

تأثیر رژیم های مختلف آبیاری و مصرف کودهای پتاسه و روی بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در شمال خوزستان

محمد خرمیان^{۱*} و سعید سلیم پور^۲

- ۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد
۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات خاک و آب، دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۵ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۱۱/۲۰	
کلمات کلیدی: تنش رطوبتی، تغذیه گندم، خوزستان	به منظور بررسی تأثیر رژیم آبیاری و عناصر پتاسیم و روی بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم (WUE) رقم چمران مطالعه‌ای به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول اجرا شد. سه سطح اصلی آبیاری پس از ۵۰ (I ₅₀)، ۷۵ (I ₇₅) و ۱۰۰ (I ₁₀₀) میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و سه سطح فرعی کود، بدون مصرف کود پتاسیم و روی (F ₀)، مصرف کود پتاسیم و روی بر اساس آزمون خاک (F ₁) (۲۰۰ kg ha ⁻¹) سولفات پتاسیم و ۴۰ kg ha ⁻¹ سولفات روی) و ۵۰ درصد بیشتر از آزمون خاک (۳۰۰ kg ha ⁻¹ سولفات پتاسیم و ۶۰ kg ha ⁻¹ سولفات روی) (F ₂) تیمارهای آزمایشی را تشکیل دادند. نتایج نشان داد که تیمار I ₅₀ F ₂ با ۶۷۳/۵ g m ⁻² بیشترین و تیمار I ₁₀₀ F ₀ با ۴۵۰/۳ g m ⁻² کمترین عملکرد را داشت. با افزایش مصرف کود در تیمار I ₅₀ ، عملکرد و کارایی مصرف آب افزایش یافت؛ هر چند که تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار F ₁ و F ₂ وجود نداشت. در شرایط تنش رطوبت (I ₇₅ و I ₁₀₀) کاربرد کودهای محتوی پتاسیم و روی، بیش از مقدار توصیه شده (I ₇₅ F ₂ و I ₁₀₀ F ₂) باعث کاهش عملکرد گندم شد؛ از این رو لازم است که در شرایط تنش رطوبتی از مصرف کودهای محتوی پتاسیم و روی بیشتر از مقدار توصیه شده خودداری شود. اثر متقابل مقادیر آب و کود نشان داد که تیمار (I ₇₅ F ₁) با عملکرد و WUE به ترتیب ۱/۲۸ kg m ⁻³ و ۶/۴ t ha ⁻¹ به عنوان تیمار مناسب قابل توصیه است.
* عهده دار مکاتبات Email: khorramy.mohamad@yahoo.com	

مقدمه

سطح زیر کشت گندم در استان خوزستان حدود ۵۵۰ هزار هکتار است که ۳۸۰ هزار هکتار آن به صورت آبی تولید می شود (۳). کمبود بارش و منطبق نبودن الگوی بارش با نیاز آبی گندم و تاخیر در آبیاری باعث شده تا قسمت زیادی از مزارع گندم تحت تاثیر تنش کمبود رطوبت قرار گیرند. مراحل گل دهی و دانه بندی گندم جزو مراحل حساس به کمبود رطوبت بوده و در صورت وقوع تنش رطوبتی، عملکرد به صورت معنی داری کاهش یافته (۱) و در مجموع پروتئین دانه را تحت تاثیر قرار می دهد (۱۹). آهکی بودن و pH بالای خاک های ایران به همراه کمبود مواد آلی خاک باعث شده تا کمبود روی در وسعت زیادی از اراضی کشاورزی ایران مشاهده شود، به طوری که حدود ۴۰ درصد مزارع گندم ایران با کمبود روی مواجه اند (۵). نتایج تجزیه خاک در مزارع استان خوزستان حاکی از پایین آمدن پتاسیم قابل جذب گیاه از ۲۵۰ به پایین تر از ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم است. این موضوع می تواند به دلایل مختلفی از جمله اعمال آبیاری های سنگین در اراضی زیر شبکه آبیاری دز، کشت های پی در پی و تراکم و بدون آیش و استفاده از ارقام اصلاحی جدید با پتانسیل تولید بالا و در نتیجه جذب عناصر خاصی همانند پتاسیم باشد. نتایج آزمایش کود پتاسه در ۱۶۵ مزرعه گندم نشان داد که مصرف پتاس کمتر از ۳۰ کیلوگرم در هکتار تاثیری در عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد نداشت؛ زیرا احتمالاً قسمت زیادی از آن به صورت تثبیت در خاک باقی می ماند، اما مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه شد (۱۳). بررسی اثر مصرف سولفات روی در ۲۰ مزرعه بیانگر همبستگی معنی دار عملکرد دانه با غلظت روی قابل جذب خاک است (۱۶)؛ به طوری که بالاترین عملکرد دانه با کاربرد سولفات روی در مزارعی اتفاق افتاد که غلظت روی قابل جذب خاک کم و حدود ۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم بود. مناطقی که غلظت روی قابل

جذب خاک بیش از ۱ میلی گرم در کیلوگرم بود، مصرف سولفات روی تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه گندم نداشت (۱۶). کک مک^۱ (۸) گزارش کرد مصرف سولفات روی در شرایط بدون تنش آبی باعث افزایش ۲۷ درصدی عملکرد دانه شد. ثوابی و همکاران (۱۴) با مطالعه واکنش گندم به کاربرد کود پتاسیم و روی نتیجه گرفتند که با مصرف پتاسیم، ۱۱/۷ درصد و با مصرف روی، ۶/۹ درصد و با مصرف مخلوط آنها ۲۱/۳ درصد وزن هزار دانه افزایش یافت. بلالی و همکاران (۵) حد بحرانی روی و پتاسیم گندم آبی در اراضی شمال استان خوزستان را به ترتیب ۰/۷ و ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم تعیین کردند. سید شریفی و همکاران (۱۵) نشان دادند که با به کارگیری کود سولفات روی (سطوح صفر به ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم، در افزایش صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله موثر است هر چند که در میان صفات فوق اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد بین کاربرد مقادیر ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی مشاهده نشد. میرطالبی و همکاران (۱۳) نشان دادند که به موازات افزایش سولفات روی (سطوح صفر به ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار)، تعداد سنبله بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن کل و همچنین میزان روی و پروتئین دانه برای سه رقم گندم پاییزه (الوند، زرین و شهریار) در منطقه اقلید فارس به صورت معنی داری ($P < 0.01$) افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد ارقام الوند و زرین نسبت به مصرف سولفات روی از ۳۰ به ۶۰ کیلوگرم در هکتار بیش از رقم شهریار بود. با توجه به این که سالانه سطح وسیعی از اراضی استان خوزستان به گندم اختصاص داده می شود و از طرفی اثر مصرف کودهای پتاسه و روی در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری در خاک های آهکی خوزستان شناخته شده نیست، این مطالعه با هدف تعیین اثر متقابل تنش خشکی

خرمیان و سلیم پور: تاثیر رژیم های مختلف آبیاری و مصرف ...

جدول (۱) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش
Table (1) Some of Physical and chemical properties of soil of experimental field

جرم مخصوص ظاهری (gcm ⁻³)	بافت خاک	رطوبت حجمی (%)		pH	EC (dS m ⁻¹)	Ntot (mg Kg ⁻¹)	OC (%)	عمق (cm)
		PWP	FC					
1.61	Silty clay loam	17.9	33	7.64	1.3	810	0.75	0-30
1.68	Silty clay loam	18	33	7.79	0.27	560	0.5	30-60

جدول (۲) متوسط مقدار عناصر غذایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت گندم
Table (2) Average of soil nutrients in experimental site before wheat planting

P (ppm)	K (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	عمق (cm)
11	131	0.7	1.94	2.4	1.34	0-30

بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و n تعداد لایه های خاک می باشد. برای هر تیمار مقدار آب آبیاری لازم از رابطه ۱ محاسبه و با توجه به سطح هر کرت حجم آب آبیاری به وسیله کنتور موجود در مسیر هیدروفلوم اندازه گیری و در اختیار گیاه قرار گرفت. برای جلوگیری از ایجاد رواناب انتهای جویچه ها بسته شد از این رو بازده آبیاری بین ۵۰ (در آبیاری های اولیه) تا ۹۰ درصد اندازه گیری شد. تبخیر و تعرق گیاه مرجع براساس روش تشتک تبخیر محاسبه و با اعمال ضریب گیاهی گندم تبخیر و تعرق محاسبه گردید (۲). در طول دوره رشد گندم به موازات اعمال تیمارها، عملیات مبارزه با آفات و بیماری ها و علف های هرز و مصرف کود سرک اوره به صورت یکسانی در کلیه کرت های آزمایشی انجام شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی در دهه آخر اردیبهشت، محصول هر کرت به دو صورت دستی و کمباین آزمایشی برداشت و عملکرد و اجزای عملکرد شامل وزن کل بوته، تعداد سنبله، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و شاخص کارایی مصرف آب (WUE)، نسبت بین عملکرد دانه به مقدار آب مصرفی، اندازه گیری شد. داده های برداشت شده با استفاده از نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل شد.

مراحل تهیه زمین در اوائل آبان، اعمال مقادیر اوره و سوپرفسفات تریپل طبق توصیه کودی و عملیات دیسک مجدد برای مخلوط کردن کود با خاک در همه تیمارها به صورت یکسان صورت گرفت. کرت های آزمایشی با دستگاه خطی کار آزمایشی با تراکم ۴۰۰ دانه در متر مربع کاشته شد. هر کرت فرعی آزمایش شامل ۶ خط کشت روی ۲ پشته ۶۰ سانتی متری (۱/۲ متر عرض) به طول ۱۰ متر و یک خط فاصله (در مجموع برای هر کرت اصلی ۱۷ پشته ۶۰ سانتی متری به عرض ۱۰/۲ متر) و ۳ خط فاصله بین کرت های اصلی (در مجموع به عرض ۱۳/۸ متر) در نظر گرفته شد. مقدار رطوبت خاک قبل و پس از هر آبیاری در عمق توسعه ریشه گیاه به روش وزنی اندازه گیری و مقدار آب آبیاری با توجه به اختلاف رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه محاسبه شد (رابطه ۱).

$$I = \frac{\sum_{z=1}^n ((\theta_{fc} - \theta_1) \times R_z \times \rho_b)}{100} \quad (1)$$

که در آن I مقدار آب آبیاری بر حسب میلی متر، θ_{fc} رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه بر حسب درصد وزنی، θ_1 رطوبت خاک قبل از آبیاری بر حسب درصد وزنی، R_z عمق توسعه ریشه گیاه بر حسب میلی متر که در این مطالعه بین ۱۵۰ تا ۶۰۰ میلی متر اندازه گیری شد، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک

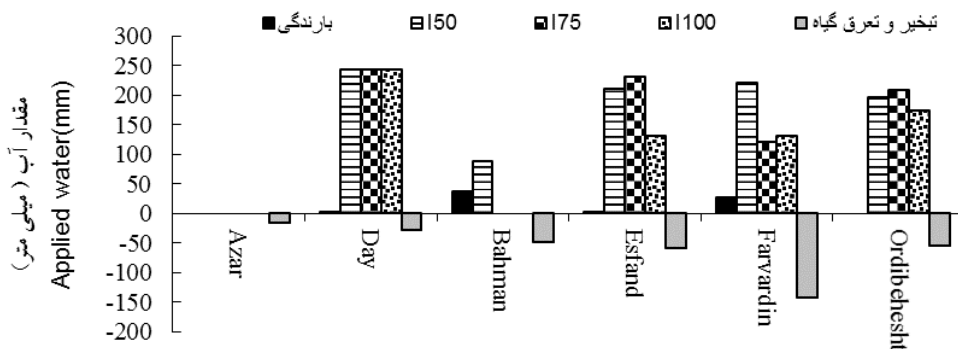
نوبت آبیاری و برخلاف سال اول تمام آبیاری‌ها در سه ماهه آخر دوره رشد اتفاق افتاد؛ زیرا توزیع بارندگی در تمام دوره رشد به جز ماه اسفند (با ۲ میلی‌متر بارش) مناسب بود و قسمت اعظمی از نیاز آبی گیاه از این روش تامین شد (شکل ۳). افزایش تدریجی دمای هوا و افزایش نیاز آبی گیاه و کمبود بارش در ماه اسفند باعث شد تا در سال دوم تیمارهای ۱۷۵، ۱۵۰ و ۱۰۰ به ترتیب ۳، ۲ و ۱ نوبت آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک دریافت کنند؛ حال آن‌که در ماه فروردین به دلیل بارندگی به میزان ۴۷ میلی‌متر، تعداد آبیاری صورت گرفته به ترتیب ۲، ۱ و ۱ نوبت بود. وجود بارندگی در ماه اردیبهشت و مصادف شدن آن با مرحله رسیدگی بوته‌ها (مرحله نهایی رشد) باعث شد تا برخلاف سال اول در این ماه آبیاری انجام نشود، به طوری که مجموع آبیاری هر یک از تیمارهای ۱۵۰، ۱۷۵ و ۱۰۰ به ترتیب ۱۸۲، ۱۱۵ و ۹۵ میلی‌متر بود. این مقادیر قابل مقایسه با مقادیر سال قبل نبوده و نشان‌دهنده نقش مثبت بارندگی‌ها در کاهش نوبت‌های آبیاری است.

باغانی و قدسی (۴) حجم آب مصرفی ارقام گندم را برای سه دور آبیاری ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روزه برای سال اول به ترتیب ۳۳۴/۵، ۱۷۱ و ۲۰۳ میلی‌متر (با تعداد آبیاری به ترتیب ۲، ۲ و ۲)

نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری و بارندگی

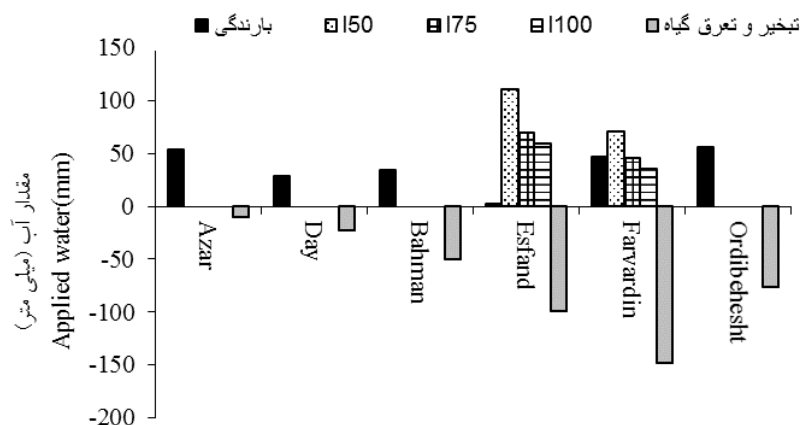
حجم ماهیانه آب آبیاری تیمارهای ۱۷۵، ۱۵۰ و ۱۰۰ و میزان بارندگی در سال‌های اول و دوم دوره رشد گندم به ترتیب در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است. کل بارندگی سال اول ۶۸ میلی‌متر و تعداد آبیاری‌ها بسته به رژیم آبیاری بین ۴ تا ۸ نوبت بود که به دلیل کمبود بارش از ابتدای دوره رشد اعمال شدند (شکل ۲). مجموع آب آبیاری برای هر یک از تیمارهای ۱۷۵ و ۱۰۰ به ترتیب ۹۶۰/۶، ۸۰۴/۱ و ۶۸۲/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد؛ به این صورت که تیمار ۱۵۰ با ۸ نوبت آبیاری بیشترین و تیمار ۱۰۰ با ۴ نوبت آبیاری کمترین مقدار آب را دریافت نمودند. طبق شکل ۲ بیشترین میزان بارش تامین‌کننده نیاز آبی گندم در ماه‌های بهمن و فروردین اتفاق افتاد. با توجه به این که تیمار ۱۵۰ بر مبنای دریافت آب آبیاری در فواصل کمتر برنامه‌ریزی شده بود؛ لذا در ماه بهمن فقط تیمار نامبرده آبیاری شد. افزایش تدریجی دمای هوا در ماه اسفند از یک طرف و افزایش نیاز آبی گیاه از طرف دیگر باعث شد تا تیمارهای ۱۷۵، ۱۰۰ و ۱۵۰ به ترتیب ۶، ۵ و ۳ نوبت آب را بر اساس رطوبت خاک و اختلاف آن با ظرفیت مزرعه دریافت کنند (شکل ۲). کل بارندگی سال دوم ۲۲۱ میلی‌متر و تعداد نوبت آبیاری در سال دوم با توجه به رژیم آبیاری بین ۲ تا ۵



شکل (۲) مقادیر آبیاری، بارندگی و تبخیر و تعرق در دوره رشد گندم سال اول

Figure (2) Irrigation, rainfall and evapotranspiration rates in the first year experiment

خرمیان و سلیم پور: تاثیر رژیم های مختلف آبیاری و مصرف ...



شکل (۳) مقادیر آبیاری، بارندگی و تبخیر و تعرق در دوره رشد گندم سال دوم
Figure (3) Irrigation, rainfall and evapotranspiration rates in the second year experiment

مقایسه با سال اول به طور متوسط روزانه $1/4$ و $1/9$ درجه سانتی گراد افزایش را نشان داد. دمای بهینه برای گرده افشانی و پر شدن دانه گندم در محدوده 12 تا 22 درجه سانتی گراد است و افزایش دما به مقادیر بالاتر باعث شده تا طول دوره پر شدن دانه کوتاه شده و فرصت کافی برای ذخیره سازی کربوهیدرات ها وجود نداشته باشد (۱۹). بالا بودن مقدار بارندگی سال دوم (221 میلی متر) نسبت به مدت مشابه سال قبل (68 میلی متر) باعث شد تا در هر یک از رژیم های آبیاری 2 تا 3 نوبت کمتر از سال قبل آبیاری صورت گیرد، از این رو کارایی مصرف آب سال دوم بیش از سال اول به دست آمده است.

اثر رژیم آبیاری بر عملکرد گندم

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده های حاصل از سال اول و دوم نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح 5% بین مقادیر آب آبیاری برای صفات عملکرد دانه، کارایی مصرف آب، وزن کل در متر مربع (عملکرد بیولوژیکی) و تعداد دانه در سنبله است (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات مختلف برای رژیم های آبیاری (جدول ۵) نشان داد که عملکرد بیولوژیکی در تیمار 50 (150) (با عملکرد $1/31$ کیلوگرم در متر مربع) بالاتر از تیمار 100 (با عملکرد $1/16$ کیلوگرم در متر مربع) است. به همین ترتیب

و برای سال دوم به ترتیب $536/2$ ، $340/7$ و $258/8$ میلی متر (با تعداد آبیاری به ترتیب 5 ، 3 و 2 نوبت) به دست آوردند. نتایج این محققان نشان داد که کاهش عملکرد خطی نیست و تفاوت عملکرد بین دو تیمار اول حدود 17 درصد و تفاوت عملکرد دو تیمار اول و سوم (دور آبیاری 10 و 30 روزه) حدود 46 درصد است.

واکنش گیاه به رژیم آبیاری و کودهای محتوی پتاسیم و روی

اثر متقابل سال و رژیم آبیاری

نتایج سال اول و دوم اجرای آزمایش نشان دهنده اختلاف معنی داری بین سال های اجرای آزمایش برای صفات عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و کارایی مصرف آب در سطح 1 درصد است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد بالاتر مربوط به سال اول است، حال آنکه کارایی مصرف آب آبیاری سال دوم بالاتر از مقادیر مشابه در سال اول است (جدول ۴). علت این اختلاف وجود تفاوت در شرایط آب و هوایی دو سال اجرای آزمایش از لحاظ بارندگی و طول ساعات درجه حرارت در مراحل مختلف دوره رشد گندم است. دمای حداکثر در ماه های اسفند و فروردین سال دوم $26/1$ و 34 درجه سانتی گراد بوده که در

جدول (۳) تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد گندم
Table (3) Combined analysis of variance for wheat yield and yield attributes

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن کل در مترمربع ×۱۰۰۰۰	تعداد سنبله ×۱۰۰۰	عملکرد دانه ×۱۰۰۰۰	وزن هزاردانه	تعداد دانه در سنبله	کارایی مصرف آب
سال	1	39.3**	1.1 ^{ns}	11.3**	77.8**	0.86 ^{ns}	10.3**
تکرار(سال)	4	1.6 ^{ns}	10.6 ^{ns}	0.7 ^{ns}	6.1 ^{ns}	15.05 ⁿ _s	0.02 ^{ns}
آب	2	9.9*	7.6 ^{ns}	4.82*	2.3 ^{ns}	30.8*	0.22*
سال*آب	2	16.1*	2.3*	4.21*	4.99 ^{ns}	16.92 ⁿ _s	0.19 ^{ns}
خطای a	8	3.1	2.9	0.88	6.15	4.93	0.05
کود	2	19**	3.1**	4.46**	1.12 ^{ns}	6.85 ^{ns}	0.1**
سال*کود	2	9.5*	5.8 ^{ns}	2.56*	4.96 ^{ns}	6.72 ^{ns}	0.03 ^{ns}
آب*کود	4	2.7 ^{ns}	1.7 ^{ns}	1.04*	2.14 ^{ns}	5.2 ^{ns}	0.03*
سال*آب*کود	4	3.2 ^{ns}	10.3**	0.78 ^{ns}	3.51 ^{ns}	6.63 ^{ns}	0.02 ^{ns}
خطای b	24	2.2	2.2	0.36	2.85	7.68	0.01
CV (%)		12.1	11.11	10.61	3.78	8.92	9.14

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** non-significant, significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively

جدول (۴) مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گندم برای اثر متقابل رژیم آبیاری و سال
Table (4) Interaction effect of irrigation Vs. year on mean yield and yield attributes

سال	رژیم آبیاری	وزن کل در مترمربع (گرم)	تعداد سنبله	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
	I ₅₀	1296.3 ^a	468.6 ^a	702.8 ^a	44.9 ^a	33.7 ^a	0.73 ^c
اول	I ₇₅	1214.8 ^a	445 ^a	628.7 ^a	46.3 ^a	30.6 ^a	0.78 ^c
	I ₁₀₀	974.1 ^a	373.6 ^a	504.6 ^a	46.4 ^a	29.3 ^a	0.74 ^c
متوسط		1161.7 ^a	429 ^a	612 ^a	45.9 ^a	32.2 ^a	0.75 ^b
	I ₅₀	1335 ^a	384.8 ^a	524.6 ^a	43.6 ^a	31.4 ^a	1.39 ^b
دوم	I ₇₅	1301 ^a	442.9 ^a	520 ^a	43.6 ^a	30.3 ^a	1.68 ^a
	I ₁₀₀	1361.6 ^a	432.2 ^a	517.6 ^a	43.1 ^a	31 ^a	1.8 ^a
متوسط		1332.5 ^a	420 ^a	520.7 ^b	43.4 ^b	30.9 ^a	1.62 ^a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد

In each column, the same letter shows no significant difference at probability level of 5%

معنی دار با تیمار F_1 نقش بیشتری در کاهش تنش گرمایی و افزایش عملکرد ایفا نموده است (۱۰).

اثر سولفات پتاسیم و روی بر عملکرد گندم

مصرف سولفات پتاسیم و روی تاثیر معنی داری در سطح ۱٪ بر عملکرد بیولوژیکی و دانه، تعداد سنبله و کارایی مصرف آب آبیاری داشت (جدول ۳). آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که کمترین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار شاهد (F_0) بود و با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۶ درصد نسبت به شاهد بدون مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی شد؛ اما تفاوت معنی داری بین سطوح کودی F_1 و F_2 مشاهده نشد (جدول ۷). کک مک و همکاران^۱ (۷)، یلماز و همکاران^۱ (۱۸)، ملکوتی و لطف‌اللهی^۱ (۹) و میرطالبی و همکاران (۱۳) نیز افزایش معنی دار عملکرد دانه گندم را در اثر مصرف سولفات روی گزارش کردند. با وجود این که مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی از لحاظ آماری تاثیر معنی داری بر وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله نداشت، روند افزایشی صفات یاد شده با مصرف سولفات پتاسیم و سولفات روی در تیمارهای F_1 و F_2 مشاهده شد. اثر مثبت پتاسیم و روی بر صفات یاد شده می تواند ناشی از متعادل نمودن جذب سایر عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، آهن و منگنز در خاک و به دنبال آن جذب بهینه آنها به وسیله گیاه با حضور پتاسیم و روی باشد (۱۰)؛ لذا تیمار F_1 (کاربرد کود سولفات پتاسیم و سولفات روی بر اساس آزمون خاک) توصیه می شود.

اثر متقابل آب و کود

تجزیه مرکب نتایج سال اول و دوم اجرای آزمایش نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی دار بین اثر متقابل آب و کود برای تمام صفات به جز عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در سطح ۵٪ بود (جدول ۳). تیمار $F_2 I_{50}$ با ۶۷۳ گرم

میزان عملکرد دانه با افزایش فواصل آبیاری و در نتیجه ایجاد تنش رطوبتی کاهش یافته است. اما عملکرد دانه دو تیمار I_{50} و I_{75} در یک سطح و بالاتر از تیمار I_{100} بدست آمد. به عبارت دیگر تغییرات عملکرد دانه نسبت به مقدار آب آبیاری نشان داد که با کاهش ۱۹/۶ درصد متوسط دو ساله آب آبیاری در تیمار I_{75} نسبت به تیمار I_{50} ، عملکرد گندم فقط ۶ درصد کاهش یافت. همان طوری که قبلا گفته شد این کاهش عملکرد از لحاظ آماری معنی دار نیست. تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد نشان داد که وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله با افزایش فاصله آبیاری ها کاهش یافته است، به طوری که اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ بین تیمار I_{50} و دو تیمار دیگر وجود داشت. از طرف دیگر مقایسه کارایی مصرف آب رژیم های آبیاری بر خلاف عملکرد دانه بیانگر کاهش معنی دار آن در رژیم آبیاری با فاصله کمتر است. به عبارت دیگر می توان نتیجه گرفت که در تیمار I_{50} به ازای هر واحد آب مصرفی، تولید محصول دانه کاهش یافت و در شرایط کمبود آب نمی تواند به عنوان تیمار برتر محسوب شود. مطالعات دیگر نشان داد که تنش کمبود رطوبت خاک باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در ارقام گندم شده؛ اما درصد کاهش در ارقام متفاوت بود (۱).

اثر متقابل کود و سال

نتایج حاصل از سال اول و دوم اجرای آزمایش نشان دهنده اختلاف معنی داری بین سال های اجرای آزمایش برای صفات عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در سطح ۵ درصد است (جدول ۳)، به طوری که عملکرد دانه تیمار F_1 مربوط به سال اول بالاتر از F_2 و هر دو بالاتر از تیمارهای کودی سال دوم می باشد؛ (جدول ۶). زیرا شرایط مساعد دمایی در سال اول باعث افزایش طول دوره پر شدن دانه و جذب بهتر گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شده است (۱۹). از طرفی بر خلاف سال اول مقدار عملکرد در تیمار F_2 سال دوم اندکی بالاتر از تیمار F_1 است (جدول ۶)؛ زیرا به نظر می رسد که در سال دوم با افزایش دما تنش گرمایی افزایش یافته و تیمار F_2 با وجود نداشتن اختلاف

1- Cakmak et al.

2- Yilmaz et al.

دانه در متر مربع بیشترین عملکرد و تیمار I₁₀₀F₀ کمترین مقدار به تیمار I₁₀₀F₁ (۱/۴۱) (کیلوگرم بر مترمکعب) عملکرد را داشت، حال آن که کمترین کارایی مصرف آب به تیمار I₁₀₀F₀ (۰/۹۸) (کیلوگرم بر مترمکعب) و بیشترین اختصاص داشت (جدول ۸).

جدول (۵) مقایسه میانگین صفات مختلف گندم برای رژیم‌های آبیاری
Table (5) Effect of irrigation levels on means of different traits of wheat

تیمار	وزن کل در مترمربع (گرم)	تعداد سنبله	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I ₅₀	1315.6 ^a	426.6 ^a	613.7 ^a	44.3 ^a	32.5 ^a	1.06 ^b
I ₇₅	1257.9 ^{ab}	443.9 ^a	574.3 ^a	44.9 ^b	30.4 ^b	1.23 ^a
I ₁₀₀	1167.8 ^b	402.9 ^a	511.1 ^b	44.7 ^b	30.2 ^b	1.27 ^a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد
In each column, the same letter shows no significant difference at probability level of 5%

جدول (۶) مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گندم برای اثر متقابل سال و کود
Table (6) Interactive effect of fertilizer Vs. year on mean yield and yield attributes

سال	کود	وزن کل در مترمربع (گرم)	تعداد سنبله	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
اول	F ₀	1006.5 ^c	382.8 ^a	520.3 ^c	44.1 ^a	30 ^a	0.63 ^c
	F ₁	1328.6 ^a	489.7 ^a	692.6 ^a	45.9 ^a	31.1 ^a	0.86 ^b
	F ₂	1150 ^{bc}	414.7 ^a	623.1 ^b	46.6 ^a	32.4 ^a	0.76 ^b
دوم	F ₀	1257.7 ^{ab}	382.6 ^a	502.2 ^c	43.7 ^a	30.9 ^a	1.57 ^a
	F ₁	1331.5 ^a	440.9 ^a	523.7 ^c	43.6 ^a	31 ^a	1.63 ^a
	F ₂	1408.2 ^a	436.4 ^a	536.2 ^c	43.1 ^a	30.9 ^a	1.67 ^a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد
In each column, the same letter shows no significant difference at probability level of 5%

جدول (۷) مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گندم برای سطوح کود
Table (7) Fertilizer effect on mean yield and yield attributes

تیمار	وزن کل در مترمربع (گرم)	تعداد سنبله	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
F ₀	1132.1 ^b	382.7 ^b	511.3 ^b	44.4 ^a	30.4 ^a	1.1 ^b
F ₁	1330.1 ^a	465.3 ^a	608.1 ^a	44.7 ^a	31.1 ^a	1.24 ^a
F ₂	1279.1 ^a	425.6 ^a	579.7 ^a	44.9 ^a	31.7 ^a	1.21 ^a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد
In each column, the same letter shows no significant difference at probability level of 5%

آماری و بالاتر از تیمار I_{100} مشاهده شد، حال آن که مقایسه کارایی مصرف آب تیمارهای آبیاری بر خلاف حالت قبل بیانگر کاهش معنی دار آن در تیمارهای آبیاری با فواصل کمتر است. به عبارت دیگر می توان نتیجه گرفت که در تیمار I_{50} به ازای هر واحد آب مصرفی تولید محصول اقتصادی کاهش یافته و در شرایط کمبود آب نمی تواند تیمار برتر محسوب شود. عناصر پتاسیم و روی بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب آبیاری اثر معنی داری در سطح ۱٪ داشتند، به طوری که کمترین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب آبیاری مربوط به تیمار شاهد (F_0) بود و مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به صورت خاک کاربرد سبب افزایش ۱۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. تیمار $I_{75}F_1$ از نظر عملکرد محصول با تیمار $I_{50}F_2$ و از نظر کارایی مصرف آب با تیمار $I_{100}F_1$ در یک سطح آماری قرار داشت؛ لذا با توجه به افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۱/۲۸ کیلوگرم دانه به ازای هر مترمکعب مصرف آب و پایین بودن مصرف کود نسبت به سطح کودی F_2 می توان تیمار $I_{75}F_1$ را به عنوان تیمار برتر برای گندم رقم چمران در منطقه شمال استان خوزستان و مناطق مشابه توصیه و پیشنهاد نمود.

مقایسه اثر متقابل آب و کود برای صفت عملکرد دانه نشان می دهد که با افزایش بیش از اندازه کودهای محتوی پتاسیم و روی در شرایط تنش رطوبت ($I_{100}F_2$) عملکرد محصول کاهش یافته است، زیرا در یک محیط غیر محلول (مانند شرایطی که در حالت تنش رطوبتی حاکم است)، احتمالاً باعث ایجاد اختلال در جذب عناصر مورد نیاز گیاه از خاک و کاهش کارایی مصرف آنها می شود (۹ و ۱۱).

از طرف دیگر در شرایط بدون تنش رطوبتی (تیمار I_{50}) به موازات افزایش مقدار کودهای حاوی پتاس و روی عملکرد نیز افزایش یافته است؛ زیرا سولفات روی و سولفات پتاسیم در شرایط بدون تنش آبی کاملاً محلول بوده و در نتیجه با جذب آب بیشتر از خاک، و وجود رطوبت بین بافتی مواد مغذی بیشتری به وسیله ریشه جذب و به اندام هوایی انتقال خواهد یافت (۸)؛ بنابراین به نظر می رسد که در شرایط تنش رطوبتی افزایش مقادیر کودهای پتاس و روی بیش از حد توصیه کودی تاثیری در افزایش عملکرد گندم رقم چمران نخواهد داشت. کک مک (۸) و طباطبائیان (۱۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده اند.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که عملکرد گندم رقم چمران با افزایش فواصل آبیاری کاهش یافت، به طوری که عملکرد دانه در دو تیمار I_{50} و I_{75} در یک سطح

منابع

1. Ahmadi, A., and Sio-Se-Mardeh, A. 2003. Relationships Among Growth Indices, Drought Resistance and Yield in Wheat Cultivars of Different Climates of Iran Under Stress and Non Stress Conditions. Iranian, Journal of Agricultural Science. 34(3):667-679. (in Persian with English abstract).
2. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO irrigation and drainage. paper No.56. Food and agriculture organization of the United Nations. 350p.

3. Anonymous. 2013. Agricultural sector statistics. Annual report 2011. Tehran, Ministry of Jihad Agriculture. (in Persian). 425p
4. Baghani, J., and Ghodsi, M. 2004. Effect of Irrigation Intervals on Yield of Wheat Lines and Cultivars. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 5(19):1-14. (in Persian with English abstract).
5. Balali, M.R., Malakouti, M.J., and Salimpour, S. 2000. Determination of critical levels of micronutrients for farmland wheat in Iran provinces. *Proceedings of the 6th Iranian soil science congress*. Ferdowsi university of Mashhad. (in Persian).
6. Balali, M.R., Malakouti, M.J., Mashayekhi, H., and Khademi, Z. 2000. Micronutrients Effects on Yield Increasing and their Critical Level Determination in Irrigated Wheat Soils. *Soil and Water Research Journal*, 6(12): 111-119. (in Persian with English abstract).
7. Cakmak, I., Yilmaz, A., Kalsyci, M., Ekiz, H., Erenouglu, B., and Brown. H.J. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. *Plant and Soil*, 180:165-172.
8. Cakmak, I. 2009. Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 10: 1016-1021.
9. Malakouti, M.J., and Lotfollahi, M. 1999. The role of optimum use of Zinc in increasing agricultural productions and improving human health. *Agricultural Research Education and Extension Organization*. Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian).
10. Malakouti, M. 1999. Sustainable agriculture and improve performance in optimizing fertilizer use. Second edition. *Agricultural Education Publication*, 460 p. (In Persian).
11. Mahler, R.J., Sabbe, W., Mapples, R.L. and Hornby, Q.R. 1985. Effect on soybean yield of late soil potassium fertilizer application. *Arkansas Farm Research*, 34: 1-11.
12. Malik, D.M., Chaudhry, R.A., and Hassan, G. 1989. Crop response to potash application in the punjab. p71-93. *Proceeding of workshop on the small" Role of potassium in improving fertilizer use efficiency*. Feb., 1989. Islamabad, Pakistan.
13. Mirtalebi, S.H., Hosseini, S.M., Khajehpour, M.R. and Soleymani, A. 2012. Effects of zinc sulfate on yield, yield components, zinc and protein content of three winter wheat cultivars in the Eghlid of Fars province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 19(3): 185-199. (in Persian with English abstract).
14. Sawaghebi, G., Malakouti, M.J., and Moezardalan, M. 1998. Interaction of zinc and potash on concentration and adsorption micronutrient in wheat. *Soil and Water Research Journal*, 12(6), 152-142. (in Persian with English abstract).
15. Seyed Shareefi, R., Saednia, V., Farzaneh, S., and Aminzadeh, G. 2005. Effect of zinc sulfat rates on yield and yield components of winter wheat cultivars. *Proceedings of the 9th Iranian soil science congress*. Tehran. (In Persian).

16. Sharma, S.K., and Lal, F. 1993. Estimation of critical limit of DTPA-Zinc for Wheat in pellusterts of southern Rajestan. *Journal of Indian Society Soil Science*, 41: 197 - 198.
17. Tabatabaeian, J. 2010. The effects of foliar application of nano particles of zinc on the growth proceeding of winter wheat cultivars under drought stress. Final Report of Research Project. Islamic Azad University, Ardestan Branch. p.130. (in Persian with English abstract)
18. Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., Bagci, A., and Cakmak, I. 1997. Effects of different zinc application methods on grain yield and concentration in wheat grown on zinc deficient calcareous soils in central Antolia. *Journal of Plant Nutrition*, 20(485):461-471.
19. Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q., and Liu, L. 2001. Water Deficit-Induced Senescence and Its Relationship to the Remobilization of Pre-Stored Carbon in Wheat during Grain Filling. *Agronomy Journal*, 93: 196-206.