



اثر برهم کنش سطوح مختلف آبیاری و سطوح شوری بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم آنفارم ۴ در منطقه بیرجند

سعید قوام سعیدی نوقایی^۱، مصطفی یعقوبزاده^۲، علی شهیدی^۳، حسین حمای^{۴*}

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۰۳

چکیده

خشکی و شوری از جمله تنش‌های محیطی هستند که به‌عنوان عوامل مهم کاهش تولید محصولات زراعی محسوب می‌شوند. به‌منظور ارزیابی واکنش گندم رقم آنفارم ۴ به سطوح مختلف آبیاری و سطوح شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف آبیاری (شامل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی) و دو سطح آب غیر شور و شور به ترتیب معادل ۱/۴ و ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج آزمایش نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر تمامی صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول سنبله، وزن هزار دانه، وزن تر تک بوته، وزن خشک تک بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود ($P < 0/001$). این در حالی است که اثر شوری آب آبیاری بر ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن هزار دانه معنی‌دار بود، ولی بر بقیه صفات اثری نداشت. اثر متقابل سطوح آبیاری و شوری آب آبیاری اثر معنی‌دار بر همه صفات به‌جز سطح برگ، طول سنبله و عملکرد دانه را نشان داد. نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین و کمترین مقادیر برای صفات مختلف به ترتیب در تیمارهای ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه و دیم با یک آبیاری تکمیلی مشاهده شد که درصد کاهش برای صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت به ترتیب برابر ۶۴٪، ۶۲٪، ۶۱٪، ۸۹٪ و ۷۵٪ بود. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که شوری آب آبیاری تا ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر منفی بر عملکرد دانه گندم رقم آنفارم ۴ ندارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، گندم، نیاز آبی.

مقدمه

ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است. در چنین مناطقی از جهان با پیشرفت دوره‌ی رشد گندم و ورود آن به مرحله‌ی پر شدن دانه به‌تدریج از میزان بارندگی‌ها کاسته شده و از طرفی دمای هوا، تبخیر و تعرق و در نتیجه نیاز آبی گندم افزایش می‌یابد (Momtazi, 2011). در مناطق خشک و نیمه‌خشک در اغلب موارد گیاهان به‌طور هم‌زمان تحت

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یک غله‌ی مهم، غذای بسیاری از مردم کشورهای در حال توسعه محسوب می‌گردد و از سوی دیگر، در بین غلات بیشترین سطح کشت را به خود اختصاص داده است. این گیاه زراعی در نواحی خشک و نیمه‌خشک با تغییرات زیاد آب‌وهوای سالانه رشد می‌کند (Wang et al., 2010). بخش وسیعی از ایران، در

است، تعداد دانه در سنبله نیز یکی از اجزای عملکرد دانه است که کاهش آن به‌طور چشم‌گیری و بیشتر از سایر اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (Ghahraman and Sepaskhah, 1997; Dencic et al., 2000). در پژوهشی دیگر، کاهش معنی‌داری در تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه گندم در تیمارهای آبیاری به میزان ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گزارش شد (Salemi and Afuni, 2005). تنش خشکی باعث پیری زودرس برگ‌ها و ریزش برگ‌های پایینی و مسن گیاه می‌شود که خود باعث کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (Papa and Gagianas, 2003; Engel et al., 1991).

واکنش ارقام گندم به شوری آب آبیاری بسیار متنوع است و لذا شناخت ارقام متحمل به شوری و سازوکارهای ایجاد این تحمل اهمیت بسیار زیادی در مطالعات زراعی و فیزیولوژیک دارد. تحقیقات انجام‌شده روی گندم نشان داد که شوری آب آبیاری بر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری دارد (Shahidi and Miri, 2018). محققین گزارش نمودند شوری آب آبیاری سبب کاهش رشد و عملکرد دانه گندم می‌شود (Poustini and Siosemardeh, 2004). مطالعات نشان داد که سورگوم، گندم و نخود در مراحل رشد رویشی و اوایل رشد زایشی به شوری حساس بوده و در مرحله گلدهی دارای حساسیت کمتر و در مرحله پر شدن دانه کمترین حساسیت به شوری را دارند؛ بنابراین در مراحل حساس می‌توان برای آبیاری از آب‌های با شوری کم و در مراحل مقاوم از آب‌های شور استفاده نمود (Bernstein et al., 1993; Francois et al., 1994). از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و سطوح شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم انفارم ۴ در شرایط مزرعه در منطقه بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از کاشت گیاه گندم و برای اطلاع از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، اقدام به نمونه‌برداری مرکب از خاک مزرعه شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. منبع آب

تأثیر سطوح مختلف شوری و کم آبیاری قرار می‌گیرند. تأثیر توأم سطوح شوری و کم آبیاری بر روی جذب آب و به‌تبع آن بر روی عملکرد محصولات در یک مکان خاص به نوع گیاه، دور آبیاری، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و اقلیم و کیفیت آب آبیاری بستگی دارد (Ors and Suarez, 2017). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده تولید را کاهش می‌دهد. این تنش سبب بازدارندگی فرآیندهای تقسیم و رشد سلولی، بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش جریان CO_2 به درون سلول‌های مزوفیل برگ می‌شود (David et al., 2017). تولید محصولات در مناطق نیمه‌خشک و در شرایط کمبود رطوبت محدود می‌شود که این محدودیت از طریق کاهش جوانه‌زنی، کاهش طول دوره رشد رویشی، کاهش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ و همچنین عدم گلدهی به‌موقع گیاه، باعث کاهش در عملکرد می‌گردد (Boyer, 1982; Passioura et al., 1993).

شوری خاک و آب یکی از عوامل محدودکننده اصلی در بهره‌وری محصولات زراعی به‌ویژه گندم است (Molla Heydari Bafghi, 2017). بر اساس گزارش‌های موجود، در حدود ۳۴ میلیون هکتار و یا حدود ۲۰ درصد مساحت کشور متأثر از شوری است. این اراضی شامل ۲۵/۵ میلیون هکتار شوری کم تا متوسط و ۸/۵ میلیون هکتار با شوری زیاد می‌باشد (Ranjbar and Pirasteh-Anosheh, 2015). علت اصلی شوری در اراضی آبی تجمع فزاینده یون‌ها و در اراضی بایر، نسبت کم بارندگی به تبخیر است. تجمع یون‌های سمی در ریشه‌گاه به سیستم ریشه‌ای صدمه زده، متابولیسم گیاه، رشد و تولید محصول را کاهش می‌دهد. شوری رابطه‌ی معکوسی با هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز خالص دارد که منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (Wahid, 2004). تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه گندم

متفاوت است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که وقوع تنش خشکی در مرحله ساقه رفتن باعث کاهش تعداد سنبله بارور در واحد سطح می‌گردد (Soleimani, 2016). نتایج حاصل از مطالعات متعددی حاکی از آن است که وقوع تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی بیشترین تأثیر منفی را بر روی تعداد سنبله بارور در واحد سطح خواهد داشت (Ali et al., 1999; Duggan and Fowler, 2006; Cone et al., 2004). عملکرد دانه برآیند اثر ساده و متقابل اجزای عملکرد دانه

قابل‌استفاده در مزرعه آزمایشی از دو حلقه چاه با شوری مختلف بود که امکان تأمین آب با شوری‌های مختلف در مزرعه را برای انجام این آزمایش فراهم کرد. نتایج تجزیه

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental farm.

عمق خاک Depth	پتاسیم قابل جذب K _{abs.}	فسفر قابل جذب P _{abs.}	کربن آلی Organic carbon	pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک EC of saturation extract	جرم مخصوص ظاهری Bulk density	بافت خاک Soil texture	رس سیلت Clay	شن Sand	سلیت Silt	رس سیلت Clay
0-30	252.92	10.62	0.49	7.8	8.12	1.4	Loam	42.4	43.5	14.1	
30-60	324.14	8.43	0.41	7.4	7.51	1.25	Loam	35.2	43.2	21.6	
60-90	340.15	9.7	0.35	7.3	6.93	1.33	Loam	43.4	31.5	25.2	

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

Table 2. Water chemical characteristics used in the experiment

شماره چاه Well number	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	نسبت جذب سدیم SAR	کاتیون‌ها Cations (meq/lit)				آنیون‌ها Anions (meq/lit)			
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	
1	1.4	8	7.5	3.5	2.7	13.3	0.08	8.8	4.9	6.4
2	5.4	7.9	8.7	17.1	5.9	29.4	0.4	25.9	10.1	20.2

برابر ۶۶۰۰، ۵۳۴۰، ۴۰۸۰، ۲۸۲۰ و ۶۰۰ مترمکعب در هکتار بود (Shahidi et al., 2008).

زمین محل آزمایش در سال قبل از کشت به صورت آیش بود. بر اساس آزمون خاک و با توجه به توصیه کودی مهاجر میلانی و همکاران (در شرایط شوری ۷ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) (Mohajer Milani et al., 2000)، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم مصرف شد. کودهای فسفره و پتاسیمی و یک چهارم کود ازته، قبل از کشت و بقیه کود ازته در سه نوبت و به میزان مساوی در مراحل پنجه‌دهی، ساقه‌رفتن و خوشه‌دهی به صورت سرک مصرف شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۳ (۹ مترمربع)، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله‌ی بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. روش کاشت به صورت دستی و در داخل کرت انجام شد. در هر کرت ۱۴ ردیف کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۳ متر طوری کاشته شد که تراکم ۴۵۰ بوته گندم در مترمربع حاصل گردد (بر اساس وزن هزار دانه مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بذر استفاده شد). در طول فصل رشد نیز، کنترل‌های

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، برای گندم رقم آنفارم ۴ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف آب آبیاری (I1، I2، I3 و I4 که به ترتیب معادل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و I5 شامل تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی) و دو سطح آب غیر شور (S1) و شور (S2) (S1 و S2 به ترتیب معادل ۱/۴ و ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر) بود. در این تحقیق برنامه‌ریزی آبیاری و اعمال رژیم‌های مختلف آب، بر اساس کمبود رطوبت خاک و با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی انجام شد (Shahidi et al., 2008). اولین آبیاری پس از کاشت بذرها، به منظور جوانه‌زنی و سبز شدن یکنواخت در تاریخ ۱۹ آذرماه ۱۳۹۵ با آب شیرین و به میزان یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت گرفت. در طی دوره رشد گندم، تعداد نوبت‌های آبیاری برای سطوح آبیاری I1، I2، I3 و I4 یکسان و برابر با ۷ نوبت و برای I5 برابر با ۲ نوبت بود. میزان آب ورودی به هر کرت توسط یک کنتور حجمی دقیق اندازه‌گیری و به داخل کرت هدایت شد. حجم آب مصرفی برای سطوح آبیاری I1، I2، I3، I4 و I5 به ترتیب

اختلافی وجود ندارد. کمترین میزان ارتفاع در تیمار آب شور و در تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی مشاهده شد. درحالی‌که کمترین میزان ارتفاع در تیمار آب غیر شور در تیمارهای ۵۰ درصد نیاز آبی و تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری باهم نداشت (جدول ۶).

سطح برگ

اثر سطوح مختلف آبیاری ($P < 0.001$) و شوری آب آبیاری ($P < 0.001$) بر سطح برگ معنی‌دار بود. درحالی‌که برهمکنش تیمارهای فوق اثری معنی‌دار بر سطح برگ نشان نداد (جدول ۳). سطوح آبیاری به‌شدت بر میزان سطح برگ تولیدی توسط گندم اثرگذار بود. به‌طوری‌که در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۲۶/۷٪ بر میزان سطح برگ افزوده شد درحالی‌که کاهش سطوح آبیاری به ۷۵، ۵۰ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی به ترتیب کاهشی برابر با ۱۳/۲، ۳۳/۹ و ۵۲/۹ درصد را در سطح برگ نشان داد (جدول ۴). افزایش سطح برگ گندم با افزایش سطح رطوبت خاک در سایر تحقیقات گزارش شده است (Sharifi et al., 2018; Shahidi and Miri, 2018). استفاده از مالچ‌های مختلف گیاهی، از طریق حفظ رطوبت خاک منجر به افزایش معنی‌دار سطح برگ گندم در مقایسه با عدم کاربرد مالچ شد (Sharifi et al., 2018). نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از آب شور (۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به آب غیر شور (۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر) منجر به کاهش ۸/۹ درصدی و معنی‌دار سطح برگ گندم شد (جدول ۵). شوری باعث کاهش سطح برگ ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت شرایط گلخانه‌ای شد البته میزان کاهش سطح برگ به‌شدت وابسته به ژنوتیپ مورد استفاده بود به‌طوری‌که کمترین کاهش در ژنوتیپ‌های متحمل به شوری (سیستانی و نیشابور) مشاهده شد (Akbari et al., 2010). نتایج این محققین همچنین نشان داد که افزایش شوری از ۱/۳ به ۵، ۱۰ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب منجر به کاهش ۳۰/۰۶، ۵۳/۹۸ و ۶۴/۴۸ درصدی میزان سطح برگ شد.

وزن تر تک بوته

اثر سطوح آبیاری بر صفت وزن تر تک بوته معنی‌دار بود ($P < 0.001$) درحالی‌که شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت. نتایج برهمکنش سطوح آبیاری در شوری

مربوط به بیماری‌ها و آفات و مبارزه با علف‌های هرز صورت گرفت.

قبل از برداشت گیاهان، اندازه‌گیری ارتفاع بوته‌ها از بخش میانی هر کرت انجام شد. ارتفاع بوته حاصل میانگین ۱۰ بوته بود. در مرحله رسیدگی (زرد شدن کامل ۹۰ درصد بوته‌ها) خطوط اول، دوم، سیزدهم، چهاردهم کاشت و همچنین نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی به‌عنوان اثرات حاشیه‌ای حذف و برداشت نهایی در سطحی معادل ۲ مترمربع با داس و با برش از سطح خاک انجام شد. سپس صفاتی از قبیل سطح برگ، وزن تر تک بوته، وزن خشک تک بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه‌های میانگین اثرات اصلی با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۳) که اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود ($P < 0.001$). ارتفاع گیاه با کاهش سطوح آبیاری کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین کاهش در تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی به میزان ۴۸ سانتی‌متر بود که نسبت به تیمار سطح آبیاری ۱۲۵ نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۷ و ۳۰ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۴). اثر شوری آب آبیاری نیز بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳) ($P > 0.001$). ارتفاع گیاه با افزایش شوری از ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر به ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر ۱۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵). نتایج مطالعه انجام‌شده در مورد واکنش ارقام مختلف گندم به سطوح آبیاری نشان داد که ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت (Eidizadeh et al., 2016). نتایج یوسفی و همکاران (Yousfi et al., 2010) نشان داد که شوری آب آبیاری در سطوح ۱۲ و ۱۷ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شوری ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع گندم شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح شوری آب آبیاری مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل ارتفاع گیاه انجام شد (جدول ۶). نتایج نشان داد که بین تیمارهای ۱۲۵ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در هر کدام از سطوح شوری

آبی در شرایط استفاده از آب شور باعث افزایش معنی‌دار وزن تر تک بوته در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شد درحالی‌که بین این تیمارها در شرایط استفاده از آب غیر شور اختلاف معنی‌داری نبود. این نتایج همچنین نشان داد که کمترین مقدار وزن تر تک بوته مربوط به تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی در شرایط استفاده از آب شور بود. نتایج اثرات متقابل تیمارها بر وزن تر تک بوته نشان داد که بین تیمارهای ۱۲۵ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط استفاده از آب غیر شور اختلاف معنی‌داری نبود درحالی‌که اختلاف بین تیمارهای ۱۲۵ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط استفاده از آب شور معنی‌دار بود. به‌طور کلی تیمار آب شور در تمامی سطوح آبیاری کاهش معنی‌دار صفت وزن تر تک بوته را نشان داد (جدول ۶).

نیز معنی‌دار بود ($P < 0.01$). با توجه به کاهش میزان آب در دسترس گیاه با کاهش سطوح آبیاری، کاهش وزن تر تک بوته نیز روی خواهد داد. نتایج این بررسی نشان داد که کاهش سطوح آبیاری به ۷۵، ۵۰ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی به ترتیب کاهشی برابر با ۲۳/۹، ۴۱/۷ و ۶۲ درصدی را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان داد (جدول ۴). تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی افزایش معنی‌داری در وزن تر تک بوته را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان نداد (جدول ۴). شوری آب آبیاری در سطوح مورد استفاده (۱/۴ و ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر) اثر معنی‌داری بر وزن تر تک بوته نشان نداد. نتایج اثرات متقابل سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری نشان داد که وزن تر تک بوته به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌گیرد ($P < 0.01$). تیمار ۱۲۵ درصد نیاز

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده گندم تحت سطوح مختلف آب آبیاری و شوری آب آبیاری در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در منطقه بیرجند

Table 3. Analysis of variance of measured traits of wheat under different levels of irrigation water and salinity of irrigation water in Birjand during 2016-17

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی (d.f)	ارتفاع گیاه Plant height	سطح برگ Leaf area	وزن تر تک بوته Fresh weight per plant	وزن خشک تک بوته Dry weight per plant	طول سنبله Spike length
Replication	تکرار	2	20.23 ^{ns}	7.89 ^{ns}	0.92 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.009 ^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	4	801.13 ^{***}	636.70 ^{***}	249.03 ^{***}	92.32 ^{***}	1.21 ^{**}
Salinity (S)	شوری	1	288.30 ^{**}	53.69 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.88 ^{ns}	0.07 ^{ns}
S × I	آبیاری × شوری	4	115.13 [*]	3.25 ^{ns}	16.88 ^{**}	8.93 ^{***}	0.15 ^{ns}
Error	خطا	18	40.64	6.52	2.97	0.66	0.27
C.V (%)	ضریب تغییرات	—	10.53	8.91	9.96	8.79	6.58

Table 3. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی (d.f)	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest Index
Replication	تکرار	2	44.44 ^{ns}	5.81 ^{ns}	1015840 ^{ns}	758081 [*]	26.90 ^{ns}
Irrigation (I)	آبیاری	4	182.98 ^{***}	672.34 ^{***}	26676943 ^{***}	9299010 ^{***}	871.89 ^{***}
Salinity (S)	شوری	1	32.80 ^{ns}	137.29 ^{***}	513520 ^{ns}	1461 ^{ns}	0.14 ^{ns}
S × I	آبیاری × شوری	4	54.67 [*]	26.72 [*]	2799177 ^{***}	578147 ^{ns}	92.11 ^{**}
Error	خطا	18	10.97	6.89	354408	182508	14.36
C.V (%)	ضریب تغییرات	—	12.50	8.91	9.45	21.98	13.77

* و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال آماری پنج و یک درصد و ns غیر معنی‌دار.

* and ** Represents a significance at a probability level of 5% and 1%, respectively, and ns; Non-significant.

وزن خشک تک بوته

نتایج اثرات متقابل سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری نشان داد که وزن خشک تک بوته به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌گیرد ($P < 0.001$). نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تیمارها بر وزن خشک بوته نیز روندی مشابه وزن تر بوته را نشان داد. تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی در شرایط استفاده از آب شور باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک تک بوته در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شد در حالی که بین این تیمارها (۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در شرایط استفاده از آب غیر شور اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. کمترین مقدار وزن خشک تک بوته مربوط به تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی در شرایط استفاده از آب شور بود. در نهایت نتایج نشان داد که تیمارهای مورد استفاده با آب شور منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک تک بوته نشد (جدول ۶). نتایج یوسفی و همکاران (Yousfi et al., 2010) نشان داد که شوری آب آبیاری در سطوح ۱/۸، ۱۲ و ۱۷ دسی‌زیمنس بر متر و آبیاری در دو سطح ۱۰۰ و ۳۵ درصد ظرفیت نگهداری آب توسط خاک بر صفاتی همچون زیست‌توده تولیدی گیاه، ارتفاع گیاه، زیست‌توده اندام هوایی اثر معنی‌داری داشت ($P < 0.001$).

وزن خشک تک بوته نیز روندی مشابه وزن تر تک بوته را نشان داد (جدول ۳). اثر سطوح آبیاری و برهمکنش سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری بر صفت وزن خشک تک بوته معنی‌دار بود ($P < 0.001$) در حالی که شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری بر وزن خشک تک بوته نداشت. نتایج این بررسی نشان داد که کاهش سطوح آبیاری به ۷۵، ۵۰ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی به ترتیب کاهش برابر با ۲۹/۲، ۴۳/۴ و ۶۱/۳ درصدی را در وزن خشک در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان داد (جدول ۴). تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی افزایش ۱۴/۹ درصدی معنی‌دار را در وزن خشک تک بوته را نشان داد (جدول ۴). افزایش وزن خشک بوته گندم در سطوح بالاتر رطوبتی خاک (۸۰ درصد ظرفیت زراعی) گزارش شده است (Sharifi et al., 2018). البته هر عاملی که منجر به حفظ رطوبت خاک برای مدت بیشتری شود نظیر کاربرد مالچ‌های مختلف می‌تواند از طریق بهبود تبادل گازها و در نتیجه بهبود فتوسنتز، افزایش وزن خشک تولیدی گندم را موجب شود (Sharifi et al., 2018).

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده گندم تحت سطوح مختلف آبیاری

Table 4. Mean comparison of wheat measure traits on different irrigation levels

سطوح آبیاری Irrigation levels	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	وزن تر تک بوته Fresh weight per plant (g.plant ⁻¹)	وزن خشک تک بوته Dry weight per plant	طول سنبله Spike length (cm)
I1	76.00 ^a	42.54 ^a	24.02 ^a	14.09 ^a	7.94 ^{bc}
I2	68.33 ^b	33.57 ^b	22.92 ^a	12.26 ^b	8.59 ^a
I3	58.50 ^c	29.12 ^c	17.44 ^b	8.68 ^c	8.11 ^{ab}
I4	52.00 ^{cd}	22.18 ^d	13.36 ^c	6.33 ^d	7.85 ^{bc}
I5	48.00 ^d	15.80 ^e	8.72 ^d	4.75 ^e	7.35 ^c

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

سطوح آبیاری Irrigation levels	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grainyield	شاخص برداشت Harvest Index (%)
I1	29.86 ^{ab}	45.44 ^a	9028.3 ^a	3488.5 ^a	38.48 ^a
I2	33.57 ^a	33.22 ^b	7070.8 ^b	2487.5 ^b	35.33 ^{ab}
I3	26.46 ^{bc}	26.81 ^c	6887.5 ^b	2361.5 ^b	33.55 ^b
I4	23.08 ^{cd}	24.65 ^c	4957.5 ^c	1004.7 ^c	20.56 ^c
I5	19.49 ^d	17.26 ^d	3543.3 ^d	375.0 ^d	9.76 ^d

میانگین‌ها در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different at the 5% probability level

I₅ و I₄، I₃، I₂، I₁ که به ترتیب معادل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی است.

I₁، I₂، I₃، I₄ and I₅ showed irrigation levels at 125, 100, 75, and 50 water requirement percent, and rain fed with one stage supplementary irrigation, respectively

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده گندم تحت سطوح مختلف شوری آب آبیاری

Table 5. Mean comparison of wheat measure traits on different water salinity

شوری آب آبیاری Water irrigation salinity (dS.m ⁻¹)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	وزن تر تک بوته Fresh weight per plant (g.plant ⁻¹)	وزن خشک تک بوته Dry weight per plant (g.plant ⁻¹)	طول سنبله Spike length (cm)
1.4	63.67 ^a	29.98 ^a	17.28 ^a	9.05 ^a	8.02 ^a
5.4	57.47 ^b	27.30 ^b	17.30 ^a	9.40 ^a	7.92 ^a

Table 5. Continued

جدول ۵. ادامه

شوری آب آبیاری Water irrigation salinity (dS.m ⁻¹)	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest Index (%)
1.4	27.54 ^a	31.62 ^a	6428.3 ^a	1936.0 ^a	27.60 ^a
5.4	25.44 ^a	27.34 ^b	6166.7 ^a	1950.0 ^a	27.47 ^a

اعداد میانگین در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.
Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different at the 5% probability level.

اثر سطوح آبیاری بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود ($P < 0.001$) در حالی که شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت. نتایج برهم‌کنش سطوح آبیاری در شوری نیز معنی‌دار بود ($P < 0.05$) (جدول ۳). تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تیمارهای خشکی قرار می‌گیرد. نتایج یک مطالعه نشان داد که در شرایط کاربرد تیمارهای ۸۵ و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار تعداد دانه در سنبله مشاهده شد. البته میزان کاهش به مقدار زیادی به ژنوتیپ مورد آزمایش بستگی داشت (Gholipoor et al., 2016). با توجه به اختلال در نمو سنبله‌ها در شرایط شور، تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد که البته شدت شوری تأثیرگذار بر تعداد دانه در سنبله به میزان زیادی به رقم مورد مطالعه بستگی دارد. به‌عنوان مثال ارقام بم و تجن از نظر تعداد دانه در سنبله، زمانی کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله را نشان دادند که تحت تأثیر شوری ۱۲ دسی‌زیمنس قرار گرفتند (Borzoei et al., 2012). با توجه به سطوح شوری مورد استفاده در سایر مطالعه‌های انجام شده بنابراین به نظر می‌رسد که سطوح شوری مورد استفاده در این آزمایش اثری بر تعداد دانه در سنبله نداشت. نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نشان داد که روند مشابهی برای هر دو تیمار آبیاری با آب شور و غیر شور وجود دارد و بیشترین اثرات مربوط به تیمارهای ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین مربوط به تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی بود (جدول ۶).

طول سنبله

طول سنبله تحت تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری قرار گرفت ($P < 0.001$) (جدول ۳). در حالی که اثر شوری آب آبیاری و برهم‌کنش سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری معنی‌دار نبود. بیشترین میزان طول سنبله در شرایط آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. کاهش سطوح آبیاری به ۷۵، ۵۰ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی به ترتیب کاهشی برابر با ۵/۶، ۸/۶ و ۱۴/۴ درصدی را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان داد (جدول ۴). تیمار خشکی در سطوح بالا می‌تواند بر طول سنبله اثر داشته باشد به‌عنوان مثال نتایج مطالعه انجام شده بر روی گندم نشان داد که طول سنبله در شرایط تیمار ۸۵ و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار طول سنبله را داشت (Gholipoor et al., 2016). البته این نتایج شدت واکنش طول سنبله به سطوح خشکی را به‌شدت وابسته به ژنوتیپ مورد مطالعه نشان داد. بنابراین شوری بسته به‌شدت و ژنوتیپ کشت شده، می‌تواند منجر به کاهش طول سنبله شود. در یک بررسی نشان داده شده است که طول سنبله گندم رقم بم در تیمارهای شوری ۰.۸، ۱.۰ و ۱.۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲/۳، ۵/۸، ۷/۱ و ۱۴/۱ درصد و طول سنبله گندم رقم تجن به ترتیب ۳/۳، ۴/۳، ۵/۵ و ۶/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (Borzoei et al., 2012).

تعداد دانه در سنبله

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و شوری آب آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده گندم

Table 6. Mean comparison of difference irrigation levels and water salinity interaction for wheat measure traits

سطوح آبیاری Irrigation levels	شوری آب آبیاری Water irrigation salinity		وزن تر تک بوته Plant fresh weight		وزن خشک تک بوته Plant dry weight		تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
	(ds.m ⁻¹)	ارتفاع گیاه Plant height	(g.plant ⁻¹)	(g)	(kg.ha ⁻¹)	(%)				
I ₁ [†]	1.4	81.00 ^a	22.27 ^b	12.51 ^b	31.11 ^{ab}	48.03 ^a	9706.7 ^a	37.20 ^a		
I ₂		75.33 ^a	23.51 ^{ab}	12.25 ^b	33.58 ^a	32.56 ^c	7815.0 ^b	33.15 ^{ab}		
I ₃		59.67 ^c	17.35 ^{cd}	7.97 ^d	28.84 ^{a-c}	30.53 ^c	6168.3 ^c	29.64 ^b		
I ₄		48.33 ^{de}	12.09 ^{fe}	6.05 ^e	19.78 ^{de}	25.31 ^d	4475.5 ^{de}	22.18 ^c		
I ₅		54.00 ^{cd}	11.21 ^f	6.49 ^e	24.37 ^{cd}	21.65 ^d	3976.7 ^{ef}	15.86 ^c		
I ₁	5.4	71.00 ^{ab}	25.78 ^a	15.67 ^a	28.60 ^{a-c}	42.84 ^b	8350.0 ^b	39.77 ^a		
I ₂		61.33 ^{bc}	22.33 ^b	12.28 ^b	33.56 ^a	33.88 ^c	6326.7 ^c	37.51 ^a		
I ₃		57.33 ^{cd}	17.53 ^c	9.39 ^c	24.07 ^{cd}	23.09 ^d	7606.7 ^b	37.45 ^a		
I ₄		55.67 ^{cd}	14.63 ^{de}	6.62 ^{de}	26.38 ^{bc}	24.00 ^d	5440.0 ^{cd}	18.94 ^c		
I ₅		42.00 ^e	6.23 ^g	3.02 ^f	14.62 ^e	12.88 ^e	3110.0 ^f	3.67 ^d		

* حروف کوچک نشان‌دهنده نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل است. اعداد میانگین در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

† I₁, I₂, I₃, I₄ و I₅ که به ترتیب معادل ۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی است.

Means numbers in each column followed by at least one similar letter are not significantly different at the 5% probability level. † I₁, I₂, I₃, I₄ and I₅ showed irrigation levels at 125, 100, 75, and 50 water requirement percent, and rain fed with one stage supplementary irrigation.

وزن هزار دانه

دانه در شرایط استفاده از تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی تحت آبیاری با آب غیر شور به دست آمد (جدول ۶). همچنین باید بیان داشت بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی در هر دو شوری آب آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان کاهش وزن هزار دانه نیز در تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی در شرایط آبیاری با آب شور مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نشان داد که روند مشابهی در هر تیمار شوری آب آبیاری وجود دارد. بیشترین و کمترین اثرات به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۲۵ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی بود.

عملکرد بیولوژیک

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده معنی‌داری اثر سطوح آبیاری (P<۰/۰۰۱) و همچنین برهمکنش سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری (P<۰/۰۰۱) بر عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۳). درحالی‌که شوری آب آبیاری اثری بر عملکرد بیولوژیک نداشت. نتایج بررسی اثر تیمارهای خشکی بر عملکرد بیولوژیک ارقام مختلف گندم کاهش عملکرد بیولوژیک را با افزایش سطوح خشکی نشان داد به طوری‌که بیشترین مقدار

نتایج این مطالعه نشان داد که اثر سطوح آبیاری (P<۰/۰۰۱)، شوری آب آبیاری (P<۰/۰۰۱) و برهمکنش سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری (P<۰/۰۰۵) بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). کاهش سطوح آبیاری به ۷۵، ۵۰ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی به ترتیب کاهش برابر با ۱۹/۳، ۲۵/۸ و ۴۸ درصدی وزن هزار دانه را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نشان داد (جدول ۴). برخلاف نتایج این مطالعه نتایج بررسی انجام‌شده بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نشان از عدم تأثیر معنی‌دار سطوح تیمارهای خشکی بر وزن هزار دانه بود (Gholipoor et al., 2016). نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از آب شور در مقایسه با آب غیر شور منجر به کاهش وزن هزار دانه به میزان ۱۳/۵ درصد شد (جدول ۵). کاهش طول دوره پر شدن دانه در شرایط تیمار شوری می‌تواند منجر به کاهش وزن دانه‌های تولیدی شود. نتایج گزارش شده توسط برزویی و همکاران (Borzoei et al., 2012) هم‌راستا با نتایج این مطالعه کاهش معنی‌دار وزن دانه در شرایط شور را نشان داد. نتایج برهمکنش سطوح آبیاری و شوری آب آبیاری نشان داد که بیشترین وزن هزار

نتیجه مطالعه وجید و همکاران (Wajid et al., 2002) مشابه نتایج این آزمایش، افزایش عملکرد گندم را با افزایش سطوح آبیاری نشان داد. واکنش ارقام مختلف گندم به سطوح آبیاری در ورامین نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت (Eidizadeh et al., 2016). نتایج مطالعه انجام‌شده در شرایط آب و هوایی اصفهان نیز نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گندم به‌شدت تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت (Soleimani, 2016). فاولر (Fowler, 2002) نشان داد که شدت تأثیر تنش خشکی در گندم به مرحله نمو گیاه بستگی دارد، به‌طوری‌که اگر در مرحله ساقه‌دهی تنش روی دهد، منجر به کاهش تعداد سنبله بارور می‌شود. البته نتایج سایر مطالعه‌های انجام‌شده نشان داده است که بیشترین تأثیر کاهش در تعداد سنبله بارور در صورت بروز تنش در مرحله پنجه‌زنی روی می‌دهد (Duggan and Fowler, 2006; Cone et al., 2004).

شوری آب آبیاری (۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر عملکرد ارقام مختلف گندم شامل چمران، سیستان، حاجی‌آباد، پارسی، یاواروس، به‌رنگ، یوجی ۵۲۰، اس-۸۳-۳، دی-۸۱-۱۸ اثر کاهشی معنی‌داری وابسته به نوع رقم نشان داد ($P < 0.01$). بیشترین میزان عملکرد در شرایط آبیاری با آب شور (۹ دسی‌زیمنس بر متر) مربوط به رقم یوجی ۵۲۰ بود (Rajaei and Dastfal, 2017). نتایج تجزیه واریانس اثر شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که تیمارهای شوری آب آبیاری مورد‌استفاده در این آزمایش نتوانست بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم آنفارم ۴ اثر کاهشی معنی‌داری داشته باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد آستانه تحمل شوری آب آبیاری برای رقم آنفارم ۴ از ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشتر است. بنابراین در شرایطی که این رقم در مزرعه کشت شود، می‌توان از آب آبیاری با شوری فوق بدون نگرانی ناشی از کاهش عملکرد (با در نظر داشتن مسائل اقتصادی) استفاده کرد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌های این آزمایش به دلیل کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در سطح آبیاری ۵۰ درصد، در هر شرایطی نباید سطوح آبیاری به کمتر از ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه برسد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر معنی‌دار سطوح آبیاری ($P < 0.01$) و برهم‌کنش سطوح آبیاری و شوری آب آبیاری

عملکرد بیولوژیک در تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (Gholipoor et al., 2016). نتایج این مطالعه نشان داد که کاهش سطوح آبیاری به ۷۵، ۵۰ درصد نیاز آبی و دیم با یک آبیاری تکمیلی به ترتیب کاهشی برابر با ۲/۶، ۲۹/۹ و ۵۰ درصدی عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دنبال داشت (جدول ۴). افزایش سطح آبیاری در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک با حدود ۲۷/۷ درصد شد. از آنجا که سطوح آبیاری و همچنین شوری آب آبیاری می‌تواند بر ارتفاع و توان گیاه در تولید زیست‌توده اثرگذار باشد بنابراین وابسته به سطوح تیمار می‌شود کاهش عملکرد بیولوژیک را پیش‌بینی کرد. سطوح شوری آب آبیاری مورد‌استفاده کمتر از آن بوده است که بتواند منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گردد. استفاده از سطوح شوری بیشتر می‌تواند کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه و زیست‌توده تولیدی و در نهایت عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار دهد. به‌عنوان مثال استفاده از آب دارای شوری ۱۲ و ۱۷ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار خصوصیات رشدی گیاه و در نهایت عملکرد بیولوژیک را نشان داد (Yousfi et al., 2010).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل عملکرد بیولوژیک نشان داد که در شرایط استفاده از هر دو سطح آب شور و غیر شور بین تیمارهای ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک برای تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی در سطح آب غیر شور و کمترین میزان آن برای تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی در شرایط استفاده از آب شور مشاهده شد (جدول ۶).

عملکرد دانه

نتایج این مطالعه نشان داد که سطوح آبیاری مورد‌استفاده بر میزان عملکرد دانه اثرگذار بوده است ($P < 0.01$). در حالی که شوری آب آبیاری و همچنین برهم‌کنش سطوح آبیاری و شوری اثر معنی‌داری را نشان نداده است (جدول ۳). کاهش سطح آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۷۵ درصد اگرچه موجب کاهش ۵ درصدی عملکرد دانه شد ولی این میزان معنی‌دار نبود. افزایش سطح آبیاری به ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه منجر به افزایش ۴۰ درصدی عملکرد دانه شد. با توجه به فراهمی آب در مزرعه، خصوصیات خاک و همچنین سایر مسائل مدیریتی به نظر می‌رسد در صورت امکان از این سطح آبیاری در مزارع دارای شرایط مشابه می‌توان استفاده کرد.

صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای طول سنبله رابطه معنی‌داری وجود دارد. بین طول سنبله و وزن هزار دانه رابطه معنی‌داری مشاهده نمی‌شود ولی بین طول سنبله با بقیه صفات رابطه معنی‌دار ولی نسبتاً ضعیف وجود دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک وجود داشت. درحالی‌که نتایج سایر مطالعات نشان‌دهنده بیشترین همبستگی عملکرد دانه با سایر صفات است. امام و همکاران (Emam et al., 2007) در مطالعه خود گزارش کردند که در شرایط مطلوب رشدی عملکرد دانه بهترین همبستگی را با تعداد دانه در سنبله داشت. اسچیلینگر (Schillinger, 2005) نیز مهم‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد گندم را تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله گزارش کرد. مطالعه‌ای دیگر نشان داد که تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مهم‌ترین و بیشترین نقش را در عملکرد گندم تحت شرایط خشکی دارند. این نتایج درحالی‌که است که نتایج این آزمایش گواه بر بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک است (Azizinya et al., 2005).

($P < 0.01$) را بر شاخص برداشت نشان داد (جدول ۳). درحالی‌که شوری آب آبیاری اثری بر شاخص برداشت نداشت (جدول‌های ۳ و ۵). کاهش سطوح آبیاری باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد (جدول‌های ۳ و ۴). البته بین تیمارهای ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۴). کاهش بسیار زیاد شاخص برداشت در تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی به دلیل اختلال در مرحله گرده‌افشانی تحت تأثیر خشکی بود چراکه در این تیمار فقط یک مرحله آبیاری تکمیلی انجام شد. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین میزان شاخص برداشت در تیمارهای ۱۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار دیم با یک آبیاری تکمیلی مشاهده شد (جدول ۶). کاهش شاخص برداشت گندم تحت تأثیر افزایش سطوح تنش خشکی گزارش شده است (Gholipoor et al., 2016).

همبستگی صفات

نتایج همبستگی صفات در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به ضرایب همبستگی مشاهده می‌شود که بین تمام

جدول ۷. همبستگی بین صفات رشدی گندم

Table 7. Correlation between growth traits of wheat

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2	0.807***	1								
3	0.814***	0.890***	1							
4	0.789***	0.878***	0.946***	1						
5	0.408*	0.350 ^{ns}	0.465**	0.417*	1					
6	0.752***	0.661***	0.768***	0.720***	0.534**	1				
7	0.788***	0.927***	0.841***	0.839***	0.250 ^{ns}	0.672***	1			
8	0.842***	0.872***	0.834***	0.831***	0.394*	0.646***	0.815***	1		
9	0.796***	0.846***	0.852***	0.853***	0.428*	0.637***	0.788***	0.956***	1	
10	0.708***	0.807***	0.884***	0.863***	0.506**	0.693***	0.751***	0.864***	0.940***	1

صفات اندازه‌گیری شده: ۱: ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، ۲: سطح برگ (سانتی‌متر^۲مربع)، ۳: وزن تر تک بوته (گرم در بوته)، ۴: وزن خشک تک بوته (گرم در بوته)، ۵: طول سنبله (سانتی‌متر)، ۶: تعداد دانه در سنبله، ۷: وزن هزار دانه (گرم)، ۸: عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)، ۹: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، ۱۰: شاخص برداشت (درصد)

ns، *، ** و ***: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد است

Measured trait: 1: plant height, 2: leaf area, 3: fresh weight per plant, 4: dry weight per plant, 5: spike length, 6: number of seed per spike, 7: 1000-seeds weight, 8: biologic yield, 9: grain yield, 10: harvest index

NS, *, ** and *** non-significant and significant at 5%, 1%, and 0.1% probability levels, respectively

صفت‌های سطح برگ، طول سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار نبود. این نتایج همچنین نشان داد که در صورت آبیاری با آب شور (۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر)، بهتر است از تیمار سطح آبیاری ۱۲۵ درصد نیاز آبی استفاده شود. به‌طور کلی به نظر می‌رسد به دلیل کاهش شوری خاک در نتیجه آب آبیاری با حجم ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه، استفاده از مقادیر بیشتر آب آبیاری نسبت به نیاز گیاه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه در شرایط کشت در خاک شور (با توجه به نتایج جدول خصوصیات خاک) شود. نتایج همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش بیشترین رابطه را بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نشان داد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که کاهش سطوح آبیاری (درصد نسبت به نیاز آبی) منجر به کاهش معنی‌دار صفات رشدی و عملکردی گندم رقم آنفارم ۴ شد. در حالی که اثر شوری آب آبیاری فقط بر ارتفاع گیاه، سطح برگ و وزن هزار دانه اثر معنی‌دار داشت. نتایج اثر متقابل سطوح آبیاری در شوری آب آبیاری نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۴ به ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر صفات رشدی شامل ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، وزن تر تک بوته، وزن خشک تک بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. در حالی که اثر متقابل در

منابع

- Akbari, E., Izadi Darbandi, A., Borzoei, A., Majdabadi, A. 2010. The investigation of morphological changes of wheat genotypes under salinity stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 4(1), 71-82. [In Persian with English summary].
- Ali, M., Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Andersen, M.N., Henson, I.E., 1999. Root signaling and osmotic adjustment during intermittent soil drying sustain grain yield of field grown wheat. *Field Crops Research*. 62(1), 35-52.
- Azizinya, S., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Samadi, B.Y., Ahmadi, A., 2005. An evaluation of quantitative traits related to drought resistance in synthetic wheat genotypes in stress and non-stress conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 36, 281-293. [In Persian with English summary].
- Bernstein, N., Silk, W.K., Läuchli, A., 1993. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. *Planta*. 191(4), 433-439.
- Borzoei, A., Kafi, M., Khazaei, H.R., Mosavi, M.A. 2012. The effect of irrigation water salinity on root traits of two cultivars sensitive and resistant to wheat and salinity its relation with grain yield under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 8 (2), 95-106. [In Persian with English summary].
- Boyer, J.S., 1982. Plant productivity and environment. *Science*. 218(4571), 443-448.
- Cone, A.E., Slafer, G.A., Halloran, G.M., 2004. Effects of moisture stress on leaf appearance, tillering and other aspects of development in *Triticum tauschii*. *Euphytica*. 86(1), 55-64.
- David, O.A., Osonubi, O., Olaiya, C.O., Agbolade, J.O., Ajiboye, A.A., Komolafe, R.J., Chukwuma, D.M., Akomolafe, G.F., 2017. Anatomical response of wheat cultivars to drought stress. *Ife Journal of Science*. 19(2), 323-331.
- Dencic, S., Kastori, R., Kobiljski, B., Duggan, B., 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*. 113(1), 43-52.
- Duggan, B.L., Fowler, D.B., 2006. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies. *Crop Science*. 46(4), 1479-1487.
- Eidizadeh, K.H., Ebrahimpoor, F., Ebrahimi, M.A., 2016. Effect of different irrigation regimes on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Ramin climatic. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 9(1), 29-36. [In Persian with English summary].
- Emam, Y., Ranjbar, A.M., Bahrani, M.J., 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. *Journal of Water and Soil Science*. 11(1), 317-328. [In Persian with English summary].

- Engel, R.E., Long, D.S., Carlson, G.R., 2003. Predicting straw yield of hard red spring wheat. *Agronomy journal*. 95(6), 1454-1460.
- Fowler, D.B., 2002. Growth stages of wheat. *Agronomy Sustain Development*. 17, 87-92.
- Francois, L.E., Grieve, C.M., Maas, E.V., Lesch, S.M., 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agronomy journal*. 86(1), 100-107.
- Ghahraman, B., Sepaskhah, A.R., 1997. Use of a water deficit sensitivity index for partial irrigation scheduling of wheat and barley. *Irrigation Science*. 18(1), 11-16.
- Gholipoor, S., Ebadi, A., Parmoon, G. 2016. The effect of drought stress on retranslocation of materials, yield and yield components of different genotypes of bread wheat. *Crop Plant Physiology*. 31(8), 111-128
- Mohajer Milani, P., Saadat, S., Vakil, R., 2000. Nutrition of wheat in the conditions of Qom province. *Soil and Water Science*. 12(6), 187-196.
- Molla Heydari Bafghi, R., Baghizadeh, A., Mohammadinezhad, G., 2017. Evaluation of Salinity and Drought Stresses Tolerance in Wheat Genotypes using Tolerance Indices. *Journal of Crop Breeding*. 9 (23), 27-34. [In Persian with English summary].
- Momtazi, F., 2011. Responses of different wheat cultivars to post anthesis drought stress. *Plant Ecophysiology*. 3(9), 1-17. [In Persian with English summary].
- Ors, S., Suarez, D.L., 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. *Agricultural Water Management*. 190, 31-41.
- Passioura, J.B., Condon, A.G., Richards, R.A., 1993. Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: *Water Deficits: Plant Responses from Cell to Community*, J.A.C. Smith and H. Griffiths (eds) (Oxford: Bios Scientific Publishers) pp. 253-264. 1993.
- Poustini, K., Siosemardeh, A., 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research*, 85(2-3), 125-133.
- Rajai, M., Dastfal, M., 2017. Investigation of yield and indices of salinity tolerance in wheat lines and cultivars under saline conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 10(1), 139-150. [In Persian with English summary].
- Ranjbar, Gh., Pirasteh-Anosheh, H., 2015. A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 17(2), 165-178. [In Persian with English summary].
- Salemi, H.R., Afiuni, D., 2005. The impact of limited irrigation on grain yield and yield components of several new wheat varieties. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 12, 11-20. [In Persian with English summary].
- Schillinger, W.F., 2005. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. *Crop Science*. 45(6), 2636-2643.
- Shahidi, A., Kashkuli, H.A., Zamani, G.R., 2008. Interaction of deficit irrigation and salinity on yield and yield components of wheat cultivars and determining water-salinity production function in the Birjand region. Ahvaz University doctoral thesis. [In Persian with English summary].
- Shahidi, A., Miri, Z., 2018. The effect of salinity on yield and yield components of two wheat cultivars in the plain of Birjand. *Crop Production*. 11(2), 51-61. [In Persian with English summary].
- Sharifi, Z., Eslami, V., Jami Al-Ahmadi, M., Mahmoodi, S. 2018. The effect of mulch on different plant residues on emergence and early growth of safflower and wheat in different humidity conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 11(3), 205-215. [In Persian with English summary].
- Soleimani, A., 2016. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat using ET-HS model. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 9(3), 205-215. [In Persian with English summary].
- Wahid, A., 2004. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 45(2), 133-141.
- Wajid, A., Hussain, A., Maqsood, M., Ahmad, A., Awais, M., 2002. Influence of sowing date and irrigation levels on growth and grain yield of wheat. *Pakistan Journal of Agriculture Science*. 39(1), 22-24.

- Wang, J., Zhao, T., Wang, E., Yu, Q., Yang, X., Feng, L., Pan, X., 2010. Measurement and simulation of diurnal variations in water use efficiency and radiation use efficiency in an irrigated wheat-maize field in the North China Plain. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 38(2), 119-135.
- Yousfi, S., Serret, M.D., Voltas, J., Araus, J.L., 2010. Effect of salinity and water stress during the reproductive stage on growth, ion concentrations, $\Delta^{13}\text{C}$, and $\delta^{15}\text{N}$ of durum wheat and related amphiploids. *Journal of Experimental Botany*. 61(13), 3529-3542.