

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اکوفیزیولوژی بر همکنش‌های فسر و گیاه

تالیف

فیلیپ جی. وایت

جان پی. هاموند

ترجمه

دکتر حسینعلی علیخانی

دکتر غلامعباس اکبری

مهندس مهدی قورچیانی

بهار ۱۳۹۲

توجه

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.



انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۳۴۰۸

شماره مسلسل ۷۷۰۱

سرشناسه	: اکوفیزیولوژی برهمکنش‌های فسفر و گیاه / تألیف [صحیح: ویرایش] جی وایت، جان پی هاموند؛
عنوان و نام پدیدآور	: ترجمه: حسینعلی علیخانی، غلامعباس اکبری، مهدی فورچیان.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ر. ۳۲۲ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۴۰۸.
شابک	: 978-964-03-6494-9
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا.
یادداشت	: عنوان اصلی: The Ecophysiology of Plant – Phosphorus Interactions, c2008.
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: گیاهان - اثر فسفر.
موضوع	: فیزیولوژی بوم‌شناختی گیاهان
شناسه افزوده	: وایت، فیلیپ جی.
شناسه افزوده	: white, Philip J.
شناسه افزوده	: هاموند، جان، ۱۹۵۴ - م.
شناسه افزوده	: Hammond, John
شناسه افزوده	: علیخانی، حسینعلی، ۱۳۴۲ - مترجم.
شناسه افزوده	: اکبری، غلامعباس، ۱۳۳۶ - مترجم.
شناسه افزوده	: فورچیان، مهدی، ۱۳۶۳ - مترجم.
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.
رده‌بندی کنگره	: QK ۷۱۷ الف ۲ الف ۷ ۱۳۹۲
رده‌بندی دیویی	: ۵۸۱/۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۱۹۶۶۴۷

عنوان: اکوفیزیولوژی برهمکنش‌های فسفر و گیاه

تألیف: فیلیپ جی. وایت - جان پی. هاموند

ترجمه: دکتر حسینعلی علیخانی - دکتر غلامعباس اکبری - مهندس مهدی فورچیان

ویراستار: فرشاد رضوان

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۲

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۱۴۰۰۰۰ ریال

ISBN:978-964-03-6494-9



9 789640 364949

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - سایت: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۸

تقدیم به

پدران و مادران کرامت‌دار

آنان که وجودمان برایشان همه‌نخ بوده و وجودشان برایمان همه‌مهر

توانشان رفت تا به توانایی برسیم و مویشانشان سیدکشت تا رسیدیم

آنان که فروغ محابشان، گرمی کلاشان و روشنی روشنیشان

سرمایه‌های جاودانی زندگی ماست.

در برابر وجود کرامت‌آنان زانوی ادب بر زمین زده و بادلی مملو از

عشق، محبت و خضوع بردستانشان بوسه می‌زنیم.

فهرست مطالب

پیشگفتار مؤلفان.....	۵
پیشگفتار مترجمان.....	۱
فصل اول.....	۱
وضعیت فسفر در محیط زیست.....	۱
مقدمه.....	۱
اهمیت فسفر در موجودات زنده.....	۳
اهمیت فسفر در اراضی کشاورزی.....	۴
فسفر زیست‌بوم و تأثیر آن بر روی فعالیت بشر.....	۵
فهرست منابع.....	۱۰
فصل دوم.....	۱۳
روابط آلومتری کربن/نیتروژن/فسفر در بین گونه‌های گیاهی.....	۱۳
مقدمه.....	۱۳
"قانون‌ها" مقیاس‌بندی ۱/۴ توان و استوکیومتری نیتروژن به فسفر.....	۱۴
آمار.....	۱۶
نور، رشد و اندازه جثه بدن.....	۱۸
استوکیومتری نیتروژن به فسفر برگ.....	۲۱
استوکیومتری فسفر به نیتروژن و مدل‌های رشد.....	۲۶
آزمون مدل.....	۲۷
پیش‌بینی و آلومتری اندام‌های سال جاری.....	۲۹
تغییرات و مسیرهای آینده.....	۳۲
فهرست منابع.....	۳۵
فصل سوم.....	۳۹
فسفر و گیاهان آبی.....	۳۹
نقش فسفر در زیست‌بوم‌های آبی.....	۳۹

فهرست مطالب □ ج

نیاز غذایی گیاهان آبی: سازگاری و رقابت	۴۰
نقش رسوبات آب‌های آزاد در تغذیه گیاهان آبی	۴۰
نقش ریشه در برابر اندام هوایی در تغذیه گیاهان آبی	۴۲
نقش عوامل بوم‌شناختی در تغذیه فسفر گیاهان آبی	۴۴
ذخیره فسفر در گیاهان آبی	۴۴
سازگاری به تغییرات موقتی در دسترسی به منابع	۴۶
پراکندگی گونه‌ای فسفات آب یا فسفر رسوبی	۴۸
موارد کاربرد گیاهان آبی	۵۳
کاربرد گیاهان آبی برای حذف مواد غذایی از پساب‌ها	۵۳
کاربرد گیاهان آبی در ارزیابی زیستی کیفیت آب	۵۳
میانگین رتبه تغذیه‌ای (MTR)	۵۴
شاخص تغذیه‌ای ماکروفیت‌ها (TIM)	۵۵
شاخص زیستی ماکروفیت‌ها در رودخانه‌ها (IBMR)	۵۵

فصل چهارم

تغذیه فسفر در گیاهان خشکی‌روی

مقدمه	۶۱
ترکیبات حاوی فسفر در گیاهان	۶۳
نوکلیک اسیدها	۶۳
متابولیت‌های فسفوریله‌شده	۶۵
فسفولیپیدها	۶۵
فسفر ذخیره‌ای و معدنی	۶۶
علایم عدم تعادل فسفر در گیاهان	۶۷
دسترسی فسفر برای گیاهان	۶۸
راهبردهای گیاه برای افزایش جذب فسفر	۶۹
تغییرات در محیط اطراف ریشه	۶۹
تغییرات در تخصیص زیتوده و سیستم ریشه	۷۰
افزایش ظرفیت جذب فسفر	۷۰
بهبود روابط همزیستی	۷۱

۷۱.....	همسویی واکنش‌های گیاه به نوسان‌های فراهمی فسفر
۷۵.....	تأثیر تغذیه فسفر بر زیست‌بوم گیاهان خشکی‌روی
۷۷.....	مدیریت فسفر در کشاورزی پایدار
۸۰.....	فهرست منابع
۹۵.....	فصل پنجم
۹۵.....	راهبردهای ریشه برای دریافت فسفر
۹۵.....	فراهمی اندک فسفر خاک اولین محدودیت در باروری گیاه
۹۶.....	فسفر یکی از عناصر غذایی کم تحرک خاک
۹۷.....	خصوصیات ریشه، یک سازگاری کلیدی در شرایط کمبود فسفر
۹۹.....	تخصیص زیتوده گیاهی به ریشه‌ها
۱۰۰.....	صفات ریشه تأثیرگذار بر پویش خاک
۱۰۱.....	پویش خاک سطحی
۱۰۴.....	کاهش هزینه سوخت‌وساز ریشه برای پویش خاک
۱۰۶.....	کاهش هزینه‌های سوخت‌وساز پویش خاک توسط آترانشیم
۱۰۹.....	اتیوله‌شدن (از دست دادن رنگ) ریشه
۱۱۱.....	ریشه‌های موین
۱۱۲.....	دوره تجدید ریشه
۱۱۳.....	رهگیری تحرک فسفر در ریشه‌گاه
۱۱۵.....	ریشه‌های خوشه‌ای
۱۱۶.....	همزیستی میکوریزی
۱۱۷.....	فنولوژی (پدیده‌شناسی)
۱۱۸.....	همکاری صفات
۱۲۰.....	پاسخ‌ها به قابلیت ناهمگن دسترسی به فسفر
۱۲۰.....	رقابت درون‌گروهی
۱۲۱.....	مباحث زیست‌بوم
۱۲۳.....	نتیجه‌گیری
۱۲۵.....	فهرست منابع

۱۳۵	فصل ششم
۱۳۵	گیاهان فاقد همزیستی با میکوریز آربسکولار
۱۳۵	مقدمه
۱۳۶	ساختمان فیزیکی ریشه
۱۳۶	تغییرات در کارکرد و توسعه ریشه به واسطه کمبود فسفر
۱۳۶	گونه‌های ریشه خوشه‌ای
۱۳۶	پراکنش
۱۳۷	نمو
۱۴۱	عملکرد ریشه‌های خوشه‌ای
۱۴۳	دریافت فسفات
۱۴۴	تفکیک‌پذیری و تغییر سوخت‌وساز کربن به منظور سازگاری با شرایط کمبود فسفر
۱۴۷	تنظیم هورمونی برای ایجاد ریشه‌های خوشه‌ای
۱۵۰	آرابیدوپسیس
۱۵۰	اثر بسترهای با فسفر پایین بر روی رشد ریشه اصلی
۱۵۱	ریشه‌های موپین
۱۵۳	ریشه‌های جانبی
۱۵۴	کمبود فسفر ناشی از بیان ژن
۱۵۶	خلاصه
۱۵۸	فهرست منابع
۱۶۵	فصل هفتم
۱۶۵	همزیستی میکوریزی
۱۶۵	مقدمه
۱۶۶	همزیستی میکوریزی به عنوان راهبرد گیاه برای جذب فسفر
۱۶۸	برهمکنش قارچ و گیاه برای ایجاد همزیستی میکوریز آربسکولار
۱۷۰	زیست‌شناسی عملکرد جذب فسفات توسط گیاهان میکوریز آربسکولار
۱۷۰	منابع فسفر برای گیاهان میکوریز آربسکولار
۱۷۱	جست‌وجوی خاک توسط گیاهان میکوریز آربسکولار
۱۷۲	سازوکارهای مولکولی سازگاری گیاه به بهبود دریافت فسفر

تأثیر بوم‌شناختی همزیستی میکوریزی روی ساختار جوامع گیاهی و قابلیت تولید.....	۱۷۶
برهمکنش‌های میکوریزوسفر و چرخه فسفر زیست‌بوم.....	۱۷۹
نتیجه‌گیری.....	۱۸۳
فهرست منابع.....	۱۸۴

فصل هشتم.....	۱۹۱
نقش ریزموجودات ریشه‌گاه در ارتباط با جذب فسفر توسط گیاه.....	۱۹۱
مقدمه.....	۱۹۱
نقش ریزموجودات ریشه‌گاه در افزایش دسترسی فسفر گیاه.....	۱۹۳
محلول شدن فسفر.....	۱۹۳
معدنی شدن فسفر.....	۱۹۵
افزایش غیرمستقیم جذب فسفر گیاه.....	۱۹۶
نقش ریزموجودات ریشه‌گاه در کاهش فسفر قابل دسترس گیاه.....	۱۹۶
جذب فسفر در زیتوده میکروبی (عدم تحرک).....	۱۹۷
تجزیه ترشحات ریشه.....	۱۹۷
نقش زیتوده میکروبی در جذب فسفر توسط گیاهان.....	۱۹۸
نتیجه‌گیری.....	۲۰۰
فهرست منابع.....	۲۰۱

فصل نهم.....	۲۰۵
رابطه خاک و کود فسفر با تغذیه گیاه.....	۲۰۵
مقدمه.....	۲۰۵
روابط متقابل بین فسفرکود و خاک و نتیجه آن برای قابلیت دسترسی به فسفر برای گیاهان زراعی.....	۲۰۸
دیدگاه‌های اولیه در ارتباط با رفتار فسفر خاک و کود.....	۲۰۹
شواهد مورد نیاز برای بررسی ایده‌ها در رابطه با رفتار فسفر در خاک.....	۲۱۰
مفاهیم حال حاضر از رفتار فسفر در خاک.....	۲۱۳
دریافت فسفر توسط ریشه‌های گیاهان زراعی.....	۲۱۶
انتقال ارتوفسفات از توده خاک به ریشه‌گاه.....	۲۱۶
حفظ غلظت ارتوفسفات در محلول خاک.....	۲۱۹

۲۱۹.....	دریافت فسفر در طول دوره رشد.....
۲۲۰.....	مدل سازی دریافت ارتوفسفات توسط گیاهان.....
۲۲۱.....	کارایی مصرف فسفر در شرایط تأمین میزان مناسب فسفر خاک.....
۲۲۲.....	سطوح بحرانی فسفر خاک برای تولید محصولات زراعی.....
۲۲۴.....	اندازه گیری کارایی مصرف کود فسفر.....
۲۲۵.....	نتیجه گیری.....
۲۲۶.....	فهرست منابع.....

فصل دهم..... ۲۳۵

۲۳۵.....	تشخیص کمبود فسفر در گیاهان زراعی.....
۲۳۵.....	تعیین میزان فراهمی فسفر برای گیاه.....
۲۳۵.....	فسفر در زنجیره گیاه و خاک.....
۲۳۸.....	مدل سازی پاسخ های گیاه به منابع فسفر.....
۲۴۰.....	تجزیه و تحلیل نمونه های خاک برای پیش بینی وضعیت فسفر گیاهان زراعی.....
۲۴۰.....	عصاره گیری های آزمون خاک برای فسفر.....
۲۴۳.....	تجزیه بافت های گیاهی به منظور تعیین وضعیت فسفر گیاهان زراعی.....
۲۴۶.....	گیاهان هوشمند.....
۲۵۰.....	آرایه های تشخیصی.....
۲۵۱.....	نتیجه گیری.....
۲۵۲.....	فهرست منابع.....

فصل یازدهم..... ۲۵۹

۲۵۹.....	تشخیص پتانسیل و محدودیت ها به منظور اصلاح گیاهان زراعی برای استفاده بهتر از فسفر.....
۲۵۹.....	مقدمه.....
۲۶۰.....	سازوکارهای بهبود دریافت فسفر توسط گیاهان.....
۲۶۱.....	تنظیمات فیزیولوژیکی در شرایط کمبود فسفر.....
۲۶۲.....	تعامل با ریز موجودات خاک.....
۲۶۲.....	تغییرات در مورفولوژی ریشه.....
۲۶۴.....	تغییرات بیوشیمیایی ریشه گاه.....

۲۶۵.....	راهبرد بهبود کارایی جذب فسفر در گیاهان زراعی
۲۶۶.....	تنوع ژنتیکی در کارایی مصرف فسفر
۲۶۶.....	صفات ریشه
۲۶۹.....	آنیون‌های آلی برون سلولی
۲۷۰.....	انتشار فسفاتاز برون سلولی
۲۷۲.....	نتیجه‌گیری
۲۷۵.....	فهرست منابع
۲۸۵.....	فصل دوازدهم
۲۸۵.....	نقش فسفر در بهبود آینده گیاهان
۲۸۵.....	مقدمه
۲۸۶.....	برهمکنش‌های فسفروگیاه پیش‌ازفعالیت‌های قابل توجه انسان در سطح جهان و وضعیت فعلی آن
۲۹۰.....	آنچه در آینده مورد انتظار است؟
۲۹۱.....	اولویت‌ها برای اجرا
۲۹۲.....	فهرست منابع
۲۹۷.....	واژه‌نامه انگلیسی
۳۰۷.....	واژه‌نامه فارسی
۳۱۷.....	فهرست اعلام

پیشگفتار مؤلفان

اکوفیزیولوژی برهمکنش‌های گیاه و فسفر هفتمین کتاب از مجموعه اکوفیزیولوژی گیاهی محسوب می‌شود که تاکنون انتشار یافته است. این کتاب جایگاه دانش، مفاهیم و تحقیقات فعلی برهمکنش‌های گیاه و فسفر را در طبیعت و زیست‌بوم‌های مدیریت شده، همراه با جنبه‌های تغذیه فسفر در گیاهان زراعی بررسی می‌کند.

فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است. گیاهان فسفر را به صورت ارتوفسفات از محلول خاک جذب می‌کنند. از آنجایی که در بسیاری از خاک‌ها ارتوفسفات بسیار کمی برای گیاهان در دسترس است، در گیاهان سازوکارهایی برای به دست آوردن و مصرف فسفر به طور کارآمدتر تکامل یافته است. روابط همزیستی برای کمک به گیاهان به منظور به دست آوردن فسفر از منابعی فراتر از حجم در دسترس گیاه، از آن جمله محسوب می‌شوند. در سیستم‌های کشاورزی محدودیت‌های فسفر با کاربرد کودهای فسفر جبران می‌شود. این امر موجب آلودگی محیط زیست و مصرف ارتوفسفات غیرپایدار خواهد شد. تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی موجود در بین گیاهان سازگار به زیست‌بوم‌هایی با فراهمی فسفر پایین فرصتی را برای بهبود درک ما از پاسخ گیاهان به محدودیت فسفر فراهم می‌کند. این دانش شاید به منظور ایجاد ارقام زراعی با قابلیت مصرف بهتر فسفر استفاده شود.

در فصل اول این کتاب، هولم تیسن به فسفر از لحاظ مفهوم کلی آن می‌پردازد. وی ژئوشیمی فسفر، چرخه فسفر در محیط زیست، اثرات بشر بر چرخه فسفر و توالی‌های آن را بررسی می‌کند. در فصل دوم، کارل نیکلاس در زمینه روابط آلومتری بین غلظت‌های فسفر، نیتروژن و کربن بافت در بین و درون گونه‌های گیاهی بحث می‌کند. وی به بررسی پیامدهای این پدیده‌های مختلف در زمینه فیزیولوژیکی، بوم‌شناسی و محیطی می‌پردازد. گابریل تیوت در فصل سوم چگونگی به دست آوردن فسفر توسط گیاهان آبی را توضیح می‌دهد و تأثیر نوسان‌های فصلی و عرضه فسفر را بر فراوانی و توزیع گونه‌های آبی بررسی می‌کند. در حالی که فیلیپ وایت و جان هاموند به صورت خلاصه نیازها و کارکردهای فسفر در گیاهان خشکی‌زی و تأثیر فراهمی فسفر بر زیست‌بوم را بررسی کرده‌اند. آنها همچنین به خصوصیات بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی می‌پردازند که گیاهان را قادر به جذب و استفاده بیشتر از فسفر می‌کند.

جانتان لینچ و کاتلین براون روی خصوصاتی از ریشه تمرکز دارند که راهبردی تطبیقی را برای به‌دست آوردن فسفر توسط گیاهان فراهم می‌آورند. این راهبردها شامل تخصیص بیشتر زیتوده ریشه، تغییر در ساختمان ریشه برای بهره‌برداری از ذرات فسفر محلی، افزایش تراکم طولی ریشه، تکثیر ریشه‌های مویین، همزیستی با قارچ‌های میکوریزی و ترشح اسیدهای آلی و فسفو هیدرولازها است.

کارول ونس سازگاری و مصرف فسفر در گیاهان فاقد همزیستی میکوریزی را نشان می‌دهد و روی گونه‌های گیاهی دارای ریشه‌های تخصصی (خوشه‌ای و هویجی شکل) و آرابیدوپسیس توجه دارد. مباحث مطرح شده در این فصل‌ها، توسط خوزه بارنا و همکاران با بررسی ماهیت همزیستی میکوریزی و گیاهان و تأثیر آن روی بهره‌وری گیاه، ساختار جمعیتی گیاه و چرخه فسفر در محیط کامل می‌شود. پترا مارشئر نمایی کلی از تأثیر ریزموجودات محیط اطراف ریشه را بر رشد و جذب فسفر توسط گیاهان ارائه می‌دهد. این فصل‌ها درباره تأثیر عمده‌ی گونه‌های گیاهی بر ترکیب جمعیتی ریشه‌گاه و دلایل موجود برای این امر را بحث و بررسی می‌کنند. همچنین در این فصول به اهمیت کاربرد زادمایه‌های میکروبی برای بهبود بهره‌وری گیاه نیز پرداخته می‌شود.

نقش کودهای فسفر در کشاورزی توسط ارنست کربسی و جانی جانسون با تأکید بر ضرورت کودهای فسفر برای تولید محصولات زراعی و بازتاب آنها بر محیط زیست و زیست‌بوم بحث و بررسی خواهد شد. این امر در برابر کاهش ذخایر ارتوفسفات در جهان و لزوم امنیت غذایی جهانی و ارائه راهبردهای لازم برای افزایش کارایی مصرف فسفر کود و خاک بر مبنای دانش رفتار فسفر در خاک بررسی می‌شود. این راهبردها در فصل‌های بعدی توسط جان هاموند و فیلیپ وایت با توصیف چگونگی بهینه‌سازی مصرف کودهای فسفر برای گیاهان زراعی با نظارت و مدل‌سازی وضعیت فسفر خاک و گیاه و توسط تیم گئورگ و آلن ریچاردسون از طریق بهینه‌سازی جذب فسفر توسط گیاهان با اصلاح نباتات و انتقال ژن نقد و بررسی خواهد شد. در پایان تمام دیدگاه‌ها توسط جان راوان با رویکرد تغذیه فسفر گیاه در گذشته و آینده جمع‌بندی و فهرستی از اولویت‌های لازم برای اقدامات فوری به منظور پیشبرد تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد بشر، ارائه خواهد شد.

امید است این کتاب در تمام زمینه‌های برهمکنش‌های فسفر و گیاه مورد توجه و علاقه دانشجویان و محققان قرار گیرد.

جان پی. هاموند

فیلیپ جی. وایت

پیشگفتار مترجمان

اهمیت کشاورزی در جهان امروزی به حدی رو به افزایش است که ابعاد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع را در نوردیده و حتی در عرصه برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های کلان جوامع یک‌ه تازی می‌کند.

فسفر یکی از عناصر ضروری در سیستم‌های زیستی است. این عنصر بخشی از ماده تشکیل دهنده ژنتیکی است و پیوند استر فسفات اغلب برای واکنش‌های انتقال انرژی در موجودات زنده استفاده می‌شود. بسیاری از زیست‌بوم‌های طبیعی و کشاورزی در سراسر دنیا از نظر حاصلخیزی با مشکل کمبود فسفر مواجه هستند. در کشور ما نیز به دلیل قلیایی بودن بیشتر خاک‌ها و واکنش فسفر با کلسیم، این عنصر سریعاً به فرم فسفات‌های نامحلول و غیر قابل دسترس تبدیل می‌شود و در نتیجه کمبود فسفر از عوامل مهم محدودکننده رشد موجودات زنده خاکزی و گیاهان به شمار می‌آید. این در حالی است که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی فسفر برای رفع این مشکل نه تنها سبب افزایش تولید نخواهد شد، بلکه موجب ایجاد اشکال در جذب عناصر غذایی کم مصرف توسط گیاهان و ریزموجودات خاکزی به ویژه در خاک‌های آهکی می‌شود.

امروزه سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاد مورد توجه بسیاری از کشورها قرار گرفته است که دلیل آن علاقه فزاینده به حفاظت از منابع طبیعی، کاهش تخریب زیست محیطی و افزایش هزینه کودها است. در این زمینه شناخت روابط پیچیده و متعدد موجود بین گیاه و محیط زیست آن بدون تردید به بهبود وضعیت گیاهان در زیست‌بوم‌های خاص خود کمک بسزایی خواهد کرد.

کتاب حاضر ترجمه کتاب *The Ecophysiology of Plant-Phosphorus Interactions* است که در سال ۲۰۰۸ در Springer منتشر شد.

در ترجمه این کتاب سعی بر رعایت امانت بوده است و امید می‌رود استادان، اندیشمندان، پژوهشگران، کارشناسان، و دانشجویان عزیز بر مترجمان منت گذارند و نواقص را به دیده اغماض ننگرند، پیشنهادات و نقطه نظرات ارشادی خود را در راستای تکمیل این کتاب به آدرس پست الکترونیکی: eppi@yahoo.com ارسال نمایند.

در خاتمه از استادان بزرگواری که با پیشنهادات و نظرات خود ما را در تدوین این کتاب یاری نموده‌اند قدردانی می‌نماییم. همچنین از مسئولین محترم انتشارات دانشگاه تهران که امکان چاپ و نشر این اثر را فراهم نمودند، نهایت تشکر و سپاسگزاری بعمل می‌آید.

مترجمان
تابستان-۱۳۹۲

