

مبانی تغذیه گیاه

(ویرایش دوم)

www.ketab.ir

گردآوری و تدوین:

امیرحسین خوشگفتارمنش

استاد دانشکده کشاورزی

دانشگاه صنعتی اصفهان



گردآوری و تدوین.....	دکتر امیرحسین خوشگفتارمنش
ویراستار علمی.....	دکتر منوچهر مفتون
ویراستار ادبی.....	اصغر نهجیری
حروف چینی کامپیوتری.....	انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
لیتوگرافی، چاپ و صحافی.....	انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
ناشر.....	انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ سوم.....	پاییز ۱۴۰۲
تیراژ.....	۱۰۰ جلد
شابک.....	۹۷۸-۹۶۴-۸۴۷۶-۸۶-۶
قیمت.....	۳۴۰۰۰۰۰ ریال

سرشناسه	خوشگفتارمنش، امیرحسین، ۱۳۵۴
عنوان و نام پدیدآور	مبانی تغذیه گیاه / تألیف امیرحسین خوشگفتارمنش.
وضعیت ویراست	[ویراست ۲].
مشخصات نشر	اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	دوازده، ۵۴۰ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
فروست	دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات؛ ۱۱۴. کشاورزی؛ ۱۹.
شابک	978-964-8476-86-6
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	ص.ع. به انگلیسی:
یادداشت	A. H. Khoshgoftarmansh. Principles of plant nutrition.
یادداشت	چاپ دوم.
یادداشت	واژه نامه.
موضوع	گیاهان - تغذیه
موضوع	گیاهان - اثر مواد معدنی
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی اصفهان، انتشارات
رده بندی کنگره	۱۳۹۳ م ۹۶۷/خ QK۸۶۷
رده بندی دیویی	۵۷۲/۳۹۲
شماره کتابشناسی ملی	۳۵۸۸۷۲۵

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - انتشارات - کدپستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱، تلفن: ۳۳۹۱۲۹۵۲ (۰۳۱) دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲ (۰۳۱) برای خرید اینترنتی کلیه کتاب‌های منتشره انتشارات می‌توانید به وبگاه <http://publication.iut.ac.ir> مراجعه و یا مستقیماً از کتابفروشی انتشارات واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۳۹۵۲) خریداری فرمائید.

پیشگفتار

یکی از مهم‌ترین دلایل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه، به ویژه در بین زارعان کم درآمد، حاصلخیز نبودن خاکها است. بر همین اساس، تغذیه گیاه، نقش بسیار مهم و قابل ملاحظه‌ای در تولید غذای جهان، هم در گذشته و هم در آینده دارد.

به علاوه، امروزه زمینه‌های نوین علم تغذیه گیاهی به ویژه مباحث مربوط به بالابردن کیفیت محصولات کشاورزی مورد توجه متخصصان تغذیه انسان است. یکی از اهداف تحقیقات چندگرایشی که در سالهای اخیر در دنیا رایج شده، غنی‌سازی محصولات کشاورزی به ویژه غلات در جهت بهبود سلامت تغذیه‌ای انسان است. با مباحث جدید پیرامون نقش ژنتیک در تغذیه گیاه و نیز امکان استفاده از فناوری زیستی و راهکارهای نوین اصلاح نباتات در جهت بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، علم تغذیه گیاه بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته است.

علم تغذیه گیاه به بررسی فرایندهای جذب عناصر غذایی از محیط و نقش این عناصر در گیاه می‌پردازد. تغذیه گیاه یکی از مباحث ویژه فیزیولوژی گیاهی می‌باشد. بخشهایی از این علم است که به نقش عناصر در گیاه می‌پردازند و آن را با سایر جنبه‌های فیزیولوژی یا بیوشیمی گیاهی، مرتبط می‌سازد. از طرف دیگر، مباحث مربوط به فرایندهای جذب عناصر از محیط و توزیع آنها در گیاه، از جمله مباحث اختصاصی تغذیه گیاه به شمار می‌رود.

کتاب حاضر مرجعی در زمینه "تغذیه گیاه" برای دانشجویان مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خاکشناسی، باغبانی، زراعت و زیست شناسی و نیز برای پژوهشگران کشاورزی است. این کتاب شامل ۱۲ فصل است که مطالب آن از منابع مختلف شامل مقالات جدید علمی و کتب ارزشمند متخصصان برجسته دنیا در زمینه تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک، به ویژه کتاب : Mineral nutrition of higher plants تألیف زنده یاد مارشرن (۱۹۹۵)، "Soil fertility and fertilizers" تألیف تیسدل، نلسون و بیتون (۱۹۹۷) و جزوه درسی

“Soil condition and plant growth” تألیف دکتر پارکر، دوست و استاد راهنمای اینجانب در دانشگاه ریورساید آمریکا (۲۰۰۴) اقتباس شده است.

در پایان از پیشنهادات ارزشمند داوران محترم و از شورای نشر دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تصویب و چاپ این کتاب، از استاد ارجمند جناب آقای دکتر کلباسی به خاطر مطالعه کتاب، از استاد فرزانه آقای دکتر منوچهر مفتون که زحمت ویرایش علمی این کتاب را بر عهده داشته‌اند، و از سرکارخانم آیدا رضایی به خاطر طراحی زیبای جلد کتاب کمال تشکر را دارم. همچنین از سرکارخانم زحل شیروانی جهت دقت در تصحیحات و صفحه‌آرایی کتاب، از سرکارخانم مزگان رحیم‌پور جهت تایپ و صفحه‌آرایی کتاب تشکر و قدردانی می‌شود.

امیرحسین خوشگفتارمنش

پاییز ۱۳۸۶

www.ketab.ir

فهرست مطالب

www.ketab.ir

پیشگفتار یک

فصل ۱: مقدمه، تاریخچه و اولویتهای کنونی تحقیقات تغذیه گیاهی

- ۱-۱ تعریف علم تغذیه گیاه ۱
- ۲-۱ مباحث تغذیه گیاهی ۲
- ۳-۱ تغذیه گیاهی در قرن بیستم و چشم انداز آن برای قرن بیست و یکم ۴
- ۴-۱ عناصر کم مصرف در تولید آینده غذا ۱۰
- ۵-۱ اصلاح نباتات و کارایی گیاهان از لحاظ عناصر غذایی ۱۱
- ۶-۱ فرایندهای مربوط به جذب عناصر غذایی از خاک ۱۲
- ۷-۱ وضعیت تغذیه‌ای خاکها ۱۴
- ۸-۱ برهمکنش ریشه با خاک ۱۵
- ۹-۱ شکل ظاهری و ساختار هندسی سیستم‌های ریشه‌ای ۱۵
- ۱۰-۱ ترشحات ریشه‌ای ۱۶
- ۱۱-۱ جذب یون و عملکرد گیاه ۱۹

۱۲-۱	جمع‌بندی	۱۹
۱۳-۱	اولیتهای تحقیقاتی در زمینه تغذیه گیاهی برای برطرف کردن نیاز غذایی انسان	۲۱
۱۴-۱	نقش کودهای شیمیایی در تأمین نیاز غذایی جهان	۲۴
۱۵-۱	اثرهای نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست	۲۶

فصل ۲: عناصر غذایی و پاسخ گیاه

۱-۲	مقدمه	۲۹
۲-۲	رشد	۲۹
۳-۲	عوامل مؤثر بر رشد گیاه	۳۰
۱-۳-۲	ژنتیک	۳۰
۱-۱-۳-۲	رقم گیاه و نیازهای تغذیه‌ای	۳۰
۲-۱-۳-۲	انتخاب رقم گیاه براساس حاصلخیزی خاک	۳۱
۳-۱-۳-۲	اهمیت تحقیقات نوین در زمینه ژنتیک گیاه	۳۱
۲-۳-۲	عوامل محیطی	۳۲

فصل ۳: محیط تغذیه‌ای

۱-۳	مقدمه	۵۹
۲-۳	ویژگیهای مهم فیزیکی و شیمیایی خاک	۵۹
۳-۳	تبادل و جذب سطحی کاتیون‌ها	۶۰
۴-۳	معادله گاپون	۶۶
۵-۳	جذب آنیون‌ها در سطح ذرات خاک	۶۷
۶-۳	جذب سطحی آب	۷۰
۷-۳	سیستم‌های کلونیدی	۷۰
۸-۳	ویژگیهای مهم خاک	۷۲
۱-۸-۳	بافت خاک و کانیهای رسی	۷۲
۲-۸-۳	ساختمان خاک	۷۶
۳-۸-۳	آب خاک	۷۸
۴-۸-۳	هوای خاک	۸۲
۵-۸-۳	pH خاک	۸۷

فصل ۴: محیط‌های کشت بدون خاک در مطالعات تغذیه گیاه

۱-۴	مقدمه	۹۵
-----	-------	----

- ۲-۴ انواع محیط‌های کشت بدون خاک ۹۵
- ۳-۴ فواید محیط کشت بدون خاک ۹۶
- ۴-۴ مشکلات محیط‌های کشت بدون خاک ۹۶
- ۵-۴ مشکلات و محدودیت‌های خاک ۹۷
- ۶-۴ محلول خاک ۹۸
- ۷-۴ ترکیب محلول‌های غذایی ۱۰۲
- ۸-۴ مقایسه محلول خاک با محلول‌های غذایی ۱۰۴
- ۹-۴ توسعه سیستم‌های کشت بدون خاک ۱۰۵
- ۱-۹-۴ توان بافري و پايدار نگه‌داشتن غلظت عناصر غذایی در محیط ۱۰۵
- ۱-۱-۹-۴ محیط‌های کشت بدون خاک با محلول غذایی جایگزین شونده ۱۰۷
- ۲-۹-۴ بافر کردن pH و فعالیت یون‌های فلزی با استفاده از لیگاندهای محلول ۱۲۰
- ۱-۲-۹-۴ بافر کردن pH ۱۲۰
- ۲-۲-۹-۴ بافر کردن غلظت عناصر کم‌مصرف با استفاده از لیگاندها ۱۲۷
- ۳-۲-۹-۴ بافر کردن پتانسیل رد اکس ۱۲۸
- ۳-۹-۴ ایجاد توان بافري در محلول‌های غذایی با استفاده از رزین‌های تبادل یونی ۱۲۹
- ۱-۳-۹-۴ بافر کردن pH ۱۳۹
- ۲-۳-۹-۴ عناصر پرمصرف و کم‌مصرف ۱۴۱
- ۴-۹-۴ بافر کردن از طریق مواد جامد ۱۴۵
- ۱-۲-۹-۴ بافر کردن pH ۱۴۵
- ۲-۴-۹-۴ بافر کردن غلظت عناصر غذایی ۱۴۶
- ۱۰-۴ چشم‌انداز آینده ۱۵۰

فصل ۵: ساختار و نقش ریشه

- ۱-۵ ویژگی‌های ظاهری و کالبدشناسی سیستم‌های ریشه‌ای ۱۵۳
- ۱-۱-۵ شکل ظاهری ریشه ۱۵۳
- ۲-۱-۵ کالبدشناسی ریشه ۱۵۵
- ۳-۱-۵ رشد ریشه ۱۵۷
- ۴-۱-۵ سوخت و ساز ریشه ۱۵۷
- ۵-۱-۵ نقش ویژگی‌های ریشه در جذب آب و عناصر غذایی ۱۶۱
- ۶-۱-۵ ظرفیت جذب ریشه ۱۶۲
- ۷-۱-۵ روش‌های مطالعه ریشه ۱۶۸
- ۱-۷-۱-۵ فناوری‌های مشاهده ریشه ۱۶۸

- ۵- ۱-۷-۲ تصویربرداری از طریق روش تشدید مغناطیسی هسته ۱۷۱
- ۵- ۱-۷-۳ عکسبرداری رادیویی ۱۷۲
- ۵- ۱-۷-۴ فناوری‌های کاوش ۱۷۲
- ۵- ۱-۷-۵ روش شمارش ریشه ۱۷۳
- ۸-۱-۸ پیش‌بینی رشد ریشه براساس روابط موجود در داخل سیستم ریشه ۱۷۳

فصل ۶: روابط خاک - گیاه

- ۱-۶ قابلیت استفاده عناصر غذایی ۱۷۷
- ۲-۶ حرکت عناصر غذایی به سطح ریشه ۱۷۷
- ۱-۲-۶ حرکت ریشه در خاک و تبادل تماسی ۱۷۸
- ۲-۲-۶ جریان توده‌ای و پخشیدگی ۱۷۹
- ۳-۲-۶ شدت و کمیت ۱۸۴
- ۴-۲-۶ قابلیت استفاده عناصر غذایی و توزیع آب در خاک ۱۸۷
- ۵-۲-۶ نقش ساختمان خاک ۱۸۸

فصل ۷: فیزیولوژی جذب یون به وسیله ریشه

- ۱-۷ انتقال کوتاه مسیر ۱۹۱
- ۱-۱-۷ مقدمه ۱۹۱
- ۲-۱-۷ مسیر حرکت ترکیبات از محلول خارجی به داخل سلول‌ها ۱۹۳
- ۱-۲-۱-۷ جریان به داخل آپوپلاسم ۱۹۳
- ۲-۲-۱-۷ ورود یون‌ها به داخل سیتوپلاسم و واکوئل ۱۹۷
- ۳-۱-۷ ساختمان و ترکیب غشاءهای زیستی ۱۹۸
- ۴-۱-۷ عبور یون‌ها و ترکیبات محلول از غشاء ۲۰۴
- ۴-۱-۷ انتقال و نیاز به انرژی ۲۰۴
- ۲-۴-۱-۷ انتقال فعال و غیرفعال: پمپ‌های الکتروژنیک، ناقل‌ها ۲۰۶
- ۳-۴-۱-۷ سیتیک انتقال ۲۱۴
- ۵-۱-۷ ویژگیهای جذب یون‌ها به وسیله ریشه ۲۱۹
- ۱-۵-۱-۷ جریان ورودی به داخل آپوپلاسم ۲۱۹
- ۲-۵-۱-۷ نقش ویژگیهای فیزیکیوشیمیایی یون‌ها و سوخت و ساز ریشه ... ۲۲۰
- ۳-۵-۱-۷ برهمکنش بین یون‌ها ۲۲۶
- ۴-۵-۱-۷ روابط آنیون - کاتیون ۲۳۳
- ۵-۵-۱-۷ غلظت یون در محلول خارجی ۲۳۵

۲۳۸	۷-۱-۵-۶ غلظت عناصر در داخل گیاه و وضعیت تغذیه‌ای
۲۴۲	۷-۱-۶ جذب آب و یون‌ها در امتداد محور ریشه
۲۴۳	۷-۱-۷ انتقال شعاعی آب و یون‌ها از عرض ریشه
۲۴۶	۷-۱-۸ رها شدن یون‌ها در داخل آوند چوبی
۲۴۹	۷-۱-۹ عوامل مؤثر بر آزاد شدن یون‌ها به داخل آوند چوبی و شدت تراوش
۲۴۹	۷-۱-۹-۱ عوامل داخلی و خارجی
۲۵۱	۷-۱-۹-۲ ترشحات آوند چوبی، جذب و ساخت در ریشه و چرخش
۲۵۲	۷-۲ انتقال طولانی مسیر در آوندهای چوبی و آبکش
۲۵۲	۷-۲-۱ مقدمه
۲۵۳	۷-۲-۲ انتقال در آوند چوبی
۲۵۳	۷-۲-۲-۱ ترکیب شیره آوند چوبی
۲۵۴	۷-۲-۳ برهمکش‌ها در طول مسیر آوند چوبی، بارگذاری آوند چوبی
۲۵۴	۷-۲-۳-۱ جذب سطحی و رها سازی
۲۵۶	۷-۲-۳-۲ آزاد شدن بارکش به داخل آوند چوبی
۲۵۶	۷-۲-۳-۳ بارگذاری در برکها
۲۵۸	۷-۲-۴ تأثیر شدت تعرق بر جذب و انتقال
۲۶۰	۷-۲-۵ تأثیر شدت تعرق بر توزیع عناصر در داخل شاخسارها
۲۶۰	۷-۳ انتقال در آوند آبکش
۲۶۰	۷-۳-۱ اصول انتقال و کالبدشناسی آوند آبکش
۲۶۲	۷-۳-۲ ترکیب شیره آبکش
۲۶۲	۷-۳-۳ پویایی عناصر در آوند آبکش
۲۶۳	۷-۳-۴ انتقال یون‌ها بین آوندهای چوبی و آبکش
۲۶۴	۷-۴ اهمیت نسبی آوندهای چوبی و آبکش در انتقال طولانی مسیر عناصر غذایی معدنی
۲۶۴	۷-۴-۱ عناصر غذایی با پویایی بالا در آوند آبکش
۲۶۴	۷-۴-۲ عناصر غذایی با پویایی کم در آوند آبکش (نظیر کلسیم)
۲۶۶	۷-۴-۳ انتقال دوباره و چرخه عناصر غذایی
۲۶۷	۷-۵ پویا شدن دوباره عناصر غذایی معدنی
۲۶۷	۷-۵-۱ جوانه‌زنی بذری
۲۶۸	۷-۵-۲ مرحله رویشی
۲۶۸	۷-۵-۳ مرحله زایشی
۲۷۱	۷-۵-۴ دوره پیش از ریزش برگ

فصل ۸: جذب و آزاد شدن عناصر معدنی به وسیله برگها

- ۸-۱ جذب، آزاد شدن گازها و سایر ترکیبات قابل تصاعد از طریق روزنه ها ۲۷۳
- ۸-۱-۱ جذب از طریق روزنه ها ۲۷۳
- ۸-۲ آزاد شدن عناصر معدنی از طریق روزنه ها ۲۷۴
- ۸-۲ جذب ترکیبات محلول ۲۷۵
- ۸-۲-۱ ساختمان و نقش لایه کوتیکولی ۲۷۵
- ۸-۲-۲ نقش عوامل داخلی و خارجی ۲۷۷
- ۸-۳ آبشویی عناصر معدنی از برگها ۲۷۹
- ۸-۳-۱ علت و سازوکار ۲۷۹
- ۸-۳-۲ اهمیت اکولوژیکی جذب و آبشویی ترکیبات محلول از برگها ۲۸۰

فصل ۹: راهکارهای بهبود فرایندهای جذب و مصرف عناصر غذایی توسط

گیاه

- ۹-۱ مقدمه ۲۸۳
- ۹-۲ گام های مورد نیاز جهت بکارگیری روش های ژنتیکی مدیریت تغذیه گیاه ۲۸۹
- ۹-۳ غربال ارقام گیاهی کارآمد از لحاظ تغذیه ای ۲۹۰
- ۹-۴ منابع تغییرات در آزمون های غربال ارقام کارا ۲۹۱
- ۹-۵ زردبرگی آهن در سویا ۲۹۳
- ۹-۶ استفاده از محلول های غذایی جهت غربال ارقام گیاهی ۲۹۶
- ۹-۷ محلول های بافر شده با کلات ۲۹۸
- ۹-۸ سایر تکنیک های غربال ارقام گیاهی ۳۰۶

فصل ۱۰: نقش ریزوسفر در تغذیه گیاه

- ۱۰-۱ مقدمه ۳۰۷
- ۱۰-۲ غلظت یون ها در ریزوسفر ۳۰۸
- ۱۰-۳ پ-هاش و پتانسیل رداکس ریزوسفر ۳۰۹
- ۱۰-۳-۱ تأثیر تعادل جذب کاتیون-آنیون بر پ-هاش ریزوسفر ۳۰۹
- ۱۰-۳-۲ تأثیر تثبیت نیتروژن بر پ-هاش ریزوسفر ۳۱۰
- ۱۰-۴ تغییرات پتانسیل رداکس ریزوسفر ۳۱۱
- ۱۰-۵ ترشحات ریشه ۳۱۲
- ۱۰-۵-۱ مقدار و ویژگی های ترشحات ریشه ۳۱۲

۳۱۴	۱۰-۵-۲ ترکیبات آلی سبک وزن ترشح شده از ریشه
۳۱۵	۱۰-۵-۳ موسیلاژ و موسیژل
۳۱۶	۱۰-۶ فعالیت‌های میکروبی در ریزوسفر
۳۱۷	۱۰-۷ نقش ریزجانداران آزادزی ریزوسفر در تغذیه گیاه
۳۱۹	۱۰-۸ میکوریزا
۳۱۹	۱۰-۸-۱ اکتو و اندومیکوریزا
۳۱۹	۱۰-۸-۲ درجه همزیستی قارچی
۳۲۱	۱۰-۹ جذب فسفر
۳۲۲	۱۰-۱۰ نقش میکوریزا در تغذیه سایر عناصر غذایی

فصل ۱۱: تشکیل کلات های فلزی در ریزوسفر

۳۲۵	۱۱-۱ مقدمه
۳۲۶	۱۱-۲ برخی مفاهیم شیمیایی
۳۲۷	۱۱-۳ ثابت‌های پایداری
۳۲۹	۱۱-۴ ثابت‌های پایداری مؤثر و مشروط
۳۳۲	۱۱-۵ سیتیک
۳۳۴	۱۱-۶ لیگاندهای آلی در ریزوسفر
۳۳۴	۱۱-۶-۱ اسیدهای آلی در ریزوسفر و اهمیت زیستی آنها
۳۳۶	۱۱-۶-۲ غلظت اسیدهای آلی در ریزوسفر
۳۳۸	۱۱-۶-۳ وضعیت شیمیایی اسیدهای آلی
۳۳۹	۱۱-۶-۴ اهمیت زیستی اسیدهای آلی در تغذیه معدنی گیاه و مقابله با تنش‌ها
۳۴۵	۱۱-۷ سیدروفورها
۳۴۶	۱۱-۷-۱ رامبرد نوع دوم: پاسخ گیاهان به تنش
۳۴۸	۱۱-۷-۲ برهمکنش بین فیتوسیدروفور و سایر فلزات (به غیر از آهن)
۳۵۰	۱۱-۸ ویژگی‌های پیوند فلز با اسیدهای موثرنیک
۳۵۱	۱۱-۹ ثابت‌های پایداری مشروط
۳۵۴	۱۱-۱۰ سیدروفورهای میکروبی و رقابت با آهن

فصل ۱۲: نقش عناصر غذایی در گیاه

۳۵۹	۱۲-۱ عناصر پرمصرف
۳۵۹	۱۲-۱-۱ نیتروژن
۳۶۲	۱۲-۱-۲ گوگرد

۳۶۴	 ۱۲-۱-۳ فسفر
۳۶۸	 ۱۲-۱-۴ پتاسیم
۳۷۲	 ۱۲-۱-۵ کلسیم
۳۷۵	 ۱۲-۱-۶ منیزیم
۳۷۸	 ۱۲-۲-۱ عناصر معدنی کم مصرف
۳۷۸	 ۱۲-۲-۱ آهن
۳۸۴	 ۱۲-۲-۲ منگنز
۳۸۸	 ۱۲-۲-۳ روی
۳۹۱	 ۱۲-۲-۴ مس
۳۹۵	 ۱۲-۲-۵ نیکل
۳۹۷	 ۱۲-۲-۶ مولیبدن
۳۹۹	 ۱۲-۲-۷ بور
۴۰۳	 ۱۲-۲-۸ کلر

فصل ۱۳: روشهای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه

۴۰۵	 ۱۳-۱ مقدمه
۴۰۶	 ۱۳-۲ راهکارهای تشخیص
۴۰۷	 ۱۳-۱-۲ علایم ظاهری
۴۱۱	 ۱۳-۲-۲ تجزیه گیاه
۴۲۸	 ۱۳-۲-۳ آزمونهای زیستی
۴۳۰	 ۱۳-۲-۴ روشهای میکروبیولوژیکی
۴۳۱	 ۱۳-۲-۵ آزمون خاک

فصل ۱۴: علایم ظاهری کمبود عناصر غذایی

۴۳۹	 ۱۴-۱ کمبود نیتروژن
۴۴۴	 ۱۴-۲ کمبود فسفر
۴۴۸	 ۱۴-۳ کمبود پتاسیم
۴۵۱	 ۱۴-۴ کمبود کلسیم
۴۵۳	 ۱۴-۵ کمبود منیزیم
۴۵۵	 ۱۴-۶ کمبود گوگرد
۴۵۶	 ۱۴-۷ کمبود آهن
۴۵۸	 ۱۴-۸ کمبود روی

۴۶۱	۹-۱۴ کمبود منگنز
۴۶۴	۱۰-۱۴ کمبود مس
۴۶۶	۱۱-۱۴ کمبود بور
۴۶۹	۱۲-۱۴ کمبود مولیبدن

فصل ۱۵: روشهای کوددهی

۴۸۲	۱-۱۵ پخش سطحی
۴۸۲	۲-۱۵ روش نواری یا خطی
۴۸۲	۳-۱۵ تغذیه برگری
۴۸۲	۱-۳-۱۵ مقدمه
۴۸۳	۲-۳-۱۵ مواقعی که تغذیه برگری توصیه می شود
۴۸۳	۱-۳-۲-۱۵ پایین بودن قابلیت استفاده عناصر در خاک
۴۸۳	۳-۲-۳-۱۵ محلولپاشی با هدف بهبود کیفیت محصولات کشاورزی
۴۸۴	۳-۳-۱۵ فواید محلولپاشی
۴۸۵	۱-۳-۳-۱۵ رشد رویسی
۴۸۵	۲-۳-۳-۱۵ عملکرد محصول
۴۸۵	۳-۳-۳-۱۵ کیفیت محصول
۴۸۶	۴-۳-۱۵ روش محلولپاشی
۴۸۶	۱-۴-۳-۱۵ نیتروژن
۴۸۶	۲-۴-۳-۱۵ فسفر و پتاسیم
۴۸۶	۳-۴-۳-۱۵ کلسیم و منیزیم
۴۸۷	۴-۴-۳-۱۵ آهن، روی، مس و منگنز
۴۸۸	۵-۴-۳-۱۵ بور
۴۸۸	۴-۱۵ کود آبیاری
۴۹۷	۵-۱۵ تزریق به داخل تنه درخت
۴۹۷	۱-۵-۱۵ زمان تزریق
۴۹۸	۲-۵-۱۵ اهداف تزریق
۴۹۸	۳-۵-۱۵ روش تزریق
۴۹۸	۶-۱۵ روش چالکود
۴۹۹	منابع علمی
۵۱۱	واژه یاب