 32(3), 335-50
- Valli, V J 1968 Weather and Plant Disease Forecasting, in: *Agrometeorological Methods, Book 7*, UNESCO, Paris, 341-6
- Van Emden, H F, Williams, G C 1974 Insect Stability and Diversity in Agro-ecosystems, *Annual Review Entomology* 19, 455-75
- Van Heemst, H D J 1985 The Influence of Weed Competition on Crop Yield, *Agricultural Systems* 18, 81-93
- Vera, R R, Sere, C, Tergas, L E 1987 Development of improved grazing systems in the

- Savannas of tropical America, in: Joss *et al*, 107-10
- Vink, A P A 1975 *Land Use in Advancing Agriculture*, Springer-Verlag, Berlin
- Waggoner, P E 1968 Meteorological data and the agricultural problem, in: *Agrometeorological Methods*, UNESCO, Paris, 25-38
- Wang, J Y 1972 *Agricultural Meteorology* 3rd ed. Milieu Information Service, San Jose, California
- Ward, G M, Sutherland, T M, Sutherland, J T 1980 Animals as an Energy Source in Third World Agriculture, *Science* 208, 570-1
- Ward, R C 1975 *Principles of Hydrology*, 2nd ed., McGraw Hill
- Ware, G W 1983 *Pesticides: Theory and Application*, Freeman, San Francisco
- Warcing, P F, Allen, E J 1977 Physiological Aspects of Crop Choice, *Philosophical Transactions Royal Society London* B281, 107-19
- Warcing, P R, Cooper, J P (Eds) 1971 *Potential Crop Production*, Heinemann
- Watambe, I 1979 Use of Symbiotic and Free Living Blue Green Algae in Rice Culture, *Outlook on Agriculture* 13(4), 166-72
- Watson, H 1971 Size, Structure and Activity of the Productive System of Crops, in: Warcing, P R, Cooper, J P (Eds), 76-88
- Watters, R F 1971 *Shifting Agriculture in Latin America*, FAO, Rome
- Webster, A J F 1981 Weather and Infectious Disease in Cattle, *Veterinary Record* 180, 183
- Webster, J E, Wilson, P N 1980 *Agriculture in the Tropics*, 2nd ed., Longman
- Weiers, C S 1975 Soil Classification and Land Evaluation, *Town and Country Planning* 43, 390-3
- Weiers, C S, Reid, I G 1975 *Soil Classification, Land Valuation and Taxation: The German Experience*, Centre European Agricultural Studies Wye College
- Weisner, C J 1970 *Climate Irrigation and Agriculture*, Angus and Robertson, Sydney
- Westmacott, R, Worthington, T 1974 *New Agricultural Landscapes*, Countryside Commission, Cheltenham
- Wetselaar, R, Ganry, F 1981 Nitrogen Balance in Tropical Agro-ecosystems, in: Dommergues, Y, Diem, H G (Eds) *Microbiology of Tropical Soils*, Martinus Nijhoff, The Hague, 1-36
- White, G F 1978 *Environmental Effects of Arid Land Irrigation in Developing Countries*, Technical Note 8, UNESCO, Paris
- White, R E, 1987 *Introduction to the Principles and Practice of Soil Science* 2nd ed, Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Whyte, R C 1976 *Land and Land Appraisal*, W Junk, The Hague
- Whyte, R O 1974 *Tropical Grazing Lands: Communities and Constituents*, W Junk, The Hague
- Wigglesworth, Vincent B 1965 Biological control of pests *Science Journal* April 40-45
- Wilkinson, B 1968 Land Capability - Has it a Place in Agriculture? *Agriculture* 75, 343-7
- Wilkinson, B 1975 Field Experience on heavy soils, in: *Soil Physical Conditions and Crop Production*, in: MAFF Technical Bulletin 29, 76-93
- Williams, C, Joseph, K T 1970 *Climate Soil and Crop Production in the Humid Tropics*, Oxford University Press
- Williams, R J B, Cooke, G W 1981 Some Effects of Farmyard Manure and Grass Residue on Soil Structure, *Soil Science* 92, 30-5
- Williams, T E 1980 Hertape Production: Grasses and Leguminous Forage Crops, in:

- Holmes, W (Ed.), 6-69
- Wilson, A D 1974 Water Consumption and Water Turnover of Sheep Grazing Semi-Arid Pasture Communities in New South Wales, *Australian Journal Agricultural Research* 22, 339-47
- Wilson, P N 1973 Livestock Physiology and Nutrition, *Philosophical Transactions Royal Society London* B276, 101-12
- Wilson, R T 1984 *The Camel*, Longman
- Wittmus, H, Olson, L, Lane, O 1975 Energy Requirements for Conventional and Minimum Tillage, *Journal Soil and Water Conservation* 30, 72-5
- Wittee, S H 1979 Future Technological Advances in Agriculture and their Impact on the Regulatory Environment, *Bioscience* 29, 603-10
- Wood, L J 1980 Energy and Agriculture: Some Geographical Implications, *Tijdschrift Voor Economic en Sociale* 72, 224-34
- Worthington, E B (Ed.) 1977 *Arid Land Irrigation in Developing Countries* Pergamon Press
- Wrigley, G 1981 *Tropical Agriculture* 4th ed. Longman
- Yao, Augustine Y M 1981 2. Agricultural Climatology, in: Landsberg, H R (Ed.) *World Survey of Climatology*, Elsevier, Amsterdam, 189-298
- Yaron, E, Danfors, E, Vaadia, Y (Eds) 1973 *Arid Zone Irrigation*, Ecological Studies Vol. 5, Chapman and Hall/Springer-Verlag, New York
- Yarwood, C E 1970 Man-Made Plant Disease, *Science* 168, 218-20
- Yeates, N T M, Schmitt, P 1974 *Beef Cattle Production*, Butterworth
- Yoshida, S 1977 Rice, in: Alvim and Kozłowski, 57-87
- Young, A 1974a Some Aspects of Tropical Soils, *Geography* 59(3), 233-9
- Young, A 1974b The Nature and Management of the Poorer Tropical Latosols, *Outlook on Agriculture* 10, 27-32
- Young, A 1976 *Tropical Soils and Soil Survey*, CUP
- Young, A, Goldsmith, P F 1977 Soil Survey and Land Evaluation in Developing Countries, *Geography* 143, 407-38
- Young, A, Wright, A C S 1980 *Rest Period Requirements for Tropical and Sub-Tropical Soils Under Annual Crops*, FAO, Rome
- Zeuner, F E 1963 *The History of Domesticated Animals*, Hutchinson
- Zonn, I 1977 Irrigation of the Worlds Arid Lands, *World Crops and Livestock* 29, 72-3







FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD

Publication, No. 169

# ***AGRICULTURAL ECOLOGY***

by

***J. TIVY***

Translated by

***A. KOOCHEKI - M. HOSSEINI***

FERDOWSI UNIVERSITY PRESS

**1995**