نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال نهم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۸

بررسی تأثیر روش‌های تغذیه آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های کمّی علوفه و دانه ارزن (*Panicum miliaceum* L.) در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

یاسر اسماعیلیان[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷)

چکیده

بررسی واکنش محصول به عملیات کم‌آبیاری و ارزیابی اثر تنش خشکی بر گیاه از مهم‌ترین موضوعات تولید گیاهان زراعی است. کاربرد کودهای آلی در این شرایط می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد. بدین منظور، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد اجرا شد. عامل اصلی شامل سطوح: آبیاری کامل، قطع موقت آبیاری در مرحله گل‌دهی و قطع موقت آبیاری در مرحله پر شدن دانه و سطوح عامل فرعی شامل: شاهد، کود شیمیایی، کود دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تنش خشکی موجب افت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ارزن شد. در حالی‌که بهترین عملکردها از مصرف کود ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری کامل در طول دوره رشد به‌دست آمد. صفات عملکرد علوفه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ در ساقه اصلی، تعداد پنجه و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای تنش خشکی نشان ندادند. عملکرد علوفه، بیولوژیکی و دانه درنتیجه مصرف ورمی‌کمپوست بیشترین افزایش را نشان داد. درحالی که ارتفاع بوته و شاخص برداشت در اثر مصرف کود دامی بیشترین افزایش را داشت. کود شیمیایی فقط صفت تعداد پنجه در واحد سطح را نسبت به سایر تیمارها به‌میزان بیشتری افزایش داد. گیاهانی که در مرحله پر شدن دانه در معرض تنش خشکی قرار گرفته بودند شاخص برداشت پایین‌تری را نشان دادند. کارایی مصرف آب گیاهانی که در معرض تنش خشکی در مرحله گل‌دهی قرار داشتند افزایش و آنهایی که تحت تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه قرار داشتند، کاهش یافت. ورمی‌کمپوست و کمپوست بیشترین تأثیر را بر بهبود این صفت داشتند. به‌طور کلی، هرچند بالاترین عملکردها از اعمال آبیاری کامل به‌دست آمد، اما با عملیات کم‌آبیاری در مرحله گل‌دهی ارزن می‌توان کارایی مصرف آب و شاخص برداشت این گیاه را بهبود داد. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده اثرات مثبت تغذیه آلی نسبت به شیمیایی در زراعت ارزن است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، عملکرد، کارایی مصرف آب، کمپوست، کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست

۱. استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، مجتمع آموزش عالی گناباد
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: y.esmaeilian@gonabad.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

مقدمه

در حال حاضر، تنش خشکی به‌دلیل تغییرات اقلیمی، گرمایش زمین و کمبود آب به‌عنوان مهم‌ترین عامل فشار بر تولید محصولات کشاورزی و بازدهی تولید مطرح شده است و پیش‌بینی می‌شود اثرات مختلف زیست‌محیطی و اکولوژیکی آن در مقیاس ناحیه‌ای و جهانی افزایش یابد (۷). تنش خشکی از طریق کاهش میزان و پتانسیل آب، فشار آماس سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش توسعه سلولی و رشد، بر فرایندهای گیاهی اثرگذار است (۱۹). این در حالی است که تنش خشکی شدید ممکن است منجر به اختلال در فتوسنتز، متابولیسم و در نهایت مرگ گیاهان شود (۲۰). تنش خشکی رشد گیاه را کاهش داده و تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متنوعی را در آن ایجاد کرده است که می‌تواند نقصان عملکرد را در پی داشته باشد (۱۲). تنش خشکی بر اساس اینکه در چه سطحی از محتوای رطوبت خاک اعمال شده باشد و یا اینکه در چه مراحلی از رشد گیاه رخ داده است و همچنین طول مدت زمان وقوع آن ممکن است اثرات متفاوتی بر محصولات زراعی داشته باشد (۱۴). اثرات عامل محدود کننده تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیکی بر رشد و عملکرد غلات در مطالعات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. اگر تنش خشکی در طول فاز زایشی رخ دهد به‌ویژه عملکرد دانه خسارت بیشتری را متحمل می‌شود (۳۲ و ۳۴). در طی آزمایشی مشخص شد تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه گیاه جو سرعت فتوسنتز خالص برگ پرچم را کاهش داد، اما اثر معنی‌داری بر سرعت پر شدن دانه نداشت (۳۷). نتایج مطالعه جامیسون (۲۱) نشان داد اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش وزن تک‌دانه موجب افت عملکرد گیاه جو شده است. یاداف و همکاران (۴۶) اظهار داشتند تنش خشکی که در مرحله گل‌دهی ارزن رخ دهد عملکرد دانه را به‌طور محسوس و معنی‌داری کاهش می‌دهد که در این ارتباط کاهش تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد بودند که با کاهش خود در اثر تنش خشکی موجب افت عملکرد این گیاه شدند. پژوهشگران دیگری نیز به بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد پنج ژنوتیپ ارزن پرداختند و اظهار داشتند تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه نداشت، درحالی که تنش خشکی در مرحله ظهور خوشه بیشترین اثر منفی بر کاهش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب آن داشت (۳۹).

علاوه‌بر اثرات مستقیمی که تنش خشکی بر رشد، نمو و عملکرد کمّی و کیفی گیاهان از طریق تغییر پتانسیل آب در خاک و اختلال در فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد، کمبود رطوبت می‌تواند نقش مهمی در قابلیت جذب عناصر غذایی و تسهیم فراورده‌های فتوسنتزی در گیاه داشته باشد، به‌طوری که نتایج پژوهش‌ها نشان‌دهنده اثربخشی بیشتر و راندمان بالاتر مصرف کود در شرایط فراهمی رطوبت خاک است (۱۸). از طرف دیگر، کاربرد منابع مختلف کودی نیز می‌تواند با اثرات متقابلی که با محتوای رطوبت در دسترس خاک و قابلیت جذب آن توسط گیاه برقرار می‌کند، در تخفیف اثرات منفی تنش خشکی و کاهش اختلال در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مؤثر باشد (۶ و ۱۷). در همین راستا، مدیریت تغذیه گیاهان زراعی با استفاده از کاربرد کودهای آلی در شرایط کم‌آبیاری یکی از جنبه‌های مهم حفاظت آب و خاک، نیل به کشاورزی پایدار و دستیابی به ثبات عملکرد است (۱۰).

تعدادی از پژوهشگران با مقایسه اثرات کود دامی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر گیاه گندم گزارش کردند علاوه‌بر تأثیر مثبت بیشتر ورمی‌کمپوست نسبت به دو تیمار کودی دیگر بر عملکرد این گیاه، نیاز آبی گندم در اثر مصرف ورمی‌کمپوست ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش نشان داد (۴۱). در آزمایش دیگری که به مقایسه اثرات کودهای شیمیایی، دامی و زیستی بر ویژگی‌های کمّی گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل پرداخته شد، گزارش شد تیمار کود شیمیایی در شرایط آبیاری کامل و تیمار کوددهی تلفیقی در همین شرایط رطوبتی به‌ترتیب موجب دستیابی به بیشترین عملکرد زیستی و عملکرد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

دانه در گندم شد، اما کاربرد به‌تنهایی و به‌ویژه توأم کودهای دامی و زیستی اثر قابل توجه و معنی‌داری در ثبات عملکرد این گیاه نسبت به کود شیمیایی در شرایط تنش خشکی داشت (۳۰). پژوهشگران دیگری نیز با بررسی اثر کمپوست و ورمی‌کمپوست بر گیاه کلزا در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی بیان کردند بیشترین وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه در تمام سطوح آبیاری از مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (۳۳).

با توجه به اینکه اقلیم منطقه مورد مطالعه گرم و خشک بوده و محدودیت منابع آب آبیاری و همچنین تداخل زمان آبیاری محصولات پاییزه و بهاره از چالش‌های اساسی زراعت در منطقه است، مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف آب و ارائه راه‌کارهای کاربردی در ارتباط با دستیابی به عملکردهای قابل قبول و کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر رشد، نمو و عملکرد محصول از مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشی است. لذا، پژوهش حاضر به‌منظور مطالعه واکنش گیاه ارزن معمولی به منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی در شرایط تنش خشکی ناشی از قطع موقت آبیاری در انتهای فصل (مرحله رشد زایشی) صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۸۵ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. میانگین درجه حرارت منطقه ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالیانه آن ۱۴۲ میلی‌متر است. برخی از پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد ارزن و مقایسه آنها با میانگین بلندمدت (۳۰ ساله) در جدول ۱ آورده شده است. تیمارهای عامل اصلی شامل: D_1: آبیاری کامل در طول فصل رشد، D_2: قطع موقت آبیاری در مرحله گل‌دهی، و D_3: قطع موقت آبیاری در مرحله پر شدن دانه بود. سطوح عامل فرعی به صورت: F_1: شاهد (عدم مصرف کود)، F_2: کود شیمیایی NPK، F_3: کود دامی، F_4: کمپوست، و F_5: ورمی‌کمپوست بود. قبل از اجرای آزمایش، از نقاط مختلف مزرعه و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌گیری صورت گرفت. مساحت هر کرت شش مترمربع، فاصله هر کرت ۰/۵ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۲) و توصیه کودی اخذ شده، کود شیمیایی از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب با مقادیر معادل با ۱۵۰، ۱۲۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. کود گاوی، کمپوست و ورمی‌کمپوست نیز پس از تجزیه شیمیایی (جدول ۳) به‌ترتیب با مقادیر برابر با ۴۰، ۱۵ و ۱۰ تن در هکتار مصرف شد. کودهای آلی و شیمیایی (۵۰ درصد کود اوره) مورد استفاده در آزمایش قبل از کشت در عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری با خاک کرت مربوط به هر تیمار مخلوط شد. ۵۰ درصد باقیمانده کود اوره در زمان شش‌برگی ارزن به‌صورت سرک اعمال شد. هر کرت شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول دو متر و با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود، به‌طوری که تراکم کاشت ارزن ۶۰ بوته در مترمربع درنظر گرفته شد. کشت بذور ارزن که از توده بومی گناباد انتخاب شده بودند در پنجم خرداد ۱۳۹۵ به‌صورت دستی و در عمق سه سانتی‌متری خاک صورت گرفت. در طول دوره رشد گیاهان ارزن آبیاری کرت‌ها بر اساس عرف منطقه و با دور آبیاری هفت روز صورت گرفت. در تیمارهای تنش خشکی، عملیات آبیاری در مرحله نموی مورد نظر در یک دور آبیاری به‌صورت موقت انجام نشد و پس از آن آبیاری به‌صورت معمول صورت گرفت، به‌نحوی که در تیمار آبیاری کامل در مجموع هفت مرحله و در تیمارهای تنش خشکی شش مرحله آبیاری انجام شد. سیستم آبیاری با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن متصل به پمپ به‌گونه‌ای اجرا شد که میزان آب آبیاری با دبی یکنواخت و مشخص وارد هر کرت شد. سایر عملیات داشت شامل بر وجین علف‌های هرز برای تمام کرت‌ها تمام کرت‌ها به‌صورت یکسان انجام شد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

جدول ۱. برخی پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد ارزن و مقایسه آن با میانگین بلندمدت

ماه	درجه حرارت حداقل	میانگین بلندمدت	درجه حرارت حداکثر	میانگین بلندمدت	رطوبت نسبی حداقل	میانگین بلندمدت	رطوبت نسبی حداکثر	میانگین بلندمدت	بارندگی
	(درجه سانتی‌گراد)				(درصد)				(میلی‌متر)
خرداد	۲۱/۷	۲۰/۳	۳۵/۸	۳۴/۴	۹	۱۶	۲۹	۳۳	۲/۵
تیر	۲۲/۶	۲۲/۵	۳۶/۸	۳۶/۷	۱۲	۱۵	۳۱	۳۳	۰
مرداد	۲۱/۳	۲۰/۸	۳۵/۶	۳۵/۷	۱۱	۱۴	۳۲	۳۰	۰

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	هدایت الکتریکی	اسیدیته
	(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(دسی‌زیمنس بر متر)	
لومی-شنی	۵/۴	۴۱/۲	۵۳/۴	۰/۱۹	۰/۰۱۹	۸	۱۰۳	۴/۳	۸/۲

جدول ۳. ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

نوع کود	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	هدایت الکتریکی	اسیدیته
	(درصد)			(دسی‌زیمنس بر متر)	
کود گاوی	۲/۲	۰/۷	۰/۹	۳/۹	۷/۳
کمپوست	۱/۳	۱/۰	۱/۸	۵/۲	۷/۸
ورمی کمپوست	۱/۷	۱/۵	۱/۸	۶/۹	۸/۲

عملکرد علوفه تر در شروع گل‌دهی با برداشت کل اندام هوایی از سطح ۰/۳ مترمربع از هر کرت و با رعایت اثر حاشیه‌ای صورت گرفته و بلافاصله برای توزین به آزمایشگاه منتقل شد. پس از توزین علوفه برداشت‌شده از هر کرت با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و پس از آن برای محاسبه عملکرد علوفه خشک توزین شدند. به‌منظور اندازه‌گیری صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ در ساقه و تعداد پنجه، پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد، کل بوته‌های ارزن از سطح یک مترمربع وسط هر کرت برداشت و پس از هواخشک کردن، برای محاسبه عملکرد بیولوژیکی توزین شدند. عملکرد دانه نیز پس از جدا کردن دانه از اندام هوایی و وزن کردن آن محاسبه شد. وزن هزار دانه از میانگین وزن دو نمونه ۱۰۰ تایی بذر و تعمیم آن به وزن هزار دانه حاصل شد. شاخص برداشت نیز طبق فرمول زیر به‌دست آمد:

$$HI = \frac{EY}{BY} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

که در معادله فوق HI: شاخص برداشت (Harvest index)، EY: عملکرد اقتصادی (Economic yield) که در اینجا عملکرد دانه است و BY: عملکرد بیولوژیکی (Biological yield) بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

اساس وزن ماده خشک تولیدی است. کارایی مصرف آب نیز توسط فرمول زیر محاسبه شد:

$$WUE = \frac{D}{W_p + W_i} \quad (۲)$$

که در این معادله WUE: کارایی مصرف آب (Water use efficiency)، D: عملکرد اقتصادی (بر مبنای کیلوگرم ماده خشک دانه در هکتار)، Wp: آب حاصل از بارندگی و Wi: آب حاصل از آبیاری (بر مبنای مترمکعب در هکتار) است. با توجه به اینکه در طول دوره رشد گیاهان ارزن بارندگی در منطقه رخ نداد، کارایی مصرف آب برای هر تیمار از تقسیم عملکرد دانه به‌دست آمده برحسب کیلوگرم و آب آبیاری مصرف‌شده برحسب مترمکعب در هر کرت محاسبه شد. درنهایت، داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹ تجزیه‌وتحلیل آماری شد و مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه تر

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد علوفه تر ارزن نشان داد اثر تیمارهای تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود. درحالی که کودهای آلی و شیمیایی اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر آن داشتند. همچنین، اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و کودی بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین عملکرد علوفه تر با ثبت میانگین ۲۴۰۱۵ کیلوگرم در هکتار در اثر اعمال کود ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. سایر تیمارهای کودی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان نداد و در رتبه بعدی قرار گرفتند، درحالی که کمترین عملکرد علوفه تر (۱۶۱۲۶ کیلوگرم در هکتار) از گیاهانی حاصل شد که هیچ کودی دریافت نکرده بودند (جدول ۵). علت معنی‌دار نشدن اثر سطوح تنش خشکی بر عملکرد علوفه تر را می‌توان به این موضوع نسبت داد که برداشت علوفه در مرحله گل‌دهی ارزن صورت گرفت و به همین علت تیمارهای تنش خشکی انتهای فصل رشد نتوانسته اثر معنی‌داری بر این صفت بگذارد. تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر افزایش عملکرد علوفه تر ارزن می‌تواند به‌دلیل اثرات مفید آن بر ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل ساختمان خاک، وزن مخصوص ظاهری و بهبود تهویه خاک و همچنین تأمین عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه باشد (۹). همچنین، احتمالاً به‌واسطه نقشی که کود ورمی‌کمپوست در افزایش کربن میکروبی خاک و فراهم کردن زیستگاه بهتر برای تکثیر و فعالیت ریزموجودات خاک دارد، شرایط برای مشارکت آنها در جذب عناصری مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد به نحو مطلوب‌تری فراهم شده است که نتیجه آن جذب بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه و رشد رویشی بهتر آن بوده است (۵). در نتیجه انجام پژوهش‌هایی، به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش رشد رویشی، تجمع ماده خشک و عملکرد علوفه در گیاه ذرت (۱۶) و جو (۲۲) اشاره شده است.

عملکرد علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد علوفه خشک ارزن نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای رژیم آبیاری از نظر تأثیر بر این صفت است. درحالی که بین تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده شد. همچنین اثر متقابل دو عامل آبیاری و کود بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). در بین تیمارهای کودی، ورمی‌کمپوست با ۱۱۷۰۶ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک بیشترین تأثیر را بر بهبود این صفت داشت. تیمارهای کود شیمیایی و کمپوست به صورت مشترک در رده بعدی قرار گرفتند. میزان افزایش عملکرد علوفه خشک ارزن در اثر مصرف ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار عدم مصرف کود ۴۷ درصد بود (جدول ۵).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762] [DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده ارزن در تیمارهای تنش خشکی و کودی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)									
		عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	ارتفاع بوته	برگ در ساقه	تعداد پنجه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۷۰۶۵۹۲۵۵^{ns}	۱۱۴۲۲۳۷^{ns}	۰/۰۰۱۵^{ns}	۰/۴۱*	۶/۷۴^{ns}	۱/۱۵^{ns}	۱۹۵۲۸۰۳	۱۱۱۶۵۹۹۶*	۰/۰۰۵۸^{ns}	۰/۳۴۳
تنش خشکی	۲	۲۲۳۸۲۳۹۶^{ns}	۱۳۸۸۰۴۵۵^{ns}	۱۰۶/۶^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۳/۰۱^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۷۸۳۶۷۵۹**	۱۵۴۷۸۴۵۵**	۰/۰۳۰۲**	۰/۵۰۰**
خطای اصلی	۴	۴۰۲۰۶۷۴۸	۴۷۲۵۱۱۲	۳۷/۴	۰/۱۸	۴/۶۷	۱/۷۶	۱۳۴۰۱۹۹	۶۳۷۲۶۴۹	۰/۰۰۹۸	۰/۲۷۸
کود آلی و شیمیایی	۴	۷۳۲۳۵۳۶۰*	۱۶۸۴۶۰۹*	۶۰/۵*	۰/۷۳**	۱۱/۸۲*	۰/۸۴^{ns}	۳۸۳۵۴۶۶**	۱۲۸۹۷۳۱۳**	۰/۰۱۵۸**	۰/۷۱۱**
تنش خشکی × کود	۸	۳۱۲۹۸۳۹۰^{ns}	۵۰۵۱۵۱۲^{ns}	۲۶/۱^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۶/۶۵^{ns}	۰/۷۰^{ns}	۸۰۶۹۶۵**	۵۳۴۵۱۶۵*	۰/۰۰۵۹^{ns}	۰/۱۳۱^{ns}
خطای فرعی	۲۴	۲۶۸۶۶۹۶۹	۶۲۲۸۳۹۵	۱۴/۹	۰/۱۴	۳/۰۳	۰/۷۴	۳۶۰۱۰۴	۲۳۳۰۱۸۶	۰/۰۰۳۳	۰/۰۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۲۶/۵	۲۴/۷	۵/۱۴	۶/۹	۲۶/۸	۲۰/۰	۲۱/۸	۱۳/۹	۲۳/۱	۲۲/۶

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762] [DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن در تیمارهای تنش خشکی و کودی

تیمار	عملکرد علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	برگ در ساقه	تعداد پنجه	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (درصد)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
				تنش خشکی				
D_1	۲۰۹۰۲^{a}	۱۰۷۱۵^{a}	۷۸/۱^{a}	۵/۴^{a}	۷/۰۰^{a}	۴۴/۰^{a}	۲۸/۸^{a}	۱/۲۹^{a}
D_2	۱۸۵۷۸^{a}	۹۸۹۰^{a}	۷۲/۸^{a}	۵/۴^{a}	۶/۲۲^{a}	۴۲/۴^{a}	۲۵/۹^{a}	۱/۲۹^{a}
D_3	۱۹۰۸۹^{a}	۱۰۵۹۲^{a}	۷۵/۰^{a}	۵/۶^{a}	۶/۲۲^{a}	۴۳/۰^{a}	۲۰/۰^{b}	۰/۹۷^{b}
				کود آلی و شیمیایی				
F_1	۱۶۱۲۶^{b}	۷۹۵۵^{b}	۷۲/۱^{c}	۵/۱۱^{b}	۵/۴۰^{b}	۳۸/۴^{a}	۱۸/۴^{b}	۰/۷۵^{c}
F_2	۱۹۶۴۴^{ab}	۱۰۴۸۹^{ab}	۷۳/۲^{bc}	۵/۳۰^{b}	۸/۲۲^{a}	۴۵/۰^{a}	۲۵/۷^{a}	۱/۱۰^{b}
F_3	۱۹۱۱۱^{ab}	۹۹۰۴^{ab}	۷۸/۳^{a}	۵/۷۴^{a}	۶/۷۴^{ab}	۴۳/۷^{a}	۲۳/۴^{ab}	۱/۲۰^{b}
F_4	۱۸۷۱۸^{ab}	۱۰۴۴۳^{ab}	۷۵/۹^{abc}	۵/۴۴^{ab}	۵/۴۸^{b}	۴۲/۳^{a}	۲۸/۹^{a}	۱/۳۶^{ab}
F_5	۲۴۰۱۵^{a}	۱۱۷۰۶^{a}	۷۷/۱^{ab}	۵/۷۸^{a}	۶/۵۶^{ab}	۴۶/۴^{a}	۲۸/۱^{a}	۱/۴۹^{a}

حروف مشابه در هر ستون و در داخل هر عامل آزمایشی بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (آزمون LSD)، D_1 : آبیاری کامل در طول فصل رشد، D_2: قطع موقت آبیاری در مرحله گل‌دهی، D_3: قطع موقت آبیاری در مرحله پر شدن دانه، F_1: شاهد (عدم مصرف کود)، F_2: کود شیمیایی NPK، F_3: کود دامی، F_4: کمپوست، F_5: ورمی کمپوست

علت این افزایش عملکرد را می‌توان به بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک نسبت داد به‌طوری که در مرحله رشد رویشی گیاه شرایط برای جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به شکل بهتری از طریق معدنی شدن تدریجی ورمی‌کمپوست ایجاد شده است و علاوه‌بر این، مواد بیولوژیک موجود در ورمی‌کمپوست به‌عنوان ترکیبات تنظیم‌کننده رشد عمل می‌کنند که مجموع این عوامل افزایش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی و تولید ماده خشک بیشتر را به‌همراه داشته است (۱۶). برخی از پژوهشگران، علت افزایش رشد رویشی و زیست‌توده زنده محصول در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست را به همگنی، یکنواختی و تداوم آزادسازی عناصر غذایی قابل دسترس، کاهش تلفات عناصر غذایی، افزایش محتوای نیتروژن و تعادل نسبت کربن به نیتروژن و در نهایت، افزایش ظرفیت فتوسنتزی و رشد بهتر گیاه نسبت داده‌اند (۳۵ و ۳۶).

ارتفاع گیاه

بین تیمارهای آبیاری کامل و تنش خشکی از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). با توجه به اینکه تیمارهای تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و دانه بستن اعمال شده و به‌دلیل محدود بودن رشد گیاه ارزن، رشد طولی ساقه در این مرحله تقریباً متوقف شده است، بنابراین نتایج به‌دست آمده قابل انتظار است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تیمارهای کودی اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع گیاه ارزن داشتند. اما اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته (۷۸/۳ سانتی‌متر) از بوته‌هایی ثبت شد که از منبع کود دامی تغذیه شده بودند. تیمار کودی ورمی‌کمپوست از این نظر در رتبه دوم قرار گرفت. کمترین ارتفاع بوته (۷۲/۱ سانتی‌متر) از کرت‌های مربوط به تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی از یک طرف با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و فراهم کردن شرایط مناسب برای تهویه، نفوذپذیری و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، موجب رشد مطلوب ریشه و در پی آن جذب آب و عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه شده‌اند و از طرف دیگر با در دسترس قرار دادن مقادیر متعادلی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده، اثر مثبت گذاشته‌اند که درنتیجه اثر خود را به‌صورت افزایش ارتفاع بوته نشان داده‌اند (۴۳). پژوهشگران دیگری نیز اثرات انواع کودهای آلی را بر ویژگی‌های گندم بررسی کردند و بیان داشتند کود دامی و کمپوست ارتفاع گیاه را به‌طور معنی‌دار و محسوسی افزایش دادند (۴).

تعداد برگ در ساقه اصلی

جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار تیمارهای تنش خشکی از نظر تأثیر بر تعداد برگ در ساقه اصلی است. اما، بین منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی در مورد تأثیر بر صفت تعداد برگ در ساقه اصلی اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. اثر متقابل تیمارها نیز بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، اعمال ورمی‌کمپوست و کود دامی بیشترین تأثیر در افزایش این صفت داشتند و بین آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بعد از این تیمارها، کمپوست معمولی موجب افزایش بیشتری در تعداد برگ در ساقه شد (جدول ۵). نقش مثبت ورمی‌کمپوست و کود دامی در افزایش تعداد برگ در بوته می‌تواند مرتبط با تأثیر این منابع آلی در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، تعدیل دمای خاک، بهبود تهویه خاک به‌دلیل کاهش وزن مخصوص ظاهری، تعادل نیتروژن و افزایش کارایی جذب فسفر باشد (۲۶). نیسانی و همکاران (۳۱) با بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل و کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های رشدی ذرت علوفه‌ای عنوان کردند تنش خشکی اثر معنی‌داری بر تعداد برگ ذرت نداشت، درحالی که بیشترین تعداد برگ در ساقه از کاربرد کود مرغی به‌دست آمد. وفایی رستمی (۴۴) در نتیجه بررسی اثر کمپوست و کود شیمیایی بر ویژگی‌های گیاه سویا بیان داشت کمپوست موجب افزایش تعداد برگ نسبت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

به کاربرد کود شیمیایی شد.

تعداد پنجه

بین سطوح عامل تنش خشکی از نظر تأثیر بر تعداد پنجه در گیاه ارزن تفاوت معنی‌دار آماری به‌دست نیامد (جدول ۴). با توجه به اینکه اعمال تیمارهای تنش خشکی در فاز زایشی و انتهای فصل رشد صورت گرفته است این تیمارها اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه نداشته‌اند. نمروری و همکاران (۲۹) نیز به نتایج مشابهی در مورد گیاه گندم دست یافته‌اند. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های تعداد پنجه در بوته مشخص کرد این صفت تحت تأثیر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری نشان داد. درحالی که اثر متقابل تیمارها بر تعداد پنجه در بوته معنی‌دار نشد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد گیاهان ارزنی که کود شیمیایی دریافت کرده بودند، دارای بیشترین تعداد پنجه در بوته بودند. گیاهانی که با کود دامی و ورمی‌کمپوست کوددهی شده بودند به‌طور مشترک در رتبه دوم قرار گرفتند و بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این درحالی است که گیاهانی که کودی دریافت نکرده بودند از نظر تعداد پنجه در بوته در پایین‌ترین سطح قرار گرفتند (جدول ۵). با توجه به اینکه نیتروژن موجود در کود شیمیایی (اوره) اعمال شده بر خلاف منابع کود آلی مورد استفاده به سرعت آزاد شده و به‌صورت ترکیبات نیتراتی وارد فاز تبادلی خاک شده است، این عامل سرعت رشد بالای گیاه در اوایل دوره رشد را در پی داشته که درنتیجه، تولید و توسعه سریع برگ در نهایت عاملی برای تحریک گیاه به تولید پنجه بیشتر شده است (۲۸). نمروری و همکاران (۲۹) نیز گزارش کردند تعداد پنجه در بوته گندم در اثر مصرف کود شیمیایی نسبت به کود دامی و بیولوژیک افزایش بیشتری نشان داد.

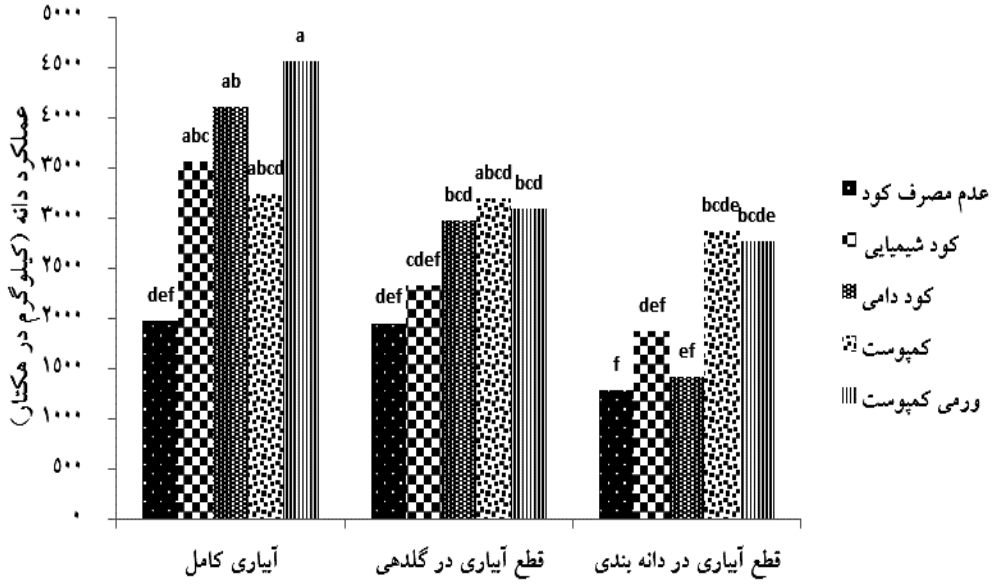
وزن هزار دانه

صفت وزن هزار دانه ارزن تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نشان نداد. همچنین، بین انواع مختلف منابع کودی از نظر تأثیر بر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل دو عامل تنش خشکی و منابع کودی نیز بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۴). از عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر وزن هزار دانه می‌توان این گونه استنباط کرد که این صفت از اجزای عملکرد گیاه به طور عمده وابسته به ژنتیک گیاه بوده است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد (۲۳).

عملکرد دانه

اختلاف بین تیمارهای تنش خشکی از نظر تأثیر بر عملکرد دانه ارزن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کودهای آلی و شیمیایی نیز در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. همچنین اثر متقابل دو عامل تنش خشکی و کودهای آلی و شیمیایی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین عملکرد دانه درنتیجه اعمال کود ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد و پس از این تیمار نیز به‌ترتیب تیمارهای مصرف کود دامی و کود شیمیایی قرار داشتند (شکل ۱). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند در شرایط آبیاری کامل کارایی استفاده از کود افزایش یافته و با بهبود شرایط بیولوژیکی و فیزیکی خاک، آزادسازی عناصر غذایی افزایش یافته است و گیاه با سهولت بیشتری عناصر غذایی فاز محلول را جذب می‌کند. ضمن اینکه کمپوست علاوه بر دارا بودن مقادیر قابل توجهی از عناصر ماکرو (به‌ویژه نیتروژن)، حاوی مقادیر زیادی ترکیبات هیومیکی بوده است که با تأثیر بر فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، دسترسی عناصر میکرو را افزایش می‌دهد که در نهایت بهبود رشد و عملکرد گیاه را سبب می‌شود (۴۲). داده‌های به‌دست آمده همچنین گویای این مطلب است که عملکرد دانه گیاهان ارزن کوددهی شده در شرایط تنش خشکی به‌میزان قابل توجهی از تیمارهایی که در شرایط آبیاری کامل بودند کمتر بود (شکل ۱). محدودیت و برهم خوردن نظم سیستم فتوسنتزی گیاه در اثر تنش خشکی از معیارها و شاخص‌های اصلی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]



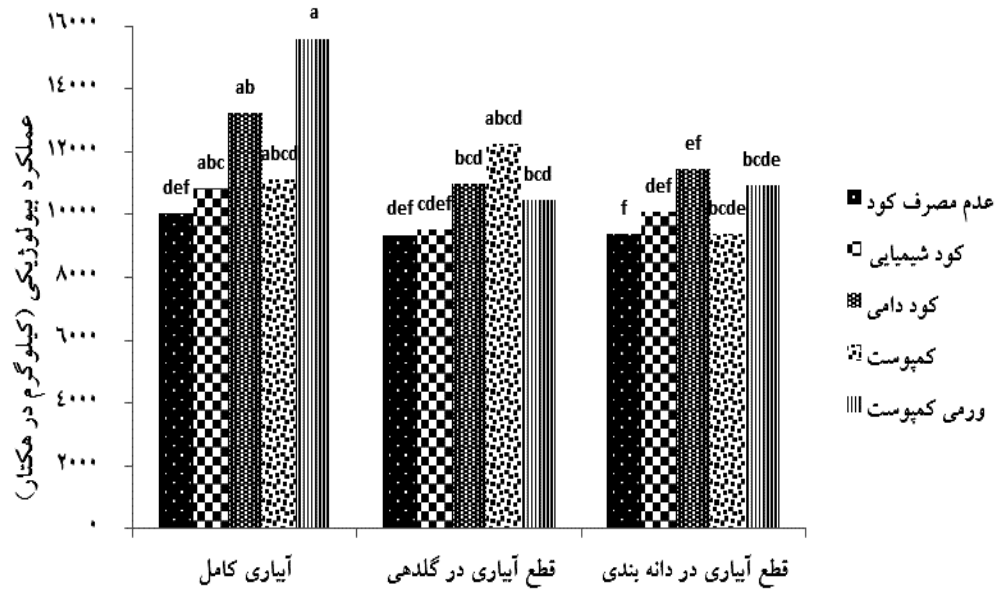
شکل ۱. برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و کودی بر عملکرد دانه ارزن. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند (آزمون LSD)

تعیین‌کننده اثرات تنش خشکی بر رشد، بقا و عملکرد گیاهان است (۱۸). در نتیجه پژوهش‌های دیگری نیز به کاهش عملکرد ارزن در نتیجه اعمال کم آبیاری و اثرات منفی آن بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه اشاره شده است (۸).

عملکرد بیولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد بیولوژیکی بیان‌کننده اختلاف معنی‌دار تیمارهای تنش خشکی، کودهای آلی و شیمیایی و اثر متقابل این دو در مورد صفت عملکرد بیولوژیکی ارزن است (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد گیاهانی که در آبیاری کامل با کود ورمی‌کمپوست تغذیه شده بودند از بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۱۴۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بودند (شکل ۲). کود ورمی‌کمپوست با بهبود ساختمان خاک و اصلاح ویژگی‌های شیمیایی خاک، رشد ریشه را افزایش داد و با افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن در شرایط فراهمی رطوبت کافی در خاک، موجب اضافه شدن بیوماس اندام هوایی گیاه شد (۲۷). بعد از این تیمار نیز کرت‌هایی که کود دامی دریافت کرده بودند، بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۱۳۲۲۲ کیلوگرم در هکتار) را به‌دست آوردند. به نظر می‌رسد بخش عمده‌ای از بهبود عملکرد بیولوژیکی ارزن در شرایط آبیاری کامل و مصرف کودهای آلی در نتیجه بهبود ویژگی‌های خاکی (عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) ایجاد شده است که با فراهم کردن شرایط لازم برای فتوسنتز بیشتر و سریع‌تر و ذخیره بیشتر فراورده‌های فتوسنتزی به‌ویژه در دانه، اثرات مثبت خود را در افزایش عملکرد بیولوژیکی نیز به وضوح نشان داده است. لیانگ و همکاران (۲۴) نیز به اثرات مثبت کود دامی در بهبود عملکرد بیولوژیکی گیاه جو نسبت به کودهای شیمیایی دست یافتند. بر اساس نتایج این آزمایش، میانگین‌های عملکرد بیولوژیکی به‌دست آمده نیز در سطوح تنش خشکی کاهش محسوس و معنی‌داری را نشان دادند (شکل ۱). چنین به نظر می‌رسد اثراتی که تنش خشکی اعمال‌شده در مرحله رشد زایشی بر جذب آب و عناصر غذایی، شدت تعرق و تبادلات گازی، ظرفیت فتوسنتزی، طول دوره سبزمانی برگ‌ها و به دنبال آن کاهش سرعت رشد گیاه و طول دوره تجمع ماده خشک در ارزن داشته است، موجبات کاهش عملکرد بیولوژیکی این گیاه را فراهم کرده است (۲۵).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]



شکل ۲. برهم‌کنش تیمارهای تنش خشکی و کودی بر عملکرد بیولوژیکی ارزن. ستون‌های دارای حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند (آزمون LSD)

شاخص برداشت

تجزیه آماری داده‌های به‌دست آمده از شاخص برداشت ارزن نشان می‌دهد اثرات اصلی تنش خشکی و سیستم‌های تغذیه بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هرچند اثر متقابل تنش خشکی و کود از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، شاخص برداشت در شرایطی که گیاهان ارزن تحت تأثیر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه قرار گرفتند، به‌طور محسوس و معنی‌داری نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش یافت. درحالی که بین حالت آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله گل‌دهی از نظر تأثیر بر این شاخص اختلاف معنی‌دار آماری به‌دست نیامد (جدول ۵). با توجه به تأثیر منفی بیشتری که تنش خشکی اعمال شده در مرحله پر شدن دانه نسبت به مرحله گل‌دهی بر عملکرد دانه گذاشته است این نتایج قابل انتظار است. پژوهشگران دیگری نیز بیان کردند بیشترین کاهش شاخص برداشت گندم در شرایط اعمال تنش در مرحله بعد از گل‌دهی اتفاق افتاد (۲).

در بین تیمارهای کودی نیز به‌ترتیب کمپوست و ورمی‌کمپوست بیشترین تأثیر بر افزایش شاخص برداشت ارزن داشته و بین دو تیمار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کاربرد کود شیمیایی بعد از دو کود مذکور موجب بیشترین افزایش این صفت نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۵). پژوهشگران دیگری به نتایج متفاوتی دست یافتند و اشاره کردند مصرف کمپوست سبب کاهش شاخص برداشت گندم نسبت به عدم مصرف آن شد. نگارندگان علت این امر را افزایش تخصیص فراورده‌های فتوسنتزی و مواد غذایی به اندام‌های رویشی در مقایسه با اندام‌های زایشی و درنتیجه کاهش نسبت عملکرد دانه نسبت به عملکرد کل گیاه دانسته‌اند (۴۰). درحالی که نتایج پژوهش حاضر حاکی از اثرات مثبت کمپوست و ورمی‌کمپوست بر هر دو فاز رویشی و زایشی گیاه ارزن و به‌ویژه عملکرد دانه این گیاه بود.

کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایش (سطح احتمال یک درصد) بر شاخص کارایی مصرف آب ارزن است (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها مشخص کرد بین مقادیر کارایی مصرف آب به‌دست آمده از گیاهان ارزنی که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

تحت آبیاری کامل قرار داشتند و گیاهانی که در مرحله گل‌دهی، کم‌آبیاری صورت گرفته بود اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت. این درحالی است که کارایی مصرف آب ارزن در شرایطی که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه رخ داده بود به‌طور محسوس و معنی‌داری و به‌میزان ۳۳ درصد نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت (جدول ۵). فراهمی آب در مرحله حساس رشد زایشی با بهبود نرخ فتوسنتز و افزایش مدت زمان این مرحله، موجب ساخت و انتقال بیشتر مواد پرورده به اندام‌های مختلف گیاه به‌ویژه دانه‌ها شد و از این طریق کارایی مصرف آب ارتقا می‌یابد (۱۲). همچنین، از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که اعمال تنش در مرحله گل‌دهی ارزن تأثیر زیادی بر کاهش عملکرد دانه نداشته است، درحالی که کاهش مصرف آب به‌دلیل قطع موقت آبیاری در این مرحله موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و درنهایت بهبود راندمان مصرف آب در این گیاه متحمل به خشکی شده است. به‌علاوه، با توجه به اینکه تنش خشکی در مراحل اولیه رشد اعمال نشده است، گیاه ارزن در این مدت با رشد رویشی مطلوب و بهبود اجزای عملکرد، تأثیرپذیری کمتری از کاهش محتوای رطوبت خاک در مرحله گل‌دهی داشته و استفاده بهینه‌ای از حداقل رطوبت موجود داشته است (۳۸). از طرف دیگر، اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه با تأثیر بر سرعت و میزان انتقال فراورده‌های فتوسنتزی و طول دوره پر شدن دانه افت شدید عملکرد را در پی داشته و کاهش مصرف آب در نتیجه قطع موقت آبیاری در این مرحله نتوانسته است جبران این کاهش عملکرد را داشته باشد. پژوهشگران دیگری نیز به افزایش کارایی مصرف آب در نتیجه تنش خشکی در مراحل خاصی از رشد گیاه اشاره کرده‌اند (۴۵).

در بین تیمارهای کودی نیز از نظر تأثیر بر کارایی مصرف آب ارزن تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری که بیشترین مقدار این شاخص (۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب) در نتیجه کاربرد کود ورمی‌کمپوست حاصل شد. کود کمپوست با عدد ۱/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب در رده دوم از نظر تأثیر بر افزایش این شاخص قرار گرفت و کمترین میزان (۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) از گیاهانی که کودی دریافت نکرده بودند به‌دست آمد (جدول ۵). اثرات مثبت ورمی‌کمپوست و کمپوست بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک، تعدیل دمای خاک، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی و درنهایت رشد مطلوب‌تر باعث شده است تا گیاه از آب موجود بیشترین بهره‌برداری را کند و با حصول عملکرد دانه بیشتر، کارایی مصرف آب گیاه افزایش نشان دهد (۱). به نظر می‌رسد کمپوست بیشترین نقش خود را در افزایش کارایی مصرف آب این گیاه از طریق فراهم کردن شرایط رشد بهتر ریشه و افزایش حجم توسعه ریشه ایفا کرده باشد که به‌واسطه آن جذب آب و مواد غذایی افزایش یافته و در نهایت تجمع ماده خشک دانه بیشتر شده است (۱۳). آدامتی و همکاران (۳) با بررسی اثرات انواع کود کمپوست بر ذرت گزارش کردند کارایی مصرف آب در نتیجه مصرف کمپوست در گیاه ذرت بهبود یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش مشخص کرد بروز تنش خشکی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه افت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه ارزن را سبب شده است و از طرف دیگر، این صفات در شرایط آبیاری کامل در طول فصل رشد ارزن به‌طور محسوس و معنی‌داری بهبود یافت. میزان افت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه نسبت به عدم تنش خشکی به‌ترتیب ۲۹ و ۵۰ درصد بود. این درحالی است که افت عملکرد بیولوژیکی رخ داده در شرایط مذکور به‌ترتیب معادل ۱۶ و ۱۹ درصد بود. کود دهی آلی و شیمیایی موجب افزایش عملکرد گیاه شده است و بیشترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی (به‌ترتیب ۱۴۹۳۳ و ۴۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ورمی‌کمپوست در آبیاری کامل به‌دست آمد. عملکرد تر و خشک علوفه ارزن تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفت، اما در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بیشترین افزایش (به‌ترتیب ۴۹ و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

۴۷ درصد) را در مقایسه با عدم مصرف کود در میان تیمارهای کودی نشان داد. شاخص برداشت و کارایی مصرف آب ارزن در اثر اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه کاهش قابل توجهی (به‌ترتیب ۴۴ و ۳۲ درصد) نشان داد، درحالی که بین تیمارهای آبیاری کامل و کم آبیاری در مرحله گل‌دهی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. همچنین، بیشترین میزان شاخص برداشت (۲۹ درصد) از کاربرد کمپوست به‌دست آمد و مصرف ورمی‌کمپوست بالاترین کارایی مصرف آب (۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب) را در بین تیمارهای کودی حاصل کرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان با اعمال کم‌آبیاری در مرحله گل‌دهی ارزن (که معمولاً مصادف با تاریخ کاشت محصولات پاییزه است) و همچنین کوددهی با کود آلی ورمی‌کمپوست علاوه‌بر کسب عملکردهای قابل قبول، بهره‌وری مصرف آب را ارتقا داد.

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, M. and N. Najafi, N. 2011. The effect of soil moisture conditions, sewage sludge and chemical fertilizers on water use efficiency of rice. *In:* Proceedings of the 1th Congress of Modern Agricultural Sciences and Technologies. Zanjan University. Zanjan, Iran. (In Farsi).
2. Abid, M., Z. Tian, S. T. Ata-Ul-Karim, Y. Liu, Y. Cui, R. Zahoor, D. Jiang and T. Dai. 2016. Improved tolerance to post-anthesis drought stress by pre-drought priming at vegetative stages in drought-tolerant and -sensitive wheat cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry* 106: 218-227.
3. Adamtey, N., O. Cofie, K. Ofosu-Budu, J. Ofosu-Anim, K. Laryea and D. Forster. 2010. Effect of N-enriched co-compost on transpiration efficiency and water-use efficiency of maize (*Zea mays* L.) under controlled irrigation. *Agricultural Water Management* 97(7): 995-1005.
4. Ahmadinezhad, R., N. Najafi, N. Aliasgharzad and S. H. Oustan. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). *Water and Soil Science* 23(2): 177-194.
5. Arancon, N., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries. I: Effects on growth and yields. *Bioresearch Technology* 93: 145-153.
6. Arazmjoo, A., M. Heidari and A. Ghanbari. 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 25(4): 482-494. (In Farsi).
7. Backhaus, S., J. Kreyling, K. Grant, C. Beierkuhnlein, J. Walter and A. Jentsch. 2014. Recurrent mild drought events increase resistance toward extreme drought stress. *Ecosystems* 17: 1068-1081.
8. Bruck, H., W. A. Payne and B. Sattelmacher. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. *Crop Science* 40: 120-125.
9. Eriksen, G. N. and F. J. Coale. 1999. Soil nitrogen dynamics and maize production in municipal solid waste amended soil. *Agronomy Journal* 91:1009-1016.
10. Esmaeilian, Y., M. Galavi, E. Amiri and M. Heidari. 2014. Effect of organic and chemical fertilizers on yield, yield components and seed quality of sunflower under drought stress conditions. *Water and Soil Science* 24(3): 175-189. (In Farsi).
11. Farooq, M., A. Wahid, S. M. A. Basra and I. Din. 2009. Improving water relations and gas exchange with brassino steroids in rice under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195(4): 262-269.
12. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185-212.
13. Fatma, A. G., A. M. Lobna and N. M. Osman. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (Majorana hortensis) plant. *International Journal of Agriculture and Biology* 10(4): 381-387.
14. Fukai, S. and M. Cooper. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Research* 40: 67-86.
15. Galmes, J., J. Flexas, R. Save and H. Medrano. 2007. Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery. *Plant and Soil* 290: 139-155.
16. Habibi, S. and M. Majidian. 2014. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermicompost on yield and quality of sweet corn (Zea mays Hybrid Chase). *Journal of Crop Production and Processing* 4(11): 15-25. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

17. Heydari, M., H. Nadian, A. M. Bakhshandeh, K. Alami Saeid and G. Fathi. 2008. Study the effects of different levels of salinity and nitrogen on osmotic adjustments and nutrients absorption in wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 40: 193-210. (In Farsi).
18. Hussaini, M. A., V. B. Ogunlela, A. A. Ramalan and A. M. Falaki. 2008. Mineral composition of dry season maize (Zea mays L.) in response to varying levels of nitrogen, phosphorus and irrigation at Kadawa, Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences* 4(6): 775-780.
19. Jaleel, C. A., P. Manivannan, A. Kishorekumar, B. Sankar, R. Gopi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2007. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in Catharanthus roseus exposed to water deficit. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 45: 115-121.
20. Jaleel, C. A., B. Sankar, P. V. Murali, M. Gomathinayagam, G. M. A. Lakshmanan and R. Panneerselvam. 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in Catharanthus roseus; Impacts on ajmalicine accumulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 62: 105-111.
21. Jamieson, P. 1995: Drought effects on biomass production and radiation-use efficiency in barley. *Field Crops Research* 43: 77-89.
22. Kumawat, P. D., N. L. Jat and S. S. Yadavi. 2006. Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (Hordeum vulgare). *Indian Journal of Agriculture Science* 76: 226-229.
23. Lafond, G. P. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero- till management. *Canadian Journal of Plant Science* 74: 703-711.
24. Liang, Y., M. Nicolic, Y. Peng, W. Chen and Y. Jiang. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 1185-1195
25. Loongenecker, S. R., J. Jones and R. K. Crookston. 2009. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Science* 27: 726-730.
26. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press, London.
27. Mostajeran, A. and V. Rahimi-Eichi. 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Pakistan Journal of Biological Science* 11(18): 2173-2183.
28. Nakano, H., S. Morita, I. Hattori and S. Kenji. 2008. Effects of planting time and cultivar on dry matter yield and estimated total digestible nutrient content of forage rice in southwestern Japan. *Field Crops Research* 105: 116-123.
29. Namarvari, M., G. A. Fathi, A. M. Bakhshandeh, M. H. Gharineh and S. Jafari. 2012. Effect of irrigation times and application of chemical and organic fertilizer on the morphology and yield of wheat var. Chamran. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 102: 110-117. (In Farsi).
30. Namarvari, M., G. A. Fathi, A. M. Bakhshandeh, M. H. Gharineh and S. Jafari. 2012. Interaction of terminal drought stress and organic fertilizers application on yield of bread wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Crop Production and Processing* 2(5): 163-172. (In Farsi).
31. Neisani, S., S. Fallah and F. Raiesi. 2012. The effect of poultry manure and urea on agronomic characters of forage maize under drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 21(4): 63-75. (In Farsi).
32. Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul and J. C. O'Toole. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands: part 1: Grain yield and yield components. *Field Crops Research* 73: 153-168.
33. Rashtbari, M. and H. A. Alikhani. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 22(2): 113-127. (In Farsi).
34. Saini, H. S. and M. E. Westgate. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68: 59-96.
35. Sainju, U. M. and R. E. Good. 1993. Vertical rot distribution in relation to soil properties in New Jersey Pinelands forests. *Plant Soil* 150: 87-97.
36. Sainju, U. M., B. P. Singh and W. F. Whitehead. 2001. Comparison of the effects of cover crops and nitrogen fertilization on tomato yield, root growth, and soil properties. *Scientia Hurticulturae* 91: 201-214.
37. Sánchez-Díaz, M., J. L. García, M. C. Antolín and J. L. Araus. 2002. Effects of soil drought and atmospheric humidity on yield, gas exchange, and stable carbon isotope composition of barley. *Photosynthetica* 40: 415-421.
38. Sarabadani, R., M. R. Bihamta, Z. S Shobbar, M. Shahbazi, A. Karami, M. R. Naghavi, H. R. Nikkhah and H. Dehghani. 2014. The effect of late terminal drought stress on yield and many physiological characteristics in barley varieties and lines. *Journal of Water Research in Agriculture* 27(4): 535-549. (In Farsi).
39. Seghatoleslami, M. J., M. Kafi, I. Majidi, G. Nour-Mohammadi and F. Darvish. 2007. Effect of drought stress at different growth stages on yield and water use efficiency of five Proso millet (*Panicum miliaceum*) genotypes. *Journal of Water and Soil Science* 11(1): 215-227. (In Farsi).
40. Seyedi, M. and P. Rezvani Moghaddam. 2011. Evaluation of yield, yield components and nitrogen use efficiency in application of mushroom compost, biofertilizer and urea in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 3:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

309-319. (In Farsi).
41. Suhane, R. K., R. K. Sinha and P. K. Singh. 2008. Vermicompost, cattle-dung compost and chemical fertilizers: Impacts on yield of wheat crops. Final Report. Communication of Rajendra Agricultural University. Pusa, Bihar, India.
42. Tartoura, A. H. 2010. Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 9(2): 208-216.
43. Tasdighi, H., A. Salehi, M. Movahhedi Dehnavi and Y. Behzadi. 2015. Survey of yield, yield components and essential oil of matricaria chamomilla L. with application of vermicompost and different irrigation levels. *Agricultural Science and Sustainable Production* 25(3): 61-78. (In Farsi).
44. Vafaei Rostami, S. 2012. The effect of long time use of municipal waste compost and sewage sludge as alone and combined with chemical fertilizer on agronomic traits, yield, and nutrients accumulation in leaf and seed of soybean (*Glycin max* L.). BSc. Thesis. Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Iran. (In Farsi).
45. Wakarim, R., H. Aganchich, H. Tahi, R. Serraj and S. Wahabi. 2005. Comparative effects of PRD and regulated deficit irrigation on water relations and water use efficiency in common bean. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106: 275-287.
46. Yadav, R. S., C. T. Hash, F. R. Bidinger and C. J. Howarth. 1999. Identification and utilization of quantitative trait loci to improve terminal drought tolerance in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). pp. 108-114, *In:* Ribaut, J. M. and D. Poland (ed.), Molecular Approaches for the Genetic Improvement of Cereals for Stable Production in Water- Limited Environments (Final Report). A Strategic Planning Workshop, Held at CIMMYT. El Batan, Mexico.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 4, Winter 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Organic and Chemical Nutrition Methods on Forage and Grain of Millet (*Panicum miliaceum* L.) under Terminal Drought Stress

Y. Esmaeilian[1*]

(Received: April 25-2018; Accepted: February 16-2019)

Abstract

Investigating the crop response to the deficit irrigation and evaluating the effect of drought stress on plant is one of the most important issues in crop production. In these circumstances, the use of organic fertilizers can play a mitigative role. Hence, an experiment was laid out as split plot based on randomized complete blocks design with three replications in Research Farm of University of Gonabad, Gonabad, east of Iran. The main factor comprised of full irrigation, temporary interruption of irrigation in the flowering stage, and temporary interruption of irrigation in the seed filling stage, and subfactor levels included of control, chemical fertilizer, manure, compost, and vermicompost. Drought stress led to decreases in grain and biological yield of the millet, and the highest yields were achieved by vermicompost application under full irrigation during the growth period. The forage yield, plant height, leaf number in the main stem, tiller number, and 1000 grain weight were not significantly affected by the drought stress. The forage, biological and grain yield showed the highest increase due to applying vermicompost, while the plant height and harvest index showed the highest increase when exposed to manure. Chemical fertilizer enhanced the tiller number to a greater value as compared to other treatments. The plants that were exposed to drought stress in the grain filling stage showed notable decreases in the harvest index. The water use efficiency of the plants exposed to drought stress in the flowering stage was increased, whereas in those exposed to drought stress in the grain filling stage it was decreased. Vermicompost and compost had the greatest positive influence on the water use efficiency. In general, even though the highest yields were obtained from full irrigation, with utilizing deficit irrigation operation in the flowering stage of millet we can improve the water use efficiency and the harvest index of this crop. In addition, the findings showed the positive effects of organic amendment in comparison with chemical amendment for millet cultivation.

Keywords: Chemical fertilizer, Compost, Irrigation, Vermicompost, Water use efficiency, Yield

1. Assistant Professor, Department of Agriculture and Natural Recourses, University of Gonabad, Gonabad, Iran.
*: Corresponding Author, Email: y.esmaeilian@gonabad.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-26]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.8.3]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.32762]