



رابطه آب و خاک و گیاه

(رشته مهندسی علوم کشاورزی)

دکتر فرید اجاللی دکتر میر خالق ضیاء تبار احمدی عبدالله درزی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب کتاب

پیشگفتار	یازده
فصل اول	۳
اهداف کلی	۳
مقدمه	۳
۱-۱ دلایل مطالعه روابط آب و خاک و گیاه	۴
الف) جمعیت	۴
ب) قانون دو یارد مربعی	۶
۲-۱ منحنی های رشد گیاه	۷
الف) اهمیت اندازه گیری رشد گیاه و رشد نمایی	۷
ب) منحنی رشد سیگموئیدی	۸
ج) منحنی رشد بلاک من	۹
سؤالات فصل اول	۱۰
فصل دوم	۱۳
اهداف کلی	۱۳
۱-۲ ساختمان آب	۱۳
۲-۲ عوامل پیونددهنده مولکول های آب به یکدیگر	۱۵
الف) پیوند هیدروژنی	۱۵
ب) نیروی واندروالز-لاندن	۱۶
۳-۲ برخی از خصوصیات آب	۱۶
۱-۳-۲ گرمای ویژه	۱۶
۲-۳-۲ گرمای تبخیر	۱۷
۳-۳-۲ گرمای ذوب	۱۸
۴-۳-۲ هدایت گرما	۱۹
۵-۳-۲ شفافیت و تابش مرئی	۲۰
۶-۳-۲ تیرگی برای تابش مادون قرمز (Opacity to Infrared Radiation)	۲۰

۲۰	۷-۳-۲ چگالی یا جرم مخصوص آب
۲۱	۸-۳-۲ یونیزاسیون و اسیدی یا بازی بودن آب (pH)
۲۲	۹-۳-۲ ثابت دی الکتریک
۲۲	۱۰-۳-۲ آب به عنوان یک حلال
۲۳	۱۱-۳-۲ جذب سطحی
۲۳	۱۲-۳-۲ گرانروی یا ویسکوزیته
۲۴	۱۳-۳-۲ کشش سطحی
۲۹	۴-۲ صعود و نزول آب در منافذ خاک
۳۴	۵-۲ خواص محلول ها
۳۵	۱-۵-۲ فشار بخار
۳۸	سؤالات فصل دوم

فصل سوم

۴۱	اهداف کلی
۴۱	۱-۳ خاک
۴۱	۲-۳ ترکیب خاک
۴۲	۳-۳ خواص فیزیکی خاک
۴۳	۱-۳-۳ بافت خاک
۴۳	۲-۳-۳ ساختمان خاک
۴۵	۴-۳ تخلخل خاک
۴۶	۵-۳ تراکم خاک
۴۶	۶-۳ شوری و سدیت خاک
۴۷	۷-۳ انواع خاک های شور
۴۸	مسائل فصل سوم

فصل چهارم

۵۱	اهداف کلی
۵۱	۴-۱ مقدمه
۵۲	۲-۴ اصطلاحات مربوط به آب خاک و کاربردهای آن
۵۲	۳-۴ روش های توصیف رطوبت خاک
۵۴	۴-۴ اندازه گیری رطوبت خاک
۵۴	۱-۴-۴ روش لمس و ظاهر خاک
۵۵	۲-۴-۴ تانسیمتر
۶۳	۳-۴-۴ بلوک های مقاومت
۶۵	۴-۴-۴ روش نوترون متر Neutron meter
۶۷	۵-۴-۴ روش جذب اشعه گاما
۶۸	۵-۴ خطای نمونه برداری
۶۸	۶-۴ محل اندازه گیری رطوبت خاک
۶۹	۷-۴ پتانسیل آب خاک
۷۰	۱-۷-۴ پتانسیل ماتریک (Ψ_m)
۷۲	۲-۷-۴ پتانسیل ثقلی (Ψ_m یا Ψ_g)
۷۳	۳-۷-۴ پتانسیل فشاری (Ψ_p)

۷۴	۴-۷-۴ پتانسیل اسمزی (Ψ_s)
۷۷	۴-۸-۸ نقاط پتانسیلی مهم
۷۸	۴-۸-۱ ظرفیت مزرعه
۸۰	۴-۸-۲ نقطه پژمردگی
۸۲	۴-۹-۹ آب قابل دسترس گیاه
۸۴	مسائل فصل چهارم
۸۷	فصل پنجم
۸۷	اهداف کلی
۸۷	۵-۱-۱ حرکت آب در خاک‌های اشباع
۸۷	۵-۱-۱-۱ قانون داریسی
۸۹	۵-۲-۲ هدایت هیدرولیکی
۹۱	۵-۳-۳ نفوذ
۹۱	۵-۳-۱ تعریف نفوذ
۹۳	۵-۳-۲ عوامل مؤثر بر نفوذ
۹۸	۵-۳-۳ مراحل نفوذ
۹۹	۵-۳-۴ روابط نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ
۱۰۰	۵-۳-۵ سرعت نفوذ پایه یا دائمی
۱۰۱	۵-۳-۶ تغییر زمانی و مکانی نفوذ
۱۰۱	۵-۳-۷ معادلات نفوذ
۱۰۵	۵-۳-۸ اندازه‌گیری نفوذ
۱۰۷	مسائل فصل پنجم
۱۱۱	فصل ششم
۱۱۱	اهداف کلی
۱۱۱	۶-۱-۱ وظایف ریشه‌ها
۱۱۲	۶-۲-۲ آناتومی ریشه
۱۱۲	۶-۲-۱ چهار ناحیه یک ریشه در حال رشد
۱۱۴	۶-۲-۲ ریشه‌های موئی root hairs
۱۱۴	۶-۲-۳ ریشه دولپه‌ای‌ها (Dicotyledonous Roots)
۱۱۵	۶-۲-۴ ریشه تک‌لپه‌ای‌ها (Monocotyledonous Root)
۱۱۷	۶-۲-۵ جابجایی آب و املاح از طریق ریشه
۱۱۷	۶-۲-۶ اندودرم Endodermis
۱۱۹	۶-۲-۷ انواع سلول در بافت چوبی (Cell Types in Xylem Tissue)
۱۲۱	۶-۳-۳ قانون پوازیه (POISEUILLE'S LAW)
۱۲۳	۶-۳-۱ فرضیات قانون پوازیه
۱۲۴	۶-۴-۴ جذب آب توسط ریشه‌ها
۱۲۵	۶-۵-۵ محاسبات جریان براساس قانون پوازیه
۱۳۰	۶-۶-۶ معادله گاردنر برای حرکت آب به سمت ریشه‌های گیاه
۱۳۲	۶-۶-۱ فرضیات معادله گاردنر
۱۳۳	۶-۶-۲ مقادیر سرعت جذب آب توسط ریشه
۱۳۵	۶-۷-۷ سیستم‌های ریشه گیاهان

۱۳۷	۸-۶ مشخصات ریشه‌ای گونه‌های گیاهی
۱۳۸	۹-۶ عوامل مؤثر بر رشد ریشه
۱۳۹	۱۰-۶ جریان آب به داخل ریشه‌ها
۱۳۹	۱۱-۶ روابط جذب آب- پروفیل ریشه
۱۴۱	۱۲-۶ مصرف آب گیاه از سطح ایستابی کم عمق
۱۴۲	۱۳-۶ عمق طراحی جذب آب
۱۴۳	مسائل فصل ششم
۱۴۷	فصل هفتم
۱۴۷	اهداف کلی
۱۴۷	۱-۷ تبخیر
۱۴۸	۷-۲ تعرق
۱۴۹	۷-۳ تبخیر و تعرق (ET)
۱۵۰	۱-۳-۷ عوامل مؤثر بر تبخیر و تعرق
۱۵۲	۲-۳-۷ مفاهیم تبخیر و تعرق
۱۵۵	۳-۳-۷ تعیین تبخیر و تعرق
۱۵۶	۴-۳-۷ روش‌های مستقیم تعیین تبخیر و تعرق
۱۵۸	۵-۳-۷ روش‌های محاسباتی تعیین تبخیر و تعرق گیاه
۱۶۰	۱. روش‌های آنرو دینامیک
۱۶۱	۲. روش‌های توازن انرژی
۱۶۲	۳. روش‌های ترکیبی
۱۷۰	۴. معادله‌های تجربی
۱۷۰	روش تورنت وایت
۱۷۱	روش بلانی کریدل
۱۷۴	روش جنسن - هیز
۱۷۶	روش هارگریوز - سامانی
۱۷۶	روش تشت تبخیر
۱۷۷	۴-۷ ضریب گیاهی
۱۷۸	۵-۷ برنامه‌ریزی آبیاری
۱۷۸	۱-۵-۷ مزایای برنامه‌ریزی آبیاری
۱۸۰	۲-۵-۷ بیان آب
۱۸۰	۳-۵-۷ تخلیه مجاز آب
۱۸۲	۳-۵-۷ عمق جذب آب خاک (soil water extraction depth)
۱۸۳	۴-۵-۷ محاسبات آب خالص (net water calculations)
۱۸۵	۵-۵-۷ فرایند محاسبه بیان آب (water balance accounting procedure)
۱۸۷	۶-۵-۷ مفاهیم مبتنی بر گیاه (plant-based concepts)
۱۸۸	۷-۵-۷ اتوماسیون در برنامه‌ریزی آبیاری
۱۸۹	سؤالات فصل ۷
۱۹۳	فصل هشتم
۱۹۳	اهداف کلی
۱۹۳	۱-۸ تنش آبی و رشد گیاه

- ۱۹۴ ۸-۲ رطوبت خاک و رشد گیاه
- ۱۹۴ ۸-۳ قابلیت دسترسی نسبی رطوبت خاک
- ۱۹۴ ۸-۴ پیشرفت تدریجی تنش‌های آبی
- ۱۹۶ ۵-۸ تغییرات محتوای آب اندام‌های مختلف گیاه در زمان‌های مختلف
- ۱۹۶ ۸-۶ رقابت برای آب در داخل گیاه
- ۱۹۶ ۸-۷ دوره‌های تنش بحرانی گیاه (crop critical stress periods)
- ۱۹۸ ۸-۸ اثرات عمومی تنش آبی بر رشد گیاه
- ۱۹۹ ۸-۸-۱ ساختمان گیاه و تنش آبی
- ۲۰۰ ۸-۸-۲ سلول و تنش آبی
- ۲۰۱ ۸-۸-۳ اثرات تنش آبی بر تنفس و فتوسنتز
- ۲۰۲ ۸-۸-۴ تنش آبی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها
- ۲۰۲ ۸-۸-۵ متابولیسم ازت و تنش آبی
- ۲۰۲ ۸-۸-۶ اثر تنش آبی بر مواد تنظیم‌کننده رشد
- ۲۰۳ ۸-۸-۷ جابه‌جایی مواد تحت تأثیر تنش آبی
- ۲۰۳ ۸-۸-۹ آفات و بیماری‌ها و تنش آبی
- ۲۰۴ ۸-۹ اثرات مفید تنش آبی
- ۲۰۴ ۸-۱۰ مقاومت گیاهان در مقابل تنش آبی
- ۲۰۴ ۸-۱۰-۱ مقاومت در مقابل خشکی
- ۲۰۵ ۸-۱۰-۲ اجتناب از خشکی
- ۲۰۶ ۸-۱۱ راندمان استفاده از آب
- ۲۰۶ ۸-۱۲ سخت شدن
- ۲۰۸ ۸-۱۳ اندازه‌گیری تنش آبی در گیاهان
- ۲۰۸ ۸-۱۳-۱ چه چیزی باید اندازه‌گیری شود؟
- ۲۰۹ ۸-۱۳-۲ مشکلات نمونه‌برداری
- ۲۰۹ ۸-۱۳-۳ اندازه‌گیری مستقیم آب
- ۲۱۰ ۸-۱۳-۴ اندازه‌گیری غیرمستقیم مقدار آب
- ۲۱۱ ۸-۱۳-۵ تخمین‌های کمی تنش آبی
- ۲۱۱ ۸-۱۳-۶ اندازه‌گیری پتانسیل آب
- ۲۱۳ ۸-۱۴ روابط عملکرد - تبخیر و تعرق
- ۲۱۴ ۸-۱۴-۱ مفاهیم توابع تولید
- ۲۱۴ ۸-۱۴-۲ توابع تولید عملکرد-تبخیر و تعرق
- ۲۱۵ ۸-۱۴-۳ روابط عملکرد-آب مصرفی
- ۲۱۶ ۸-۱۴-۴ توابع تولید محصول نسبت به آب
- ۲۱۷ ۸-۱۴-۵ اثرات شوری
- ۲۲۱ ۸-۱۴-۶ اثرات یون‌های خاص
- ۲۲۲ ۸-۱۴-۷ اثرات اسیدیته خاک بر رشد گیاه
- ۲۲۲ سؤالات فصل ۸

۲۲۵ پاسخ سؤالات چهارگزینه‌ای

۲۲۷ منابع

پیشگفتار

رشد روزافزون جمعیت و افزایش نیاز به مواد غذایی، بهره‌برداری بهینه از منابع محدود آب و خاک را ضروری نموده است. این مهم برای کشور عزیزمان ایران که در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و میانگین بارندگی سالانه آن کمتر از ثلث میانگین بارش سالانه کره زمین است از اهمیت اساسی برخوردار است. انسان‌ها برای تامین و تولید غذای خود به گیاهان وابسته‌اند و به‌دلیل آنکه آب مهم‌ترین عامل زیست محیطی محدود کننده رشد گیاه است، لازم است که برای تامین غذای جمعیت رو به افزایش، روابط آب و خاک و گیاه مورد مطالعه قرار گیرد. با توجه به اهمیت این موضوع و فقدان کتاب درسی متناسب برای دانشجویان رشته مهندسی کشاورزی دانشگاه پیام‌نور، این کتاب براساس سرفصل‌های مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی برای درس رابطه آب و خاک و گیاه تدوین گردید. به‌دلیل همپوشانی برخی از موضوعات درس رابطه آب و خاک و گیاه با موضوعات درس‌های دیگر، سعی گردید به دلیل جلوگیری از اطاله کلام از ذکر مجدد این مطالب خودداری گردد ولی برای حفظ پیوستگی مطالب ذکر برخی از آن‌ها اجتناب‌ناپذیر بوده است. در فصل اول کتاب، مطالبی درباره دلایل مطالعه روابط آب و خاک و گیاه و منحنی‌های رشد گیاه گنجانده شد. در فصل دوم، خصوصیات آب و محلول‌ها و برخی از فرایندهای فیزیکی مرتبط با این خصوصیات ذکر گردید. خواصی از خاک که در مطالعه روابط آب و خاک و گیاه نقشی اساسی دارند در فصل سوم بیان گردید. اصطلاحات اساسی مرتبط با وضعیت آب در خاک و نحوه حرکت آب در خاک در فصل‌های چهارم و پنجم ارائه شد. در فصل ششم، پس

از تشریح تفاوت‌های ساختاری ریشه‌های گیاهان، نقش آن‌ها در جذب آب و املاح توصیف گردید. موضوعات مهم درباره تبخیر و تعرق و روش‌های اندازه‌گیری و محاسبه آن و نحوه استفاده از نمایه‌های مختلف برای برنامه‌ریزی آبیاری در فصل هفتم ذکر شد و در نهایت، موضوعات مختلف مرتبط با تنش‌های گیاهی در فصل هشتم تشریح گردید.

اگرچه مؤلف سعی نمود با توجه با تجربیات چند ساله خود در تدریس درس رابطه آب و خاک و گیاه، مناسب‌ترین مطالب مرتبط با هر موضوع را که برای کلیه دانشجویان گرایشهای مختلف کشاورزی قابل فهم باشد، بیان نماید، لکن ناگفته پیداست که چاپ اول این کتاب مصون از لغزش و خطا نخواهد بود. لذا، ارائه نظرات و پیشنهادات اصلاحی خوانندگان محترم جهت بهبود چاپ‌های آتی مزید امتنان خواهد بود.

در خاتمه از مسئولان محترم دانشگاه پیام‌نور که در چاپ این کتاب همکاری صمیمانه‌ای داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

فصل اول

مقدمه

اهداف کلی

۱. آشنایی با مفهوم آبیاری و دلیل انجام آن در مناطق مختلف آب و هوایی
۲. پی بردن به اهمیت مطالعه‌ی رابطه‌ی آب و خاک و گیاه
۳. بررسی روند رشد جمعیت از گذشته تاکنون
۴. تعیین رشد کمی گیاه با استفاده از منحنی‌های رشد

مقدمه

آبیاری، مصرف آب به مقدار لازم برای محصولات زراعی و باغی به منظور برطرف نمودن نیازهای آبی گیاهان می‌باشد. در مناطق خشک، بدون انجام آبیاری، تولید مواد غذایی و الیاف امکان‌پذیر نبوده و در مناطق نیمه‌خشک هم به واسطه‌ی عدم توزیع یکنواخت بارش امکان عملکرد پایین و خطر از بین رفتن گیاهان وجود داشته و در اغلب مواقع بایستی اراضی آبیاری شوند. به علاوه، در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب نیز برای اطمینان از عدم کاهش عملکرد، آبیاری اراضی اجتناب‌ناپذیر است. عموماً هدف کشاورزی، تولید عملکرد زراعی سودآور است و آبیاری تضمین‌کننده‌ی کشاورزی سودمند در مناطق نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و مرطوب است درحالی که در نواحی خشک، انجام آن ضروری می‌باشد.

آب از طریق سیستم آبیاری، تنظیم سطح ایستابی یا بارندگی، وارد خاک شده و در بافت خاک ذخیره و سپس توسط ریشه‌های گیاه جذب می‌گردد تا نیازهای تبخیر و

تعرق (ET) گیاه را تأمین نماید. در این کتاب، خواص فیزیکی آب خاک و گیاه که بر جابه‌جایی، نگهداشت و استفاده آب اثر دارد و مواردی که باید در طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری حفاظتی مد نظر قرار گیرد، بررسی می‌گردد. در برنامه‌ریزی و طراحی یک سیستم آبیاری، عمدتاً با ظرفیت نگهداشت آب خاک به‌ویژه در ناحیه ریشه گیاه، سرعت نفوذ آب در خاک، سیستم ریشه گیاهان تحت کشت و میزان آب مورد استفاده گیاه، سروکار داریم.

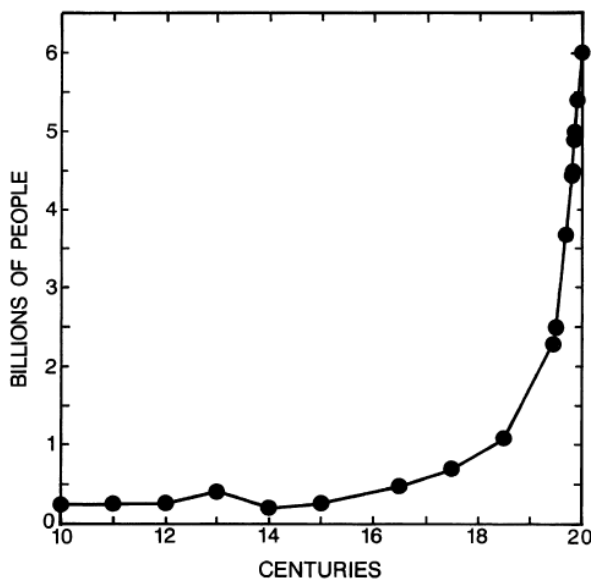
۱-۱ دلایل مطالعه روابط آب و خاک و گیاه

الف) جمعیت

از میان ۴ عامل فیزیکی خاک (مقاومت مکانیکی، آب، تهویه و دما) که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارند، آب مهم‌ترین عامل می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده است که از توان تولید محصولات کشاورزی، سالانه ۴۰ درصد به دلیل خشکسالی‌ها و ۱۷ درصد به دلیل زه دار شدن و ماندابی شدن زمین‌ها کاسته می‌شود. به عبارت دیگر، کمبود یا زیادی آب عملاً موجب می‌شود تا توان تولید محصول ۵۷ درصد کاهش یابد.

انسان‌ها برای تأمین و تولید غذا، به گیاهان وابسته‌اند و از آنجاکه آب مهم‌ترین عامل زیست محیطی محدودکننده رشد گیاه است، لازم است تا برای تأمین غذای جمعیت در حال افزایش، روابط آب-خاک-گیاه مورد مطالعه قرار گیرد. اما چالش اساسی چیست؟ جمعیت کره زمین به‌طور نمایی رو به ازدیاد است. در حال حاضر، سن جهان ۱۳ میلیارد سال و عمر زمین ۴.۵ میلیارد سال برآورد می‌شود. قدیمی‌ترین صخره زمین ۴/۰۳ میلیارد سال پیش به وجود آمده است. بر اساس مطالعات باستان شناسان، اولین موجودات زنده ۳/۷ میلیارد سال قبل، روی زمین ظاهر شدند. حیواناتی مشابه انسان، تنها کمتر از ۸ میلیون سال پیش، روی زمین زندگی می‌کردند. تنها شواهدی که از عمر انسان روی کره زمین در دست می‌باشد مربوط به فسیل آرواره پایین جمجمه انسان‌هایی است که ۶ تا ۷ میلیون سال پیش در چاد و آفریقای مرکزی می‌زیسته‌اند. در زمان آغاز کشاورزی، یعنی حدود ۸۰۰۰ سال قبل از میلاد، جمعیت جهان ۵ میلیون نفر بوده است. در زمان تولد حضرت مسیح جمعیت جهان به ۲۰۰ میلیون نفر و در سال ۱۰۰۰ میلادی به ۲۵۰ میلیون نفر رسید (شکل ۱-۱). در سال

۱۳۰۰، مقدار جمعیت بیشتر شد ولی در سال ۱۴۰۰ به دلیل شیوع بیماری طاعون سیاه، مجدداً کاهش یافت.



شکل ۱-۱. منحنی رشد جمعیت جهان

در سال ۱۵۰۰ میلادی جمعیت جهان دوباره ۲۵۰ میلیون نفر گردید. پس از آن، مقدار جمعیت مرتباً افزایش یافت به طوری که در سال ۱۶۵۰ به ۴۷۰ میلیون نفر، در سال ۱۷۵۰ به ۶۹۴ میلیون نفر و در سال ۱۸۵۰ به یک میلیارد و نود و یک میلیون نفر رسید. جمعیت جهان در آغاز عصر هسته‌ای در سال ۱۹۴۵، ۳٫۲ میلیارد نفر؛ در سال ۱۹۵۰، حدود ۲٫۵ میلیارد نفر؛ در سال ۱۹۷۰، حدود ۳٫۶۷ میلیارد نفر؛ در سال ۱۹۸۰، حدود ۴٫۴۷ میلیارد نفر؛ در سال ۱۹۸۵، ۴٫۹ میلیارد نفر؛ در سال ۱۹۸۷، ۵ میلیارد نفر و در سال ۱۹۹۹، ۶ میلیارد نفر بوده است.

نکته جالب توجه این است که در حالی که بیش از ۶ میلیون سال طول کشید تا جمعیت جهان به یک میلیارد نفر برسد، در مدت ۱۲۰ سال مقدار آن دو برابر گردید، در مدت ۳۲ سال به سه میلیارد نفر و در عرض ۱۵ سال به ۴ میلیارد نفر رسید. افزایش یک میلیارد آخر، تنها ۱۲ سال طول کشید. سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است که

در سال ۲۱۵۰ جمعیت دنیا رقمی بین ۳/۶ و ۲۷ میلیارد نفر خواهد بود و تفاوت این دو پیش‌بینی تنها یک بچه به‌ازای هر زن است. اگر هر زن در عمر خود دو بچه را زایمان کند، جمعیت کنونی به ۱۰/۸ میلیارد نفر می‌رسد اما اگر نرخ متوسط مولید ۲/۶ بچه به‌ازای هر زن باشد، جمعیت جهان به بیش از ۲۷ میلیارد نفر خواهد رسید. در صورتی که نرخ متوسط مولید به ۱/۶ بچه به‌ازای هر زن کاهش یابد، جمعیت جهان ۳/۶ میلیارد نفر کاهش می‌یابد.

هر چند این امکان نیز وجود دارد که جمعیت دنیا با بیماری‌هایی نظیر طاعون، ایدز، سارس، جنون گاوی و امثال آن کنترل و حتی کاهش یابد، اما این وظیفه انسان و حتی متخصصان است که بدون توجه به این مسائل، در تولید مواد غذایی بکوشند.

ب) قانون دو یارد مربعی

رشد جمعیت تابعی از بهره‌وری اراضی است. مقدار اراضی زراعی نیز محدود است. بسیاری از ما قانون موسوم به دو یارد مربع^۱ را شنیده‌ایم. بر اساس این قانون، سرانه زمین زراعی در دنیا بیش از ۲ یارد مربع نمی‌باشد. مقدار انرژی که از خورشید بر این سطح می‌تابد، باید انرژی مورد نیاز برای تهیه جیره غذایی روزانه انسان‌ها را تأمین کند. در واقع، غذا و زندگی ما از انرژی خورشید حاصل می‌شود. برای فهم مقدار پتانسیل تولید غذا از انرژی ساطع شده از خورشید بر این سطح دو یارد مربعی، به محاسبات ساده زیر توجه کنید:

۱. دو یارد مربع، سطحی معادل ۹۱ سانتی متر در ۱۸۳ سانتی متر یعنی تقریباً ۱۶۷۰۰ سانتی متر مربع می‌باشد.

۲. ثابت خورشیدی، ۲ کالری بر سانتی متر مربع بر دقیقه یا ۲ لانگلی^۲ بر سانتی متر می‌باشد. ثابت خورشیدی عبارت است از مقدار انرژی دریافت شده در واحد سطح عمود بر جهت خورشید در فضای آزاد، در متوسط فاصله زمین از خورشید (عرض جغرافیایی مهم نمی‌باشد)

$$۳. \quad (۲\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1})(۱۶۷۰۰\text{ cm}^2) = ۳۳۴۰۰\text{ cal.min}^{-1}$$

1. Two- square- yard rule

۲. یک لانگلی (longly) برابر با یک کالری بر سانتی متر مربع است.

۴. $24 \times 60 \times 12 \text{ h.day}^{-1} = 17280 \text{ cal.day}^{-1}$ یا حدود ۲۴ میلیون کالری در روز. در این محاسبات مدت تابش خورشید، ۱۲ ساعت در روز در نظر گرفته شد.

۵. در بهترین شرایط، گیاهان بیش از ۶ درصد انرژی دریافتی از خورشید را نمی‌توانند به انرژی شیمیایی تبدیل کنند. لذا:

$$(17280000 \text{ cal.day}^{-1})(0.06) = 1036800 \text{ cal.day}^{-1} = 1036.8 \text{ kcal.day}^{-1}$$

۶. با توجه به مصرف انرژی در کشورهای مختلف (آمریکا بیش از ۳۵۰۰، آرژانتین بین ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰، مراکش بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰، هند بین ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ و تانزانیا کمتر از ۲۰۰۰ کیلوکالری در روز)، باید قبول کنیم که افراد زیادی در دنیا انرژی کمی دریافت می‌کنند تا متوسط برای هر نفر به رقم ۱۴۴۰ کیلوکالری در روز برسد. البته این رقم نیز خود یک رژیم گرسنگی است و تنها برای زنده ماندن می‌تواند کافی باشد و اگر قرار باشد همه مردم دنیا ۱۴۴۰ کیلوکالری انرژی در روز دریافت کنند دیگر از فعالیت‌های فیزیکی، خلاقیت‌های فکری و تولید مثل خبری نخواهد بود.

۱-۲ منحنی‌های رشد گیاه

الف) اهمیت اندازه‌گیری رشد گیاه و رشد نمایی

به دلیل اینکه آب مهم‌ترین عامل فیزیکی خاک است که بر رشد گیاه تأثیر دارد، کمی کردن رشد گیاه، برای تعیین اثرات تنش آبی اهمیت زیادی دارد. در آزمایش‌های مربوط به روابط آب-گیاه، برخی از معیارهای رشد گیاه (مانند ارتفاع، وزن ماده خشک) باید جمع‌آوری گردد. منحنی‌های رشد گیاه، روابط کمی را نشان می‌دهند که ما برای فهم اصول اساسی روابط آب و گیاه به دنبال آن‌ها می‌باشیم. اگر بتوان معادلاتی برای این روابط استخراج کرد، آنگاه می‌توان رویدادهای آبی را پیش‌بینی نمود. معادلات مربوط به منحنی‌های رشد گیاه، برای کمی کردن و پیش‌بینی رشد گیاه استفاده می‌شوند.

برای وارد شدن به بحث توابع تولید و منحنی‌های رشد گیاه، بهتر است بحث را از رشد یک باکتری نسبت به زمان آغاز کنیم زیرا در ابتدای طبقه‌بندی گیاهان و جانوران، باکتری‌ها جزء سلسله گیاهان به حساب می‌آمدند و در واقع گیاه‌شناسان بودند

که مطالعه روی باکتری‌ها را آغاز کردند. در شرایط ایده‌آل، یک سلول باکتری مانند اشیرشیاکولی در هر ۲۰ دقیقه یکبار، به دو قسمت تقسیم می‌شود. بنابراین اگر در دقیقه صفر، یک باکتری داشته باشیم پس از ۲۰ دقیقه دو باکتری و پس از ۴۰ دقیقه ۴ باکتری و پس از ۶۰ دقیقه ۸ باکتری خواهیم داشت. با این روند اگر m دوره ۲۰ دقیقه‌ای بگذرد، پس از زمان $t=20m$ دقیقه، به اندازه 2^m باکتری خواهیم داشت که اگر به جای

m مقدار $\frac{t}{20}$ یا تعداد دوره‌ها را قرار دهیم تعداد باکتری‌ها برابر $2^m = 2^{\frac{t}{20}}$ می‌گردد. بنابراین تعداد باکتری‌هایی که در زمان t وجود خواهد داشت (N) برابر است با:

$$N = 2^{\frac{t}{20}}$$

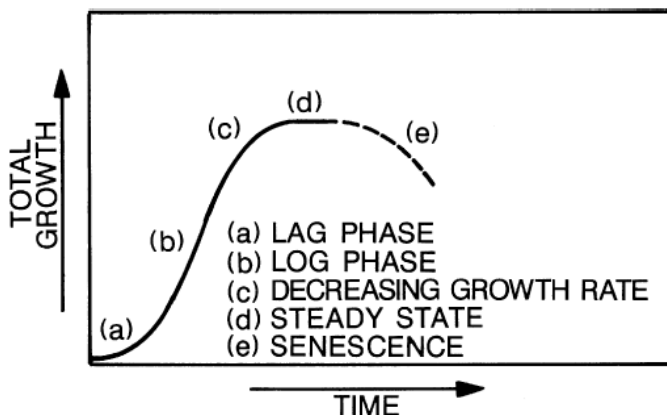
چون t در معادله بالا، به صورت توان ظاهر شده است این نوع منحنی‌های رشد را رشد نمایی یا توانی گویند. در ارتباط با رشد گیاهان کارلوس لیناوس (کارل فون لینه)^۱ دانشمند گیاه‌شناس سوئدی، نشان داد که اگر از یک گیاه یکساله در هر سال فقط دو بذر به عنوان گیاه جدید به ثمر برسند، چنین گیاهی در طول ۲۰ سال یک میلیون بذر یا عامل تکثیر دیگر، تولید خواهد کرد. چون در گیاه مورد نظر لینه، دوره زمانی معادل یکسال است، برای مدت ۲۰ سال، معادله رشد به صورت $X = 2^{20}$ می‌باشد که با حل آن، مقدار X تقریباً برابر یک میلیون به دست می‌آید که منطبق با پیش‌بینی لینه است.

ب) منحنی رشد سیگموئیدی

منحنی S شکل یا سیگموئیدی، نوعی الگوی رشد است که برای نشان دادن رشد یک اندام یا کل گیاه و یا جمعیت گیاهان استفاده می‌شود (شکل ۱-۲). که این منحنی از ۵ قسمت مجزا تشکیل گردیده است: ۱- مرحله تأخیر اولیه که دوره تغییرات داخلی برای شروع رشد می‌باشد. ۲- دوره رشد سریع (لگاریتم سرعت رشد نسبت به زمان به صورت یک خط مستقیم است). ۳- مرحله سوم که سرعت رشد در آن به تدریج کاهش می‌یابد. ۴- دوره چهارم مرحله‌ای است که گیاه به بلوغ کامل رسیده و رشد متوقف می‌گردد. ۵- مرحله آخر دوره‌ای است که مرگ گیاه یا اندام گیاهی فرا می‌رسد

1. Carolus Linnaeus (born Kal von Linne)

و پس از آن، دوره جدیدی از رشد آغاز می‌گردد.



شکل ۱-۲. مراحل پنجگانه منحنی رشد سیگموئیدی

ج) منحنی رشد بلاک من^۱

از حدود سال ۱۹۰۰ میلادی، منحنی‌های رشد به منظور تجزیه و تحلیل رشد گیاهان، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. یکی از نظریه‌های مشهور درباره رشد گیاه، قانون بهره مرکب بلاک من می‌باشد.^۲ وی روند رشد گیاه را مشابه پولی دانست که در بانک سپرده‌گذاری می‌شود. مقدار نهایی پول پس از یک مدت معین به سه عامل بستگی دارد:

۱. مقدار اولیه پول

۲. نرخ بهره

۳. مدت زمانی که پول در بانک باقی می‌ماند.

بلاک من با مقایسه این عوامل با گیاهان (۱. وزن بذر، ۲. نرخ رشد و ۳. طول دوره رشد)، آن‌ها را در یک معادله نمایی با یکدیگر مرتبط ساخت:

$$W_1 = W_0 e^{rt}$$

که در این معادله: W_1 وزن نهایی، W_0 وزن اولیه، r نرخ رشد، t زمان و e مبنای

1. Blackman

2. compound interest law of Blackman

لگاریتم طبیعی ($e = 2.718...$) می‌باشند.

معادلهٔ بلاک‌من، در مراحل ابتدایی رشد صادق است (مرحلهٔ دوم رشد در منحنی رشد سیگموئیدی). در مراحل رشد نهایی، سرعت نسبی کاهشی رشد، کاربرد این معادله را برای کل منحنی رشد غیرممکن می‌سازد. بلاک‌من برای رفع این مشکل، توصیه کرده است که متوسط سرعت یا نرخ رشد مراحل مختلف به‌عنوان پارامتر r در معادلهٔ فوق مورد استفاده قرار گیرد. وی این پارامتر را شاخص کارایی رشد گیاه^۱ نامیده است.

معادلهٔ نمایی مشابه دیگری که هاموند و کرکهام^۲ برای توصیف مراحل مختلف منحنی رشد سویا و ذرت مورد استفاده قرار دادند، به‌صورت زیر است:

$$W = W_0 e^{r(t-t_0)}$$

در این معادله، W وزن گیاه در زمان t ، W_0 وزن گیاه در زمان اولیه یا زمان قراردادی t_0 ، r ، سرعت نسبی رشد و e مبنای لگاریتم طبیعی ($e = 2.718...$) می‌باشند. معادله‌های رشد گیاه نشان می‌دهند که می‌توان برای آنالیز کمی رشد گیاه، از روابط ریاضی مختلفی استفاده نمود. این امر احتمالاً به دلیل آن است که رشد گیاه براساس قوانین شیمیایی و فیزیکی صورت می‌گیرد با استفاده از این معادله‌ها، می‌توان رشد گیاه را پیش‌بینی نمود.

سؤالات فصل اول

۱. براساس پیش‌بینی سازمان ملل متحد، در سال ۲۱۵۰ جمعیت دنیا رقمی بین میلیارد نفر خواهد بود.

الف) ۱۰/۸ و ۲۷ میلیارد نفر ب) ۳/۶ و ۲۷ میلیارد نفر

ج) ۱۰/۸ و ۳۶ میلیارد نفر د) ۳/۶ و ۳۶ میلیارد نفر

۲. مهم‌ترین عامل فیزیکی خاک که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد، می‌باشد.

الف) مقاومت مکانیکی ب) تهویه

ج) دما د) آب

1. Efficiency index

2. Hammond and Kirkham

۳. قانون ۲ یارد مربعی نشان دهنده چیست؟ در بهترین شرایط، مقدار انرژی غذایی قابل تولید از این سطح چقدر است؟

(الف) سرانه زمین زراعی در دنیا- ۱۴۴۰ کیلوکالری در روز

(ب) سرانه زمین زراعی در دنیا- ۳۳۴۰۰ کیلوکالری در روز

(ج) سرانه زمین در دنیا- ۱۴۴۰ کیلوکالری در روز

(د) سرانه زمین در دنیا- ۳۳۴۰۰ کیلوکالری در روز

۴. گیاهان می‌توانند حداکثر چند درصد از انرژی دریافتی را خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل کنند.

(الف) ۲ (ب) ۴

(ج) ۶ (د) ۸

۵. معادلات مربوط به منحنی‌های رشد گیاه، برای استفاده می‌شوند.

(الف) کمی کردن و پیش‌بینی رشد گیاه (ب) پیش‌بینی نیاز آبی گیاه

(ج) پیش‌بینی شوری خاک (د) پیش‌بینی انرژی مورد نیاز گیاه

۶. معادله بلاک من برای کدام مرحله رشد گیاه صادق است؟

(الف) مرحله میانی (ب) مرحله ابتدایی

(ج) مرحله بلوغ (د) مرحله مرگ

۷. در کدام یک از قسمت‌های منحنی رشد سیگموئیدی، لگاریتم سرعت رشد نسبت به

زمان به صورت یک خط مستقیم است؟

(الف) مرحله تأخیر اولیه (ب) مرحله سوم

(ج) دوره رشد سریع (د) مرحله آخر

