



نقش ریشه های گیاه در تولیدات گیاهان زراعی



ناند کومار فاجریا
ترجمه: دکتر محمود رضا تدین



نقش ریشه های گیاه در تولیدات گیاهان زراعی

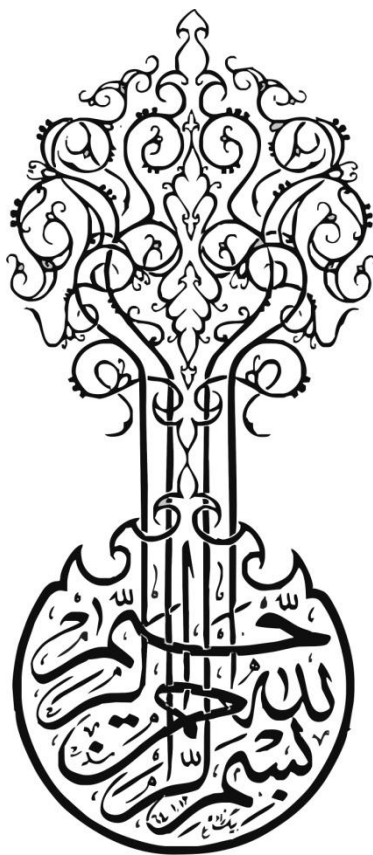
ترجمه: دکتر محمود رضا تدین

The Role of Plant Roots in Crop Production

Translated by
Dr. Mahmoud Reza Tadayon

ISBN: 978-964-7665-52-0

شابک: ۰-۵۲-۷۶۶۵-۹۶۴-۹۷۸





نقش ریشه‌های گیاه در تولید گیاه زراعی

تألیف:

ناندکومار فاگریا

ترجمه:

دکتر محمودرضا تدین

سرشناسه:	فاجریا، ان. کی، ۱۹۴۲ - م.
عنوان و نام پدیدآور:	Fageria, N. K. نقش ریشه‌های گیاه در تولید گیاه زراعی: اهمیت شناخت و کارکرد ریشه‌های گیاهان زراعی/ تألیف ناندکومار فاگریا ؛ ترجمه محمودرضا تدین.
مشخصات نشر:	شهرکرد: دانشگاه شهرکرد، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری:	۷۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار .
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۹۹۷-۱۷-۸
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبیا
یادداشت:	The Role of Plant Roots in Crop Production. عنوان اصلی:
موضوع:	ریشه‌ها (گیاه‌شناسی)
موضوع:	Roots (Botany)
موضوع:	فراورده‌های زراعی
موضوع:	Crops
شناسه افزوده:	تدین، محمودرضا، ۱۳۴۲ - مترجم
شناسه افزوده:	دانشگاه شهرکرد
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۵ ن ۲ ف / QK ۶۴۴
رده‌بندی دیویی:	۵۷۵/۵۴
شماره کتابشناسی ملی:	۴۴۴۳۱۸۸



انتشارات دانشگاه شهرکرد

نام کتاب:	نقش ریشه‌های گیاه در تولید گیاه زراعی
تألیف:	ناندکومار فاگریا
ترجمه:	محمودرضا تدین
ویراستار ادبی:	ابراهیم ظاهری عبده‌وند
ناشر:	دانشگاه شهرکرد
چاپ اول:	پاییز ۱۳۹۵
تیراژ:	۵۰۰ نسخه
قطع:	وزیری
چاپ:	ارس
قیمت:	۹۵۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۹۹۷-۱۷-۸

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه شهرکرد محفوظ است.

نشانی: چهارمحال و بختیاری - شهرکرد- بلوار رهبر - انتشارات دانشگاه شهرکرد - صندوق پستی ۱۱۵

پیشگفتار مترجم

کتاب حاضر با عنوان نقش ریشه‌های گیاه در تولید گیاه زراعی، یکی از معدود کتاب‌هایی است که به‌طور مشروح و جامع در مورد ریشه گیاهان زراعی و برهمکنش ریشه با خاک، محیط و ارگانیزم‌های خاک نوشته شده است. نویسنده کتاب که از محققین برجسته در بخش مطالعات خاک و گیاه برزیل است به خوبی و با تفصیل به تشریح انواع ریشه‌ها و نقش آن‌ها در بهبود عملکرد گیاهان زراعی پرداخته است. علی‌رغم مطالعات متعدد در مورد ویژگی‌های گیاه‌شناسی گیاهان زراعی، میزان داده‌ها و اطلاعات در مورد ریشه گیاهان زراعی، نقش و کارکردهای آن‌ها به‌دلیل پیچیدگی مطالعات و سختی دسترسی به ریشه در محیط خاک، بسیار محدود است. از این‌رو، در بیشتر مطالعات انجام شده، در مورد اکثر گیاهان زراعی، در حد ناچیزی به مطالعات ریشه پرداخته شده است. نویسنده کتاب، به‌طور جامعی به تشریح ویژگی‌های گیاه‌شناسی ریشه، جذب عناصر غذایی در ریشه و راه‌های بهبود جذب عناصر غذایی توسط ریشه و همچنین بهبود توسعه ریشه، جذب آب توسط ریشه و راهکارهای بهبود کارایی آب و روش‌های مدیریتی و بررسی تنش‌های مختلف بر شرایط جذب پرداخته است.

در این کتاب به خوبی ریزوسفر (محیط تعاملی خاک با ریشه) مورد بحث قرار گرفته و برهمکنش‌های فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی ریزوسفر و تأثیر متقابل خاک و ریشه تعیین شده است. نکته قابل توجه آن است که به صورت موردی، به محیط ریزوسفری گیاه زراعی برنج نیز پرداخته شده است. اهمیت موضوع آن است که برنج گیاهی است که عمدتاً در شرایط غرقاب یا شناور در آب کاشته شده که هم مطالعات محیط ریزوسفری آن نسبت به سایر گیاهان بسیار مشکل‌تر است و هم به‌دلیل شرایط بی‌هوایی و غرقابی محیط ریشه، عوامل فیزیکی و شیمیایی و برهمکنش موجودات زنده در آن محیط، کاملاً متمایز از سایر گیاهان زراعی است و کمبود اطلاعات در مورد ریشه این گیاه و شرایط ریزوسفری آن، بیشتر از سایر گیاهان است.

از طرفی، در این کتاب به میزان زیادی به میکروارگانیزم‌های همراه یا هم‌زیست با ریشه گیاهان به‌ویژه قارچ‌های مایکوریزایی پرداخته شده و نقش آن‌ها در بهبود کارایی ریشه و نوع برهمکنش ریشه - قارچ به خوبی و به وضوح بیان شده است.

همچنین به صورت موردی، در خصوص نوع و فعالیت ریشه و تأثیر محیط بر ریشه و اثر متقابل خاک، ریشه، محیط و موجود زنده در مورد تعدادی از گیاهان زراعی از جمله چغندرقد، کاساوا، سیب‌زمینی شیرین و هویج پرداخته شده است و در نهایت راه‌کارهای مدیریتی لازم، برای حداکثرسازی توسعه سامانه ریشه گیاهان به خوبی و با جزییات و به صورت کاربردی ارائه شده است.

این کتاب می‌تواند به‌طور مؤثری برای مطالعه و استفاده‌های کاربردی و آزمایشگاهی توسط پژوهشگران کشاورزی، گیاه‌شناسی، محیط‌زیست و به‌نژادگران و همچنین دانشمندان و استادان علوم کشاورزی و به‌ویژه دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا مورد بهره‌برداری قرار گیرد و متخصصان و دانشمندان با گرایش‌های مختلف، می‌توانند از مطالب کتاب به خوبی بهره‌مند شوند.

در خاتمه از همکاری کلیه کسانی که در انتشار این کتاب مرا یاری داده‌اند، به‌ویژه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد و دکتری زراعت دانشگاه شهرکرد آقایان مهندس عبدالکریم موافق، مهندس هدایت‌اله کریم‌زاده سورشجانی، مهندس محمود بهادر و خانم‌ها مهندس حمیده غفاری، مهندس زهرا ایزدی و مهندس سمانه فتحی تشکر می‌نمایم.

محمودرضا تدین

پیشگفتار نویسنده

امروزه چالش عمده‌ای که جامعه کشاورزی با آن روبه‌رو است، تغذیه جمعیت به سرعت در حال افزایش جهانی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است. پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به بیش از نه میلیارد نفر برسد که بخش بزرگی از آن را مختص به کشورهای در حال توسعه است. تقاضا برای عناصر غذایی در جهان، در سی سال آینده تا ۵۰٪ افزایش می‌یابد. این افزایش بزرگ در تقاضا در درجه اول، ناشی از انفجار رشد جمعیت در زمانی است که تولید غلات بر اساس سرانه افراد رو به کاهش گذاشته است. رکود در عملکرد دانه گیاهان زراعی مهم در سال‌های اخیر، در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، به افزایش شدید قیمت عناصر غذایی کمک کرده است. از این‌رو، به عملکرد بالاتر دانه در آینده، جهت تغذیه جمعیت روبه رشد جهانی و افزایش سطح استاندارد زندگی و نیازمند عملکرد بیشتر به از سرانه افراد است. تبدیل اراضی برای تولید سوخت‌های زیستی، منجر به افزایش بیشتر در عملکرد خواهد شد. اگر این وضعیت برای مدت زمان طولانی‌تر ادامه یابد، می‌تواند به بحران جدی عناصر غذایی در سراسر جهان تبدیل شود. از این‌رو، افزایش عناصر غذایی در سراسر جهان، در حال تبدیل شدن به بزرگ‌ترین مسأله در قرن بیست و یکم است. کاهش تولید عناصر غذایی و افزایش جمعیت، ممکن است به از افزایش ۲/۵٪ در هر سال شکست بخورد که سرعتی ضروری برای تغذیه جمعیت روبه رشد، افزایش درآمدها و کاهش سو تغذیه است. برای غلبه بر این چالش، به فناوری‌هایی که بتوانند منجر به افزایش بهره‌وری، اطمینان از ایمنی محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی شود، نیاز است.

جمعیت در حال رشد و افزایش سطوح تغذیه‌ای، منجر به تقاضای جهانی در مورد افزایش تولیدات کشاورزی می‌شود. در حالی که زمین‌های زراعی، به دلیل شهرسازی و تخریب در حال از بین رفتن هستند، نیاز به افزایش عملکرد گیاه زراعی، از راه بهبود کارایی منابع مانند آب و عناصر غذایی است. هم‌زمان نیاز به اقدامی شایسته در تأمین محصولات کشاورزی متنوع است. در حال حاضر، حدود یک میلیارد نفر از جمعیت در فقر مطلق زندگی می‌کنند که حدود ۸۰۰ میلیون نفر، زیر امنیت غذایی نامطمئن

زندگی می‌کنند و عملکرد چندین گیاه زراعی در حال حاضر، به وضعیت ثابتی در کشورهای توسعه یافته رسیده است. بنابراین، بیشتر بهره‌وری به‌دست آمده در آینده، از کشورهای در حال توسعه به‌دست خواهد آمد که از طریق مدیریت بهتر منابع طبیعی و بهبود گیاهان زراعی خواهد بود. دستیابی به بهره‌وری برای رشد بلندمدت اقتصادی ضروری است اما، در کوتاه‌مدت این موضوع برای عرضه مقدار کافی عناصر غذایی برای جمعیت روبه رشد جهان اهمیت بیشتری دارد. مقدار زمین در دسترس، برای تولید گیاهان زراعی رو به کاهش است که به‌دلیل شهرسازی و تخریب زمین‌های زراعی است و انتظار می‌رود که این‌روند، در کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته چشم‌گیر باشد.

این کتاب، اطلاعاتی از دانش فعلی ما در مورد نقش عوامل محیطی در رشد و نمو ریشه و تأثیر آن بر بهبود عملکرد گیاهان زراعی یک‌ساله را ارائه می‌دهد. عقیده دارم که این نوشتار، برای دانشمندان گیاهی در سراسر جهان، دانشمندان علوم زراعی، علوم باغبانی، دانشمندان علوم خاک، به نژادگران گیاهی، بیماری‌شناسان گیاهی و متخصصین حشره‌شناسی مفید خواهد بود که منبعی برای تعداد زیادی از گیاهان زراعی یک‌ساله است. علاوه بر آن، به همراه خود، موضوعاتی در خصوص فناوری‌های پیشرفته‌ای که رشد ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهند همراه با بررسی جامعی در مورد تسهیلات کارآمد، پایداری، عوامل اقتصادی و محیط‌زیستی مسئول در تولید گیاهان زراعی را به‌دست می‌دهد. بخش عمده‌ای از کار حرفه‌ای من، در مرکز ملی تحقیقات برنج و لوبیا EMBRAPA در سانتوآنتونیو دگوییای برزیل انجام شده است جایی که به من آزاده اجازه داده شده بود تا مطالعات خود را به صورت مستمر، روی عناصر معدنی برای گیاهان زراعی انجام دهم. من اطلاعات زیادی در مورد ریشه گیاهان زراعی از قبیل برنج زمین‌های غرقاب و زمین‌های مرتفع، لوبیا خشک، ذرت، گندم، سویا و گیاهان پوششی لگوم با منشا گرمسیری جمع‌آوری کرده‌ام. این اطلاعات به‌طور قابل توجهی در نوشتن بسیاری از فصل‌های کتاب به من کمک کرده است. من از همه کارکنان مرکز ملی تحقیقات برنج لوبیا EMBRAPA برای تداوم همکاری‌های آن‌ها و ارائه محیطی اکادمیک و مهربان تا بتوانم کار کنم و این کتاب را بنویسم صمیمانه تشکر می‌کنم.

همچنین، اینجانب مایلم صمیمانه از شورای پژوهشی علوم فناوری برزیل (CNP9) برای اعطای کمک‌های مالی به دو پروژه تحقیقاتی من (پژوهانه شماره ۱-۲۰۱۰/۲۰۶۱۴ و ۷-۲۰۱۰/۳۲۷۱۰) تشکر نمایم. بسیاری از نتایج این پروژه‌ها در فصل‌هایی از این کتاب گنجانده شده است. من صمیمانه از لندی لی‌برهم و دیوید فوسل و انتشارات CRC (گروه تیلور و فرانکسیس) برای اقدامات عالی در مورد بسیاری از مسائل و کمک‌های آن‌ها در انتشار کتابی با کیفیت بالا تشکر می‌کنم.

در نهایت می‌خواهم از همسر، شانتی، دخترم، ساوتیا، عروسم، نرا، پسرانم، راجش و ساتیاپال و نوه‌هایم، سوفیا، مایا و انجیت، برای شکیبایی، تشویق و درک من تشکر کنم که بدون آن‌ها امکان نداشت بتوانم وقت کافی و انرژی مورد نیاز برای نوشتن این کتاب را داشته باشم.

ناند کومار فاگریا

مرکز ملی تحقیقات برنج و لوبیا (EMBRAPA) سانتو آنتونیو دگوییاس، برزیل.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - انواع ریشه گیاهی، اندازه گیری های آن ها و ارتباط آن با عملکرد	
۱-۱- مقدمه.....	۱
۱-۲- ریشه های غلات، لگوم ها و گندمیان.....	۶
۱-۳- نسبت ریشه به شاخساره.....	۱۴
۱-۴- سهم ریشه، شاخساره و دانه در وزن کل گیاه.....	۲۳
۱-۵- طول ریشه.....	۳۱
۱-۶- طول ویژه ریشه.....	۴۰
۱-۷- وزن خشک ریشه.....	۴۷
۱-۸- سطح مقطع ریشه.....	۵۱
۱-۹- عمق و تراکم ریشه.....	۵۱
۱-۱۰- ارتباط نمو ریشه با مرحله رشد گیاه.....	۵۵
۱-۱۱- عملکرد گیاه زراعی در برابر رشد ریشه.....	۶۲
۱-۱۲- نتیجه گیری.....	۶۸
منابع.....	۶۹
فصل دوم - جذب عناصر غذایی توسط ریشه	۸۵
۱-۲- مقدمه.....	۸۵
۲-۲- شکل های جذب و کارکردهای عناصر غذایی ضروری در گیاهان.....	۹۱
۲-۳- روش های تشخیص کمبود/کفایت عناصر غذایی.....	۹۷
۲-۳-۱- نشانه های ظاهری.....	۹۸
۲-۳-۲- آزمون خاک.....	۱۰۴
۲-۳-۳- تجزیه گیاه.....	۱۰۶
۲-۳-۴- پاسخ رشد گیاه زراعی.....	۱۱۰
۲-۴- جذب عناصر غذایی توسط گیاهان زراعی.....	۱۱۱
۲-۵- برهم کنش عناصر غذایی.....	۱۱۸
۲-۶- کارایی مصرف عناصر غذایی.....	۱۲۳

۷-۲- مکانیزم‌های درگیر در جذب عناصر غذایی و کارایی مصرف.....	۱۳۳
۱-۷-۲- هندسه بهتر ریشه.....	۱۳۳
۲-۷-۲- سرعت جذب بالای عناصر غذایی در غلظت‌های پایین ریزوسفر.....	۱۳۷
۳-۷-۲- توانایی گیاه در انحلال عناصر غذایی در ریزوسفر.....	۱۳۸
۴-۷-۲- توزیع و استفاده بهتر از عناصر غذایی درون گیاه.....	۱۴۱
۵-۷-۲- تخصیص بهتر ماده خشک در گیاهان.....	۱۴۴
۶-۷-۲- روابط تعادل مبدا- مقصد.....	۱۴۵
۸-۲- نقش گیاهان زراعی در بهبود کارایی استفاده از عناصر غذایی تحت شرایط تنش‌های زیستی و غیر زیستی.....	۱۴۷
۹-۲- به نژادی برای کارایی مصرف عناصر غذایی.....	۱۵۵
۱۰-۲- نیازهای غذایی گیاهان مرسوم و تراریخته.....	۱۵۸
۱۱-۲- نتیجه‌گیری.....	۱۶۹
منابع.....	۱۷۱
فصل سوم- جذب آب توسط ریشه‌ها.....	۱۸۷
۱-۳- مقدمه.....	۱۸۷
۲-۳- نیازهای آبی گیاهان زراعی یک‌ساله.....	۱۹۶
۳-۳- تخمین مصرف آب گیاه زراعی.....	۱۹۹
۴-۳- کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی.....	۲۰۰
۱-۴-۳- عملیات مدیریتی بهبود کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی.....	۲۰۵
۱-۴-۳- نگهداری ماده آلی خاک.....	۲۰۶
۲-۴-۳- خاکورزی حفاظتی.....	۲۰۹
۳-۴-۳- تناوب زراعی.....	۲۱۳
۴-۴-۳- کشت مخلوط.....	۲۱۶
۵-۴-۳- گونه‌های گیاهان زراعی / ژنوتیپ‌ها.....	۲۱۶
۶-۴-۳- حاصلخیزی بهینه خاک.....	۲۱۸
۷-۴-۳- استفاده از گیاه زراعی پوششی.....	۲۱۹

۲۲۱	۳-۴-۱-۸- کارایی آبیاری بهبود یافته.....
۲۲۸	۳-۴-۱-۹- به کارگیری کم آبیاری کنترل شده.....
۲۲۸	۳-۵- اهمیت آب در تغذیه معدنی گیاهان زراعی.....
۲۳۰	۳-۶- کمبود آب در برابر شوری.....
۲۳۱	۳-۷- کمبود آب بر میکروبیولوژی خاک.....
۲۳۲	۳-۸- خشکی.....
۲۳۵	۳-۸-۱- عملکرد گیاه زراعی نسبت به تنش آبی.....
۲۳۸	۳-۸-۲- حساسیت مراحل رشد گیاه زراعی به تنش خشکی.....
۲۴۶	۳-۸-۳- ویژگیهای ریشه در ارتباط با تنش خشکی.....
۲۴۸	۳-۹- راهبردهای مدیریتی برای کاهش خشکی.....
۲۵۵	۳-۱۰- نتیجه گیری.....
۲۵۶	منابع.....
۲۸۹	فصل چهارم- شیمی ریزوسفر
۲۸۹	۴-۱- مقدمه.....
۲۹۳	۴-۲- اثر اکسیژن بر رشد ریشه.....
۲۹۴	۴-۳- تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک.....
۲۹۵	۴-۳-۱- تغییرات فیزیکی.....
۲۹۶	۴-۳-۱-۱- دما.....
۲۹۷	۴-۳-۱-۲- ظرفیت نگهداری آب.....
۲۹۹	۴-۳-۱-۳- ساختمان خاک.....
۳۰۰	۴-۳-۲- تغییرات شیمیایی.....
۳۰۱	۴-۳-۲-۱- اسیدیته.....
۳۰۳	۴-۳-۲-۲- پتانسیل اکسیداسیون- احیا.....
۳۰۵	۴-۳-۲-۳- آزادسازی ترکیبات آلی.....
۳۰۷	۴-۳-۲-۴- غلظت و فراهمی عناصر غذایی.....
۳۰۸	۴-۳-۲-۴-۱- عناصر پرمصرف.....

۳۰۹.....	۴-۳-۲-۱-۱-۱- نیتروژن.....
۳۱۰.....	۴-۳-۲-۱-۴-۲- فسفر.....
۳۱۲.....	۴-۳-۲-۱-۴-۳- پتاسیم.....
۳۱۳.....	۴-۳-۲-۱-۴-۴- کلسیم و منیزیم.....
۳۱۳.....	۴-۳-۲-۱-۴-۵- گوگرد.....
۳۱۵.....	۴-۳-۲-۴-۲- ریز مغذی ها.....
۳۱۵.....	۴-۳-۲-۴-۱- آهن.....
۳۱۷.....	۴-۳-۲-۴-۲- روی، مس و منگنز.....
۳۱۸.....	۴-۳-۲-۴-۳- بر و مولیبدن.....
۳۱۹.....	۴-۳-۲-۴-۲- آللوپاتی.....
۳۲۱.....	۴-۳-۲-۴-۳- انتشار گازهای گلخانه‌ای.....
۳۲۶.....	۴-۳-۳- تغییرات بیولوژیکی.....
۳۲۷.....	۴-۳-۱- تثبیت دی نیتروژن.....
۳۲۹.....	۴-۳-۲- تثبیت نیتروژن با باکتری‌های آزاد زیست و همراه ریشه.....
۳۳۰.....	۴-۳-۳- ریزوباکتری‌های بهبوددهنده رشد گیاه.....
۳۳۲.....	۴-۳-۴- میکروارگانیسم‌های زیان بار.....
۳۳۳.....	۴-۴- نتیجه گیری.....
۳۳۴.....	منابع.....
۳۵۵.....	فصل پنجم - شیمی ریزوسفر برنج غرقاب
۳۵۵.....	۵-۱- مقدمه.....
۳۶۰.....	۵-۲- بوم‌نظام‌های برنج.....
۳۶۰.....	۵-۲-۱- بوم‌نظام برنج زمین‌های مرتفع.....
۳۶۲.....	۵-۲-۲- بوم‌نظام برنج زمین‌های غرقاب.....
۳۶۲.....	۵-۲-۳- بوم‌نظام برنج آب عمیق یا برنج شناور.....
۳۶۳.....	۵-۳- نوع خاک‌های مورد استفاده برای کاشت برنج غرقاب.....
۳۶۵.....	۵-۴- تغییرات فیزیکی، بیولوژیک و شیمیایی در خاک‌های غرقاب یا غوطه‌ور.....

۳۶۸	۵-۴-۱- تغییرات فیزیکی.....
۳۷۱	۵-۴-۲- تغییرات زیست شناختی.....
۳۷۱	۵-۴-۳- تغییرات شیمیایی.....
۳۷۲	۵-۴-۳-۱- اسیدپتته.....
۳۷۴	۵-۴-۳-۲- پتانسیل اکسیداسیون- احیا.....
۳۷۷	۵-۴-۳-۳- وضعیت اکسیداسیون- احیا خاک در اختلاط با بقایا.....
۳۸۲	۵-۴-۳-۴- قدرت یونی.....
۳۸۲	۵-۴-۳-۵- فراهمی نیتروژن.....
۳۸۳	۵-۴-۳-۱- نیتروژن.....
۳۸۹	۵-۴-۳-۲- فسفر.....
۳۹۶	۵-۴-۳-۳- پتاسیم.....
۳۹۹	۵-۴-۳-۴- گوگرد.....
۴۰۰	۵-۴-۳-۵- کلسیم و منیزیم.....
۴۰۰	۵-۴-۳-۶- ریز مغذیها.....
۴۰۱	۵-۴-۳-۱- آهن و منگنز.....
۴۰۵	۵-۴-۳-۲- روی.....
۴۱۰	۵-۴-۳-۳- مس.....
۴۱۱	۵-۴-۳-۴- بور، مولیبدن و سیلیکا.....
۴۱۲	۵-۴-۳-۶- تولید متان.....
۴۱۳	۵-۵- نتیجه گیری.....
۴۱۴	منابع.....
۴۳۱	فصل ششم- روابط مایکوریزایی در ریزوسفر.....
۴۳۱	۶-۱- مقدمه.....
۴۳۴	۶-۲- طبقه بندی و بیولوژی قارچ های مایکوریزایی.....
۴۳۴	۶-۲-۱- اریکوئید مایکوریزا.....
۴۳۴	۶-۲-۲- اکتو مایکوریزاها.....

۴۳۶.....	۶-۲-۳- اندو مایکوریزاها.....
۴۳۹.....	۶-۳- عوامل مؤثر بر کلونیزاسیون مایکوریزایی.....
۴۴۰.....	۶-۳-۱- عامل میزبان.....
۴۴۱.....	۶-۳-۲- عوامل اقلیمی.....
۴۴۲.....	۶-۳-۳- عوامل خاکی.....
۴۴۵.....	۶-۳-۴- خاکورزی و مواد شیمیایی کشاورزی.....
۴۴۶.....	۶-۴- سودمندی قارچ‌های مایکوریزایی.....
۴۴۷.....	۶-۴-۱- بهبود جذب عناصر غذایی.....
۴۵۰.....	۶-۴-۲- بهبود جذب آب و کارایی استفاده از آب.....
۴۵۲.....	۶-۴-۳- محافظت از عوامل بیماری‌زا.....
۴۵۳.....	۶-۴-۴- افزایش غلظت کلروفیل.....
۴۵۳.....	۶-۴-۵- بهبود تحمل به شوری.....
۴۵۵.....	۶-۴-۶- ترسیب گاز کربنیک و ثبات خاکدانه‌ها.....
۴۵۵.....	۶-۵- استفاده از مایکوریزا در نظام‌های زراعی.....
۴۵۶.....	۶-۶- نتیجه‌گیری.....
۴۵۷.....	منابع.....
۴۷۳.....	فصل هفتم- اثر عناصر غذایی معدنی بر رشد ریشه گیاهان زراعی.....
۴۷۳.....	۷-۱- مقدمه.....
۴۷۸.....	۷-۲- عناصر پرمصرف.....
۴۸۰.....	۷-۲-۱- نیتروژن.....
۴۹۶.....	۷-۲-۲- فسفر.....
۵۰۴.....	۷-۲-۳- پتاسیم.....
۵۰۸.....	۷-۲-۴- کلسیم.....
۵۰۹.....	۷-۲-۵- منیزیم.....
۵۱۱.....	۷-۲-۶- گوگرد.....
۵۱۶.....	۷-۳- ریز مغذی‌ها.....

۵۱۶	۷-۳-۱- روی
۵۲۲	۷-۳-۲- مس
۵۲۳	۷-۳-۳- بر
۵۲۷	۷-۳-۴- آهن
۵۲۸	۷-۳-۵- ریزمغذی‌های دیگر
۵۲۹	۷-۴- نتیجه‌گیری
۵۳۱	منابع
۵۳۹	فصل هشتم- اکوفیز یولوژی ریشه گیاهان زراعی مهم
۵۳۹	۸-۱- مقدمه
۵۴۱	۸-۲- چغندر قند
۵۴۳	۸-۲-۱- نیازهای اقلیمی و خاکی
۵۴۴	۸-۲-۲- بیماری‌ها و حشره‌ها
۵۴۴	۸-۲-۳- نیازهای عناصر غذایی
۵۴۶	۸-۲-۴- رشد و نمو
۵۴۷	۸-۳- کاساوا
۵۴۹	۸-۳-۱- اقلیم و نیازهای خاکی
۵۵۰	۸-۳-۲- بیماری‌ها و حشره‌ها
۵۵۰	۸-۳-۳- نیازهای عناصر غذایی
۵۵۱	۸-۳-۳-۱- غلظت عناصر غذایی
۵۵۲	۸-۳-۳-۲- تجمع عناصر غذایی
۵۵۴	۸-۳-۴- رشد و نمو
۵۵۴	۸-۳-۴-۱- ریشه‌ها
۵۵۵	۸-۳-۴-۲- قسمت هوایی
۵۵۵	۸-۳-۴-۳- شاخص سطح برگ
۵۵۶	۸-۳-۴-۴- ماده خشک
۵۵۷	۸-۳-۴-۵- شاخص برداشت

۸-۴- سبزمینی شیرین.....	۵۵۷
۸-۴-۱- اقلیم و نیازهای خاکی.....	۵۵۸
۸-۴-۲- بیماری‌ها و حشره‌ها.....	۵۵۹
۸-۴-۳- نیازهای عناصر غذایی.....	۵۶۰
۸-۴-۴- رشد و نمو.....	۵۶۱
۸-۵- هویج.....	۵۶۴
۸-۵-۱- نیازهای اقلیمی و خاکی.....	۵۶۴
۸-۵-۲- نیازهای عناصر غذایی.....	۵۶۵
۸-۵-۳- بیماری‌ها و حشره‌ها.....	۵۶۷
۸-۵-۴- رشد و نمو.....	۵۶۷
۸-۶- نتیجه‌گیری.....	۵۶۸
منابع.....	۵۶۸
فصل نهم- راهبردهای مدیریتی برای حداکثرسازی سامانه‌های ریشه	۵۷۵
۹-۱- مقدمه.....	۵۷۵
۹-۲- بهینه‌سازی ویژگی‌های فیزیکی خاک.....	۵۷۶
۹-۲-۱- دما.....	۵۷۷
۹-۲-۲- میزان رطوبت.....	۵۸۰
۹-۲-۳- ساختمان خاک.....	۵۸۲
۹-۲-۴- وزن مخصوص ظاهری و منافذ خاک.....	۵۸۶
۹-۳- بهینه‌سازی ویژگی‌های شیمیایی خاک.....	۵۹۰
۹-۳-۱- خاک‌های اسیدی آهکی.....	۵۹۱
۹-۳-۲- اشباع بازی.....	۵۹۸
۹-۳-۳- اشباع آلومینیوم.....	۶۰۳
۹-۳-۴- استفاده از گچ.....	۶۰۸
۹-۳-۵- میزان ماده آلی خاک.....	۶۱۸
۹-۳-۶- حاصلخیزی خاک.....	۶۱۹

عنوان	صفحه
۹-۳-۷- شوری.....	۶۲۷
۹-۳-۸- قلیائیت.....	۶۳۳
۹-۴- بهینه کردن ویژگی های بیولوژیکی خاک.....	۶۳۶
۹-۴-۱- زیست توده میکروبی.....	۶۳۶
۹-۴-۲- منافذ زیستی.....	۶۳۹
۹-۴-۳- کنترل علف های هرز.....	۶۴۰
۹-۴-۴- کنترل بیماری ها و حشره ها.....	۶۴۳
۹-۵- بهینه کردن عملیات زراعی.....	۶۴۷
۹-۵-۱- شخم عمیق.....	۶۴۷
۹-۵-۲- خاکورزی حفاظتی.....	۶۴۷
۹-۵-۳- تناوب زراعی.....	۶۴۸
۹-۵-۴- استفاده از گونه های / ژنوتیپ های گیاهان زراعی متحمل به تنش.....	۶۴۹
۹-۶- اصلاح ارقام گیاهان زراعی به منظور سامانه های ریشه ای بهتر.....	۶۵۵
۹-۷- نتیجه گیری.....	۶۵۷
منابع.....	۶۵۸