اثر مواد جاذب رطوبت روی برخی صفات زراعی و پروتئین دانه گندم در شرایط تنش کمبود آب

Effect of Water Absorbent Materials on Some Agronomic Traits and Seed Protein of Wheat Under Water Deficit Stress

محمد فرمهینی فراهانی[۱]، محمد میرزاخانی[۲*] و نورعلی ساجدی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش آبی و مصرف مواد جاذب رطوبت مانند کود دامی، زئولیت و بنتونیت روی برخی ویژگی‌های زراعی و پروتئین دانه گندم رقم الوند، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۸۵ و۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بودند که در کرت‌های اصلی اعمال شدند و مواد جاذب رطوبت در شش سطح شامل شاهد، ۳۰ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت در هکتار، ۱۵ کود دامی تن + ۲ تن بنتونیت در هکتار، ۴ تن زئولیت + ۲ تن بنتونیت در هکتار و ۱۵ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت + ۲ تن بنتونیت در هکتار بودند که در کرت‌های فرعی مصرف شدند. اثرات متقابل تیمار مواد جاذب رطوبت و آبیاری باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت و تعداد خوشه در مترمربع در سطح یک درصد شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار پروتئین به تیمار آبیاری براساس۷۰ درصد نیاز آبی گیاه با میانگین ۱۵/۴۴ درصد و کم‌ترین آن به تیمار آبیاری شاهد با میانگین ۱۳/۵۸ درصد اختصاص داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۶۵۹۰ و ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به ترکیب آبیاری شاهد + ۱۵ تن کود دامی + ۴ تن زئولیت در هکتار و ترکیب آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + ۱۵ تن کود دامی بود.

واژه‌های کلیدی: بنتونیت، تنش خشکی، درصد پروتئین، زئولیت، کود دامی

۱ و ۳. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فراهان، فراهان
*: نویسنده مسئول Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir

مقدمه

ایران با میانگین نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال بر طبق تعریف آمبرژه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (کردوانی، ۱۳۷۸). خشکی مهم‌ترین تنش غیرزنده محیطی است که تولید گیاهان زراعی را شدیداً کاهش می‌دهد. باتوجه به کاهش بارندگی سالیانه و افزایش خشکی و دمای هوا استفاده از گونه‌های گیاهی مناسب و ارقام اصلاح شده‌ای که دارای عملکرد مطلوب و هم‌چنین متحمل به شرایط تنش کم آبی باشند، امکان استفاده بهتر از منابع آب موجود را میسر نموده و موجب توسعه سطح زیر کشت این گیاهان و افزایش بازده تولید می‌گردد (*ریچارد و برگمن*[1]، 1997). کمبود آب تأثیر منفی بر تولید گیاه دارد، اثر کمبود آب و کاهش تولید به طول مدت خشکی، مرحله رشدی، خصوصیات وراثتی گونه‌ها، ارقام، روش کشت گیاه، کیفیت خاک، سطح کمبود و تغییرات شرایط محیطی در طول خشکی بستگی دارد (*حیدری شریف آبادی*[2]، 2004). مواد غذایی به‌صورت محلول در آب جذب گیاه می‌شوند، بنابراین محدودیت در منابع آبی منجر به کاهش دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌گردد. در سال‌های اخیر کشاورزی زیستی به‌دلیل تأکید بیشتر روی پایداری و کاهش اثرات زیست محیطی در جهان مورد توجه قرار گرفته است (*ریگبی و کاسرس*[3]، 2001).

کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگر بوده و نیاز به هر دو برای ایجاد شرایط مناسب جهت رشد گیاهان ضروری است. از آثار مهم کابرد کودهای آلی افزایش مقدار کربن آلی خاک می‌باشد (*شفیع زرگر*[4]، 1996). افزودن کود دامی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری، افزایش تخلخل، مقدار ماده آلی و رطوبت خاک می‌شود. هم‌چنین افزودن کود دامی باعث تغییر ضریب هیدرولیکی خاک می‌گردد (نقوی و همکاران، ۱۳۸۴). ازجمله راهکارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدرروی رطوبت و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته، به‌کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی هنگامی‌که به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت رطوبت و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کند (*پولات*[5] و همکاران، 2004). با توجه به ویژگی منحصر به فرد زئولیت‌ها از قبیل تبادل کاتیونی بالا (۲۰۰ تا۳۰۰ میلی‌اکی والان در۱۰۰ گرم)، ثبات چارچوب ساختمانی در درازمدت (برخلاف کانی‌های معمولی رسی) و بارمنفی موجود در ساختمان زئولیت‌ها ناشی از حضور آلومینیوم باعث ایجاد پدیده تبادل کاتیونی بیشتر نسبت به رس‌ها می‌شود (*شاو و اندریوز*[6]، 2001). کاربرد زئولیت عملکرد محصول گندم را نزدیک به ۱۰۰درصد در مقایسه با شاهد بدون کود و نزدیک به ۴۰ درصد در مقایسه با شاهد همراه کود افزایش داد (*یوروتادز*[7] و همکاران، 2002). بنتونیت ازجمله سوپر جاذب‌های طبیعی است که از گروه کانی‌های ۱:۳ بوده و مخلوطی از کانی‌های رسی است که دارای مقدار زیادی مونت موریلونیت می‌باشد و چسبندگی زیادی دارد (*آبدیکوپایی و سهراب*[8]، 2004). بنتونیت با فرمول شیمیایی $(Na)_{0.33}(Al)_2Si_4O_{10}(OH)_2.nH_2O$ اساساً یک آلومینیوم سیلیکات آبدار، یک-رس پلاستیکی و بسیار کلوئیدی است. این ماده به دلیل ساختارش، قابلیت جذب آب و مواد معدنی را دارد، هم‌چنین از شسته شدن مواد معدنی موجود در خاک جلوگیری می‌کند و باعث حاصلخیزی خاک می‌شود (*لاورنس*[9] و همکاران، 2009). در آزمایشی که با انواع بنتونیت روی گیاهان برنج، سویا و خرفه انجام شد به این نتیجه رسیدند که بنتونیت به‌طور قابل‌توجهی در رشد و تغذیه گیاهان تأثیر می‌گذارد (*کروکر*[10] و همکاران، 2004). کاربرد ۶۰ تن کود دامی در هکتار باعث کاهش معنی‌دار درصد پروتئین دانه گندم شده است. مصرف کود دامی در کلیه سطوح باعث کاهش نسبی حجم آب مصرفی شد (پرویزی و نباتی، ۱۳۸۳). در پژوهشی میرزاخانی و سیبی (۱۳۸۹) اظهار داشتند که مصرف نه تن زئولیت در هکتار توانست شاخص برداشت دانه را معادل ۵/۰۷ نسبت به تیمار عدم‌مصرف زئولیت است افزایش دهد. سایر پژوهشگران گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۳۴۷ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری براساس نیاز آبی گیاه + مصرف شش تن در هکتار زئولیت بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج محققان نشان داد مصرف چهار تن زئولیت و ۱۵ تن کود دامی در هکتار هم در شرایط آبی نرمال و هم تنش آبی، اثر مثبتی در افزایش میزان کلروفیل داشت (آقائی سربرزه و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج تحقیقی نشان داد که اثرات اصلی و متقابل‌مصرف بنتونیت و تیمارهای خشکی بر صفات درصد و سرعت‌جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص‌بنیه بذر، وزن تر گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، طول

1. Richard and Bergman
2. Haydari Sharifabadi
3. Rigby and Caceres
4. Shafiee Zargar
5. Polat
6. Shaw and Andrewes
7. Urotadze
8. Abedikoupaie and Sohrab
9. Lawrence
10. Croker

ساقه‌چه و طول ریشه‌چه عنـی‌دار بـود (ولـی‌زاده قلعـه بیـگ و همکاران، ۱۳۹۳). هدف از انجام ایـن تحقیـق، بررسـی کـارآیی مواد جاذب رطوبـت ماننـد زئولیـت، بنتونیـت و کـود دامـی در شرایط تنش کمبود آب و تأثیر آن بر رشـد و عملکـرد گنـدم و کاهش مصرف آب بود.

مواد روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آموزشی - تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اراک در مهرماه سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. ارتفاع محل آزمایش ۱۷۰۸ متر از سطح دریا بود. با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه ۰۵ دقیقه شمالی، متوسط بارندگی سال زراعی موردنظر ۲۱۸/۴ میلی‌متر ثبت شده است. متوسط دمای سالانه شهر اراک ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، که در جدول شماره ۱ آورده شده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد) نیاز آبی گیاه در کرت‌های اصلی و مصرف مواد جاذب رطوبت در شش سطح (عدم مصرف کود، مصرف کود دامی به مقدار ۳۰ تن در هکتار، مصرف ۱۵ تن در هکتار کود دامی + مصرف چهار تن زئولیت در هکتار، مصرف ۱۵ تن در هکتار کود دامی + مصرف دو تن بنتونیت در هکتار، مصرف چهار تن زئولیت در هکتار + مصرف دو تن بنتونیت در هکتار و مصرف ۱۵تن در هکتار کود دامی + مصرف چهار تن زئولیت در هکتار + مصرف دو تن بنتونیت در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند.

جدول ۱: میانگین دما و بارندگی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شهرستان اراک در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

Table 1: Average temperature and precipitation recorded in Arak Sinobtic Station in 2010-2011

ماه Month	مهر Sep	آبان Oct	آذر Nov	دی Des	بهمن Jun	اسفند Feb	فروردین Mar	اردیبهشت Apr	خرداد May	تیر Jul
میانگین بارندگی (میلی‌متر) Average precipitation (ml)	0	14.3	20.3	40.5	12.1	71.4	34.5	23.7	0.4	1.2
میانگین دما (سانتی‌گراد) Average temperature (°C)	19.6	11	6.6	-0.7	-0.1	6	11.8	17	23.7	27.9

هر کرت آزمایشی شامل ۴ پشته (روی هر پشته سه خط گندم کاشته شد) به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول شش متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر و بین کرت‌های اصلی دو متر در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین توسط کارگر و کاشت آن به‌صورت دستی انجام شد. سطوح تیمار تنش آبی از مرحله پنجه‌زنی گندم و سطوح تیمارهای کودی در هنگام کاشت اعمال شدند. در این آزمایش از گندم رقم الوند که مبدأ آن کرج، تیپ رشد بینابین، وزن هزار دانه ۴۰ گرم، کیفیت نانوایی خوب، نسبتاً متحمل به شوری و خشکی و مقاوم به سرما، با میانگین عملکرد دانه ۵/۴ تا ۶/۴ تن در هکتار با ۱۲/۵ درصد پروتئین دانه استفاده شد (امام، ۱۳۸۴). از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد. براساس نتایج آزمایش خاک ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره به‌صورت یک سوم هنگام کاشت و دو سوم مابقی در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌دهی داده مصرف شد. ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل نیز در هنگام کاشت داده شد. نتایج مربوط به آزمایش خاک مزرعه و کود دامی مورد استفاده در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۲: مشخصات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2: Physio-chemical properties of the experimental filed soil

بافت خاک Texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P (mg kg^{-1})	نیتروژن (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
لوم Loam	24	37	39	180	8	0.06	0.62	7.8	2.5	0-30

جدول ۳: خصوصیات شیمیایی کود گاوی استفاده شده در آزمایش

Table 3: Chemical properties of the cattle manure used in the experiment

رطوبت (درصد) Humidity (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	ازت کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	نسبت کربن به ازت Ratio of carbon to nitrogen
243	39.3	1.95	1.46	1.17	20.15

نحوه محاسبه نیاز آبی و اعمال سطوح تیمار تنش کمبود آب با استفاده از فرمول زیر انجام شد. در این فرمول برای جای‌گذاری اعداد، از تشتک تبخیر کلاس A و از آمارهای روزانه ایستگاه هواشناسی اراک استفاده گردید. دبی آب ورودی سیفون‌ها محاسبه شد و ضریب گیاهی گندم از جدول کتاب (نیاز آبی گیاهان در ایران) استفاده شد. برای محاسبه راندمان مصرف آب نیز از فرمول زیر استفاده شد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶). در هنگام اجرای تیمارهای تنش آبی در مرحله پایان پنجه‌زنی گندم، پس از محاسبه دقیق حجم آب مورد نیاز هر کرت، آبیاری توسط کنتور حجمی با دقت بالا و با استفاده از شیلنگ‌های تهیه شده برای هر کرت جداگانه صورت گرفت.

۶۰÷{(دبی آب ورودی)÷ (ارتفاع تبخیر از تشتک × حجم تشتک تبخیر× راندمان آبیاری× مساحت کرت × ضریب گیاهی× ۱۰۰۰}= مقدار آب

در فرمول بالا ضریب گیاهی گندم معادل ۱/۰۵، راندمان آبیاری ۶۰ درصد و حجم تشتک تبخیر کلاس A به مقدار ۳۵۰ لیتر و دبی آب ورودی نیز معادل ۰/۲۵ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شد. ارتفاع تبخیر از تشتک نیز برحسب شدت درجه حرارت محیط در فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری متفاوت بود (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶). مساحت هر کرت آزمایشی نیز ۱۲ مترمربع بود. کاشت بذر به‌طور دستی و به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بذر (۴۵۰ بذر در هر مترمربع) و در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۱۰ انجام شد. مبارزه با علف هرز و آفات و بیماری‌ها نیز در موارد ضروری انجام گرفت. در زمان رسیدگی کامل گندم، مساحت دو مترمربع از هر کرت وسط با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای برداشت شد. صفاتی مانند شاخص برداشت، وزن هکتولیتر، ارتفاع ساقه، دانه در سنبلچه (سنبله‌های ۲۰ بوته شمارش شد)، عملکرد دانه و درصد پروتئین اندازه‌گیری و به ثبت رسید. علاوه‌بر وزن هزار دانه، برای اندازه‌گیری وزن هکتولیتر دانه، مقداری بذر درون استوانه مدرج در یک حجم ثابت (۲۵۰ سی‌سی) برای همه تیمارها ریخته و سپس همان حجم را وزن و تقسیم بر حجم کردیم. برای اندازه‌گیری تعداد خوشه در مترمربع از کوادرات یک در یک مترمربع در مزرعه استفاده کرده و تعداد خوشه در مترمربع شمارش شده است. اندازه‌گیری پروتئین دانه توسط آزمایشگاه مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان مرکزی صورت گرفت. راندمان مصرف آب نیز، از تقسیم عملکرد دانه بر مقدار آب مصرف شده به‌دست آمد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c تجزیه و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

شاخص برداشت

اثرات متقابل سطوح مواد جاذب رطوبت در سطوح آبیاری و سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت درسطح یک درصد داشت (جدول ۴). در بین اثرات متقابل، بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب با میانگین ۴۵ و ۲۷ درصد مربوط به ترکیب تیماری (آبیاری شاهد و مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار) و ترکیب تیماری (آبیاری۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف کود دامی + زئولیت + بنتونیت) بود (جدول ۶). نتایج محققان نشان داد که شاخص برداشت به نسبت زیادی از طریق تنش خشکی بر عملکرد دانه تأثیر پذیرفته است. بنابراین شاخص برداشت معیار مناسبی جهت-انتخاب ارقام با عملکرد بالاتر در شرایط تنش رطوبتی خواهد بود (*گل‌آبادی* و *زمانی*، 2008). در بررسی اثر تنش خشکی شدید و ملایم بر ژنوتیپ‌های گندم، گزارش شد که در بین سطوح مختلف تنش خشکی، تیمار شاهد و تنش شدید با میانگین ۳۹/۵۵ و ۳۴/۴۴ درصد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت دانه را به خود اختصاص دادند. به‌طوری‌که کاهش شاخص برداشت دانه در تنش شدید و ملایم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۶/۷ و ۱۲/۹ درصد بوده است (دستفال و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج سایر محققان نشان داد که بین سطوح مختلف تیمار تنش آبی از نظر شاخص برداشت دانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار شاخص برداشت دانه با میانگین ۵۲/۴۸ و ۲۸/۲۶ درصد به‌ترتیب متعلق به تیمار آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصدی رطوبت از ابتدای مرحله طویل شدن ساقه‌ها تا پایان دوره رشد و تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی تا پایان دوره رشد بود (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

وزن هکتولیتر دانه

نتایج در جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن هکتولیتر دانه در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۴). در بین سطوح مختلف آبیاری، بالاترین وزن هکتولیتر دانه با میانگین ۸۳ کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر و کم‌ترین وزن هکتولیتر دانه با میانگین ۷۷ کیلوگرم در۱۰۰ لیتر به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری شاهد و آبیاری بر اساس۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. به نظر می‌رسد که عدم‌وجود تنش آبی باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه می‌شود و گیاه نیز در طول دوره پر شدن دانه‌ها، می‌تواند مقدار اسیمیلات بیشتری را به دانه‌ها منتقل نماید. در نتیجه باعث افزایش وزن دانه و وزن هکتولیتر آن‌ها می‌شود. این در آزمایش شدت و

زمان اعمال تنش خشکی در گندم گزارش شده است که تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه و وزن هکتولیتر دانه شده و بیش‌ترین تأثیر آن نیز در دوره پر شدن دانه، بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده‌افشانی بوده است. از آن‌جاکه در شرایط گرما تعرق گیاه افزایش می‌یابد، احتمال رویارویی گیاه با تنش خشکی زیادتر می‌شود. در این صورت طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و دانه‌ها کوچک‌تر می‌شوند (گودینگ[1] و همکاران، 2003). از آن‌جا که در شرایط گرما تعرق گیاه افزایش می‌یاد، احتمال رویارویی گیاه با تنش خشکی زیادتر می‌شود. در این صورت طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و دانه‌ها کوچک‌تر می‌شوند (دستفال و همکاران، ۱۳۹۰). تنش در فاصله گل‌دهی موجب اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌شود که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد و وزن دانه باشد (*ریچارد*[2] و همکاران، 2001). سایر محققان گزارش نمودند که مصرف زئولیت تحت شرایط تنش خشکی باعث حفظ رطوبت در خلل و فرج زئولیت می‌شود و از خروج آب از دسترس ریشه جلوگیری می‌کند. لذا رطوبت حفظ شده در خاک اطراف ریشه را به مرور در اختیار گیاه قرار می‌دهد و در نتیجه از این طریق اثرات تنش خشکی را تعدیل و از افزایش پوکی دانه در شرایط تنش خشکی جلوگیری کرده و باعث افزایش وزن هکتولیتر دانه می‌شود (یوسفوند و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج این تحقیق نشان داد که اثر مواد جاذب‌رطوبت بر وزن هکتولیتر دانه معنی‌دار نشد. بنابراین می‌توان گفت که در بین اجزاء عملکرد دانه، تغییرات وزن هزار دانه نسبت به سایر اجزاء عملکرد گندم مانند تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد گلچه در سنبلچه از نوسانات کمتری برخوردار بوده است. در واقع تأثیر مواد جاذب‌رطوبت قبل این‌که بر وزن هکتولیتر دانه مؤثر واقع گردد، بر اجزاء عملکردی که سهم بیشتری از تغییرات عملکرد دانه در واحد سطح را به خود اختصاص می‌دهند، تحمیل شده است و همین امر باعث شده که در این بررسی اثر تیمار مواد جاذب‌رطوبت بر وزن هکتولیتر دانه معنی‌دار نشده است.

ارتفاع ساقه

نتایج در جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه درسطح احتمال یک درصد دارد (جدول ۴). در بین سطوح مختلف آبیاری، بالاترین ارتفاع ساقه با میانگین ۱۰۰/۴ سانتی‌متر و کم‌ترین ارتفاع ساقه با میانگین ۹۳/۱۲ سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری شاهد و آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بود که ۷/۲۵ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۵). با کاهش آب قابل دسترس گیاه در اثر تنش آبی تقسیم سلولی و افزایش اندازه سلول، در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال کاهش می‌یابد و در نتیجه آن به‌طورکلی رشد رویشی گیاه کاهش محسوسی خواهد یافت و گیاه ارتفاع ساقه کمتری تولید خواهد نمود. نتایج آزمایشی در گندم نشان داد که درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و طول ساقه به شدت تحت تنش خشکی، کاهش پیدا کرد (*دهاندا*[3] و همکاران، 2002). محققان دیگری گزارش نمودند که استفاده از زئولیت می‌تواند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری حفظ و در اختیار گیاه قرار دهد، بنابراین کاربرد زئولیت می‌تواند اثرات سوءتنش خشکی در گیاه زراعی را تعدیل بخشد (زمانیان، ۱۳۸۷). نتایج پژوهشی نشان داد که استفاده از کود دامی و زئولیت شرایط مناسبی را برای حفظ رطوبت محیط اطراف ریشه فراهم می‌کند و ضمن بهبود و توسعه ریشه، شرایط لازم برای جذب آب و مواد غذایی بیشتری را به‌وجود می‌آورد (یارمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری در عملکرد دانه در سطح یک درصد داشت (جدول ۴). در بین اثرات متقابل، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۶۵۹۰ و۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به ترکیب تیماری (آبیاری شاهد + مصرف ۱۵ تن کود دامی + چهار تن زئولیت در هکتار) و ترکیب تیماری (آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۳۰ تن کود دامی) بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد که در صورت محدود شدن دسترسی گیاه به منابع آبی، مقدار سطح سبز و تولید مواد فتوسنتزی آن نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه گیاه با مقدار رشد رویشی کمتری وارد فاز زایشی خواهد شد و نمی‌تواند به اندازه کافی اسیمیلات‌های فتوسنتزی را به دانه‌ها ارسال نماید. متناسب با شدت کاهش تخصیص و ارسال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، عملکرد دانه نیز کاهش خواهد یافت. محققان گزارش نمودند که استفاده از زئولیت می‌تواند در شرایط کم‌آبی تا حدودی نیاز آبی گیاه را جبران کند و باعث افزایش عملکرد شود. در شرایط‌تنش رطوبتی عملکرد دانه بیش‌ترین خسارت را می‌بیند و دلیل آن نیز کاهش تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه است (ابهری و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج سایر پژوهش‌ها نشان داد که تنش خشکی، رشدگیاه زراعی، قدرت پنجه‌زنی، فتوسنتز برگ، پیری برگ،

1. Gooding
2. Richards
3. Dhanda

تعداد دانه و اندازه دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (امام، ۱۳۸۴). در یک بررسی عملکرد دانه تحت تنش خشکی همبستگی بالایی با زودرسی، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل و تعداد دانه در سنبله داشت. به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی شدید همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، عملکرد زیست توده و شاخص‌برداشت مثبت و معنی‌دار بود (دستفال و همکاران، ۱۳۹۰). گزارش شده است که بیش‌ترین عملکرد دانه گلرنگ با میانگین۲۳۴۷ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری براساس نیازآبی گیاه شاهد به همراه مصرف شش تن زئولیت در هکتار و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۳۹۸کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری براساس ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه و عدم‌مصرف زئولیت بود (سیبی و همکاران، ۱۳۹۰).

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر مواد جاذب رطوبت بر صفات گندم الوند در شرایط تنش کمبود آب

Table 4: Variance analysis of the effect of water absorbent materials on traits in Alvand wheat under water deficit stress

منابع تغییر S. O. V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Main squares						
		شاخص برداشت Harvest index	وزن هکتولیتر دانه Hectoliter weight	ارتفاع ساقه Stem height	عملکرد دانه Grain yield	تعداد خوشه در مترمربع Number of spike per m^{-2}	درصد پروتئین Protein percent	راندمان مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	2	0.001^{ns}	0.001^{ns}	16.82^{ns}	522.68^{ns}	319.24^{ns}	0.46^{ns}	0.002^{ns}
تنش آبی Water stress	2	0.037^{**}	0.016^{**}	268.5^{**}	144009.3^{**}	2077.85^{ns}	19.7*	0.040^{ns}
خطای a Error a	4	0.001	0.002	15.99	8245.47	469.991	2.95	0.010
مواد جاذب رطوبت Absorbent material	5	0.001^{ns}	0.001^{ns}	53.86^{ns}	2454.92^{ns}	4506.74^{**}	0.49^{ns}	0.017^{ns}
تنش × مواد جاذب رطوبت Absorbent material × Water stress	10	0.003^{**}	0.0001^{ns}	33.04^{ns}	6996.40^{*}	4502.60^{**}	0.63^{ns}	0.044^{**}
خطای b Error b	30	0.001	0.001	41.36	3911.50	391.385	0.95	0.013
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.31	9.53	2.84	6.70	12.69	7.81	14.62

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار

*and **: Significant at the levels of 5 and 1%, respectively, ns: Non-significant

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات اصلی مواد جاذب رطوبت بر صفات گندم الوند در شرایط تنش کمبود آب

Table 5: Mean comparison of the effect of water absorbent materials on traits in Alvand wheat under water deficit stress

	تیمار Treatment	وزن هکتولیتر دانه (کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر) Hectoliter weight (kg 100 litre^{-1})	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) Stem height (cm)	درصد پروتئین Protein content (%)	راندمان مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (kg m^{-3})
تنش آبی Water stress	I_1 (شاهد) I_1 Control	82^{a}	100.4^{a}	13.58^{b}	0.72^{a}
	I_2 (۸۵٪ نیاز آبی گیاه) I_2 85% of water requirement	81^{a}	94.52^{b}	13.68^{b}	0.81^{a}
	I_3 (۷۰٪ نیاز آبی گیاه) I_3 70% of water requirement	77^{b}	93.12^{b}	15.44^{a}	0.78^{a}
مواد جاذب‌رطوبت Absorbent materials	S_1 شاهد S_1 Control	79^{a}	95.79^{ab}	14.10^{a}	0.79^{a}
	S_2 ۳۰ تن کود دامی S_2 Animal manure (30 ton ha^{-1})	79^{a}	96.88^{ab}	14.20^{a}	0.76^{a}
	S_3 ۱۵ تن کود دامی+ ۴ تن زئولیت S_3 Animal manure (15 ton ha^{-1})+ Zeolite (4 ton ha^{-1})	80^{a}	99.90^{a}	14.04^{a}	0.69^{a}
	S_4 ۱۵ تن کود دامی+ ۲ تن بنتونیت S_4 Animal manure (15 ton ha^{-1})+Bentonite (2 ton ha^{-1})	81^{a}	94.11^{ab}	14.66^{a}	0.78^{a}
	S_5 ۲ تن بنتونیت + ۴ تن زئولیت S_5 Zeolite (4 ton ha^{-1}) + Bentonite(2 ton ha^{-1})	82^{a}	92.83^{b}	14.07^{a}	0.79^{a}
	S_6 ۱۵ تن کود دامی + ۲ تن بنتونیت + ۴ تن زئولیت S_6 Animal manure (15 ton ha^{-1}) + Zeolite (4 ton ha^{-1}) + Bentonite (2 ton ha^{-1})	79^{a}	96.57^{ab}	14.31^{a}	0.81^{a}

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level

درصد پروتئین دانه

نتایج در جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه دارد (جدول ۴). در بین سطوح مختلف آبیاری، بالاترین درصد پروتئین دانه با میانگین ۱۵/۴۴ و کم‌ترین درصد پروتئین دانه با میانگین ۱۳/۵۸ به‌ترتیب مربوط به تیمار آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری شاهد بود. اهمیت انتقال نیتروژن برای گندم که در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک رشد می‌کنند قابل ملاحظه است، زیرا در این شرایط، پس از مرحله گل‌دهی، هوا گرم و خشک است و این امر باعث بروز تنش خشکی می‌شود و در نتیجه انتقال نیتروژن را محدود می‌سازد. بدین ترتیب، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه به مقدار زیادی بستگی به انتقال مواد ساخته شده به دانه قبل از مرحله گل‌دهی دارد. نتایج پژوهشگران نشان می‌دهد که انتقال نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه پس از گل‌دهی تحت کنترل عوامل ژنتیکی است (کیرد[1] و همکاران، 2001). محققان اظهار داشتند که زئولیت از طریق جلوگیری از هدر روی نیتروژن چه در توده کودی و یا در خاک توانسته است نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و لذا درصد پروتئین در تیمارهای به‌کارگیری زئولیت نسبت به سایر تیمارها بالاتر می‌باشد (ابهری و همکاران، ۱۳۸۵). نتایج تحقیقی نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش پروتئین ژنوتیپ‌های گندم شد (امیری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). کاربرد ۶۰ تن کود دامی در هکتار باعث کاهش معنی‌دار درصد پروتئین دانه گندم شده است. مصرف کود دامی در کلیه سطوح باعث کاهش نسبی حجم آب مصرفی شد (پرویزی و نباتی، ۱۳۸۳).

تعداد خوشه در مترمربع

نتایج در جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل مواد جاذب رطوبت و سطوح مختلف آبیاری و تیمار مواد جاذب رطوبت در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر تعداد خوشه در مترمربع دارد (جدول ۴). در بین کلیه اثرات متقابل، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد خوشه در مترمربع به‌ترتیب با میانگین ۴۵۲/۳ و ۳۱۲ عدد مربوط به ترکیب تیماری (آبیاری۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف چهار تن در هکتار زئولیت + دو تن در هکتار بنتونیت + ۱۵ تن در هکتار کود دامی) و ترکیب تیماری (آبیاری۷۰ درصد نیاز آبی گیاه +

1. Kirda

مصرف ۱۵ تن در هکتار کود دامی + چهار تن در هکتار زئولیت) بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که مصرف دو تن در هکتار زئولیت شرایط بهتری را از نظر تأمین آب مورد نیاز گیاه فراهم نموده و گیاه هم از طریق افزایش تعداد پنجه در هر بوته (به‌طور میانگین هر بوته ۱/۴۴ عدد)، تعداد خوشه بیشتری را در مترمربع تولید کرده است. نتایج یک بررسی نشان داد که در شرایط تنش آبی تعداد خوشه در مترمربع کاهش پیدا می‌کند. در تحقیق دیگری تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفاتی مانند وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد داشت (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). پژوهشگران گزارش نمودند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد سنبله در مترمربع داشت (بهداد و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج محققان نشان داد که گندم‌هایی که در بستر زئولیت رشد کرده بودند نسبت به بستر پیت و ورمی‌کولایت دوره رشد رویشی طولانی‌تری داشتند که منجر به تولید مداوم پنجه‌های جدید شد. در شرایط بدون تنش صفات تعداد سنبله در مترمربع و طول پدانکل بخش عمده‌ای از تغییرات عملکرد دانه را در مدل رگرسیونی توجیه نموده و دارای ضریب تبیین ۳۱/۳۷ درصد بودند که جزء عملکرد تعداد سنبله در مترمربع در حدود ۲۳/۵ درصد از این تغییرات را توجیه می‌کرد (گل‌آبادی و زمانی، ۱۳۸۷).

جدول ۶: مقایسه میانگین اثرات متقابل مواد جاذب رطوبت بر صفات گندم الوند در شرایط تنش کمبود آب

Table 6: Mean comparison of the effect of water absorbent materials on traits in Alvand wheat under water deficit stress

راندمان مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب) Water use efficiency (kg m^{-3})	تعداد خوشه در مترمربع Number of spike per m^{-2}	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)		تیمار Treatment
0.73^{b-e}	440.7^{ab}	5690^{a-c}	40^{a-c}	I_1S_1	شاهد × شاهد
0.78^{b-e}	379^{c-f}	6230^{ab}	45^{a}	I_1S_2	شاهد × ۳۰ تن دامی
0.74^{b-e}	436.3^{ac}	6590^{a}	42^{a-c}	I_1S_3	شاهد × ۱۵ تن دامی + ۴ تن زئولیت
0.63^{e}	346.7^{e-g}	4970^{c-e}	37^{cd}	I_1S_4	شاهد × ۱۵ تن دامی + ۲ تن بنتونیت
0.64^{de}	394^{a-e}	5180^{b-d}	39^{b-d}	I_1S_5	شاهد × ۲ تن بنتونیت + ۴ تن زئولیت
0.78^{b-e}	417.3^{a-d}	6230^{ab}	43^{ab}	I_1S_6	شاهد × ۱۵ تن‌دامی + ۲ تن‌بنتونیت + ۴ تن‌زئولیت
0.86^{ad}	388.3^{b-f}	5080^{b-e}	41^{a-c}	I_2S_1	۸۵٪ نیاز آبی × شاهد
0.89^{ac}	398.3^{a-e}	5310^{bc}	37^{cd}	I_2S_2	۸۵٪ نیاز آبی × ۳۰ تن دامی
0.65^{de}	374.7^{d-f}	4860^{c-e}	38^{b-d}	I_2S_3	۸۵٪ نیاز آبی × ۱۵ تن دامی + ۴ تن زئولیت
0.91^{ab}	386.7^{b-f}	5030^{c-e}	36^{cd}	I_2S_4	۸۵٪ نیاز آبی × ۱۵ تن دامی + ۲ تن بنتونیت
0.71^{b-e}	393.3^{a-e}	4680^{c-f}	36^{cd}	I_2S_5	۸۵٪ نیاز آبی × ۲ تن بنتونیت + ۴ تن زئولیت
0.84^{a-e}	386^{b-f}	4620^{c-f}	36^{cd}	I_2S_6	۸۵٪ نیاز آبی × ۱۵ تن‌دامی + ۲ تن‌بنتونیت + ۴ تن‌زئولیت
0.79^{b-e}	394.3^{a-e}	3870^{ef}	29^{e}	I_3S_1	۷۰٪ نیاز آبی × شاهد
0.62^{e}	443.3^{ab}	3500^{f}	30^{e}	I_3S_2	۷۰٪ نیاز آبی × ۳۰ تن دامی
0.67^{c-e}	312^{g}	3970^{d-f}	37^{cd}	I_3S_3	۷۰٪ نیاز آبی × ۱۵ تن دامی + ۴ تن زئولیت
0.80^{a-e}	330^{fg}	3930^{ef}	33^{de}	I_3S_4	۷۰٪ نیاز آبی × ۱۵ تن دامی + ۲ تن بنتونیت
1.01^{a}	356^{c-g}	4960^{c-e}	36^{cd}	I_3S_5	۷۰٪ نیاز آبی × ۲ تن بنتونیت + ۴ تن زئولیت
0.80^{a-e}	452.3^{a}	3950^{ef}	27^{e}	I_3S_6	۷۰٪ نیاز آبی × ۱۵ تن‌دامی + ۲ تن‌بنتونیت + ۴ تن‌زئولیت

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level

I_1، I_2 و I3 به‌ترتیب شامل: آبیاری شاهد، آبیاری براساس ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه. S_0، S_1، S_2، S_3، S_4، S_5 و S_6، به‌ترتیب شامل: شاهد، ۳۰ تن کود دامی، (۱۵ تن کود دامی + چهار تن زئولیت)، (۱۵ تن کود دامی + دو تن بنتونیت)، (چهار تن زئولیت + دو تن بنتونیت) و (۱۵ تن کود دامی + چهار تن زئولیت + دو تن بنتونیت)

I_1, I_2 and I_3: Control, 85% and 70% of water requirement, respectively, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6: Control, Animal manure (15 ton ha^{-1})+ Zeolite (4 ton ha^{-1}), Animal manure (15 ton ha^{-1})+Bentonite (2 ton ha^{-1}), Zeolite (4 ton ha^{-1}) + Bentonite(2 ton ha^{-1}), Animal manure (15 ton ha^{-1}) + Zeolite (4 ton ha^{-1}) + Bentonite (2 ton ha^{-1}), respectively

راندمان مصرف آب

اثر متقابل تیمار سطوح آبیاری و مصرف مواد جاذب‌رطوبت بر راندمان مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیش‌ترین راندمان مصرف آب با میانگین ۱/۰۱ کیلوگرم دانه در مترمکعب و کم‌ترین راندمان مصرف آب با میانگین ۰/۶۲ کیلوگرم دانه در

مترمکعب به‌ترتیب مربوط به تیمار (آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف چهار تن در هکتار زئولیت + دو تن در هکتار بنتونیت) و تیمار (آبیاری براساس ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه + مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی) بود. با توجه به این‌که اثر متقابل تنش آبی و مصرف مواد جاذب رطوبت معنی‌دار شده است بنابراین در چنین شرایطی می‌توان با استفاده از زئولیت، بنتونیت و کود دامی که به‌دلیل خصوصیات فیزیکی آن‌ها، آبی را که جذب می‌کنند می‌توانند در ساختار خود نگهداری کرده و در شرایطی که گیاه نیاز به آب دارد در اختیار آن قرار دهند. به‌دلیل کمبود آب آبیاری در کشور می‌توان از این مواد، با مقدار آب کمتر عملکرد مناسب به‌دست آورد و راندمان مصرف آب را افزایش داد. محققان گزارش نمودند که هرگونه تنش رطوبتی باعث افزایش مقاومت روزنه‌ای شده و کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد. به‌طورکلی تنش رطوبتی کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد و یا اثری بر آن ندارد (بخشنده و همکاران، ۱۳۸۲).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش تنش آبی، آب قابل دسترس ریشه کاهش می‌یابد و باعث کاهش میزان فتوسنتز و ساخت کربوهیدرات‌های گیاه می‌شود و این امر خود افت عملکرد دانه گندم را به همراه خواهد داشت. ولی مصرف مواد جاذب‌رطوبت می‌تواند بخشی از اثرات نامطلوب تنش آبی را کاهش دهد. بنابراین توصیه می‌گردد که در مناطقی که در طول فصل رشدونمو گیاه با تنش آبی مواجه می‌شوند، از مواد جاذب‌رطوبت از قبیل کود دامی، بنتونیت و زئولیت استفاده شود تا این مواد بتوانند از طریق کاهش نوسانات پرآبی و کم‌آبی خاک صدمات ناشی از تنش‌های آبی را تعدیل نمایند.

منابع

آقائی سربرزه، م.، رجبی، ر.، حق‌پرست، ر. و محمدی، ر. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از صفات فیزیولوژیک و شاخص‌های تحمل به خشکی. مجله نهال و بذر، ۲۴: ۵۹۹-۵۷۹.

ابهری، ع.، گالشی، س.، لطیفی، ن. و کلاته عربی، م. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی انتهایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسید آمینه پرولین ژنوتیپ‌های گندم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۰: ۵۷-۶۷.

امام، ی. ۱۳۸۴. زراعت غلات. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ صفحه.

امیری‌فر، ا.، آقائی سربرزه، م.، حق‌پرست، ر. و خسروشاهلی، م. ۱۳۹۰. پایداری عملکرد دانه، کیفیت نانوائی و تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گندم نان. مجله به نژادی نهال و بذر، ۱-۲۷: ۲۵۵-۲۲۳.

بخشنده، ع. م.، فرد، س. و نادری، ا. ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد دانه، اجزای آن و برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط کم آبیاری در اهواز. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۶۱: ۶۵-۵۷.

بهداد، م.، پاک‌نژاد، ف.، وزان، س.، اردکانی، م. ر. و نصری، م. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در مراحل مختلف رشد ارقام گندم. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی، ۱ (۲): ۴۳-۳۲.

پاک‌نژاد، ف.، جامی الاحمدی، م.، پازوکی، ع. ر. و نصری، م. ۱۳۸۷. تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، (۱): ۱۵-۱.

پرویزی، ی. و نباتی، ا. ۱۳۸۳. تأثیر دور آبیاری و کود دامی بر کارآیی مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی گندم. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۷ (۲): ۲۹-۲۱.

دستفال، م.، براتی، و.، امام، ی.، حقیقت‌نیا، ح. و رمضان‌پور، م. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲۷ (۲): ۲۱۷-۱۹۵.

زمانیان، د. ۱۳۸۷. اثرات کاربرد سطوح مختلف زئولیت در نگهداری آب خاک. اولین همایش زئولیت ایران، دانشگاه امیرکبیر. صفحات ۲۴۸-۲۴۷.

سیبی، م.، میرزاخانی، م.، گماریان، م. و بابکر، ع. ۱۳۹۰. بررسی محتوای آب اولیه‌ی گلرنگ تحت تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید. مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار دانشگاه پیام نور استان خوزستان. اهواز.

علیزاده، ا. و کمالی، ق. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۲۷ صفحه.

کردوانی، پ. ۱۳۷۸. مناطق خشک (ویژگی‌های اقلیمی، دلایل خشکی و مشکل آب). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۴۹ صفحه.

گل‌آبادی، م.، ارزانی، ا. و میرمحمدی میبدی، س. ع. م. ۱۳۸۷. اثر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد وصفات مرفوفیزیولوژیک در خانواده F_3 گندم دروم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶ (۲): ۴۱۸-۴۰۵.

میرزاخانی، م. و سیبی، م. ۱۳۸۹. پاسخ صفات فیزیولوژیکی گلرنگ به تنش آبی و مصرف زئولیت. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه‌ی پایدار، فرصت‌ها و چالش‌های پیش رو، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، شیراز. صفحه ۲۱.

نقوی، ه.، حاج عباسی، م. ع. و افیونی، م. ۱۳۸۴. تأثیر کود گاوی بر برخی خصوصیات فیزیکی و ضرایب هیدرولیکی و انتقال برماید در یک خاک لوم شنی درکرمان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۳): ۱۰۳-۹۳.

ولی‌زاده قلعه بیگ، ا.، نعمتی، س. ح.، تهرانی‌فر، ع. و امامی، ح. ۱۳۹۳. تأثیر کاربرد بنتونیت بر خصوصیات جوانه‌زنی بذور کاهو تحت شرایط تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول. نشریه تحقیقات بذر، ۴ (۲): ۳۷-۲۸.

یارمحمدی، م.، ساجدی، ن.، میرزاخانی، م. و سیبی، م. ۱۳۸۹. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و کود دامی بر سیب‌زمینی. مجموعه مقالات اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. دانشگاه پیام نور خوزستان. اهواز.

یوسفوند، پ.، ساجدی، ن. و میرزاخانی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرات زئولیت و سلنیوم، تحت تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان روغنی. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. دانشگاه پیام نور خوزستان.

Abedikoupaie, J. and Sohrab, F. 2004. Effect of zeolite and bentonite minerals of the soil hydraulic properties. Proceedings of 12th Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, 562-567.

Croker, J., Poss, R., Hartmann, R. and Bhuthorndharaj, S. 2004. Effects of recycled bentonite addition on soil properties, plant growth and nutrient uptake in a tropical sandy soil. Plant and Soil, 267 (1-2): 155-163.

Dhanda, S. S., Sethi, G. S. and Behl, K. K. 2002. Inheritance of seedling traits under drought stress conditions in bread wheat. Cereal Research Communication, 30 (34): 293-300.

Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R. and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of water wheat. Journal of Cereal Sciences, 37: 295-309.

Haydari Sharifabadi, H. 2004. Water Uptake and Transpiration. Ministry of Agriculture, Department of Agriculture, National Committee for Drought and Agriculture, Tehran. 194 p.

Kirda, C. M., Derici, R. and Schepers, J. S. 2001 Yield response and N- fertilizer recovery of rained wheat growing in the Mediterranean region. Field Crops Research, 71: 113-122.

Lawrence, O. B., Agaba, H., Tweheyo, M., Gerald, E., Kabasa, J. D. and Hüttermann, A. 2009. Amending soils with hydrogels increases the biomass of nine tree species under non-water stress conditions. Clean - Soil, Air, Water, 37: 615-620.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Nacio Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 183-189.

Richard, E. and Bergman, J. 1997. Safflower seed yield and oil content as affected by water and N fertilizer facts. Land Resources and Environmental Sciences Department and Eastern Agricultural Research Center, Montana State University. Number 14.

Richards, R. A., Condon, A. G. and Rebetzke, G. J. 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. U. and McNab, A., (Eds.), CIMMYT, Mexico. 240 p.

Rigby, D. and Caceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. Agricultural Systems, 68: 21-40.

Shafee-Zarghar, A. R. 1996. Evaluation quantitative and qualitative characteristics of 31-cucumber cultivars due to organic materials and mineral components in winter sowing. M. Sc. Thesis. Agriculture Faculty of Tarbiat Modars University. 156 p.

Shaw, J. W. and Andrews, R. 2001. Cation exchange capacity affectes greens grass growth. Golf Course Manage, 73-77.

Urotadze, S. L., Andronikashvili, T. A. and Tsitishvili, G. V. 2002. Output of a winter wheat grown on enriched by Aloumontite containing rock. Book of Zeolite Abstracts.

Effect of Water Absorbent Materials on some Agronomic Traits and Seed Protein of Wheat Under Water Deficit Stress

Famahini Farahani[1], M., Mirzakhani[2*], M. and Sajedi[3], N. A.

Abstract

In order to evaluate the effect of water stress and water absorbent materials on some agronomic traits and seed protein of Alvand wheat, this study was carried out in the field of Islamic Azad University, Arak branch in 2010- 2011. A split-plot arrangement of treatment in a randomized complete block design with three replications was used. The experiment consisted of three irrigation treatments (100%, 85% and 70% of plant water requirement) that applied in the main plot and water absorbent materials on six levels (controls, 30 tons animal manure per hectare, 15 tons animal manure + 4 tons zeolite per hectare, 15 tons animal manure per hectare + 2 tons bentonite per hectare, 4 tons zeolite per hectare + 2 tons bentonite per hectare and 15 tons animal manure per hectare + 2 tons bentonite per hectare + 4 tons zeolite per hectare that used in the sub plots. Results showed that the highest grain protein content obtained from 70% irrigation with average of 15.44 percent and lowest protein content was determined in normal irrigation treatment with average of 13.58 percent. The maximum and minimum grain yield with the average of 6590 and 3500 kg ha^{-1} were related to the combination of normal irrigation + 15 tons animal manure + 4 tons zeolite per hectare and 70% irrigation + 15 tons animal manure per hectare, respectively.

Keywords: Animal manure, Bentonit, Drought stress, Protein content, Zeolite

1 and 3. MSc Graduated and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Farahan Branch, Islamic Azad University, Farahan

※: Corresponding Author Email: mmirzakhani@iau-farahan.ac.ir