



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2019.14088.2264

۴۵-۵۹

تغییرات غلظت، تجمع و تخصیص فسفر در چند گونه زراعی و علف‌هرز خانواده گندمیان در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

آرزو عبیدی^۱، *ابراهیم زینلی^۲، افشین سلطانی^۳ و عبدالرضا قرنجیکی^۴

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳آستاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۴عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی به‌ویژه در خاک‌های اسیدی و قلیایی است. مطالعات گسترده بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه از نظر کارایی جذب و استفاده از فسفر در گیاهان می‌باشد که با غلظت، تجمع و تخصیص فسفر به بخش‌های مختلف گیاه مرتبط است. استفاده از این تنوع برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی و همچنین کاهش نیاز به مصرف کودهای فسفوره به‌ویژه در خاک‌های با میزان فسفر کم توجه پژوهشگران را جلب کرده است. از این‌رو، مطالعه حاضر به منظور بررسی تغییرات غلظت، تجمع و تخصیص فسفر به بخش‌های مختلف بوته در تعدادی از گونه‌های مهم زراعی و هرز خانواده گندمیان انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در خاکی با مقدار فسفر قابل استفاده بسیار کم (۴/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) اجرا شد. در این مطالعه گلدانی، شش گونه زراعی و هرز از خانواده گندمیان شامل گندم دوروم، جو معمولی، جو لخت، چاودم، یولاف وحشی و علف‌خونی در دو شرایط عدم مصرف و مصرف کودهای شیمیایی به مقدار توصیه شده مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک غلظت فسفر به تفکیک اندام (ریشه، ساقه (شامل ساقه، غلاف برگ‌ها و گل‌آذین به‌غیر از دانه)، برگ و دانه) اندازه‌گیری و تجمع و ضرایب تخصیص فسفر با استفاده از داده‌های غلظت فسفر و وزن خشک اندام‌ها محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک اثر گونه گیاهی، کوددهی و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار فسفر تجمع‌یافته در تمام بخش‌های بوته شامل ریشه، برگ، ساقه، دانه، بخش هوایی و کل بوته معنی‌دار بود. میانگین مقدار فسفر کل بوته در گونه‌ها در شرایط کوددهی افزایش ۴/۲ برابری نسبت به شرایط عدم مصرف کود داشت. در شرایط کوددهی اختلافات زیادی بین گونه‌های مورد بررسی از نظر مقدار فسفر تجمع‌یافته در بخش‌های مختلف و کل بوته وجود داشت در حالی که در شرایط عدم کوددهی بین گونه‌های مورد بررسی از نظر مقدار فسفر تجمع‌یافته در هیچ‌یک از بخش‌های بوته و کل بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تغییرات مقدار فسفر در گونه‌های مورد بررسی ناشی از تغییرات اجزای تعیین‌کننده آن یعنی مقدار ماده خشک و غلظت فسفر بوده است. اگر چه مقدار ماده خشک و غلظت فسفر در تمام بخش‌های گیاه به‌طور

* مسئول مکاتبه: e.zeinali@yahoo.com

معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایش و در بیش‌تر موارد تحت‌تأثیر متقابل این تیمارها قرار گرفت، اما میزان تغییرات مقدار ماده خشک و در نتیجه سهم آن از تغییرات مقدار فسفر بیش‌تر از غلظت فسفر بود. از کل فسفر جذب شده، در شرایط عدم مصرف کود ۵۹/۶ درصد و در شرایط مصرف کود ۴۹ درصد به دانه اختصاص یافت. میانگین تخصیص فسفر به دانه در کل گونه‌ها ۵۴/۳ درصد، در گونه‌های زراعی ۶۴/۱ درصد و در دو گونه علف‌هرز ۳۴/۷ درصد بود. بر اساس این نتایج، میانگین تخصیص فسفر جذب شده به بخش رویشی گیاه در کل گونه‌ها ۴۵/۷ درصد بوده است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد که تجمع فسفر و به‌دنبال آن غلظت و ضرایب تخصیص فسفر به بخش‌های مختلف بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به‌شدت تحت‌تأثیر کوددهی و گونه گیاهی و اثرات متقابل این دو عامل قرار گرفتند. تغییرات بیش‌تر تجمع فسفر را می‌توان به وابستگی آن به تغییرات مقدار ماده خشک و غلظت فسفر نسبت داد. نتایج به‌دست آمده بیان‌گر تنوع بسیار کم گونه‌های مورد مطالعه به لحاظ تجمع فسفر در شرایط محیطی فقیر از نظر فسفر قابل‌استفاده خاک در مقایسه با شرایط کوددهی بود که نشانه‌ای از تشابه این گونه‌ها از نظر تحمل کمبود فسفر و از سوی دیگر نشانه پاسخگویی متفاوت گونه‌ها به مصرف کود فسفره است.

واژه‌های کلیدی: اندام‌های گیاه، ضرایب توزیع، علف‌های هرز، گندمیان

مقدمه

اطلاعات مربوط به غلظت و تجمع عناصر غذایی در ماده خشک گیاهی و چگونگی توزیع آن‌ها بین اندام‌های گیاه در گونه‌های مختلف گیاهی می‌تواند ضمن نشان دادن تنوع ژنتیکی موجود در رابطه با این صفات و امکان استفاده از این تنوع در به‌نژادی گیاهان زراعی به برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای بهینه‌سازی تغذیه معدنی گیاهان زراعی کمک کند. ضمن این‌که این اطلاعات در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی مورد نیاز می‌باشد (۲ و ۵).

فسفر پس از نیتروژن و پتاسیم بیش‌ترین فراوانی را در ماده خشک گیاهی دارد. به همین دلیل در بیش‌تر خاک‌های کشاورزی، به‌ویژه در خاک‌هایی که پتانسیل تبدیل فسفر به ترکیب‌های غیرقابل‌استفاده برای گیاه در آن‌ها زیاد است، کمبود فسفر یک عامل مهم محدودکننده رشد و عملکرد به‌شمار می‌رود (۳، ۱۶ و ۱۸). در شرایط مطلوب تغذیه معدنی، فسفر ۰/۲ تا ۰/۸ درصد از ماده خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد (۱۴). در مطالعه تایز و همکاران (۲۰۱۵)

مصرف مقدار بیش‌تر فسفر کودی به تجمع بیش‌تر فسفر در برگ‌های دو گونه لگوم مورد مطالعه منتهی گردید (۱۷).

فیست و همکاران (۱۹۸۷) افزایش غلظت فسفر بافت‌های ریشه و بخش هوایی گیاه در پنج لگوم دانه‌ای گرمسیری با افزایش مقدار فسفر در خاک را گزارش کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مقادیر بیش از حد کفایت فسفر، میزان افزایش غلظت فسفر در بافت‌های گیاه رو به کاهش می‌گذارد. غلظت فسفر برگ در دو گونه لگوم دانه‌ای مورد مطالعه آن‌ها از ۰/۱۴ تا ۰/۸۰ متغیر و در برگ‌های جوان بیش‌تر از برگ‌های مسن بود (۷). در مطالعه‌ای دیگر کرکماز و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی ژنوتیپ‌های مختلف گندم بیان نمودند که با افزایش مقدار مصرف فسفر کودی، غلظت فسفر در بخش هوایی به‌صورت غیرخطی افزایش پیدا کرد. واکنش جذب فسفر به مقدار فسفر کودی نیز تا ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از روندی مشابه غلظت پیروی کرد اما در مقادیر بیش‌تر، افزایش مقدار فسفر کودی تأثیری بر جذب فسفر نداشت.

مختلف گندم و جو در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک افزایش پیدا کرد. یافته‌ها بیانگر واکنش متفاوت غلظت فسفر اندام‌های مختلف به مقدار فسفر کودی بود. بدین ترتیب که بیش‌ترین شیب و افزایش غلظت فسفر در دانه و کم‌ترین آن در ریشه مشاهده شد. همچنین، نتایج مطالعه بیانگر تفاوت معنی‌دار دو گیاه گندم و جو از نظر غلظت فسفر دانه، ساقه و برگ در این مرحله از نمو بود (۱۱). ونگ و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که در شرایط فسفر زیاد اختلاف معنی‌داری بین جذب فسفر ژنوتیپ‌ها وجود نداشت، اما در شرایط فسفر کم، جذب فسفر توسط ژنوتیپ‌های کارآمد در مصرف فسفر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ژنوتیپ‌های ناکارآمد بود (۱۹). یافته‌های مطالعه مانسکی و همکاران (۲۰۰۲) نیز بر اختلاف بیش‌تر بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط کمبود فسفر نسبت به شرایط عدم کمبود دلالت دارد (۱۳). با توجه به آنچه گفته شد مطالعه حاضر با هدف بررسی غلظت، تجمع و تخصیص فسفر به بخش‌های مختلف بوته در تعدادی از گونه‌های مهم زراعی و هرز خانواده گندمیان در خاکی با مقدار فسفر قابل‌استفاده بسیار کم در دو شرایط مصرف و عدم مصرف کود انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در پردیس جدید دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شش گونه زراعی (شامل گندم دوروم (*Triticum durum* L.)، جو معمولی رقم صحرا (*Hordeum vulgare* L.)، جولخت (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum*) و چاودم (*X Triticosecale*) و هرز (شامل یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) و علف‌خونی

آن‌ها اختلاف‌های گسترده‌ای را بین ژنوتیپ‌ها از نظر غلظت و مقدار جذب فسفر مشاهده کردند و بیان نمودند که اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر میزان جذب فسفر بسیار بیش‌تر از مقدار غلظت فسفر است (۱۲). تمام ارقام گندم مورد آزمایش گونس و همکاران (۲۰۰۶) در شرایط مصرف کم فسفر در گلخانه دچار کمبود فسفر بوده و غلظت فسفر آن‌ها از غلظت بحرانی فسفر پذیرفته شده (۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (جونز و همکاران، ۱۹۹۱)) کم‌تر بود. طبق گزارش آن‌ها، غلظت و مقدار فسفر در تمام ارقام با مصرف فسفر به‌طور متوسط به‌میزان ۷۸ تا ۹۹ درصد افزایش پیدا کرد البته میزان این افزایش در ارقام مورد بررسی بسیار متفاوت بود. غلظت فسفر در بخش هوایی بوته‌ها در تیمار مصرف کم فسفر در شرایط مزرعه از ۱۶۰۶ تا ۲۰۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر بود و با افزایش مصرف فسفر از ۲۰ به ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، غلظت فسفر به‌طور جزئی افزایش پیدا کرد (۹ و ۱۰). در مطالعه کرکماز و همکاران (۲۰۰۹) غلظت فسفر در ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در شاهد عدم مصرف کود فسفر ۰/۰۶ تا ۰/۱۷ درصد و در تیمار مصرف کود فسفره ۱/۲۷ تا ۰/۴ درصد بود. بلانجر و همکاران (۲۰۱۵) با انجام آزمایش‌هایی در ۸ سال و محل، عدم تأثیر معنی‌دار مقدار فسفر کودی بر غلظت فسفر در ماده خشک گیاهی در مراحل مختلف نمو گندم در تمام سال و محل‌های اجرای آزمایش را گزارش دادند و دلیل آن را زیاد بودن مقدار فسفر قابل‌استفاده در خاک (در ۵ سال- محل اجرای آزمایش بیش از ۱۸/۵ و در سه مورد دیگر ۱۲/۶، ۱۰/۵ و ۵/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) ذکر کردند (۳). در مقابل، در مطالعه دیگر که در خاکی با مقدار فسفر قابل‌استفاده کم (۵/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) انجام شد، با افزایش مقدار فسفر کودی تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار غلظت فسفر در اندام‌های

غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی به روش رنگ‌سنجی (با استفاده از معرف نیترو- وانادو- مولیبدات)، نمونه‌های خشک شده به تفکیک اندام (ریشه، ساقه (به‌همراه سنبله بدون دانه)، برگ و دانه)، به‌وسیله آسیاب آزمایشگاهی پودر شدند. غلظت فسفر نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل شیماتزو- یو وی- ۱۸۰۰ قرائت و سپس مقدار فسفر موجود در ماده خشک گیاهی (براساس میلی‌گرم فسفر در گرم ماده خشک) محاسبه شد (۱ و ۸). مقدار فسفر تجمع‌یافته در هر اندام، از ضرب وزن خشک در غلظت فسفر در آن اندام به‌دست آمد و از حاصل جمع مقدار عنصر تجمع‌یافته در اندام‌ها، مقدار کل فسفر تجمع‌یافته در بوته محاسبه شد. ضریب تخصیص فسفر به هر یک از اندام‌های گیاه نیز، از تقسیم مقدار عنصر تجمع‌یافته در آن اندام به کل مقدار فسفر تجمع‌یافته در بوته به‌دست آمد. در نهایت، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD با استفاده از نرم‌افزار SAS (۱۶) و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت فسفر: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تأثیر گونه گیاهی و کوددهی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت فسفر در تمام اندام‌های گیاه شامل: برگ، ساقه (همراه با سنبله بدون دانه، ریشه و دانه)، بخش هوایی و کل بوته معنی‌دار بود، ضمن این‌که اثر متقابل بین این دو عامل نیز بر غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

غلظت فسفر دانه در گونه‌های مورد بررسی از ۲/۴۳ (جو صحرا) تا ۴/۲۸ گرم در کیلوگرم (علف‌خونی)، غلظت فسفر بخش هوایی از ۱/۴۴ (یولاف و علف‌خونی) تا ۲/۵۲ گرم در کیلوگرم

(*Phalaris minor* Retz.) از خانواده گندمیان و دو شرایط عدم مصرف و مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم کودی (به‌ترتیب به‌میزان ۷۶/۹۲، ۳۳/۲۵ و ۴۶/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک برابر با ۱۸۰، ۸۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم خالص در هکتار) بود. برای تأمین فسفر از کود سوپرفسفات تریپل (حاوی ۲۲/۷ درصد فسفر خالص)، نیتروژن از کود اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص) و پتاسیم از کود سولفات پتاسیم (حاوی ۵۰ درصد پتاسیم خالص) استفاده شد. با توجه به اهداف آزمایش، خاکی با محتوای فسفر قابل‌استفاده بسیار کم (۴/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم به روش اولسون) تهیه شد. خاک مورد استفاده دارای ۲۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل‌استفاده، ۱۱/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن معدنی، ۱/۵۸ درصد مقدار کربن آلی، هدایت الکتریکی ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته ۷/۱۴ بود. درصد رس، شن و سیلت خاک به‌ترتیب ۲۸، ۳۰ و ۴۲ درصد و بافت خاک لوم رسی بود. بذور در گلدان‌هایی به قطر ۲۵ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و با تراکم نهایی ۱۰ بوته در گلدان (معادل ۲۰۰ بوته در مترمربع) کشت شدند. گلدان‌ها در هوای آزاد قرار داده شدند و فقط در شرایط بارندگی سنگین با کشیدن پلاستیک شفاف محل آزمایش مسقف شد. در طول فصل رشد در مواقع لزوم آبیاری، کنترل آفات و گیاهان هرز و سایر مراقبت‌ها برای ایجاد شرایط مطلوب صورت گرفت. نمونه‌برداری از گیاهان در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (بر مبنای روش زادوکس) با سه تکرار انجام شد. نمونه‌های گیاهی پس از انتقال به آزمایشگاه و جدا کردن اندام‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ، به تفکیک و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک آن‌ها به‌وسیله ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری

یک گیاه نسبت به گیاه دیگر کم‌تر باشد اما به دلیل عملکرد کم‌تر دانه آن گیاه غلظت عنصر در دانه بیش‌تر باشد.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل بین دو عامل آزمایش بر غلظت فسفر برگ، ساقه و ریشه، مقایسه میانگین‌های غلظت فسفر این اندام‌ها در گونه‌های مورد مطالعه در دو شرایط کوددهی و عدم کوددهی به‌طور جداگانه انجام شد (جدول ۳).

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که غلظت فسفر برگ و ساقه در تمام گونه‌ها در شرایط کوددهی به‌طور قابل‌توجهی بیش‌تر از شرایط عدم مصرف کود بوده است. در مورد ریشه نیز به‌استثنای دو گونه علف‌هرز غلظت فسفر در شرایط کوددهی بیش‌تر از شرایط عدم کوددهی بود ولی در مجموع اختلاف غلظت فسفر ریشه در دو شرایط کوددهی و عدم کوددهی کم‌تر از برگ و ساقه بود. غلظت فسفر برگ در شرایط عدم کوددهی در سه گیاه گندم دوروم، یولاف وحشی و علف‌خونی به‌طور قابل‌توجه و معنی‌داری بیش‌تر از گونه‌های دیگر بود، و در شرایط مصرف کود نیز، غلظت فسفر برگ در گندم دوروم و چاودم از سایر گونه‌ها بیش‌تر بود. همچنین، نتایج بیانگر کم‌تر بودن غلظت فسفر ساقه در هر دو شرایط مصرف و عدم مصرف کود در علف‌های هرز نسبت به گونه‌های زراعی و عدم اختلاف معنی‌دار بین دو علف‌هرز با یکدیگر و همچنین، گونه‌های زراعی با یکدیگر بود. در شرایط مصرف کود میانگین غلظت فسفر ریشه در علف‌خونی بیش‌تر از سایر گونه‌های مورد مطالعه بود که البته از این نظر اختلاف معنی‌داری با یولاف وحشی و گندم دوروم نداشت اما در شرایط عدم مصرف کود، غلظت فسفر ریشه در جو صحرا بیش‌تر از علف‌خونی و گندم دوروم بود و بین سایر گونه‌ها از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

(گندم دوروم) و غلظت فسفر کل بوته از ۱/۳۶ (یولاف وحشی) تا ۲/۴۲ گرم در کیلوگرم (گندم دوروم) متغیر بود. همچنین، نتایج نشان داد که غلظت فسفر دانه در جو معمولی (رقم صحرا) به‌طور معنی‌داری (سطح احتمال ۵ درصد) کم‌تر از گندم دوروم، جو لخت، چاودم و یولاف وحشی و در این گونه‌ها کم‌تر از علف‌خونی، ریزدانه‌ترین گونه در میان شش گونه مورد مطالعه، بود. غلظت فسفر دانه از غلظت فسفر تمام اندام‌ها و بخش‌های دیگر گیاه، به‌استثنای برگ، بیش‌تر بود. جالب این‌که در میان گونه‌های مورد بررسی بیش‌ترین غلظت فسفر دانه و همچنین، بیش‌ترین اختلاف بین غلظت فسفر دانه و سایر اندام‌ها در علف‌خونی مشاهده شد.

نتایج این مطالعه نشان داد که در میان گونه‌های مورد آزمایش کم‌ترین غلظت فسفر در بخش هوایی گیاه و کل بوته (بخش هوایی + ریشه) در دو علف‌هرز یولاف وحشی و علف‌خونی مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر گونه‌ها بود. در میان سایر گونه‌ها (گونه‌های زراعی) اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد به‌استثنای این‌که غلظت فسفر بخش هوایی و کل بوته جو معمولی به‌طور معنی‌داری از گندم دوروم کم‌تر بود (جدول ۲).

کم‌تر بودن غلظت فسفر بخش‌های رویشی گیاهان می‌تواند نشانه‌ای از استفاده کارآمد و پربازده (تولید ماده خشک بیش‌تر به‌ازای هر واحد عنصر جذب شده) از فسفر جذب‌شده یا کارایی زیاد انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه باشد. زیاد بودن غلظت فسفر در دانه این فرضیه را تقویت می‌کند اما برای اثبات کافی نیست چون غلظت فسفر در دانه علاوه بر مقدار فسفر تجمع‌یافته به عملکرد دانه نیز بستگی دارد. برای مثال، ممکن است مقدار کل فسفر تجمع‌یافته در دانه

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کوددهی، نوع گیاه و اثرات متقابل بین آن‌ها بر غلظت ([P])، تجمع (Pcont) و تخصیص (PC) فسفر به برگ (Lf)، ساقه (St)، ریشه (Rt)، دانه (Gn)، بخش هوایی (Sh) و کل بوته (Tot) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

Table 1. Analysis of variance (mean of squares) of the effect of fertilization, crop species and their interactions on the phosphorus concentration ([P]), content (Pcont) and partitioning to leaf (Lf), stem (St), root (Rt), grain (Gn), shoot (Sh) and total (Tot) in physiological maturity.

[P] _{Tot}	[P] _{Sh}	[P] _{Gn}	[P] _{Rt}	[P] _{St}	[P] _{Lf}	درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variation
5.399**	6.350**	7.824**	1.778**	1.824**	35.652**	1	کوددهی Fertilization
0.805**	0.939**	1.477**	0.437**	0.359**	2.669**	5	گونه گیاهی Plant species
0.245 ^{ns}	0.260 ^{ns}	0.037 ^{ns}	0.097*	0.125*	2.307*	5	کوددهی در مقابل نوع گونه گیاهی Fertilization * Plant species
0.088	0.090	0.092	0.021	0.031	0.261	12	خطای آزمایش Error
15.48	14.87	9.34	15.60	21.9	14.49		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)
P _{Tot} Cont	P _{Sh} Cont	P _{Gn} Cont	P _{Rt} Cont	P _{St} Cont	P _{Lf} Cont		
5.748**	560.129**	181.076**	1.717**	25.784**	31.023**	1	کوددهی Fertilization
8.047*	7.344**	15.537**	0.104**	0.303*	2.623**	5	گونه گیاهی Plant species
19.114**	10.386**	12.390**	0.074**	0.422*	0.415*	5	کوددهی در مقابل نوع گونه گیاهی Fertilization * Plant species
1.194	0.953	0.826	0.012	0.069	0.114	12	خطای آزمایش Error
12.792	12.29	19.42	25.08	15.96	18.42		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)
	P _{Sh} PC	P _{Gn} PC	P _{Rt} PC	P _{St} PC	P _{Lf} PC		
	0.00002 ^{ns}	0.068**	0.005**	0.022**	0.042**	1	کوددهی Fertilization
	0.002 ^{ns}	0.096**	0.003**	0.002 ^{ns}	0.066**	5	گونه گیاهی Plant species
	0.001 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.001**	0.009**	0.004*	5	کوددهی در مقابل نوع گونه گیاهی Fertilization * Plant species
	0.002	0.006	0.0001	0.0009	0.001	12	خطای آزمایش Error
	4.92	14.43	21.52	14.88	17.51		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد؛ ^{ns} معنی‌دار نبودن تأثیر.

** and * Significant effect at P≤1% and P≤5%, respectively, ^{ns} Not-significant at P≤5%, C.V.: Coefficient of variations.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر گونه گیاهی بر غلظت فسفر دانه ($[P]_{Gn}$)، بخش هوایی ($[P]_{Sh}$) و کل بوته ($[P]_{Tot}$) و ضریب تخصیص فسفر به دانه (P_{GnPC}) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

Table 2. Mean comparisons of effect of crop species on grain ($[P]_{Gn}$), shoot ($[P]_{Sh}$) and total ($[P]_{Tot}$) phosphorus and phosphorus partitioning coefficient to grain (P_{GnPC}) in physiological maturity.

P_{GnPC} (mg P.plant ⁻¹)	$[P]_{Tot}$ (g.kg ⁻¹)	$[P]_{Sh}$ (g.kg ⁻¹)	$[P]_{Gn}$ (g.kg ⁻¹)	تیمار Treatment
0.649 ^a	2.417 ^a	2.518 ^a	3.478 ^b	گندم دوروم Durum wheat
0.598 ^a	1.924 ^b	1.994 ^b	2.431 ^d	جو معمولی Barley
0.659 ^a	2.295 ^{ab}	2.482 ^a	3.005 ^c	جو لخت Naked barley
0.659 ^a	2.086 ^{ab}	2.218 ^{ab}	3.167 ^{bc}	چاودم Triticale
0.373 ^b	1.358 ^c	1.437 ^c	3.169 ^{bc}	یولاف وحشی Wild oat
0.320 ^b	1.396 ^c	1.444 ^c	4.275 ^a	علف‌خونی Canary grass

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
Means in column with the same letter are not significantly different at 5% based on LSD test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل بین کوددهی و گونه گیاهی بر غلظت فسفر برگ ($[P]_{Lf}$)، ساقه ($[P]_{St}$) و ریشه ($[P]_{Rt}$) و ضریب تخصیص فسفر به برگ (P_{LfPC}) و ریشه (P_{RtPC}) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

Table 3. Mean comparisons of interactions between fertilization and crop species on leaf ($[P]_{Lf}$), stem ($[P]_{St}$) and root ($[P]_{Rt}$) phosphorus concentration and phosphorus partitioning coefficient to leaf (P_{LfPC}) and root (P_{RtPC}) in physiological maturity.

P_{RtPC} (mg P.plant ⁻¹)	P_{LfPC} (mg P.plant ⁻¹)	$[P]_{Rt}$ (g.kg ⁻¹)	$[P]_{St}$ (g.kg ⁻¹)	$[P]_{Lf}$ (g.kg ⁻¹)	گونه گیاهی crop species	تیمار Treatment
0.049 ^c	0.173 ^b	1.453 ^b	1.597 ^a	5.964 ^a	گندم دوروم Durum wheat	مصرف کود Fertilized
0.085 ^b	0.174 ^b	1.963 ^a	1.379 ^a	4.248 ^b	جو معمولی Barley	
0.027 ^c	0.106 ^b	0.716 ^c	1.443 ^a	3.738 ^b	جو لخت Naked barley	
0.040 ^c	0.139 ^b	0.997 ^c	1.523 ^a	5.907 ^a	چاودم Triticale	
0.155 ^a	0.408 ^a	0.254 ^c	0.556 ^b	4.267 ^b	یولاف وحشی Wild oat	
0.120 ^a	0.442 ^a	1.41 ^b	0.573 ^b	4.329 ^b	علف‌خونی Canary grass	
0.064 ^a	0.186 ^b	0.92 ^{ab}	0.523 ^{ab}	3.643 ^a	گندم دوروم Durum wheat	عدم مصرف کود Unfertilized
0.049 ^{ab}	0.050 ^c	0.74 ^{bc}	0.909 ^a	0.760 ^c	جو معمولی Barley	
0.012 ^c	0.078 ^c	0.335 ^d	0.534 ^{ab}	1.883 ^b	جو لخت Naked barley	
0.023 ^{bc}	0.043 ^c	0.476 ^{cd}	0.661 ^{ab}	1.007 ^{bc}	چاودم Triticale	
0.070 ^a	0.247 ^b	0.799 ^{ab}	0.413 ^{ab}	3.414 ^a	یولاف وحشی Wild oat	
0.047 ^{abc}	0.332 ^a	1.099 ^a	0.331 ^b	3.129 ^a	علف‌خونی Canary grass	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
Means in column with the same letter are not significantly different at 5% based on LSD test.

فسفر کل بوته را از ۱/۴۴ به ۲/۳۹ گرم در کیلوگرم به‌طور معنی‌دار افزایش داد که به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۴).

بر اساس نتایج به‌دست آمده، کوددهی میانگین غلظت فسفر دانه در گونه‌های مورد بررسی را از ۲/۶۸ به ۳/۸۳ گرم در کیلوگرم، غلظت فسفر بخش هوایی را از ۱/۵۱ به ۲/۵۳ گرم در کیلوگرم و غلظت

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کوددهی بر غلظت فسفر برگ ($[P]_{Lf}$)، دانه ($[P]_{Gn}$)، بخش هوایی ($[P]_{Sh}$) و کل بوته ($[P]_{Tot}$) و بر ضریب تخصیص فسفر به دانه (P_{GnPC}) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

Table 4. Mean comparisons of fertilization on leaf ($[P]_{Lf}$), grain ($[P]_{Gn}$), shoot ($[P]_{Sh}$) and total ($[P]_{Tot}$) phosphorus concentration and phosphorus partitioning coefficient to grain (P_{GnPC}) in physiological maturity.

P_{GnPC} (mg P.plant ⁻¹)	$[P]_{Tot}$ (g.kg ⁻¹)	$[P]_{Sh}$ (g.kg ⁻¹)	$[P]_{Gn}$ (g.kg ⁻¹)	تیمار Treatment
0.490 ^b	2.387 ^a	2.530 ^a	3.825 ^a	مصرف کود Fertilized
0.596 ^a	1.438 ^b	1.501 ^b	2.683 ^b	عدم مصرف کود Unfertilized

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
Means in column with the same letter are not significantly different at 5% based on LSD test.

(۱۱). افزایش غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی در نتیجه افزایش مقدار مصرف فسفر کودی در تعداد زیادی از مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (۶ و ۹). با این حال، در مطالعه بلانچر و همکاران (۲۰۱۵) مصرف کود شیمیایی تأثیری بر غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی نداشت که دلیل آن زیاد بودن مقدار فسفر قابل‌استفاده خاک اعلام شد (۳). در مطالعه دورداس (۲۰۰۹) مصرف کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر دانه و بخش رویشی گیاه در مرحله رسیدگی داشت (۴).

تجمع فسفر: نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار کوددهی و نوع گیاه و اثر متقابل بین این دو عامل بر تجمع فسفر در تمام بخش‌ها و کل بوته بود (جدول ۱). میانگین مقدار فسفر تجمع‌یافته در برگ گونه‌های مورد مطالعه در شرایط عدم مصرف کود ۰/۶۴ و در شرایط مصرف کود ۳/۰۱ میلی‌گرم در

مطابق نتایج مطالعه حاضر، فیست و همکاران (۱۹۸۷) افزایش غلظت فسفر ریشه و بخش هوایی گیاه در پنج لگوم دانه‌ای گرمسیری را با افزایش مقدار فسفر در خاک گزارش کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مقادیر بیش‌از حد کفایت فسفر، شیب افزایش غلظت فسفر در بافت‌های گیاه رو به کاهش می‌گذارد (۷). در مطالعه‌ای دیگر نیز، بررسی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نشان داد که در تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با افزایش مقدار مصرف فسفر کودی، غلظت فسفر در بخش هوایی به‌صورت غیرخطی افزایش پیدا می‌کند (۱۲). نتایج مطالعه خسروی و همکاران (۲۰۱۶) نیز، بیانگر افزایش غلظت فسفر در اندام‌های گیاه (برگ، ساقه، ریشه، دانه، بخش هوایی و کل بوته) در مراحل ساقه‌رفتن، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک در نتیجه افزایش مقدار مصرف فسفر کودی بود که مطابق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد

۱۲/۱۰ و ۱۳/۷۷ میلی‌گرم در بوته افزایش پیدا کرد (جدول ۵).

در شرایط کوددهی مقدار فسفر تجمع‌یافته در ساقه دو گونه علف هرز به‌طور معنی‌داری از گونه‌های زراعی کم‌تر بود ولی اختلاف قابل‌توجهی بین گونه‌های زراعی وجود نداشت به‌طوری‌که، دامنه تغییرات مقدار فسفر تجمع‌یافته در ساقه از ۲/۱ میلی‌گرم در بوته در دو گونه علف‌هرز تا ۳/۶۸ میلی‌گرم در بوته در گندم دوروم متغیر بود. در شرایط کوددهی، از لحاظ آماری بیش‌ترین مقدار فسفر تجمع‌یافته در ریشه جو معمولی و کم‌ترین مقدار آن در ریشه جو لخت مشاهده شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، در شرایط مصرف کودهای شیمیایی، مقدار فسفر دانه در گونه‌های زراعی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از دو گونه علف‌هرز بود و مقدار آن از ۲/۳۱ میلی‌گرم در بوته در علف‌خونی تا ۱۱/۰۹ میلی‌گرم در بوته در گندم دوروم نوسان داشت. کم‌تر بودن مقدار فسفر تجمع‌یافته در دانه گونه‌های هرز را می‌توان به عملکرد دانه کم‌تر آن‌ها در هر بوته نسبت داد. این دو علف‌هرز در هر دو شرایط مصرف و عدم مصرف کود کم‌ترین وزن خشک دانه را در میان گونه‌های مورد مطالعه داشتند. با در نظر داشتن نتایج مقایسه میانگین‌ها می‌توان بیان کرد که در تمام گونه‌های زراعی بیش‌ترین مقدار تجمع در دانه و در هر دو گونه علف هرز در برگ بوده است (جدول ۵).

بوته بود که نشان می‌دهد مصرف کود تجمع فسفر را ۴/۷ برابر شرایط عدم مصرف کود کرده است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، مقدار فسفر برگ در شرایط عدم کوددهی از ۰/۱۳ در جو معمولی تا ۱/۷۲ در علف‌خونی و در شرایط کوددهی از ۱/۸۳ در جو لخت تا ۴/۴۶ در یولاف وحشی متغیر بود. بر اساس نتایج، در هر دو شرایط مقدار فسفر برگ دو گونه علف هرز مورد بررسی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گونه‌های زراعی بود. میانگین مقدار فسفر تجمع‌یافته در ساقه گونه‌های مورد مطالعه در شاهد عدم مصرف کود، ۰/۵۲ میلی‌گرم در بوته و در شرایط کوددهی ۲/۹۲ میلی‌گرم در بوته بود که نشان می‌دهد تجمع فسفر در شرایط مصرف کود ۵/۶ برابر شرایط عدم مصرف کود بوده است. اگرچه این میانگین‌ها بسیار نزدیک به مقادیر گزارش شده برای برگ می‌باشد ولی میانگین مقدار فسفر ساقه در گونه‌های مورد آزمایش با مقدار فسفر برگ آن‌ها بسیار متفاوت بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، در شرایط عدم مصرف کود، بین مقدار فسفر تجمع‌یافته در ساقه، ریشه، دانه، بخش هوایی و کل بوته گونه‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این نتیجه می‌تواند ناشی از توان مشابه گونه‌های مورد بررسی در این مطالعه برای جذب فسفر در شرایط کمبود عناصر در خاک باشد. میانگین مقدار فسفر ریشه، دانه، بخش هوایی و کل بوته گونه‌های مورد مطالعه در شاهد عدم مصرف کود به‌ترتیب ۰/۱۷، ۱/۹۳، ۳/۱۱ و ۳/۳۳ میلی‌گرم در بوته بود که در نتیجه کوددهی به‌ترتیب به ۰/۷۲، ۷/۴۳،

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل بین کوددهی و گونه گیاهی بر مقدار فسفر برگ (P_{LrCont})، ساقه (P_{StCont})، ریشه (P_{RtCont})، دانه (P_{GnCont})، بخش هوایی (P_{ShCont}) و کل بوته ($P_{TotCont}$) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

Table 5. Mean comparisons of interactions between fertilization and crop species on leaf (P_{LrCont}), stem (P_{StCont}), root (P_{RtCont}), grain (P_{GnCont}), shoot (P_{ShCont}) and total ($P_{TotCont}$) phosphorus content in physiological maturity.

$P_{TotCont}$ (mg P.plant ⁻¹)	P_{ShCont} (mg P.plant ⁻¹)	P_{GnCont} (mg P.plant ⁻¹)	P_{RtCont} (mg P.plant ⁻¹)	P_{StCont} (mg P.plant ⁻¹)	P_{LrCont} (mg P.plant ⁻¹)	گونه گیاهی Crop species	تیمار Treatment
17.075 ^a	12.240 ^a	11.093 ^a	0.835 ^b	3.679 ^a	2.951 ^b	گندم دوروم Durum wheat	
14.457 ^b	13.227 ^b	7.927 ^b	1.230 ^a	2.781 ^b	2.519 ^{bc}	جو معمولی Barley	
14.698 ^{ab}	13.884 ^b	10.658 ^a	0.315 ^d	3.412 ^{ab}	1.834 ^c	جو لخت Naked barley	مصرف کود Fertilized
15.185 ^{ab}	14.655 ^{ab}	9.146 ^{ab}	0.530 ^{cd}	3.409 ^{ab}	1.949 ^c	چاودم Triticale	
11.224 ^c	10.142 ^c	3.421 ^c	0.808 ^{bc}	2.116 ^c	4.456 ^a	یولاف وحشی Wild oat	
9.984 ^c	8.460 ^c	2.314 ^c	0.768 ^{bc}	2.101 ^c	4.346 ^a	علف خونی Canary grass	
3.606 ^a	3.384 ^a	2.324 ^a	0.221 ^a	0.400 ^a	0.660 ^{bc}	گندم دوروم Durum wheat	
2.537 ^a	2.414 ^a	1.646 ^a	0.123 ^a	0.642 ^a	0.126 ^c	جو معمولی Barley	
2.572 ^a	2.340 ^a	1.853 ^a	0.082 ^a	0.287 ^a	0.199 ^c	جو لخت Naked barley	عدم مصرف کود Unfertilized
3.276 ^a	3.162 ^a	2.364 ^a	0.114 ^a	0.655 ^a	0.142 ^c	چاودم Triticale	
4.070 ^a	3.786 ^a	1.780 ^a	0.285 ^a	0.773 ^a	1.004 ^b	یولاف وحشی Wild oat	
3.834 ^a	3.551 ^a	1.630 ^a	0.283 ^a	0.378 ^a	1.724 ^a	علف خونی Canary grass	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
Means in column with the same letter are not significantly different at 5% based on LSD test.

هوایی و کل بوته هیچ‌گونه تفاوتی با یکدیگر نداشتند. در تیمار کوددهی، مقدار فسفر تجمع‌یافته در بخش هوایی و کل بوته به‌ترتیب از ۸/۴۶ و ۹/۹۸ میلی‌گرم در بوته در علف‌خونی تا ۱۴/۶۶ و ۱۵/۱۹ میلی‌گرم در بوته در چاودم متغیر بود. در اینجا نیز در شرایط کوددهی کم‌ترین مقدار جذب فسفر در دو گونه

مقدار فسفر تجمع‌یافته در بخش هوایی از حاصل جمع مقدار فسفر اندام‌های هوایی گیاه (یعنی برگ، ساقه و دانه) و مقدار فسفر کل بوته از حاصل جمع مقدار فسفر بخش هوایی با ریشه گیاه به‌دست می‌آید. از آنجایی‌که مقدار فسفر تجمع‌یافته در ریشه چندان قابل‌توجه نبود، نتیجه مقایسه میانگین‌ها در بخش

گونه‌های مورد مطالعه در شرایط مصرف کود بسیار بیش‌تر از شرایط عدم مصرف کود (کم‌فسفر) بود.

ضریب تخصیص فسفر: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر نوع گونه بر ضریب تخصیص فسفر به برگ، ریشه و دانه، اثر کوددهی بر ضریب تخصیص فسفر به همه اندام‌ها (برگ، ساقه، ریشه و دانه) و اثر متقابل بین تیمارهای آزمایش بر ضریب تخصیص فسفر به برگ، ساقه و ریشه معنی‌دار بود. در این میان ضریب تخصیص فسفر به بخش هوایی از ثبات بیش‌تری برخوردار بود و تحت‌تأثیر اثر ساده و متقابل تیمارهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده، از کل مقدار فسفر جذب شده توسط بوته‌ها، در شرایط عدم مصرف کود ۵۹/۶ درصد و در شرایط مصرف کود ۴۹/۰ درصد به دانه اختصاص یافته است (جدول ۴). ضریب تخصیص فسفر به دانه در گونه‌های مورد بررسی از ۳۲ درصد در علف‌خونی (گیاه هرزی با تعداد زیادی دانه کوچک و عملکرد دانه کم) تا ۶۶ درصد در چاودم و جو لخت متغیر بود. مقدار فسفر تخصیص‌یافته به دانه در گونه‌های زراعی (به‌طور متوسط ۶۴/۱ درصد) به‌طور چشمگیر و معنی‌داری بیش‌تر از علف‌های هرز (به‌طور متوسط ۳۴/۷ درصد) بود، اما بین پنج گونه زراعی و همچنین بین دو گونه علف‌هرز از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). تخصیص بخش قابل‌توجهی از فسفر تجمع‌یافته در گیاه به دانه، که بخشی از فسفر تجمع‌یافته در نتیجه انتقال مجدد فسفر تجمع‌یافته در بخش رویشی تا گرده‌افشانی بوده است، به کاهش شدید تخصیص فسفر به اندام‌های رویشی منتهی گردید (جدول ۲ و ۳).

ضریب تخصیص فسفر به برگ در گونه‌های مورد مطالعه در شرایط عدم کوددهی از ۴/۳ درصد در چاودم تا ۳۳/۲ درصد در علف‌خونی نوسان داشت. نتیجه مقایسه میانگین‌ها بیانگر تخصیص بیش‌تر فسفر

علف‌هرز مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری از گونه‌های زراعی کم‌تر بود (جدول ۵).

مطابق با یافته‌های این مطالعه، در مطالعه تاز و همکاران (۲۰۱۵) مصرف مقدار بیش‌تر فسفر کودی به تجمع بیش‌تر فسفر در برگ‌های دو گونه لگوم مورد مطالعه آن‌ها منتهی گردید (۱۷). همچنین، نتایج مطالعه خسرویان و همکاران (۲۰۱۶) بیانگر تأثیر معنی‌دار مقدار فسفر کودی بر مقدار فسفر تجمع‌یافته در تمام اندام‌های دو گیاه گندم و جو در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بود (۱۱). البته بر خلاف نتایج زیادی و همکاران (۲۰۰۸) و بلانجر و همکاران (۲۰۱۵) مبنی بر افزایش غیرخطی تجمع فسفر در گیاه با افزایش مقدار فسفر کودی، در مطالعه خسرویان و همکاران (۲۰۱۶) با افزایش مقدار فسفر کودی، مقدار فسفر تجمع‌یافته در بخش‌های مختلف بوته در مراحل ساقه‌رفتن، گرده‌افشانی و رسیدگی به‌صورت خطی اما با شیب‌های متفاوت افزایش یافت. این تفاوت‌ها را می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی، ویژگی‌های خاک و مرحله نمو گیاه در زمان اندازه‌گیری نسبت داد (۳، ۱۱ و ۲۲). کرکماز و همکاران (۲۰۰۹) نیز افزایش غیرخطی تجمع فسفر در نتیجه افزایش مصرف کود فسفره را در ده ژنوتیپ گندم مورد بررسی در ۶ سری خاک گزارش کردند. آن‌ها همچنین اختلاف‌های گسترده‌ای را بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر غلظت و مقدار جذب فسفر مشاهده کردند و بیان نمودند که اختلاف‌های ژنوتیپ‌ها از نظر میزان جذب فسفر بسیار بیش‌تر از مقدار غلظت فسفر بود (۱۲). با این حال، یافته‌های این مطالعه با نتایج گزارش شده توسط برخی پژوهشگران مغایرت دارد (۱۲، ۱۳ و ۱۹). آن‌ها تنوع ژنتیکی زیادی را در شرایط کم‌فسفر گزارش کرده و بیان نمودند که مصرف کودهای شیمیایی تا حد زیادی این اختلافات ژنتیکی را از میان می‌برد در حالی‌که در مطالعه حاضر تغییرات تجمع فسفر در

شیمیایی ضریب تخصیص فسفر به ساقه همه گونه گیاهی‌ها به جز جو صحرا افزایش یافت که البته این افزایش تنها در مورد گندم دوروم و جو لخت به لحاظ آماری معنی‌دار بود. با مصرف کودهای شیمیایی ضریب تخصیص فسفر به ساقه در گندم دوروم از ۱۱ درصد به ۲۱ درصد (۱/۹ برابر) و در جو لخت از ۸ درصد به ۳۷ درصد (۴/۶ برابر) افزایش یافت (جدول ۶).

به برگ در دو گونه علف هرز مورد مطالعه نسبت به گونه‌های زراعی بود. در شرایط کوددهی ضریب تخصیص فسفر به برگ در گونه‌های مورد مطالعه از ۱۰/۶ درصد در جو لخت تا ۴۴/۲ درصد در علف‌خونی متغیر بود. در این شرایط بین گونه‌های زراعی و نیز بین دو گونه علف‌هرز اختلاف معنی‌داری در ضریب تخصیص فسفر به برگ مشاهده نشد (جدول ۳). در این مرحله با مصرف کودهای

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل بین کوددهی و گونه گیاهی بر ضریب تخصیص فسفر به ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک.

Table 6. Mean comparisons of interactions between fertilization and crop species on phosphorus partitioning coefficient to stem in physiological maturity.

علف خونی Canary grass (mg P.plant ⁻¹)	یولاف Wild oat (mg P.plant ⁻¹)	چاودم Triticale (mg P.plant ⁻¹)	جو لخت Naked barley (mg P.plant ⁻¹)	جو معمولی Barley (mg P.plant ⁻¹)	گندم دوروم Durum wheat (mg P.plant ⁻¹)	کوددهی Fertility
0.231 ^a	0.213 ^a	0.224 ^a	0.369 ^a	0.193 ^a	0.206 ^a	مصرف کود Fertilized
0.166 ^a	0.198 ^a	0.207 ^a	0.077 ^b	0.252 ^a	0.106 ^b	عدم مصرف کود Unfertilized

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means in column with the same letter are not significantly different at 5% based on LSD test.

تخصیص فسفر به ریشه منتهی شود (۲۰). بر این اساس گیاهانی که بتوانند در محیط‌های کم‌فسفر ریشه خود را بیش‌تر و سریع‌تر توسعه دهند با این شرایط سازگارتر خواهند بود. در مقابل، در شرایط عدم کمبود ضرورتی برای تخصیص بیش‌تر ماده خشک به ریشه‌ها وجود ندارد و تخصیص بیش‌تر ماده خشک به ریشه نه تنها مزیت به‌شمار نمی‌رود بلکه از دیدگاه اقتصاد کربن گیاه نوعی زیان محسوب می‌شود. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد دو گونه علف هرز مورد مطالعه، مشروط بر این‌که کارایی مصرف فسفر جذب شده دست‌کم برابری با گونه‌های زراعی داشته باشند، و همچنین، علاوه بر ضریب تخصیص، مقدار مطلق ماده خشک ریشه آن‌ها هم دست‌کم به اندازه گیاهان زراعی باشد با محیط‌های کم‌فسفر سازگارتر خواهند بود. نتایج این مطالعه با نتایج خسرویان و همکاران

با توجه به میانگین ضریب تخصیص فسفر به اندام‌ها در هر دو شرایط کوددهی و عدم کوددهی می‌توان بیان نمود که ریشه سهم زیادی از کل فسفر تجمع‌یافته در گیاه ندارد و قسمت اعظم فسفر در بخش‌های هوایی گیاه توزیع شده‌اند. در شرایط مصرف کود ضریب تخصیص فسفر به ریشه در علف‌های هرز (به‌طور متوسط ۱۳/۷۵ درصد) بسیار بیش‌تر از گونه‌های زراعی (به‌طور متوسط ۵ درصد) بود (جدول ۳). به‌طورکلی، یکی از راهبردهای اثبات شده تحمل و سازگاری به کمبود فسفر در گیاهان توسعه ساختار ریشه در راستای افزایش جست‌وجوی حجم بیش‌تری از خاک برای جذب فسفر است. در نتیجه، در شرایط کمبود فسفر ضریب تخصیص ماده خشک به ریشه و نسبت ماده خشک ریشه به ساقه افزایش پیدا می‌کند که می‌تواند در نهایت به افزایش

خاک مجدداً به خاک بازگشت داده و برای گیاهان زراعی بعدی در تناوب ذخیره می‌شود و در نهایت نیاز به مصرف کودهای شیمیایی فسفره برای تولید گیاهان زراعی را به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد که به لحاظ اقتصادی و محیط زیستی دارای اهمیت است.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، در شرایط عدم مصرف کود، بین گونه‌های مورد مطالعه از نظر تجمع فسفر در اندام‌ها و بخش‌های مختلف بوته (به‌جز برگ) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت در حالی‌که در شرایط کوددهی اختلافات زیادی بین گونه‌ها از این نظر مشاهده گردید. این نتایج بازگوکننده تنوع کم گونه‌ها به لحاظ تجمع فسفر در شرایط عدم کوددهی (شرایط محیطی فقیر از نظر فسفر قابل‌استفاده خاک) در مقایسه با شرایط کوددهی (شرایط محیطی مطلوب از نظر قابل‌استفاده خاک) است که نشانه‌ای از تشابه و یکنواختی گونه‌های مورد مطالعه از نظر تحمل کمبود فسفر و از سوی دیگر نشانه پاسخگویی متفاوت گونه‌ها به مصرف کود فسفره می‌باشد. نتایج نشان داد که اگرچه دو گونه علف هرز مورد مطالعه از نظر تجمع فسفر در شرایط عدم کوددهی اختلاف معنی‌داری با گونه‌های زراعی نداشتند، اما در شرایط مصرف کود به مقدار مطلوب همواره یا کم‌ترین مقدار فسفر تجمع‌یافته را داشتند و یا این‌که در شمار گونه‌های دارای کم‌ترین مقدار فسفر تجمع‌یافته بودند.

سیاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. از این‌رو، نگارندگان از مسئولین محترم دانشگاه قدردانی می‌نمایند.

(۲۰۱۶) مغایرت دارد. در مطالعه آن‌ها ضریب تخصیص فسفر به بخش‌های مختلف بوته نسبت به غلظت و تجمع فسفر از ثبات بیش‌تری برخوردار بود و در اکثر موارد تحت‌تأثیر عوامل آزمایش و اثرات متقابل بین آن‌ها قرار نگرفت (۱۱).

با در نظر گرفتن نتایج به‌دست آمده از ضریب تخصیص فسفر به اندام‌ها و همچنین تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع (تراکم مورد استفاده برای کاشت گیاهان در این مطالعه)، در شرایط عدم مصرف کود مقدار کل فسفر تجمع‌یافته در ریشه معادل ۰/۳۴ کیلوگرم در هکتار، در ساقه معادل ۱/۰۴، در برگ معادل ۱/۲۸، در دانه معادل ۳/۸۶، در بخش هوایی معادل ۶/۱۸ و در کل بوته معادل ۶/۵۲ کیلوگرم در هکتار بود در حالی‌که در شرایط کوددهی مقدار کل فسفر در ریشه معادل ۱/۴۴، در ساقه معادل ۵/۸۴، در برگ معادل ۶/۰۲، در دانه معادل ۱۴/۸۶، در بخش هوایی معادل ۲۶/۷۲ و در کل بوته معادل ۲۸/۱۶ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید. بر اساس این داده‌ها، شاخص برداشت فسفر (مقدار فسفر دانه به مقدار کل فسفر بوته) در شاهد ۵۹/۲ و در تیمار کوددهی ۵۲/۸ درصد بوده است.

به‌طورکلی، در شرایط عدم مصرف کود از کل مقدار فسفر تجمع‌یافته در بوته سهم ریشه ۵/۲ درصد، ساقه ۱۶ درصد، برگ ۱۹/۶ درصد، دانه ۵۹/۲ درصد و بخش هوایی ۹۴/۸ درصد بود در حالی‌که در شرایط کوددهی از کل مقدار فسفر تجمع‌یافته در بوته سهم ریشه ۵/۱ درصد، ساقه ۲۰/۷ درصد، برگ ۲۱/۴ درصد، دانه ۵۲/۸ درصد و بخش هوایی ۹۴/۹ برآورد گردید. این اعداد بدان معناست که از کل فسفر جذب شده توسط گیاه در شرایط عدم مصرف کود ۵۸ درصد و در شرایط کوددهی ۵۴ درصد آن همراه با دانه از مزرعه خارج می‌شود و بقیه آن در کاه و کلش و ریشه باقی می‌ماند که در صورت برگرداندن بقایا به

منابع

1. Ali Ehyayi, M. 1997. The methods of soil chemical analysis. Vol. 2, Publication No. 1024. Soil and Water Research Institute, Iran. (In Persian)
2. Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L. and Mariotti, M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *Eur. J. Agron.* 25: 309-318.
3. Belanger, G., Ziadi, N., Pageau, D., Grant, C., Hognasbacka, M., Virkajarvi, P., Hu, Z., Lu, J., Lafond, J. and Nyiraneza, J. 2015. A model of critical phosphorus concentration in the shoot biomass of wheat. *Agron. J.* 107: 963-970.
4. Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations. *Eur. J. Agron.* 30: 2. 129-139.
5. Dordas, C.A. and Sioulas, C. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crop Res.* 110: 35-43.
6. Fageria, N.K., Moreira, A. and Dos Santos, A.B. 2013. Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. *J. Plant Nutr.* 36: 13. 2013-2022.
7. Fist, A.J., Smith, F.W. and Edwards, D.G. 1987. External phosphorus requirements of five tropical grain legumes grown in flowing-solution culture. *Plant and Soil.* 99: 1. 75-84.
8. Ghazanshahi, J. 2006. Plant and soil analysis. Ayizh Publication. 272p. (In Persian)
9. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M. and Cakmak, I. 2006. Genotypic variation in phosphorus efficiency between wheat cultivars grown under greenhouse and field conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 52: 4. 470-478.
10. Jones J.B., Wolf, B. and Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Athens.
11. Khosravian, T., Zeinali, E., Siahmarguee, A., Ghorbani NasrAbadi, R. and Aalimaghani, S.M. 2016. Phosphorus and dry matter accumulation and partitioning coefficients as affected by fertilizer phosphorus rate and inoculation by *Streptomyces* bacteria in wheat and barley. *Elec. J. Crop Prod.* (In Persian)
12. Korkmaz, K., Ibrikci, H., Karnez, E., Buyuk, G., Ryan, J., Ulger, A.C. and Oguz, H. 2009. Phosphorus use efficiency of wheat genotypes grown in calcareous soils. *J. Plant Nutr.* 32: 12.
13. Manske, G.G.B., Ortiz-Monasterio, J.I., van Ginkel, R.M., Rajaram, S. and Vlek, P.L.G. 2002. Phosphorus use efficiency in tall, semi-dwarf and dwarf near-isogenic lines of spring wheat. *Euphytica.* 125: 113-119.
14. Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.T. and Gobi, T.A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus.* 2: 1. 587.
15. Soltani, A. 2006. Application of SAS in statistical analysis. J.D.M. Press. 182p. (In Persian)
16. Soltani, A. 2009. Textbook of ecology, crop production, cycling of phosphorus in agriculture. Gorgan Uni. Agric. Sci. Natur. Resour. (In Persian)
17. Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M. and Murphy, A. 2015. Plant physiology and development. Sinauer Associates, Incorporated.
18. Venkatesh, M.S., Hazra, K.K. and Ghosh, P.K. 2014. Determination of critical tissue phosphorus concentration in mungbean and urdbean for plant diagnostics. *J. Plant Nutr.* 37: 12. 2017-2025.
19. Wang, L., Chen, F., Zhang, F. and Guohua, M. 2010. Two strategies for achieving higher yield under phosphorus deficiency in winter wheat grown in field conditions. *Field Crops Res.* 118: 36-42.

20. White, P.J. and Hammond, J. 2008. The Ecophysiology of Plant-phosphorus Interaction. Springer, London. 320p.
21. Zadoks J.C., Chang T.T. and Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed res. 14: 415-421.
22. Ziadi, N., Belanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C. and Claessens, A. 2008. Relationship between phosphorus and nitrogen concentration in spring wheat. Agron. J. 100: 1. 80-86.

