

اثر کود دامی و زئولیت بر عملکرد گندم نان تحت شرایط تنش کم آبی

علی مشتقی^{۱*}، آیدین خدایی جوقان^۱، سیدعطاءالله سیادت^۲، سیدهاشم موسوی^۳، محسن رضایی^۴

۱. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳. کارشناس سابق گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۴. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۳

چکیده

به منظور بررسی واکنش گندم به مصرف کود دامی و زئولیت در شرایط تنش کم آبی، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پاییز سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه زمان قطع آبیاری (آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری از ابتدای مرحله شیری - خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک و قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک) در کرت‌های اصلی و سه مقدار کود دامی (صفر، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار) و سه مقدار زئولیت (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بودند. مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت نشان داد که در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله شیری - خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک و قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن‌ها، باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه شد. لذا در مناطق با کمبود آب آبیاری و یا عدم بارندگی از ابتدای مرحله گلدهی و یا مرحله شیری - خمیری دانه، می‌توان مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت برای حفظ و یا افزایش عملکرد دانه توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، قطع آبیاری، کود گاوی، مواد اصلاح کننده خاک

مقدمه

آبیاری بعد از مرحله ساقه رفتن تا رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به شاهد (آبیاری کامل)، باعث کاهش ۴۸ درصدی عملکرد دانه شد. جعفر نژاد و همکاران (Jafar-Nejad et al., 2013) با بررسی اثر قطع آبیاری بر صفات مختلف ژنوتیپ‌های گندم در نیشابور گزارش کردند که قطع آبیاری از مرحله ظهور سنبله تا رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به آبیاری کامل، باعث کاهش ۲۶ درصدی عملکرد دانه شد. همچنین افیونی و همکاران (Afiuni et al., 2015) با مطالعه اثر قطع آبیاری بر عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان در اصفهان گزارش کردند که قطع آبیاری بعد از مرحله ظهور سنبله تا

از بین عوامل مختلف تنش‌زای زنده (آفات، بیماری و علف‌های هرز) و غیرزنده (خشکی، غرقابی، شوری، گرما، سرما و غیره)، تنش کم آبی به‌تنهایی باعث کاهش ۴۵ درصد عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. در شرایطی که گیاه قادر به جذب آب با سرعت کافی برای جبران تعرق نباشد، تنش حادث می‌گردد. در این شرایط رشد گیاه مختل شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد (Kafi et al., 2009). در این رابطه محسنی موحد و اکبری (Mohseni-Movahed and Akbari, 2012) با مطالعه اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گندم نان رقم الوند در شرایط همدان گزارش کردند که قطع

رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به شاهد (آبیاری کامل)، باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد دانه شد.

از راه‌کارهای مهم کاهش اثر تنش کم‌آبی بر گیاهان زراعی، استفاده از مواد طبیعی مثل کودهای دامی و زئولیت در خاک است که باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش ماده آلی و تعادل pH خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تأمین عناصر غذایی گیاه مثل نیتروژن، اصلاح ساختمان خاک، افزایش فعالیت بیولوژیک میکروارگانیسم‌ها، ایجاد بستر مناسب برای رشد ریشه، افزایش فتوسنتز، رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد گیاه می‌شود، همچنین این مواد نسبت به کودهای شیمیایی آلودگی کمتری در محیط‌زیست ایجاد می‌کنند (Sajadi-Nik et al., 2011).

در مورد اثر کود دامی بر گیاهان مختلف پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. به عنوان مثال نمروری و همکاران (Namarvari et al., 2012) با مطالعه اثر سیستم‌های کودی مختلف بر گندم در شرایط تنش خشکی در اهواز گزارش کردند که تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله گرده‌افشانی، مصرف کود دامی به همراه کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها باعث افزایش عملکرد دانه گردید. حسن‌زاده و همکاران (Hasanzadeh et al., 2013) با ارزیابی اثر پتاسیم و کود دامی بر گندم در شرایط تنش خشکی بیان کردند که در شرایط تنش خشکی، کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود دامی)، عملکرد دانه را حدود ۴۷ درصد افزایش داد. فرمehینی فراهانی و همکاران (Farmahini-Farahani et al., 2015) با بررسی اثر مصرف کود دامی و زئولیت بر گندم گزارش کردند که در شرایط آبیاری بر اساس ۷۰ درصد نیاز گیاه، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی نسبت به عدم مصرف آن، زیست‌توده کل را حدود ۱۲ درصد افزایش داد.

قهدریجانی و همکاران (Ghahderijani et al., 2015) با ارزیابی زئولیت و پلیمر سوپرجاذب بر رشد و عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش کم‌آبی در اصفهان و تهران گزارش کردند که در شرایط تنش کم‌آبی مصرف زئولیت نسبت به عدم مصرف آن باعث افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب آفتابگردان شد. علوی اصل و همکاران (Alaviasl et al., 2016) با ارزیابی اثر زئولیت و کیتوزان بر رشد و عملکرد کنگد در سطوح مختلف تنش کم‌آبی در یزد گزارش کردند که کاربرد ۴/۵ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن

باعث افزایش ماده خشک، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد. باغبانی آرانی و همکاران (Baghbani-arani et al., 2017) طی بررسی اثر مصرف ورمی کمپوست، زئولیت و کود نیتروژن بر صفات فیزیولوژیک شنبلیله در شرایط تنش کم‌آبی بیان کردند که کاربرد زئولیت اثر مثبتی بر کاهش اثرات تنش کم‌آبی بر رشد گیاه شنبلیله داشت، گرچه این اثر مثبت زئولیت کمتر از اثر کود ورمی کمپوست بود. غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini et al., 2017) طی بررسی اثر مصرف زئولیت در تلفیق با کودهای شیمیایی و آلی بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۲۵۳۹ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد ماده خشک (۵۶۴۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن از کود دامی زئولیتی + تأمین ۵۰ درصد نیتروژن از طریق اوره حاصل شد. جامی و همکاران (Jami et al., 2018) در مطالعه اثر مقادیر تلفیقی کودهای آلی (مرغی و گوسفندی) و شیمیایی و مصرف زئولیت بر آفتابگردان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری گزارش کردند که در تیمار آبیاری بعد از تخلیه ۸۰ درصد رطوبت قابل‌استفاده خاک، بیشترین عملکرد دانه (۱۱۴۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کودی ۱۰۰ درصد آلی و مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت حاصل شد و کمترین میزان عملکرد دانه (۴۲۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کودی ۱۰۰ درصد شیمیایی و عدم مصرف زئولیت به دست آمد.

با توجه به نتایج تحقیقات مختلف، کاربرد کود دامی و زئولیت اثرات مطلوبی بر حفظ رطوبت خاک، فراهمی عناصر غذایی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش اثر تنش کم‌آبی در گیاهان زراعی دارد. لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف کود دامی و زئولیت بر کاهش اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی اهواز در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان واقع در ملاثانی در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، ارتفاع ۳۴ متر از سطح دریا، با آب‌وهوای گرم و خشک و متوسط بارندگی سالیانه ۲۱۳ میلی‌متر اجرا شد (جدول ۱).

مقدار کود دامی گاوی (صفر، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار) و سه مقدار زئولیت (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بودند. کود گاوی مورد استفاده از ایستگاه دام‌پروری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تأمین شد (جدول ۲). زئولیت مورد استفاده از معادن استان سمنان تهیه شد (جدول ۳).

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل سه زمان قطع آبیاری (آبیاری کامل (شاهد)، قطع آبیاری از مرحله شیری-خمیری (ZGS80) تا رسیدگی فیزیولوژیک و قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی (ZGS60) تا رسیدگی فیزیولوژیک) در کرت‌های اصلی و سه

جدول ۱. میانگین دمای حداقل و حداکثر و بارندگی ماهانه در طول دوره رشد گندم در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶

Table 1. Mean of monthly minimum and maximum temperatures and precipitation during wheat growth duration in growing season of 2016-2017

Month	ماه	دمای حداقل (سانتی‌گراد) Min. temperature (°C)	دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Max. temperature (°C)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)
December	آذر	7.3	22.1	18.9
January	دی	8.2	22.9	2.7
February	بهمن	8.1	22.7	7.2
March	اسفند	12.8	27.1	27.9
April	فروردین	16.1	32.5	10
May	اردیبهشت	21.1	36.0	4.9

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) و کود گاوی

Table 2. Physical and chemical properties of soil (0-30 cm) and manure

مشخصات فیزیکی و شیمیایی Physical and chemical properties	خاک Soil	کود گاوی Manure
EC (dS.m ⁻¹)	هدایت الکتریکی 3.6	4.2
pH	واکنش خاک 7.4	7.1
Organic Carbon (%)	کربن آلی 0.76	3.52
N (%)	نیتروژن 0.05	0.43
P (mg.kg ⁻¹)	فسفر 7.2	812
K (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم 214	3462
Bulk density (g.cm ⁻³)	وزن مخصوص ظاهری 1.21	-
Texture	بافت Silty clay	رسی سیلتی

Table 3. Chemical properties of zeolite

جدول ۳. مشخصات شیمیایی زئولیت

سیلیسیم SiO ₂ (%)	آلومینیم Al ₂ O ₃ (%)	پتاسیم K ₂ O (%)	سدیم Na ₂ O (%)	کلسیم Ca ₂ O (%)	فسفر P ₂ O ₅ (%)	آهن Fe(mg.kg ⁻¹)	کادمیم Cd(mg.kg ⁻¹)
68	11.5	2.9	1.7	2.5	0.01	1.2	0.03

خاک مخلوط شد. در مرحله داشت؛ آبیاری تا قبل از مرحله گلدهی با توجه به رطوبت خاک، نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی برای تمام کرت‌ها به‌صورت یکسان انجام شد ولی در مرحله بعد از گلدهی، آبیاری کرت‌های دارای تیمار قطع آبیاری، از مرحله گلدهی و یا مرحله شیری خمیری قطع شد

هر کرت فرعی شامل ۱۰ خط کشت دو متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع بود. در این آزمایش از گندم رقم چمران استفاده شد و تاریخ کشت ۱۵ آذرماه بود. قبل از کاشت، مقدار کود دامی و زئولیت هر کرت بر اساس تیمار توزین شد و توسط دستگاه کولتیواتور با

صفت شاخص سطح برگ افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۳/۸۸) در شاهد عدم مصرف کود دامی و زئولیت و بیشترین مقدار آن (۵/۶۷) در مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت حاصل شد؛ یعنی مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به شاهد عدم مصرف آن‌ها باعث افزایش حدود ۴۵ درصدی شاخص سطح برگ شد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد که احتمالاً مصرف توأم کود دامی و زئولیت با تأمین و حفظ ذخیره رطوبت خاک و تأمین فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد و نمو گندم به‌خصوص نیتروژن، باعث افزایش صفات رشدی مثل شاخص سطح برگ شد. در آزمایش غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini et al., 2008) نیز، مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش حدود ۶۴ درصدی شاخص سطح برگ کلزا شد.

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که فقط اثر اصلی قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر صفت ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر اصلی قطع آبیاری (جدول ۶) نشان داد که کمترین ارتفاع بوته (۷۲/۶ سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری از ابتدای گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک و بیشترین مقدار آن (۸۰/۶ سانتی‌متر) در تیمار شاهد بود. قطع آبیاری در ابتدای گلدهی نسبت به شاهد ارتفاع بوته را حدود ۱۱ درصد کاهش داد. احتمالاً قطع آبیاری در ابتدای گلدهی باعث کاهش رشد ساقه شده و ارتفاع بوته را کاهش داده است. در گزارش افیونی و همکاران (Afyoni et al., 2015) نیز، قطع آبیاری آخر فصل نسبت به شاهد، باعث کاهش حدود ۵ درصدی ارتفاع بوته ارقام گندم مورد بررسی شد. در سطوح کود دامی، کمترین ارتفاع بوته (۷۴/۰ سانتی‌متر) در سطح عدم مصرف کود دامی و بیشترین مقدار آن (۷۹/۰ سانتی‌متر) در مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در سطوح زئولیت، کمترین ارتفاع بوته (۷۲/۷ سانتی‌متر) در سطح عدم مصرف زئولیت و بیشترین مقدار آن (۸۲/۰ سانتی‌متر) در مصرف ۱۲ تن در هکتار زئولیت حاصل شد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد که با افزایش مصرف کود دامی و زئولیت، تأمین آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بیشتر شده و ارتفاع بوته افزایش یافت. در آزمایش غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini et al.,)

و برای جلوگیری از اثر بارندگی بر کرت‌های با تیمار قطع آبیاری، در مواقع بارندگی روی کرت‌های مذکور شلتر کشیده شد. در مورد کوددهی، ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌صورت ۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد در ابتدای مرحله ساقه رفتن) از منبع اوره و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر در زمان قبل از کاشت از منبع سوپر فسفات تریپل استفاده شد. علف‌های هرز داخل و بین کرت‌ها به‌صورت دستی وجین شدند. در زمان برداشت دو خط اول و آخر و همچنین نیم متر از هر دو طرف کرت به‌عنوان حاشیه حذف و ۱/۶ متر مربع باقی‌مانده در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در اواسط اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶ برداشت شد. عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد)، ماده خشک، شاخص برداشت و تعداد سنبله در مترمربع بر مبنای سطح برداشتی، تعداد دانه در سنبله بر اساس متوسط ۲۰ سنبله و وزن هزار دانه با شمارش و توزین دو نمونه ۵۰۰ دانه‌ای تعیین شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از سیستم تجزیه آماری (SAS9.4) انجام شد. برای مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود و زئولیت از روش برش‌دهی و برای اثر برهمکنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت از روش برش‌دهی فیزیکی استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی ناشی از قطع آبیاری، مقادیر کود دامی و مقادیر مختلف زئولیت بر تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار شد. اثر برهمکنش قطع آبیاری و کود دامی بر هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نبود، اثر برهمکنش قطع آبیاری و زئولیت فقط بر صفت عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد ولی اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر تمام صفات به‌جز ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید. اثر برهمکنش سه‌جانبه قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر صفات تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

شاخص سطح برگ

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفت شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۵) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود دامی و زئولیت، مقدار

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

Table 4. Variance analysis of measured traits

میانگین مربعات (MS) Means of squares									
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	شاخص سطح برگ Leaf area index	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع No. of Spike.m ⁻¹	تعداد دانه در سنبله Grain. spike ⁻¹	وزن هزار دانه 1000 grain wt.	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication (R)	2	0.26*	17.9 ^{ns}	171 ^{ns}	17.3 ^{ns}	2.2*	361208**	2820503*	2.5 ^{ns}
قطع آبیاری Irrigation cutoff (S)	2	0.25*	431.2**	39221**	449.3**	38.7**	5543075**	42582933**	30.3**
خطای الف Error (a)	4	0.03	3.2	160	3.8	0.1	6464	179081	0.4
کود دامی Manure (M)	2	3.95**	174.1**	19638**	357.5**	35.2**	2546519**	13417437**	33.1**
S×M	4	0.04 ^{ns}	2.9 ^{ns}	555 ^{ns}	3.5 ^{ns}	0.1 ^{ns}	4142 ^{ns}	180459 ^{ns}	0.8 ^{ns}
زئولیت Zeolite (Z)	2	6.95**	624.0**	40032**	1127.7**	100.8**	12330601**	48444044**	174.4**
S×Z	4	0.06 ^{ns}	1.7 ^{ns}	133 ^{ns}	7.5 ^{ns}	0.2 ^{ns}	11260 ^{ns}	4017377**	6.9 ^{ns}
M×Z	4	0.13*	0.6 ^{ns}	702*	20.3**	1.2**	72540**	137459 ^{ns}	7.9**
S×M×Z	8	0.06 ^{ns}	2.1 ^{ns}	99 ^{ns}	7.9*	0.2 ^{ns}	20417*	273125*	0.2 ^{ns}
خطای ب Error (b)	48	0.04	1.4	247	3.0	0.2	8501	124861	0.8
CV(%)	ضریب تغییرات (%)	4.4	5.9	4.3	5.9	1.4	7.2	2.6	3.6

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفات اندازه گیری شده

Table 5. Mean comparison of interaction effect of manure and zeolite on measured traits

کود دامی Manure (t.ha ⁻¹)	زئولیت Zeolite (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد سنبله در مترمربع Spike.m ⁻²	وزن هزار دانه 1000 grain wt. (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
0	0	3.88 ^g	291.1 ^f	33.7 ^g	21.2 ^d
	6	4.43 ^f	320.7 ^e	34.8 ^f	22.0 ^d
	12	5.13 ^{cd}	384.8 ^c	38.2 ^c	27.5 ^a
15	0	4.42 ^f	330.6 ^e	35.2 ^f	22.9 ^c
	6	4.96 ^{de}	361.2 ^d	36.5 ^e	24.7 ^b
	12	5.42 ^b	400.3 ^b	38.9 ^b	27.8 ^a
30	0	4.88 ^e	358.6 ^d	36.4 ^e	24.6 ^b
	6	5.17 ^c	376.4 ^c	37.5 ^d	24.6 ^b
	12	5.67 ^a	422.5 ^a	39.6 ^a	27.8 ^a

در هر ستون، میانگین هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

تعداد سنبله در مترمربع

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفت تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود

2017)، بیشترین ارتفاع بوته (۱۲۹ سانتی متر) از تیمار تأمین ۵۰ درصد نیتروژن از کود دامی + تأمین ۵۰ درصد نیتروژن از طریق اوره + ۹ تن در هکتار زئولیت حاصل شد.

تعداد دانه در سنبله

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر صفت تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهمکنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر تعداد دانه در سنبله (جدول ۷) نشان داد که در تیمار آبیاری شاهد (کامل)، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن‌ها منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله شد و مقدار آن را به ۴۶/۶ رساند؛ به عبارت دیگر، حتی در شرایط آبیاری کامل و عدم وجود تنش کم‌آبی، کاربرد این مواد باعث افزایش قابل توجه تعداد دانه در سنبله گردید. در شرایط قطع آبیاری از مرحله شیری-خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد دانه در سنبله از ۱۹/۰ در شرایط عدم کاربرد کود دامی و زئولیت به ۳۶/۹ در کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت رسید. در شرایط قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش تعداد دانه در سنبله دانه شد و مقدار آن به ۳۴/۲ رسید. به‌طور کلی در تمام شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی نسبت به عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش قابل توجه تعداد دانه در سنبله شد که یکی از دلایل احتمالی افزایش آن، حاصلخیزی کم و ذخیره رطوبتی پایین خاک در تیمار عدم مصرف کود دامی و زئولیت است. در آزمایش میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2015) نیز، با افزایش میزان مصرف زئولیت در شرایط تنش خشکی، تعداد دانه در سنبله گندم افزایش یافت.

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۵) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود دامی و زئولیت، وزن هزار دانه افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۳۳/۷ گرم) در شاهد عدم مصرف کود دامی و زئولیت و بیشترین مقدار آن (۳۹/۶ گرم) در مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت حاصل شد؛ به عبارت دیگر مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت

دامی و زئولیت بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۵) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود دامی و زئولیت، تعداد سنبله در مترمربع افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۲۹۱/۱) در عدم مصرف کود دامی و زئولیت و بیشترین مقدار آن (۴۲۲/۵) در مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت حاصل شد؛ به عبارت دیگر مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن‌ها باعث افزایش حدود ۴۵ درصدی تعداد سنبله در مترمربع شد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد که احتمالاً مصرف توأم کود دامی و زئولیت با تأمین و حفظ ذخیره رطوبت خاک و تأمین فراهمی عناصر غذایی موردنیاز رشد و نمو گندم به‌خصوص نیتروژن، باعث افزایش صفات پنجه‌زنی، تعداد سنبله بارور و در نتیجه تعداد سنبله در مترمربع شد. در آزمایش میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2015) نیز، مصرف ۹ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش حدود ۱۹ درصدی تعداد سنبله در مترمربع گندم شد.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات اصلی قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر صفات ارتفاع بوته

Table 6. Mean comparison of main effect of irrigation cut off, manure and zeolite on plant height

ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		
عامل	Plant height (cm)	
Factor		
Irrigation cut off	قطع آبیاری	
Control	شاهد	80.6 ^a
Milky-dough	شیری-خمیری	76.6 ^b
Flowering	گلدهی	72.6 ^c
Manure (t.ha ⁻¹)	کود دامی	
0		74.0 ^c
15		76.9 ^b
30		79.0 ^a
Zeolite (t.ha ⁻¹)	زئولیت	
0		72.7 ^c
6		75.1 ^b
12		82.0 ^a

در هر عامل، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each factor, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

و در نتیجه وزن هزار دانه گندم شد. در آزمایش غلامحسینی و همکاران (Gholamhoseini et al., 2009) نیز، با افزایش درصد زئولیت در کود دامی کمپوست شده، وزن هزار دانه آفتابگردان افزایش یافت.

به شاهد عدم مصرف آن‌ها باعث افزایش حدود ۱۸ درصدی وزن هزار دانه شد. به‌طور کلی به نظر می‌رسد که احتمالاً مصرف توأم کود دامی و زئولیت با تأمین و حفظ ذخیره رطوبت خاک و تأمین فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد و نمو گندم، باعث افزایش رشد و نمو، طول دوره پر شدن دانه

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه‌جانبه قطع آبیاری×کود دامی×زئولیت بر تعداد دانه در سنبله
Table 7. Mean comparison of interaction effect of irrigation cut off×manure×zeolite on grain in spike

کود دامی Manure (t.ha ⁻¹)	زئولیت Zeolite (t.ha ⁻¹)	قطع آبیاری Irrigation cut off		
		شاهد Control	شیری-خمیری Milky-dough	گلدهی Flowering
0	0	26.7 ^d	19.0 ^e	14.2 ^f
	6	26.6 ^d	22.7 ^d	18.9 ^e
	12	38.4 ^c	34.4 ^b	31.1 ^{ab}
15	0	27.2 ^d	23.7 ^d	19.6 ^e
	6	31.5 ^c	29.5 ^c	25.9 ^{cd}
	12	40.1 ^b	35.0 ^{ab}	32.6 ^a
30	0	31.5 ^c	29.5 ^c	25.0 ^d
	6	34.7 ^c	30.7 ^c	28.5 ^{bc}
	12	46.6 ^a	36.9 ^a	34.2 ^a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهمکنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر عملکرد دانه (جدول ۸) نشان داد که در تیمار آبیاری کامل (بدون قطع آبیاری)، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن‌ها منجر به افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه شد و مقدار آن را به ۴۹۹۳ کیلوگرم در هکتار رساند؛ به عبارت دیگر، حتی در شرایط آبیاری کامل و عدم وجود تنش کم‌آبی، کاربرد این مواد باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه گردید. در شرایط قطع آبیاری از مرحله شیری-خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش عملکرد دانه شد و مقدار آن از ۲۴۴۳ به ۴۲۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید. در شرایط قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، کاربرد ۳۰ تن در

هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه شد و مقدار آن از ۲۰۶۰ به ۳۷۴۶ کیلوگرم در هکتار رسید. مقایسه نتایج کاربرد کود دامی و زئولیت در شرایط عدم قطع آبیاری با شرایط قطع آبیاری نشان داد که مصرف این مواد در شرایط تنش کم‌آبی اثر بیشتری بر حفظ عملکرد دانه دارد؛ به عبارت دیگر در شرایط مطلوب، کاربرد این مواد با حفظ رطوبت و فراهمی عناصر غذایی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود ولی در شرایط و مناطق دارای تنش خشکی که عامل رطوبت محدودکننده عملکرد است، کاربرد این مواد اثرگذاری بیشتری در حفظ عملکرد دانه دارد. همچنین نتایج نشان داد که اگرچه هر چه تنش کم‌آبی زودتر حادث شود، عملکرد دانه بیشتر کاهش یافت ولی اثرگذاری مصرف این مواد در شرایط تنش کم‌آبی شدیدتر بر افزایش عملکرد دانه بیشتر بود. در آزمایش جامی و همکاران (Jami et al., 2018)، در اکثر تیمارهای آبیاری، مصرف زئولیت و کود دامی با افزایش دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی، عملکرد دانه و عملکرد روغن آفتابگردان افزایش یافت.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه‌جانبه قطع آبیاری× کود دامی× زئولیت بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

Table 8. Mean comparison of interaction effect of irrigation cut off×manure×zeolite on grain yield (kg.ha^{-1})

کود دامی Manure (t.ha^{-1})	زئولیت Zeolite (t.ha^{-1})	Irrigation cut off قطع آبیاری		
		شاهد Control	شیری-خمیری Milky-dough	گلدهی Flowering
0	0	2926 ^g	2443 ^g	2060 ^f
	6	3166 ^f	2750 ^f	2326 ^e
	12	4380 ^c	3800 ^c	3426 ^b
15	0	3240 ^f	2793 ^f	2300 ^e
	6	3493 ^e	3303 ^d	2726 ^d
	12	4760 ^b	4020 ^b	3660 ^a
30	0	3566 ^e	3273 ^e	2793 ^d
	6	3733 ^d	3426 ^d	3066 ^c
	12	4993 ^a	4200 ^a	3746 ^a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش قطع آبیاری، کود دامی و زئولیت بر عملکرد بیولوژیک (جدول ۹) نشان داد که در تیمار آبیاری کامل (بدون قطع آبیاری)، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن‌ها منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شد و مقدار آن را به ۱۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار رساند؛ به عبارت دیگر، حتی در شرایط آبیاری کامل و عدم وجود تنش کم‌آبی، کاربرد این مواد باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه گردید. در شرایط قطع آبیاری از مرحله شیری-خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد و مقدار آن به ۱۵۲۴۷ کیلوگرم در هکتار رسید. در شرایط قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن‌ها باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد و مقدار آن به ۱۳۴۵۳ کیلوگرم در هکتار رسید. به‌طورکلی با افزایش کاربرد کود دامی و زئولیت در تمام شرایط آبیاری، به دلیل افزایش فراهمی آب و عناصر غذایی، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. در گزارش باغبانی آرانی و همکاران (Baghbani-

Arani et al., 2017)، کاربرد زئولیت و ورمی کمپوست باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد بیولوژیک شنبليله شد.

شاخص برداشت

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود دامی و زئولیت بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۵) نشان داد که با افزایش مقدار مصرف کود دامی و زئولیت، مقدار شاخص برداشت افزایش یافت. به‌طوری‌که کمترین مقدار این صفت (۲۱/۲ درصد) در شاهد عدم مصرف کود دامی و زئولیت و بیشترین مقدار آن (۲۷/۸ درصد) در مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت حاصل شد؛ به عبارت دیگر مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به شاهد عدم مصرف آن‌ها باعث افزایش حدود ۳۰ درصدی شاخص برداشت شد. به‌طورکلی به نظر می‌رسد که احتمالاً مصرف توأم کود دامی و زئولیت با تأمین و حفظ ذخیره رطوبت خاک و تأمین فراهمی عناصر غذایی موردنیاز رشد و نمو گندم به‌خصوص نیتروژن، باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه شاخص برداشت شد. در آزمایش علوی اصل و همکاران (Alaviasl et al., 2017) نیز، مصرف زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش شاخص برداشت گندم شد.

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه جانبه قطع آبیاری × کود دامی × زئولیت بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)

Table 9. Mean comparison of interaction effect of irrigation cut off × manure × zeolite on biological yield (kg.ha⁻¹)

کود دامی Manure (t.ha ⁻¹)	زئولیت Zeolite (t.ha ⁻¹)	قطع آبیاری Irrigation cut off		
		شاهد Control	شیری-خمیری Milky-dough	گلدهی Flowering
0	0	12613 ^g	11933 ^e	10320 ^e
	6	13440 ^{ef}	12607 ^d	11213 ^{cd}
	12	16080 ^c	13700 ^c	12453 ^b
15	0	12933 ^{fg}	12413 ^{de}	10840 ^{de}
	6	13300 ^{ef}	13187 ^c	11867 ^{bc}
	12	16747 ^b	14547 ^b	13333 ^a
30	0	13693 ^e	13253 ^c	11960 ^b
	6	14507 ^d	13647 ^c	13273 ^a
	12	18000 ^a	15147 ^a	13453 ^a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات برهمکنش، در شرایط آبیاری کامل، قطع آبیاری از مرحله شیری-خمیری تا رسیدگی فیزیولوژیک و قطع آبیاری از ابتدای مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم مصرف آن‌ها، باعث افزایش قابل‌توجه عملکرد دانه شد. لذا در مناطق با کمبود آب آبیاری و یا عدم بارندگی از ابتدای مرحله گلدهی و یا مرحله شیری-خمیری دانه، می‌توان ۳۰ تن در هکتار

کود دامی و ۱۲ تن در هکتار زئولیت برای حفظ و یا افزایش عملکرد دانه مصرف کرد.

قدردانی

این مقاله از طرح پژوهشی شماره ۹۵۱/۳۱ استخراج شده است که بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرای این طرح را تأمین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- Afiuni, D., Allahdadi, I., Akbari, G.A., Najafian, G., 2015. Response of some agronomic traits of some wheat genotypes to cut of terminal irrigation with zinc foliar application. Journal of Plant Production. 8, 179-203. [In Persian with English Summary].
- Alaviasl, S.A., Mansourifar, S., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sadatasilan, K., Tabatabaei, S.A., Moradi-Ghahderijani, M., 2016. Effect of chitosan and zeolite on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different irrigation conditions in Yazd. Environmental Stresses in Crop Sciences. 9, 163-172. [In Persian with English Summary].
- Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi-Akbarbojar, M., Mokhtasi-Bidgoli, A., 2017. Effects of deficit water stress in response to the zeolite, vermicompost and nitrogen fertilizer on number of physiological and biochemical traits of fenugreek. Journal of Plant Production Research. 24, 71-87. [In Persian with English Summary].
- Farmahini-Farahani, M., Mirzakhani, M., Sajedi, N., 2015. Investigation the agronomic and physiological characteristics of Alvand wheat cultivar under water tension conditions, application of animal manure and bentonit. Crop Physiology Journal. 7, 17-27. [In Persian with English Summary].
- Moradi Ghahderijani, M., Sadat Asilan K., Modarres Sanavy, S.A.M., 2015. Effect of improvers application on seed yield and

- irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under water deficit stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 17, 115 -127. [In Persian with English Summary].
- Gholamhoseini, M., Aghaalikhani, M., Malakoti, M.J., 2008. Effect of nitrogen and zeolite on quantitative and qualitative yield of canola. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 45, 537-548. [In Persian with English Summary].
- Gholamhoseini, M., Khodaei-Joghan, A., Habibzade, F., Ghalavand, A., 2017. Effect of zeolite application in combination with chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative traits of sunflower. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 7, 1-14. [In Persian with English Summary].
- Hasanzade, E., Ghajar-Sepanlou, M., Bahmanyar, M.A., 2013. The effect of potassium and manure application on concentration of macro elements on wheat under different water stresses. Journal of Agricultural Engineering. 36, 61-65. [In Persian with English Summary].
- Jafar-Nejad, A., Aghaei, H., Najafia, G., 2013. Effective traits on grain yield of wheat genotypes under optimal irrigation and drought stress during reproductive phase. Journal of Applied Crop Breeding. 1, 11-22. [In Persian with English Summary].
- Jami, M.Q., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mokhtassi-Bidgoli, A., Baghbani-Arani, A., Namdari, A., 2018. Effect of manure, zeolite and irrigation on soil properties and seed yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 19, 151-167. [In Persian with English Summary].
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, J., 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. 504p. [In Persian].
- Mirzakhani, M., Hemmati, Z., Sajedi, N., 2015. Response of wheat physiological and agronomic traits to water stress and zeolite application. Iranian Journal of Field Crops Research. 13, 173-183. [In Persian with English Summary].
- Mohseni-Movahed, S.A., Akbari, M., 2012. Effect of deficit irrigation in different stages of growth on yield of Alvand cultivar wheat. Journal of Water and Soil. 25, 1386-1394. [In Persian with English Summary].
- Namarvari, M., Fathi, G., Bakhshandeh, A.M., Gharineh, M.H., Jafari, S., 2012. Interaction of end-season drought stress and organic fertilizer application on bread wheat yield. Journal of Production and Processing of Field Crops. 2, 163-172. [In Persian with English Summary].
- Sajadi-Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H.R., Farajee, H., 2011. Effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 21, 87-110. [In Persian with English Summary].