یافته های نوین کشاورزی
سال هفتم- شماره۳- بهار ۱۳۹۲

بررسی امکان افزایش عملکرد آفتابگردان آجیلی بوسیله کاربرد باکتری های آزاد کننده فسفر و مصرف سولفات روی

مریم قدمگاهی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات. اراک، ایران.
حمید مدنی*، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران.
شهاب خاقانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اراک، ایران.

چکیده

این آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات در ۳ تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در سال ۱۳۹۰ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد فسفر در چهار سطح۳۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار، ۱۷۵ کیلوگرم فسفات آمونیوم، ۱۷۵ کیلوگرم فسفات آمونیوم و فسفر بیولوژیک و فسفر بیولوژیک به تنهایی بود. چهار سطح مصرف کود حاوی عنصر روی شامل عدم مصرف سولفات روی، ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، محلول پاشی روی با غلظت ۱۰٪، ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و محلول پاشی روی در نظر گرفته شدند. محلول پاشی عنصر روی و افزودن باکتری آزاد کننده فسفر در مزرعه، در مرحله قبل از گلدهی انجام شد و ۱۰ روز بعد نیز مجددا تکرار گشت. نتایج نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه در هکتار در تیمار مصرف ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه فسفر بیولوژیک و کاربرد سولفات روی خاک مصرف، به میزان ٥٦٣٢/٧٨ کیلوگرم در هکتار و نیز در تیمار کاربرد۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه فسفر بیولوژیک به همراه مصرف سولفات روی خاک مصرف و محلول پاشی عنصر روی، به میزان ٥٤٩٣/٥٢ کیلوگرم در هکتار، بدست آمد.

واژه های کلیدی: باکتری آزاد کننده فسفر، عنصر روی، فسفر، آفتابگردان

* نویسنده مسئول: E-mail: hmadania@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله:۹۰/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۵/۲۵

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی (*Helianthus annuus L.*) شامل ٦٧ گونه می شود که تمامی آنها بومی قاره امریکا می باشند. عناصر غذایی(پرمصرف و کم مصرف) نقش بسیار مهم و متفاوتی را در رشد و نمو آفتابگردان و سایر گیاهان دارند. فسفر از جمله عناصر کلیدی در گیاه بشمار می رود که وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. فسفر در ساختمان درشت مولکول هایی مانند اسیدهای هسته ای شرکت دارد (۱۸)، همچنین نقش منحصر به فردی در ذخیره و انتقال انرژی به صورت آدنوزین دی و تری فسفات دارد (۱۳). باکتری باسیلوس مگاتروم، واریته فسفرباکتریوم یک کود زیستی می باشد که اولین بار در شوروی سابق برای افزایش قابلیت جذب فسفر به کار گرفته شد. این باکتری برای معدنی گردن فسفات آلی در خاک وجود دارد. در خاک های شوروی سابق ۵۰٪ گیاهانی که با این باکتری آغشته شدند ۲۰-۱٪ محصول بیشتری دادند. بهترین نتیجه از خاک های خنثی تا قلیایی با مواد آلی زیاد به‌دست آمد (۵). این باکتری ها با استقرار در منطقه ریزوسفر، از ترشحات ریشه استفاده نموده و با تغییر pH و یا ترشح آنزیم ها، شرایط را برای تبدیل فسفر نامحلول به شکل قابل استفاده فراهم می سازند. در میان باکتری های شناخته شده، جنس های *Rhizobium*، *Bacillus* و *Pseudomonas* از جمله قوی ترین حل کننده های فسفات به شمار می روند (١٤). تحقیقات مختلف نشان دادند که تلقیح باسیلوس (*Bacillus spp.*) به بذر و خاک سبب حل شدن فسفر تثبیت شده خاک می شود و منجر به بالا رفتن عملکرد و رشد گیاهان زراعی مختلف می گردد (۸). در تحقیقی که به بررسی اثر باکتری های آزاد کننده فسفر در آفتابگردان روغنی رقم پروگرس پرداخت، مشخص شد که با تلفیق فسفر بیولوژیک و فسفات آمونیوم صفات قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه در هکتار و درصد روغن به طور معنی داری افزایش یافت. در مجموع می توان نتیجه گرفت که با مصرف باکتری های آزاد کننده فسفر می توان بدون کاهش عملکرد دانه مصرف کود فسفره را تا ۵۰ ٪ کاهش داد (۳).

تاثیر روی بر فتوسنتز شامل تغییرات در ساختار کلروپلاست، انتقال الکترون های فتوسنتزی و یا تثبیت CO_2 می باشد. کمبود روی باعث تغییر در ساختار کلروپلاست می شود. در برگ های گیاه ذرت که دچار کمبود روی است، کلروپلاست سلول های مزوفیل و باندلشیت، غیر طبیعی هستند و همچنین کلروپلاست سلول های مزوفیل، کاهش در تعداد گرانای تیلاکوئید را نشان می دهند (۲۰). از اثرات کمبود روی بر فتوسنتز، کاهش فعالیت کربونیک آنهیدراز است (۱۲).

در گیاهان C_4، کربونیک آنهیدراز کاتالاز بی کربنات را بر عهده دار دارد که وظیفه سوبسترا فسفوانول پیروات کربوکسیلاز را دارد. در گیاهان C_3 کربونیک آنهیدراز در مکانیسم غلظت CO_2 شرکت می کند و در محل کربوکسیلاسیون بوسیله RuBP کربوکسیلاز، بی کربنات را به CO_2 تبدیل می کند. در صورت کمبود روی، کاهش در غلظت CO_2 به علت افزایش مقاومت انتشار آن است که تا بسته شدن روزنه ها

ادامه دارد. کربونیک آنهیدراز در کار روزنه ها اختلال ایجاد می کند و این می تواند ناشی از کمبود روی باشد. عرضه ناکافی روی در تولید آسیمیلات و بیوسنتز اسانس ها محدودیت ایجاد می کند، و وقتی گیاه با چنین شرایطی مواجه شود تولیدات فتوسنتزی در متابولیسم اولیه بیوسنتز اسانس ها مصرف می شود (۲۰).

معرفی روش های مختلف مصرف کودهای بیولوژیکی به جای کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد دانه آفتابگردان و کاهش مصرف مواد شیمیایی مصنوعی که اثرات مخرب زیست محیطی بسیاری در پی داشته است یکی از اهداف مهم این تحقیق است. با توجه به نگرش جهانی در خصوص کاهش مصرف نهاده های شیمیایی از جمله کودهای شیمیایی در اگرواکوسیستم ها به منظور حفظ محیط زیست و سلامت انسان که یک از مباحث کشاورزی پایدار در دنیا است در این طرح این مهم مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا شد. محل یاد شده در عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۳ دقیقه و طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ٤۸ دقیقه، در ارتفاع ۱۷۵۷ متری از سطح دریا واقع شده است. درجه حرارت حداقل منطقه در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۱- درجه سانتی گراد و حداکثر ۳۸ سانتی گراد می باشد و میانگین بارش در سال آبی ۹۰-۸۹ حدود ۲۲۵ میلی‌متر و در سال آبی ۹۱-۹۰ حدود ۲٤٦ میلی‌متر است. نتایج آزمایش خاک محل کشت در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

مشخصات نمونه	هدایت الکتریکی	اسیدیته گل اشباع (EC)	رس	سیلت	شن	بافت خاک TEXTURE
	dS/m	pH of paste	درصد (Percent)			
نمونه خاک ایستگاه	۲/۷	۷/۸	۲٤	۲٤	۵۲	Dandy clay loam

جدول۲: مشخصات شیمیایی خاک محل آزمایش

مشخصات نمونه	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	ازت کل N	کربن آلی (OC)	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu
	(ppm)		درصد (Percent)		mg kg^{-1}			
نمونه خاک ایستگاه	٤/۱	۱٦٦	۰/۰۸	۰/۷۵	۲/۹	۰/٦۳	۳/۳	۰/۱۲

رقم آفتابگردان کشت شده در این آزمایش، رقم افتابگردان آجیلی قلمی بود. این رقم نسبتا دیررس بوده و طول دوره رشد آن ۱۱۰ تا ۱۲۰ روز می باشد.

ارتفاع رقم قلمی به ۲ تا ۲/٤ متر هم می رسد. آزمایش به صورت آزمایش اسپلیت پلات، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل فسفر در چهار سطح (P) و ترکیبات حاوی روی در چهار سطح (Z) بود، که فسفر به عنوان عامل اصلی و روی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شده است.

P_1: مقدار کود فسفات آمونیوم توصیه شده بر اساس نتایج آزمون خاک معادل ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار. P_2: مصرف ۵۰٪ از مقدار فسفات آمونیوم توصیه شده معادل ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار). P_3: مصرف ۵۰٪ از مقدار توصیه شده فسفات آمونیوم به همراه مصرف فسفر بیولوژیک. P_4:مصرف کود بیولوژیک فسفر (قبل از گلدهی). Z_1: بدون مصرف روی (شاهد). Z_2:مصرف سولفات روی براساس نتایج آزمون خاک معادل ۲۵ کیلوگرم در هکتار. Z_3: مصرف روی به صورت محلول پاشی (قبل از گلدهی با محلول تجاری Zinc حاوی ۱۰٪ عنصر روی). Z_4: مصرف روی به صورت خاک مصرف و محلول پاشی.

تیمارهای کودی شامل فسفات آمونیوم و سولفات روی، به صورت شیاری و بر اساس نقشه کاشت در مجاور ردیف ها قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل ٤ ردیف کاشت به طول ۷ متر در نظر گرفته شد، لازم به ذکر است هر کرت آزمایشی مساحتی معادل ۱٦/۸ مترمربع را به خود اختصاص داد و تعداد کرت های آزمایشی ٤۸ واحد بود که در سه تکرار جای گرفتند.

کاشت در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۲٦ انجام شد و بذور با فاصله ۲۰ سانتی متر روی ردیف کاشت، به منظور رسیدن به تراکم ۱۰ بوته در مترمربع (۱۰۰هزار بوته در هکتار) کشت شدند. آبیاری مزرعه به صورت بارانی انجام گرفت. در مراحل اولیه کاشت تا استقرار کامل گیاه، آبیاری حدود هر ٤-۳ روز یکبار، تکرار شد و در مراحل بعدی در دوره های ۷-٦ روزه انجام شد. کود بیولوژیک فسفره از منبه حاوی 10^8 CFU شامل *Pseudomonas potida* strain p13 & *Pantoea agglomerans* strain p5 که در کشور به نام کود باکتریایی بارور۲ به ثبت رسیده به میزان صد گرم در هکتار استفاده شد. نیز در مرحله قبل از گلدهی با آب مخلوط شده و بر اساس نقشه کشت، در کرت های مورد نظر در پای بوته ها اضافه شد. همینطور محلول پاشی عنصر روی نیز، در همین مرحله با ترکیب تجاری Zinc حاوی ۱۰٪ عنصر روی صورت پذیرفت. کلیه صفات مورد اندازه گیری با استفاده از نرم افزار MSTAT-C ، تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین داده ها نیز با استفاده از آزمون چند مرحله ای دانکن در سطح آماری ۵٪ انجام گرفت. کلیه نمودارها و منحنی های آنالیز رشد نیز با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در عملکرد دانه در بوته آفتابگردان تفاوت معنی دار وجود دارد (P<0.1). سطوح مختلف کاربرد عنصر روی نیز، عملکرد دانه در بوته آفتابگردان را تحت تأثیر قرار داد (P<0.1). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز عملکرد دانه در بوته را تحت تأثیر قرار داد (جدول۳). نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در تعداد دانه در طبق آفتابگردان را، نشان داد(P<0.1). بین سطوح مختلف کاربرد تیمار عنصر روی در تعداد دانه در طبق تفاوت معنی دار مشاهده شد (P<0.1). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز توانست تعداد دانه در طبق آفتابگردان را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق آفتابگردان در ترکیبات مختلف تیماری نشان داد، بالاترین تعداد دانه در طبق در تیمار مصرف ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه فسفر بیولوژیک و مصرف سولفات روی به صورت خاک مصرف و محلول پاشی عنصر روی، به میزان ۸٦۷/۰۰ دانه در طبق تولید شد.

کمترین تعداد دانه در طبق نیز در تیمار کاربرد ۵۰٪ فسفات آمونیوم و عدم مصرف سولفات روی، به میزان ۳۹۱/۳۰۰ به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج بررسی منابع در مورد این صفت نشان داد، تعداد دانه در طبق نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه در آفتابگردان ایفا می کند. به طورکلی کاربرد میکرواورگانیسم های حل کننده فسفر در زراعت آفتابگردان می تواند مسیر انتشار و جذب فسفر را کاهش داده و موجب سهولت دسترسی عنصر فسفر برای گیاه گردد و از طریق بهبود تغذیه سایر عناصر بر تعداد دانه در طبق نیز مؤثر باشد. در بررسی تأثیر کودهای ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی، مشخص شد که مصرف کودهای آهن و روی در شرایط تنش منجر به افزایش ۲۲٪ تعداد دانه در طبق در مقایسه با شرایط عدم مصرف این کودها می شود (۸). نتیجه مطالعات کاظمی و مردان (۱۳۸۹) نیز در گیاه آفتابگردان نشان داد که در صورت مصرف توأم فسفر بیولوژیک و فسفات آمونیوم تعداد دانه در طبق را به طور معنی دار افزایش می دهد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان دادبین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در وزن هزار دانه آفتابگردان تفاوت معنی دار مشاهده شد (P<0.1). بین سطوح مختلف کاربرد تیمار عنصر روی نیز، تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<0.1). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز وزن هزار دانه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین وزن هزار دانه نشان داد بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کاربرد فسفات آمونیوم به میزان۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و کاربرد محلول پاشی عنصر روی، به میزان ۹۱/۲٦۷ گرم تولید شد. کمترین وزن هزار دانه آفتابگردان نیز در تیمار کاربرد ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه کاربرد محلول پاشی عنصر

روی، به میزان ۵۲/۷۰۰ گرم مشاهده شد (جدول ٤). در مورد گیاه جو نیز حسن زاده و همکاران (۱۳۸٦) به این نتیجه رسیدند که کاربرد باکتری سودوموناس منجر به افزایش معنی دار وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد می شود. در سویا مصرف ٤۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و نیز محلول پاشی روی، افزایش معنی دار در وزن هزار دانه را در پی داشته است (٤). در آزمایش خود که به بررسی اثرات متقابل فسفر بیولوژیک و سوپر فسفات تریپل پرداخته اند، بیان کردند که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار عدم مصرف فسفر بیولوژیک می باشد و مصرف سوپر فسفات تریپل به تنهایی بیشترین وزن هزار دانه را در پی داشته است، در واقع اثر متقابل فسفر بیولوژیک و فسفر شیمیایی برای وزن هزار دانه در سطح ۱٪ معنی دار شد (۳).

درصد پوکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در درصد پوکی آفتابگردان تفاوت معنی دار وجود ندارد. بین سطوح مختلف کاربرد عنصر روی نیز، در درصد پوکی دانه آفتابگردان تفاوت معنی دار دیده نشد. اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز درصد پوکی دانه را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین درصد پوکی نشان می دهد که بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر، بیشترین درصد پوکی در صورت کاربرد نیمی از فسفات آمونیوم توصیه شده به همراه کاربرد فسفر بیولوژیک به میزان ۱/۱۰۸ بدست می آید و کمترین درصد پوکی نیز به میزان ۰/۹۰۸ در شرایطی دیده شد که فسفات آمونیوم توصیه شده بر اساس آزمون خاک مورد کاربرد قرار گرفت. در بین سطوح مختلف کاربرد عنصر روی نیز، بیشترین درصد پوکی در شرایط عدم کاربرد سولفات روی ، به میزان ۱/۰۹۲ می باشد و کمترین درصد پوکی نیز در صورت کاربرد سولفات روی خاک مصرف به میزان توصیه شده بر اساس آزمون خاک، به میزان ۰/۹٤۲ به‌دست می آید. در صورت کاربرد نیمی از فسفات آمونیوم توصیه شده به همراه مصرف فسفر بیولوژیک و کاربرد همزمان سولفات روی خاک مصرف و محلول پاشی روی، بالاترین درصد پوکی به میزان ۱/٤٦۷به‌دست می آید. کمترین درصد پوکی نیز در صورت کاربرد فسفات آمونیوم توصیه شده و مصرف همزمان سولفات روی خاک مصرف و محلول پاشی عنصر روی به میزان ۰/٦۳۳ دیده شد (جدول٤).

نتایج بررسی منابع در مورد این صفت نشان داد که در واقع می توان این چنین بیان کرد که درصد پوکی دانه صفتی است که به عوامل ژنتیکی و عوامل محیطی مثل حاصلخیزی زمین، آبیاری به موقع، درجه حرارت در زمان گرده افشانی و ... بستگی دارد (۲). مطالعه مرادی و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که اثر متقابل فسفر بیولوژیک و فسفر شیمیایی با توجه به اینکه در برخی از کرت های آزمایشی موجب کاهش درصد پوکی دانه در طبق های گیاه آفتابگردان شد اما تأثیر معنی داری بر درصد پوکی دانه در طبق ها نداشت.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و نسبت پوست به مغز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	درصد پوکی دانه	عملکرد دانه در هکتار	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۸۹۷/۹۰ ns	۲۱/٦۸ ns	۰/۳۱ ns	۲۱٥٤۰۷/۱٥ ns	۲۸۳۸۷۰۳/۰٥۲ ns	۲۱/۳۳ ns
فسفر	۳	٦۹۹۲۳/۲۳ **	٤٥٤/٥۹ **	۰/۰۹ ns	۳۱٤۸۱۸۸/۲۲ **	۲۳۷۷٤۰۱٥/۰٥ **	٦۲/٦۰ *
خطا	٦	٥۷۹۱/۲٦	۱٦/۹۳	۰/۲۸	۱۰۳۲۰٤/٤٥	۲۲۲٥۳٥۹/۸٦	۱۰/٥٤
روی	۳	۷۷٤۹۲/۷۳ **	۲۱٥/٦٤ **	۰/۰٥۱ ns	٥۲٤۰٦۲٥/۳۹ **	۱٤٤۲۳٦۳۸/۹٦ **	٤٤٦/۷۸ **
اثر متقابل	۹	٥٥٥۷٥/٤۷ **	٥۱۲/٥۲ **	۰/۱٦ ns	۲٦۱۳۸۹۰/۷۲ **	٤۱۳۲۸٥٤۱/۸۲ **	۲۲۰/٤٦ **
خطا	۲٤	۱۹٤۸/٥٥	۳۱/۸۹	۰/۱۱	۳٦۹٥۱/٦۰	۹۹٤۲۸۱/۳۸	۱۰/۰٦
ضریب تغییرات (٪)		٦/۹۳	۷/۸۲	۲۱/٤۸	٥/۲۲	۸/۲۸	۹/۸۷

ns : غیر معنی دار؛ * و** به ترتیب معنی دار در سطح ٥٪ و ۱٪.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در عملکرد بیولوژیک آفتابگردان، تفاوت معنی دار مشاهده گردید (P<0.1). بین سطوح مختلف کاربرد عنصر روی در عملکرد بیولوژیک نیز، تفاوت معنی دار مشاهده گردید (P<0.1). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز توانست عملکرد بیولوژیک را به طور معنی دار تحت تأثیر قرار دهد (جدول۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در ترکیبات تیماری مختلف نشان داد، بالاترین میزان تولید عملکرد بیوماس در تیمار مصرف فسفر بیولوژیک بارور-۲ و عدم کاربرد سولفات روی به میزان ۱۷٥۹٦/۳٦۷ کیلوگرم در هکتار تولید گردید. کمترین میزان عملکرد بیوماس نیز در تیمار مصرف ٥۰٪ فسفر و عدم کاربرد سولفات روی به میزان ٤۲۸۷/۸٦۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (جدول٤). نتایج بررسی منابع در مورد این صفت که به مقایسه کارایی فسفر بیولوژیک و شیمیایی در گیاه آفتابگردان پرداخت، نتایج تحقیق مدنی و همکاران (۱۳۸٤) در لوبیا نشان داد، صفت عملکرد بیوماس و وزن خشک بوته ها ٤۰ روز بعد از کاشت، تحت تأثیر انواع مختلف کود زیستی فسفر قرار گرفتند و اثرات متقابل تیمار کود شیمیایی و کود زیستی فسفره، نیز در سطح ٥٪ معنی دار شد. مشخص شد که عملکرد بیوماس در صورت مصرف فسفات آمونیوم و فسفر بیولوژیک به طور معنی دار افزایش یافت (٥).

عملکرد دانه در هکتار

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در عملکرد دانه در هکتار آفتابگردان، تفاوت معنی دار وجود دارد (P<0.1). همچنین سطوح مختلف کاربرد عنصر روی نیز، عملکرد دانه در هکتار آفتابگردان را تحت تأثیر قرار داد (P<0.1). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز توانست عملکرد دانه در هکتار را به طور معنی دار تغییر دهد (جدول۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد

دانه در هکتار، در ترکیبات مختلف تیماری نشان داد، بالاترین میزان تولید دانه در هکتار در تیمار مصرف ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه فسفر بیولوژیک بارور-۲ و کاربرد سولفات روی خاک مصرف، به میزان ۵۶۳۲/۷۸ کیلوگرم در هکتار و نیز در تیمار کاربرد ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه فسفر بیولوژیک به همراه مصرف سولفات روی خاک مصرف و محلول پاشی عنصر روی، به میزان ۵۴۹۳/۵۲ کیلوگرم در هکتار، بدست آمد.

جدول ٤: مقایسه میانگین های صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و نسبت پوست به مغز

تیمارها	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (g)	درصد پوکی (٪)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه در هکتار(kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
P1	٦٠٣/٠٢٥ b	٧٧/٦٠٠ a	٠/٩٠٨ a	١١٢٩٢/٣٠٨ bc	٣٧٠٤/٤٤ b	٣٢/٩٢ a
P2	٥٤٥/٧٤٢ b	٦٨/٢٠٠ b	١/٠٤٢ a	١٠٦٨٨/٠٤٢ c	٣٠٥٠/٢٤ c	٣١/٩٤ ab
P3	٦٨٩/٠٨٣ a	٧٧/٣٧٥ a	١/١٠٨ a	١٢٢٦٢/٥١٧ b	٤٢٨٣/٣٨ a	٣٤/٤٤ a
P4	٧٠٩/٠٥٠ a	٦٥/٧٤٢ b	١/٠٨٣ a	١٣٩١٢/٧٤٢ a	٣٦٨٢/٠٠ b	٣٠/٠٩ b
Z1	٥٧٦/٩٥٠ b	٦٧/٥٦٧ c	١/٠٩٢ a	١١٤٩٤/٥٨٣ b	٣٠٧٨/١٧ b	٣١/٢٣ b
Z2	٧٠٦/٤٥٨ a	٧٧/٦٥٨ a	٠/٩٤٢ a	١٣٢٤٥/٠٦٧ a	٤٣٠٠/٤٨ a	٣٢/٦٣ b
Z3	٥٥٨/٣٨٣ b	٧٠/٧٥٠ bc	١/٠٥٠ a	١٢٦١٢/٣٥٠ a	٣١٤٩/٢١ b	٢٥/٠٧ c
Z4	٧٠٦/٠٠٨ a	٧٢/٩٤٢ ab	١/٠٥٨ a	١٠٨٠٣/٦٠٨ b	٤١٩٢/١٩ a	٤٠/٤٦ a
P1Z1	٤٨١/٠٦٧ ih	٨٥/٤٠٠ ab	١/١٣٣ abc	١١٨١١/٨٦٧ cd	٣٤١٧/٨ d	٢٨/٩٣ cd
P1Z2	٦٧١/٥٣٣ de	٦٧/٥٠٠ de	٠/٧٣٣ bc	١٠٦٠٠/٠٠٠ d	٣٣٥٠/٧٢ d	٣١/٦١ c
P1Z3	٥٥٠/٤٣٣ gh	٩١/٢٦٧ a	١/١٣٣ abc	١٢٢٤٢/٥٠٠ cd	٤٠٢١/٧٢	٣٢/٨٥ c
P1Z4	٧٠٩/٠٦٧ cd	٦٦/٢٣٣ def	٠/٦٣٣ c	١٠٥١٤/٨٦٧ d	٤٠٢٧/٥٢ bc	٣٨/٣٠ b
P2Z1	٣٩١/٣٠٠ j	٦٥/٢٠٠ def	٠/٩٦٧ abc	٤٢٨٧/٨٦٧ f	٢٠٣٨/٦٩ f	٤٩/٤٦ a
P2Z2	٦٨٠/٩٠٠ de	٧١/٤٣٣ cd	٠/٩٣٣ abc	١٢٧٢٨/٠٣٤ c	٣٨٩٦/٤٤ c	٣٠/٦١ c
P2Z3	٤٤٤/٥٣٣ ij	٥٢/٧٠٠ g	١/١٦٧ abc	١٢١٠١/٨٦٧ cd	١٨٩٨/٠٦ f	١٥/٦٨ f
P2Z4	٦٦٦/٢٣٣ de	٨٣/٤٦٧ ab	١/١٠٠ abc	١٣٦٣٤/٤٠٠ c	٤٣٦٧/٧٨ b	٣٢/٠٣ c
P3Z1	٦٠٨/١٣٣ efg	٦٣/١٠٠ defg	٠/٩٣٣ abc	١٢٢٨٢/٢٣٣ cd	٣٠٨٦/٢٢ de	٢٥/١٢ de
P3Z2	٨٢٠/٦٦٧ ab	٨٧/٦٣٣ ab	١/٠٠٠ abc	١٣٦١٤/٠٦٧ c	٥٦٣٢/٧٨ a	٤١/٣٧ ab
P3Z3	٤٦٤/١٣٣ ij	٧٨/٩٣٣ bc	١/٠٣٣ abc	١٠٥٨٧/٦٣٣ d	٢٩٢١ e	٢٧/٥٨ cd
P3Z4	٨٦٧/٠٠٠ a	٧٩/٨٣٣ bc	١/٤٦٧ a	١٢٥٦٦/١٣٣ c	٥٤٩٣/٥٢ a	٤٣/٧١ ab
P4Z1	٨٢٧/٣٠٠ ab	٥٦/٥٦٧ fg	١/٣٣٣ ab	١٧٥٩٦/٣٦٧ a	٣٧٧٠ c	٢١/٤٢ e
P4Z2	٦٥٢/٧٣٣ def	٨٤/٠٦٧ ab	١/١٠٠ abc	١٦٠٣٨/١٦٧ ab	٤٣٢٢ b	٢٦/٩٤ cde
P4Z3	٧٧٤/٤٣٣ bc	٦٠/١٠٠ efg	٠/٨٦٧ abc	١٥٥١٧/٤٠٠ b	٣٧٥٦/٠٩ c	٢٤/٢٠ de
P4Z4	٥٨١/٧٣٣ gf	٦٢/٢٣٣ defg	١/٠٣٣ abc	٦٤٩٩/٠٣٣ e	٢٨٧٩/٩٤ e	٤٧/٨٢ ab

میانگین های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

کمترین میزان تولید دانه در هکتار نیز، در تیمار مصرف۵۰٪ فسفات آمونیوم و محلول پاشی عنصر روی، به میزان ۱۸۹۸/۰٦ کیلوگرم در هکتار و در تیمار مصرف۵۰٪ فسفات آمونیوم و عدم کاربرد سولفات روی، به میزان ۲۰۳۸/٦۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ٤).

بررسی اثر باکتری حل کننده فسفات بر آفتابگردان همراه با مصرف کود P_2O_5، نشان داد حداکثر عملکرد بذر در صورت مصرف تنها نیمی از کود شیمیایی توصیه شده به همراه باکتری حاصل می شود (۱۱). در گیاه ذرت، کاربرد کود بیولوژیک و مصرف تنها ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار، افزایش معنی دار در عملکرد را در پی داشت که این نکته بیانگر امکان کاهش مصرف کود شیمیایی تا حدود۵۰٪ است. نتایج حاصل از مطالعه ملکوتی (۱۳۷۸)، نشان داد مصرف ۲۰کیلوگرم در هکتار روی، در یک خاک آهکی در جنوب ایران، عملکرد دانه در گندم را افزایش می دهد. همین‌طور مدنی و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند استفاده از کود روی، چه به صورت محلول پاشی و چه استعمال خاکی، عملکرد دانه گندم و درصد پروتئین را به طور نسبی افزایش داد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین سطوح مختلف کاربرد تیمار فسفر در شاخص برداشت آفتابگردان، تفاوت معنی دار مشاهده شد ($P<0.5$). همچنین بین سطوح مختلف کاربرد تیمار عنصر روی در شاخص برداشت، تفاوت معنی دار مشاهده شد ($P<0.1$). اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز شاخص برداشت آفتابگردان را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت در ترکیبات مختلف تیماری نشان داد که، بالاترین شاخص برداشت در تیمار کاربرد ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه بدون مصرف روی به میزان ٤۹/٤٦ درصد می باشد. کمترین شاخص برداشت آفتابگردان نیز در تیمار کاربرد ۵۰٪ فسفات آمونیوم به همراه محلول پاشی عنصر روی، به میزان ۱۵/٦۸ به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج بررسی منابع در مورد این صفت نشان داد، در تحقیقی که به بررسی تأثیر عناصر ریز مغذی آهن و روی بر عملکرد ارقام مختلف آفتابگردان پرداخته شد، بیان شد که در بین ارقام از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی داری وجود ندارد و تیمار کودی هم بر روی آن بی تأثیر بوده است. در واقع با افزایش کود شاخص برداشت افزایش نمی یابد (۱). مرادی و همکاران(۱۳۸۷) در تحقیق خود بیان کردند که شاخص برداشت نیز، در گیاه آفتابگردان تحت تأثیر برهمکنش فسفات آمونیوم و باکتری آزاد کننده فسفر بارور-۲ قرار گرفت و تفاوت معنی دار در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد.

منابع

۱- رحیمی زاده، م.، کاشانی، ع.، زارع فیض آبادی، ا.، مدنی، ح. و سلطانی، ا. ۱۳۸۹.

۲- عرشی، ی. ۱۳۷۳. علوم و تکنولوژی آفتابگردان (تألیف جک. اف. کارتر). انتشارات اداره کل پنبه و دانه های روغنی ایران.

۳- کاظمی،ش. ومردان، ر.۱۳۸۹. تأثیر کاربرد کود فسفر بر آفتابگردان روغنی رقم پروگرس در منطقه میانه. پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی . تولید محصول زراعی ، باغی و دامی.

٤- مدنی، ح.، ملبوبی، م. ع. و امیدی، م. ۱۳۸٤. کاربردباکتریهای آزاد کننده فسفر در زراعت لوبیا. اولین همایش ملی حبوبات.

۵- مرادی، م.، مدنی، ح.، ملبوبی، م. ع. و پیله ور خمامی، ر. ۱۳۸۷. مقایسه کارایی فسفر بیولوژیک و شیمیایی در زراعت آفتابگردان روغنی در شرایط آب و هوایی اراک . یافته های نوین کشاورزی . سال سوم. شماره۲. ۱۷۸-۱٦۸.

٦- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸: کشاورزی پایداروافزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران . چاپ دوم. نشر آموزش کشاورزی.

۷- معز اردلان، م. و ثواقبی فیروزآبادی، غ. ر. ۱۳۸۱ . مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تهران.

۸- رحیمی، م. م.، مظاهری، د. و طهماسبی سروستانی، ز. ۱۳۸۳. تاثیر عناصر ریزمغذی های آهن و روی بر روی عملکرد و اجزا عملکرد کشت دوم دو رقم آفتابگردان در منطقه ارسنجان. پژوهش و سازندگی پاییز، ۳،۱۷ ،۲۰-۱٦.

9- Cakmak, I. 2006. Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India. Journal of trace elements in medicine and biology 23, 281-289.

10- Cakmak, I., Yilmaz, A., Kalsyci, M., Ekin, H., Torun, B., Ereoglv, B., and Brown, H.J. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. Plant and Soil. 180:165-172.

11- Ekin. Z. 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. African Journal of Biotechnology Vol. 9(25), pp. 3794-3800.

12- Henriques, F.S. 2001. Loss of blade photosynthetic area and of chloroplasts photochemical capacity account for reduced co2 assimilation rates in zinc-deficient sugarbeet leaves. J. Plant Physiol. 158:915-919.

13- Jodie, N. H., Peter, B. and M. Martin. 2006. Laboratory tests can predict beneficial effects of phosphate solubilising bacteria on plants. Soil Biology and Biochemistry. 38: 1521-1526.

14- Khan, A.A., Jilani, G., Akhtar, M.S., Saqlan Naqvi, S.M., and Rasheed, M. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. J. Agric. Biol. Sci.1(1):48-58.

15- Koliai1 A M, Akbari Gh, Akbari Gh, Armandpisheh O and Tarighaleslami M. 2012. Effect of Biological and Chemical phosphorus Fertilizers on yield components of maize (*Zea mays* L.) in different water stress conditions. Annals of Biological Research, 2012, 3 (8):4204-4208.

16- Madani, H., Bakhsh Kelarestaghi, K., Yarnia, M. and Bazoobandi, M. 2007. The Agronomical Aspects of Zinc Sulfate Application on Soybean in Iranian Condition “Gonbad region”. Congress Crop zinc 2007. Istambol. Turky.

17- Madani, H., Bakhsh Kelarestaghi, K., Yarnia, M. and Bazoobandi, M. 2007. The Agronomical Aspects of Zinc Sulfate Application on Soybean in Iranian Condition “Gonbad region”. Congress Crop zinc 2007. Istambol. Turky.

18- Marschner, H. 1993. Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, Boston, 889.

19- Rodriguez, H., and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotech. Adv. 17:319-339.

20- Sharma, P.N., Chatterjee, C., Sharma, C.P., and Nautiyal, N. 1990. Effect of zinc deficiency on the development and physiology of wheat pollen. J. Indian Bot. Soc. 58:330-334.