توزیع فسفر و روی در اندام‌ها و مراحل رشد گندم در گلخانه و ارتباط آنها با این عناصر در خاک

مریم زاهدی‌فر[۱*]، نجفعلی کریمیان[۱]، عبدالمجید رونقی[۱]، جعفر یثربی[۱] و یحیی امام[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۴)

چکیده

اثر سطوح فسفر (۰، ۲۵، و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت $Ca(H_2PO_4)_2$) و ماده آلی (۰ و ۲٪ وزنی به صورت کود گوسفندی) بر توزیع فسفر ولی روی در اندام‌ها و مراحل مختلف رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) و ارتباط آن با فسفر و روی خاک در شرایط گلخانه بررسی شد. در تمام تیمارها، غلظت فسفر اندام هوایی با رشد گیاه کاهش یافت. غلظت فسفر شاخساره و برگ پرچم از مرحله هفتم تا نهم رشد کاهش و در سنبله افزایش یافت. با ادامه رشد، جذب کل فسفر سنبله، روی در شاخساره، کل اندام هوایی، برگ پرچم، و سنبله افزایش یافت. جذب کل فسفر اندام هوایی از مرحله سوم تا نهم رشد افزایش یافت درحالی که جذب کل فسفر شاخساره و برگ پرچم از مرحله هفتم تا نهم کاهش یافت. غلظت فسفر و روی خاک، با کاربرد فسفر و ماده آلی و با رشد گیاه افزایش یافت. روند تغییرات فسفر و روی در اندام هوایی، شاخساره، و برگ پرچم مشابه بود، لذا به نظر می‌رسد تجزیه برگ پرچم برای تعیین غلظت فسفر و روی برای پیش‌بینی وضعیت تغذیه این عناصر در گیاه در مواردی که چنین اطلاعاتی نیاز است استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: گندم زمستانه، برگ پرچم، تغذیه گندم

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و استادیار علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۲. استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maryamzahedifar2000@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

مقدمه

آگاهی از وضعیت عناصر در اندام‌های مختلف گیاهی مانند گندم (*Triticum aestivum* L.) در بهبود مدیریت محصول و کوددهی بسیار مفید است. علاوه بر این، شناسایی مراحل مختلف گیاه و دانستن نیاز متفاوت آن به عناصر در مراحل مختلف رشد می‌تواند به تعیین زمان مناسب کوددهی کمک نماید (۱). تاکنون مطالعات محدودی در بررسی چگونگی توزیع عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد گیاه گندم انجام گرفته است. ملستد و همکاران (۱۴) گزارش کردند که مرحله بحرانی کمبود عناصر غذایی برای کل اندام‌های گندم مورد مطالعه در مرحله ظهور گل آذین است. بیکر و توکر (۴) نشان دادند که غلظت بحرانی نیتروژن، فسفر، و پتاسیم در نمونه تهیه شده از کل گیاه گندم در مرحله رفتن به غلاف و ظهور گل آذین است. کارلن و ویتنی (۱۱) آزمایشی را جهت مطالعه الگوی رشد و توسعه گندم در شرق ایالت کانزاس ایالات متحده آمریکا انجام دادند و طی آن تغییرات غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مس، منگنز، و روی در اندام‌های مختلف گیاه در مراحل مختلف رشد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، و مس به تدریج با رشد گیاه در نمونه تهیه شده از کل گیاه کاهش یافت در حالی که غلظت روی و منگنز نسبتاً ثابت بود. نتایج تجزیه اندام‌های گیاه به صورت جداگانه نیز مشابه نتایج به دست آمده از تجزیه کل گیاه بود. بایر و همکاران (۵) غلظت و جذب نیتروژن و فسفر را در بخش‌های هوایی سه رقم گندم تحت تأثیر کاربرد سه سطح نیتروژن به صورت هفتگی از مرحله سه برگی تا مرحله سخت شدن دانه اندازه‌گیری کردند. آنها بیان کردند که با ورود به هر مرحله رشد و توسعه گندم، مقدار نیتروژن برگ به صورت خطی و به مقدار ۲/۹۳ گرم در کیلوگرم کاهش یافت. بین مراحل سه برگی تا توسعه برگ پرچم، مقدار نیتروژن شاخساره سریعاً کاهش یافت. گارنت و گراهام (۷) جذب و توزیع آهن و مس را در گندم رشد یافته در سطوح کمبود و بسنده عناصر غذایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نمونه‌برداری در مراحل گل‌دهی، ۱۸ روز پس از گل‌دهی و رسیدگی کامل نشان داد که غلظت روی و منگنز در دانه نسبت به شاخساره کمتر بود.

بررسی‌های نگارندگان نشان می‌دهد که در ایران گزارش مستندی از نتایج این گونه مطالعات در گندم در دست نیست. در حالی که با اطلاع از چنین تغییراتی می‌توان نسبت به تنظیم زمان و مقدار بهینه کوددهی گندم اقدام نمود. گندم یک محصول بسیار مهم راهبردی بوده که هرساله سطح وسیعی از اراضی کشور به کشت آن اختصاص می‌یابد. بنابراین مصرف بهینه کودها برای گندم می‌تواند منجر به صرفه جویی‌های چشمگیر در هزینه تولید و هم‌چنین حفظ محیط زیست شود.

بنابراین تحقیق حاضر با اهداف زیر در شرایط گلخانه اجرا شد: ۱) تعیین غلظت فسفر و روی و مقدار کل جذب آنها در اندام‌های مختلف گندم در مراحل مختلف رشد، ۲) تعیین رابطه غلظت عناصر در گیاه با فراهمی این عناصر در خاک، و ۳) بررسی اثر کاربرد فسفر و ماده آلی بر غلظت آنها در خاک.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در یک خاک آهکی با بافت لومی (Fine-loamy, carbonatic, thermic, Typic Calcixerepts) که از عمق ۳۰-۰ سانتی متری از شهرستان سروستان استان فارس جمع‌آوری شده بود، انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی این خاک در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ۱). مقدار پنج کیلوگرم از خاک مورد نظر را در کیسه‌های پلاستیکی ریخته و سطوح مورد نظر ماده آلی و فسفر به آن افزوده شد. تیمارهای مورد استفاده شامل سه سطح فسفر (۰، ۲۵، و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به صورت $Ca(H_2PO_4)_2$) و دو سطح ماده آلی (۰ و ۲ درصد وزنی از منبع کود گوسفندی) بود.

به منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی، براساس نتایج آزمون خاک، ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن از منبع سکسترین آهن ۱۳۸، منگنز به صورت سولفات منگنز، و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در گلخانه

ویژگی‌های خاک	مقدار
کلاس بافت	لوم
پ هاش خمیر اشباع	۷/۸
قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر)	۰/۳۸
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بار در کیلوگرم خاک)	۹/۶
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۴۴/۸
ماده آلی (درصد)	۱/۶
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۷
فسفر قابل عصاره‌گیری با بی کربنات سدیم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۴/۶
آهن قابل عصاره‌گیری با دی.تی.پی.ا (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۲/۲
منگنز قابل عصاره‌گیری با دی.تی.پی.ا (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۳/۶
روی قابل عصاره‌گیری با دی.تی.پی.ا (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۰/۹۶
مس قابل عصاره‌گیری با دی.تی.پی.ا (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۱/۰۳

روی از منبع سولفات روی، و نیز ۲/۵ میلی‌گرم مس در کیلوگرم از منبع سولفات مس، و ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیوم به صورت محلول و یکنواخت افزوده شد. رطوبت خاک کیسه‌ها با آب مقطر به حدود ظرفیت مزرعه رسانده و پس از کاهش رطوبت به میزان مناسب، خاک درون کیسه‌ها کاملاً مخلوط و به گلدان‌ها (۲۱۰ گلدان) منتقل شدند. در هر گلدان ۱۰عدد بذر گندم رقم شیراز در عمق حدود یک سانتی‌متری سطح خاک کاشته شده و دو هفته بعد از جوانه‌زنی و استقرار به چهار بوته در هر گلدان کاهش یافت. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر و تا رسیدن به حدود رطوبت ظرفیت مزرعه با توزین روزانه در طول دوره رشد انجام شد. در هفته چهارم پس از کاشت ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن اضافی به کلیه گلدان‌ها داده شد. برداشت نمونه‌های بخش هوایی گیاه در هفت مرحله رشد (مرحله سوم تا نهم) بر اساس مقیاس بیان شده توسط زیداکس و همکاران (۲۳) انجام شد که شامل انتهای پنجه زنی، غلاف رفتن، ظهور گل آذین، گل دهی، شیری شدن دانه، خمیری شدن دانه و رسیدن کامل دانه بود.

علاوه بر این در مراحل پایانی شامل مراحل هفتم، هشتم و نهم رشد، از برگ پرچم و سنبله نیز نمونه‌برداری شد. نمونه‌های برداشت شده با آب مقطر شسته شده، در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک، توزین و آسیاب شده، در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی به صورت خاکستر در آمده، به وسیله اسید کلریدریک دو مولار عصاره‌گیری شده، از کاغذ صافی عبور داده شده، و غلظت فسفر در آنها به روش کو (۱۲) اندازه‌گیری شد. غلظت روی در نمونه‌ها نیز به کمک دستگاه جذب اتمی قرائت شد. علاوه بر نمونه‌های گیاهی که شامل کل اندام هوایی، شاخساره (به جز برگ پرچم و سنبله)، برگ پرچم و سنبله بود، از خاک تمام گلدان‌ها نیز هم‌زمان با برداشت گیاه در هر مرحله نمونه‌برداری شد و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت و غلظت فسفر قابل استفاده به روش اولسن و همکاران (۱۷) و غلظت روی به روش لیندسی و نورول (۱۳) در آنها اندازه‌گیری شد. نتایج با نرم‌افزارهای آماری EXCEL، MSTATC و SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

نتایج

اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر غلظت فسفر در مراحل مختلف رشد گندم در شکل ۱ نشان داده شده است. غلظت فسفر در کل اندام هوایی گیاه با رشد گیاه کاهش یافت (شکل ۱). این روند در تمام تیمارها دیده شد. در مرحله چهارم رشد، غلظت فسفر با شیب نسبتاً کندی کاهش یافت. بیشترین غلظت فسفر در تیمار ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به همراه ۲ درصد ماده آلی به دست آمد. علاوه بر کل اندام هوایی گیاه، غلظت فسفر در شاخساره (بدون برگ پرچم و سنبله)، برگ پرچم و سنبله نیز به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. غلظت فسفر شاخساره در تمام تیمارها از مرحله هفتم تا نهم رشد کاهش یافت (شکل ۱). روند این تغییرات مشابه تغییرات غلظت فسفر در کل اندام هوایی بود. بیشترین غلظت فسفر شاخساره با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به همراه ۲ درصد ماده آلی معادل ۲۰۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین آن در شاهد و بالغ بر ۷۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. نتایج مشابهی در مورد غلظت فسفر در برگ پرچم به دست آمد هرچند شیب کاهش غلظت فسفر از مرحله ۸ به ۹ تندتر است (شکل ۱). غلظت فسفر در سنبله گندم تحت تأثیر تیمارهای فسفر و ماده آلی در شکل ۱ نشان داده شده است. برخلاف نتایج به دست آمده در مورد غلظت فسفر در کل اندام هوایی و شاخساره و برگ پرچم، غلظت فسفر در سنبله در تمام تیمارها با رشد گیاه افزایش یافت. بیشترین غلظت فسفر در سنبله در تیمارهای کاربرد فسفر به همراه ماده آلی معادل ۳۴۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین آن در شاهد بالغ بر ۱۷۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم دیده شد.

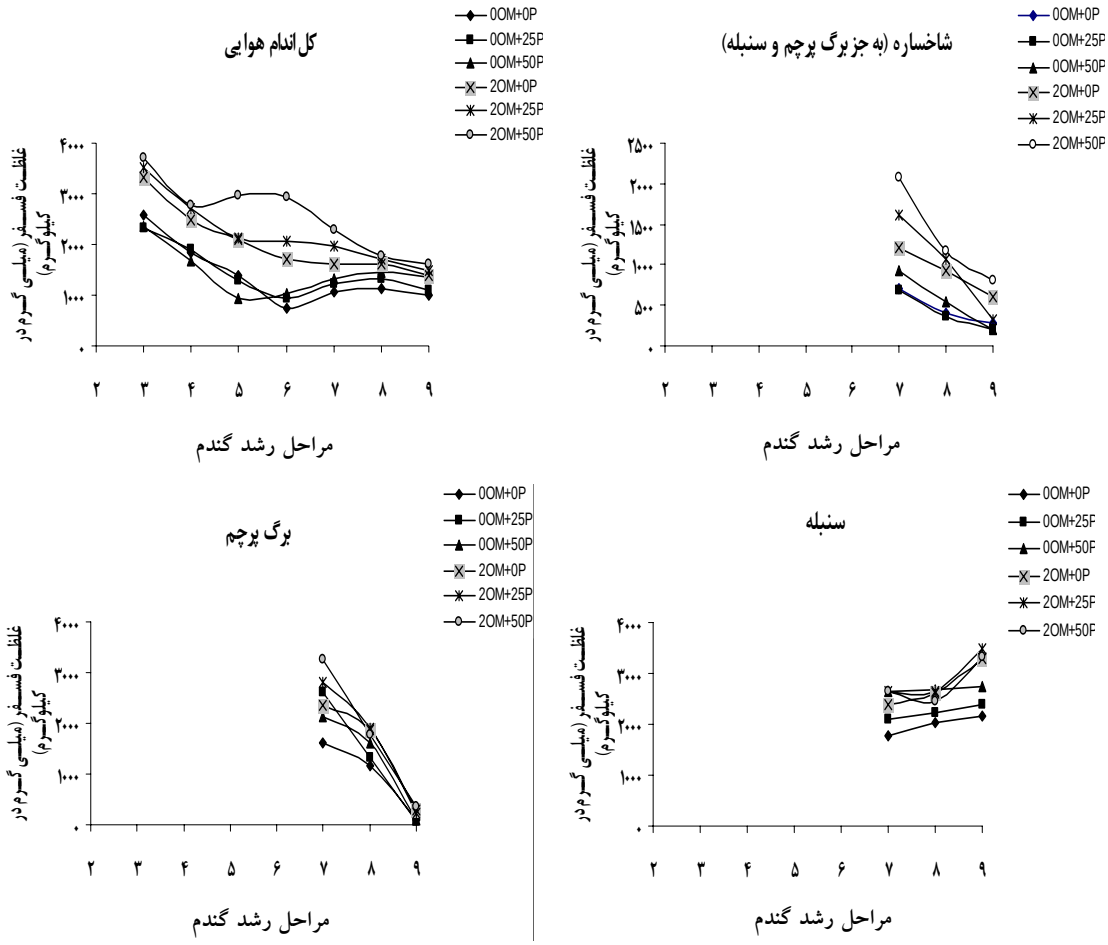
شکل ۲ اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی را بر غلظت روی در اندام‌های مختلف گندم در مراحل مختلف رشد گیاه نشان می‌دهد. غلظت روی در کل اندام هوایی با پیشرفت رشد گیاه افزایش یافت. هر چند کاهشی بین مراحل ۴ تا ۶ رشد که احتمالاً مربوط به اثر رقت است، دیده می‌شود. این روند تغییرات، بر خلاف آنچه در مورد فسفر گفته شد، می‌باشد. غلظت روی در کل اندام هوایی بین مراحل هفتم تا نهم رشد با شیب بسیار سریعی افزایش یافت. بیشترین غلظت روی در اندام هوایی در شاهد دیده شد در حالی که بیشترین غلظت فسفر در اندام هوایی در تیمارهای فسفر همراه با ماده آلی بود. غلظت روی در شاخساره، برگ پرچم و سنبله نیز مانند کل اندام هوایی، با رشد گیاه افزایش یافت (شکل ۲).

چگونگی توزیع غلظت فسفر و روی در اندام‌های مختلف گندم در سه مرحله آخر رشد (مراحل ۷، ۸ و ۹) در شکل ۳ نشان داده شده است. در مرحله هفتم رشد، چگونگی توزیع فسفر در شاخساره، برگ پرچم و سنبله تقریباً در تمام تیمارها مشابه بود. البته در تیمارهایی که توام فسفر و ماده آلی دریافت کرده بودند، فسفر بیشتری، نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد. در مرحله هشتم رشد، درصد توزیع در شاخساره کاهش یافته در حالی که در سنبله افزایش یافت یعنی درصد بیشتری از فسفر گیاه در سنبله بود. در مرحله نهم رشد، میزان فسفر در برگ پرچم و شاخساره کاهش یافته ولی قسمت اعظم فسفر در سنبله وجود داشت. توزیع روی در هر سه اندام مورد مطالعه در سه مرحله رشد تقریباً مشابه بود و تنها میزان روی در برگ پرچم در مرحله هفتم رشد کم بود که با رشد گیاه افزایش یافت. نکته قابل توجه این است که در تیمار شاهد در هر سه مرحله رشد، میزان روی شاخساره از سایر تیمارها بیشتر بود یعنی درصد بیشتری از روی گیاه در شاخساره وجود داشت که به دلیل وزن خشک بیشتر است

اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر جذب کل فسفر به وسیله اندام‌های مختلف گندم در شکل ۴ نشان داده شده است. جذب فسفر در کل اندام هوایی در تمام تیمارها با رشد گیاه افزایش یافت. این افزایش در مرحله شیری شدن دانه قابل توجه بود ولی پس از آن نسبتاً ثابت باقی ماند. بیشترین جذب کل فسفر شاخساره در تیمارهای فسفر همراه با ماده آلی دیده شد در حالی که کمترین آن در شاهد بود. جذب فسفر در تمام تیمارها در برگ پرچم و شاخساره از مرحله هفتم تا نهم رشد، کاهش یافت. کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و ۲ درصد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

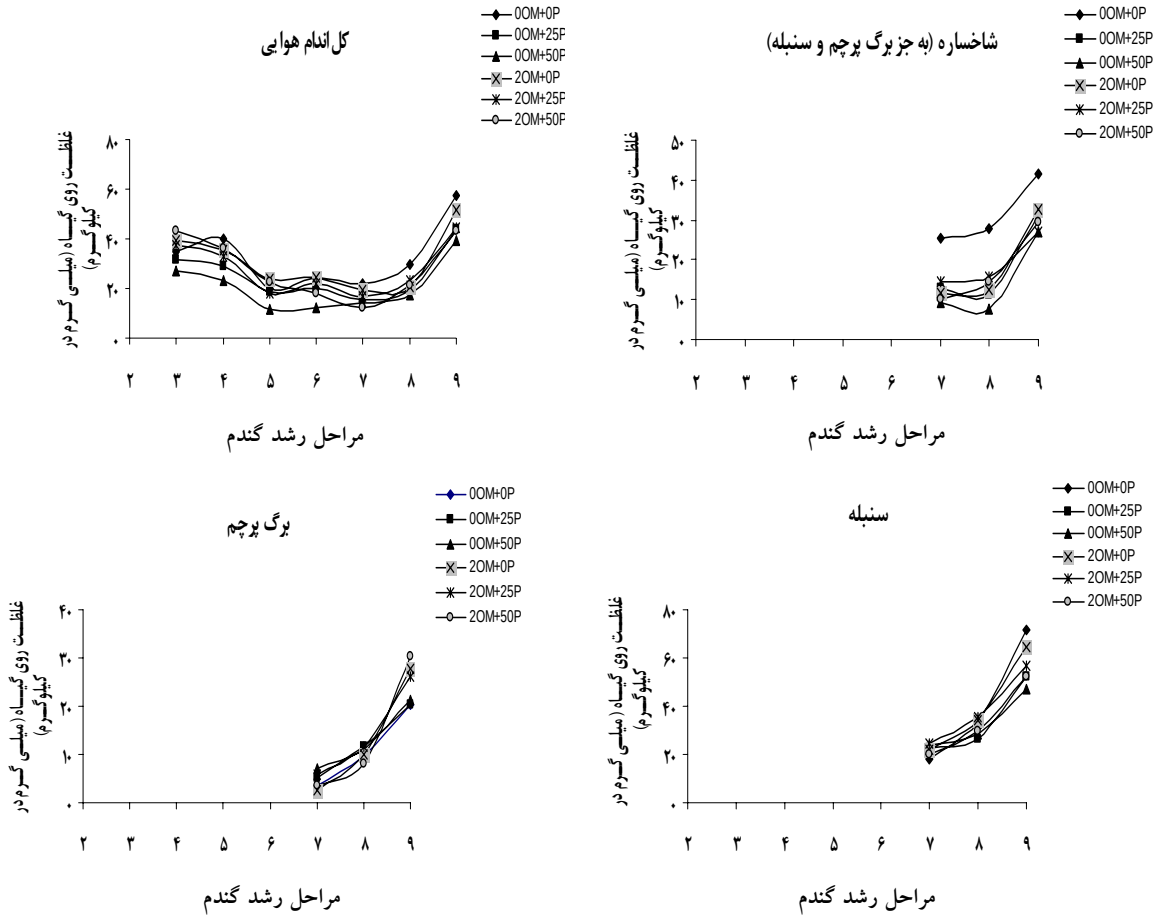
[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]



شکل ۱. اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر غلظت فسفر در کل اندام هوایی، شاخساره، برگ پرچم و سنبله گیاه گندم رشد یافته در شرایط گلخانه. مراحل سوم تا نهم رشد به ترتیب شامل مراحل پنجه‌زنی، غلاف رفتن، ظهور گل آذین، گل‌دهی، شیری شدن دانه، خمیری شدن دانه و رسیدن کامل دانه می‌باشد. 0OM+0P، 0OM+25P، 0OM+50P، به ترتیب نشان‌دهنده شاهد، کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و 2OM+0P 2OM+25P، 2OM+50P به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد ۲ درصد وزنی ماده آلی به تنهایی، همراه با کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

ماده آلی در مرحله هفتم رشد، مقدار جذب فسفر به وسیله شاخساره را به ۱۳۰ میلی‌گرم در گلدان افزایش داد در حالی که این جذب در تیمار شاهد فقط ۲۰ میلی‌گرم در گلدان بود. این مقادیر در مرحله نهم رشد به ترتیب به ۱۴ و ۲/۳ میلی‌گرم در گلدان کاهش یافت. تفاوت بین تیمارهای مورد استفاده بسیار زیاد بود (شکل۴). نتایج مشابهی در مورد جذب کل فسفر در برگ پرچم به دست آمد (شکل ۴). جذب کل فسفر به وسیله سنبله، برخلاف دو مورد قبل، با رشد گیاه افزایش یافت البته این افزایش بین تیمارهای مختلف، متفاوت بود (شکل ۴). جذب فسفر سنبله در مرحله نهم رشد، در شاهد کمترین (۲۴ میلی‌گرم در گلدان) و در نمونه دارای فسفر و ماده آلی بیشترین (۱۰۷ میلی‌گرم در گلدان) بود.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

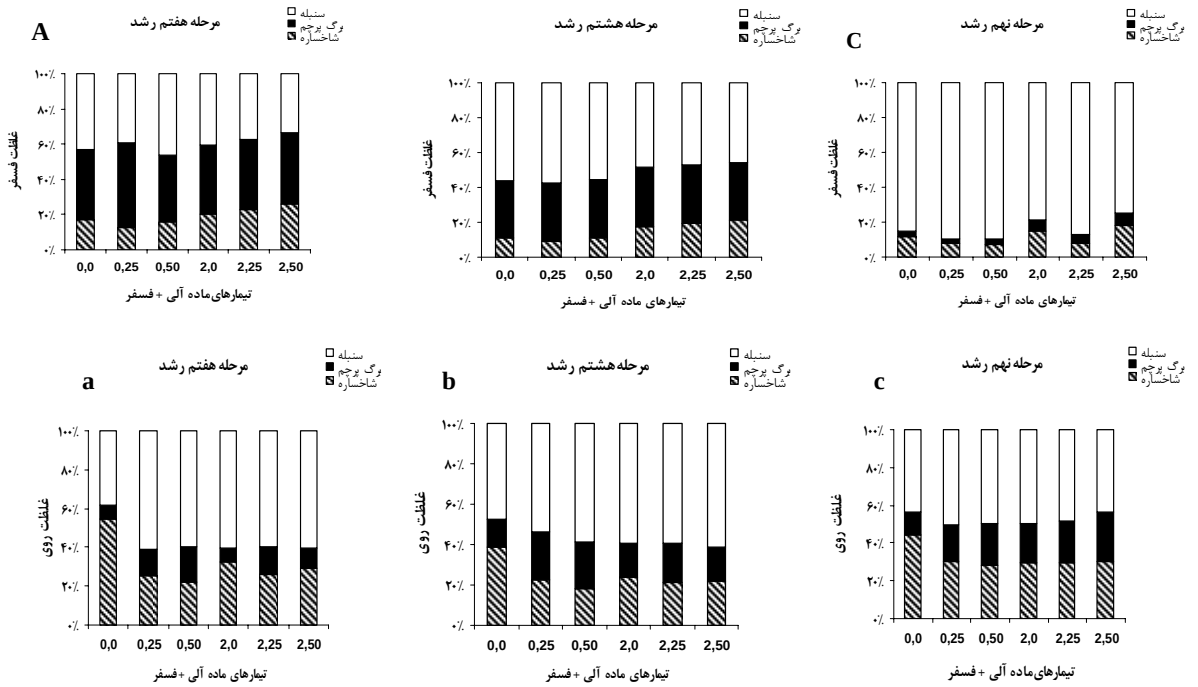


شکل ۲. اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر غلظت روی در کل اندام هوایی، شاخساره، برگ پرچم، و سنبله گیاه گندم رشد یافته در شرایط گلخانه. مراحل سوم تا نهم رشد به ترتیب شامل مراحل پنجه زنی، غلاف رفتن، ظهور گل آذین، گل‌دهی، شیری شدن دانه، خمیری شدن دانه و رسیدن کامل دانه می‌باشد. ۰OM+0P، 0OM+25P، 0OM+50P، به ترتیب نشان‌دهنده شاهد، کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و 2OM+0P، 2OM+25P 2OM+50P به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد ۲ درصد وزنی ماده آلی به تنهایی، همراه با کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک می‌باشد.

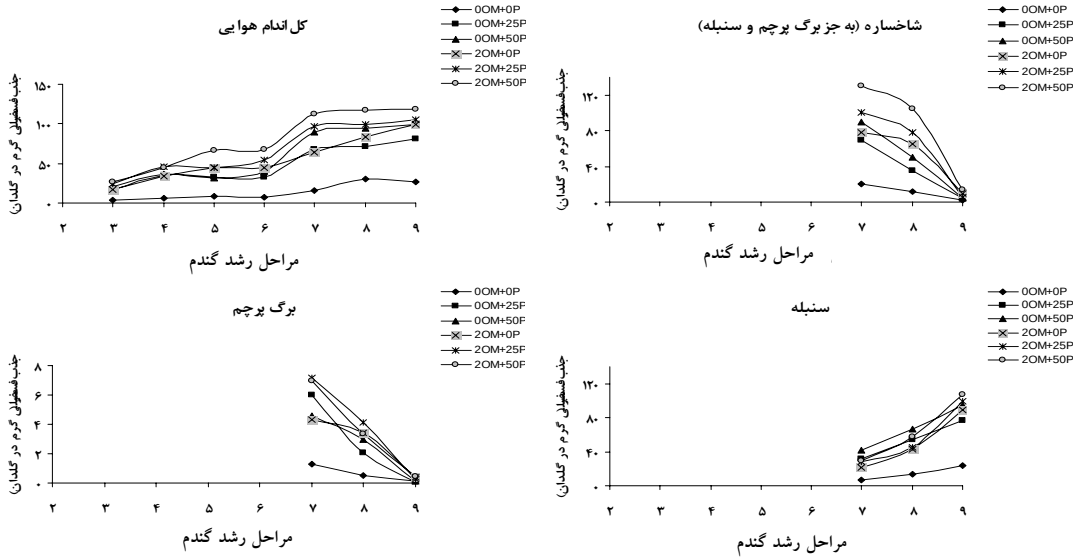
جذب کل روی در اندام‌های مختلف گندم در شکل ۵ نشان داده شده است. جذب روی به وسیله تمام اندام‌های گیاه و در تمام تیمارها، با رشد گیاه افزایش یافت. افزایش جذب کل روی اندام هوایی از مرحله هفتم تا نهم رشد قابل ملاحظه بود (شکل ۵). کمترین جذب روی در شاخساره، برگ پرچم، و سنبله در شاهد بود.

چگونگی توزیع جذب کل فسفر و روی در اندام‌های مختلف گیاه و در مراحل هفتم، هشتم و نهم رشد در شکل ۶ نشان داده شده است. جذب کل فسفر به وسیله برگ پرچم در مرحله هفتم نسبت به سایر مراحل رشد بیشترین مقدار بود. جذب کل فسفر شاخساره در مراحل هفتم و هشتم رشد در نمونه‌های دارای تیمار توام فسفر و ماده آلی بیشتر از نمونه‌های دارای هر کدام از تیمارهای فسفر یا ماده آلی به تنهایی بود. با رشد گیاه، جذب فسفر در برگ پرچم و شاخساره کم شده و در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]



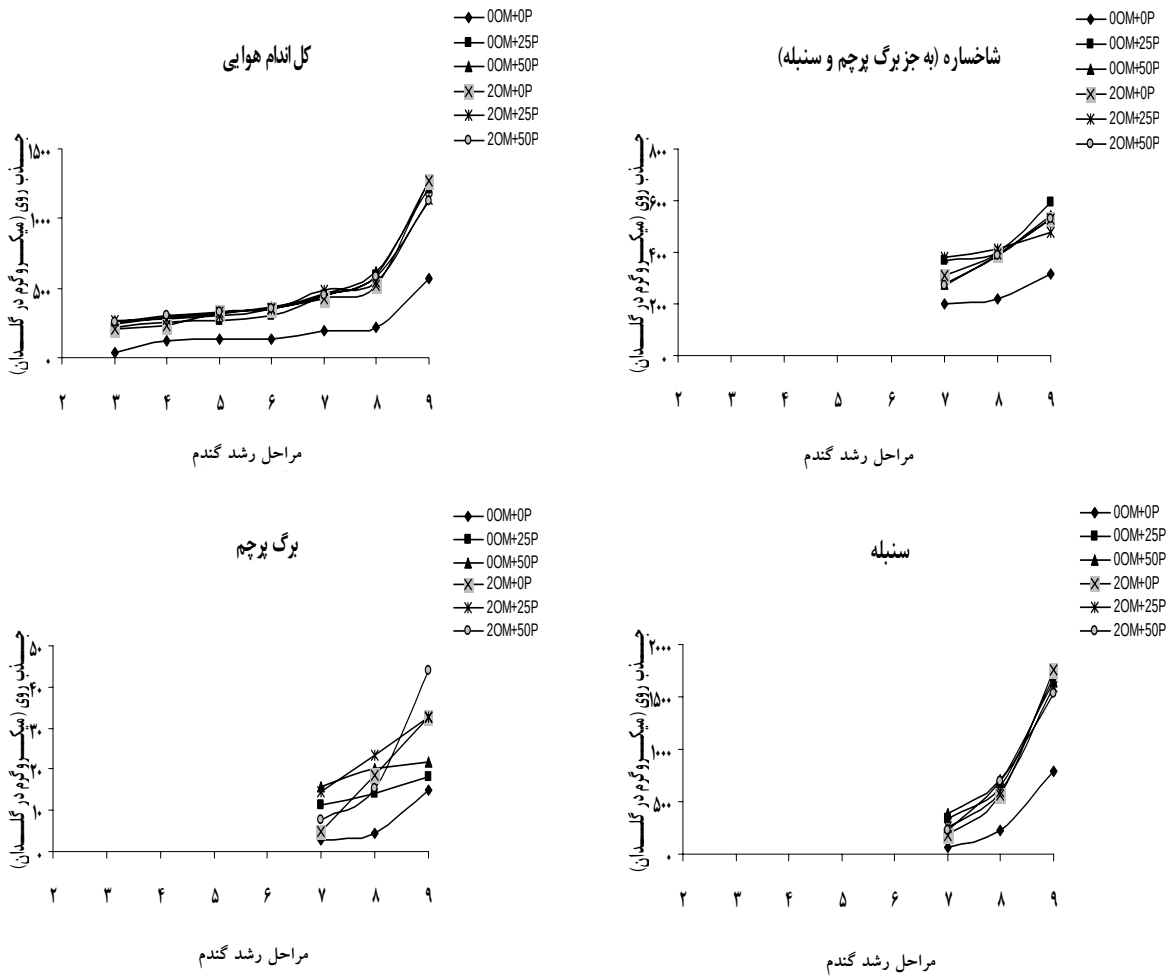
شکل ۳. توزیع غلظت فسفر (C, B, A) و روی (c, b, a) در شاخساره، برگ پرچم، و سنبله به ترتیب در مراحل هفتم، هشتم، و نهم رشد گیاه گندم در شرایط گلخانه.0,0 ، 0,25 و 0,50 به ترتیب شامل شاهد، کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و 2,0، 2,25 و 2,50 به ترتیب تیمارهای ۲ درصد ماده آلی به تنهایی، ۲ درصد ماده آلی همراه با ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک می‌باشد.



شکل ۴. اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر جذب کل فسفر به وسیله اندام‌های مختلف گندم در شرایط گلخانه. مراحل سوم تا نهم رشد به ترتیب شامل مراحل پنجه‌زنی، غلاف رفتن، ظهور گل آذین، گل‌دهی، شیری شدن دانه، خمیری شدن دانه و رسیدن کامل دانه می‌باشد. 0OM+0P، 0OM+25P، 0OM+50P، به ترتیب نشان‌دهنده شاهد، کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و 2OM+0P، 2OM+25P، 2OM+50P به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد ۲ درصد وزنی ماده آلی به تنهایی، همراه با کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]



شکل ۵. اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر جذب کل روی به وسیله اندام‌های مختلف گندم در شرایط گلخانه. مراحل سوم تا نهم رشد به ترتیب شامل مراحل پنجه‌زنی، غلاف رفتن، ظهور گل آذین، گل‌دهی، شیری شدن دانه، خمیری شدن دانه و رسیدن کامل دانه می‌باشد. 0OM+0P، 0OM+25P، 0OM+50P، به ترتیب نشان‌دهنده شاهد، کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و 2OM+0P، 2OM+25P، 2OM+50P به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد ۲ درصد وزنی ماده آلی به تنهایی، همراه با کاربرد ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک است.

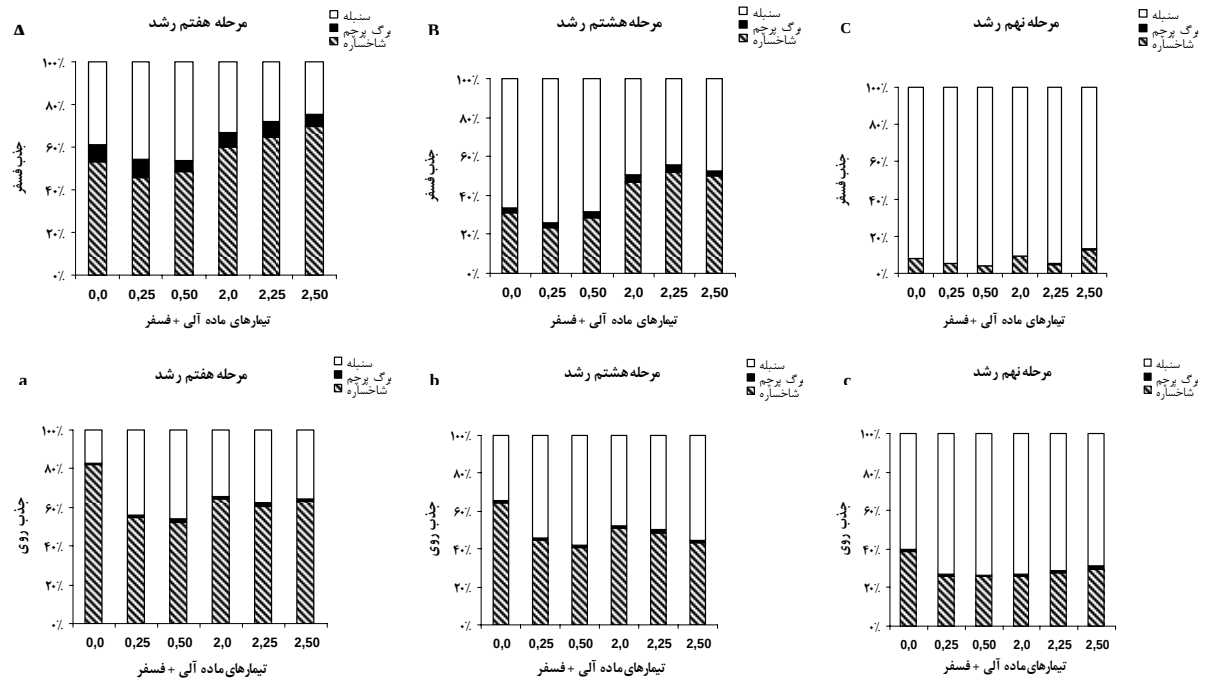
سنبله افزایش یافت که این روند در تمام تیمارها مشابه بود (شکل ۶). در مرحله نهم رشد، افزایش جذب فسفر در سنبله زیاد و کاهش در جذب دو اندام دیگر قابل ملاحظه بود (شکل ۶). جذب کل روی در شاخساره، در مرحله هفتم رشد در بیشترین مقدار خود بود و در دو مرحله آخر به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت در حالی که جذب کل روی در سنبله افزایش یافت. در تمام مراحل ذکر شده، جذب کل روی شاخساره در تیمار شاهد بیشترین مقدار و در نمونه‌های دارای ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک کمترین بود (شکل ۶).

معادله‌های رگرسیونی [۱]، [۲] و [۳] رابطه بین تغییرات غلظت فسفر برگ پرچم و شاخساره گیاه گندم را در شرایط کشت گلخانه‌ای به ترتیب در مراحل ۷، ۸ و ۹ رشد گیاه نشان می‌دهد:

$$P7_{stem} = 479.197 + 0.292\ P7_{flag}\ R^2 = 0.24\ (p \le 0.01, n = 30) \quad [۱]$$

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]



شکل ۶. توزیع جذب فسفر (C, B, A) و روی (a, b, c) در شاخساره، برگ پرچم، و سنبله در مراحل هفتم، هشتم، و نهم رشد گندم در شرایط گلخانه. 0,0، 0,25 و 0,50 به ترتیب شاهد و نمونه‌های دارای ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و 2,0، 2,25 و 2,50 به ترتیب شامل ۲ درصد ماده آلی به تنهایی و ۲ درصد ماده آلی همراه با ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک می‌باشد.

$$P8_{stem} = 418.525 + 0.726\ P8_{flag}\ R^2 = 0.55\ (p \le 0.01, n = 30) \quad [۲]$$

$$P9_{stem} = 135.215 + 1.453\ P9_{flag}\ R^2 = 0.51\ (p \le 0.01, n = 30) \quad [۳]$$

در این معادله‌ها P_{stem} غلظت فسفر در شاخساره و P_{flag} غلظت فسفر در برگ پرچم بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم و اعداد ۷ و ۸ و ۹ نمایانگر مراحل رشد است. بررسی این معادله‌ها نشان می‌دهد که ضریب رگرسیون جزئی فسفر در برگ پرچم از ۰/۲۹۲ در مرحله هفتم رشد به ۱/۴۵۳ در مرحله نهم رشد رسیده است که نشان دهنده افزایش میزان هم‌بستگی بین غلظت فسفر شاخساره و برگ پرچم از مرحله ۷ تا ۹ رشد گیاه می‌باشد. کاهش مقدار عرض از مبدأ از مقدار ۴۷۹/۱۹۷ به ۱۳۵/۲۱۵ در معادله‌های ۱ و ۳ نشان‌دهنده کاهش غلظت فسفر شاخساره از مرحله ۷ تا ۹ رشد است.

معادله ۴ به طور کلی رابطه بین غلظت فسفر در برگ پرچم و در شاخساره گیاه گندم را در مراحل ۷ تا ۹ رشد گیاه نشان می‌دهد:

$$P_{stem} = 291.057 + 0.347 P_{flag}\ R^2 = 0.54 \quad (p \le 0.01, n = 90) \quad [۴]$$

که در آنها P_{stem} و P_{flag} به ترتیب غلظت فسفر شاخساره و برگ پرچم (میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد. معادله ۴ نشان‌دهنده وجود هم‌بستگی مثبت معنی‌دار بین غلظت فسفر شاخساره و برگ پرچم است.

روابط رگرسیونی (۵) و (۶) تغییرات غلظت روی را بین برگ پرچم و شاخساره گیاه گندم را به ترتیب در مراحل ۷ و ۸ رشد گیاه نشان می‌دهد:

$$Zn7_{stem} = 10.275 + 0.724\ Zn7_{flag}\ R^2 = 0.26\ (p \le 0.01, n = 30) \quad [۵]$$

$$Zn8_{stem} = 4.780 + 0.879\ Zn8_{flag}\ R^2 = 0.33\ (p \le 0.01, n = 30) \quad [۶]$$

که در آنها Zn_{stem} و Zn_{flag} به ترتیب غلظت روی شاخساره و برگ پرچم بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم و اعداد ۷ و ۸ نمایانگر مراحل رشد است. لازم به ذکر است که بین غلظت

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

روی در شاخساره و برگ پرچم در مرحله نهم رشد رابطه‌ای به دست نیامد. ضریب رگرسیون جزئی روی در برگ پرچم در مرحله هفتم از ۰/۷۲۴ به ۰/۸۷۹ در مرحله هشتم افزایش یافته است که این روند افزایشی مشابه آنچه برای فسفر بیان شد، نشانه افزایش میزان هم‌بستگی بین غلظت روی شاخساره و برگ پرچم با رشد گیاه است. کاهش مقدار عرض از مبدأ از مقدار ۱۰/۲۷۵ به ۴/۷۸۰ در معادله‌های ۵ تا ۶ نشان‌دهنده کاهش غلظت روی شاخساره از مرحله ۷ تا ۸ رشد می‌باشد البته بعد از این مرحله تا مرحله رسیدگی کامل دانه غلظت روی شاخساره افزایش یافت.

معادله ۷ به طور کلی رابطه بین غلظت روی برگ پرچم و شاخساره گیاه گندم را در مراحل ۷ تا ۹ رشد گیاه نشان می‌دهد:

$$Zn_{stem} = 9.428 + 0.790\ Zn_{flag}\quad R^2 = 0.51\ \ (p \le 0.01, n = 90) \quad [۷]$$

که در آنها Zn_{stem} و Zn_{flag} به ترتیب غلظت روی شاخساره و برگ پرچم (میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد. معادله ۷ نشان‌دهنده وجود هم‌بستگی مثبت معنی‌دار بین غلظت روی شاخساره و برگ پرچم است.

معادله‌های ۸ و ۹، به ترتیب روابط رگرسیونی بین غلظت فسفر و روی در شاخساره و هم‌چنین فسفر و روی در برگ پرچم را نشان می‌دهند:

$$P_{stem} = 1252.489 - 22.751\ Zn^{stem}\ R^2 = 0.21\ (p \le 0.01, n = 90) \quad [۸]$$

$$P_{flag} = 2603.455 - 83.68\ Zn_{flag}\ R^2 = 0.51\ (p \le 0.01, n = 90) \quad [۹]$$

همان گونه که معادلات ۸ و ۹ نشان می‌دهد بین عناصر فسفر و روی در شاخساره و برگ پرچم برهمکنش منفی معنی‌داری دیده می‌شود که احتمالاً به دلیل رقیق شدن روی در گیاه ناشی از تأثیر مثبت کودهای فسفره بر افزایش رشد گیاه می‌باشد.

غلظت فسفر و روی قابل جذب گیاه در خاک در مراحل مختلف رشد

غلظت فسفر و روی قابل عصاره‌گیری خاک در نتیجه کاربرد فسفر و ماده آلی در مراحل مختلف رشد افزایش یافت. بیشترین غلظت روی در خاک با کاربرد ۲۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به همراه ۲ درصد ماده آلی و کمترین غلظت در تیمار شاهد مشاهده شد. با کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به همراه ۲ درصد ماده آلی و یا در تیمار دارای ۲ درصد ماده آلی به تنهایی، این غلظت کاهش یافت. نتایج نشان داد که هم‌بستگی مثبت معنی‌داری بین غلظت فسفر و روی خاک با فسفر و روی گیاه در اندام‌های مختلف وجود دارد (معادلات رگرسیونی ۱۰ و ۱۱).

در مرحله هفتم رشد:

$$P7_s = -9.11 + 0.02\ P7_p\ R^2 = 0.92\ \ (p \le 0.01, n = 30) \quad [۱۰]$$

در مرحله هشتم رشد:

$$P8_s = -6.29 + 0.021\ P8_p\ \ R^2 = 0.72\ \ (p \le 0.05, n = 30) \quad [۱۱]$$

که در این معادلات P_s و P_p به ترتیب غلظت فسفر خاک و غلظت فسفر در شاخساره بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم و اعداد ۷ و ۸ نمایانگر مراحل رشد است.

بحث

نتایج نشان داد که با پیشرفت مرحله رشد گندم، غلظت فسفر در بخش هوایی گیاه کاهش یافته است (شکل ۱). زیادی و همکاران (۲۴) در تحقیقی غلظت فسفر و نیتروژن را در دو سال متوالی در گندم بهاره مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که با گذشت زمان، به تدریج غلظت هر دو عنصر کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که نیاز گندم به فسفر در مراحل اولیه رشد بیشتر از سایر مراحل است. نتایج مشابهی به وسیله سایر محققان گزارش شده است (۱۵ و ۲۰). نکته قابل توجه دیگر این است که افزودن ماده آلی، نقش مهمی در افزایش غلظت فسفر گیاه داشت و این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که در هنگام تجزیه شدن ماده آلی، ریزجانداران فسفر را به صورت ترکیبات آلی در خود ذخیره می‌کنند که پس از مرگ آنها و تجزیه شدن این ترکیبات، فسفر به شکل قابل دسترس در می‌آید (۹). بر خلاف شاخساره و برگ پرچم، غلظت فسفر در سنبله با رشد گیاه گندم افزایش یافت. به نظر می‌رسد در مقدار

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

فسفر تأمین شده در حد بحرانی (۰/۱ درصد)، با تشکیل سنبله فسفر تقریباً به طور کامل از اندام‌های رویشی تخلیه و به سنبله منتقل شده است در حالی که روی بیش از حد بحرانی (۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) موجود بوده و بدون تخلیه کامل از اندام‌های رویشی، توانسته است نیاز اندام زایشی (سنبله) را تأمین نماید (۲). داروب و همکاران (۶) بیان کردند که غلظت فسفر با رشد گیاه، در اندام‌های رویشی، کاهش، ولی در اندام‌های زایشی افزایش می‌یابد. همان‌گونه که قبلاً بیان شد روند تغییرات غلظت فسفر و روی در اندام هوایی بر خلاف یکدیگر بود که احتمالاً به دلیل تحرک متفاوت دو عنصر در گیاه است. هم‌چنین نمونه‌های دارای فسفر، به دلیل رشد بیشتر، کمترین غلظت روی را داشتند. موسوی نیک و همکاران (۳) نشان دادند که افزودن کود روی، غلظت فسفر دانه گندم را کاهش داد. نتایج نشان داد که توزیع فسفر و روی در اندام‌های مختلف گندم متفاوت بود که این موضوع می‌تواند به دلیل تفاوت در نیاز گیاه و پویایی عناصر در گیاه باشد مثلاً از آنجایی که فسفر در گیاه یک عنصر متحرک است، در مرحله پایانی رشد، غلظت آن در سنبله بیشتر از سایر اندام‌هاست ولی این روند در مورد روی دیده نشد زیرا روی یک عنصر نسبتاً غیر متحرک بوده، بنابراین انتقال آن به سنبله کمتر از فسفر بوده است. هم‌چنین میزان تأمین فسفر و روی می‌تواند تفاوت را توجیه کند. به نظر می‌رسد که فسفر فقط در حد بحرانی کمبود، تأمین شده که با تشکیل سنبله تماماً از برگ ها به سنبله تخلیه شده است در حالی که روی بیش از این حد وجود داشته و بدون تخلیه کامل به اندام زایشی توانسته است نیاز سنبله را بر طرف نماید. نتایج به دست آمده از این تحقیق با یافته‌های پیرسون و رنگل (۱۸) تفاوت دارد. آنان بیان کردند غلظت روی و منگنز در ریشه و شاخساره در مرحله چهارم رشد، بیشتر از سایر اندام‌ها است و با توسعه سنبله کاهش می‌یابد. این تفاوت شاید به دلیل اثر شرایط محیط رشد و یا اختلاف در نیاز رقم گندم مورد آزمایش باشد. برخی از محققان (۸ و ۱۶) گزارش کرده‌اند که پس از ریشه، شاخساره دومین منبع مهم ذخیره روی در گیاه می‌باشد. هیل و همکاران (۱۰) بیان کردند که برگ‌های پایینی گیاه و برگ پرچم در مراحل ابتدایی توسعه دانه، روی را در خود ذخیره می‌کنند ولی به دنبال آن با رشد گیاه و در مرحله رسیدگی کامل گیاه، این غلظت کاهش می‌یابد زیرا روی از برگ‌ها به سمت دانه‌های رسیده حرکت می‌کند و در آنجا ذخیره می‌شود. جذب فسفر در برگ پرچم و شاخساره با رشد گیاه کاهش یافت (شکل ۴). بایر و همکاران (۵) گزارش کردند که بیشترین جذب نیتروژن در مرحله ظهور گل آذین، در برگ پرچم و در مرحله گل‌دهی در شاخساره بود. هم‌چنین آنان بیان کردند که بیشترین جذب فسفر در برگ پرچم و در شاخساره در مرحله گل‌دهی دیده شد. نتایج سالتنفوس و دویل (۲۲) نشان داد که غلظت روی در خاکی که سطح بالای فسفر دریافت کرده بود، کاهش یافت که احتمالاً به دلیل اثر ضدیت بین دو عنصر بوده است.

با توجه به مطالب ذکر شده در مورد عناصر فسفر و روی و روند تغییرات آنها در اندام‌های مختلف گیاه می‌توان دریافت که تغییرات غلظت عناصر در برگ پرچم و شاخساره مشابه است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در مورد وضعیت این عناصر در اندام هوایی به جای تجزیه کل شاخساره، می‌توان از تجزیه برگ پرچم استفاده نمود و آن را به شاخساره تعمیم داد.

همان‌گونه که در بخش نتایج بیان شد بین غلظت فسفر در خاک و گیاه هم‌بستگی مثبتی وجود داشت. اسکودرا و اسکودرا (۲۱) در تحقیقی اثر کاربرد کود فسفری را بر غلظت فسفر در برگ‌ها، شاخساره‌ها و سنبله‌ها در مراحل ۳۲، ۵۱ و ۶۹ زیداکس (۲۳) در گندم زمستانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که در مرحله ۵۱ زیداکس، بین غلظت فسفر برگ و فسفر خاک هم‌بستگی معنی‌داری وجود دارد. پتیپاس (۱۹) نیز نشان داد که افزایش غلظت فسفر خاک، غلظت فسفر در گیاه هویج را در دو مرحله ۴ و ۱۲ هفتگی بعد از سبز شدن، افزایش داده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. ۱۳۸۶. *زراعت غلات*. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه شیراز.

۲. خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده. (مترجمین). ۱۳۸۰. *تغذیه معدنی گیاهان عالی* (جلد اول). انتشارات دانشگاه شیراز.

۳. موسوی نیک، س. م.، ب. دراجی ناصری، ج. ولی زاده و م. صفایی. ۱۳۸۴. تأثیر کاربرد کودهای فسفره و روی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام گندم در سیستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲:۳۹–۴۸.

4. Baker, J. M. and B. B. Tucker. 1973. Critical N, P and K levels in winter wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 4(5): 347-358.
5. Bauer, A., A. B. Frank and A. L. Black. 1987. Aerial parts of hard red spring wheat. II nitrogen and phosphorus concentration and content by plant development stage. Agron. J. 79: 852-858.
6. Daroub, S. H., A. Gerakis, J. T. Ritchie, D. K. Friesen and J. Ryan. 2003. Development of a soil-plant phosphorus simulation model for calcareous and weathered tropical soils. Agric. Sys. 76: 1157-1181.
7. Garnett, T. P. and R. D. Graham. 2005. Distribution and remobilization of iron and copper in wheat. Ann. Bot. 95: 817-826.
8. Hannam, R. J., R. D. Graham and J. L. Riggs. 1985. Redistribution of manganese in maturing Lupinus angustifolius cv. Illyarrie in relation to levels of previous accumulation. Ann. Bot. 56: 821-34.
9. Havlin, J. L., J. D. Beaton., S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management 7th ed., Upper Saddle River, Charles Stewart, New Jersey.
10. Hill, J., A. D. Robson and J. F. Loneragan. 1979. The effect of copper supply on the senescence and the retranslocation of nutrients of the oldest leaf of wheat. Ann. Bot. 44: 279-287.
11. Karlen, D. L. and D. A. Whitney. 1980. Dry matter accumulation, mineral concentration, and nutrient distribution in winter wheat. Agron. J. 72: 281-288.
12. Kuo, S. 1996. Phosphorus. pp. 869-920, *In*: D. L. Sparks et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd. SSSA. Madison, Wisconsin.
13. Lindsay, W. I. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-448.
14. Malsted, S. W., H. L. Motto and T. R. Peck. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. Agron. J. 61: 17-20.
15. Masoni, A., L. Ercoli, M. Mariotti and I. Arduini. 2007. Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen, and phosphorus in durum wheat as affected by soil type. Eur. J. Agron. 26: 179-186.
16. McGrath, J. F. and A. D. Robson. 1984. The distribution of zinc and the diagnosis of zinc deficiency in seedlings of Pinus radiata D. Don. Aust. Forest. Res. 14: 175-86.
17. Olsen, S. R. C., V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circulation 939, US Government Printing Office, Washington, DC.
18. Pearson, J. N. and Z. Rengel. 1994. Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat. J. Exp. Bot. 45(281): 1829-1835.
19. Pettipas, F. C. 2004. Soil and plant nutrient relationships in processing carrots. MSc. Thesis, Truro, Nova Scotia, Nova Scotia Agricultural College.
20. Schulte, R. P. O. and M. Herlihy. 2006. Quantifying responses to phosphorus in Irish grasslands: Interactions of soil and fertilizer with yield and P concentration. Eur. J. Agron. 26: 144-153.
21. Skudra, I. and A. Skudra. 2004. Phosphorus concentration in soil and in winter wheat plants. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia, [http:// www. cropscience.org. au/].
22. Sultenfuss, J. H. and W. J. Doyle. 1999. Phosphorus interactions with other nutrients. Better Crops 83 (1): 11-13.
23. Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.
24. Ziadi, N., G. Blanger, A. N. Cambouris, N. Tremblay, M. C. Nolin and A. Claessense. 2008. Relationship between phosphorus and nitrogen concentration in spring wheat. Agron. J. 100(1): 80-86.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2024-10-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.12.1]