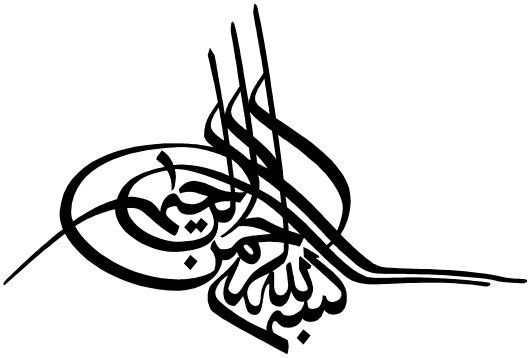

زراعت

سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد

مجموعه کشاورزی

مؤلف: خالد سلیمی، احمد نوش‌کام

سرشناسه	: سلیمی، خالد
عنوان	:زراعت
مشخصات نشر	:تهران: مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۱
مشخصات ظاهری	: ۱۹۷ص
فروست	:سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد
شابک	: ۰-۳۰۳-۳۸۹-۶۰۰-۹۷۸
شناسنامه افزوده	: احمد نوش‌کام
وضعیت فهرست نویسی	:فیپای مختصر
یادداشت	: این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شماره کتابشناسی ملی	:

کتاب: ..... زراعت

مدیر مسئول: ..... هادی سیاری، مجید سیاری

مولف: ..... خالد سلیمی – احمد نوش کام

ناشر: ..... مشاوران صعود ماهان

مدیر تولید محتوا: ..... سمیه بیگی

نوبت و تاریخ چاپ: ..... اول/ ۱۴۰۱

تیراژ: ..... ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۲/۴۹۰/۰۰۰ریال

شابک: ۰- ۳۰۳- ۳۸۹- ۶۰۰- ISBN:۹۷۸

انتشـــارات مشاوران صعود ماهان: خیابان ولیعصر، بالاتر از تقـاطع مطهری،
روبروی قنادی هتل بزرگ تهـــران، جنب بانک ملی، پلاک ۲۰۵۰
تلفن: ۴- ۸۸۱۰۰۱۱۳

سخن ناشر

«ن والقلم و ما یسطرون»

کلمه نزد خدا بود و خدا آن را با قلم بر ما نازل کرد.

به پاس تشکر از چنین موهبت الهی، مؤسسه ماهان درصدد برآمده است تا در راستای انتقال دانش و مفاهیم با کمک اساتید مجرب و مجموعه کتب آموزشی خود برای شما داوطلبان ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، گام مؤثری بردارد. امید است تلاش‌های خدمتگزاران شما در این مؤسسه پایه‌گذار گام‌های بلند فردای شما باشد.

مجموعه کتاب‌های کمک آموزشی ماهان به‌منظور استفاده داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد سراسری و آزاد تألیف شده‌اند. در این کتاب‌ها سعی کرده‌ایم با بهره‌گیری از تجربه اساتید بزرگ و کتب معتبر داوطلبان را از مطالعه کتاب‌های متعدد در هر درس بی‌نیاز کنیم.

دیگر تألیفات ماهان برای سایر دانشجویان به‌صورت ذیل است.

- مجموعه کتاب‌های ۸ آزمون: شامل ۵ مرحله کنکور کارشناسی ارشد ۵ سال اخیر به همراه ۳ مرحله آزمون تألیفی ماهان همراه با پاسخ تشریحی می‌باشد که برای آشنایی با نمونه سوالات کنکور طراحی شده است. این مجموعه کتاب‌ها با توجه به تحلیل ۳ ساله اخیر کنکور و بودجه‌بندی مباحث در هریک از دروس، اطلاعات مناسبی جهت برنامه‌ریزی درسی در اختیار دانشجو قرار می‌دهد.
- مجموعه کتاب‌های کوچک: شامل کلیه نکات کاربردی در گرایش‌های مختلف کنکور کارشناسی ارشد می‌باشد که برای دانشجویان جهت جمع‌بندی مباحث در ۲ ماهه آخر قبل از کنکور مفید است.

بدین‌وسیله از مجموعه اساتید، مولفأن و همکاران محترم خانواده بزرگ ماهان که در تولید و به‌روزرسانی تالیفات ماهان نقش مؤثری داشته‌اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نماییم.

دانشجویان عزیز و اساتید محترم می‌توانند هرگونه انتقاد و پیشنهاد درخصوص تالیفات ماهان را از طریق سایت ماهان به آدرس mahan.ac.ir با ما در میان بگذارند.

مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول – زراعت عمومی	۹
فصل دوم – زراعت غلات	۴۳
فصل سوم – زراعت صنعتی	۷۳
فصل چهارم – زراعت گیاهان علوفه‌ای	۱۲۱
سوالات و پاسخنامه کنکور سال ۱۳۸۶-۱۴۰۰	۱۳۳
منابع	۱۹۶

فصل اول

زراعت عمومی

عناوین اصلی

- گروه‌بندی گیاهان
- عوامل اقلیمی موثر بر رشد و نمو گیاهان زراعی
- کاشت
- داشت
- تناوب

فصل اول

زراعت عمومی

★ گروه‌بندی گیاهان

طبقه‌بندی علمی گیاهان: طبقه‌بندی علمی یکی از دقیق‌ترین روش‌ها است که توسط لینه بنیان‌گذاری شده است. در این روش موجودات را بر اساس خصوصیات ریخت شناسی، تکاملی و ژنتیکی در هفت طبقه قرار می‌دهند. ترتیب طبقات عبارتند از سلسله (Kingdom)، بخش (Division)، رده یا طبقه (Class)، راسته (Order)، تیره یا خانواده (Family)، جنس (Genus) و گونه (Species).

در طبقه‌بندی علمی، هر گیاه را با اسم گونه و جنس آن مشخص می‌سازند. به همین جهت به این سیستم، نامگذاری دو اسمی نیز می‌گویند. مثلا نام علمی گندم نان *Triticum asetivum* می‌باشد. *Triticum* مشخص جنس و *asetivum* مشخص گونه گندم نان است.

ژنوتیپ: هر گونه خود انواع بسیار زیادی دارد که ممکن است از نظر چند یا حتی ده‌ها ژن با یکدیگر متفاوت باشند. هر یک از گیاهانی را که از نظر ترکیب ژنتیکی (در محدوده یک گونه) با سایرین متفاوت باشد، یک ژنوتیپ گویند. ژنوتیپ‌های ثبت شده را در اصطلاح رقم یا کولتیوار (Cultivar) و گاه به طور عامیانه واریته (Variety) می‌نامند.

طبقه‌بندی گیاهان زراعی بر اساس هدف تولید و مورد مصرف

۱- غلات (Cereal): گیاهانی از تیره گندمیان یا غلات (Poaceae ،Gramineae) که به منظور دستیابی به دانه خوراکی کشت می‌شوند. مانند گندم، جو، ذرت و غیره. دانه این گیاهان از نظر نشاسته غنی و از لحاظ پروتئین نسبتاً فقیر می‌باشد.

۲- حبوبات (Plus): شامل گیاهان خانواده (Leguminosae ،Fabaceae) مانند نخود، عدس و... می‌باشند که هدف از کشت آنها برداشت دانه جهت تغذیه انسان بوده و بر خلاف غلات از نظر پروتئین غنی و نشاسته کمی دارند.

۳- گیاهان روغنی (Oilseed crops): گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که جهت روغن گیری از دانه تولیدی کشت می‌شوند. شامل گیاهانی مانند پنبه، آفتابگردان، کتان، سویا، کلزا و... می‌باشند.

۴- گیاهان علوفه‌ای (Forage crops): گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که جهت استفاده از قسمت‌های هوایی در تغذیه دام کشت می‌گردند. مانند یونجه، شبدر، اسپرس.

۵- گیاهان ریشه‌ای (Root crops): گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که برای استفاده از ریشه غدهای آنها کشت می‌گردند. مانند چغندر قند، هویج، شلغم، سیب زمینی شیرین.

۶- گیاهان لیفی (Fiber crops):گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که برای استفاده از الیاف آنها کشت می‌گردند. مانند پنبه، کتان، کنف، شاهدانه.

۷- گیاهان غده‌ای (Tuber crops): گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که برای استفاده از ساقه ضخیم شده و زیرزمینی آنها کشت می‌گردند. مانند سیب زمینی، یام، کاساوا.
۸- گیاهان قندی (Sugar crops):گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که برای قندگیری از عصاره شیرین آنها کشت می‌گردند. مانند نیشکر و چغندرقند.
۹- گیاهان داروئی (Ornamental crops): گیاهانی از تیره‌های مختلف هستند که به منظور استفاده از ترکیبات داروئی آنها کشت می‌شوند. مانند: گاوزبان، بابونه، قهوه

طبقه‌بندی نباتات زراعی بر اساس اهداف خاص

۱- گیاهان با مصرف پوششی (Cover crops) یا کود سبز (Green manure):
این گیاهان به منظور پوشش سطح زمین و جلوگیری از فرسایش خاک طی دوران آیش فصلی کاشته می‌شوند و پس از کاهش خطر فرسایش و هنگامی که هنوز سبز هستند، جهت اصلاح ساختمان خاک در خاک شخم زده می‌شوند. دوره عمر آنها کوتاه است و عمدتاً از گیاهان خانواده لگومینوز (بقولات) برای این امر استفاده بیشتری می‌شود. مانند جو، شبدر و خلر

۲- گیاهان جانشین (Catch crops): این گیاهان هنگامی کاشته می‌شوند که کشت محصول اصلی به تأخیر افتاده باشد و یا محصول اصلی از بین رفته باشد. گیاهان جانشین باید دوره رشد کوتاهی داشته باشند مانند ارزن، ماش و گندم سیاه.

۳- گیاهان با مصرف قصیلی: گیاهانی که به عنوان گیاهان علوفه‌ای یا مرتعی کشت شده و برای تغذیه دام به صورت تازه و سبز استفاده می‌شوند.

۴- گیاهان سیلوئی (Silage crops): این گیاهان به طور تازه، برداشت شده و سیلو می‌شوند مانند ذرت و ذرت خوش‌های علوفه‌ای.

۵- گیاهان همراه (Companion crops): گیاهانی هستند که همراه با گیاهان چند ساله کشت می‌شوند تا در سال اول که محصول اصلی تولید خوبی ندارد، از عملکرد گیاه همراه استفاده شود. همچنین محصول همراه، به سبز شدن محصول اصلی کمک می‌کند مانند کشت جو و یونجه.

۶- گیاهان مکمل: این گیاهان به صورت مخلوط با محصول اصلی و با هدف افزایش عملکرد محصول اصلی کاشته می‌شوند.

طبقه‌بندی بر اساس واکنش به طول روز

برخی از گیاهان زراعی فتوپریودیک هستند و برای گلدهی فتوپریود خاصی نیاز دارند و در این مورد به چهار گروه تقسیم می‌شوند:
۱- گیاهان روز کوتاه (یا شب بلند) که برای وارد شدن به فاز گلدهی نیاز به طول روزهای بلند دارند.
۲- گیاهان روز بلند (یا شب کوتاه) که برای وارد شدن به فاز گلدهی نیاز به طول روزهای کوتاه دارند.
۳- روز خنثی که تحت تاثیر نوسان‌های فتوپریودی قرار نمی‌گیرند.
۴- ارقام روز بلند و روز کوتاه اختیاری که گلدهی آنها به ترتیب در روزهای بلند و کوتاه تسریع می‌شود. این بزرگترین گروهی است که اغلب ارقام به آن تعلق دارند.

اهمیت روز بلندی و یا روز کوتاهی گیاه فقط در رابطه با طول دوره از سبز شدن تا تشکیل جوانه گل می‌باشد و هیچ ارتباطی با طول دوره نوری برای سایر اعمال زیستی گیاه ندارد. تاخیر در گلدهی باعث افزایش رشد رویشی می‌شود و هر گاه نسبت رشد رویشی به زایشی از حدی بیشتر شود، سبب کاهش شاخص برداشت می‌شود. نیاز طول روزی گیاه نیز همانند دما به صورت تجمعی مرتفع می‌گردد. به طور کلی، هر چه گیاه نسبت به طول روز بی تفاوت‌تر باشد، طبیعتاً زودرس‌تر می‌باشد.
علاوه بر طول روز، عواملی مانند بالایی دمای هوا، کمبود نیتروژن و رطوبت خاک، افزایش سن گیاه و ذخیره غذایی آن در تسریع انتقال از فاز رویشی به فاز زایشی نقش دارند. بعضی از گیاهان به یک حداقل رشد برای واکنش به طول روز نیاز دارند. اما در کلیه گیاهان، سرعت واکنش به طول روز با افزایش سن گیاه بیشتر می‌شود و نیاز گیاه به طول روز در مدت کوتاهتری رفع می‌شود.

گروه‌بندی بر اساس طول دوره رشد

هر گاه جمعیت بزرگی از ارقام یک گونه مورد توجه قرار می‌گیرد، مشاهده می‌شود که بعضی بسیار زود و بعضی بسیار دیر به گل رفته و سیکل حیاتی خود را تکمیل می‌کنند. لذا ارقام یک گیاه ممکن است بر اسا س تعداد روز از سبز شدن تا رسیدگی به گروه‌های زودرس و میان رس و دیررس تقسیم نمود. طول دوره رشد یک گیاه را نباید با طول فصل رشد موجود در یک منطقه اشتباه گرفت. فصل رشد را به طور قراردادی از زمان وقوع آخرین یخبندان در بهار تا زمان وقوع اولین یخبندان در پاییز محسوب می‌دارند. این مدت از سالی به سال دیگر متغیر است. میانگین طول فصل رشد موجود در یک منطقه را به طور قراردادی و بر اساس آمار هواشناسی درازمدت از زمان پیدایش ۵۰ درصد احتمال وقوع آخرین یخبندان بهاره تا زمان پیدایش ۵۰ درصد احتمال وقوع اولین یخبندان پاییزه محسوب می‌دارند. دوره رشد گیاهان ممکن است قبل از آغاز فصل رشد شروع گشته و یا بعد از پایان فصل رشد نیز ادامه یابد. از نظر تئوری، حداکثر طول دوره رشد موجود برای یک گیاه برابر حد فاصل زمانی بین رسیدن میانگین دمای شبانه روزی هوا به دمای پایه رشد گیاه مورد نظر در بهار تا رسیدن میانگین دمای شبانه روزی هوا به دمای پایه رشد آن گیاه در پاییز می‌باشد.

از نظر تئوریکی، دمای پایه برابر با پایین ترین میانگین دمای شبانه روزی است که در آن رشد گیاه مورد نظر آغاز می‌گردد.

گروه‌بندی بر اساس حرارت مطلوب رشد

این گروه‌بندی بر اساس شرایط حرارتی مناسب رشد محصول انجام شده و در نتیجه نشانگر بخشی از سال است که محصول در آن رشد مطلوبی انجام می‌دهد. این قسمت بندی مطلق نبوده و گیاهان زیادی در حد فاصل دو گروه قرار می‌گیرند.

۱- گیاهان سرمادوست: این گیاهان بهترین رشد خود را در هوای خنک (حدود ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) انجام می‌دهند در هوای گرم (بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) آسیب می‌بینند و ماهیتا روز بلند می‌باشند مانند گندم، جو، سیب زمینی، نخود.

۲- گیاهان گرمادوست: این گیاهان بهترین رشد خود را در هوای نسبتا گرم (حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) داشته و رشد آنها در هوای خنک بسیار کند می‌باشد. این گیاهان روز کوتاه بوده و شامل گیاهانی مثل لوبیای چشم بلبلی، ماش، ذرت است.

طبقه‌بندی بر اساس طول عمر

۱- گیاهان یکساله: این گیاهان یک فصل زراعی یا یکسال مورد کشت و کار قرار می‌گیرند مانند: گندم، جو.بعضی از گیاهان یکساله پتانسیل آن را دارند که در صورت عدم وجود عامل کشنده، به صورت گیاهی چند ساله در آیند، هر چند که عملکرد اقتصادی نداشته باشند.

۲- گیاهان دوساله: طول عمر آنها به دو دوره تقسیم می‌گردد، دوره اول شامل مرحله رویشی و تولید شاخه و برگ و دوره دوم مرحلهٔ زایشی یا تولید گل و میوه است مانند چغندر قند برای تولید بذر. این گیاهان در نواحی سرد و نیمه سرد ضرورتاً بهاره هستند و در اوایل بهار کشت می‌شوند.

۳- گیاهان چندساله: گیاه در چند فصل زراعی در زمین باقی می‌ماند و در مدت عمر، چند بار تولید بذر می‌کند، در این گیاهان اندام‌های اندوخته‌ای بسیار اهمیت دارد، مانند یونجه‌های چند ساله.

طبقه‌بندی بر اساس عملیات زراعی

در این طبقه‌بندی امکان انجام عملیات وجین در بین ردیف‌های کاشت مورد نظر است:

۱-گیاهان وجینی: حجم رویشی هر بوته زیاد بوده و معمولا با فاصله ردیف بیش از ۴۰ سانتی‌متر کشت می‌شوند مانند سیب زمینی و پنبه.

۲-گیاهان غیر وجینی: حجم رویشی هر بوته کم است و در نتیجه گیاه با تراکم زیاد و به صورت پراکنده یا با فاصله ی ردیف‌های کمتر از ۴۰ سانتی‌متر کشت می‌شوند مانند گندم و جو.

★ عوامل اقلیمی موثر بر رشد و نمو گیاهان زراعی

محیط رشد گیاه مجموعه‌ای از کلیه عوامل غیر ژنتیکی است که رشد گیاه را به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهند. به بیان دیگر محیط مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی – خاکی است که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. بدلیل اثرات متقابل محیط – گیاه است که گیاهان بومی یک ناحیه از ناحیه دیگر متفاوت می‌باشند و رشد و نمو یک گیاه از یک محیط به محیط دیگر تغییر می‌یابد. عوامل محیطی، تعیین‌کننده موفقیت یا شکست تولید یک محصول زراعی می‌باشند. لازم به یادآوری است که وضعیت عوامل خاکی به طور وسیعی حاصل عمل دراز مدت عوامل اقلیمی است. عوامل جوی از متغیرهای مورد اندازه گیری اقلیم می‌باشند.

به مجموع عوامل جوی در مدت زمان طولانی در یک منطقه، آب و هوا یا اقلیم (Climate) می‌گویند. آب و هوا از مهمترین عوامل محیطی مؤثر بر روی گیاهان محسوب می‌شود. هوای محلی(Weather) به شرایط آب و هوایی در یک دوره کوتاه مدت می‌گویند که تحت تأثیر عوامل طبیعی یا غیر طبیعی است مانند پوشش گیاهی که در لطافت و خنکی یک منطقه مؤثر است یا نهر آب که شرایط میکروکلیما ایجاد می‌کند. اقلیم و مجموعه عوامل محیطی در تعیین نوع گونه زراعی و ارقام مناسب کشت در هر منطقه و نیز در تعیین عملکرد حاصل از گیاهان نقش مهمی را به عهده دارد. اقلیم بر ساختار و عمل اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی تاثیر بسزائی دارد. به طور کلی فنولوژی، سرعت رشد و تولید ماده خشک در گیاهان زراعی به مجموعه عوامل اقلیمی نظیر انرژی خورشیدی، نور، طول روز، درجه حرارت، آب و غیره بستگی دارد و بنابراین شناخت نحوه تاثیر این عوامل بر گیاهان زراعی ضروری به نظر می‌رسد.

هوا:

نیتروژن (۷۸٪)، اکسیژن (۲۱٪) و گاز کربنیک (۰/۰۳٪) سه گاز مهم هوا می‌باشند. معمولا در هوا به اندازه کافی اکسیژن وجود دارد و محدودکننده رشد نیست. اما ممکن است طی شب‌ها در اعماق اجتماع‌های گیاهی بسیار متراکم کمبود آن وجود داشته و رشد گیاه را محدود کند. گاز کربنیک، کربن مورد نیاز فتوسنتز را در اختیار گیاه می‌گذارد. عدم جریان هوا می‌تواند باعث پایین رفتن غلظت این گاز در میان اجتماع‌های گیاهی متراکم شده و از میزان فتوسنتز بکاهد. غلظت گاز کربنیک در فصول مختلف سال متفاوت است، در تابستان که عمل فتوسنتز به حداکثر خود می‌رسد غلظت گاز کربنیک در حداقل قرار دارد و در پاییز زیاد شده و در زمستان به بیشترین غلظت می‌رسد. غلظت گاز کربنیک خاک بیشتر از هوا و غلظت اکسیژن آن کمتر از هوا است.

هوا تمایل زیادی برای جذب رطوبت دارد. هر چه دمای هوا بالاتر رود، ظرفیت جذب و نگهداری رطوبت آن نیز بیشتر خواهد شد. هوایی را که بخار آب آن به حداکثر ظرفیتش رسیده باشد، هوای اشباع از بخار آب گویند. نسبت بخار موجود در هوا را به کل ظرفیت آن (وضعیت اشباع) رطوبت نسبی هوا گویند. هر چه رطوبت نسبی هوا کمتر شود، قدرت جاذبه هوا برای آب افزایش شدیدتری داشته و میزان تبخیر آب از سطوح تبخیر مثل خاک، برگ و یا سطح آزاد آب زیادتر می‌شود.

رطوبت هوا اثرات دیگری نیز بر رشد گیاه دارد. رطوبت هوا تعیین‌کننده دوره رشد گیاه می‌باشد. به طور کلی هوای خشک باعث کوتاهی و هوای مرطوب باعث طولانی شدن دوره رشد گیاه می‌گردد. رطوبت هوا عامل بسیار مهمی در توسعه بیماری‌های گیاهی و حشرات است. در کشت‌های متراکم، رطوبت هوا در بین بوته‌ها زیاد بوده و این شرایط، رشد بعضی از حشرات و بیماری‌ها را تسهیل می‌نماید. به علاوه، در محیط‌های مرطوب، بافت‌های گیاهی لطافت بیشتری داشته و حساسیت زیادی به حشرات و بیماری‌ها دارند. رطوبت هوا در جذب سموم گیاهی نیز موثر می‌باشد. در هوای مرطوب، لایه کوتیکول برگ‌ها نفوذپذیری بیشتری نسبت به مواد محلول در آب دارد و این امر نفوذ سموم محلول در آب را تسهیل می‌نماید.

دما:

رشد گیاهان حساسیت زیادی به دما دارد. گاهی تغییر کمی در درجه حرارت منجر به تغییر قابل توجهی در میزان رشد می‌شود. هر گونه یا واریته‌های در هر مرحله از سیکل زندگی دارای یک دمای کمینه که در پایین‌تر از آن دارای هیچ رشدی نیست، یک دمای بهینه (یا دامن‌های از دما) که در آن رشد در حداکثر مقدار خود می‌باشد و یک بیشینه دما که در بالاتر از آن قادر به رشد نیست یا ممکن است بمیرد، باشد. برای رشد مطلوب بعضی از گیاهان زراعی لازم است درجه حرارت در شب کم و در طول روز زیاد باشد (Thermoperiodism). هر گونه زراعی برای شروع جوانه زنی و رشد خود به حداقلی از درجه حرارت نیاز دارد که در

دمای پایین‌تر از این نقطه رشد آغاز نشده و یا متوقف می‌شود، این درجه حرارت که برای هر گونه عدد مشخصی است، صفر فیزیولوژیکی یا درجه حرارت پایه نامیده می‌شود. سرعت فعالیت‌های بیولوژیکی تابع درجه حرارت بوده و برای هر واکنش بیوشیمیایی پارامتری موسوم به Q_{10} وجود دارد که میزان افزایش سرعت آن واکنش به ازاء هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش درجه حرارت را نشان می‌دهد. کلیه فعالیت‌های حیاتی گیاهان در محدوده درجه حرارت صفر تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. برای اینکه گیاهان بتوانند حرارت‌های کمتر یا بیشتر از محدوده فوق را تحمل کنند باید تغییراتی در وضع سلولی آنها حاصل گشته و به عبارت دیگر به خواب بروند.

عرض جغرافیایی عامل اصلی تغییرات درجه حرارت در مناطق مختلف است. با افزایش عرض جغرافیایی، خورشید مایل‌تر می‌تابد و در نتیجه انرژی دریافتی توسط واحد سطح زمین کاهش می‌یابد. ارتفاع از سطح دریا نیز بر تغییرات درجه حرارت موثر است. به ازای هر هزار متر افزایش ارتفاع از سطح دریا ۵ تا ۶ درجه سانتیگراد دما کاهش می‌یابد ولی اصولاً میزان تابش نور مستقیم در ارتفاعات بیشتر است. توجه به این نکته ضروری است که درجه حرارت خاک همیشه کمتر از هوا است. رطوبت هوا نیز طول موج‌های بلند را جذب می‌کند. این عمل، همراه با گرمای نهانی آب سبب می‌شود که تغییرات شبانه روزی دمای هوا در محیط‌های مرطوب کمتر باشد.

بسیاری از گیاهان برای تکمیل دوره رشد خود به تجمع مقدار خاصی حرارت نیاز دارند، مشروط به اینکه دماهای موجود در محدوده مناسب برای رشد باشند. این تجمع حرارت را که درجه- روز رشد (Growing- degree days) یا تجمع واحد حرارتی می‌گویند، از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$GDD = \sum \left\{ \frac{T_{max} + T_{min}}{۲} - Tb \right\}$$

T_{max} و T_{min} به ترتیب دمای حداکثر و دمای حداقل در هر شبانه روز و Tb دمای پایه رشد می‌باشد. در رابطه چنانچه T_{min} از Tb کمتر باشد، Tb جایگزین می‌شود. همچنین اگر T_{max} از دمای ماکزیمم تئوریک توقف رشد گیاه بیشتر باشد، با دمای اخیر جایگزین می‌شود.

درجه حرارت مطلوب در گیاهان زراعی بر حسب مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت می‌باشد، به عبارت دیگر گیاهان در هر مرحله از رشد به درجه حرارت مطلوبی احتیاج دارند که ممکن است با درجه حرارت مطلوب برای مرحله دیگری از رشد اختلاف داشته باشد. همچنین حد تحمل سرما و یا گرما در مراحل مختلف رشد متفاوت است. برای مثال، جوانه زنی به عنوان یکی از مراحل رشد نسبت به تغییرات درجه حرارت معمولا مقاومت بیشتری نشان می‌دهد. مرحله گلدهی در اغلب گیاهان زراعی نسبت به تغییرات درجه حرارت حساس بوده و در آن اختلال ایجاد می‌شود.

گیاهان یکساله زمستانه و نیز برخی از درختان چوبی برای گلدهی عادی در بهار به درجه حرارت‌های پایین در زمستان (chilling requirment) احتیاج دارند. این گیاهان تا زمانی که به مدت چند هفته در دمای بین ۳- تا ۱۳+ درجه سانتی‌گراد قرار نگیرند، گل نخواهند داد. برآورده شدن نیاز سرمایی این گیاهان جهت گلدهی بهاره سازی (vernalization) نامیده می‌شود. بهاره کردن عبارت است از تسریع و جلو انداختن گل کردن گیاه به طرق مصنوعی و تا حدی به ترموپریودیسم بستگی دارد. این کار عموماً در غلات رایج است. مثلاً گندم پاییزه احتیاج به سرمای زمستانه دارد و اگر در اول بهار کشت شود علفی شده و دانه تولید نکرده و یا کم و نامناسب تولید می‌کند. برای آنکه بتوان گندم پاییزه را بهاره کشت کرد و بارور ساخت باید با اعمال برودت مصنوعی (همچون سرمای زمستان)، دانه آن را تحریک کرده و بهاره ساخت.

منبع دریافت گرما برای گیاهان خورشید است. میزان انرژی دریافت شده در جوامع گیاهی به نوع گیاه، رنگ برگ‌ها و طرز قرار گرفتن یا آرایش برگ‌ها روی ساقه بستگی دارد. گیاهان مقدار زیادی از انرژی دریافتی را به سه صورت اصلی زیر دفع می‌کنند:

۱- در حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد از انرژی دریافتی بازتاب می‌شود.

۲- در شرایطی که دمای گیاه از دمای محیط بیشتر باشد مقداری از گرمای جذب شده از طریق هدایت به هوای مجاور پس داده می‌شود.

۳- تعرق

چنانچه گیاه نتواند به روش‌های فوق درجه حرارت محیط داخلی خود را تقلیل دهد، با افزایش دما به بالاتر از آستانه تحمل گیاه، تنش گرمایی بروز خواهد کرد. برای هر گونه گیاهی کمیتی موسوم به HKT یا LT50 تعریف شده است که عبارتست از درجه حرارت معینی که در آن دما ۵۰٪ گیاهانی که در معرض تنش بوده‌اند از بین خواهند رفت. بین LT50 و زمان رابطه معکوس وجود دارد و با افزایش مدت زمان تداوم دما LT50 کاهش خواهد یافت. بنابراین از پارامتر دیگری نیز به نام KT50 استفاده می‌شود که عبارت است از مدت زمانی که تحت یک درجه حرارت معین برای از بین رفتن ۵۰٪ گیاهان لازم است.

افزایش دما باعث افزایش شدید پتانسیل تبخیر و تعرق می‌شود که منتج به تنش رطوبتی در گیاه می‌شود. در دماهای بالا، فتوسنتز کاهش و تنفس افزایش می‌یابد. نتیجه این واکنش، کاهش تجمع نشاسته و نقصان رشد و عملکرد گیاه می‌باشد. با افزایش دما نمو (تغییرات کیفی) گیاه تسریع می‌شود. افزایش سرعت نمو سبب کاهش سطح فتوسنتزکننده و زمان برای فتوسنتز می‌شود و در نهایت رشد و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد.

گیاهان مقاوم به گرما به دو شکل از گرمای زیاد محیط مصون می‌مانند:

الف) اجتناب از گرما: اجتناب از گرما مشتمل بر مکانیزم‌هایی است که گیاه خود را از قرار گرفتن در معرض گرمای بیش از حد محیط محافظت می‌کند. از جمله مکانیزم‌های اجتناب در گیاهان موارد زیر را می‌توان نام برد:

- ایجاد موانع به طوری که این موانع بتوانند مانع از ورود گرما شوند، مانند وجود لایه سوبرین یا موم
- کاهش تنفس، چون در مکانیسم تنفس گرما تولید می‌شود.
- کاهش در میزان انرژی حرارتی دریافت شده از خورشید که این عمل از طریق افزایش انعکاس نور و افزایش تعرق انجام می‌شود. ایجاد کرک و رنگ و تغییر جهت برگ‌ها نسبت به زاویه تابش آفتاب از راه‌های افزایش انعکاس می‌باشند.

ب) تحمل گرما: تحمل گرما شامل مکانیسم‌هایی است که با بکارگیری آنها گیاه درجه حرارت زیاد محیط را دریافت کرده ولی به بهای از دست دادن پروتئین‌ها، چربی‌ها و موادی که برای حفظ ساختمان خود بوجود آورده تنش را تحمل می‌کند. به عبارت دیگر گیاه گرمای محیط را صرف تجزیه مولکول‌های درشت درون سلول‌های خود کرده و از این طریق صدمه مستقیم گرما را کاهش می‌دهد.

وقوع دماهای پایین نیز نامطلوب است. دمای پایین رشد گیاه را به تاخیر می‌اندازد و دوره رشد را طولانی می‌سازد. طولانی شدن دوره رشد ممکن است سبب شود که زمان رسیدگی دانه با شرایط آب و هوائی نامساعد برخورد کرده و عملکرد پایین آید و یا برداشت محصول با بارندگی‌های پاییزه همزمان گشته و عملیات برداشت دچار اشکال شود.

در هواشناسی نزول درجه حرارت هوا به پایین‌تر از نقطه انجماد آب را یخبندان (Freezing) گویند. اغلب گیاهان زراعی در درجه حرارت‌های بالاتر از نقطه انجماد آب دچار صدمه می‌شوند. به این نوع تنش که در اثر درجه حرارت‌های پایین (ولی بیشتر از صفر) ایجاد می‌شود، سرمازدگی (Chilling) گفته می‌شود. عواملی که باعث افزایش آستانه حساسیت به سرمازدگی می‌شوند: رشد فعال (نسبت به رشد کمتر یا خواب)، کمبود مواد غذایی یا وجود آفات و بیماری‌ها که بر سلامت گیاه تاثیر می‌گذارند، افزایش مدت زمان سرما، افزایش سرعت نزول دمای هوا، نسبت سطح به حجم بالا. برای مقابله با سرمازدگی لازم است از ارقام مقاوم استفاده شود.

عوارض دیگر سرمازدگی: کمبود مواد غذایی (گرسنگی، به خاطر افزایش سرعت تنفس و کاهش فتوسنتز)، تخریب پروتئین‌ها، از بین رفتن ذخایر و کمبود پروتئین، توقف جریان سیتوپلاسمی، تجمع مواد سمی (آمونیاک، پلی فنل‌ها)، کاهش جذب آب و تنش خشکی.

مکانیزم تحمل سرمازدگی در گیاهان به طور کلی عبارت است از تحمل گیاه نسبت به تجزیه و مصرف ذخایر از جمله پروتئین‌ها و نیز تحمل خشکی می‌باشد.

تنش یخزدگی زمانی رخ می‌دهد که درجه حرارت به پایین‌تر از نقطه انجماد آب برسد. بنابراین بروز این صدمات بیشتر در مورد گیاهان مناطق معتدله مطرح است. از عمده ترین علائم آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- آفتاب سوختگی زمستانه ۲- شکافته شدن تنه درختان، ۳- مرگ انتهایی شاخه‌ها، چنین شاخه‌هایی معمولا بعد از بهار رشد نمی‌کنند ۴- ریزش جوانه‌های گل قبل از باز شدن ۵- ریزش میوه‌ها ۶- سیاه شدن آوندهای چوبی

یخزدگی برون سلولی عامل اصلی بروز صدمات ناشی از تنش یخبندان است. یخزدگی گیاهان معمولا از نقاطی شروع می‌شود که غلظت شیره خام حداقل است و چون شیره خام موجود در آوندهای چوبی حداقل غلظت را دارا می‌باشد، بنابراین آوندهای چوبی

معمولا اولین محل شروع یخزدگی هستند. سرما از طریق آوندهای چوبی به فضای بین سلولی رسیده و بخار آب موجود در این فضا را منجمد می‌کند، لذا فشار بخار آب در این فضا کاهش می‌یابد ولی فشار بخار آب در سلول‌ها هنوز زیاد است. این اختلاف فشار باعث کشیده شدن آب از سلول‌ها به فضای بین سلولی می‌شوند. اگر نزول درجه حرارت ادامه یابد، تمام آب سلول به فضای بین سلولی کشیده می‌شود و منجمد می‌گردد. ولی یخ نمی‌تواند به داخل سلول‌ها نفوذ کند زیرا سلول به دلیل وجود غشاء و ترکیبات لیپیدی داخل غشاء قابلیت ارتجاع داشته و پاره نمی‌شود. بنابراین خسارت غیرمستقیم ناشی از سرما، خشکی یا پلاسمولیز کاذب سلولهاست. به این ترتیب آب کشیدگی (Dehydration) سلول‌ها در اثر یخزدگی مهمترین صدمه ناشی از این تنش می‌باشد. به علاوه به دلیل انجماد آب موجود در خاک، جذب آب از خاک متوقف می‌شود و گیاه با نوعی خشکی که ناشی از اختلال در جذب است نیز مواجه می‌شود، این نوع خشکی را معمولا پسابش یا پسابیدگی (Dessication) می‌نامند. خفگی ناشی از یخ (Freeze smothering) نیز از جمله خسارات یخزدگی است زیرا تشکیل یخ روی بافت از خروج و ورود گازها ممانعت می‌کند.

گاهی اوقات ممکن است بافت‌های گیاه تا درجه حرارت زیر نقطه انجماد سرد شوند بدون اینکه یخزدگی در آنها رخ دهد به این پدیده اصطلاحا سوپرکولینگ گفته می‌شود.

سرما به جز از طریق یخزدگی آب سلول‌ها، از طرق دیگری نیز بر گیاه اثر می‌گذارد که از جمله این اثرات می‌توان موارد زیر را نام برد:

- یخ زدن خاک: در اثر این امر اولا اکسیژن خاک کاهش می‌یابد و ثانیا جذب آب به وسیله ریشه متوقف می‌شود.
- بلند شدن خاک و قطع شدن ریشه ها: چنانچه هوا به سرعت سرد شود، لایه سطحی خاک یخ زده و از قسمت تحتانی خاک جدا می‌شود. بلند شدن لایه سطحی خاک باعث جدایی ریشه از ساقه و یا قطع قسمت‌های زیادی از ریشه می‌شود. در چنین شرایطی برای کمک به نشست خاک باید مزرعه را غلتک زد یا گوسفند دوانید تا تماس مجدد طوقه با خاک برقرار شود. در گندم و جو می‌توان عمق کاشت بذر را افزایش داد.
- بعضی از بیماری‌های گیاهی نظیر پوسیدگی‌های ناشی از فوزاریوم در زیر پوشش برف توسعه می‌یابند.
- کمبود مواد غذایی که به دلیل باقی ماندن طولانی گیاه در زیر برف و اتمام ذخایر غذایی آن رخ می‌دهد.

پوشش برف همیشه مضر نیست، بلکه فوایدی هم دارد. پوشش برف، همانند بقایای گیاهی به صورت عایقی عمل کرده، خاک و گیاه را در زمستان گرمتر نگاه داشته و از تغییرات سریع حرارتی گیاه و خاک جلوگیری می‌کند.

باد:

جریان هوا در اثر اختلاف فشار یا دما بین دو نقطه را باد گویند. باد نقش مهمی در انتقال، اختلاط و تسریع توزیع گازها دارد. باد به طرق مختلفی و به طور مستقیم و غیر مستقیم بر گیاه تاثیر می‌گذارد که بعضی از آنها در ادامه لیست شده است. انتقال دانه گرده، سموم و گازها، انتقال رطوبت، بخار آب و تراکم آنها و تولید ابر و باران، فرسایش خاک و حرکت ریگهای روان و انتقال آن، تشدید تبخیر زمانیکه شدت باد دو برابر شود، میزان تبخیر چهار برابر می‌شود (لذا دامنه‌های مشرف به باد معمولاً خشکتر از سایر دامنه‌ها می‌باشند)، شکستگی و خوابیدگی بوته‌ها.

باد ملایم باعث کاهش ضخامت لایه مرزی می‌شود که منجر به افزایش تعرق و خنک‌تر شدن گیاه و همچنین افزایش میزان انتشار گاز کربنیک به داخل برگ می‌شود.

در ارتفاعات، شدت باد زیاد بوده و گیاه نمی‌تواند میزان تعرق را جبران کند، گیاهان نقاط مرتفع اکثراً پاکوتاه می‌باشند. بادهای گرم بیشتر از بادهای خنک، گیاهان را در معرض خشکی قرار می‌دهد و اکثراً باعث خزان غیر طبیعی می‌شوند. وزش بادهای گرم زمستانی به خصوص زمانیکه زمین یخ زده است باعث خشک شدن درختان و گیاهان علفی مانند گندم و جو پاییزه شده و از محصول آنها می‌کاهد.

باد باعث تعریق شدید و خشک شدن مادگی گلها شده و عمل لقاح دچار اختلال می‌گردد و همچنین باعث ریزش گلها و میوه می‌شود. شدت باد در فصل خوشه بندی و دانه بندی غلات باعث بوجود آمدن پدیده بادزدگی (Blasting، اشوداژ معادل فرانسوی بادزدگی می‌باشد) می‌گردد. زمانیکه گندم یا جو به مرحله دانه بندی می‌رسند وزش باد خصوصاً بادهای گرم مانع از تشکیل دانه شده و اگر دانه‌ای هم تشکیل شده باشد مانع از انتقال مواد غذایی به دانه شده و دانه لاغر و چروکیده می‌شود که یکی از علائم

بادزدگی می‌باشد. در مناطق بادخیز، دادن کود ازت زیاد به مزارع گندم و جو به خصوص در مراحل رشد رویشی باعث افزایش رشد رویشی و ورس شدید و کاهش محصول می‌گردد.
در مناطق بادخیز از بادشکن طبیعی یا مصنوعی استفاده می‌شود. باد شکن باید دیواری مشبک و یا ردیف‌هایی از درختان بوده و نفوذپذیری کای داشته باشد. یک درخت بلند ۸ تا ۱۰ برابر ارتفاع خود را از خطر باد محافظت می‌کند.
برای مقابله با عمل مکانیکی باد ممکن است ردیف‌های کاشت گیاهان را در جهت وزش بادهای دائمی گرت تا باد از میان ردیف‌های کاشت عبور نماید. استفاده از مالچ در سطح زمین از اثرات فرسایشی باد می‌کاهد.
در مناطق کوهستانی در شب هوای سرد کوهستان به دلیل سنگین‌تر بودن به سمت دشت حرکت کرده و باعث سرد شدن کف دره و دشت می‌گردد، به این پدیده هواکشی گویند. لذا گیاهان در کف دره از سرما خسارت می‌بینند. مانند مرکبات شمال که در دامنه کوه کشت می‌گردند تا خسارت نبینند.

آب:

مهمترین عامل محدودکننده رشد گیاهان آب است. اهمیت نسبی آب در تولیدات کشاورزی بر حسب شرایط جغرافیایی و اقلیمی تغییر می‌کند و به طور کلی به مقدار و توزیع زمانی نزولات بستگی دارد. علاوه بر بارندگی، میزان تبخیر و تعرق و خصوصیات خاک در ارتباط با نگهداری آب نیز نقش مهمی در رژیم رطوبتی هر منطقه بر عهده دارد. برنامه‌ریزی‌های زراعی نباید صرفا بر مبنای میانگین بارندگی در یک منطقه انجام گیرد، بلکه حتما باید نوسانات آن را نیز در نظر گرفت.
باران مؤثر (Effective rainfall): از نقطه نظر زراعی باران موثر قسمتی از کل بارندگی است که به طور مستقیم نیاز رطوبتی گیاه را تامین می‌کند. در دیمکاری و در مواردی که زمین به صورت آیش رها می‌شود، باران موثر مقداری از بارندگی است که بتواند برای محصول بعد از آیش در خاک ذخیره شود.
درجه تاثیر باران (Rainfall effectiveness): درجه تأثیر باران (کارایی بارندگی) عبارت است از میزان مفید بودن آن در یک منطقه معین. مقداری معینی باران اگر در شرایط متفاوتی از نظر شدت خشکی یک منطقه نازل شود و یا حتی اگر در مراحل مختلف رشد گیاه ببارد درجه تاثیر متفاوتی خواهد داشت. هر عاملی که بر میزان نفوذ آب، رواناب سطحی و تبخیر و تعرق موثر واقع شود بر باران موثر نیز تاثیر خواهد گذاشت.
رواناب (Runoff): به قسمتی از نزولات جوی گفته می‌شود که به صورت جریان سطحی یا زیرسطحی به طرف آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها واقیانس‌ها براه می‌افتد ولی به طور معمول این اصطلاح فقط برای جریان‌های سطحی بکار می‌رود. رواناب زمانی در سطح زمین جاری می‌شود که شدت بارندگی یا میزان آبی که به زمین می‌رسد از میزان توانایی جذب آب به وسیله خاک بیشتر باشد.
تبخیر وتعرق: تبخیر و تعرق بالقوه یا پتانسیل عبارت است از تلفات آب از یک پوشش سبز از گیاهان زراعی که در حال رشد فعال بوده و سطح زمین را به طور کامل پوشانیده باشد، به علاوه آبی به اندازه کافی برای پوشش عرضه گردد. تبخیر و تعرق واقعی یا حقیقی گیاهان زراعی معمولاً کمتر از تبخیر و تعرق پتانسیل است. زیرا در حالت طبیعی عرضه آب به گیاه محدود بوده و در نتیجه گیاه از طریق بستن روزنه‌ها با تعرق زیاد از حد مقابله می‌کند.

نسبت تعرق: نسبت تولید ماده خشک به آب مصرفی را نسبت تعرق گویند. نسبت تعرق در گیاهان زراعی معمولا بین $\frac{۱}{۲۰۰}$ تا $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ بوده و با شرایط محیطی تغییر پیدا می‌کند. به عبارت دیگر برای تولید هر کیلوگرم ماده خشک حدود ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر آب تعرق می‌گردد. خسارت حشرات و بیماری‌ها باعث افت شدید نسبت تعرق می‌گردد.
راندمان مصرف آب: عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی محصول به تبخیر و تعرق انجام شده. عملکرد و تبخیر و تعرق تابعی از شرایط محیطی و مدیریت زراعی می‌باشند. در شرایط معمول تولید، عملکرد بیشتر تابع مدیریت زراعی و تبخیر و تعرق بیشتر تابع شرایط محیطی می‌باشد. به طور مثال کود و هر عامل زراعی دیگر که شرایط رشد را مساعدتر سازد، عملکرد را بالا می‌برد، اما مصرف آب به همان نسبت افزایش نمی‌یابد و در نتیجه راندمان مصرف آب زیادتر می‌شود.گیاهانی مانند ذرت، ذرت خوشه‌ای و

چغندر علوفه‌ای راندمان مصرف آب بسیار بالایی دارند. جو، یولاف، گندم و لوبیا چشم بلبلی راندمان مصرف آب متوسطی دارند و راندمان مصرف آب در یونجه پایین است. البته لازم به ذکر است که راندمان مصرف آب معیاری از مقاومت به خشکی نیست. مثلا راندمان مصرف آب در ذرت بیشتر، اما مقاومت به خشکی آن کمتر از یونجه است. در شرایط دیم چون کمبود رطوبت خاک باعث کاهش شدید عملکرد می‌شود، راندمان مصرف آب بالا نیست.

آب آستانه تولید: مقدار رطوبت مورد نیاز برای رشد رویشی اولیه و رسیدن به حداقلی از عملکرد قابل برداشت (آستانه تولید). مثلا در منطق‌های کل رطوبت قابل استفاده رقم گندمی در ابتدای فصل رشد بهاره معادل ۳۰۰ میلی‌متر آب در واحد سطح و مقدار رطوبت لازم برای رسیدن به آستانه تولید ۱۲۰ میلی‌متر در واحد سطح است. با فرض اینکه بازده رطوبت باقی مانده برابر ۸ کیلوگرم دانه گندم به ازای هر میلی‌متر آب در هکتار باشد، عملکرد مورد انتظار طبق روش زیر محاسبه می‌شود:

آب باقی مانده (میلی‌متر) ۳۰۰-۱۲۰=۱۸۰

عملکرد مورد انتظار (کیلوگرم در هکتار) ۱۸۰ × ۸=۱۴۴۰

تنش آب (Water stress)

واژه خشکی نشانگر دوره بدون بارندگی است که در طی آن مقدار آب خاک تا حدی کاهش می‌یابد که گیاهان به دلیل کمبود آب خسارت می‌بینند. گیاهان از نظر حساسیت به خشکی به سه گروه تقسیم می‌شوند: ۱- گیاهان آبدوست (Hydrophtes) ۲- گیاهان نسبتاً خشکی دوست (Mesophytes) ۳- گیاهان خشکی پسند (Xerophytes). گیاهان گروه اول و دوم قادر به تحمل دوره‌های خشکی نبوده و به سرعت از خشکی آسب می‌بینند ولی گیاهان خشکی پسند، به دلیل داشتن ویژگی‌های خاص قادر به مقاومت در مقابل خشکی می‌باشند.

تنش کمبود آب هنگامی اتفاق می‌افتد که رطوبت موجود در اطراف ریشه به نقطه پژمردگی دائم یا کمتر از آن کاهش یابد در نتیجه گیاه قادر به جذب آب کافی نبوده و در سلول‌ها فرآیند آب کشیدگی (دهیدراسیون) ایجاد می‌گردد. کاهش آب در گیاهان موجب کاهش رشد می‌شود که در اثر کاهش آماس سلولی بروز می‌کند. بر اساس شدت و مدت تنش آب، ممکن است پژمردگی پنهان، پژمردگی موقت و یا پژمردگی دائم به وجود آید. پژمردگی پنهان آثار و علائم کاملا اشکاری ندارد ولی ممکن است به صورت افت استحکام برگ و یا افزایش زاویه آن با ساقه مشاهده شود. پژمردگی پنهان غالبا در ساعات گرم روزهای داغ تابستان پیش می‌آید، حتی اگر رطوبت خاک زیاد باشد. کاهش شدیدتر پتانسیل هیدرواستاتیک به پژمردگی برگ‌ها و بعداً تمامی بوته منجر می‌گردد. چنانچه گیاه پس از تامین مجدد آب شادابی خود را به دست آورد، پژمردگی از نوع موقت می‌باشد. ولی چنانچه گیاه پس از تامین مجدد آب نتواند شادابی خود را به دست آورد، پژمردگی از نوع دائم است.

تنش آب در هر مرحله‌ای از رشد موجب تسریع نمو می‌گردد. در بسیاری از گیاهان زراعی، تنش آب در مراحل تشکیل جوانه گل، گل‌دهی، گرده افشانی و اوایل دانه بندی بسیار مضر است. در این مراحل، حتی دوره‌های کوتاه کم آبی موجب کاهش تعداد گل‌ها و عملکرد می‌گردد. این مسئله در مورد گیاهان گل انتهایی و گیاهانی که فقط یک گل آذین دارند، اهمیت بیشتری دارد. در شرایط تنش آبی رشد ریشه نقصان می‌یابد اما کمتر از ساقه آسیب می‌بینند. ریشه‌ها به سمت قسمت مرطوبتر خاک رشد می‌نمایند.

تنش آب همیشه مضر نیست و گاه تنش مختصر آب مطلوب می‌باشد. مثلا تنش رطوبتی ملایم در مرحله رشد رویشی برای جلوگیری از توسعه زیاد اندام‌های رویشی در بسیاری از گیاهان زراعی مفید است و یا تنش مختصر آب در مرحله گرده افشانی یونجه موجب افزایش عملکرد بذری آن می‌شود. زیرا این تنش موجب شیرین‌تر شدن شهد می‌گردد و حشرات گرده افشان بیشتری جلب می‌کند. همچنین در گیاهان دارویی تنش ملایم موجب افزایش کمیت و کیفیت اسانس آنها می‌شود.

مقاومت به خشکی

بقای گیاهان در شرایط خشک به دو روش انجام می‌گیرد: فرار از خشکی و مقاومت حقیقی در مقابل خشکی. بسیاری از گیاهان کویری که به گیاهان زودگذر موسومند در ابتدای فصل بارندگی جوانه می‌زنند. این گیاهان دارای دوره رشد بسیار کوتاهی هستند که محدود به دوره بارندگی بوده و ۵ تا ۶ هفته طول می‌کشد.

گیاهانی که نمی‌توانند از دوره‌های خشکی فرار کنند به دو طریق نسبت به این شرایط سازگار می‌شوند.

الف) اجتناب از تنش: اجتناب از تنش عبارت است از توانایی گیاه در حفظ بیلان آبی و آماس مناسب سلولی در شرایط کمبود آب. اجتناب از تنش عمدتاً به وسیله خصوصیات مرفولوژیکی و آناتومیکی خاص گیاه صورت می‌گیرد. بیلان مناسب آب در شرایط خشک به دو طریق حاصل می‌شود: ذخیره آب از طریق کاهش تعرق در قبل یا به محض بروز تنش (گیاهان ذخیره‌کننده آب) و تسریع جذب آب به طوری که آب از دست رفته مجدداً تأمین شود (گیاهان خرج‌کننده آب).

خصوصیات گیاهان ذخیره‌کننده آب: گوشتی بودن که سطح مخصوص برگ کاهش یافته است، دارا بودن مسیر فتوسنتزی CAM یا C_4، جلوگیری از تعرق کوتیکولی مانند کاکتوس‌ها، کاهش تعرق از طریق تجمع لیپیدها در سطح برگ، افزایش آب پیوندی یا ساختن ترکیبات خاصی از جمله پنتوزان‌ها، تولید ریشه‌های سطحی و کم عمق به مقدار زیاد که به آنها ریشه‌های بارانی گفته می‌شود، کاهش تعداد روزنه‌ها یا قرار دادن آنها در فرورفتگی‌ها یا حفرات روی برگ.

خصوصیات گیاهان خرج‌کننده آب: تولید سیستم ریشه‌ای گسترده و عمیق، تجمع در مناطق دارای آب بیشتر، رویش با فواصل نسبتا زیاد از یکدیگر جهت کاهش رقابت، افزایش نسبت ریشه به شاخساره، توانایی بالای جذب آب از طریق کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌ها، قدرت جذب شبنم، تبدیل شدن از حالت خرج‌کننده به حالت ذخیره‌کننده در شرایط شدید خشکی.

ب) تحمل تنش: گیاهان متحمل به خشکی با کاهش رطوبت محیط آب از دست داده و در معرض پتانسیل کم آب قرار می‌گیرند ولی با صرف هزینه‌های متابولیکی خشکی را تحمل می‌کنند. به طور کلی گیاهان با بکارگیری مکانیسم‌های زیر قادر به تحمل دوره‌های خشکی می‌باشند:

۱- اجتناب از صدمات ناشی از کاهش رشد: در طی این مکانیسم گیاه با تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌های خود که از طریق تولید اسیدهای آلی یا جذب مواد معدنی از خاک صورت می‌گیرد، پتانسیل فشاری سلول‌ها را همواره مثبت حفظ کرده و مانع از کاهش رشد و صدمات بعدی ناشی از آن می‌شود.

۲- تحمل در مقابل گرسنگی: که این عمل از طریق کاهش تنفس و یا جذب آب از سلول‌های اپیدرمی مجاور و باز نگهداشتن سلول‌های روزنه جهت ادامه فتوسنتز صورت می‌گیرد.

۳- اجتناب در مقابل از بین رفتن پروتئین ها: که این امر یا از طریق سنتز مجدد پروتئین و یا به وسیله جلوگیری از تخریب آنها میسر می‌شود.

برخی از گیاهان غیر زراعی می‌توانند در شرایط خشکی شدید زنده بمانند ولی اکثر گیاهان زراعی قادر به چنین عملی نیستند. بنابراین گیاهان زراعی باید وضعیت آب خود را دائماً کنترل کنند تا بتوانند حیات خود را حفظ کنند و از این رو باید دارای نوعی حافظه ژنتیکی (Genetic memory) جهت ارزیابی مقدار آب قابل وصول در محیطی که در آن زندگی می‌کنند، باشند.

باید توجه نمود که گیاهان مقاوم به خشکی از نظر نسبت تعرق بر گیاهان غیر مقاوم برتری ندارند. به طور مثال، تحت شرایط کشت آبی، نسبت تعرق در ذرت بیش از ذرت خوشه‌ای است ولی تحت شرایط دیم و کم آبی نسبت تعرق در ذرت خوشه‌ای بیشتر از ذرت است. مقاومت به خشکی را می‌توان در بعضی گیاهان با تیمارهای مناسب افزایش داد مانند ۱- قرار دادن گیاه تحت شرایط خشکی برای چند روز ۲- تیمار بذر با حرارت‌های پایین یا مواد بازدارنده رشد ۳-تر و خشک کردن بذر در اوایل جوانه زنی

آب ایستادگی

گیاهانی که در خاک‌های غرقاب رشد می‌کنند در معرض شرایط hypoxic (کمبود اکسیژن) یا anoxic (بدون اکسیژن) قرار می‌گیرند. وقوع باران‌های شدید، نفوذپذیری کم و عدم وجود زهکشی مناسب در خاک‌های زراعی باعث ایجاد حالت آب ایستادگی یا غرقابی می‌شود. در خاک‌های غرقاب به دلیل پر شدن کلیه خلل و فرج و فضاهای خالی خاک به وسیله آب در وهله اول کمبود اکسیژن پیش می‌آید. با کاهش میزان اکسیژن محیط ریشه، تنفس هوازی بافت‌های ریشه متوقف می‌شود و سیکل بی هوازی تنفس دنبال می‌شود. بنابراین ریشه با کمبود انرژی مواجه شده و جذب فعال بسیاری از مواد غذایی از خاک متوقف شده یا به شدت کاهش می‌یابد. در حالت غرقاب به دلیل افزایش فرآیند دنیتریفیکاسیون کمبود نیتروژن پیش می‌آید. بسیاری از فلزات از جمله آهن و منگنز به حالت احیا در آمده و تجمع بیش از حد این کاتیون‌ها می‌تواند باعث مسمومیت گیاه شود. تولید برخی مواد سمی از جمله اتیلن و اسید بوتیریک که در اثر انجام سیکل‌های بی هوازی در ریشه تولید می‌شوند و نیز کاهش هورمون سیتوکینین و افزایش هورمون اسید آبسزیک (ABA) که باعث ریزش اندام‌های هوایی می‌شود نیز از صدمات تداوم حالت غرقابی

می‌باشند. گیاهان مقاوم به آب ایستادگی مجهز به بافتی مخصوص موسوم به آئرانشیم هستند و از طریق این بافت می‌توانند به راحتی اکسیژن را از برگ به ریشه‌ها انتقال دهند.

کیفیت آب

آب آبیاری همواره دارای مقادیر قابل توجهی مواد محلول بوده که روی هم رفته به آنها املاح گفته می‌شود. به طور کلی خصوصیات آب را به وسیله چهار معیار شیمیایی می‌توان تعیین نمود:

۱- شوری یا مقدار کل نمک‌های محلول در آب.

۲- قلیائیت یا مقدار سدیم موجود در آب نسبت به سایر کاتیون ها.

۳- مقدار ترکیب آنیونی آب، به خصوص مقدار آنیون‌های کربنات و بی کربنات.

۴- مقدار بر یا مواد دیگری که برای گیاه سمی هستند.

تاثیر نمک‌های محلول آب بر رشد گیاه عمدتا از طریق تاثیر این مواد بر فشار اسمزی آب است و میزان تغییرات فشار اسمزی آب تابع غلظت کل املاح محلول موجود در آب می‌باشند. غلظت املاح محلول را معمولا از طریق اندازه گیری هدایت الکتریکی (EC) آب می‌توان به دست آورد. بین غلظت کل نمک‌های محلول (TDS) و EC رابطه‌ای به صورت زیر برقرار است:

$$TDS = EC \times ۶۴۰$$

که در آن TDS بر حسب ppm و EC بر حسب میلی موس بر سانتی‌متر می‌باشد.

افزایش غلظت نمک‌های محلول باعث افزایش فشار اسمزی آب شده تا جایی که ممکن است گیاه قادر به جذب آب نباشد.

مقدار مطلق کاتیون‌های آب نمی‌تواند به تنهایی برای تخمین کیفیت آب یا تعیین درجه مضر بودن آن کافی باشد. برای این منظور از روش‌های دیگری استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها تعیین نسبت جذب سدیم (SAR) است. چنانچه خاک با محلولی از نمک که حاوی کاتیون‌های یک و دو ظرفیتی باشد، شستشو شود تا حالت تعادل برقرار شود، بین نسبت کاتیون‌های قابل تبادل یک ظرفیتی به دو ظرفیتی و نیز بین نسبت کاتیون‌های یک ظرفیتی به جذر غلظت کاتیون‌های دو ظرفیتی در محلول رابطه خطی وجود دارد. پارامتر اول را نسبت سدیم قابل تبادل (ESR) و پارامتر دوم را نسبت جذب سدیم می‌گویند.

$$ESR = \frac{Na}{Ca+Mg}$$

که در آن غلظت سدیم بر حسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خاک است.

$$SAR = \frac{Na}{\frac{Ca + Mg}{۲}}$$

که در آن غلظت املاح بر حسب میلی اکی والان در لیتر می‌باشد.

SAR آب آبیاری می‌تواند به عنوان شاخصی برای خطر قلیایی شدن خاک به کار رود. به طور کلی آبیاری با آب‌هایی که دارای SAR بالایی هستند، موجب قلیایی شدن خاک‌های زراعی می‌شود.

نور:

شدت، مدت و کیفیت انرژی ورودی از خورشید به طور مستقیم و غیر مستقیم بر کنترل رشد و نمو گیاهان زراعی تاثیر می‌گذارد. مقدار انرژی خورشیدی که در واحد زمان به سطح زمین برخورد می‌کند، تشعشع نامیده می‌شود که برابر با ۱/۴ کالری بر سانتیمتر مربع در دقیقه است. تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) شامل طول موج‌های بین ۷۰۰- ۴۰۰ نانومتر است که به طور مستقیم توسط کلروفیل در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد. تغییرات فصلی تشعشع ورودی به زمین در مناطق گرمسیری نسبتا اندک و در مناطقی که در عرض‌های جغرافیای بالا قرار دارند، بیشتر است.

در داخل کانوپی گونه‌ها بخش اعظم نور قرمز و آبی جذب می‌شوند و قسمت عمده نور سبز و قرمز دور باقی می‌ماند (افزایش نسبت نور قرمز دور موجب طویل شدن میانگره‌ها شده و با بلند شدن ارتفاع بوته، قدرت رقابت برای نور را افزایش می‌دهد همچنین

افزایش این نسبت از جوانه زنی بذرها جلوگیری می کند). بنابراین با وجود اینکه مقدار کل نور ممکن است کافی به نظر برسد، اما کیفیت نور می‌تواند یک عامل محدودکننده برای گیاهان واقع در زیر کانوپی باشد.

کمیت و کیفیت نور دریافتی به وسیله گیاه در یک محل خاص و نیز مدت زمان قرار گرفتن در معرض نور تابع عوامل مهمی است که شامل فصل، عرض جغرافیایی، ارتفاع و پستی و بلندی کیفیت هوا و ساختار رویشی کانوپی می‌باشد. به جز استوا، ساعات روشنایی در تابستان طویلتر و در زمستان کوتاهتر است. گیاهانی که در مناطق مرتفع رشد می‌کنند. بیشتر در معرض شرایط اشباع نوری هستند و نسبت به گیاهانی که در ارتفاع هم سطح دریا کشت می‌شوند با خطرات بیشتری از نظر تخریب کلروفیل مواجه‌اند. شیب‌های تند در جهت شمال به طور معنی داری نور مستقیم کمتری از سایر جهات دریافت می‌کنند. همچنین با افزایش عرض جغرافیایی، زاویه تابش خورشید و نیز طول مسیر حرکت نور در اتمسفر افزایش می‌یابد. بنابراین، میزان انعکاس، پراکنش و جذب نورها افزایش یافته و انرژی نورانی دریافتی توسط واحد سطح زمین کاهش می یابد. به طور کلی در مناطق خشک نور عامل محدودکننده نیست. دراین مناطق عامل مهم برای شکل دهی ساختار رویشی و سازمان دهی مستقیم کاشت معمولاً قابلیت دسترسی به آب است نه نور. در این مناطق معمولاً انرژی خورشید به وفور یافت می‌شود و بسیاری از موجودات به جای دریافت نور برای اجتناب از آن باید سازگار شوند. نور عمدتاً در مناطق مرطوب عامل محدودکننده است. به طور کلی چند کشتی در جذب نور بسیار کارآمدتر از تک کشتی است.

اگر نور خورشید عمود بتابد ۷۸٪ آن و اگر مایل بتابد فقط ۱٪ آن جذب می‌گردد. نورهائی که مستقیماً از خورشید به زمین می‌رسند نور شدید یا مستقیم نامیده می‌شوند. نور مستقیم تولید گل و میوه و دانه را در گیاهان تقویت می‌کند. لذا گیاهانی که ارتفاعات و کوهستانها را می‌پوشانند، دارای گلهای فراوان با تنوع رنگی می‌باشند. کشت گیاهان زراعی مانند غلات که هدف از تولید آنها بذر و دانه می‌باشد در مناطقی با نور مستقیم صورت می‌گیرد.

نورهائی که در اثر وجود هوای جو، بخار آب، ابر، مه و یا غبار پراکنده می‌شوند نور پخش نامیده می‌شوند. نور پخش ساختمان علفی نباتات را تقویت می‌کند و باعث رشد و نمو گیاهان می‌شود. به همین دلیل در زیر جنگلها به خاطر سایه و نور پخش گلهای فراوان دیده نمی‌شود. گیاهان زراعی که هدف از تولید آنها، شاخ و برگ فراوان است باید در مناطقی با نورپخش مناسب کشت شوند، مانند گیاهان علوفه‌ای یا توتون. گیاهان علوفه‌ای مانند یونجه را در مناطق آفتابی به طور متراکم کشت می‌کنند تا شرایط نورپخش فراهم گشته و رشد رویشی و عملکرد علوفه زیاد شود. نور شدید باعث تجزیه اکسیژن و کاهش رشد رویشی می‌گردد.

نور ماوراء بنفش تشعشعی مضر بوده و سبب قدکوتاهی و تولید رنگدانه آنتوسیانین می‌گردد. نورهای سبز، زرد، نارنجی، قرمز و مادون قرمز را اشعه‌های قرمز می‌گویند که باعث رشد و نمو گیاهان می‌شوند. اشعه‌های قرمز در فتوسنتز نقش اساسی داشته و در تولید مواد قندی در گیاه بسیار موثر هستند. نور مادون قرمز بیشتر نقش گرمایی دارد. نورهای بنفش، نیلی، آبی و ماوراء بنفش را اشعه‌های آبی می‌گویند که بازدارنده رشد و نمو گیاه می‌باشند. در پاییز بیشترین اشعه ماوراء بنفش وجود داشته که باعث خزان گیاهان می‌شود و رفته رفته در زمستان این اشعه به بالاترین مقدار خود می‌رسد.

تمامی نوری که به سطح بالایی یک مزرعه می‌رسد، به داخل اجتماع گیاهی نفوذ نمی‌کند، بلکه برگ‌های فوقانی بخش قابل توجهی از آن را جذب می‌کنند. هر چه برگ‌ها افقی‌تر باشند، بیشتر روی یکدیگر سایه می‌اندازند. پس باید تراکم گیاهانی را که دارای برگ‌های افقی و توسعه عرضی زیادی هستند، کمتر گرفت. گیاهان سایه دوست و C3 شدت‌های پایین نور را بهتر از گیاهان C4 تحمل می‌کنند. تراکم کشت گیاهان C4 را باید کمتر از گیاهان سایه دوست و C3 گرفت تا نور کافی به بخش‌های پایینی این گونه گیاهان برسد.

به دلیل وجود فتوپریودیسم در گیاهان زراعی طول روز فاکتور محیطی مهمی محسوب می‌شود. طول روز در واقع زمان بین طلوع تا غروب آفتاب است و بر حسب عرض جغرافیایی و فصل سال متغیر است. فتوپریود مطلوب در گیاهان روزبلند یا روزکوتاه، فتوپریودی است که تاخیری در گلدهی گیاه پدید نیاورد. فتوپریود نامطلوب فتوپریودی است که گلدهی را به تاخیر می‌اندازد اما در برخی از گیاهان یک فتوپریود بحرانی نیز وجود دارد که بعد از آن با افزایش یا کاهش فتوپریود، گلدهی به هیچ وجه انجام نخواهد شد.

گیاهان از نظر نیاز به نور به دو گروه سایه پسند و نورپسند تقسیم می‌شوند. به طور کلی گیاهان نورپسند از نظر مورفولوژیک دارای ساقه‌های ضخیم، انشعابات ساقه زیاد، روزنه‌های کوچکتر و به هم نزدیکتر، تعداد کلروپلاست‌ها کمتر و اندازه آنها کوچکتر (به دلیل

کلروپلاست کم به رنگ سبز کم رنگند)، نسبت ریشه به شاخساره بالا و از نظر فیزیولوژیک سرعت تنفس زیاد، سرعت تعرق زیاد، نسبت کربن به نیتروژن بالا و در دمای معتدل سرعت فتوسنتز در واحد سطح کمتر است و همچنین مقاومت نسبت به دما، خشکی و پارازیت‌ها بیشتر است. سایه اندازی باعث کاهش تولید شاخه، اتیوله شدن ساقه ها، کاهش تراکم ریشه و کاهش تعداد روزنه‌ها می‌شود.

نور، مقاومت گیاهان را در برابر حرارت و خشکی و آفات بالا برده و عمل تعر ق و تنفس را شدت می‌بخشد. همچنین املاح معدنی محلول در شیره سلولی را بیشتر کرده و در نتیجه فشار اسمزی سلولها در اثر نور بیشتر می‌شود. نورPH شیره سلولی را پایین آورده، میزان تولید مواد پروتید و قندی گیاه را بالا برده و در نتیجه در تولید گل و میوه گیاه موثر است. اگر مقدار و شدت نور از حد معینی کمتر گردد، باعث تأخیر و یا متوقف شدن گلدهی گیاه شده و سبب علفی شدن آن می‌گردد، در نتیجه فقط ساقه و برگ آن رشد می‌کند.

نور زیاد رشد میانگره ساقه‌ها را کند کرده و باعث تجزیه هورمون رشد اکسین می‌گردد. لذا گیاهان در شب که نور وجود ندارد، رشد طولی بیشتری نسبت به روز دارند. برای مثال در زراعت کتان، اگر منظور تولید و بهره برداری از الیاف کتان باشد باید آن را به طور متراکم کشت کرد و اگر منظور برداشت دانه کتان و استفاده از روغن آن باشد باید آن را تنک کشت کرد.

بذر برخی گیاهان برای جوانه‌زنی نیز نیاز به نور دارند که این بذور را فتوپلاستیک (Photoblastic) می‌گویند. مانند بذر توتون، کاهو، کرفس، تنباکو و چمن که برای جوانه زنی بهتر مقدار کمی خاک سطحی روی بذور می‌ریزند تا نور به آنها برسد. لازم به ذکر است که نور از جوانه زدن بذر پیاز و سیر جلوگیری می‌کند.

خاک:

خاک از دو جزء زنده و غیر زنده تشکیل شده است که از طریق تبادل انرژی و مواد شیمیایی در ارتباط می‌باشند. مقطع طولی خاک را پروفیل خاک گویند. پروفیل کلیه فرایندهای پدوژنیکی را که در طی تکامل خصوصیات خاک ایجاد شده را نشان می‌دهد. پروفیل شامل چندین لایه کم و بیش قابل تشخیص به نام افق می‌باشد. خاک بخشی از سطح خارجی پوسته زمین است که ضخامت آن بر حسب شرایط و موقعیت محلی از یک قشر نازک چند سانتی‌متری تا متجاوز از ۳ متر متغیر است. حداقل عمق خاک زراعی برای کشت موفقیت آمیز محصولات زراعی، حدود ۵۰ سانتیمتر است. خاک‌ها به طور کلی دارای ۵ جزء مشخص هستند:

- ذرات معدنی به اندازه‌های مختلف که در مراحل مختلفی از تجزیه قرار دارند.
- مواد آلی که از ورود بقایای گیاهی یا جانوری به خاک ایجاد می‌شوند.
- محلول خاک که حاوی نمک‌های معدنی مختلف است
- آتمسفر خاک
- میکروارگانیسم‌های خاک که شامل موجودات جانوری و گیاهی می‌باشند.

اجزاء معدنی خاک

رس: ذراتی از خاک که قطر آنها از ۰/۰۰۲ میلی‌متر کمتر باشد. سطح رس به علت کوچکی ذرات آن بسیار زیاد و در نتیجه قدرت جذب سطحی و نیروی ماتریک این ذرات برای آب بسیار زیاد است. ذرات رس معمولا دارای بار الکتریکی منفی هستند و سهم مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک دارند. رس در چسبندگی ذرات خاک به همدیگر اهمیت داشته و ثبات ساختمانی خاک را باعث می‌گردد. خاک‌هایی که رس زیادی داشته باشند، مقاومت زیادی در برابر تغییر شکل نشان داده و کار در آنها به نیروی زیادی نیاز دارد. به همین جهت کشاورزان این خاک‌ها را سنگین می‌نامند. این خاک‌ها نفوذپذیری کمی در برابر آب و هوا دارند، زیرا خلل و فرج آنها بسیار باریک است، ولی کل حجم خلل و فرج آنها زیاد است. ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی و در نتیجه باروری خاک‌های رسی بیش از خاک‌های دیگر است.

سیلت: ذراتی که قطر آنها بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۲ میلی‌متر باشد. سیلت خصوصیات ما بین رس و شن دارد.

شن: ذراتی که قطر آنها بین ۰/۰۲ تا ۲ میلی‌متر است. شن ظرفیت تبادل کاتیونی و نگهداری آب کمی دارد. به همین جهت فواصل آبیاری این نوع خاک‌ها را باید کوتاه گرفت.

بافت خاک

تجمع نسبی (درصد) رس، سیلت و شن را بافت خاک می‌گویند. بافت تعیین‌کننده خواص خاک‌ها می‌باشد. خاک به عنوان منبع ذخیره آب برای گیاهان عمل می‌کند. مقدار آبی که در خاک ذخیره می‌شود به سطح جانبی کل ذرات خاک در واحد وزن بستگی دارد و این سطح خود تابع اندازه ذرات است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اندازه ذرات یا به عبارت دیگر بافت خاک تعیین‌کننده مقدار آبی است که در خاک نگهداری می‌شود. با افزایش قطر ذرات خاک سطح مخصوص کاهش یافته و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب نیز تقلیل می یابد. به عبارت دیگر ظرفیت نگهداری آب با ریزی و درشت بودن بافت مرتبط بوده و در خاک‌های ریزبافت بیشتر از بافت‌های درشت است.

از لحاظ شیمیایی فعالترین ذرات خاک، ذراتی هستند که از نظر اندازه در محدوده ذرات رس قرار دارند. نسبت این بخش از ذرات تعیین‌کننده میزان دسترسی گیاهان به مواد غذایی، مقاومت در مقابل آبشویی و نیز ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک می‌باشد. سطح ذرات رس موجود در خاک بسته به نوع رس دارای مقداری بار منفی است CEC خاک معرف مقدار کل بار منفی موجود در واحد معینی از خاک است که به وسیله کاتیون‌هایی که به سهولت قابل تبادل می‌باشند، خنثی می‌گردد. مقدار CEC در خاک‌های مختلف بسیار متفاوت است اما معمولا مواد آلی بیشترین CEC را دارا می‌باشند. با درشت شدن بافت خاک CEC کاهش می‌یابد.

ساختمان خاک

یکی از اهداف عمده مدیریت خاک این است که حتی الامکان برای رشد گیاه زراعی، شرایط یا ساختمان خوب خاک ایجاد کند. ساختمان خاک تابعی است از حالتی که ذرات معدنی خاک به صورت ذرات مرکب (خاکدانه) بهم پیوسته می‌شوند. خاکدانه‌ها از نظر اندازه، شکل، ترتیب و پایداری بستگی به اثرات متقابل تعدادی متغیر دارند که مهمترین آنها بافت اولیه خاک، محتوای ماده آلی، فرآیند های فیزیکی و مدیریت خاک هستند. ساختمان خاک ایده آل برای کشاورزان اسفنجی است؛ زیرا در این حالت خاکدانه‌ها ریز، متخلخل و نسبتا در برابر آب پایدار هستند. خاک‌های شنی و سیلتی به آسانی خاکدانه تشکیل نمی‌دهند؛ در حالی که خاک‌هایی که مقدار زیادی رس دارند به شدت چسپنده هستند. فاکتور مهمتر برای به وجود آمدن ساختمان‌های پایدار خاک، وجود مواد آلی پوسیده شده است که این مواد همانند رس خاصیت کلوئیدی دارند و در بعضی شرایط در رابطه نزدیک با رس، تشکیل کمپلکس کلوئیدی خاک را می‌دهند. از دیگر عوامل موثر در توسعه ساختمان خاک میکرو ارگانیسم‌ها هستند که ترکیبات چسبنده تولید می‌کنند و در ن‌های ت به ذخیره مواد الی کمک می‌کنند. شرایط هوا نیز نقش مهمی در توسعه ساختمان خاک دارد. مرطوب و خشک شدن سطح خاک و چرخه‌های منجمد شدن و ذوب شدن به خرد شدن کلوخه‌های بزرگ تشکیل شده در خاک‌های رسی سنگین کمک می‌کند.

مواد آلی خاک

بقایای گیاهی یا جانوری که به خاک اضافه می‌شوند در صورت وجود شرایط مناسب تحت تاثیر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک تجزیه شده و مواد آلی خاک را به وجود می‌آورند. سرعت تجزیه مواد آلی به سرعت فعالیت میکروارگانیسم‌ها بستگی دارد که خود تابع آب و هوای مناسب است. پس از تجزیه اولیه بقایای گیاهی ترکیباتی باقی می‌ماند که مقاومت زیادی در مقابل تجزیه دارند. این ترکیبات مقاوم همراه با سایر ترکیباتی که به وسیله میکرو ارگانیسم‌ها تولید شده اند، ماده پایداری را تشکیل می‌دهند که هوموس نامیده می‌شود. تجزیه هوموس به کندی صورت گرفته و در نتیجه مواد غذایی آن نیز به سرعت آزاد نمی‌شود. درجه حرارت پایین باعث توقف فعالیت بسیاری از میکرو ارگانیسم‌های خاک می‌شود. با افزایش دما سرعت تجزیه مواد تشدید می‌شود ولی در مقابل اتلاف مواد غذایی آنها بیشتر خواهد شد. از سوی دیگر رطوبت نیز در تولید مواد آلی خاک موثر است. مناطق خشک، به دلیل پوشش گیاهی اندک این مناطق و نیز به علت اکسیداسیون شدید مواد آلی، مقدار کمی هوموس دارند. در مقابل چنانچه رطوبت خاک بسیار زیاد بوده و حالت آب ایستادگی برقرار باشد به دلیل کاهش مقدار اکسیژن خاک شرایط بی‌هوازی حاکم شده و

در نتیجه سرعت تجزیه مواد آلی به دلیل کاهش فعالیت میکرو ارگانیسم‌های هوازی به شدت تقلیل می‌یابد، در نتیجه مواد الی خاک ممکن است بیش از ۸۵٪ وزن خاک را به خود اختصاص دهند، چنین خاک‌هایی به نام پیت شناخته شده اند.

بنابراین تشکیل هوموس به عوامل متعددی از جمله: ماهیت بقایای گیاهی و جانوری، نوع میکرو ارگانیسم‌هایی که در فرآیند تجزیه شرکت دارند، درجه حرارت، رطوبت، نیتروژن موجود در بقایای آلی و تهویه بستگی دارد. نسبت کربن به نیتروژن در بسیاری از خاک‌های زراعی در حدود ۱۰:۱ می‌باشد. نسبت کربن به نیتروژن با افزایش pH خاک افزایش یافته ولی با افزایش متوسط درجه حرارت سالانه کاهش می‌یابد. همچنین این نسبت با عمق خاک نیز در ارتباط است، به طوری که با افزایش عمق از مقدار آن کاسته می‌شود. مواد الی که نسبت کربن به نیتروژن در آنها کمتر از ۳۰:۱ باشد (مانند بقایای بقولات) در جریان تجزیه مقدار قابل توجهی نیتروژن به خاک اضافه می‌کنند. ولی هر گاه نسبت کربن به نیتروژن در ماده آلی بیش از ۳۰:۱ باشد (مانند بقایای غلات) میکروب‌های خاک که در تجزیه ماده آلی شرکت دارند، با کمبود نیتروژن رو به رو شده و نیتروژن معدنی خاک را مصرف می‌کنند. که در این صورت گاهی اوقات برای جلوگیری از کمبود نیتروژن در محصولاتی که پس از غلات کاشته می‌شوند، در اوایل کشت به خاک کود نیتروژن می‌دهند.

اثرات مفید ماده آلی خاک را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- اصلاح ساختمان خاک

۲- بهبود تهویه و نفوذپذیری خاک برای هوا، آب و ریشه گیاهان

۳- تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و میکرو ارگانیسم ها

۴- افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی

به طور کلی باروری خاک با افزایش مقدار هوموس بالا می‌رود. هوموس همچنین قدرت جذب آب زیادی داشته و ظرفیت آبگیری خاک را بهبود می‌بخشد. این عوامل موجب بهبود رشد و عملکرد محصول می‌گردند.

رطوبت خاک

خاکی که کلیه خلل و فرج آن به وسیله آب پر شده باشد، در حالت اشباع قرار دارد. در این شرایط با وجودی که مقدار زیادی آب در خاک وجود دارد ولی قابل استفاده گیاهان نمی‌باشد. زیرا به دلیل تخلیه هوای خاک اکسیژن کافی برای تنفس ریشه وجود ندارد. با خروج آب اضافی در اثر نیروی ثقل، آب موجود در منافذ درشت خاک تخلیه شده ولی خلل و فرج ریز خاک پر از آب می‌باشند. در این شرایط نیروی نگهدارنده آب در خاک معادل یک سوم اتمسفر بوده و تقریبا ۵۰٪ خلل و فرج پر از آب می‌باشند. به این حالت ظرفیت مزرعه گفته می‌شود. ظرفیت مزرعه بهترین حالت آب در خاک از نظر تامین نیاز آبی گیاهان است. با اتلاف آب در اثر تبخیر و تعرق نیروی مکش خاک افزایش یافته و در شرایطی که به ۱۵ اتمسفر برسد خاک در نقطه پژمردگی دائم قرار دارد. در این شرایط در حدود ۲۵ ٪ خلل و فرج خاک دارای آب است. در این نقطه جذب آب به وسیله گیاهان با دشواری همراه بوده و با کاهش رطوبت خاک بعد از این حالت گیاهان به طور کامل در خشکی قرار گرفته و سرانجام از بین خواهند رفت. در پتانسیل پایین‌تر از ۳۲- بار که آب عموماً به صورت بخار می‌باشد آب هیگروسکوپیک (Hygroscopic) می‌گویند که مورد استفاده گیاه قرار نمی‌گیرد.

رطوبت قابل استفاده: کل مقدار رطوبت موجود در حد فاصل حد ظرفیت مزرعه تا نقطه پژمردگی دائم را رطوبت قابل استفاده گیاه می‌گویند.

رطوبت سهل الوصول: درصدی از رطوبت قابل استفاده گیاه در خاک را که گیاه به سولت جذب می‌کند، بدون اینکه رشد و عملکرد آن کاهش یابد، به نام رطوبت سهل الوصول می‌نامند. این مقدار در خاک‌های معمولی زراعی حدود ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده گیاه در خاک را تشکیل می‌دهد (در خاک‌های سبک بیشتر و در خاک‌های سنگین کمتر).

با وجودی که خاک‌های شنی با مقدار آب کمتری به ظرفیت مزرعه می‌رسند ولی آب قابل استفاده گیاه در خاک‌های شنی بیش از خاک‌های رسی است. چون ریشه‌های گیاه عامل جذب آب و انتقال آن به قسمت‌های هوایی می‌باشند، لذا عمق توسعه ریشه نیز در استفاده از آب موجود در خاک موثر است. علاوه بر طول، تراکم ریشه (طول ریشه در واحد حجم آن) نیز نقش مهمی در جذب آب از خاک دارد. ریشه‌های متراکم سطح تماس بیشتری داشته و آب را با سهولت بیشتری جذب می‌کنند. علاوه بر ظرفیت نگهداری

آب در خاک، نفوذپذیری خاک نیز در تامین آب قابل استفاده گیاه حائز اهمیت است. برای رشد کامل گیاه باید زمانیکه ۵۰ تا ۸۵ درصد آب قابل استفاده مصرف شده، آبیاری مزرعه تجدید شود.

خاک‌های عمیق و سبک در شرایط کم باران (مثلا ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر) بر خاک‌های سنگین و نیمه سنگین ارجحیت دارند. زیرا خاک‌های سبک با مقدار کمی آب به حد ظرفیت مزرعه می‌رسند و آب باقی مانده و غیرقابل استفاده گیاه تحت شرایط دیم در این خاک‌ها بسیار کم و معمولا کمتر از ۴ درصد وزنی آنها می‌باشد. خاک‌های سبک به هیچ وجه مطلوب دیم کاری مناطق پرباران نیستند. زیرا این خاک‌ها به شدت شسته می‌شوند و موجب حذف عناصر غذایی از خاک می‌گردد. pH خاک‌های مناطق مرطوب خنثی یا اسیدی و برای خاک‌های مناطق خشک خنثی یا قلیایی می‌باشد.

وضعیت رطوبتی خاک بر نحوه رشد ریشه تاثیر می‌گذارد. ریشه گیاه در خاک‌های خشک رشد نمی‌کند و به هیچ وجه در جستجوی آب به این سو و آن سو نمی‌رود. بلکه ریشه با خاصیت رطوبت‌گرایی به سمتی از خاک که مرطوب‌تر است، رشد می‌کند.

اتمسفر خاک:

منافذی از خاک که با آب پر نشده باشند، حاوی گاز می‌باشند و مجموعه این گازها اتمسفر خاک را تشکیل می‌دهند. ترکیب این اتمسفر با هوای آزاد اختلاف دارد زیرا ریشه گیاهان و ارگانیسم‌های هوازی موجود در خاک اکسیژن آن را جذب کرده و گاز کربنیک آزاد می‌کنند. با افزایش عمق خاک میزان گازکربنیک آن افزایش و میزان اکسیژن آن کاهش می‌یابد.

درجه حرارت خاک

دمای خاک در رشد ریشه، جوانه زدن و سبزشدن بذر، فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها و در نتیجه تامین و نیز سرعت جذب مواد غذایی موثر است. منبع اصلی حرارت خاک تشعشع خورشید به سطح زمین می‌باشد. لذا دمای خاک تابع مستقیمی از دمای هوا می‌باشد (به استثناء خاک‌هایی که دارای مواد آلی در حال تجزیه می‌باشند). گرمای ویژه و ظرفیت هدایت حرارتی خاک با افزایش درصد رطوبت خاک بالا رفته و در خاک‌های اشباع به چند برابر خاک‌های خشک می‌رسد. پس خاک‌های مرطوب حرارت را بهتر انتقال داده و دمای آنها نیز دیرتر بالا می‌رود. به علاوه در خاک‌های مرطوب قسمت زیادی از انرژی دریافتی صرف تبخیر آب از سطح خاک می‌شود. تغییرات روزانه دما در خاک‌های خشک زیاد است. به طور کلی می‌توان گفت که خاک‌های شنی از خاک‌های رسی گرمترند و این تفاوت عمدتا به خاطر اختلاف رطوبت موجود در آنهاست. رنگ خاک نیز نقش مهمی در جذب حرارت دارد و خاک‌های تیره حرارت بیشتر به خود جذب می‌کنند. خاک‌های پوشیده شده با کاه و کلش، برف و یا گیاه تغییرات حرارتی کمی داشته و ممکن است سردتر یا گرمتر از هوای محیط خارج باشند. هوموس گرمای ویژه بالا و ظرفیت هدایت گرمایی پایین دارد. تجزیه بقایای گیاهی و تبدیل شدن آنها به هوموس حرارت زیادی تولید کرده و باعث افزایش دمای خاک می‌شود. به طور کلی هوموس ثبات حرارتی خاک‌ها را افزایش می‌دهد.

واکنش خاک

واکنش خاک ها ممکن است اسیدی، قلیایی و یا خنثی باشد. واکنش خاک در تولید محصولات زراعی حائز اهمیت است زیرا واکنش و یا اوضاع شیمیایی خاک به علت اینکه باعث افزایش و یا کاهش حلالیت عناصر غذایی خاک می‌شود، بر روی رشد گیاهان تاثیر می‌گذارد. عموما خاک‌های مناطق مرطوب به سمت اسیدی شدن گرایش دارند و وجود بارندگی زیاد و شستشوی املاح در این مناطق باعث بروز حالت اسیدی می‌گردد. تداوم عملیات زراعی و کشت محصولات و نیز مصرف برخی از کودهای شیمیایی نیز از جمله عوامل اسیدی شدن خاک‌ها محسوب می‌شوند. اسیدی بودن خاک به علت وجود غلظت نسبتا زیادی یون هیدروژن در محلول خاک است. کمبود عناصر فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و مولیبدن و همچنین زیادی غلظت الومینیوم و منگنز در خاک‌های اسیدی بر رشد گیاه و میکروبها اثر می‌کنند. مثلا رشد مطلوب و اقتصادی بقولاتی مثل یونجه به تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیومها وابسته است. به همین جهت یونجه در خاک‌های اسیدی عملکرد مطلوب و اقتصادی نمی‌دهد. برای اصلاح خاک‌های اسیدی از املاح کلسیم مانند سولفات کلسیم، کربنات کلسیم و دولومیت استفاده می‌کنند.

خاک‌های نواحی خشک جهان در مناطقی قرار دارند که باران سالانه اندک می‌باشد و عدم آبشویی کافی مقدار املاح موجود در این خاک‌ها را افزایش می‌دهد. با محدود شدن آبشویی و تبخیر زیاد آب از خاک نمک‌های محلول در طبقه سطحی خاک تجمع می‌یابند. چنین خاک‌هایی را اصطلاحا خاک‌های هالومورف یا خاک‌های تحت تاثیر املاح می‌نامند. خاک‌های هالومورف به سه گروه شور، قلیایی و شور و قلیا تقسیم می‌شوند.

خاک‌های شور: هدایت الکتریکی عصاره اشباع این نوع خاک‌ها از ۴ میلی موس بر سانتی‌متر زیادتر بوده و کمتر از ۱۵ درصد ظرفیت تبادل کاتیونی آنها توسط سدیم اشغال شده است. pH این خاک‌ها معمولا پایین‌تر از ۸/۵ است. تحمل گیاهان به شوری آب آبیاری از شوری خاک کمتر است. شستشوی خاک مهمترین راه مقابله با نمک در خاک‌های شور است.

خاک‌های قلیایی: هدایت الکتریکی عصاره اشباع این نوع خاک‌ها از ۴ میلی موس بر سانتی‌متر کمتر بوده و بیشتر از ۱۵ درصد ظرفیت تبادل کاتیونی آنها توسط سدیم اشغال شده است. pH این خاک‌ها معمولا بالاتر از ۸/۵ است و به ۱۰ می‌رسد. مسئله اساسی در اصلاح خاک‌های قلیا خرابی ساختمان آنها و مسمومیت ناشی از وجود سدیم است. اولین قدم در اصلاح این خاک‌ها جایگزین کردن سدیم به وسیله کلسیم می‌باشد.

خاک‌های شور و قلیا: در این خاک‌ها با وجود این که بیش از ۱۵٪ کل ظرفیت تبادل کاتیونی به وسیله سدیم اشغال شده ولی pH معمولا کمتر از ۸/۵ است. زیرا نمک‌های محلول خنثی در این خاک‌ها بسیار زیاد بوده و هدایت الکتریکی عصاره اشباع بیش از ۴ میلی موس بر سانتی‌متر است.

تاثیر شوری بر رشد گیاهان

وجود املاح زیاد در خاک (یا آب آبیاری) گیاه را با تنش شوری مواجه می‌سازد. وجود این املاح در مجموع به دو صورت باعث بروز خسارت در گیاهان می‌شوند. تجمع بیش از حد نمک در محلول خاک، فشار اسمزی محلول خاک را افزایش داده و گیاه در جذب آب با مشکل مواجه شده و دچار نوعی خشکی فیزیولوژیکی یا تنش اسمزی می‌شود. از سوی دیگر به دلیل وجود یون‌های سمی در محلول خاک گیاه با سمیت اینگونه یون‌ها نیز مواجه می‌شود. گیاهان را برحسب عکس العمل نسبت به شرایط شور به دو گروه هالوفیت (Halophyte) و گلیکوفیت (Glycophyte) تقسیم می‌کنند. هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که با وجود غلظت زیاد املاح در محیط ریشه قادر به ادامه رشد می‌باشند ولی در گونه‌های گلیکوفیت نسبت به غلظت املاح موجود در ناحیه ریشه، رشد کاهش یافته یا متوقف می‌شود.

مقاومت به شوری: مقاومت به شوری در گیاهان به صورت اجتناب یا تحمل شوری انجام می‌شود. اجتناب از شوری به طرق زیر انجام می‌گیرد:

- گوشتی شدن، که از این طریق نسبت سطح به حجم به دلیل ذخیره بیشتر آب کاهش یافته و در نتیجه غلظت املاح در برگ رقیق‌تر می‌گردد.
- وجود برگ‌های کوچک به منظور کاهش تعرق
- وجود روزنه‌های کمتر در واحد سطح
- وجود کوتیکول ضخیم
- افزایش نسبت ریشه به شاخساره
- مکانیزم دفع نمک، گیاه کلر و سدیم جذب شده از طریق ریشه را از طریق سلول‌های پارانشیمی مجاور آوندهای چوبی مجددا به ریشه انتقال می‌دهد.

مکانیزم‌های تحمل تنش که در گیاهان هالوفیت دیده می‌شود، عبارتند از:

- جذب و ذخیره املاح در محیط شور تا حدی که از نظر سمیت قابل تحمل باشد.
- تنظیم اسمزی درون سلول به کمک نمک‌های جذب شده از محیط شور
- انتقال نمک از برگ‌های جوان به برگ‌های پیر و ریزش برگ‌های پیر
- دفع نمک اضافی به وسیله غده‌های نمک (نمک را به خارج از برگ ترشح می‌کند).
- تغییر مسیر فتوسنتزی، تغییر از C_3 به C_4 یا CAM

اغلب گیاهان زراعی در شرایط گرم و خشک در مقایسه با خنک و مرطوب، نسبت به شوری حساس ترند. گیاهانی که در خاک‌های با حاصلخیزی کم رشد می‌کنند در مقایسه با گیاهان خاک‌های حاصلخیز، در مقابل شوری مقاومت بیشتری دارند، زیرا در شرایط حاصلخیزی کم، مواد غذایی و نه شوری، عامل محدودکننده تولید است. تنش آبی نیز عامل مهمی است. با جذب آب توسط گیاه غلظت املاح افزایش یافته و در نتیجه گیاهان زراعی در خاک‌های دچار کمبود آب با شوری بیشتری مواجه خواهند شد. گیاهان معمولا میزان بالاتری از نمک را در خاک‌های دارای بافت ریز نسبت به خاک‌های دارای بافت درشت تحمل می‌کنند. زیرا در یک پتانسیل ثابت، مقدار آب موجود در خاک‌های بافت ریز بیشتر از خاک‌های بافت درشت است.

مواد غذایی خاک:

نیتروژن

نیترات فرم اصلی جذب نیتروژن و انتقال آن از ریشه به برگ می‌باشد. اما نیتروژن از ریشه به صورت نیترات، یون آمونیوم و بعضی اسیدهای آمینه نیز از طریق آوند چوبی به اندام‌های هوایی انتقال می‌یابد. عکس العمل‌های گیاه نسبت به نیتروژن شامل ۱- افزایش

رشد سبزینه ای، ۲- رشد و توسعه متعادل گیاه، ۳- افزایش در شدت رنگ سبز برگ‌ها، ۴- افزایش میزان پروتئین‌های گیاهی و ۵- افزایش تولید میوه و دانه می‌باشد. با این حال زیادی نیتروژن در خاک، به خصوص در اواخر دوره رشد، سبب افزایش رشد سبزینه‌های به هزینه رشد اندام‌های تولید مثلی و همچنین به هزینه رشد ریشه و کاهش ذخیره قند ریشه گیاهانی مثل چغندر قند می‌شود. توسعه زیاد بافت‌های سبزینه‌ای آبدار و لطیف موجب تحریک فعالیت بعضی حشرات مانند شته‌ها و همچنین حساسیت گیاه نسبت به سرما، خشکی، خوابیدگی و بعضی از بیماری‌ها و همچنین تاخیر در رسیدگی محصول می‌شود. زیادی نیتروژن در اوایل دوره رشد نیز موجب توسعه وسیع بافت‌های سبزینه‌ای می‌گرددکه در شرایط کم ابی و دیم کاری مطلوب نیست.

نیتروژن خاک به فرم‌های NO_3^- و NH_4^+ جذب گیاه می‌گردد. معمولا قسمت اعظم نیتروژن خاک به صورت NO_3^- می‌باشد و بعضی از گیاهان NO_3^- را بر NH_4^+ ترجیح می‌دهند. در شرایط غیر هوازی، NH_4^+ فرم اصلی جذب نیتروژن می‌باشد. اوره نیز به طور مستقیم و از طریق ریشه یا برگ جذب گیاه می‌گردد. نیتروژن هوا منبع اصلی نیتروژن خاک می‌باشد. نیتروژن هوا از طریق کودهای شیمیایی مانند اوره، تثبیت توسط باکتری ها، کودهای آلی، بقایای گیاهی و بالاخره تخلیه الکتریکی ابرها به خاک اضافه می‌شود. تغییر عناصر از فرم آلی به فرم معدنی را معدنی شدن (mineralization) گویند. این تبدیل به شرایط هوازی نیاز دارد. زیرورو کردن مکرر خاک باعث تسریع در اکسیداسیون مواد آلی خاک گشته و ممکن است از نیتروژن خاک بکاهد. در شرایط غیرهوازی، میکرو ارگانیسم‌ها از NO_3^- به عنوان منبع اکسیژن استفاده و آن را به صورت اکسیدهای مختلف نیتروژن در می‌آورند. این عمل را دنیتریفیکاسیون (denitrification) گویند. شرایط لازم برای دنیتریفیکاسیون عبارتند از عدم اکسیژن (به علت آب ایستادگی یا تراکم خاک)، وجود مواد غذایی آلی، حرارت و رطوبت کافی برای رشد و فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها.

فسفر

فسفر به راحتی در گیاه انتقال می‌یابد و مسیر حرکت آن به سمت اندام‌های جوان و در حال رشد می‌باشد. گیاهان جوان به فسفر بیشتری نسبت به گیاهان مسن نیاز دارند. فسفر به صورت $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} قابل جذب گیاه می‌باشد.حداکثر میزان محلول بودن فسفر در پی‌اچ ۶ تا ۶/۵ می‌باشد.تثبیت سریع و عدم حرکت فسفر در خاک باعث شده است که معمولا مقدار کود فسفر مصرفی حدود ۱/۵ و گاه تا بیش از ۲ برابر مقدار مورد نیاز واقعی گیاه باشد.

پتاسیم

پتاسیم به سهولت در گیاه حرکت نموده و مقدار زیادی از آن در بافت‌های جوان و در حال رشد دیده می‌شود. کمبود پتاسیم در نواحی پر باران (خاک‌های اسیدی)، خاک‌های آلی و شنی دیده می‌شود. هوموس خاک به عنوان منبع پتاسیم مورد نیاز گیاه محسوب نمی‌شود. پتاسیم بیشتر به صورت K^+ در خاک یافت شده و به همین صورت جذب گیاه می‌گردد.کمبود پتاسیم در خاک‌های نواحی خشک کمتر دیده می‌شود.

گوگرد

گوگرد به صورت SO_4^{2-} جذب شده و به همین صورت در گیاه انتقال می‌یابد. حرکت گوگرد در گیاه محدود است و قسمت اعظم این عنصر در ترکیب پروتئین برگ‌های مسن باقی می‌ماند. هوموس منبع مهمی در تامین نیاز گیاه به گوگرد محسوب می‌شود. کمبود گوگرد در خاک‌های مناطق مرطوب دیده می‌شود، زیرا سولفات‌ها به تدریج از خاک شسته می‌شوند.

کلسیم

کلسیم در اندام‌های گیاهی تثبیت گردیده و میزان انتقال آن کم است. کلسیم در ثبات ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه بسیار موثر است. کلسیم به صورت Ca^{2+} جذب گیاه می‌گردد. قسمت اعظم ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های غیر اسیدی و غیرقلیا را کلسیم اشباع می‌کند. مقدار کلسیم خاک‌های مناطق مرطوب و پر باران در اثر شستشو کاهش یافته و پی‌اچ این خاک‌ها اسیدی می‌گردد.

منیزیم

منیزیم به سهولت در گیاه حرکت نموده و کمبود آن در برگ‌های مسن مشاهده می‌شود. منیـزیم بـه صـورت Mg^{2+} جـذب گیـاه می‌شود.

عناصر کم مصرف

آهن (Fe^{2+})، منگنز (Mn^{2+})، مس (Cu^{2+}) و روی (Zn^{2+})، بـر (Bo_3^{3-})، مولیبـدن (MoO_4^{2-}) و کلـر (Cl^-) جـزو عناصـر کـم مصرف هستند. کمبود آهن، منگنز، مس و روی در خاک‌های نواحی خشک دیده می‌شود و غلظت این عناصر در خاک‌های اسـیدی زیاد است. در شرایط تهویه مناسب و پی اچ قلیایی احتمال کمبود آهن و منگنز وجود دارد. در خاک‌های اسیدی کمبـود مولیبـدن محتمل است. هوموس خاک به عنوان منبع عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه، به استثناء بر محسوب نمی‌شود.

★ کاشت

در ادامه تاثیر بعضی از عواملی که بر انتخاب محصول موثر هستند، بررسی می‌شود.

نور: در رابطه با گیاهان روزبلند، ارقامی برای عرض‌های جغرافیایی بالا مناسب هستند که حساس به طـول روز باشـند، زیـرا وجـود روزهای بلند در این نواحی موجب رفع نیاز این ارقام به طول روز می‌گردد. به علاوه عدم حساسیت به طول روز ممکن است موجب گل‌دهی زودهنگام در گیاهان کاشته شده گردیده و گیاه از سرمای بهاره و یا کمبود رشد رویشی آسیب ببینند. بر عکـس ارقـامی از گیاهان روزبلند برای عرض‌های جغرافیایی پایین مناسب هستند که نسبت به طـول روز بـی تفـاوت باشـند. در گیاهـان روزکوتـاه، ارقامی برای عرض‌های جغرافیایی بالا مناسب هستند که بی تفاوت به طول روز باشند، و در عرض‌های جغرافیائی پـایین مـی‌تواننـد بسته به تاریخ کاشت، حساس و یا بی‌تفاوت به طول روز باشند. همچنین نیاز گیاهان به شدت نور نیز باید مد نظر قرار گیـرد. مـثلا کاشت گیاهان چهار کربنه در مناطقی که درصد روزهای ابری زیاد است، ممکن است با شکست روبرو شود.

دما: در انتخاب گونه گیاهی و رقم باید به انطباق نیازهای حرارتی رقم مورد کاشت با روند تغییرات حرارت طی سـال توجـه نمـود. گیاهانی مانند چغندر بذری و گندم برای عکس‌العمل به طول روز، به بهاره سازی نیاز دارند. کیفیت مصرفی بعضی از گیاهان نیز به هوای خنک وابسته است (تجمع قند در ریشه چغندرقند).

رطوبت هوا و باران: تغییرات حرارتی هوای مرطوب بسیار کمتر از هوای خشک است. وجود هوای مرطوب بر طول مـوثر فصـل رشـد می‌افزاید و از تغییرات شدید حرارتی شبانه روزی و خسارت ناشی از آن می‌کاهد. اما هوای مرطوب رشد و توسعه بسیاری از حشـرات و بیماری‌ها را تحریک می‌کند. وجود باران، مه یا شبنم در اواخر فصل رشد می‌تواند در برداشت محصولات ایجاد اختلال کند.

باد: در شرایط وقوع بادهای خشک به گیاهان مقاوم به خشکی و در شرایط وزش بادهای شدید به گیاهان مقاوم به خوابیدگی نیـاز است. گیاهانی مانند ذرت، آفتابگردان و کنجد به بادهای شدید حساس هستند.

خاک: بعضی از گیاهان مثل ذرت، یولاف، برنج، گندم، خلر، پنبه و سیب زمینی خاک‌های اسیدی را به خوبی تحمل می‌کننـد. امـا بقولات، چغندرقند، یونجه و جو در زمین‌های اسیدی رشد خوبی ندارنـد و بـرای اراضـی بـا پـی اچ خنثـی یـا قلیـایی مناسـبترند. خاک‌های سبک از نظر غذایی فقیرتر از خاک‌های سنگین هستند و به کـوددهی بیشـتری نیـاز دارنـد. اراضـی سـنگین و یـا دارای سنگریزه و خرده سنگ برای تولید گیاهان غده‌ای مثل سیب زمینی یا چغندرقند مناسب نیستند. اراضی رسی کـه بـه شـدت سـله می‌بندند برای گیاهان دارای بذر ریز مانند یونجه مناسب نیستند. اراضی شنی، به دلیل پایینی ظرفیت آبگیری برای گیاهان مقـاوم به خشکی مطلوبترند.

آماده کردن بستر بذر (خاک‌ورزی)

منظور از آماده کردن خاک، افزایش حاصلخیزی آن از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است. وقتی نسبت خلل و فرج به ۳۵ تـا ۴۰ درصد برسد، زمین متراکم می‌شود که با عمل شخم زدن این نسبت به ۵۲ تا ۵۵ درصد می‌رسد. عملیات خاک‌ورزی شـامل دو مرحله می‌باشد، خاک‌ورزی اولیه و خاک‌ورزی ثانویه در خاک‌ورزی اولیه، زمـین بـاز و زیـر و رو مـی‌شـود و در خـاک‌ورزی ثانویـه، کلوخه‌ها و پستی و بلندی‌های ناشی از خاک‌ورزی اولیه برطرف می‌شوند و زمین آماده کشت می‌گردد.

شخم

به هم زدن، زیر و رو کردن و خرد کردن کلوخه‌های خاک را شخم می‌گویند که اولین مرحله در خاک‌ورزی اولیه می‌باشد. در مناطق مرطوب، شخم زیاد باعث تبخیر زیاد آب شده و خاک زودتر گرم می‌شود. در مناطق خشک، شخم زیاد سبب از بین رفتن رطوبت خاک، تسریع تجزیه مواد آلی، فرسایش خاک و نابودی میکروارگانیسم‌ها به خاطر قرار گرفتن خاک در معرض نور شدید خورشید می‌شود. عدم تماس کافی بذر و ریشه چه با خاک عامل اصلی پایین بودن درصد سبز شدن و استقرار گیاه در خاک‌ها و کلوخ‌ها است. خاک پودر شده نیز شدیداً در معرض فرسایش بادی است. به علاوه، خاک‌های پودر شده پس از اولین آبیاری یا بارندگی به شدت سله بسته و نفوذپذیری خاک نسبت به آب و هوا از بین می‌رود. قطر کلوخه‌هایی که در نزدیکی بذر قرار می‌گیرند، باید حدود ۰/۱ تا ۰/۲ میانگین قطر بذر باشد تا استقرار مطلوبی حاصل گردد.

به طور کلی بهترین موقع برای عملیات تهیه زمین، زمانی است که رطوبت خاک ۲۰٪ رطوبت ظرفیت مزرعه باشد که این حالت را اصطلاحاً گاورو می‌گویند. هنگامی که مقداری خاک مرطوب را در مشت گرفته و با انگشتان فشار دهیم، اگر رطوبت برای تهیه زمین مناسب باشد بر اثر نیروی انگشتان ذرات خاک به واحدهای بزرگ و کوچک تقسیم می‌گردد که این حالت را گاورو شدن گویند. هنگامی که رطوبت خاک بسیار کاهش یابد، سطح غیر قابل نفوذی در خاکهای رسی ایجاد می‌گردد که آن را سله می‌گویند.

موفقیت در تهیه زمین به دو عامل بستگی دارد: ۱- میزان رطوبت خاک، ۲- میزان رس و سیلت خاک

در زمین‌های شنی (سبک) که میزان رس کم است (کمتر از ۱۰ ٪) رطوبت خاک بین ۲۰ تا ۷۰ درصد میزان ظرفیت زراعی برای عملیات خاک‌ورزی مناسب است. خاکهای شنی بعلت درشتی منافذ و فقر کلوئید دارای قابلیت نفوذ و هدایت زیاد برای آب می‌باشند. خاکهایی که درصد زیادی رس دارند (زمینهای لومی و سیلتی) داشتن ۴۰ تا ۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی برای عملیات کافی است. در زمینهای کاملاً رسی فقط در شرایط حدود ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی می‌توان عملیات خاک‌ورزی را انجام داد.

وسایل تهیه بستر

وسایل تهیه بستر بذر بسیار متنوع بوده و هر یک تحت شرایط خاصی و برای حصول اهداف معینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گاوآهن (Plow)

وسایلی هستند که برای بریدن، کندن و زیر و رو کردن خاک استفاده می‌شوند.

گاوآهن سوکی: میزان خرد شدن خاک در اثر کار صفحه برگردان به رطوبت خاک و شکل صفحه برگردان بستگی دارد. خاک گاورو به خوبی خرد شده و از هم باز می‌شود. اما خاک‌های خیس و خشک خرد نمی‌شوند و تولید کلوخه می‌کنند. گاوآهن سوکی با صفحه برگردان مناسب، خاک را به طور کامل زیرورو کرده، خاک سطحی را زیر برده و خاک عمقی را به سطح می‌آورد. این دستگاه بهترین وسیله برای دفن بقایای گیاهی و باز کردن ذرات خاک از یکدیگر است. اتلاف رطوبت خاک عمقی، افزایش فرسایش آبی و بادی و هزینه زیاد از معایب این دستگاه می‌باشد.

گاوآهن بشقابی: گاوآهن بشقابی با سهولتی بیش از گاوآهن سوکی در خاک‌های خشک، متراکم و چمنی پیش می‌رود. کاربرد این گونه گاوآهن‌ها در انجام نیمه شخم است. عمل نیمه شخم توسط گاوآهن قلمی نیز انجام می‌شود.

اسکنه‌ها: اسکنه (chisel) یا قلم، پایه فولادی است که نوکی تیز و پاشنه‌ای شکل دارد. اسکنه‌ها بر اساس اندازه به سه گروه تقسیم می‌شوند. زیرشکن یا سوسولوز برای نفوذپذیرسازی و شکستن لایه‌های فشرده شده خاک تحت الارض به کار می‌رود. عمق کار آن بین ۴۵ تا ۷۵ سانتیمتر است. گاوآهن قلمی خاک متراکم تحت‌الارض را تا عمق حدود ۴۰ سانتیمتری باز می‌کند. این نوع گاوآهن خاک را می‌شکافد، ولی خاک و بقایای گیاهی را به طور کامل برنمی‌گرداند، بلکه قسمتی از بقایا را همراه با کلوخه‌های بزرگ در سطح خاک باقی می‌گذارد. کولتیوار پاشنه‌ای برای خرد کردن کلوخه‌های خاک در اراضی مسطح و یا وجین بین ردیف‌های کاشت مورد استفاده قرار می‌گیرد. کولتیواتور پنجه غازی برای از بین بردن علف‌های هرز بین ردیف‌های کاشت یا روی زمین فاقد محصول استفاده می‌شود.

دیسک

دیسک از تعدادی صفحات بشقابی شکل تشکیل گردیده است که حول یک محور مرکزی می‌چرخند و جهت تسطیح زمین، خرد کردن کلوخه ها، از بین بردن علفهای هرز، زیر خاک کردن بذر و کود شیمیایی، خرمن کوبی و اختلاط سموم با خاک استفاده می‌شود. توان و عمق کار دیسک همراه با وجود دندانه در لبه بشقاب‌ها، افزایش قطر بشقاب‌ها و وزن دستگاه زیادتر می‌شود. دیسک بیش از کولتیواتور پاشنه‌ای خاک را خرد می‌کند، اما پودر نمی‌نماید.

دندانه یا هرس

دندانه دستگاهی است شامل تعداد زیادی میخ‌های بزرگ به طول ۸ تا ۲۰ سانتیمتر که روی یک چهار بست قرار گرفته‌اند. وسیله‌ای که می‌توان با آن، علفهای هرز کنده شده از زمین و بقایای محصول قبلی را خارج نموده و کود را با خاک مخلوط کرد و سطح زمین را خراش سطحی داد و کلوخه‌ها را نرم و خرد نمود.

کولتیواتور دوار یا رتیواتور

وسیله‌ای است شامل تعدادی تیغه که معمولاً به شکل L روی یک محور نصب شده اند و با شافت نیرودهنده عقب تراکتور(P.T.O) به حرکت در می‌آید. برای نرم کردن خاک در کشت گیاهان علوفه‌ای که بذر ریزی دارند و تماس کامل بذور آنها با ذرات خاک و همچنین برای مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک سطحی و از بین بردن علفهای هرز استفاده می‌شود. لازم است توجه گردد که رتیواتور ممکن است خاک را به شدت پودر سازد و در معرض فرسایش قرار دهد.

عمق شخم

عمق شخم را در اراضی زراعی معمولی باید با توجه به عوامل زیر انتخاب نمود: (۱) عمق خاکی که باید توسط ماشین‌های دیگر زیرورو شود. به طور مثال، برای ایجاد پشته‌های مرتفع به خاکی که تا عمق زیادی نرم شده باشد، نیاز است. (۲) محصولاتی که به ساختمان و نفوذپذیری خاک حساس می‌باشند به سهم عمیق تری نیاز دارند. (۳) گاهی خاک سنگین و چسبنده بوده و به علت زیادی دفعات عبور ماشین‌ها تا عمق زیادی تراکم یافته است. (۴) وجود لایه متراکم یا غیرقابل نفوذ در اعماق لایه خاک سطحی ایجاب می‌کند که این لایه با شخم عمیق باز شود. شخم را بر اساس عمق به چهار گروه تقسیم بندی می‌کنند:

۱- شخم خیلی عمیق (بیش از ۳۰ سانتیمتر): که هم سطح الارض و هم تحت الارض را شامل می‌شود. این شخم هر ۲ تا ۴ سال یکبار بر حسب نیاز انجام می‌شود. عمدتاً برای ذخیره کردن رطوبت خاک و برای گیاهانی که ریشه بلند دارند و برای از بین بردن علفهای هرز از این نوع شخم استفاده می‌شود. در این روش ۶ ماه قبل از کشت در فصل پاییز، شخم عمیق زده می‌شود تا در طول زمستان آب کافی در زمین ذخیره و خاک نشست کند و در بهار آماده کشت گردد. در شخم‌های خیلی عمیق، خاک زودتر گرم و گاورو می‌گردد.

۲- شخم عمیق (۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر): در شخم عمیق فقط سطح الارض برای ذخیره و تنظیم رطوبت شخم زده می‌شود. این شخم در غلاتی چون گندم و جو باعث ۳۰-۱۰ درصد افزایش عملکرد شده و در چغندرقند حدود ۲۵ درصد افزایش محصول حاصل می‌شود. در گیاهانی که دارای ریشه‌های عمیق می‌باشند مثل چغندر قند یا گیاهان چند ساله مثل یونجه، لازم است قبل از کاشت آنها شخم عمیق زده شود. این شخم نیز عمدتاً در پاییز زده می‌شود.

۳- شخم متوسط (۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر): فقط سطح الارض را شامل شده و مکمل شخم عمیق است و برای زیر خاک کردن کودهای آلی استفاده می‌شود. در بهار نیز این شخم قابل اجرا می‌باشد.

۴- شخم سطحی (۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر): فقط قسمتی از سطح را شخم می‌زنند و معمولاً برای از بین بردن علفهای هرز که ریشه‌های سطحی دارند و زیر خاک کردن کودهای شیمیائی استفاده می‌شود. از دیسک و هرس برای این شخم استفاده شده و این شخم را به هنگام عمل کاشت (مثل غلات) نیز می‌زنند.

زمینهایی که دارای لایه ضخیمی از مواد آلی هستند به دلیل نفوذپذیری مناسب نیازی به شخم ندارند. در پاییز باید زمینهای رسی را زودتر شخم زد. چون اگر بارندگی شود این زمینها دیرتر گاورو می‌شوند و در بهار زمینهای شنی را زودتر شخم می‌زنند، چون زودتر گاورو می‌شوند. تعداد شخم به دو عامل، نوع گیاه و بافت خاک بستگی دارد. مثلاً هر چه بافت خاک سنگین‌تر باشد، تعداد شخم بیشتر می‌شود. برای گیاهان صیفی، وجینی و پرتوقع تعداد شخم بیشتر می‌شود و هر چه عمق ریشه بیشتر باشد شخم بیشتری نیز نیاز است. یک شخم در پاییز برای ذخیره رطوبت به صورت عمیق زده می‌شود و برای حفظ رطوبت در بهار (Fallow)در زمین‌های آیش شخم سطحی می‌زنند تا لوله‌های کاپیلاری که آب را هدر می‌دهند قطع گردند.