دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره چهاردهم، شماره چهل و نهم، ۱۴۰۱

ارزیابی اثر باکتری های محرک رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم تحت تاثیرمیزان و روش آبیاری

اشکان رستمیان[۱]، پیام معاونی[۲]، مهدی صادقی شعاع[۳]، حمید مظفری[٤]، فائزه رجب زاده[٥]

دریافت: ۱٤۰۱/۰۷/۰۳ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۲/۱۷

چکیده

این تحقیق واکنش گندم در برابر تنش‌های مختلف رطوبتی و روش‌های مختلف آبیاری و همچنین عکس‌العمل به باکتری‌های محرک رشد از لحاظ صفات مختلف مربوط به عملکرد و کارایی مصرف آب را طی دو سال زراعی مورد ارزیابی قرار داد. فاکتورهای آزمایش شامل رژیم آبیاری با سه سطح (آبیاری در ٤۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس در تمام دوره رشدی (کامل)، آبیاری طبیعی تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ٦۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا پایان دوره رشدی، آبیاری تا گرده افشانی در ٦۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس و قطع آبیاری تا پایان دوره رشدی) روش‌های آبیاری با ۵ سطح (نشتی معمول، نشتی یک جویچه در میان متغیر، نشتی یک جویچه در میان ثابت، بارانی و تیپ (نواری-قطره‌ای)) و فاکتور سوم باکتری‌های افزاینده رشد با دو سطح (عدم مصرف و مصرف (تلفیق میکروباکتریوم+ ازتو باکتر+آزوسپریلیوم+ سودوموناس) بودند. نتایج نشان دادند فاکتور رژیم آبیاری بر روی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تاثیر معنی داری داشت به طوری که رژیم آبیاری دوم و سوم (به ترتیب با ۷/۸۹ و ٤/۷۰ تن در هکتار) باعث کاهش عملکرد دانه با کاهش به ترتیب ۲۰/۳۹ و ۵۲/۵۸ درصد شدند. روش‌های مختلف آبیاری بر روی صفات مختلف کمی و کیفی تاثیرگذار بود اما در روش آبیاری تیپ بیشترین کارایی مصرف آب را با ۳/۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب نشان داد. استفاده از تلفیق باکتری باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه به ترتیب به میزان ۹/۷۹ و ۱۳/۵۱ درصد گردید.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، روش‌های آبیاری، باکتری‌های محرک رشد، کارایی مصرف آب، عملکرد

رستمیان، ا.، پ. معاونی، م. صادقی شعاع، ح. مظفری، ف. رجب زاده. ۱٤۰۱. ارزیابی اثر باکتری های محرک رشد بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم تحت تاثیرمیزان و روش آبیاری. ۱٤(٤۹): ۱٦-۳۳.

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران. مسئول مکاتبات: Moaveni.payam@yahoo.com

۳- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

٤- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران.

۵- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران، ایران.

مقدمه

گندم در قرن حاضر یکی از راهبردی‌ترین گیاهان زراعی می‌باشد که در سبد غذایی بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران از جایگاه بسیار مهمی برخوردار است و در تامین کربوهیدرات، پروتئین و عناصر معدنی ضروری نقش اساسی دارد. چنانچه تولید گندم افزایش یابد کمبود مواد غذایی می‌تواند برطرف گردد(گاوو و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه گندم به عنوان بزرگترین و مهمترین منبع غذایی بشر می‌باشد، به طوری که ۳۰ درصد از کل غلات تولیدی جهان را تشکیل می‌دهد (پاویا و همکاران، ۲۰۱۹). ۵۵ درصد کربوهیدرات‌ها و ۲۰ درصد کالری مردم جهان توسط گندم تأمین می‌شود (فاوو، ۲۰۰۹).

ژانگ و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی از جمله گندم در دنیا تنش کم آبی است. این موضوع به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا اهمیت بالاتری دارد. ایران از لحاظ منابع آبی با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌لیتر محدودیت داشته و یک سوم متوسط بارندگی جهان را داراست، بنابراین اهمیت اقتصادی گندم ایجاب می‌کند تا هر گونه راهکاری برای بهینه کردن سیستم تولید این محصول در کشور به ویژه در شرایط کم‌آبی مورد ارزیابی قرارگیرد (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۷).

خشکسالی بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی تاثیر منفی می گذارد، مدیریت و برنامه ریزی موثر آب آبیاری جهت جبران کمبود آب و میزان عملکرد حائز اهمیت است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹). میزان مصرف آب در آبیاری اراضی کشاورزی، بخش عمده‌ای از آب مصرفی را در دنیا شامل می‌شود که مدیریت مناسب و توسعه فن‌آوری در این حوزه می‌تواند به امنیت غذایی کمک شایانی نماید (لغاری و همکاران، ۲۰۱۸). توسعه شیوه های مدیریت جدید برای گیاهان زراعی مانند فن آوری های صرفه جویی در مصرف آب، ایجاد تحمل در محصول و الگوهای تناوب زراعی جدید همگام با مصرف آب و هر روشی که باعث افزایش کارایی مصرف آب گردد، باید مورد توجه قرار گیرد (پی و همکاران، ۲۰۱۷).

تنش آب اثر فیزیولوژیکی و بیولوژیکی متنوعی را در گیاه ایجاد می‌کند و می‌تواند منجر به ممانعت از فرایندهای بیوشیمیایی مهمی نظیر فتوسنتز، تنفس و اسیمیلاسیون عناصر غذایی گیاهی شود (سی و همکاران، ۲۰۲۰). بهبود وضعیت رطوبت برگ گیاهان، حفظ میزان تعرق و بهبود ریشه‌زایی باعث استفاده بهینه از آب مصرفی در گیاهان می‌گردد (هاو و همکاران، ۲۰۱۵).

با توجه به نرخ رشد جمعیت و چالش‌های خشکسالی در زمان حال و آینده و رقابت سایر بخش‌ها برای منابع آب، کاربرد سامانه‌های آبیاری با کارایی مصرف آب بالاتر از راهکارهای موثر در جهت پایداری توسعه در بخش کشاورزی می‌باشد. مدیریت آبیاری مزارع و استفاده از روش‌های آبیاری با بازده آبیاری بالاتر با هدف پایداری و افزایش عملکرد ضروری است (مصطفی و همکاران، ۲۰۱۸). از مشکلات بزرگ برای تولید گندم کمبود منابع آب است بنابراین ضرورت استفاده بهینه از منابع آب موجود و قابل استحصال و افزایش کارایی مصرف آب امری اجتناب ناپذیر است (باندی اپادهای و همکاران، ۲۰۱۰).

سامانه آبیاری نواری قطره ای(تیپ) ، نمونه ای از سامانه آبیاری است که به منظور استفاده بهینه از آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سامانه از لوله‌های نواری با روزنه‌هایی به صورت قطره چگان سرخود در ردیف‌های کشت استفاده شده است. روزنه‌های نوارها با فشار پایین نیز کارایی داشته و حتی می‌توانند بدون نیاز به پمپ، آب را از خود عبور دهند. در گیاهان مختلف صرفه جویی در مصرف آب و همچنین افزایش عملکرد محصول در استفاده از این روش آبیاری گزارش شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹). ویر و مرسد (۲۰۰۲) استفاده از روش‌های آبیاری نوین را یکی از عوامل افزایش تولید سیب زمینی و کارایی مصرف آب در بیست سال اخیر در کالیفرنیا ذکر کرده‌اند. چن و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایشی که در چین بر روی خصوصیات زراعی گندم انجام شد، نشان دادند استفاده از روش و زمان آبیاری مناسب می تواند کمک زیادی به افزایش عملکرد و کاهش میزان آب مصرفی در این گیاه شود.

در برخی مناطق مشاهده شده است که کشاورزان امکانات و همچنین هزینه پیاده سازی سیستم آبیاری نوین را ندارند بنابراین می‌توان از روش دیگری همچون آبیاری نشتی یک جویچه در میان متغیر و ثابت استفاده کرد که نیاز است با توجه به بافت خاک و نوع محصول، زمان آبیاری مشخص شود. در آبیاری یک جویچه در میان متغیر، در نوبت‌های آبیاری به صورت یک در میان باز می‌شوند و در نوبت آبیاری بعدی، جویچه‌های کناری به صورت یک در میان آبیاری می‌شوند اما در روش آبیاری یک جویچه در میان ثابت، جویچه‌ها به صورت یک در میان در کل فصل آبیاری می‌شوند (عبدالمقصود و همکاران، ۲۰۰۲). صادقی شعاع و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند آبیاری یک جویچه در میان باعث کاهش مصرف آب شد و روشی مناسب جهت صرفه جویی آب در کشت چغندرقند می‌باشد.

ریزوباکتری‌های بهبود دهنده رشد گیاه (PGPR)، گروهی از باکتری‌ها هستندکه قادرند به طور فعال ریشه‌های گیاه را آلوده کرده و رشد گیاه را افزایش دهند. در این بین باکتری‌های جنس‌های ازوتوباکتر، آزوسپیریلوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. اخیرا به نقش میکروارگانیسم‌ها در سازگاری گیاهان نسبت به تنش آب توجه بیش‌تری شده است (ایست، ۲۰۱۳). این راهبرد یعنی استفاده ازباکتری‌ها جهت افزایش تحمل گیاهان زراعی در برابر تنش‌هایی نظیر تنش خشکی نه تنها آسان، بلکه کم‌هزینه و اقتصادی نیز است (کیم و همکاران، ۲۰۱۳). برهم کنش گیاه با ریزجانداران خاک شرایط خوبی را برای گیاه در برابر تنش کم آبی فراهم می‌سازد (ورما و همکاران، ۲۰۱۶).

در تحقیقی به منظور کنترل تنش خشکی در گندم با استفاده از باکتری‌های محرک رشد دریافتند که تلقیح باکتریایی به طور قابل ملاحظه‌ای میزان آسیب حاصل از تنش خشکی را در گیاه گندم کاهش داد. آنها نیز اشاره داشتند که باکتری‌های محرک رشد از طریق سازوکارهای متعددی چه به صورت مستقیم و غیر مستقیم باعث افزایش تحمل گیاه گندم در برابر تنش خشکی می شوند. آنها بیان داشتند مکانیزم‌های القاء بیان ژن‌های مسئول تنش خشکی برگ‌های گندم باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های چرخه آسکوربیت-گلوتاتیون ریداکس می‌شود (کسیم و همکاران، ۲۰۱۳).

زهیر و همکاران (۲۰۰۰) نیز در بررسی‌های خود یک نوع باکتری افزاینده رشد گیاه تولید کننده اکسین را شناسایی کردند که طول و وزن ریشه‌ها و بخش هوایی گیاهچه‌های ذرت را افزایش دادند. باکتری های محرک رشد باعث افزایش رشد گیاهان آفتابگردان، کتان و گوجه میشود و باعث آزاد شدن ۱۰تا ۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌شود (جادهاو و همکاران، ۱۹۸۷؛ سودیر و شند، ۱۹۸۲). این باکتری ها باعث تولید ویتامین B، تولید بیوتین و جیبرلین می‌شود که این‌ها باعث افزایش رشد ریشه گیاه می‌شود. همچنین افزایش طول و سطح ریشه و اثر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، از مهم‌ترین اثرات وسازوکارهای این باکتری‌ها محسوب می‌شود (گنزالس و همکاران، ۱۹۹۷؛ راو و همکاران، ۱۹۸۶).

با توجه به اهمیت گیاه گندم به عنوان یک غله مهم در سبد غذایی خانواده و بحران کم‌آبی در جهان این آزمایش به منظور بررسی تأثیر مصرف باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف آبیاری و روش‌های آبیاری بر تغییرات صفات موروفولوژیک، عملکرد و کارایی مصرف آب گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی واکنش گندم در برابر رژیم های مختف آبیاری، روش‌های مختلف آبیاری و همچنین واکنش به باکتری‌های محرک رشد در دو سال زراعی در منطقه همدان ایران صورت گرفت.

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایشی، در ۱۰ نقطه نمونه‌هایی به طور تصادفی بوسیله اوگر از عمق ۳۰ـ۰ سانتیمتر از خاک برداشته شد. سپس نمونه ها با هم مخلوط شدند و یک نمونه مرکب به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج آزمایش خاک در جدول زیر آمده است:

جدول ۱- نتایج آزمون خاک

صفات	میزان اسیدیته	شوری	سدیم	فسفر	کربن آلی	پتاسیم	نیترات	آمونیوم	رس	سیلت	ماسه
واحد	–	$ds.m^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$mg.kg^{-}$	٪	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	$mg.kg^{-1}$	٪	٪	٪
میزان	٦/١٥	١/٠١	٥/١٨	١٤/١٢	٠/٨٩	٤٦٧/١٦	٣/٩٨	١١/٧٨	٣٥/٠١	٤٦/٧٤	١٨/٢٥

این تحقیق به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه همدان طی دو سال انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل رژیم آبیاری با سه سطح (آبیاری در ٤٠ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس در تمام دوره رشدی (کامل)، آبیاری نرمال تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ٦٠ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا پایان دوره رشدی، آبیاری در ٤٠ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس تا گرده افشانی و قطع آبیاری تا پایان دوره رشدی)، روش آبیاری با پنج سطح (نشتی معمولی، نشتی یک جویچه در میان متغیر، نشتی یک جویچه در میان ثابت، بارانی و تیپ (نواری-قطره ای)) و فاکتور سوم باکتری‌های افزاینده رشد با دو سطح(عدم مصرف و مصرف (تلفیق میکروباکتریوم+ ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم+ سودوموناس) بودند که به صورت بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند. فاکتورهای رژیم آبیاری و روش‌های آبیاری در کرت‌های اصلی و فاکتور باکتری‌های افزاینده رشد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

رقم مورد ارزیابی در این آزمایش سوپر گندم SHS 022 بود. این رقم از دورگ گیری بین گندم میراکل و ارقام روسی ایجاد شده است. لاین حاصل توسط اشعه گاما موتاسیون شده و سلکسیون صورت گرفته است. ساقه ها نسبت به ارقام معمولی پر گوشت تر بوده و دارای یک سنبله اصلی و ۱۰-۸ سنبله فرعی منشعب از سنبله اصلی می‌باشد. دارای تیپ رشد پاییزه بوده و مناسب مناطق سردسیر است. این رقم مقاوم به زنگ زرد می باشد و حساس به خوابیدگی است و رنگ دانه آن قرمز می‌باشد.

در ماه مهر با کشت بذور در مناطق مورد ارزیابی عملیات اجرایی تحقیق شروع شد. اجرای آزمایش بر اساس نقشه آزمایش در قطعه زمین مناسب در بستر از پیش آماده شده کشت شده و کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک محاسبه شدند. هر کرت شامل ١٦ خط کشت به طول ٦ متر بود که با دستگاه کارنده خطی کار با جویچه های ٦٠ سانتی‌متری انجام شد که هر جویچه شامل ٤ خط به فاصله ١٥ سانتی‌متر بود در کل هر کرت شامل ٤ فارو بود که هر فارو ٤ خط کشت ١٥ سانتی‌متری داشت که در عرض فارو به صورت منظم توسط دستگاه کارنده کشت شد. به صورتی که بین کرت‌های فرعی ١٢٠ سانتی‌متر و بین کرت‌های اصلی ٣ متر فاصله بود. روش آبیاری به صورت نشتی بود و برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی از پارشال فلوم استفاده شد. عملیات آماده سازی زمین مورد نظر برای اجرای آزمایش در هر منطقه، شامل شخم عمیق، دیسک، لولر کشی و تسطیح لازم در پائیز بود.

باکتری‌های محرک رشد مورد استفاده در این بصورت جداگانه و پودری از بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. به ازاء هر کیلوگرم بذر مصرفی مقدار ١٠ـ٧ میلی لیتر محلول ٢٠ درصد شکر به بذرها اضافه شد و در داخل یک کیسه پلاستیکی بخوبی هم زده شد تا بذرها کاملاً مرطوب و چسبناک شدند. سپس بلافاصله حدود ١٥ـ١٠ گرم از پودر هر کدام از باکتری‌ها به بذرها اضافه شد و مجدداً بهم زده شد. بذرها به مدت حدود ١٥ دقیقه در سایه پهن شد و پس از خشک شدن اقدام به کشت در مزرعه گردید و بلافاصله اقدام به آبیاری شد.

آب مصرفی/عملکرد دانه=کارایی مصرف آب (عملکرد دانه)

جدول ٢- میزان آب مصرفی در تیمارهای آزمایشی

رژیم آبیاری	روش آبیاری	میزان آب مصرفی (متر مکعب)	
		١٣٩٨-١٣٩٩	١٣٩٩-١٤٠٠
١	نشتی معمولی	٥٧٨٣	٥٤٨٩
١	نشتی یک جویچه در میان متغیر	٤٠١١	٣٥٢٨
١	نشتی یک جویچه در میان ثابت	٤١٤٣	٤٠٩٧
١	بارانی	٣٧٢٠	٣٦٨٥
١	تیپ (نواری-قطره ای)	٣٤٠٩	٣٣١٧
٢	نشتی معمولی	٤٦١٧	٤٤٠٤
٢	نشتی یک جویچه در میان متغیر	٣٢٨١	٣١٠٥
٢	نشتی یک جویچه در میان ثابت	٣٤٢٠	٣٣١١
٢	بارانی	٢٨٢٥	٢٧٣٦
٢	تیپ (نواری-قطره ای)	٢٤٩٣	٢٤٠١
٣	نشتی معمولی	٣٨٠٣	٣٦٩١
٣	نشتی یک جویچه در میان متغیر	٢٣٨٥	٢٤١١
٣	نشتی یک جویچه در میان ثابت	٢٥٢١	٢٤٨٦
٣	بارانی	٢٠٧١	١٩٩٧
٣	تیپ (نواری-قطره ای)	١٩٣٧	١٨٣٥

* رژیم آبیاری ١-آبیاری در ٤٠ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس در تمام دوره رشدی(کامل)، رژیم آبیاری٢-آبیاری نرمال تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ٦٠ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا پایان دوره رشدی، رژیم آبیاری٣-آبیاری در ٤٠ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس تا گرده افشانی و قطع آبیاری تا پایان دوره رشدی.

جهت کنترل علف هرز از سم توفوردی استفاده شد و مزرعه از نظر آفات و بیماری‌ها به صورت منظم مورد بازدید قرار گرفت که در مزارع هر دو منطقه بیماری یا آفات زیادی جهت مبارزه مشهود نبود. در پایان فصل با حذف نیم متر از بالا و پایین هر کرت نمونه برداری برای اندازه‌گیری صفات عملکرد انجام شد. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول پدانکل، ارتفاع بوته، طول سنبله و کارایی مصرف آب بودند.

کارایی مصرف آب

به منظور تعیین کارایی مصرف آب که یکی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه به شمار می‌رود میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به تفکیک بر حسب کیلوگرم در هکتار تقسیم بر میزان آب مصرفی در هکتار که در این تحقیق توسط کنتور اندازه گیری شد، حاصل گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان دادند که اثر سطوح رژیم آبیاری بر روی میزان عملکرد دانه در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی دار شد(جدول۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رژیم آبیاری اول بیش‌ترین عملکرد دانه را با ۹/۹۱ تن در هکتار داشت و کم‌ترین عملکرد دانه را سطح سوم رژیم آبیاری با۴/۷۰ تن در هکتار به خود اختصاص داد و بیان نمود رژیم آبیاری مختلف تاثیر بسزایی در میزان عملکرد دانه داشت(جدول٤). اکثر گیاهان یکساله‌ای که بذر تولید می‌کنند در مراحل اولیه گلدهی نسبت به خشکی حساس هستند، چنانچه غلات در مراحل اولیه رشد زایشی تحت تنش قرار گیرند، عملکرد دانه آن‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. ذرت در مرحله گل‌دهی حساسیت زیادی به خشکی دارد علت اصلی این حساسیت به تاخیر افتادن ظهور اندام‌های ماده است که باعث می‌شود در هنگام رسیدن دانه‌های گرده، مادگی شرایط پذیرش آن‌ها را نداشته باشد، گندم نیز درست قبل از گرده‌افشانی نسبت به خشکی حساس است. احتمالاً در این حالت تقسیم میوز دچار اختلال شده و تولید گرده‌های سالم کاهش می‌یابد (سی و همکاران، ۲۰۲۰). صادقی شعاع و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر روی سه رقم گندم نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و افت صفات مورفولوژیک شده است به طوری که کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار تنش خشکی در زمان گلدهی تا پایان دوره رشدی بوده است که با نتایج این آزمایش همخوانی داشت.

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده ها، بین سطوح مختلف روش‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود داشت بدین صورت که بیش‌ترین عملکرد دانه را روش آبیاری نشتی معمول داشت و بعد از آن دو روش آبیاری بارانی و تیپ قرار گرفتند که در یک گروه آماری بودند و روش آبیاری نشتی یک جویچه در میان ثابت کم‌ترین میزان عملکرد دانه را با ٦/۰۲ تن در هکتار داشت (جدول۳ و٤). مطالعات لی و همکارن (۲۰۱۸) نشان داد آبیاری تیپ (نواری–قطره‌ای) باعث افزایش راندمان مصرف آب و بهبود تراکم طول ریشه در مقایسه با روش آبیاری سنتی شد، عملکرد دانه را تا ١٤/٢ درصد افزایش داد و همچنین باعث افزایش راندمان مصرف آب تا ۱۷/۷ درصد شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

محققان در مقایسه دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای در کشت سیب زمینی به این نتیجه رسیدند که روش قطره‌ای باعث افزایش تعداد غده در گیاه و عملکرد غده در مقایسه با روش آبیاری سطحی شد و همچنین روش قطره‌ای سبب صرفه‌جویی آب به میزان ٤٦ درصد گردید. که طی نتایج حاصله در این آزمایش نیز روش آبیاری قطره‌ای باعث کاهش در مصرف آب و بالا رفتن کارایی مصرف آب شد و با نتایج این محققان مطابقت داشت (اهیر و همکاران، ۲۰۰۰).

بررسی داده‌ها نشان داد که باکتری بر روی عملکرد دانه تاثیرگذار بود و استفاده از تلفیق باکتری‌ها با ۷/۸۵ بیش‌ترین عملکرد دانه و شاهد بدون باکتری با میزان عملکرد دانه ۷/۱۵ تن در هکتار کم‌ترین آن را داشت (جدول ۳ و ٤). باکتری‌ها پتانسیل بالا و خوبی جهت تعدیل و تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه در برابر تنش آبی داشته و به همین خاطر باعث افزایش بقای گیاه تحت شرایط سخت و متنوع محیطی می‌شوند (ماراسکو و همکاران، ۲۰۱۲; ردمن و همکاران، ۲۰۱۱). باکتری‌های محرک رشد با تولید بیوفیلم (biofilm) و ترشح اگزوپلی ساکاریدها و نیز تحریک گیاه به تولید حفاظت‌کننده‌های اسمزی و پروتئین‌های شوک گرمایی (Heat shock Proteins) اثر مثبتی بر سازگاری و تحمل گیاه به تنش خشکی دارند (گروور و همکاران، ۲۰۱۰). اگزوپلی ساکاریدها (EPS) تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها، جزء فعال ماده آلی خاک را تشکیل داده و بخش عمده‌ای از فضای خارج سلولی جرم باکتری (دامنه‌ای بین ٤۰ تا ۹۵ درصد) را در برمی‌گیرند (ورما و

همکاران، ۲۰۱٦). EPSها وظایف حیاتی در حفاظت نظیر جذب سطحی، تشکیل بیوفیلم، تشکیل اجتماع میکروبی، افزایش تعامل بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها و زیست‌پالایی ایفاء می‌کنند. اگزوپلی‌ساکاریدها تولید شده توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه نظیر آزوسپریلوم با بهبود ساختمان و ذرات خاک، باعث تحمل بهتر گیاه به تنش خشکی می‌شوند (ورما و همکاران، ۲۰۱٦).

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل بین رژیم آبیاری و روش آبیاری بر روی عملکرد دانه معنی‌دار است (جدول ۳) به طوری که طبق جدول ۵، در سطح اول و سوم رژیم آبیاری، روش آبیاری نشتی معمول بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت اما در سطح دوم رژیم آبیاری سه روش نشتی معمول، بارانی و تیپ بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف رژیم آبیاری برای عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد وجود داشت(جدول۳). با عنایت به جدول مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به سطح اول رژیم آبیاری با عملکرد بیولوژیک ۲۳/۹۹ تن در هکتار بود اما در سطح سوم رژیم آبیاری عملکرد بیولوژیک به شدت تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش یافت. نتایج مبین این مطلب بود که استفاده از میزان آب کافی باعث افزایش چشم‌گیر در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم گردید. با بروز تنش خشکی سرعت رشد ریشه‌ها کاهش می‌یابد البته رشد ریشه نسبت به رشد قسمت هوائی گیاه کم‌تر تحت تاثیر قرار می‌گیرد و به طور کلی نسبت ریشه به ساقه افزایش می‌یابد. در اثر تنش آب لایه‌ای از سوبرین تا انتهای ریشه را می‌پوشاند و بنابراین از ظرفیت جذب ریشه می‌کاهد. ریشه‌ها به طرف آب در خاک رشد می‌کنند به شرط آنکه فاصله آن‌ها تا آب کم باشد. وقتی بارندگی سبک و مکرر باشد تنها قسمت کمی از ناحیه بالقوه ریشه مرطوب شده و نفوذ ریشه تنها به لایه کم‌عمق محدود می‌شود در این حالت گیاه نسبت به دوره‌های خشک بویژه در مراحل بعدی رشد، حساس خواهد بود (بلک و همکاران، ۲۰۰۰).

همچنین نتایج حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف روش آبیاری برای صفت عملکرد بیولوژیک بود (جدول۳). بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها، در صورت استفاده از روش آبیاری نشتی معمولی بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک حاصل گردید و کم‌ترین میزان آن را روش آبیاری نشتی یک جویچه در میان ثابت داشت که با توجه به آب در دسترس از یک طرف به صورت ثابت این نتیجه قابل انتظار بود(جدول٤). گستره ریشه کم‌عمق در خاک میزان بهره وری آب را کاهش می‌دهد، بنابراین روش‌هایی که باعث افزایش عمق و تراکم ریشه و خاک می‌شوند می‌توانند به افزایش جذب و استفاده بهینه از آب کمک کنند که یکی از عوامل مهم در این زمینه استفاده از روش آبیاری مناسب و مدیریت زمان آبیاری است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

در بررسی اثر استفاده از باکتری های محرک شد روی صفت عملکرد بیولوژیک، اثر معنی‌داری مشهود بود به صورتی که تیمار استفاده از تلفیق باکتری‌ها با میزان ۲۰/۳۲ تن در هکتار بیش‌ترین میزان و شاهد بدون باکتری با ۱۷/۹۰ تن در هکتار کم-ترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول۳ و٤). برهمکنش گیاه با میکروارگانیسم‌ها خاک شرایط خوبی را برای گیاه فراهم می‌سازد (ورما و همکاران، ۲۰۱٦). توانایی‌های باکتری مایکوباکتریوم در بالابردن و بهبود رشد گیاه و نقش آن‌ها در افزایش عملکرد گزارش شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۹). در تحقیقی بر روی گندم اشاره داشتند که باکتری‌های محرک رشد از طریق سازوکارهای متعدی چه به صورت مستقیم و غیرمستقیم مانند افزایش حجم ریشه باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی و همچنین افزایش رشد گیاه شدند (کسیم و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج نشان دادند که اثر متقابل بین رژیم آبیاری و روش آبیاری برای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار است بدین ترتیب که در سطح اول و سوم رژیم آبیاری، روش آبیاری نشتی معمول بیش-ترین میزان عملکرد بیولوژیک را داشتند اما در سطح دوم رژیم آبیاری سه روش آبیاری نشتی معمولی، بارانی و تیپ بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول۵).

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

		میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	طول پدانکل	ارتفاع بوته	طول سنبله	کارایی مصرف آب
سال(year)	۱	۳۰/۹۸**	۲۱٤/۹۲**	۷۷۲۲۳۸/٤**	۹۹۸/۰٤**	۷۰/۸۸ns	۲٦۱/۹٦**	۵۱۲۱/۹۲*	۵۳/۸**	۵/۱٦**
بلوک(سال)	٤	۰/۳	۰/۵۷	۱٤۰۷۷/۵	۵/٦۵	۱۷/۰۱	۱/۵۳	۲٦۰/٤۹	۰/٤۱	۰/۰۲
رژیم آبیاری(a)	۲	٤۱۳/٦۸**	۹۹۰**	٦۳۰٦۱٤۷/۳**	۱٦۱۹/۲۹**	۳۷۸٤/٦۱**	٦۵۸/۸**	۳۸٦٤/۳٦*	۰/۷۲ns	٦/۰۲**
روش آبیاری(b)	٤	٤٤/۱۸**	۹۸/٦۲**	۷۲٤۰٤۵/۳**	۳٤۹/۲۹**	۱۳٦/۳٦**	۱٤٦/۷٦**	۱۰٤۵/۷۹**	۰/۵۷ns	۹/۵۹**
a×b	۸	۱/۳۷**	٤/۹۸*	۳۵۳۰۹/۱*	۲۰/۹۱*	۱۰٦/۹۲**	۱۱/۲۲ns	۵۳٦/۱**	۱/٤۸ns	۰/۳۲**
year×a	۲	۱/٦۳ns	۸/۱ns	٤۵۰۳۹/۵ns	۱۳/۸۵ns	۱۵/۷۲ns	۲/٦۸ns	۱٤۹/٦۲ns	۰/۷۲ns	۰/۱۲ns
year×b	٤	۰/۷۸ns	۲/۸٦ns	۱۹۷۸۲/۳ns	۱۱/٦۸ns	۸/۲٤ns	۲/۲۹ns	۷۵/۸۹ns	۰/۵۲ns	۰/۰۸ns
year×a×b	۸	۰/۱۱ns	۱/٦۲ns	۸٤۷۳/۱ns	۳/٦٦ns	٦/۵۵ns	٤/۷۹ns	۲۲۸/۵٦ns	۰/۹۲ns	۰/۰۲ns
block(year×a×b)	۵٦	۰/۱۹	۲/۱۳	۱۱۰۰٦/۵	۳/۵۸	۳۲/۲	٤/۱۵	۲۲۹/۲۳	۱/۳۲	۰/۰۱
باکتری محرک رشد(c)	۱	۲۲/۲۷**	۸۷۹/۲۷*	۱۲۹٤۸۵۷*	۵۲۰/۹۸*	۱۰٦/۷۵ns	۲۸۵/۳۹*	٤۰۷۱/۳۲*	۰/۰۳ns	۲/۰٤**
year×c	۱	۰/۰۰۳ns	۵/٦ns	۳۲۹٦ns	۱/۳۱ns	٦٤/۱ns	۰/٤۹ns	۲/۰۰ns	۱/۹۲ns	۰/۰۰۲ns
a×c	۲	۱/۸۸ns	۳/۹۸ns	۳۰٦۱۷ns	۰/۸ns	٦۸/٦۲ns	۱/۲٤ns	۳۱۸/۷۹ns	۰/۳۹ns	۰/۰۳ns
year×a×c	۲	۰/٤ns	۱/٦۹ns	۲۳۷/۸ns	۲/٤۵ns	۱۱/۰٦ns	۲/۸۸ns	۹۰/۷۱ns	۰/٦۲ns	۰/۰۲ns
b×c	٤	۰/۱۱ns	۵/۹٦ns	۳۱۹٦/۵ns	۲/۲۱ns	۳۳/۰۱ns	٦/٤۱ns	۳۷٤/۱٤*	۲/۲۹ns	۰/۰۳ns
year×b×c	٤	۰/۱۵ns	۰/۸٤ns	۱۲۲۹٤/٦ns	۱/۱۲ns	۲۳/۸۳ns	۱/۳٤ns	۷٤/٤ns	۰/۸٤ns	۰/۰۱ns
a×b×c	۸	۰/۲۲ns	۲/۰٤ns	۲۱۳۱/۷ns	۱/۱۸ns	۱۸/۱۳ns	۲/٤۹ns	۳۸۰/٤۲ns	۲/۳۹ns	۰/۰۱ns
year×a×b×c	۸	۰/۱۹ns	۰/٤۸ns	۵۱۵۸ns	۳/٦۱ns	۱٤/۵۹ns	۳/٤۸ns	۱۳۹/۰۷ns	۰/۲۸ns	۰/۰۱ns
خطای کل	٦۰	۰/۲٤	۲/۸۰	۹۷۱۷/۱	۳/۸۳	۳۵/۰۲	۳/۳٤	۱۹۵/۱۳	۱/٤۳	۰/۰۱
ضریب تغییرات(٪)	-	٦/۵۹	۸/۳۲	۸/۸٦	٤/۹۸	۱۹/۲۰	۱۱/۰۲	۱۳/۸۹	۱۵/۱۷	۵/۹۰

جدول ٤- جدول مقایسه میانگین مربوط به صفات مورد بررسی

تیمار / صفات	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	طول پدانکل	ارتفاع بوته	طول سنبله	کارایی مصرف آب
واحد	تن در هکتار	تن در هکتار	گرم	-	گرم	سانتی متر	سانتی متر	سانتی متر	کیلوگرم بر متر مکعب
سال									
۱۳۹۸-۱۳۹۹	۷/۰۸b	۱۹/۰۲b	۱۰٤٦/۳۳b	۳٦/۹۱b	۳۱/٤٥a	۱٥/۳۷b	۹٥/۲۱b	۷/۳۳b	۲/۱٤b
۱۳۹۹-۱٤۰۰	۷/۹۱a	۲۱/۲۱a	۱۱۷۷/۳۳a	٤۱/٦۲a	۳۰/۱۹a	۱۷/۷۸a	۱۰٥/۸۸a	۸/٤۳a	۲/٤۸a
رژیم آبیاری									
۱	۹/۹۱a	۲۳/۹۹a	۱٤۱۲/٤۲a	٤٤/٥۰a	۳٥/۷٦a	۱۹/۹۲a	۱۰۸/۱۹a	۷/۷٦a	۲/٤٦a
۲	۷/۸۹b	۲۰/٤٦b	۱۱٥٤/۷۷b	۳۹/۱۹b	۳٥/۰٤a	۱٦/٥۲b	۱۰۱/۲٤ab	۷/۹۰a	۲/٥۲a
۳	٤/۷۰c	۱٥/۸۹c	۷٦۸/۳۱c	۳٤/۱۱c	۲۳/٦٦b	۱۳/۲۹c	۹۲/۱۹b	۷/۹۸a	۱/۹٤b
روش آبیاری									
نشتی معمولی	۹/۰٥a	۲۲/٤۷a	۱۳۱٦/۸٤a	٤۳/٦٥a	۳۲/٦۱a	۱۹/٦۲a	۱۰۹/۳۱a	۷/۷۲a	۱/۹۲d
نشتی یک جویچه در میان متغیر	۷/۰۳c	۱۹/۱٤cd	۱۰٥۰/۸۳b	۳۷/۲٥c	۳۱/۳٦a	۱٥/٤٥c	۹۸/٦٥b	۷/۸۱a	۲/۲۰c
نشتی یک جویچه در میان ثابت	٦/۰۲d	۱۸/۰۸d	۹۲۷/۸٦c	۳٥/٤۷c	۲۷/٥۳b	۱٤/۲۲d	۹٤/٦۰b	۷/۹٥a	۱/۷٦d
بارانی	۷/٦٤b	۲۰/۲۰bc	۱۱۲٦/٥۲b	۳۹/۸۰b	۳۱/۷۲a	۱٦/٦۰b	۹۹/۸۸b	۸/۰٥a	۲/٦٦b
تیپ	۷/۷۷b	۲۰/٦۸b	۱۱۳۷/۱۳b	٤۰/۱٦b	۳۰/۸۹a	۱٦/۹۹b	۱۰۰/۲۷b	۷/۸٦a	۳/۰۰a
باکتری									
عدم مصرف	۷/۱٥b	۱۷/۹۰b	۱۰۲۷/۰۱b	۳۷/٤٥b	۳۱/٥۹a	۱٥/۳۱b	۹٥/۷۹b	۷/۸٦a	۲/۲۰b
تلفیق باکتری	۷/۸٥a	۲۰/۳۲a	۱۱۹٦/٦٥a	٤۰/۹۷a	۳۰/۰٥a	۱۷/۸۳a	۱۰٥/۹۰a	۷/۸۹a	۲/٤۱a

* رژیم آبیاری ۱- آبیاری در ٤۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس در تمام دوره رشدی (نرمال)، رژیم آبیاری، ۲- آبیاری نرمال تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ٦۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا پایان دوره رشدی، رژیم آبیاری، ۳- آبیاری در ٤۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس تا گرده افشانی و قطع آبیاری تا پایان دوره رشدی.

جدول ۵- اثرات متقابل رژیم آبیاری در روش آبیاری بر روی صفات مورد ارزیابی

رژیم آبیاری	روش آبیاری	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	ارتفاع بوته	کارایی مصرف آب
		تن در هکتار	تن در هکتار	گرم	-	گرم	سانتی متر	کیلوگرم بر متر مکعب
۱	نشتی معمولی(EFI)	۱۱/۸۸a	۲۷/۵٦a	۱۷۱۲/۹۷a	۵۱/۱۰a	۳٦/۲۲a	۱۲۷/۲٦a	۲/۱۱d
۱	نشتی یک جویچه در میان متغیر(AFI)	۹/۲٦c	۲۲/٤٦c	۱۳۲۱/۲۹c	٤۲/۰۷c	۳۵/۳۹a	۱۰۸/٦۱b	۲/٤۷c
۱	نشتی یک جویچه در میان ثابت(FFI)	۸/٤۸d	۲۱/٦۱c	۱۲۲۲/٦۷d	۳۹/۷۲d	۳٤/۹۱a	۱۰۱/۵۷b	۲/۰۵d
۱	بارانی(classical sprinkler irrigation)	۹/۰۹b	۲۳/۸۱b	۱٤۱٤/۰۰b	٤٤/۸۷b	۳۷/۲۷a	۱۰۱/۷۵b	۲/٦۷b
۱	تیپ(drip irrigation)	۱۰/۰۲b	۲٤/۵۲b	۱۳۹۱/۱٦bc	٤٤/۷٤b	۳۵/۰۱a	۱۰۱/۷۸b	۲/۹۸a
۲	نشتی معمولی(EFI)	۹/۲٤a	۲۲/۰۱a	۱۳۰۱/٤۸a	٤۱/۹۵a	۳٦/۷۳a	۱۰۳/۳٦a	۲/۰۵d
۲	نشتی یک جویچه در میان متغیر(AFI)	۷/٤۰c	۱۹/۷۲b	۱۱۱٦/۵۵b	۳۷/٤۱c	۳۸/۲۱a	۹۳/۷۸a	۲/۳۸c
۲	نشتی یک جویچه در میان ثابت(FFI)	۵/۹٤d	۱۸/٤۳c	۹۳۵/۵۸c	۳۷/۱۲c	۲٦/۲۲b	۹۹/۸٤a	۱/۷٦e
۲	بارانی(classical sprinkler irrigation)	۸/٤۷a	۲۰/۹۲a	۱۱۹۸/۱۱b	۳۹/٤۳b	۳٦/٦۷a	۱۰۳/۸۰a	۲/۹۸b
۲	تیپ(drip irrigation)	۸/٤۱a	۲۱/۲۳a	۱۲۲۲/۱۱ab	٤۰/۰٤b	۳۷/۳۹a	۱۰۵/٤٤a	۳/٤٤a
۳	نشتی معمولی(EFI)	٦/۰۳a	۱۷/۸٤a	۹۳٦/۰۵a	۳۷/۹۱a	۲٤/۸۸a	۹۷/۳۰a	۱/٦۱d
۳	نشتی یک جویچه در میان متغیر(AFI)	٤/۲۲c	۱۵/۲۵bc	۷۱٤/٦٤b	۳۲/۲۸c	۲۰/۵۰b	۹۳/۵۵ab	۱/۷٦c
۳	نشتی یک جویچه در میان ثابت(FFI)	۳/٦٤d	۱٤/۲۰c	٦۲۵/۳۲c	۲۹/۵۵d	۲۱/٤۵b	۸۲/۳۹b	۱/٤۵e
۳	بارانی(classical sprinkler irrigation)	٤/۷٤b	۱۵/۸۷b	۷٦۷/٤۳b	۳۵/۱۲b	۲۱/۲۱b	۹٤/۱۰ab	۲/۳۳b
۳	تیپ(drip irrigation)	٤/۸۸b	۱٦/۲۸b	۷۹۸/۱۰b	۳۵/٦۹b	۲۰/۲٦b	۹۳/٦۰ab	۲/۵۸a

* رژیم آبیاری ۱- آبیاری در ٤۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس در تمام دوره رشدی(نرمال)، رژیم آبیاری، ۲- آبیاری نرمال تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ٦۰ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس تا پایان دوره رشدی، رژیم آبیاری، ۳- آبیاری در ٤۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل دسترس تا گرده افشانی و قطع آبیاری تا پایان دوره رشدی.

وزن سنبله در متر مربع

بررسی‌ها همچنین نشان داد طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر روی وزن سنبله در متر مربع داشت به طوری که سطح اول رژیم آبیاری با میزان ۱٤۱۲/٤۲ گرم بالاتر از سطح سوم آبیاری با ۷٦۸/۳۱ گرم بود (جدول ۳و٤).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش آبیاری بر روی وزن سنبله در متر مربع دارای اختلاف معنی‌داری بود به طوری که بیش‌ترین وزن سنبله در متر مربع را روش آبیاری نشتی معمولی با ۱۳۱٦/۸٤ گرم داشت و سطح آبیاری نشتی یک جویچه در میان ثابت با ۹۲۷/۸٦ گرم کم‌ترین این صفت را داشت. سیستم آبیاری مناسب باعث کاهش تلفات تبخیری در سطح خاک می‌گردد (زو و همکاران، ۲۰۱٦). در دسترس بودن آب به طور قابل توجهی بر فتوسنتز تاثیر می‌گذارد و خصوصیات مورفولوژیکی گیاه را چه در اندام هوایی و چه در ریشه تغییر می‌دهد (جها و همکاران، ۲۰۱۷).

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که بین سطوح مختلف باکتری مورد بررسی در این آزمایش اختلاف معنی‌داری برای صفت میزان وزن سنبله در متر مربع وجود داشت به صورتی که سطح تلفیق باکتری‌ها با میزان ۱۱۹٦/٦۵ گرم بیش‌ترین وزن را داشت و کم‌ترین میزان آن را شاهد بدون باکتری با میزان وزن سنبله در متر مربع ۱۰۲۷/۰۱ گرم داشت (جدول۳و٤). طی بررسی‌های انجام شده تحت شرایط اقلیمی و خاکی منطقه ویلکوپولسکا[1] در هلند، مشاهده شد که تلقیح ذرت با باکتری محرک رشد، تأثیر سودمندی روی قدرت جوانه‌زنی و عملکرد ذرت دارد (سودرینسکا و سوئیکا، ۲۰۰۰). آزمایشات مختلف حاکی از آن است که تلقیح گیاهانی از قبیل گوجه-فرنگی، سورگوم، ذرت و لوبیا با باکتری موجب افزایش فعالیت تنفسی ریشه می‌گردد و جذب ویژه یون‌های از قبیل NO^-_3 ، K^+، $H_2PO^-_4$ و عناصر میکرو در اثر تلقیح گیاه با باکتری افزایش می‌باشد (دوبلار و همکاران، ۲۰۰۱).

همچنین نتایج نشان دادند اثر متقابل رژیم آبیاری در روش آبیاری نیز بر روی وزن سنبله در متر مربع معنی‌دار شد که بر اساس جدول۵، اختلاف عکس‌العمل‌های مختلف روش آبیاری در هر یک از رژیم‌های متفاوت آبیاری مشهود می‌باشد.

تعداد دانه در سنبله

یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تاثیر فاکتورهای مختلف بر روی گندم، ارزیابی تعداد دانه در سنبله به شمار می-رود. نتایج آزمایش حاضر حاکی از آن است که اثر سطوح رژیم آبیاری اعمال شده بر تعداد دانه متشکله در سنبله در سطح احتمال خطای ۱ درصد معنی‌دار بود(جدول۳). سطح اول رژیم آبیاری باعث افزایش تعداد دانه در سنبله گردید به صورتی که تعداد دانه در سنبله در این سطح ٤٤/۵۰ دانه بود و کم‌ترین این صفت را سطح سوم رژیم آبیاری با ۳٤/۱۱ دانه در سنبله داشت (جدول٤). گیاهان بخصوص در مراحل اولیه گلدهی نسبت به خشکی حساس هستند، چنانچه غلات در مراحل اولیه رشد زایشی تحت تنش قرار گیرند، گرده افشانی و تلقیح آن‌ها دچار مختل می‌گردد و در نتیجه کاهش میزان دانه مشهود خواهد بود (سی و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۳ نشان داد که روش آبیاری بر روی صفت تعداد دانه در سنبله تاثیر معنی‌داری داشت. بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله را سطح روش آبیاری نشتی معمولی با ٤۳/٦۵ دانه به خود اختصاص داد و روش‌های آبیاری یک جویچه در میان ثابت و متغیر به ترتیب با تعداد دانه ۳۵/٤۷ و ۳۷/۲۵ کم‌ترین این صفت را داشتند و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند(جدول٤).

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها بیان داشتند بین سطوح مختلف باکتری اختلاف معنی‌داری از نظر صفت تعداد دانه در سنبله وجود داشت. بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله را تلفیق باکتری‌ها با ٤۰/۹۷ داشت و کم‌ترین آن را شاهد بدون باکتری با ۳۷/۵٦ به خود اختصاص داد(جدول۳و٤). باکتری‌های PGPR با ترشح اگزوپلی ساکاریدها و نیز تحریک گیاه به تولید حفاظت کننده‌های اسمزی و پروتئین‌های شوک گرمایی اثر مثبتی بر بهبود گرده‌افشانی گیاه دارند (گروور و همکاران، ۲۰۱۰). اسلام و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGRP) بر تحمل گیاه ماش به تنش از طریق تنظیم دفاع آنتی اکسیدانتی نتیجه گرفتند که تحت شرایط تنش، بوته‌های تلقیح شده با باکتری‌های PGRP در مقایسه با بوته‌های تلقیح نشده از میزان کلروفیل، روبیسکو و میزان گرده بیش‌تری برخوردار بودند (چاکرابرتی و همکاران، ۲۰۱۳).

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل رژیم آبیاری در روش آبیاری در مورد صفت تعداد دانه در سنبله معنی‌دار گردید که بر جدول۵، در سطوح اول و سوم رژیم آبیاری بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله را روش آبیاری نشتی معمولی داشت و کم‌ترین آن را روش آبیاری نشتی یک جویچه در میان ثابت اما در سطح دوم رژیم آبیاری بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله را روش آبیاری نشتی معمولی داشت اما کم‌ترین این صفت را دو روش یک جویچه در میان متغیر و ثابت داشتند که از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها مبین این مطلب بود که وزن هزار دانه تحت تاثیر سطوح مختلف رژیم آبیاری قرار گرفت بدین ترتیب که سطوح اول و دوم رژیم آبیاری به ترتیب با وزن هزار دانه ۳۵/۷٦ و ۳۵/۰٤ گرم در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی داری بین آن‌ها مشهود نبود اما سطح رژیم آبیاری سوم با وزن هزار دانه ۲۳/٦٦ گرم کم‌ترین میزان را در این خصوص داشت (جدول۳و٤). هنگام انتقال مجدد منبع مواد انتقالی به مقصد (دانه) دچار آب باعث مختل شدن انتقال مجدد شده و در نتیجه دانه‌های ریزتری تشکیل می‌گردد. کمبود آب همچنین بر فعالیت آنزیم‌های واسطه‌ای واکنش تاریکی فتوسنتز اثر دارد. تعدادی از محققین گزارش نمودند که فعالیت آنزیم‌های واسطه‌ای واکنش تاریکی فتوسنتز اثر دارد. تعدادی از محققین گزارش نمودند که فعالیت آنزیم‌های مهمی مانند ریبولوز ۱، ۵ بی‌فسفات کربوکسیلاز، ریبولوز ۵ فسفات کیناز، فسفو ـ پیروات کربوکسیلاز، روبیسکو بوسیله تنش خشکی کاهش یافتند. همچنین پتانسیل آب کمتر از ۰/۵ – مگاپاسکال ساخت کلروفیل و نسبت a\b را کاهش می‌دهد در نتیجه میزان تولید فتوسنتزی کاهش و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌گردد که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (لو و همکاران، ۲۰۰۲).

وزن هزار دانه بین سطوح مختلف روش‌های آبیاری دارای واکنش‌های متفاوتی بود و میزان آن بین تیمارهای مورد آزمون در این آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری بود بدین صورت که در روش‌های نشتی معمولی، نشتی یک جویچه در میان متغیر، بارانی و تیپ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند و در سطح بالاتری نسبت به روش آبیاری یک جویچه در میان ثابت قرار گرفتند(جدول ۳و٤). طی بررسی انجام شده توسط لیا و همکاران (۲۰۰۸) بر روی میزان آب مصرفی در خاک، میزان آب آبیاری، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گندم آن‌ها بیان داشتند برای حصول میزان عملکرد بالا، تامین رطوبت خاک در دو مرحله ساقه روی و شیری بسیار مهم است و می‌تواند در روند پر شدن دانه و در نتیجه در وزن هزار دانه گندم موثر باشد.

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل رژیم آبیاری در روش آبیاری بر روی وزن هزار دانه معنی‌دار شد. بر اساس جدول۵، در سطح اول رژیم آبیاری اختلاف معنی‌داری بین روش‌های آبیاری وجود نداشت اما در سطح دوم رژیم آبیاری روش‌های آبیاری نشتی معمولی، یک جویچه در میان متغیر، بارانی و تیپ بیش‌ترین وزن هزار دانه را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند و وزن هزار دانه روش آبیاری یک جویچه در میان ثابت کم‌ترین میزان را داشت اما در سطح سوم رژیم آبیاری، روش آبیاری نشتی معمولی بیش‌ترین وزن هزار دانه را داشت و سطوح دیگر روش آبیاری در سطح پایین‌تر و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

طول پدانکل

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر طول پدانکل در جدول٤ آمده است. همان طور که مشاهده می‌شود با رژیم آبیاری سطح اول، پدانکل رشد بیش‌تری داشته و طول آن افزایش یافت. بیش-ترین میزان طول پدانکل در این تیمار با ۱۹/۹۲ سانتی‌متر و کوتاه‌ترین پدانکل با ۱۳/۲۹ سانتی‌متر مربوط به سطح رژیم آبیاری سوم بود. تنش خشکی در آفتابگردان و لوبیا، تاثیر اندکی بر تنفس داشته و تنفس نوری کم‌تر از فتوسنتز ناخالص براثر تنش خشکی کاهش یافته است، بنابراین نسبت تنفس نوری به فتوسنتز ناخالص با کاهش پتانسیل آب برگ، افزایش یافته است کاهش فعالیت آنزیم RuBp کربوکسیلاز به موازات کاهش فتوسنتز خالص انجام می‌شود لذا می‌توان نتیجه گرفت که افزایش نسبی تنفس نوری، همراه با ممانعت از فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین بوده و موجب کاهش بازده فتوسنتزی در اثر تنش خشکی می‌شود که در نتیجه کاهش رشد اندام‌های گیاهی را در پی خواهد داشت که نتایج این آزمایش نیز صدق بر این امر بود (فروس و همکاران، ۲۰۰۱).

تجزیه واریانس داده‌ها بیان گر وجود اختلاف معنی‌داری برای طول پدانکل بین سطوح مختلف روش آبیاری بودند. بدین ترتیب که در روش آبیاری یک جویچه در میان ثابت کوتاه‌ترین پدانکل با طول ١٤/٢٢ سانتی‌متر به دست آمد و سطح روش آبیاری نشتی معمولی با افزایش در طول آن بالاترین میزان را با ۱۹/٦۲ سانتی‌متر داشت (جدول ۳و٤).

نتایج مبین این مطلب بود که صفت طول پدانکل تحت تاثیر سطوح مختلف باکتری قرار داشت و اختلاف معنی داری بین سطوح این فاکتور مشهود بود. بدین صورت که مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین این صفت با ۱۷/۸۳ سانتی‌متر مربوط به سطح تلفیق باکتری‌ها بود و اما شاهد بدون باکتری با ۱۵/۳۱ سانتی‌متر کم‌ترین میزان آن را به خود اختصاص داد (جدول٤).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف رژیم آبیاری از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال

خطای ۵ درصد وجود داشت(جدول۳). به طوری که با کاهش میزان آب قابل دسترس گیاه ارتفاع بوته نیز تحت تاثیر قرار گرفته و بوته ها کاهش ارتفاع را نشان دادند بدین ترتیب که سطح اول رژیم آبیاری هکتار با ارتفاع بوته ۱۰۸/۱۹ سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع را داشت و کم‌ترین ارتفاع مربوط به سطح سوم آبیاری با ۹۲/۱۹ سانتی‌متر بود(جدول٤). یکی از مهم‌ترین تغییرات ناشی از تنش خشکی کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌باشد. این شاخص می‌تواند توانمندی گیاهان را در تحمل به تنش خشکی نشان دهد. کایزر و همکاران (۱۹۸۵) اثرات احتمالی افزایش پسابیدگی را بصورت زیر تقسیم بندی نمودند. با کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC) بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد که به سرعت قابل برگشت است. با رسیدن مقدار رطوبت نسبی برگ بین ۳۵ تا ۷۰ درصد ظرفیت فتوسنتزی کاهش و فقط با آبگیری مجدد به کندی بهبود می‌یابد. علت اصلی می‌تواند ممانعت نوری باشد، از آنجائیکه کربوکسیلاسیون، چرخه‌ی کالوین و تنفس نوری همگی کاهش می‌یابد انتقال الکترون ظاهراً عمل محدود کننده‌تری است و باعث کاهش در رشد مورفولوژیکی در گیاه می‌گردد.

نتایج آنالیز و تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان دادند که ارتفاع گیاه تحت تاثیر سطوح مختلف فاکتور روش آبیاری قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود داشت (جدول۳). بدیت ترتیب که بیش‌ترین میزان را روش آبیاری نشتی معمول داشت و چهار روش آبیاری دیگر کم‌تر و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول٤). بررسی روش‌های مختلف آبیاری و همچنین تعیین زمان آبیاری در گندم بر روی عملکرد و راندمان مصرف آب بسیار تاثیرگذار است و مطالعات مختلف حاکی از تغییرات زیاد در عملکرد پویایی آب در خاک، میزان مصرف آب، تغییرات در تقسیم آسمیلات و اثر روی صفات مورفولوژیک مختلف این گیاه است (ما و همکاران، ۲۰۱۸; زو و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج بررسی ارتفاع بوته‌های تحت تیمار سطوح مختلف باکتری نشان داد این صفت تحت تاثیر ابن فاکتور بوده و استفاده از تلفیق باکتری‌ها با ۱۰۵/۹۰ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع را داشت و شاهد بدون باکتری با ۹۵/۷۹ سانتی‌متر کم‌ترین ارتفاع را به خود اختصاص داد(جدول٤). نتایج آزمایشات زاید و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که تلقیح کلزا با ازتوباکتر همراه با ۵۰٪ نیتروژن پیشنهاد شده، باعث افزایش بسیاری از شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه از جمله سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه وگیاه گردید.

طبق جدول۵، بررسی‌ها نشان دادند که اثر متقابل بین رژیم آبیاری و روش آبیاری بر روی صفت ارتفاع بوته معنی‌دار شد که بر اساس نتایج در سطح اول رژیم آبیاری بیش‌ترین ارتفاع را روش آبیاری نشتی معمولی داشت و دیگر روش‌های آبیاری ارتفاع بوته کم‌تری داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند اما در سطح دوم رژیم آبیاری بین سطوح مختلف روش‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و تمامی آن‌ها در یک گروه از نظر آماری قرار گرفتند و اما در سطح سوم رژیم آبیاری روند به شکل دیگری بود به طوری که بیش‌ترین ارتفاع بوته را روش آبیاری نشتی معمول داشت و کم‌ترین آن را روش یک جویچه در میان ثابت به خود اختصاص داد.

کارایی مصرف آب عملکرد دانه

با جمع‌آوری و آنالیز داده‌های تاثیر رژیم آبیاری بر کارایی مصرف آب عملکرد دانه، نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود اختلاف بین سطوح این فاکتور معنی‌دار شد (جدول۳). بالاترین میزان کارایی مصرف آب دانه را دو سطح اول و دوم رژیم آبیاری به ترتیب با ۲/٤٦ و ۲/۵۲ کیلوگرم بر متر مکعب داشتند که این دو در یک گروه آماری قرار گرفتند و بالاتر از سطح سوم آبیاری با ۱/۹٤ کیلوگرم بر متر مکعب قرار گرفتند. با توجه به بستگی این صفت به عملکرد دانه و میزان آب مصرفی، با توجه به صرفه جویی بالا در مصرف آب در روش آبیاری تیپ نسبت به کاهش عملکرد دانه، کارایی مصرف آب بالا رفت و در گروه بالاتری قرار گرفت (سی و همکاران، ۲۰۲۰).

بررسی‌ها نشان دادند که سطوح مختلف روش آبیاری تاثیر معنی داری بر روی صفت کارایی مصرف آب عملکرد دانه داشتند (جدول۳). طبق جدول مقایسه میانگین داده‌ها، بیش‌ترین میزان این صفت را روش آبیاری تیپ (نواری قطره ای) با میزان ۳/۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب داشت و کم‌ترین را دو روش نشتی معمولی و نشتی یک جویچه در میان ثابت به ترتیب با ۱/۹۲ و ۱/۷٦ کیلوگرم بر متر مکعب داشتند که از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول٤). محققان با تحلیل اقتصادی سه روش آبیاری نشتی ، قطره ای و بارانی نشان دادند که هرچند نسبت منفعت به هزینه در آبیاری سطحی در کوتاه مدت بیش‌تر ازآبیاری قطره ای و بارانی است اما بهره وری مصرف آب به ازاء هرواحد آب مصرفی در این روش‌های آبیاری حدود دوبرابر آبیاری سنتی بود (گرابو و همکاران، ۲۰۱۱). محققان بازدهی مصرف آب سه روش آبیاری قطره ای، نشتی و بارانی را در

کشت هندوانه به ترتیب ۷/۸، ۵/٤ و ۹/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آوردند (سینگ و همکاران، ۱۹۹۰). روش آبیاری نواری قطره‌ای (تیپ) با قراردادن آب آبیاری در کنار گیاه، روش بسیار موثری در کاهش میزان مصرف آب در کشاورزی محسوب می-شود که با توجه به نفوذ در محل هدف و آبیاری با روند آهسته ، قابل توجه می‌باشد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۹).

خرو و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند برنامه‌ریزی آبیاری قطره-ای با صرفه‌جویی ۲۰ درصدی آب و همچنین افزایش ٢٤ درصدی در عملکرد دانه گندم، دارای اثربخشی مناسب‌تری نسبت به آبیاری نشتی بود. طی آزمایشی که در شمال چین انجام شد گزارش شد آبیاری نواری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری نشتی دارای عملکرد از بیش‌تر و کارایی مصرف آب بالاتر شد (گاوو و همکاران، ٢٠١٤).

سانجی سینگ و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی در هند به بررسی تاثیر آبیاری نواری قطره‌ای روی عملکرد و میزان بهره-وری مصرف آب گندم پرداختند. نتایج نشان داد میزان صرفه جویی در مصرف آب حدود ۲۸/٤۲ درصد میزان افزایش کارایی مصرف آب حدود ۲٤/۲٤ درصد نسبت به روش آبیاری نشتی بود. آن‌ها نتیجه گرفتند سیستم آبیاری قطره‌ای به دلیل مدیریت بهتر آبیاری می تواند به عنوان گزینه مناسبی جهت بهبود بهره-وری آب در محصولاتی نظیر گندم باشد.

جها و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به بررسی اثر روش-های مختلف آبیاری و برنامه آبیاری بر توسعه ریشه و جذب آب توسط ریشه گندم زمستانه در شمال چین پرداختند. در این آزمایش از دو فاکتور روش آبیاری (بارانی، قطره ای و نشتی) و برنامه‌ریزی آبیاری (٦٠،٥٠ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) استفاده شد. نتایج نشان داد هر دو تیمار روش آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری بر توسعه ریشه و جذب آب توسط ریشه اثر داشته و بیش‌ترین جذب آب توسط ریشه در آبیاری قطره ای سطحی اتفاق افتاده است و بیش‌ترین تجمع ریشه در لایه‌های بالایی خاک مربوط به آبیاری قطره‌ای بود. نتایج همچنین نشان داد ٦٠ درصد ظرفیت زراعی در آبیاری قطره‌ای بیش‌ترین بهره‌وری آب را داشته است و عملکرد گندم زمستانه در این تیمار ۹/٥۳ تن در هکتار بود.

طی پژوهشی که به منظور بررسی واکنش گیاهان ذرت، سویا و گندم زمستانه در یک خاک رسی تحت آبیاری تیپ و بارانی داشتند نتیجه گرفتند در آبیاری تیپ عملکرد و کارایی مصرف آب نسبت به روش آبیاری افزایش داشت. آن‌ها این امر را ناشی از سله کم‌تر خاک رس سنگین و توزیع مناسب‌تر آب دانستند(گرابو و همکاران، ۲۰۱۱). در آزمایشی که بر روی سه رقم گندم با دو روش آبیاری تیپ و نشتی در کشور پاکستان انجام شد، گزارش دادند آبیاری نواری-قطره‌ای ١٦/٥٦ درصد مصرف آب کم‌تر و ۱۱/٥٦ درصد عملکرد دانه بیش‌تر و ۳۳/۳٦ درصد کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به روش آبیاری نشتی داشت (سلیم و همکاران، ۲۰۱۰).

پاندیان و همکاران نتیجه گرفتند که راندمان مصرف آب با آبیاری یک در میان جویچه‌ای در مقایسه با آبیاری تمام جویچه ها به میزان ٤٦-٤۳ درصد کاهش یافت (پاندیان و همکاران، ۱۹۹۲). کانگ و همکاران (۲۰۰۰) سه روش آبیاری یک در میان ثابت، یک در میان متغیر و معمول را در آبیاری جویچه‌ای روی ذرت منطقه خشک مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند در آبیاری یک در میان متغیر با کاهش ۵۰٪ آب مصرفی، محصول کاهش نیافته ولی در آبیاری کامل جویچه‌ها و یک در میان ثابت جویچه‌ها عملکرد کاهش پیدا کرد. آبیاری جویچه‌ای یک در میان از شیوه‌های کم‌آبیاری و از راهکارهای مدیریت مصرف آب در اراضی فاریاب است که با آبیاری نیمی از جویچه‌ها به‌طور ثابت یا متغیر قابل اجرا است. نتایج بسیاری از مطالعات صورت گرفته در زمینه آبیاری یک در میان جویچه‌ای در مورد گیاهانی نظیر گوجه‌فرنگی، کلزا، پنبه، گندم زمستانه و ذرت، حاکی از افزایش میزان بهره‌وری آب و همچنین عدم کاهش معنی‌دار محصول در نتیجه اعمال چنین روش کم‌آبیاری می‌باشد (تافته و سپاسخواه، ۱۳۹۰؛ صادقی شعاع و همکاران، ۲۰۱۳). وبر و همکاران (۲۰۰٦) آزمایشی را بر روی لوبیا و نخودفرنگی با روش آبیاری یک در میان متغیر انجام دادند و نتیجه گرفتند که نخود فرنگی، مقاومت بیشتری در مقابل کم‌آبیاری داشته و با روش آبیاری یک در میان ۰/۱۳ کیلوگرم به ازای هرمتر مکعب آب مصرفی افزایش محصول کسب می‌شود.

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، بین سطوح مختلف باکتری این صفت اختلاف معنی‌داری را نشان داد به طوری که طبق جدول مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین کارایی مصرف آب عملکرد دانه را مصرف تلفیق باکتری‌ها با میزان ۲/٤۱ کیلوگرم بر متر مکعب و کم‌ترین این صفت را شاهد بدون باکتری با ۲/۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل نمود. برخی از باکتری‌ها با رهاسازی ترکیبات فرار آلی (Volatile Organic Compounds) (VOC) به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم باعث افزایش بیوماس، بالارفتن تحمل گیاه در برابر تنش‌های غیرزیستی و مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌شوند (لیو و ژانگ، ۲۰۱۵). کاکماکی و همکاران (۲۰۰۷) تحقیقی را به منظور بررسی

اثر باکتری‌های آزوسپریلوم، ازتوباکتر، و سودوموناس بر عملکرد جو انجام دادند و بیان کردند کاربرد این باکتری‌ها موجب افزایش عملکرد دانه و بیوماس ریشه در جو شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

بر اساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل رژیم آبیاری در روش آبیاری بر کارایی مصرف آب عملکرد دانه معنی‌دار شد به طوری که بر اساس جدول۵، در سطح اول رژیم آبیاری بیش‌ترین این صفت را روش آبیاری تیپ (نواری–قطره-ای) داشت و کم‌ترین کارایی مصرف آب عملکرد دانه را دو روش آبیاری نشتی معمولی و نشتی یک جویچه در میان ثابت داشتند که این دو روش در یک گروه آماری قرار گرفتند اما در سطح دوم و سوم رژیم آبیاری بیش‌ترین کارایی مصرف آب عملکرد دانه را روش آبیاری تیپ داشت اما کم‌ترین میزان این صفت را روش آبیاری نشتی یک جویچه در میان ثابت داشت.

نتیجه گیری

در کل نتایج نشان دادند در صورت استفاده از روش آبیاری مناسب می‌توان به افزایش چشمگیری در بالا بردن کارایی مصرف آب دست یافت، این آزمایش نشان داد روش آبیاری نواری قطره‌ای (تیپ) بیش‌ترین کارایی مصرف آب را داشت. همچنین نتایج نشان دادند در صورت استفاده از باکتری‌های محرک رشد صفات مربوط به اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی بهبود می‌یابد و همچنین در صورت استفاده از باکتری‌های محرک رشد می‌توان به افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کمک کرد و باعث افزایش کارایی مصرف آب شد.

منابع

حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۷. راهبردهای کاهش خشکسالی برای کشاورزی دهمین کنگره علوم زراعی ایران، ۱۸ تا ۲۰ مرداد ۱۳۸۷SPII.، کرج، ایران.

تافته، آ. و ع. ر. سپاسخواه. ۱۳۹۰. تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای یک در میان برای کشت کلزا. مجله حفاظت منابع آب و خاک جلد۱، صفحات ۹-۱.

Abdel-Maksoud. H.. H. Sanaa. A. Othman and A. Y. El-Tawil. 2002. Improving water and N-use utilization for field crops via alternate furrow irrigation technique 1-Maize crop. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences Mansoura University 27:8761-8769.

Ahire. N. R.. P. G. Bhoi and Solanke. A.V. 2000. Effect of row spacing and planting system on growth and yield of potato under surface and drip irrigation. Journal of the Indian phatato Association. 27.1-2: 59-60.

Bandyopadhyay. K. K.. A. K. Misra. P. K. Ghosh. K. M. Hati. K. G. Mandel and M. Moahnty. 2010. Input use efficiency of wheat under limited water supply in a Vertisol of Central India. Journal of Irrigation Science. 28, 285-299.

Black. C.. B. Erick and C. Ong. 2000. Utilization of light and water in tropical agriculture. Agricultural and forest meteorology, 104:25-47.

Çakmakçi. R.. M. Erat. B. Oral. U. Erdogan and F. Şahin. 2009. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 84: 375–380.

Chakraborty. U.. B. N. Chakraborty. A. P. Chakraborty and P. L. Dey. 2013. Water stress amelioration and plant growth promotion in wheat plants by osmotic stress tolerant bacteria. World Journal of Microbiology and Biotechnology 29: 789–803.

Chen. R.. W. Cheng. J. Cui. J. Liao. H. Fan. Z. Zheng and F. Ma. 2015. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: The effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. Field Crops Research, Volume 179, 1 August 2015, Pages 52–62.

Dobbelaere. S.. A. Croonenborghs. A. Thys. D. Ptacek. J. Vanderleyden and P. Dutto. 2001. Response of agronomically important crops to inoculation with Azospirillum. Aust J Plant Physiol, 28 (2001), pp. 871-879.

East. R. 2013. Microbiome: Soil science comes to life. Nature 50: S18-9.

FAO. 2009. FAOSTAT database. http:/faostat.fao.org.

Ferous. P. and M. Arkosiova. 2001. Variability of chlorophyll conetnt under fluctuating environment, Acta fytotechnica et zootechnica, Vol, 4, Special number proceedings of the international scientific

conference on the occasion of the 55th anniversary of the slovak agricultural university in nitra.

Gao. X.. M. Lukow and A. Grant. 2012. Grain concentrations of protein, iron and zinc and bread making quality in spring wheat as affected by seeding date and nitrogen fertilizer management. Journal of Geochemical Exploration 121: 36–44.

Gao. Y.. L. Yang. X. Shen. X. Li and J. Sun. 2014. Winter wheat with subsurface drip irrigation (SDI): Crop coefficients, water-use estimates, and effects of SDI on grain yield and water use efficiency. Agricultural Water Management. 146: 1-10.

Gonzalez-Lopez. J.. C. Pozo. M. V. Martinez –Toledo. B. Rodelas and V. Salieeron. 1997. Production of polyhydroxyalkanotes by Azotobacter Chroococcum H23 in wastewater from Olive Oil Mills. Int. Biodeter. Biodeger., 38: 271-276.

Grabow. G. L.. R. L. Huffman and R. O. Evans. 2011. SDI Dripline Spacing Effect on Corn and Soybean Yield in a Piedmont Clay Soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering Vol.: 137, No.: 1, January 2011 [Page 27-36].

Grover. M.. S. Z. Ali. V. Sandhya. A. Rasul and B. Venkateswarlu. 2010. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stress. World Journal of Microbiology and Biotechnology 27: 1231-1240.

Hao. B.. Q. Xue. T. H. Marek. K. E. Jessup. X. Hou and W. Xu. 2015. Soil water extraction, water use, and grain yield by drought-tolerant maize on the Texas High Plains. Agric. Water Manag. 155, 11–21. doi: 10.1016/j.agwat.2015.03.007.

Islam. F.. T. Yasmeen. Q. Ali. S. Ali. M. S. Arif. S. Hussain and H. Rizvi. 2015. Influence of Pseudomonas aeruginosa as PGPR on oxidative stress tolerance in wheat under Zn stress. Ecotoxicol. Environment Saf. 03.008.

Jadhav. A. S.. A. A. Shaikh. C. A. Nimbalkar and G. Harinaray .1987. Synergistic effects of bacterial fertilizers in economizing nitrogen use in peal millet. Millets Newsletter, 8: 14-15.

Jha. K. S.. Y. Gao. H. Liu. Z. H. Huang. G. Wang. Y. Liang and A. Duan. 2017. Root development and water uptake in winter wheat under different irrigation methods and scheduling for North China. Agricultural Water Management. 182: 139-150.

Kaiser. K.. D. Guff and W. Outlaw. 1985. Sugar content of leaves of desiccation-sensitive and desiccation-tolerant plants. Naturzoissenschaften, 72:608-609.

Kang. S. Z.. P. Shi. Y. H. Pan. Z. S. Liang and X. T. Hu. 2000. Soil water distribution, uniformity and water use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. Irrig. Sci. 19(4): 181-190.

Kasim. W. A.. M. E. Osman. M. N. Omar. I. A. Abd El-Daim. S. Bejai and J. Meijer. 2013. Control of Drought Stress in Wheat Using Plant-Growth- Promoting Bacteria. Journal of Plant Growth Regulation 32: 122–130.

Kharrou. M. H.. S. Er-Raki. A. Chehbouni. B. Duchemin. V. Simonneaux. M. LePage. L. Ouzine and L. Jarlan. 2011. Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. Agricultural Sciences. Vol.2, No.3, 273-282.

Kim. Y. C.. B. Glick. Y. Bashan. and C. M. Ryu. 2013. Enhancement of plant drought tolerance by microbes. In: Aroca R, editor. Plant responses to drought stress. 2013. Berlin: Springer Verlag.

Leghari. S. J.. A. A. Soomro. M. G. Laghari. H. K. Talpur. A. F. Soomro and H. M. Mangi. 2018. Effect of NPK rates and irrigation frequencies on the growth and yield performance of Trifolium alexandrium L. AIMS Agric. Food. 3, 397–405. doi: 10.3934/agrfood.2018.4.397.

Li. J.. X. Xu. G. Lin. Y. Wang. Y. Liu and M. Zhang. 2018. Micro-irrigation improves grain yield and resource use efficiency by co-locating the roots and N-fertilizer distribution of winter wheat in the North China Plain. Sci. Total Environ. 643, 367–377. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.157.

Liao. L.. L. Zhang and L. Bengtsson. 2008. Soil Moisture Variation and Water Consumption of Spring Wheat and their Effects on Crop Yield under Drip Irrigation. Irrigation and Drainage Systems Vol.: 22, No.: 3-4, pp 253.

Liu. X-M. and H. Zhang. 2015. The effects of bacterial volatile emissions on plant abiotic stress tolerance. Frontiers Plant Science. 6: 1-6, 774.

Lu. Q.. C. Lu. J. Zhang and T. Kuang. 2002. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence during flag leaf senescence of field grown wheat plants. J. Plant Physiol., 159:1173-1178.

Marasco. R.. E. Rolli. B. Ettoumi. G. Vigani. F. Mapelli. S. Borin. A. F. Abou-Hadid. A. F. El-Behairy. C. Sorlini and A. Cherif. 2012. A drought resistance promoting microbiome is selected by root system under desert farming. 7: 1-14.

Mostafa. H.. R. El-Nady. M. Awad and M. El-Ansary. 2018. Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid conditions. Journal of Ecological Engineering. 121, 35-43.

Pandian. B. J.. P. Muthukrishman and S. Rajasekaran. 1992. Efficiency of different irrigation methods and regimes organic matter by cellulolytic fungi. Mycologia 719: 811-820.

Pavia. I.. J. Roque. L. Rocha. H. Ferreira. C. Castro. A. Carvalho. E. Silva. C. Brito. A. Gonçalves. J. Lima-Brito and C. Correia. 2019. Zinc priming and foliar application enhances photoprotection mechanisms in drought-stressed wheat plants during anthesis. Plant Physiology and Biochemistry, 140, 27–42. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.04.028

Pei. H.. L. Min. Y. Qi. X. Liu. Y. Jia. Y. Shen and C. Liu. 2017. Impacts of varied irrigation on field water budegts and crop yields in the North China Plain: Rainfed vs. irrigated double cropping system. Agric. Water Manag. 2017, 190, 42–54.

Rao. D. L. N. 1986. Nitrogen fixtion in free living and associative symbiotic bacteria.In: soil Micro – organims and plant growth.Subba Rao N. S. (Ed) Oxford and IBH pub. Co., New Dehli

Redman. R. S.. Y. O. Kim. C. J. D. Woodward. C. Greer and L. Espino. 2011. Increased fitness of rice plants to abiotic stress via habitat adapted symbiosis: A strategy for mitigating impacts of climate change. http://dx.doi.org/10.1371/.

Sadeghi-Shoae. M.. F. Paknejad. H. Hassanpour Darvishi. H. Mozafari. M. Moharramzadeh and M. R. Tookalloo. 2013. Effect of intermittent furrow irrigation, humic acid and deficit irrigation on water use efficiency of sugar beet. Annals of Biological Research, 4 (3):187-193.

Sadeghi-Shoae. M.. F. Paknejad. B. Shahbazpanahi and M. R. Tookalloo. 2014. Florescence parameters, chlorophyll content and relative water content (RWC) of wheat varieties as affected by different regimes of irrigation. International Journal of Biosciences. Vol.4 (5): 135.

Saleem. M.. A. Wagas and R. N. Ahmad. 2010. Comparison of three wheat varieties with different irrigation systems for water productivity. Int. J. Agric. App. Sci. 2(1): 7-15.

Sanjay Singh. C.. A. Manoj Kumar and N. Rajendra Kumar. 2015. Studies on Water Productivity and Yields Responses of Wheat Based on Drip Irrigation Systems in Clay Loam Soil. Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(7), 650–654, April 2015.

Si. Zh.. M. Zain. F. Mehmood. G. Wang. Y. Gao and A. Duan. 2020. Effect of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Journal of Agricultural Water Management. Volume231, 106002.

Singh. S.. D. R. Vir-Komar. M. C. Agarwal. J. L. Mangal. P. Single and K. Komar. 1990.Performance of drip and surface irrigation for water melon in heavy soils.Proceeding of 11th international congress on use of plastics.Agriculture, New Delhi , India 26 February-2 nd March. Netherlands, A.A. Bakema.

Sudhir. U. and S. T. Shende. 1982. Total nitrogen uptake by maize whith Azotobacter inoculation. plant and soil, 69: 275-280.

Swedrzynska. D. and A. Sawicka. 2000. Effect of inoculation with Azospirillum brasilense on development and yielding of maize (Zea mays ssp. Saccharata L.) under different cultivation conditions. Polish Journal of Enviromental Studies. pp: 505-509.

Verma. P.. R. Saxena and R. S. Tomar. 2016. Rhizobacteria: A Promising Tool for Drought Tolerance in Crop Plants. Proceeding of International Conference on Recent Advances in Biotechnology (Int-BIONANO-2016).

Wair. B. and C. A. Merced. 2002. Effect of different rates of N and K on drip irrigated Beauregard sweet potatos.

Webber. H. A.. C. A. Madramootoo. M. Bourgault. M. G. Horst. G. Stulina and D. L. Smith. 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. Agricultural Water Management 86:259-268.

Xu. J.. C. F. Li. Q. F. Meng. J. Z. Ge. P. Wang and M. Zhao. 2015. Effects of different drip-irrigation modes at the seedling stage on yield and water-use efficiency of spring maize in Northeast China. Acta Agron. Sin. 41, 1279–1286. doi: 10.3724/sp.j.1006.2015.01279.

Yang. J.. J. W. Kloepper and C. M. Ryu. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Science 14: 1–4.

Yang. M.. X. Guan. Y. Liu. J. Cui. C. Ding and J. Wang. 2019. Effects of drip irrigation pattern and water regulation on the accumulation and allocation of dry matter and nitrogen, and water use efficiency in summer maize. Acta Agron. Sin. 45, 443–459. doi: 10.3724/sp.j.1006.2019.83026

Zahir. A. Z.. S. A. Abbas. A. Khalid and M. Arshad. 2000. Substrate dependedmicrobially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings.Pakistan Journal of Biological Science, 3:289-291.

Zaied. K. A.. A. H. Abd. A. El-Hady. A. H. Sharief. E. H. Ashour and M. A. Nassef. 2007. Effect of Horizontal DNA Transfer in Azospirillum and Azotobacter Strains on Biological and Biochemical Traits of Non-legume Plants. Journal of Applied Sciences Research. 3(1): 73-86.

Zhang. J.. S. Zhang. M. Cheng. H. Jiang. X. Zhang. C. Peng. X. Lu. M. Zhang and J. Jin. 2018. Effect of drought on agronomic traits of rice and wheat: A meta-analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15 (5), 839. https://doi.org/10.3390/ijerph15050839

Zhang. X.. S. Chen. H. Sun. Y. Wang and L. Shao. 2009. Root size, distribution and soil water depletion as affected by cultivars and environmental factors. Field Crops Res. 114, 75–83. doi: 10.1016/j.fcr.2009.07.006.

Evaluation of the effect of growth stimulating bacteria on the yield and efficiency of wheat water consumption under the influence of irrigation rate and method

A. Rostamian[1], P. Moaveni[2], M. Sadeghi Shoae[3], H. Mozafari[4], F. Rajabzadeh[5]

Received: 2022-09-25 Accepted: 2023-05-07

Abstract

To evaluation and selection of different genotypes of sugar beet for winter cultivation in Razavi Khorasan province, a randomized complete block design with four replications was conducted separately in two regions (Jovin and Torbet-Jam) in 2018-19.In the Jovein region, 94.11 percent of the total variation in the data was explained by three components. Based on these findings, the characteristics of molasses sugar, sodium content, sugar extraction coefficient, and root yield are the most appropriate selection criteria for winter planting genotypes. Using Ward's method, cluster analysis revealed that the investigated genotypes were distributed into three clusters in both regions. FDIR19B3021 genotype in the first cluster of the Jovin region and FDIR19B4028 genotype in the Torbet-Jam region, SBSI-6 and SVZA2019-JD0402 genotypes in the second cluster as desirable genotypes for the Jovin and Torbet-Jam regions, and SVZA2019-JD0400 genotype in the third cluster. The Perfekta variety was selected as the Torbet-Jam representative for the Jovin region. The results of the experiment demonstrated that the genotypes used in the two regions are distinct, and that the increase in root impurities is a problem associated with winter cultivation, despite the fact that the root yield is maximized. The FDIR19B3021 genotype is recommended in the Jovin region, while the FDIR19B4028 genotype can be suggested in the Torbet-Jam region.

Keywords: Wheat, Irrigation regime, Irrigation methods, Growth-inducing bacteria, Water use efficiency.

۱ Ph.D. Student, Department of Agronomy, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Associate professor, Department of Agronomy, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3- Associate professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4- Associate professor, Department of Agronomy, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
5- Assistance professor, Department of Agronomy, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.