دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۶
http://arpe.gonbad.ac.ir

تأثیر منابع مختلف پتاسیم در مقاومت به خشکی ذرت در شرایط مدیریت کم آبیاری

ستار کاظمی[۱]، سید کیوان مرعشی[۲]*

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز
[۲]استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۳۰

چکیده

مقدمه: پتاسیم از جمله عناصری است که مقاومت گیاهان را در برابر کم آبی افزایش می‌دهد. بنابراین تأمین پتاسیم با در نظر گرفتن روابط زیست‌محیطی از اهمیت به‌سزایی در رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار برخوردار است. لذا این آزمایش با هدف بررسی تأثیر منابع مختلف پتاسیم بر مقاومت به خشکی ذرت اجرا شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف کود پتاسم روی مقاومت ذرت به خشکی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۳۹۵ اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل مدیریت کم آبیاری در کرت‌های اصلی به‌صورت: ۱) آبیاری کامل جویچه‌ها (شاهد)، ۲) آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت و ۳) آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان متغیر و منابع کود پتاسیم در کرت‌های فرعی شامل: ۱) تماماً از طریق کود شیمیایی سولفات‌پتاسیم (شاهد)، ۲) تماماً از طریق کود شیمیایی سولوپتاس و ۳) ۵۰ درصد از طریق سولفات‌پتاسیم و مابقی از طریق کود زیستی پتابارور۲. در این آزمایش صفاتی نظیر ماده خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

نتایج: نتایج نشان داد مدیریت آبیاری و منابع مختلف کود پتاس تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و عملکرد دانه داشت. بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۵۴۶۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کامل جویچه‌ها (شاهد) و مصرف توأم کود زیستی و کود شیمیایی و کم‌ترین میزان در

*نویسنده مسئول: marashi_47@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

شرایط آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت و مصرف سولوپتاس با میانگین ۲۹۶۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی در مناطق با محدودیت منابع آب اعمال مدیریت آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان متغیر و مصرف توأم کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند علاوه‌بر تولید محصول کافی، مصرف کود شیمیایی را نیز کاهش دهد و این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط زیست می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، کود زیستی، عملکرد، ماده خشک

مقدمه

کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده و احتمال وقوع خشک‌سالی در آن فراوان است؛ بنابراین اجرای تکنیک‌های کم‌آبیاری به‌منظور بهره‌وری بیش‌تر از منابع محدود آب راهکاری علمی به‌منظور کاهش مصرف آب به‌شمار می‌رود (Stoll *et al*., 2015). کمبود آب در خاک پدیده‌ای متداول در کشت گیاهان است و می‌تواند اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای را بر رشد و نمو آن‌ها بگذارد. آن دسته از فرآیندهای گیاهی که به افزایش حجم سلول‌ها (فشار تورگر) وابسته هستند، حساسیت زیادتری به کمبود آب دارند. دو نمونه مهم از این فرآیندها عبارتند از تبادل گازی برگ که به حجم (فشار تورمی) سلول‌های محافظ وابسته است و افزایش سطح برگ که به گسترش سلولی متکی می‌باشد. بازداری این فرآیندها در شرایط خشکی می‌تواند به افت قابل ملاحظه رشد منجر شود (Soltani *et al*., 2000).

عمده‌ترین صدماتی که در اثر کاهش آب در گیاهان بروز می‌کند عبارتند از: کاهش رشد، کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش تولید مواد غذایی و افزایش تنفس گیاه (Fredrick *et al*., 1990). کاهش عملکرد ذرت بر اثر کمبود آب بستگی به عواملی مانند مرحله نموی گیاه، شدت و طول مدت کمبود آب و میزان حساسیت رقم دارد (Ouottar *et al*., 1987). گیاهان هنگامی‌که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، برای این‌که از اثرات تنش خشکی فرار کنند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کنند. بنابراین به‌دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه، وزن نهایی دانه‌ها کم‌تر می‌شود (Fredrick *et al*.,1990). پژوهش‌گران زیادی بیان نموده‌اند که تنش خشکی باعث کاهش وزن دانه می‌شود (Heatherly *et al*., 1990; Ouottar *et al*., 1987). محققان اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد ذرت را به‌دلیل کاهش سطح برگ و کاهش شاخص برداشت گزارش کردند (Earl and Davis, 2003).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

در بین عناصر غذایی، پتاسیم یکی از ترکیبات اصلی پوسته زمین است (Malakoty and Homaee, 2004). پتاسیم باعث فعال شدن حدود ۶۰ آنزیم گیاهی می‌شود از جمله فعال‌کننده آنزیم ATP می‌باشد و بر باز و بسته شدن روزنه‌ها دخالت دارد. پتاسیم عنصری است که مقاومت گیاهان را در برابر کم آبی، تنش شوری افزایش می‌دهد و خاصیت انبارداری و کیفیت محصول را بالا می‌برد (Malakoty and Gheab, 2000). نیاز غذایی ذرت در مقایسه با سایر گیاهان زراعی از نظر ازت، فسفر و پتاسیم در سطح بالاتری قرار دارد. بنا به گزارش کرائوس (Krauss, 1994) مقدار برداشت پتاسیم توسط ذرت بیش‌تر از نیتروژن است ضمناً این نبات در طول روز حدود ۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم برداشت می‌کند که این مقدار برداشت در مقایسه با برداشت پتاسیم توسط بسیاری از نباتات دیگر بالاتر است. فوشینگ (Fusheng, 2006) وظایف پتاسیم را چنین بیان کرده است: فعال‌سازی آنزیم‌ها، افزایش‌دهنده فرآیند فتوسنتز، سنتز کربوهیدرات‌ها و نقل و انتقال کربوهیدرات‌های سنتز شده در فرآیند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، بهبودی و افزایش در مقاومت گیاهان به استرس‌ها.

در آزمایشی ارکوئیرو و همکاران (Arquero *et al.*, 2006) بیان نمودند که تنش آبی باعث افت در آبگیری برگ می‌شود که این امر نیز به‌نوبه خود باعث اختلال در انتشار پتاسیم توسط کوتیکول می‌گردد. محمدیان و همکاران (Mohammadian *et al.*, 2004) در آزمایشی که اثرات تنش آبی و کود پتاسیم را بر عملکرد ارقام ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار داده بودند، نتیجه گرفتند شاخص‌های رشدی ارقام ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آبی و تیمار پتاسیم قرار گرفت. ایشان بیان نمودند که کاربرد پتاسیم تأثیرات مثبتی بر روی میزان محصول و کارآیی مصرف آب داشت، اگر میزان پتاسیم کاهش یابد، روزنه‌ها به‌طور مطلوب به وظایف خود عمل نمی‌کنند و فرآیند فتوسنتز و میزان سرعت رشد محصول را مختل می‌کنند. بنابراین تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر منابع پتاسیم در جهت کاهش اثر کم آبیاری در گیاه ذرت اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان ۱۳۹۵ به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا انجام شد. در این آزمایش بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ مطابق با عرف منطقه مورد استفاده قرار گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل مدیریت آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح ۱) آبیاری کامل جویچه‌ها به‌صورت نرمال (شاهد) (I_1)، ۲) آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت (I_2) و ۳) آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان متغیر (I_3) و منابع کود پتاسیم به‌عنوان فاکتور فرعی در سه سطح ۱) تماماً از طریق کود شیمیایی سولفات‌پتاسیم

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

(شاهد) (K_1)، ۲) تماماً از طریق کود شیمیایی سولوپتاس (K_2) و ۳) ۵۰ درصد از طریق سولفات‌پتاسیم و مابقی از طریق کود زیستی پتابارور۲ (K_3).

در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر، جویچه‌ها به‌صورت یک در میان آبیاری می‌شوند؛ به این ترتیب که در یک آبیاری دو جویچهٔ کناری و در آبیاری بعدی فقط جویچه وسط آبیاری می‌شود. کود سولفات‌پتاسیم در تیمار شاهد (تماماً از طریق سولفات‌پتاسیم) به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه، کود سولوپتاس به‌میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار همراه با اولین آبیاری و در تیمار استفاده از کود زیستی پتابارور ۲، بذرها قبل از کاشت در شرایط سایه به‌میزان ۱۰۰ گرم در هکتار، تلقیح و بلافاصله کاشت بذر انجام شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح خاک قبل از کاشت بود. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت و شروع تحقیق از پنج قسمت از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد و پس از خرد کردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری گذرانده شدند و یک نمونه مرکب از آن‌ها تهیه شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه از لحاظ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1 -Physical and chemical properties of the soil (deep of 0-30 cm)

pH	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	پتاسیم K (mg/kg)	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg/kg)	کربن آلی OC (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)
7.58	3.15	142.6	0.058	15.8	0.17	13.52	22	41

مقدار کود ازته و فسفره مورد نیاز براساس تجزیه خاک قبل از کشت تعیین گردید و به قطعه زمین آزمایشی اضافه شد. بعد از آماده‌سازی زمین و تهیه جوی و پشته مقادیر مشخص شده سولفات‌پتاسیم برای هر کرت با توجه به تیمار مورد نظر، توزین و به کمک بیل با خاک مخلوط شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کشت به طول ۶ متر، فاصله خطوط از هم ۷۵ سانتی‌متر، فاصله بذرها روی هر ردیف ۱۸ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های اصلی دو خط کشت نشده و فاصله بین کرت‌های فرعی یک خط کشت نشده بود. در همه تیمارها اولین آبیاری بعد از کاشت بذر انجام شد و تا مرحله شش برگی مطابق عرف منطقه و براساس اقلیم و خاک ادامه یافت و پس از آن تیمارهای مختلف آبیاری اعمال شدند. ضمناً فواصل آبیاری در کلیه تیمارهای مدیریت آبیاری براساس تیمار شاهد (آبیاری کامل جویچه‌ها به‌صورت نرمال) بود.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

فواصل آبیاری در تیمارهای مختلف مطابق مطلوب منطقه و براساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. برای اندازه‌گیری شاخص‌های رشد از قبیل شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص در سه مرحله ساقه رفتن، ظهور گل‌آذین نر و پر شدن دانه نمونه‌برداری از ۵ بوته در هر تیمار انجام گرفت. برای اندازه‌گیری ماده خشک گیاه، نمونه‌ها در داخل آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ تعیین شد. سرعت رشد محصول (CGR[۲]) بر حسب گرم بر مترمربع در روز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Sarmadnia and Kochaki, 2001).

$$CGR = (W_2 - W_1) / GA (T_2 - T_1)$$

W_2-W_1: وزن ماده خشک تولیدی در دو برداشت متوالی

T_2-T_1: فاصله زمانی بین دو برداشت متوالی

GA: سطح زمین اشغال شده توسط گیاه در زمان نمونه‌گیری

سرعت فتوسنتز خالص (NAR[۳]) بر حسب گرم بر مترمربع سطح برگ در روز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Sarmadnia and Kochaki, 2001).

$$NAR = CGR / LAI$$

CGR: سرعت رشد محصول

LAI: شاخص سطح برگ

عملکرد دانه پس از خرمن‌کوبی و بوجاری بلال‌ها در دو خط میانی به مساحت ۳ مترمربع در هر کرت آزمایشی تعیین گردید. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

ماده خشک کل: نتایج نشان داد اثر الگوهای مختلف کم آبیاری، منابع پتاسیم و برهم‌کنش بین آن‌ها بر ماده خشک کل در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی برهم‌کنش الگوهای مختلف آبیاری و تیمارهای کودی پتاسیم، بیش‌ترین ماده خشک کل در شرایط آبیاری کامل

[2] Crop Growth Rate
[3] Net Assimilation Rate

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

جویچه‌ها به‌صورت نرمال (شاهد) و مصرف توأم کود زیستی و کود شیمیایی و کم‌ترین میزان در شرایط آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت و مصرف سولوپتاس اختصاص داشت (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 2- Result of analysis variance (MS) of studied traits under different irrigation management and potassium

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ماده خشک کل Total dry matter		
		ساقه رفتن Stem elongation	ظهور گل آذین نر Tassel emergence	مرحله پر شدن دانه Grain filling
تکرار Replication	2	55.5	137.4	189.4
آبیاری Irrigation (I)	2	875.1*	3175.1*	3931.5**
خطای a	4	391.7	361.5	371.4
پتاسیم Potassium (K)	2	609.8*	825.7*	2197.4**
I × K	4	3135.7**	2321.5**	1547.2**
خطا Error	12	255.6	297.6	85.4
ضریب تغییرات CV (%)		9.6	11.4	13.1

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

کاهش ماده خشک کل را در آبیاری جویچه‌ای به‌صورت یک در میان به کاهش هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز خالص و زمان مراحل نمو گیاه نسبت داده شده است (Tagheianaghdam *et al*., 2015). نتایج این آزمایش با نتایج سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2007) نیز مطابقت داشت. نتایج آزمایش فاروقی و همکاران (Farooqi *et al*., 2004) بر ارزن نشان داد که کمبود آب منجر به کاهش تعداد ریشه‌های فرعی و تجمع ماده خشک گردید و کاربرد پتاسیم منجر به افزایش گسترش ریشه‌ها و تجمع ماده خشک گردید. زهیر و همکاران (Zahir *et al*., 2004) اظهار داشتند که کاربرد کودهای بیولوژیک در افزایش ماده خشک ذرت تأثیر دارند؛ زیرا این کودها در تولید ترکیبات محرک رشد نظیر

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

ایندول استیک اسید، جیبرلین و نیز ویتامین‌ها کمک می‌کنند. میرزا و همکاران (Mirza *et al.*, 2000) بیان داشتند که کودهای زیستی در تولید هورمون اکسین دخالت دارند و این امر در افزایش تارهای کشنده، بهبود جذب عناصر غذایی و تولید مادهٔ خشک در گیاه مؤثر می‌باشد. منبری و همکاران (Mnbari *et al.*, 2015) نیز بیان داشتند که بیشترین وزن‌تر و وزن خشک بوته شنبلیله مربوط‌به تیمار کود تلفیقی و کم‌ترین وزن تر و وزن خشک مربوط به مصرف به تنهایی تیمار پتاس بارور۲ بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 3- The mean comparison of studied traits under different irrigation management and potassium

آبیاری Irrigation	پتاسیم Potassium	ماده خشک کل Total dry matter (g/m^2) ساقه رفتن Stem elongation	ظهور گل آذین نر Tassel emergence	مرحله پر شدن دانه Grain filling
I_1	K_1	374.5b	791.5a	1374.7 b
	K_2	344.2cd	716.3b	1198.8c
	K_3	405.7a	806.5a	504.3a
I_2	K_1	302.4e	676.5c	1196.5c
	K_2	271.5f	601.2d	1017.7e
	K_3	332.3d	691.7bc	1353.6b
I_3	K_1	332.3d	711.4b	1224.6c
	K_2	303.6e	636.3cd	1074.5d
	K_3	365.4bc	726.5b	1380.5b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different (LSD Test).

شاخص سطح برگ (LAI): شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای مختلف کم آبیاری، منابع پتاسیم و برهم‌کنش بین آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴). نتایج برهم‌کنش مدیریت آبیاری و منابع کود پتاسیم نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ به تیمار آبیاری کامل و مصرف توأم کود زیستی و کود شیمیایی اختصاص یافت (جدول ۵). کم‌ترین شاخص سطح برگ نیز در تیمار آبیاری یک در میان ثابت و در شرایط استفاده از سولوپتاس به‌دست آمد (جدول ۵).

در این آزمایش همان‌طوری‌که ولف و همکاران (Wolfe *et al.*, 1988) و شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2011) نیز اشاره کرده‌اند کمبود آب در روش آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت می‌تواند از طریق تسریع در پیر شدن برگ‌ها، کاهش توسعه برگ‌ها و افزایش ریزش برگ‌های

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

پایینی باعث کاهش شاخص سطح برگ ذرت گردد. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف کود شیمیایی توأم با کودهای زیستی در افزایش شاخص سطح برگ مؤثر است در این خصوص طلایی و همکاران (Talaei *et al.*, 2014) نیز به کاهش مصرف کودهای شیمیایی همراه با افزایش صفاتی نظیر شاخص سطح برگ، تعداد پنجه و عملکرد بیولوژیک در شرایط مصرف کودهای زیستی اشاره کرده‌اند. این تأثیرات ممکن است به‌دلیل افزایش میزان جذب عناصر توسط گیاه باشد. بیان شده است که کود زیستی حاوی باکتری حل‌کننده پتاسیم می‌باشند که ترکیبات نامحلول پتاسیم موجود در خاک اطراف ریشه را تجزیه کرده و با رهاسازی این یون در جذب بهینه پتاسیم مؤثر می‌باشند (Kochaki *et al.*, 2005). به‌نظر می‌رسد که کارایی این باکتری‌ها در شرایط مصرف کودهای شیمیایی بیش‌تر بوده است.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 4- Result of analysis variance (MS) of studied traits under different irrigation management and potassium

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	شاخص سطح برگ Leaf area index		
		ساقه رفتن Stem elongation	ظهور گل آذین نر Tassel emergence	مرحله پر شدن دانه Grain filling
تکرار Replication	2	1.9	2.06	1.9
آبیاری Irrigation (I)	2	15.9**	18.2**	8.5*
خطای a	4	2.45	2.5	3.4
پتاسیم Potassium (K)	2	9.9**	11.5**	6.5*
I × K	4	7.6**	9.1**	13.3**
خطا Error	12	1.5	2.2	2.3
ضریب تغییرات CV (%)		10.7	6.9	8.4

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم
Table 5- The mean comparison of studied traits under different irrigation management and potassium

آبیاری Irrigation	پتاسیم Potassium	شاخص سطح برگ Leaf area index		
		ساقه رفتن Stem elongation	ظهور گل آذین نر Tassel emergence	مرحله پر شدن دانه Grain filling
I_1	K_1	2.252a	4.2ab	3.05 b
	K_2	2.05b	3.7cd	2.7bc
	K_3	2.35a	4.5a	3.4a
I_2	K_1	1.93bc	3.7cd	2.5cd
	K_2	1.73cd	3.3ef	2.3de
	K_3	2.04b	4.1b	2.7bc
I_3	K_1	2.01b	3.9bc	2.7bc
	K_2	1.8c	3.5de	2.4d
	K_3	2.11b	4.1b	3.06b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).
Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different (LSD Test).

سرعت رشد محصول (CGR): نتایج نشان داد که اثرات الگوهای مختلف کم آبیاری، منابع پتاسیم و برهم‌کنش الگوهای مختلف کم آبیاری و منابع پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در مراحل مختلف رشدی بیش‌ترین میزان سرعت رشد محصول به برهم‌کنش آبیاری کامل جویچه‌ها و مصرف کود زیستی توأم با کود شیمیایی و کم‌ترین سرعت رشد در شرایط آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت و مصرف سولوپتاس مشاهده شد (جدول ۷).

به‌نظر می‌رسد که کمبود آب در سیستم آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت از طریق کاهش فتوسنتز جاری منجر به کاهش سرعت رشد محصول شده است؛ زیرا یکی از اثرات مهم تنش خشکی در گیاه بسته شدن روزنه‌ها و جلوگیری از جذب CO_2 است که می‌تواند فتوسنتز را دچار اختلال کند (Sarmadnia and Kochaki, 2001). نتایج این تحقیق با مشاهدات ساجدی و اردکانی (Sajedi and Ardakani, 2008) مطابقت داشت. شریفی و همکاران (Sharifi *et al.*, 2011) نیز گزارش کردند که تسریع در پیر شدن، ریزش برگ‌های پایینی و کاهش شاخص سطح برگ منجر به کاهش سرعت رشد محصول در گیاه می‌گردد. در این آزمایش مصرف کودهای زیستی همرا با کود شیمیایی در افزایش سرعت رشد محصول موثر بوده است.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 6- Result of analysis variance (MS) of studied traits under different irrigation management and potassium

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	سرعت رشد محصول Crop growth rate	
		ساقه رفتن تا ظهور گل آذین نر Stem elongation till tassel emergence	ظهور گل آذین نر تا پر شدن دانه Tassel emergence till grain filling stage
تکرار Replication	2	21.5	14.1
آبیاری Irrigation (I)	2	302.6**	264.3**
خطای a	4	28.7	19.5
پتاسیم Potassium(K)	2	246.9**	211.2**
I × K	4	198.7**	195.1**
خطا Error	12	15.6	11.7
ضریب تغییرات CV (%)		8.7	11.5

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

کشاورز زرجانی و همکاران (Keshavarz Zarjani *et al*., 2013) بیان نمودند که باکتری‌های محرک رشد در شرایط مصرف کود پتاس توانایی بیش‌تری در حلالیت عناصر غذایی و افزایش سرعت رشد محصول دارند. هم‌چنین گزارش شده است که با افزایش میزان پتاسیم در خاک، تثبیت دی‌اکسید کربن در گیاه افزایش و منجر به افزایش وزن خشک گیاه می‌گردد (Khaldrin and Islamzadeh, 2005). کاسیم و همکاران (Kasim *et al*., 2013) نیز در تحقیقی تحت عنوان کنترل تنش خشکی در گندم با استفاده از باکتری‌های محرک رشد دریافتند که تلقیح باکتریایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان آسیب حاصل از تنش خشکی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین بیان شده است که کودهای بیولوژیک به‌صورت مستقیم با تحریک رشد گیاه از طریق مکانیسم‌های تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی و یا غیر مستقیم با کنترل عوامل بیماریزا به رشد بیش‌تر گیاه کمک می‌کنند (Saleh Rastin, 1998).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 7- The mean comparison of studied traits under different irrigation management and potassium

آبیاری Irrigation	پتاسیم Potassium	سرعت رشد محصول Crop growth rate	
		ساقه رفتن تا ظهور گل آذین نر Stem elongation till tassel emergence	ظهور گل آذین نر تا پر شدن دانه Tassel emergence till grain filling stage
I_1	K_1	36.1b	24.5b
	K_2	32.2c	22.5bc
	K_3	39.5a	27.7a
I_2	K_1	26.1e	17.7d
	K_2	22.1f	13.5e
	K_3	31.5c	18.7d
I_3	K_1	30.5cd	18.2d
	K_2	26.6e	14.9e
	K_3	33.9bc	22.5bc

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different (LSD Test).

سرعت فتوسنتز خالص (NAR): نتایج نشان داد که اثر الگوی آبیاری و منابع کود پتاسیم و برهم‌کنش آن‌ها بر سرعت فتوسنتز خالص معنی‌دار بود (جدول ۸). بیش‌ترین سرعت فتوسنتز خالص متعلق به تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها به‌صورت نرمال (شاهد) و مصرف کود پتاسیم همراه با کود زیستی و کم‌ترین آن در تیمار کودی تماماً از طریق سولوپتاس در شرایط تیمار آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت مشاهده شد (جدول ۹).

نتایج این تحقیق نشان داد مصرف کودهای شیمیایی همراه با کودهای زیستی باعث افزایش کارایی کودهای زیستی می‌گردد. هم‌چنان که شریفی و همکاران (Sharifi *et al*., 2012) بیان نمودند که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی باعث افزایش توان تولید ذرت می‌گردد که نتایج این تحقیق با نتایج آن‌ها مطابقت داشت. مرزبان (Marzban *et al*., 2014) در تحقیق خود روی لوبیای تلقیح شده با باکتری تولیدکننده ازت و پتاس و فسفر مشاهده کرد که گیاهان تلقیح شده با باکتری سرعت فتوسنتز خالص بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشتند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 8- Result of analysis variance (MS) of studied traits under different irrigation management and potassium

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	سرعت جذب خالص Net assimilation rate ($g/m^2/day$)	
		ساقه رفتن تا ظهور گل آذین نر Stem elongation till tassel emergence	ظهور گل آذین نر تا پر شدن دانه Tassel emergence till grain filling stage
تکرار Replication	2	8.7	3.4
آبیاری Irrigation (I)	2	46.7*	59.6**
خطای a	4	16.4	7.7
پتاسیم Potassium(K)	2	39.6*	27.4*
I × K	4	75.5**	51.1**
خطا Error	12	13.9	11.5
ضریب تغییرات CV (%)		10.3	9.4

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively

هم‌چنین حیدری سیاه خلکی و همکاران (Haydari Siah Khalak *et al*., 2012) گزارش کردند که تلقیح بذرهای گندم با باکتری محرک رشد هم‌زمان با مصرف عناصر غذایی منجر به افزایش محتوای کلروفیل و سرعت فتوسنتز خالص شد. در آزمایش کاپولنیگ و همکاران (Kapulnik *et al*., 1982) نیز تلقیح بذرهای ذرت با باکتری سودوموناس و آزوسپریلیوم هم‌زمان با کاربرد پتاسیم باعث افزایش تعداد برگ، میزان کلروفیل در برگ‌ها و سرعت جذب خالص شد. نتایج این آزمایش با نتایج و کاپولنیگ و همکاران (Kapulnik *et al*., 1982) نیز در راستای بهبود سرعت جذب خالص در تیمار تلفیقی پتاسیم و کود بیولوژیک هم‌خوانی دارد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 9- The mean comparison of studied traits under different irrigation management and potassium

		سرعت جذب خالص Net assimilation rate ($g/m^2/day$)	
آبیاری Irrigation	پتاسیم Potassium	ساقه رفتن تا ظهور گل آذین نر Stem elongation till tassel emergence	ظهور گل آذین نر تا پر شدن دانه Tassel emergence till grain filling stage
I_1	K_1	8.6 8.5a	7.9 a
	K_2	8.5a	8.1a
	K_3	8.8a	8.1a
I_2	K_1	6.9bc	6.7b
	K_2	6.6c	5.8bc
	K_3	7.8b	6.9b
I_3	K_1	7.8b	6.7 b
	K_2	7.5b	6.1 bc
	K_3	8.1ab	8.3ab

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different (LSD Test).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار الگوهای مختلف آبیاری، منابع پتاسیم و برهم‌کنش بین آن‌ها در سطح یک درصد بر عملکرد دانه بود (جدول ۱۰). بیش‌ترین عملکرد دانه با ۵۴۶۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به برهم‌کنش آبیاری کامل جویچه‌ها و مصرف توأم کود شیمیایی و کود زیستی و کم‌ترین عملکرد دانه از آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت و مصرف کود شیمیایی سولوپتاس با میانگین ۲۹۶۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۱۱).

کنگ و همکاران (Kang *et al.*, 2007) با مقایسه آبیاری تمام جویچه‌ها و آبیاری یک در میان متناوب در ذرت به این نتیجه رسیدند که آبیاری یک در میان متناوب، ضمن تولید عملکرد دانه مناسب، سبب صرفه‌جویی ۵۰ درصدی در مصرف آب شده است. در آزمایش دیگر خرامیان (Khoarramian, 2002) گزارش نمود که روش آبیاری یک در میان تا مرحله گلدهی و پس از آن آبیاری تمام جویچه‌ها در ذرت علاوه بر عملکرد بالا، سبب صرفه‌جویی ۳۰ درصدی در آب مصرفی می‌شود. سپاسی و همکاران (Sepasi, 2012) نیز بیان نمودند کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش آب می‌تواند به‌علت کاهش فتوسنتز و توقف کلروفیل‌سازی، کاهش فعایت آنزیم‌های احیاءکننده نیترات و افزایش آنزیم‌های هیدرولیزکننده نظیر آمیلاز باشد. نتایج آزمایش نشان داد مصرف کودهای زیستی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

همراه با کودهای شیمیایی در افزایش میزان عملکرد مؤثر است. ایگال و همکاران (Igual and Rodriguez-Barrueco, 2002) طی آزمایشی گزارش کردند که مصرف باکتری‌های حل‌کننده فسفر و پتاسیم موجب افزایش حلالیت عناصر نامحلول و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در جو و نخود شد. سوباروا (SubbaRoa, 1998) گزارش کرد که تغذیه کافی گیاه با پتاسیم و فسفر باعث استحکام بافت‌های گیاهی و به تعویق افتادن ریزش برگ‌ها، افزایش بقای برگ و شادابی برگ‌ها خصوصاً در مرحله دوره پرشدن دانه می‌گردد که نهایتاً منجر به تداوم فتوسنتز و افزایش در عملکرد خواهد شد.

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 10- Result of analysis variance (MS) of studied traits under different irrigation management and potassium

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	6211
آبیاری Irrigation (I)	2	47322**
خطای a	4	7459
پتاسیم Potassium (K)	2	38326**
I × K	4	225724**
خطا Error	12	4744
ضریب تغییرات CV (%)		10.2

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد در شرایط تغییر الگوی آبیاری از حالت آبیاری کامل به حالت آبیاری یک در میان جویچه‌ها شاخص‌های رشد نظیر ماده خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و حجم آب مصرفی به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار گرفت که منجر به کاهش عملکرد گردید. از بین دو نوع مدیریت کم آبیاری، آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان متغیر هم‌زمان با

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

مصرف پتاسیم از طریق کود شیمیائی و زیستی برتری قابل توجهی را نسبت به الگوی آبیاری یک در میان ثابت نشان داد. در مجموع در مناطق با محدودیت منابع آب استفاده توأم از کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند علاوه بر تولید محصول کافی، مصرف کود شیمیایی پتاسه را کاهش دهد و این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط زیست می‌کند و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و پتاسیم

Table 11- The mean comparison of studied traits under different irrigation management and potassium

آبیاری Irrigation	پتاسیم Potassium	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
I_1	K_1	5175 b
	K_2	4839bc
	K_3	5463a
I_2	K_1	3363f
	K_2	2966g
	K_3	3486ef
I_3	K_1	4042d
	K_2	3644e
	K_3	4164d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون LSD).

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different (LSD Test).

منابع

Arquero O., Barranco D., Benlloch M. 2006. Potassium starvation increases stomata conductance in olive trees. Horticulture Science, 41: 433-436.

Earl H.J., Davis R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, 95: 688-696.

Farooqi A.A., Bssreeramu K.H., Sriniva S. 2004. Cultivation of spice crops. Universities Press, Pp: 128-148.

Fredrick J.R., Below F.E., Hesketh J.D. 1990. Carbohydrate, nitrogen and dry matter of maize hybridsunder drought stress. Accumulation and partitioning Botany, 66: 407-415.

Fusheng L. 2006. Potassium and water interaction. International workshop on soil potassium and K fertilizer management. China, 197 p.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

Haydari Siah Khalak M.S., Sayed Sharifi R., Sedghi M. 2012. The effect of seed insemination on growth stimulating bacteria (PGPR) and nitrogen fertilization time on yield, speed and wheat grain filling time. Journal of Seed Science and Technology, 3. (In Persian).

Heatherly L.G., Wesley R.A., Elmore C.D. 1990. Corn, sorghum and soybean response to the irrigation in the Mississippi river alluvial plain. Crop Science, 30: 665-672.

Igual J.M., Rodriguez-Barrueco C. 2002. Phosphate solubilizing bacteria as inoculants for agriculture. In: The proceeding of the First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilizing, 16-19 July, Salamanca, Spain.

Kang S., Liang Z., Pan Y., Shi P., Zhang J. 2007. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. Agriculture Water Manage, 45(3): 25-33.

Kapulnik Y., Sarig S., Nur A., Okon Y., Henis Y. 1982. The effect of *Azospirillum inoculation* on growth and yield of corn. Israel Journal of Botany, 31: 247-255.

Kapulnik Y., Sarig S., Nur A., Okon Y., Henis Y. 1982. The effect of *Azospirillum* priming on growth and yield of corn. Journal of Botany, 31: 247-255.

Kasim W.A., Osman M.E., Omar M.N., Abd El-Daim I.A., Abd El-Daim I.A., Bejai S., Meijer J. 2013. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. Journal of Plant Growth Regulation, 32 (1): 122-130.

Keshavarz Zarjani C., Aliasghar Zad N., Oustan S. 2013. Effects of six strains of potassium releasing bacteria on growth and potassium uptake of tomato plant. Journal of Water and Soil Science, 32 (2): 245-255. (In Persian).

Khaldrin B., Islamzadeh T. 2005 Organic Mineral Nutrition. Volume I, Shiraz University Press, 500 p. (In Persian).

Khoarramian M. 2002. Effect of deficit irrigation by alternate furrow irrigation method on the corn yield in north of Khuzestan. Journal of Agricultural Engineering Research, 3 (11): 91-101. (In Persian).

Kochaki A.S., Gholami A., Mahdavi Damghani A.S., Tabrizi L. 2005. Principles of Agriculture. Ferdowsi University Press, Mashhad, 385 p. (In Persian).

Krauss A. 1994. Potassium in soils dynamic and availability. Iran Agro Food Export Promotions Center, Tehran, 42 p. (In Persian).

Malakoty M.J., Gheab M.N. 2000. Determination of the critical level of effective nutrient elements in soil, plant and fruit. Registration number in Agricultural Science Information Center, (In Persian).

Malakoty M.J., Homaee M. 2004. Fertility of soils in arid zones (problems and solutions). Tarbiat Modares University Press, Tehran, 185 p. (In Persian).

Marzban Z., Amerian M.R., memarabadi M. 2014 Investigating the root characteristics and colonization index in cowpea and maize using mesorrhizobium bacteria and mycorrhiza in intercropping. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 4 (2): 169-185. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

Mirza M.S., Rasul G., MehnazsLadha J.K., Ali S., 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, Pp: 191-204.

Mnbari S., Alizadeh Soltateh S., Boland Nazar S. 2015. Comparison of Potabarvar2 biofertilizer and chemical fertilizers on yield and growth of fenugreek (*foenum-graecum Trigonella*). 2nd Conference on Horticultural Sciences Biology. (In Persian).

Mohammadian R., Ahmadian M., Ghalebis, S. 2004. Effects of potassium application under different irrigation intervals on yield and water use efficiency of two genotypes of sugar beet in furrow irrigation. Journal of Sugar Beet, 20: 55-72.

Ouottar S.R., Jones R.J., Crookston R.K. 1987. Effects of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. Crop Science, 27: 726-730.

Sajedi N.A., Ardakani M.A. 2008. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. Iranian Journal of Field Crops Research, 6: 99-110. (In Persian).

Saleh Rastin N. 1998. Biological fertilizers. Journal of Soil and Water Sciences, 12 (3): 1-36. (In Persian).

Sarmadnia Kochaki A. 2001. Plant Physiology. Mashhad University Press, 467 p. (In Persian).

Sepasi S.H., Kelarastaghi K., Ebrahimi H. 2012. Effects of different levels drought Stress and plant density on yield and yield components of corn (*Zea mays*, SC. 704). Journal of Crops Ecophysiology, 6 (23): 279-288. (In Persian).

Sharifi M., Mirzakhani M., Sajedi N.A. 2012. Effect of nitroxin, nitrogen and manure application on yield, nitrogen use efficiency and some crop characteristics in sweet corn. Journal of New finding in Agriculture Findings, 6 (2): 139-149.

Sharifi R.S., Bigonah Hamlabad H., Azimi J. 2011. Plant population influence on the physiological indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. International Research Journal of Plant Science, 2:137-142. (In Persian).

Singh D.P., Chaudhury B.D., Singh P., Sharma H.C., Karwasa S.P.S. 2007. Drought tolerant in maize Hisar, India: Directorate of Research, Haryana Agriculture University.

Soltani A., Rahimzadeh F., Qasemi K., Moghaddam M. 2000. Transpiration reaction and growth of chickpea leaves to water scarcity. Journal of Agricultural Science, Tabriz University, 10 (1): 9-15. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]

Stoll M., Loveys B., Dry P. 2015. Improving water use efficiency of irrigated horticultural crops. Journal Express Botany, 51 (4) 1627-1634.

SubbaRoa W.S. 1998. Phosphate solubilzing microorganisms In: Biofertilizer in Agriculture. Journal of Agriculture Science, 57:133-142.

Tagheianaghdam A., hashemi R., khashei A., shahidi A. 2015. The effect of deficits irrigation method of alternative furrow irrigation on yield of sweet corn. Research Journal of Fisheries and Hydrobiology, 10 (10): 816-822.

Talaei G.H., Gholami S., Pishva Z.K., Amini Dehaghi M. 2014. Effects of biological and chemical fertilizers nitrogen on yield quality and quantity in cumin (*Cuminum Cyminum* L.). Journal of Chemical Health Risks, 4 (2): 55-64.

Wolfe D.W., Henderson D.W., Hsiao T.C., Alvins A.1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. Agronomy Journal, 80: 865-870.

Zahir Z.A., Arshad M., William T., Frankenberger J. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture. Advance in Agronomy, 81: 97-168.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-09-21]