

اثر باکتری سودوموناس و کود شیمیایی سولفات پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*)

لیلی نیایش پور^۱، سیدکیوان مرعشی^{۲*}، عبدالعلی گیلانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳- استادیار، عضو هیأت علمی بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: marashi_47@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۳۰ آبان ماه ۱۳۹۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد باکتری محرک رشد سودوموناس و کود شیمیایی سولفات پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای، این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۳۹۴ ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور و وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: T1: بدون تلقیح و استفاده از کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (شاهد)، T2: استفاده از مایه تلقیح اتوکلاو شده و استفاده از کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده، T3: تلقیح با کود بیولوژیکی سودوموناس و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده، T4: تلقیح با کود بیولوژیکی محرک رشد سودوموناس و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم و T5: تلقیح با کود بیولوژیکی سودوموناس و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده بودند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد نشاسته و درصد پتاسیم دانه معنی‌دار ولی در مورد درصد فسفر معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی به تیمار T3 و T5 تعلق داشت. تیمار T4 کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی را نشان داد. تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار T3 و T5 از لحاظ درصد نشاسته مشاهده نشد. بیشترین میزان پتاسیم از تیمار T3 حاصل شد و کمترین میزان را تیمار T4 نشان داد. به طور کلی تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار T3 و T5 از لحاظ عملکرد کمی و کیفی دانه مشاهده نشد و تیمار T5 به عنوان تیمار مناسب به جهت مصرف کمتر کود شیمیایی پتاسیم و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی مربوط به آن پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کود بیولوژیکی، عملکرد دانه، فسفر، پتاسیم، نشاسته.

مقدمه

ذرت (*Zea mays L.*) یکی از مهمترین منابع غذایی برای انسان است و در طول دوره رشد مواد غذایی زیادی را از خاک جذب می‌کند (۳). خاک فقیر در مزرعه ذرت باعث کاهش توان رقابت گیاه شده و مشکلات علف‌های هرز را زیاد می‌کند لذا افزایش حاصلخیزی با مصرف کودها می‌تواند باعث کاهش خسارت حاصل از عوامل زیان‌رسان شود (۱۳).

پتاسیم مانند نیتروژن و فسفر جزء عناصر پر نیاز گیاه است. پتاسیم علاوه بر دخالت در افزایش عملکرد و کیفیت

دانه، در جذب عناصر دیگر به ویژه نیتروژن نقش موثری را ایفا می‌کند. همچنین پتاسیم از طریق تنظیم عملکرد روزنه باعث افزایش پتانسیل آب برگ‌ها و کاهش تنش روی ذرت می‌شود (۷). پتاسیم اثرات مثبتی روی گلدهی و گرده افشانی دارد (۹). فوشینگ^۱ (۱۵) وظایف پتاسیم را چنین بیان کردند: فعال‌سازی آنزیم‌ها، افزایش دهنده فرآیند فتوسنتز، سنتز کربوهیدرات‌ها و نقل و انتقال کربوهیدرات‌های سنتز شده در فرآیند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، بهبود و افزایش در تحمل گیاهان به استرس‌ها. خاک در دراز مدت نمی‌تواند مقدار نیاز پتاسیم را که برابر و حتی بیشتر از نیتروژن است تامین نماید و بنابراین مصرف متناسب کودهای پتاسیمی در برخی خاک‌ها الزامی می‌باشد (۵).

امروزه توجه ویژه‌ای به ساماندهی تلفیقی گیاه معطوف شده است که در آن استفاده از منابع آلی و زیستی به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی مورد نظر بوده و منجر به بهبود و حفظ حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۵). استفاده از کودهای بیولوژیک تشکیل شده از باکتری‌ها می‌تواند در استفاده بهینه از کودهای مصرفی و همچنین عناصر معدنی موجود در خاک کمک فراوانی نماید. این کودها با حل کردن عناصر معدنی خاک، باعث سهولت جذب عناصر به وسیله گیاهان می‌شوند (۲۹). از جمله کودهای بیولوژیک، می‌توان به باکتری‌های جنس سودوموناس اشاره کرد. این باکتری‌ها علاوه بر افزایش فراهمی پتاسیم و فسفر، بر مقاومت به عوامل بیماری‌زا اثر گذاشته و با تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد، عملکرد گیاهان را تحت اثر قرار می‌دهند (۲۶). به همین دلیل است که به آنها باکتری‌های محرک عملکرد هم گفته شده است (۳۰). این فرآیند نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش و به سالم‌سازی محیط زیست کمک می‌کند (۲۲). یومشها و همکاران^۲ (۲۸) در بررسی اثر کاربرد توام کودهای شیمیایی NPK و بیولوژیکی بر ذرت دانه‌ای گزارش کردند که بالاترین عملکرد دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه در شرایط کاربرد ۱۸۵/۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۳۸/۸ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۱۸۱/۴ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به همراه کاربرد *Azotobacter chroococcum + Bacillus megaterium + Pseudomonas fluorescense* + کمپوست غنی شده حاصل شد. بوراس و اوتگیو^۳ (۱۰) گزارش کردند که در گیاه ذرت مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و بیولوژیک نه تنها باعث افزایش جذب عناصر غذایی ضروری توسط گیاه شد بلکه با کاهش رقابت بین منبع و مخزن باعث افزایش مقدار نشاسته دانه گردید. میرزایی و همکاران (۶) در بررسی باکتری‌های حل‌کننده فسفر روی ذرت دانه‌ای و گندم بیان کردند که ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و درصد فسفر دانه نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشته است. همچنین مصرف کود شیمیایی در حضور باکتری به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته است. سانی^۴ (۲۴) نیز اثر تلفیقی کودهای سودوموناس به همراه فسفر و پتاسیم را بررسی نمودند و نشان دادند با تلفیق کودهای بیولوژیکی و شیمیایی سطوح فسفر و پتاسیم خاک و دانه گیاه ذرت افزایش یافت و در این میان بیشترین میزان فسفر و پتاسیم از اختلاط با باکتری سودوموناس حاصل گردید. از این‌رو تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کود بیولوژیکی سودوموناس و کود شیمیایی پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور و وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور در ۹۹ کیلومتری شمال غربی شهر اهواز و از نظر جغرافیایی در ۳۲ درجه و سه دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و از نظر موقعیت نسبی در ۱۵ کیلومتری جنوب شهر تاریخی شوش واقع شده است.

1- Fusheng

2 - Umesha

3 - Borras

4 - Sani

بلندی این ایستگاه از سطح دریا ۳۴ متر می باشد. تیمارهای مورد بررسی شامل ترکیبی از باکتری سودوموناس و کود شیمیایی سولفات پتاسیم بود که در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تیمارهای مورد مطالعه

T1	کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (شاهد)
T2	استفاده از مایه تلقیح اتوکلاو شده و مصرف کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده
T3	تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده
T4	تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم
T5	تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده

به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت و شروع تحقیق از پنج قسمت از خاک مزرعه به فرم M و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری بعمل آمد و پس از خرد کردن کلوخه ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده و در نهایت یک نمونه مرکب با وزن تقریبی یک کیلوگرم تهیه و در آزمایشگاه از لحاظ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق نمونه‌برداری	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیترژن (درصد)	مواد آلی (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
۰-۳۰	۱۳۸	۹/۵۵	۰/۰۸	۰/۴	۷/۱	۱/۳۴	۱۶	۴۰	۴۴

بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از تهیه جوی و پشته و کاشت بذر، ابعاد کرت‌های آزمایشی مشخص شد و مقادیر مورد نیاز کودهای پایه برای هر کرت توزین و با خاک مخلوط گردید. کود نیترژن به میزان ۲۴۰ کیلوگرم نیترژن خالص در هکتار از منبع اوره (۴۶ درصد) و براساس آزمون خاک به صورت ۵۰ درصد قبل از کاشت و ۵۰ درصد در مرحله شش برگی مصرف شد. کود پتاسه از منبع سولفات پتاسیم با توجه به نوع تیمار و کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل برای کل کرت‌ها هر کدام به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان پایه استفاده گردیدند. هر کرت آزمایشی شامل هشت خط کشت به طول شش متر، فاصله ردیف‌ها از هم ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بذر روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین هر بلوک آزمایشی ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها نیز یک متر بود. باکتری محرک رشد سودوموناس از موسسه تحقیقات آب و خاک کرج زیر نظر وزارت جهاد کشاورزی تهیه شد. میزان مصرف باکتری بر اساس توصیه موسسه دو کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. در تیمارهای تلقیح با کود بیولوژیکی محرک رشد جهت استفاده از باکتری، بذرها با آب مقطر به صورت اسپری مرطوب و سپس توسط باکتری سودوموناس به صورت بذر مال آغشته و به مدت ۲۴ ساعت در شرایط سایه نگهداری شدند. در تیمار T2 مقداری از کود بیولوژیکی در اتوکلاو به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به منظور از بین رفتن باکتری‌ها استریل شد و فقط از مواد نگه‌دارنده باکتری‌ها جهت آغشته‌سازی بذر استفاده شد (۹). اولین آبیاری بعد از کاشت بذر انجام و آبیاری‌های بعدی بر اساس عرف منطقه انجام گردید. عملیات برداشت نهایی در مرحله رسیدگی کامل و پس از زرد و خشک شدن کامل گیاهان انجام شد. عملکرد بیولوژیکی و دانه به ترتیب پس از توزین کل بوته‌ها و سپس خرمن‌کوبی و بوجاری بلال‌ها در دو خط میانی به مساحت سه متر مربع در هر واحد آزمایشی تعیین گردید. اندازه‌گیری تعداد دانه

در ردیف و تعداد ردیف در بلال بر اساس شمارش و میانگین تعداد دانه از ابتدا تا انتهای بلال و شمارش و میانگین تعداد ردیف‌ها در ۱۰ بلال انجام شد. به منظور محاسبه وزن هزار دانه، دو دسته ۵۰۰ تایی از بذور جدا نموده و در صورتیکه اختلاف وزن آنها کمتر از شش درصد بود، مجموع وزن آنها به عنوان وزن هزار دانه تعیین گردید. درصد نشاسته دانه با استفاده از دستگاه NIR (Near Infra-Red) (مدل DA7200 ساخت شرکت Perten) تعیین شد (۲۳). برای تعیین فسفر از روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر (۲۰) و اندازه‌گیری میزان پتاسیم دانه‌ها به روش هضم خشک با استفاده از کوره دردمای ۵۵۰ درجه و محلول کردن در اسیدکلریک ۰/۵ نرمال و با دستگاه فلیم‌فتومتر قرائت شد (۳۱).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین داده‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد ردیف در بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر این ویژگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد ردیف در بلال در واکنش به باکتری سودوموناس و کود شیمیایی سولفات پتاسیم قرار گرفت، بطوریکه بیشترین تعداد ردیف در بلال با میانگین ۱۵ ردیف به تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) و کمترین تعداد ردیف در بلال با میانگین ۱۱ ردیف به تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) مربوط بود (جدول ۴). همچنین نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین تیمار کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (شاهد) (T1) و تیمار استفاده از مایه تلقیح اتوکلاو شده و مصرف کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T2) مشاهده نشد. بطور کلی تامین شرایط مناسب از جمله عناصر ضروری پتاسیم و فسفر و عناصر میکرو با کاربرد تلفیقی کود بیولوژیک و شیمیایی در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی بسیار بحرانی است (۵).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، اجزای عملکرد و پارامترهای کیفی دانه ذرت در واکنش به باکتری سودوموناس و کود شیمیایی سولفات پتاسیم

منابع تغییرات آزادی	درجه	تعداد ردیف در بلال	تعداد ردیف در بلال	وزن هزار دانه	میانگین مربعات		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	نشاسته دانه	پتاسیم دانه	فسفر دانه
					عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی					
تکرار	۲	۳/۷ ^{NS}	۸/۲ ^{NS}	۳۶/۵ ^{NS}	۶۲/۱۱ ^{NS}	۷۷۲۶ ^{NS}	۴۵/۳ ^{NS}	۲/۷۱ ^{NS}	۱/۹ ^{NS}		
تیمار کودی	۴	۹۲/۵ *	۱۲۴/۶ **	۱۷۳۳/۲ **	۴۷۳۲۲ **	۶۶۴۲۹ **	۷۸۹/۶ **	۳۵/۹ **	۱۴/۷ ^{NS}		
خطا	۸	۱۴/۶	۶/۳	۲۸/۳	۴۷۴۴	۵۳۷۲	۵۳/۹	۴/۸	۶/۱۱		
ضرب تغییرات	-	۱۱/۲	۶/۸۸	۷/۹	۱۰/۲	۱۳/۴	۶/۴	۸/۳	۵/۸		

NS، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، اجزای عملکرد و پارامترهای کیفی دانه ذرت در واکنش به باکتری سودوموناس و کود شیمیایی سولفات پتاسیم

تیمارها	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	نشاسته دانه	پتاسیم دانه (درصد)	فسفر دانه
T1	۱۳/۵ b	۲۰/۵ b	۲۳۲/۵ b	۴۴۸۷ b	۱۱۳۷۴ b	۵۹/۳ b	۳/۵ b	۲/۱ a
T2	۱۳/۱ b	۲۰/۰ b	۲۳۴/۰ b	۴۵۷۳ b	۱۱۲۵۶ b	۵۸/۹ b	۳/۵ b	۲/۱ a
T3	۱۵/۰ a	۲۴/۹ a	۲۴۷/۲ a	۵۱۳۹ a	۱۲۰۵۰ a	۶۹/۴ a	۳/۸ a	۲/۷ a
T4	۱۱/۲ c	۱۷/۲ c	۲۲۱/۰ c	۳۵۲۰ c	۹۵۴۰ c	۵۳/۷ c	۲/۹ c	۲/۷ a
T5	۱۴/۷ a	۲۵/۰ a	۲۴۳/۴ab	۵۰۵۱ a	۱۱۹۹۳ a	۶۸/۵ a	۳/۷ ab	۲/۲a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند از لحاظ آماری در سطح پنج درصد فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

T1 = کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (شاهد) T2 = استفاده از مایه تلقیح اتوکلاو شده و مصرف کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده

T3 = تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده T4 = تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم

T5 = تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده

در این آزمایش تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) به دلیل ایجاد شرایط رشدی مناسب، افزایش فتوسنتز و تجمع مواد فتوسنتزی ضمن افزایش تعداد وردیف گلچه باعث افزایش تعداد ردیف دانه در بلال شد (۸). بوراس و همکاران^۱ (۱۰) نیز در تحقیق خود بیان کردند استفاده از سولفات پتاسیم باعث افزایش تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال و موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد که نتایج این آزمایش را تایید می‌کند.

تعداد دانه در ردیف

اثر تیمارهای کودی بر تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در ردیف در بین تیمارهای مختلف با میانگین ۲۵ دانه به کاربرد توام کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) تعلق داشت. تعداد دانه در ردیف در این دو تیمار از لحاظ آماری یکسان بود. تلقیح بذور با کود بیولوژیکی سودوموناس و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) با میانگین ۱۷/۲ کمترین تعداد دانه در ردیف را نشان داد همچنین بین دو تیمار استفاده از کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (شاهد) (T1) و تیمار استفاده از مایه تلقیح اتوکلاو شده و مصرف کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T2) نیز از لحاظ تعداد دانه در ردیف در سطح یکسانی قرار داشتند (جدول ۴). ویلیام و همکاران^۲ (۳۲) گزارش کردند که در تیمارهایی که به گیاه اجازه طول دوره رشد بیشتری داده می‌شود، تولید ماده خشک بیشتر خواهد بود. بنابراین شاید فراهم بودن بهتر عناصر غذایی در خاک دلیل برتری تعداد دانه در ردیف در تیمار کاربرد توام کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) نسبت به سایر تیمارها باشد. فرناندو و همکاران^۳ (۱۴) نیز بیان کردند که ایجاد تعادل فیزیولوژیکی مطلوب بین منبع و مخزن مواد فتوسنتزی از عوامل مهم تاثیر گذار در عملکرد و اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه در ردیف می‌باشد.

1 - Borrás

2 - William

3 - Fernando

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه بطور معنی داری در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمار کودی قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که تیمارهای تلفیقی نسبت به هر یک از تیمارهای شیمیایی یا بیولوژیک به تنهایی از لحاظ وزن هزار دانه برتری داشتند به طوری که بیشترین مقدار با ۲۴۷/۲ و ۲۴۳/۴ گرم برترتیب در تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T3) و تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) مشاهده گردید. کمترین میزان با ۲۲۱ گرم از تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) به دست آمد (جدول ۴). افزایش وزن هزار دانه در اثر کاربرد تلفیقی کود شیمیایی پتاسیم و باکتری سودوموناس به واسطه نقش مثبت این ریزجانداران در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر و پتاسیم غیر قابل جذب یا دور از دسترس گیاه و انتقال آنها به سلول‌های گیاه میزبان بوده که سبب بهبود رشد و افزایش تولید آسمیلات‌ها و به انتقال شیره پرورده کافی به دانه و افزایش وزن دانه گردیده است (۱۸).

عملکرد دانه

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۵۱۳۹ کیلوگرم در هکتار به تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) تعلق داشت و پس از آن تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) با میانگین ۵۰۵۰ کیلوگرم بیشترین عملکرد دانه را نشان داد و بین این دو تیمار تفاوت معنی داری مشاهده نشد. کمترین عملکرد دانه با میانگین ۳۵۲۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) تعلق داشت (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسات عملکرد دانه نشان داد که در تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی پتاسیم و باکتری سودوموناس (T3 و T5)، باکتری سودوموناس در تلفیق با پتاسیم با فراهم کردن عناصر غذایی قابل جذب فسفر و پتاسیم منجر به مصرف بهینه پتاسیم و افزایش تولید آسمیلات شده است (۱). آموجویگی و همکاران^۱ (۸) و زهیر و همکاران^۲ (۳۴) در آزمایشات خود چنین اظهار داشتند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کود زیستی باعث حصول بیشترین عملکرد دانه نسبت به مصرف به تنهایی هر کدام از کودهای شیمیایی و زیستی می‌شود. یزدانی و همکاران^۳ (۳۳) بیان نمودند که با کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با کود شیمیایی می‌توان مصرف کودهای شیمیایی فسفره را به میزان ۵۰ درصد بدون افت عملکرد دانه ذرت کاهش داد. همچنین توحیدی نیا و همکاران (۲) گزارش کردند که تلقیح بذرسویا با کودهای بیولوژیک به همراه نیمی از مقادیر کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش عملکرد دانه، نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده نسبت به مصرف به تنهایی کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم شده است.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک به طور معنی داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۳). در بین تیمارهای مختلف بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۲۰۵۰ کیلوگرم در هکتار از تیمار تلقیح با کود بیولوژیک و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) به دست آمد. تفاوت معنی داری بین دو

1 - Amujoyegbe

2 - Zahir

3- Yazdani

تیمار T3 و تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) از لحاظ عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد. مقدار ۹۵۴۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کمترین عملکرد بیولوژیک در این آزمایش در تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی سودوموناس و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) مشاهده شد (جدول ۴). کاربرد کود بیولوژیکی تلفیق با کود شیمیایی موجب افزایش تولید ماده خشک در ذرت شد دلیل آن را می توان به افزایش جذب عناصر غذایی و رشد بهتر گیاه نسبت داد (۸). میرزا و همکاران^۱ (۲۱) گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی علاوه بر تثبیت عناصر ضروری موجب تولید اکسین شده که این امر تارهای کشنده و بنابراین جذب مواد غذایی مصرفی را افزایش داده و تولید ماده خشک گیاه را بهبود می بخشد. جواد و همکاران^۲ (۱۷) نیز نشان دادند وزن خشک اندام های هوایی ذرت بر اثر کاربرد کودهای زیستی و باکتری های محرک رشد همزمان با مصرف کود شیمیایی نیتروژن و پتاسیم افزایش یافت.

نشاسته دانه

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان نشاسته دانه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). در تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) بیشترین میزان نشاسته دانه با میانگین ۶۹/۴ درصد حاصل شد. هرچند که تفاوت معنی داری بین دو تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) از لحاظ محتوای نشاسته مشاهده نشد. کمترین محتوای نشاسته با میانگین ۵۳/۷ درصد در تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) مشاهده شد (جدول ۴). افزایش میزان نشاسته دانه در دو تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) ممکن است به دلیل نقش مهم فسفر و پتاسیم در سنتز کربوهیدرات ها به خصوص نشاسته باشد. در این خصوص برخی از محققان اعلام نمودند که باکتری های محرک رشد ضمن کاهش مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، باعث افزایش رشد کلی گیاه، جذب عناصر غذایی و افزایش خصوصیات کیفی دانه نظیر پروتئین و نشاسته می شود (۳۴). بوراس و اوتگیو^۳ (۱۰) نیز گزارش کردند که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و بیولوژیک در ذرت نه تنها باعث افزایش جذب عناصر ضروری گیاه شده بلکه با کاهش رقابت بین منبع و مخزن باعث افزایش مقدار نشاسته دانه گردیده است. همچنین افزایش میزان نشاسته در تیمار تلفیقی می تواند به دلیل افزایش میزان فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دلیل افزایش کلروفیل و گسترش سیستم ریشه ای و در نتیجه بهبود جذب پتاسیم و فسفر توسط گیاه باشد (۱۲).

فسفر و پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که میزان پتاسیم دانه در سطح آماری یک درصد معنی دار ولی در مورد فسفر تفاوت معنی دار از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین میزان پتاسیم دانه با ۳/۸۵ درصد از تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) به دست آمد. کمترین مقدار با ۲/۹ درصد به تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و بدون کاربرد کود شیمیایی پتاسیم (T4) تعلق داشت. (جدول ۴). افزایش پتاسیم دانه در تیمار تلفیقی سودوموناس و کود شیمیایی پتاسیم ممکن است به افزایش دسترسی و جذب

1- Mirza

2- Javed

3- Borrás

عناصر فوق توسط گیاه و به خصوص تسریع انتقال آنها به دانه و اندام‌های زایشی باشد. توگی و همکاران^۱ (۲۷) و ابراهیمی و همکاران (۱) بیان کردند که افزودن باکتری محرک رشد سودوموناس به خاک اطراف ریشه، باعث افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، پتاسیم و سایر عناصر ضروری می‌گردد. همچنین ممکن است باکتری سودوموناس با ایجاد تعادل در pH خاک اطراف ریشه باعث افزایش حلالیت دو عنصر پتاسیم و تبدیل آنها به فرم قابل جذب توسط گیاه ذرت شده که منجر به افزایش جذب و انتقال این عنصر به دانه شده است (۱۹).

نتیجه گیری

در این آزمایش بیشترین عملکرد کمی و کیفی در شرایط تیمارهای تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده (T3) و تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی و کاربرد کود شیمیایی پتاسیم به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده (T5) حاصل شد. به نظر می‌رسد که باکتری سودوموناس در تلقیح با کود شیمیایی پتاسیم به میزان توصیه شده و ۵۰ درصد کمتر از میزان توصیه شده باعث افزایش جذب بهتر پتاسیم و در نتیجه شرایط رشدی مناسبتری را برای ذرت فراهم کرده است. لذا برای رسیدن به حداکثر عملکرد در ذرت، استفاده از باکتری سودوموناس در تلقیح با کود شیمیایی توصیه می‌شود. بطور کلی، از بین تیمارهای تلفیقی مورد مطالعه، تیمار T5 به عنوان تیمار مناسب به جهت مصرف کمتر کود شیمیایی پتاسیم و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی مربوط به آن پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- ۱- ابراهیمی، س.، بهرامی، ح.ع.، همایی، م.، ملکوتی، م. ج. و خاوازی، ک. ۱۳۸۳. نقش مواد آلی در اصلاح خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های کشور. روش‌های نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات)، دفتر طرح خودکفایی گندم، وزارت جهاد کشاورزی.
- ۲- توحیدی نیا، م. ع.، مظاهری، د.، حسینی، س.م. ب. و مدنی، ح. ۱۳۹۲. اثر مصرف توام کودزیستی بارور-۲ و کودشیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays*). رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، ۱۵ (۴): ۳۰۷-۲۹۵.
- ۳- راشد محصل، م. ح.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملافیلابی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات (ترجمه)، چاپ دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۴- کوچکی، ع. و سرمدنی، غ. ۱۳۹۱. فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۵- ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک در مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۶- میرزایی حیدری، م. ملکی، ع. و کرمی، ر. ۱۳۸۶. بررسی اثر کود زیستی فسفات و مقادیر متفاوت کود فسفره بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم. دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج. صفحه ۱۵۷.

- ۷- میری، ح. ر.، شوکتی، م. م. و آرمین، م. ۱۳۹۵. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به خشکی موضعی ریشه و مصرف پتاسیم. پژوهش های کاربردی زراعی. ۲۹(۱): ۴۶-۵۳.
- 8- **Amujoyegbe, B.J., Opbode, J.T. and Olayinka, A. 2007.** Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of *Zea mays* and *sorghum bicolor*. Plant Science. 46: 1869-1873.
- 9- **Bardiya, M.C. and Gaur, A.C. 1974.** Isolation and screening of microorganisms dissolving low grade rock phosphate. Folia Microbiological. 19:386-389.
- 10- **Borras, L. and Otegui, D.P. 2009.** Maize kernel composition and post flowering source-sink Ratio. Crop Science. 42: 780-790.
- 11- **Botrini, L., Lipucci di paola, M. and graifenberg. A.G. 2000.** Potassium affects sodium content in tomato plants growing in hydroponic cultivation under saline-sodic stress. Horticulture Science. 35: 1220- 1222.
- 12- **Cakmaci, R., Akmac, I.A. Figen, B. Adil, A. Fikretin, S. and Ahin, B.C. 2005.** Growth promotion of plants by plant growthpromoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry. 38:1482-1487.
- 13- **Campillo, R., Jobet, C. and Undurraga, P. 2010.** Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat CV. Kumpa-inia in andisols of southern. Chilean Journal of Agricultural Research. 70:122-131.
- 14- **Fernando, H. Pablo Calvino, A. Cirilo, A. and Barbieri, P. 2002.** Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interaction. Agronomy Journal. 94: 975-980.
- 15- **Fusheng, L. 2006.** Potassium and water interaction. International workshop on soil potassium and K fertilizer management. Agricultural College Guangxi University. 1-32.
- 16- **Hegde, D.M., Dwived, B.S. and Sudhakara, S.N. 1999.** Biofertilizers for cereal production in India-a review. Indian Journal of Agriculture Science. 69: 73-83.
- 17- **Javed, M., Arshad, M. and Ali, K. 1998.** Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. Pakistan Journal of Soil Science. 14: 36-42.
- 18- **Lixin, Z., Mei, G., Shengxiu, L., Ashok Kumar, A. and Muhammad, A. 2014.** Potassium fertilization mitigates the adverse effects of drought on selected *Zea mays* cultivars. Turk Journal Botany. 38:713-723
- 19- **Maerere, A.P., Kimbi, G.G. and Nonga, D.L.M. 2001.** Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of *Amaranthus* (*Amaranthus cruentus* L.). Australian Journal of Soil Technology. 1: 14-21.
- 20- **Maralian H., Talysh Michael, H. Shahbazi, K. and Torabi Gyglu, M. 2008.** Effect of foliar application of iron and zinc in improving the quantity and quality of seeds and cultivars. Agricultural research in water, Soil and Plants in Agriculture. 8: 47-59.
- 21- **Mirza, M.S., Rasul, G., Mehnazs Ladha, J.K., Ali, S. and Malik, K.A. 2000.** Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In: Ladha, J.K., Reddy, P.M. (eds) The quest for nitrogen fixation in rice. International Rice Research Institute. P: 191-204.
- 22- **Mubassara, S. U., Zahed, M., Khan, M., Motiur, R., Fazlul, K. and Aknod, M. 2008.** Seed inoculation effect of *Azospirillum* spp. on growth, biomass and yield parameters of wheat. Academic Journal of Plant Sciences. 1: 56-61.

- 23- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 2004. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*. 65:109–112.
- 24- Sani, B. 2014. Farming Systems Management (FSM) by Application of Bio-Fertilizer sand Farmyard Manure in Maize (*Zea mays* L.) Production. *Advances in Environmental Biology*. 8 (24): 156-161.
- 25- Singh, S. and Kapoor, K.K. 2007. Inoculation with PSM and a VAM fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biology of Fertility Soils*. 28: 139-144.
- 26- Sturz, A.V. and Christie, B.R. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*. 72: 107-123.
- 27- Togay, Y., Togay., N. Cig., F., Erman, M. and Celen, A.E. 2008. The effect of sulphur applications on nutrient composition, yield and some yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology*. 7: 3255-3260.
- 28- Umesha, S., Divya, M., Prasanna, K.S., Lakshmi pathi, R.N. and Sreeramulu, K.R. 2014. Comparative effect of organics and biofertilizers on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Current Agriculture Research Journal*. 3 (29): 5-12.
- 29- Vazques, P., Holguin, G. and Puente, M.E. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biology and Fertility of Soils*. 30: 460-468.
- 30- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 255: 571-586.
- 31- Westerman R.L. 1990. Soil Testing and Plant analysis. 3rd Edition, Soil Science Society of America Book Series, Number 3, Madison, Wisconsin, USA.
- 32- William, D.B. Widdicom and Kurtd, B. 2002. Row width and plant density effects on corn forage hybrids. *Agronomy Journal*. 894: 326-330.
- 33- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H. and Esmaili, M.A. 2009. Effect of Phosphate Solubilization Microorganisms (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 1:90-92.
- 34- Zahir, A.Z., M. Arshad, and Frankenberger, W.F. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria. *Advance Agronomy*. 81: 97-168.

Effect of *Pseudomonas* and chemical fertilizer of potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics of corn (*Zea mays* L.)

Layla Neiyeshpoor¹, Seyed Keyvan Marashi^{2*} and Abolali Gilani³

1. M.S. student, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2. Assistant professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

3. Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran

Corresponding Author; Email: marashi_47@yahoo.com

(Received: 21 November 2017; Accepted: 6 March 2018)

Abstract

In order to investigate the effect of growth promoting bacteria and potassium sulfate fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of corn an experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted in summer 2015 in Shavour Agricultural Research Station, affiliated to the Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan. The treatments included: T1: Without inoculation and use of potassium fertilizer at recommended rate (as control), T2: using autoclaved inoculum and using chemical fertilizer of potassium as recommended, T3: inoculation with biological fertilizer of *Pseudomonas* and application of potassium fertilizer to Recommended rate, T4: Inoculation with biological fertilizer of *Pseudomonas* without the use of potassium fertilizer and T5: Inoculation with biological fertilizer of *Pseudomonas* and Potassium fertilizer use were 50% less than recommended rate. The results showed that the effect of treatments on the number of rows per ear, number of seeds per row, 1000 grain weight, grain yield, biological yield, starch percentage and potassium percentage of seed and in regard to phosphorus percentage was not significant. The maximum grain yield and biological yield was belonged to T3 treatment. T4 treatment showed the minimum grain yield and biological yield. There was no significant difference between two treatments of T3 and T5 in terms of starch percentage. The highest amount of potassium was obtained from T3 treatment and showed the lowest amount of T4 treatment. In general, there was no significant difference between T3 and T5 treatments in terms of quantitative and qualitative characteristics of yield and the T5 treatment was recommended as a suitable treatment due to reduced potassium fertilizer in terms of sustainable agriculture and reduction of environmental pollution.

Key words: Biological fertilizer, grain yield, phosphorus, potassium, starch

