اثر منابع مختلف کودهای شیمیایی و آلی بر برخی مولفه‌های فیزیولوژیک ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط تنش خشکی

جابر مهدی‌نیا افرا [۱]، یوسف نیک‌نژاد [۲*]، هرمز فلاح [۳] و داود براری تاری [۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.
۲، ۳ و ۴) استادیار گروه زراعت، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

[*] مسئول نویسنده: yousofniknejad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف کودهای شیمیایی و آلی بر برخی مولفه‌های فیزیولوژیک ارقام مختلف برنج در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی شهرستان ساری در سال ۱۳۹۵ انجام شد. سه سطح تنش شامل تنش خشکی در شروع مرحله پنجه‌زنی، تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی کامل و شاهد (عدم تنش) به عنوان عامل اصلی و چهار منبع کودی شامل ورمی‌کمپوست، کمپوست آزولا، اسید هیومیک و کود شیمیایی N.P.K به همراه دو رقم طارم محلی و شیرودی به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین ارقام طارم محلی و شیرودی از نظر عملکرد در سطوح تنش خشکی و منابع مختلف کودی وجود داشت. بیش‌ترین عملکرد شلتوک برای ارقام شیرودی و طارم محلی (به‌ترتیب برابر با ۶۵۷۷ و ۳۷۷۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری رایج حاصل شد و با اعمال تنش از میزان عملکردها کاسته شد، به‌ویژه با اعمال تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی که میزان عملکرد ارقام شیرودی و طارم محلی به‌ترتیب حدود ۱۷/۶ و ۲/۹ درصد کاهش یافت. مصرف اسید هیومیک، کمپوست آزولا و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۷/۳، ۱۳/۷ و ۸/۸ درصدی عملکرد دانه برای رقم شیرودی و افزایش ۷/۹، ۳/۸ و ۲/۶ درصدی عملکرد برای رقم طارم محلی در شرایط تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی در مقایسه با کود شیمیایی N.P.K گردید. بیش‌ترین مقدار قندهای کل و احیا (به‌ترتیب برابر با ۱۴۷/۳ و ۲۸۹/۴ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط تنش خشکی در مرحله آغاز پنجه‌زنی با مصرف اسید هیومیک برای رقم شیرودی به‌دست آمد. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق، کاربرد اسید هیومیک جهت حصول حداکثری عملکرد دانه ارقام برنج مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارقام برنج، تنش خشکی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد دانه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

مقدمه

برنج بعد از گندم مهم‌ترین محصول کشاورزی جهان است و نقش بسیار مهمی در تغذیه بیش از نیمی از جمعیت جهان دارد (Bernier *et al*., 2008). تنش خشکی عامل اصلی محیطی محدود کننده رشد برنج در مناطق برنج کاری است. با توجه به گسترش روز افزون تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی، ممکن است تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد از مناطق قابل کشت و کار تحت اثر این تنش‌های محیطی قرار گیرند (Wang *et al*., 2010). به‌عقیده Lafitte و همکاران (۲۰۰۴) ارقام زودرس به‌خاطر توسعه سریع اندام‌های رویشی و وارد شدن به مرحله زایشی می‌توانند از تنش خشکی در برخی مراحل حساس رشدی رهایی یابند. هر چند که نیاز به تولید ارقام پر محصول وجود دارد، اما باید ظرفیت تحمل به تنش در رقم‌های محلی به‌همین دلیل مورد توجه قرار گیرد (Wu *et al*., 2011). از ساز و کارهای کارآمدی که به‌هنگام مواجه شدن با خشکی برای حفظ آماس سلولی در گیاهان به‌وجود می‌آید، تنظیم اسمزی است. در چنین شرایطی گیاه به‌منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات‌های محلول و پرولین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و باعث حرکت آب سلول‌های برگ و افزایش فشار تورمی می‌شود، به‌عبارت دیگر سبب تنظیم اسمزی در گیاه می‌گردد (امامی بیستگانی و همکاران، ۱۳۹۶). افزایش میزان قندهای محلول در گیاه گندم می‌تواند یک صفت مثبت در برابر تنش خشکی باشد و ارقام با غلظت قند محلول بالا در شرایط تنش خشکی، به‌عنوان ارقام مقاوم به خشکی مطرح هستند (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۷). از طرفی کلروفیل برگ یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان دهنده فشارهای محیطی وارد بر گیاه است. از جمله دلایلی که برای کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی عنوان شده می‌توان به تخریب غشاهای تیلاکوییدی کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن (Ashraf and Foolad, 2007) اشاره کرد، به‌گونه‌ای که با افزایش شدت تنش خشکی یا کاهش پتانسیل آب خاک، روند تخریب رنگیزه کلروفیل نیز با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد (Sheteawi and Tawfik, 2007). پرولین یکی از اسیدآمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش به‌سزایی دارد. پرولین و کلروفیل هر دو از پیش ماده گلوتامات به‌وجود می‌آیند. در شرایط خشکی میزان پرولین افزایش می‌یابد و شاید یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل، افزایش سنتز پرولین باشد (معراجی‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از مهم‌ترین مسائل در تولید محصولات زراعی، مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Mohammadkhani and Heidari, 2007). در حال حاضر استفاده از کودهای آلی جهت بهبود و افزایش کمی و کیفی محصولات زراعی در حال توسعه است. کاربرد ورمی‌کمپوست در مزرعه گندم علاوه بر افزایش عملکرد محصول در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی، سبب کاهش نیاز آبی گیاه به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد گردید (Suhane *et al*., 2008). هم‌چنین اسید هیومیک در واکنش‌های مختلف بیوشیمیایی در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

دیواره سلولی، سطح غشا و سیتوپلاسم نظیر افزایش سنتز پروتئین موثر است (Saruhan *et al.*, 2011). حتی مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل داشتن ترکیبات هورمونی اثرهای مفید فراوانی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند (صداقت و همکاران، ۱۳۹۴). اسید هیومیک حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی به واسطه اثرهای هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی منجر به افزایش زیست‌توده می‌گردد (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). بررسی‌های به-عمل آمده توسط Delfine و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که محلول‌پاشی اسید هیومیک منجر به افزایش ۲۴ درصدی عملکرد دانه گندم گردید. مصرف کود ورمی‌کمپوست به‌عنوان کود مکمل برای کودهای شیمیایی می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف کودهای نیتروژنه و پایداری محیط‌زیست، منجر به بهبود عملکرد دانه برنج گردد (خیری، ۱۳۹۶). گزارشات حاکی از آن است که کاربرد توام کودهای آلی، زیستی و شیمیایی نیتروژن سبب افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی طی مراحل مختلف رشد برنج شده که در نهایت منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج می‌گردد (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵). سایر محققان استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک به‌ویژه کمپوست آزولا را به‌عنوان کودهای مکمل نیتروژن به‌منظور مصرف کم‌تر کود شیمیایی نیتروژن و همچنین بهبود عملکرد دانه برنج توصیه نمودند (خیری و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام برنج شیرودی و طارم محلی در شرایط تنش خشکی در منطقه ساری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه زراعی واقع در شهرستان ساری با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه با ارتفاع ۱۱ متر از سطح دریا اجرا شد. جهت تعیین ویژگی‌های خاک مزرعه، قبل از اجرای تحقیق از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

بافت خاک	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی	ماده آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	آهن	روی	منگنز
			(درصد)			(میلی‌گرم بر کیلوگرم)					
رسی ـ سیلتی	۲/۹۷	۸/۰۵	۱/۳۱	۲/۲۵	۰/۲۵	۱۹/۹	۲۲۵	۱/۶	۲۳/۹	۱/۸	۴/۱

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل تنش خشکی در شروع مرحله پنجه‌زنی، تنش خشکی در مرحله

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

خوشه‌دهی کامل و شاهد (عدم تنش) و چهار منبع کودی شامل ورمی‌کمپوست به میزان ۶ تن در هکتار، کمپوست آزولا به میزان ۸ تن در هکتار، اسید هیومیک با نام تجاری هیومابن به مقدار ۴/۵ در هزار (تهیه شده از شرکت کشت بن آسیا) و کود شیمیایی NPK به همراه دو رقم طارم محلی و شیرودی به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار طی دو تقسیط به صورت ۵۰ درصد قبل از کاشت و ۵۰ درصد در زمان پنجه‌زنی و هم‌چنین فسفر و پتاسیم به‌ترتیب از منابع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به‌صورت پایه با توجه به نتایج تجزیه خاک در کرت‌های مورد نظر مصرف شدند. اعمال تنش خشکی به این صورت بود که تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی با قطع آبیاری طی ۱۵ روز پس از نشاکاری اعمال گردید و آبیاری مجدد پس از ظهور ترک مویی (هادیان و قربان‌نژاد، ۱۳۸۹) انجام شد، تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی با قطع آبیاری پس از پایان گلدهی و شروع پر شدن دانه‌ها انجام و آبیاری مجدد پس از ظهور ترک مویی انجام شد. در شرایط عدم تنش خشکی (شاهد)، آبیاری با عمق غرقاب ۵-۴ سانتی‌متر صورت گرفت و پس از پایان تنش تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت، آبیاری به‌صورت تناوبی انجام گردید. طارم محلی و شیرودی به‌ترتیب جزء ارقام بومی و اصلاح شده برنج می‌باشند که برخی ویژگی‌های این ارقام در جدول ۲ ارائه گردیده است. قبل از انجام پژوهش، عناصر موجود در نمونه کودهای ورمی‌کمپوست، کمپوست آزولا و اسید هیومیک مورد آزمون قرار گرفت و نتایج آن در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه گردید.

جدول ۲: برخی ویژگی‌های زراعی ارقام برنج مورد آزمایش

ارقام	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	طول دوره رشد	تعداد پنجه موثر در متر مربع	طول دانه قبل پخت (میلی‌متر)	طول دانه بعد از پخت (میلی‌متر)	عطر برنج
طارم محلی	۱۵۸	۱۰۴	۱۸۹	۷/۰۱	۱۴/۰۴	عالی
شیرودی	۹۴	۱۲۳	۲۸۳	۷/۳۹	۹/۹۱	متوسط

جدول۳: برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد آزمایش

نوع نهاده	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	اسیدیته	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
			(درصد)			(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
ورمی‌کمپوست	۱۱/۸۲	۵/۱۴	۲/۱	۱/۳۹	۰/۰۴۳	۱۴۰۰	۵۹	۸	۱۵
کمپوست آزولا	۱۳/۶	۷/۷۳	۲/۱۱	۱/۷۸	۰/۰۸۱	۹۵۵	۲۹۸	۳۶	۲۰۹

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

جدول ۴: ویژگی‌های شیمیایی کود ارگانیک هیومابن (اسید هیومیک) مورد آزمایش

نوع نهاده	هیومیک اسید	فولویک اسید	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	مس	منگنز
				(درصد)			(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		
کود هیومابن	۰/۰۷۲	۱۵/۵	۲	۳	۰/۰۹۸	۲۰۰۰	۵۰۰	۶۸	۱۰۰

کمپوست آزولا و ورمی‌کمپوست بر اساس تیمارهای مورد نظر قبل از آخرین مرحله آماده‌سازی در هر کرت مصرف و با خاک مخلوط گردید. اسید هیومیک در مراحل رشدی شروع پنجه‌زنی و خوشه‌دهی به‌صورت محلول‌پاشی استفاده شد. تعداد نشا در کپه برای ارقام شیرودی و طارم محلی به‌ترتیب با فاصله ۲۵×۲۵ و ۲۰×۲۰ سانتی‌متر با اندازه هر کرت ۳×۳ متر و ۱۲ خط کاشت انجام شد. با توجه به میانگین بارندگی در این فصل و آمار هواشناسی که از سال قبل گرفته شده بود برای احتمال بارندگی شلتر در نظر گرفته شد که در مجموع ماه‌های فصل زراعی ۷۴/۲ میلی‌متر بارندگی صورت گرفت و اعمال تنش کم‌آبی بر اساس تیمارهای تعریف شده در پلات‌های اصلی بر علائم ظاهری تغییرات رطوبت ترک مویی خاک در نظر گرفته شد و میزان آب مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری و ثبت گردید. وجین به‌صورت دستی در دو مرحله طی ۲۰ و ۳۸ روز پس از نشاکاری انجام شد. مبارزه با آفات و بیماری‌های برنج بر اساس دستورالعمل فنی موسسه تحقیقات برنج کشور انجام گردید. جهت تعیین عملکرد شلتوک ارقام برنج مورد مطالعه، مساحت دو متر مربع از کرت‌ها (برای ارقام شیرودی و طارم محلی به‌ترتیب به میزان ۳۲ و ۵۰ بوته) از داخل هر کرت بعد از حذف حاشیه برداشت و عملکرد آن بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. اندازه‌گیری میزان کلروفیل در نمونه‌های برگ بر مبنای روش طیف‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UNICO 2800 و به کمک از رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ انجام شد (Arnon, 1967):

رابطه ۱: $$Chl.a\ (mg/g\ FW) = (12.25\ A_{663.2}) - (2.79\ A_{646.8})$$

رابطه ۲: $$Chl.b\ (mg/g\ FW) = (21.50\ A_{646.8}) - (5.1\ A_{663.2})$$

رابطه ۳: $$Chl.T\ (mg/g\ FW) = Chl.a + Chl.b$$

که در این روابط، Chl.a، Chl.b، Chl.T و A به‌ترتیب بیانگر غلظت کلروفیل a، غلظت کلروفیل b، غلظت کلروفیل کل و میزان جذب طول موج ویژه می‌باشد.

استخراج قندهای کل از جوان‌ترین برگ با استفاده از روش اوموکولو انجام گرفت (Omokolo *et al*., 1996). اندازه‌گیری مقدار قندهای احیا کننده با استفاده از روش مکردی انجام و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری مدل UNICO 2800 در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد (McCready *et al*., 1950). سنجش پرولین با استفاده از روش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

Bates و همکاران (۱۹۷۳) صورت گرفت. میزان رطوبت نسبی برگ‌ها (RWC[1]) در دو مرحله رشدی گیاه شامل آغاز پنجه‌زنی و انتقال مجدد برحسب درصد از طریق رابطه ۴ محاسبه شد (مقنی نصیری و همکاران، ۱۳۸۵):

رابطه ۴:

$$RWC\ (\%) = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$$

که در این رابطه FW وزن تازه، DW وزن خشک و TW وزن بیوماس نمونه‌های برگ بر حسب گرم است.

چولگی و کشیدگی داده‌ها با نرم‌افزار SPSS آزمون گردید و تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای ساده تنش خشکی، رقم و منابع کودی و برهم‌کنش تنش خشکی و رقم و هم‌چنین منابع کودی و رقم بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و رقم نشان داد که حداکثر عملکرد شلتوک (۶۵۷۷/۹ کیلوگرم در هکتار) برای رقم شیرودی در شرایط عدم تنش حاصل شد و با اعمال تنش خشکی در مراحل آغاز پنجه‌زنی و خوشه‌دهی، عملکرد دانه به‌ترتیب به‌میزان ۶/۸۷ و ۱۷/۶۵ درصد در مقایسه با شاهد (عدم تنش)، کاهش یافت. همچنین در شرایط شاهد یا عدم تنش خشکی، بیش‌ترین عملکرد شلتوک با میانگین ۳۷۷۶/۴ کیلوگرم در هکتار برای رقم طارم محلی به‌دست آمد و تنش خشکی در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی به‌ترتیب سبب کاهش ۱/۶۷ و ۲/۹۷ درصدی عملکرد گردید (جدول ۶). نتایج به‌دست آمده توسط سایر پژوهشگران نشان داد که قطع آبیاری در مرحله تشکیل آغازی‌های خوشه به‌دلیل کاهش اجزای عملکردی نظیر تعداد کل دانه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه منجربه کاهش عملکرد دانه برنج رقم شیرودی گردید (نیک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). بررسی‌های به‌عمل آمده به وسیله غیاثی اسکویی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف برنج از نظر میزان عملکرد دانه در دو شرایط محیطی غرقاب و تنش خشکی وجود داشت. با توجه به‌نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و منابع کودی، بیشترین میزان عملکرد دانه (۶۵۶۳/۱ کیلوگرم در هکتار) برای رقم شیرودی با مصرف اسید هیومیک حاصل شد و با مصرف کمپوست آزولا، ورمی‌کمپوست و

1- Relative Water Content

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

کود NPK به‌ترتیب به‌میزان ۶/۱۱، ۱۰/۷۶ و ۱۶/۱۲ درصد از عملکرد دانه در مقایسه با کاربرد اسید هیومیک کاهش یافت. حداکثر عملکرد شلتوک برای رقم طارم محلی نیز با مصرف اسید هیومیک (۳۸۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که با مصرف سایر منابع کود آلی مورد استفاده در آزمایش اختلاف آماری معنی‌داری نداشت، اما با کاربرد کود شیمیایی NPK از میزان عملکرد حدود ۷/۲۸ درصد کاسته شد (شکل ۱). اگرچه برهم‌کنش تنش خشکی، رقم و منابع کودی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود، اما نتایج حاصله نشان داد که در شرایط تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی و در مرحله خوشه‌دهی، عملکرد دانه ارقام شیرودی و طارم محلی با کاربرد اسید هیومیک در بالاترین سطح بود که نشان دهنده اثر مثبت اسید هیومیک در بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش می‌باشد (جدول ۷). نتیجه نشان داد که مصرف اسید هیومیک، کمپوست آزولا و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب منجربه افزایش ۱۷/۳، ۱۳/۷ و ۸/۸ درصدی عملکرد دانه برای رقم شیرودی و افزایش ۷/۹، ۳/۸ و ۲/۶ درصدی عملکرد برای رقم طارم محلی در تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی در مقایسه با کود شیمیایی NPK گردید. هم‌چنین کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ۱۷/۵ درصدی عملکرد دانه برای رقم شیرودی و افزایش ۷/۱ درصدی عملکرد برای رقم طارم محلی در شرایط تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی نسبت به کود NPK شد.

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی برنج در واکنش به تیمارهای تنش خشکی، ارقام و منابع کودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	پرولین	مجموع قند محلول	قند قابل احیا	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۳۰۷۶۳/۶^{ns}	۰/۵۷۳^{ns}	۰/۷۵۳^{ns}	۷/۱۸۰^{ns}	۰/۰۰۶۵^{ns}	۰/۰۱۸۰^{ns}	۰/۰۱۴۳**	۱۶/۱*
تنش خشکی	۲	۲۴۵۳۷۲۳/۷**	۲۹۹۶۹/۶**	۱۱۹۷۶/۹**	۸۰۳۸۰/۵**	۰/۰۵۰۱**	۰/۰۲۱۰**	۰/۱۳۵۵**	۴۶۸/۰**
خطا	۴	۷۴۷/۳	۰/۳۷۹	۱/۰۳۶	۲۰/۸۰۸	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۲۲	۳/۴۴
رقم	۱	۹۶۵۰۴۴۳۶/۵**	۵۲۳۰/۹**	۳۲۱۳/۸**	۱۶۳۳۷/۹**	۱۵/۲۷۲**	۲۶/۸۸**	۸۲/۶۸**	۱۲۶۱۰/۰**
منابع کودی	۳	۱۳۵۹۳۴۱/۷**	۵۸۰/۰**	۳۲۳/۷**	۲۰۸۹/۲**	۰/۱۶۰۷**	۰/۰۵۱۳**	۰/۳۹۳۵**	۶۸۵/۴**
رقم*تنش	۲	۱۶۷۷۹۲۲/۹**	۷۰۰/۹**	۷۳/۳۱**	۲۴۷/۸**	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۲۰/۷**
رقم* کود	۳	۴۴۸۸۷۳/۷**	۱۱/۴**	۰/۳۲۸^{ns}	۵۸/۱**	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲۹^{ns}	۰/۰۰۲۱^{ns}	۲۸/۵**
تنش *کود	۶	۱۰۳۷۴/۰^{ns}	۶۳/۹**	۵/۳۶۹**	۱۳۵/۸**	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۵/۹^{ns}
رقم*تنش* کود	۶	۱۷۶۹۷/۲^{ns}	۶/۹**	۴/۲۹۸**	۴۷/۲**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۵/۰^{ns}
خطا	۴۲	۱۰۹۹۸/۶	۱/۷	۱/۲۶۳	۴/۶۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۲۴	۴/۰
ضریب تغییرات	-	۲/۱۵	۳/۲	**۱/۰۳**	**۱/۱۴**	**۱/۱۰**	**۲/۴۹**	۱/۱۷	۲/۸۹

^{ns}، *، **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

با توجه به‌نتایج به‌دست آمده، کاربرد کودهای آلی باعث افزایش عملکرد دانه و از طرفی مصرف NPK سبب تولید کم‌ترین عملکرد بین منابع کودی مورد استفاده گردید. مصرف کمپوست آلی به‌دلیل افزایش مقادیر قابل جذب عناصر غذایی اصلی و کم نیاز در خاک و بهبود باروری خاک منجر به افزایش عملکرد دانه برنج می‌گردد (Sharma *et al.*,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1399.12.45.3.3]

2015). اسید هیومیک به‌دلیل وجود ترکیبات اسیدهای آلی و هورمون‌ها موجب بالا رفتن جذب عناصر غذایی، افزایش اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه برنج می‌گردد (Cong *et al*., 2011). اسید هیومیک به‌طور موثر می‌تواند عملکردهای برنج را به میزان ۱۰ تا ۲۰ درصد بهبود بخشد (Mindari *et al*., 2019).

جدول۶: مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و تنش خشکی بر عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ ارقام برنج

رقم	تنش خشکی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
	شاهد (آبیاری غرقاب)	۶۵۷۷/۹a	۶۰/۳۰d
شیرودی	مرحله پنجه‌زنی	۶۱۰۵/۷b	۵۶/۸۲e
	مرحله خوشه‌دهی	۵۴۱۶/۵c	۵۳/۱۹f
	شاهد (آبیاری غرقاب)	۳۷۷۶/۴d	۸۸/۹۰a
طارم محلی	مرحله پنجه‌زنی	۳۷۱۳/۱de	۸۲/۴۱b
	مرحله خوشه‌دهی	۳۶۶۴/۲e	۷۸/۴۰c

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

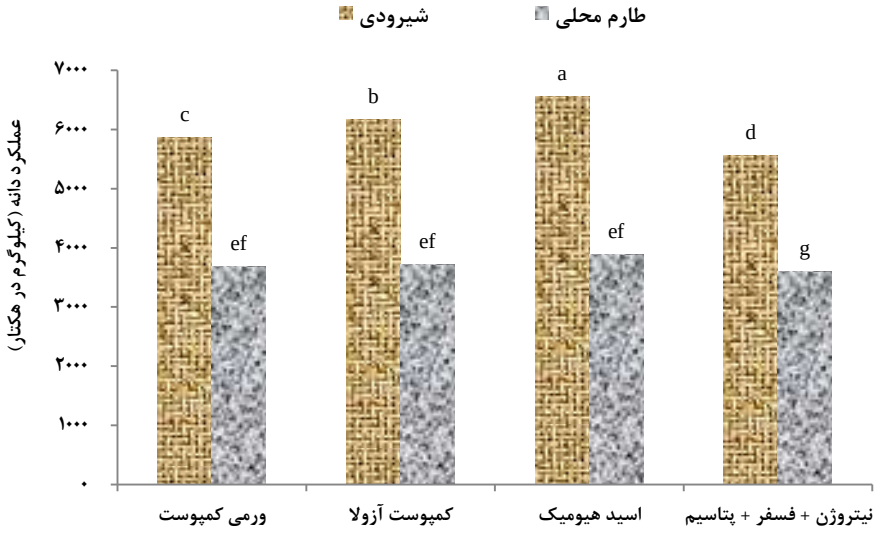
جدول ۷: مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی، رقم و منابع کودی بر عملکرد دانه برنج

تنش خشکی	رقم	منابع کودی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
شاهد (آبیاری غرقاب)	شیرودی	ورمی‌کمپوست	۵۳۰۵/۶c
		کمپوست آزولا	۵۵۰۳/۷b
		اسید هیومیک	۶۰۱۷/۹a
		N.P.K	۴۸۳۲/۰e
	طارم محلی	ورمی‌کمپوست	۳۶۲۵/۸k
		کمپوست آزولا	۳۶۶۵/۰jk
		اسید هیومیک	۳۸۰۳/۶i
		N.P.K	۳۵۴۶/۱kl
مرحله پنجه‌زنی	شیرودی	ورمی‌کمپوست	۴۸۹۲/۶e
		کمپوست آزولا	۵۱۶۸/۹d
		اسید هیومیک	۵۳۹۶/۲bc
		N.P.K	۴۴۵۹/۹f
	طارم محلی	ورمی‌کمپوست	۳۵۶۸/۷kl
		کمپوست آزولا	۳۶۱۲/۲k
		اسید هیومیک	۳۷۷۲/۴ij
		N.P.K	۳۴۷۲/۷lm
مرحله خوشه‌دهی	شیرودی	ورمی‌کمپوست	۴۱۴۹/۵g
		کمپوست آزولا	۴۳۹۳/۶f
		اسید هیومیک	۴۸۵۷/۳e
		N.P.K	۴۰۰۳/۸h
	طارم محلی	ورمی‌کمپوست	۳۴۲۲/۶m
		کمپوست آزولا	۳۵۵۸/۰kl
		اسید هیومیک	۳۶۷۹/۷jk
		N.P.K	۳۴۱۷/۲mn

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]



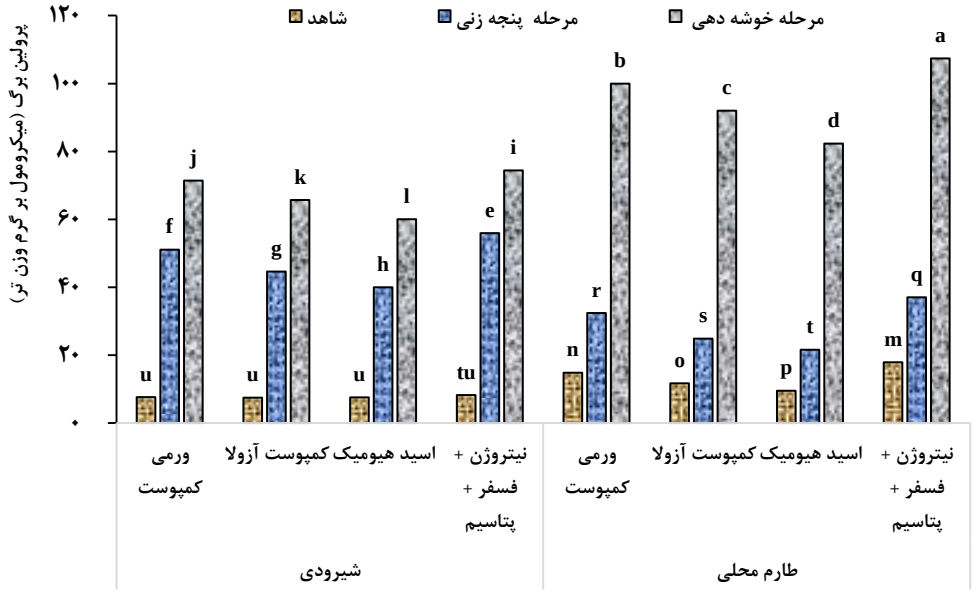
شکل۱: برهم‌کنش ارقام و منابع کودی بر عملکرد دانه دو رقم برنج

پرولین برگ

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که میزان پرولین در واکنش به تمام تیمارهای مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی به‌ویژه تنش در مرحله خوشه‌دهی، مصرف کود شیمیایی NPK سبب افزایش میزان تولید پرولین برای هر یک از ارقام مورد استفاده در آزمایش گردید. میزان پرولین تولیدی در شرایط شاهد و در شرایط تنش خشکی در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی برای رقم طارم محلی بیش‌تر از رقم شیرودی بود. هم‌چنین پس از مصرف NPK، کاربرد ورمی‌کمپوست باعث تولید پرولین بیشتر در ارقام مورد مطالعه در شرایط تنش شد و از طرفی کاربرد اسید هیومیک منجر به کاهش تولید پرولین در شرایط تنش گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان پرولین تولیدی (۱۰۷/۴۱ میکرومول بر گرم وزن تر) با اعمال تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی با مصرف NPK برای رقم طارم محلی و کم‌ترین آن (۷/۵۶ میکرومول بر گرم وزن تر) در شرایط شاهد یا عدم تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک برای رقم شیرودی حاصل شد (شکل ۲). نتایج نشان داد تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار میزان پرولین برگ گردید و هم‌چنین اثر تنش در میزان پرولین تولیدی با نزدیک شدن به مراحل پایانی رشد گیاه بیشتر بوده است. افزایش پرولین در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به دلیل افزایش بیوسنتز پرولین و کاهش تخریب آن صورت می‌گیرد (بروجردنیا و همکاران، ۱۳۹۵). در شرایط تنش کمبود آب، بیوسنتز پرولین از گلوتامیک اسید در سیتوزول و کلروپلاست سلول‌های گیاهی انجام می‌گیرد، بنابراین تجمع پرولین در سیتوزول صورت گرفته تا توزیع آب به داخل سلول انجام گیرد (Lehmann *et al.*, 2010). تجمع پرولین در شرایط تنش خشکی موجب محافظت از غشای سلولی، آنزیم‌های

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

سیتوپلاسمی، پروتئین‌ها، مهار گونه‌های فعال اکسیژن و حذف رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Liang *et al.*, 2013). نتایج سایر مطالعه‌ها نشان داد که بیشترین میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین در شرایط تنش و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌دست آمد (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). پژوهشگران در مطالعه‌ای روی ارقام گندم نان مقاوم و حساس به تنش خشکی دریافته‌اند که تنش خشکی به شدت روی فعالیت اسیدهای آمینه مانند پرولین اثر می‌گذارد و در شرایط تنش خشکی میزان خسارت به غشای سلولی ارقام مقاوم گندم کم‌تر از ارقام حساس است (جباری و همکاران، ۱۳۸۵). از طرفی برخی محققان گزارش نمودند که مصرف اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی موجب افزایش میزان پرولین شد به گونه‌ای که بیشترین میزان پرولین در شرایط تنش خشکی با مصرف اسید هیومیک در غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد و در شرایط عدم تنش خشکی و عدم مصرف اسید هیومیک، کم‌ترین میزان پرولین تولیدی مشاهده شد (Ashraf and Foolad, 2007).



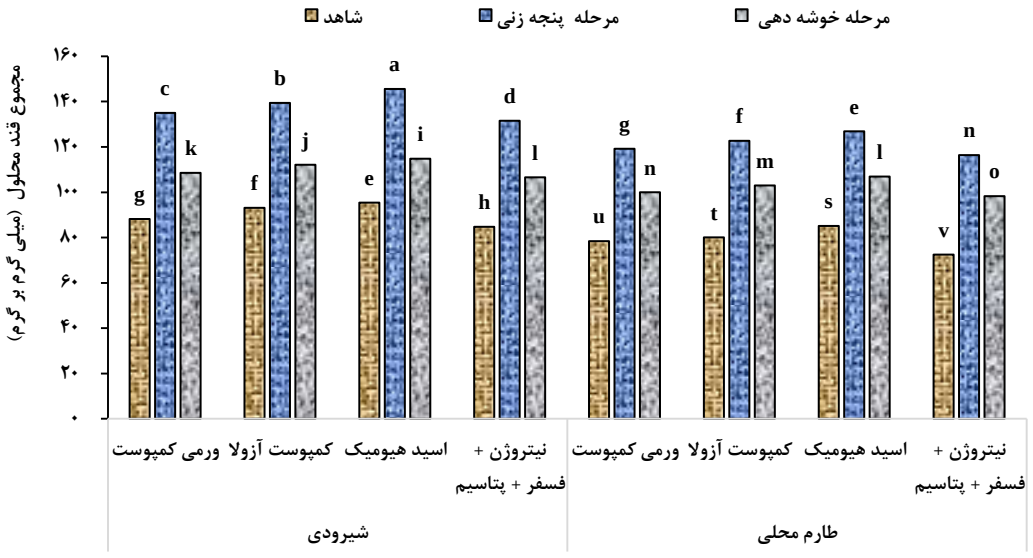
شکل ۲: برهم‌کنش تنش خشکی، ارقام و منابع کودی بر میزان پرولین برگ برنج

مجموع قندهای محلول و قابل احیا

بر اساس نتایج جدول ۵، مجموع قند محلول در واکنش به تمام تیمارهای مورد بررسی به جز برهم‌کنش رقم و منابع کودی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثرهای ساده و برهم‌کنش دوگانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر قند قابل احیا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج نشان داد اعمال تنش خشکی به‌ویژه تنش در مرحله پنجه‌زنی همراه با مصرف اسید هیومیک سبب افزایش مجموع قندهای محلول و قابل احیا برای هر یک از ارقام

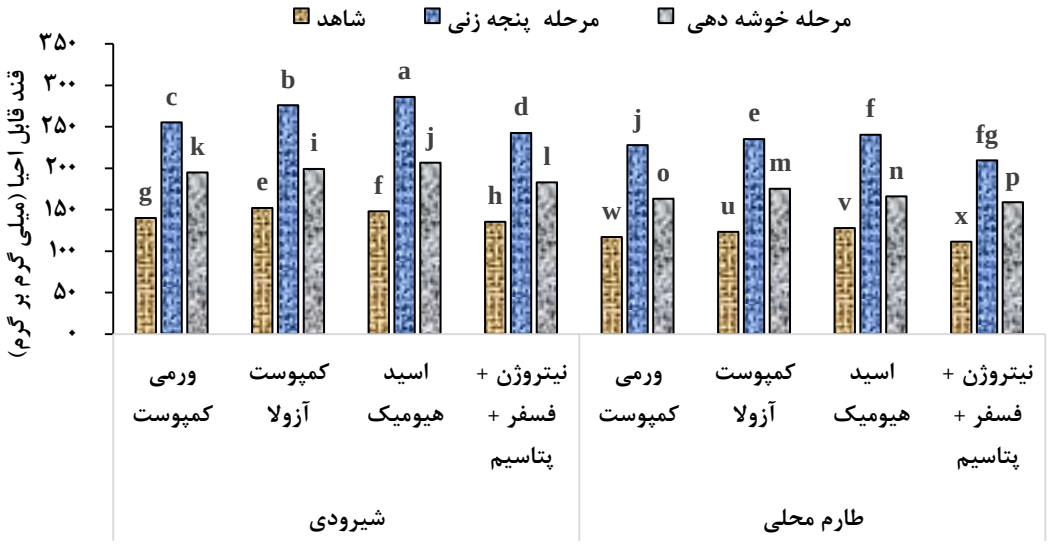
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

طارم محلی و شیرودی گردید. مجموع قندهای محلول و قابل احیا در شرایط عدم تنش و تنش خشکی برای رقم شیرودی بیش‌تر از رقم طارم محلی بود. هم‌چنین کاربرد NPK در هر یک از مراحل تنش سبب کاهش مجموع قندهای محلول و قابل احیا در ارقام مورد بررسی شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان قندهای محلول و قابل احیا (به‌ترتیب ۱۴۵/۵۵ و ۲۸۵/۸۴ میلی‌گرم بر گرم) با اعمال تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی با مصرف اسید هیومیک در رقم شیرودی و کم‌ترین آن (به‌ترتیب با ۷۲/۴۵ و ۱۱۱/۲۴ میلی‌گرم بر گرم) در شرایط عدم تنش خشکی با کاربرد NPK در رقم طارم محلی مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴). افزایش میزان قند قابل احیا در شرایط تنش خشکی را می‌توان به‌مصرف کم‌تر این قندها به دلیل کاهش رشد و تغییراتی نظیر هیدرولیز نشاسته نسبت داد (Kameli and Losel, 1996). افزایش قندهای محلول در شرایط تنش خشکی به‌منظور افزایش مقاومت گیاه به دلیل تنظیم فشار اسمزی سلول می‌باشد (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج تحقیقات بر روی سایر گیاهان زراعی نظیر لوبیا (بهشتی و تدین، ۱۳۹۶) و سورگوم دانه‌ای (آذری نصرآبادی و همکاران، ۱۳۹۶) نشان داد که تنش خشکی سبب افزایش میزان قندهای محلول و قابل احیا در برگ این گیاهان گردید. توزیع مواد هیدروکربنی به‌طور مستقیم در واکنش به تنش‌ها مانند کمبود آب و به‌طور غیر مستقیم در واکنش به هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرد، در این میان کاربرد اسید هیومیک به‌دلیل افزایش فتوسنتز و تولید کربوهیدرات، تحمل گیاه را به شرایط تنش افزایش می‌دهد (Liu *et al*., 1998). یکی از مهم‌ترین مزیت‌های استفاده از میکروهومات‌ها اثر بسیار مثبت آن‌ها در افزایش قابلیت سنتز و متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات گیاه است (سماوات و ملکوتی، ۱۳۸۴).



شکل ۳: برهم‌کنش تنش خشکی، ارقام و منابع کودی بر مجموع قند محلول برنج

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]



شکل ۴: برهمکنش تنش خشکی، ارقامو منابع کودی بر مقدار قند قابل احیا برنج

غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرهای ساده تنش خشکی، رقم و منابع کودی بر غلظت کلروفیل a، b و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، اما این صفات در واکنش به برهم‌کنش دو یا سه‌گانه تیمارهای آزمایش قرار نگرفتند (جدول ۵). نتایج نشان داد که غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در رقم طارم محلی به‌ترتیب حدود ۳۳/۶، ۴۹/۷ و ۴۱/۱ درصد بیشتر از رقم شیرودی بود (جدول ۸). بیشترین غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در شرایط عدم تنش خشکی حاصل شد و با اعمال تنش به‌ویژه تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی، از غلظت کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاسته گردید، به‌گونه‌ای که با اعمال تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی از غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل به‌ترتیب ۳/۸، ۲/۶ و ۳/۳ درصد نسبت به شرایط شاهد یا عدم تنش کاسته شد (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد کمبود آب باعث تجزیه کلروفیل گردیده و گلوتامات که پیش ماده کلروفیل و پرولین است در اثر تنش به پرولین تبدیل شده و در نتیجه از محتوای کلروفیل کاسته می‌شود (خواجه و همکاران، ۱۳۹۵). با افزایش تنش خشکی و فعالیت انواع گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر، فعالیت آنزیم کلروفیلاز و حساس بودن کلروفیل a نسبت به کلروفیل b، شدت کاهش کلروفیل a بیشتر بوده است (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). برخی محققان دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را افزایش رادیکال‌های آزاد می‌دانند که منجربه پراکسیداسیون و در نهایت تجزیه کلروفیل می‌شود (Flexas and Medrano, 2008). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش خشکی در سایر گیاهان زراعی نظیر لوبیا (بهشتی و تدین، ۱۳۹۶) و ذرت (Efeoglu *et al*., 2009) گزارش شده است. مقایسه میانگین اثرات اصلی منابع کودی نشان داد که در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

بین منابع کودی، مصرف اسید هیومیک سبب تولید حداکثر غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل گردید و با کاربرد کود شیمیایی NPK، غلظت کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۸). محتوای کلروفیل با مقدار عناصر غذایی جذب شده توسط گیاه از خاک ارتباط دارد. کودهای آلی و غیرآلی محتوای عناصر غذایی خاک را افزایش می‌دهند که در نتیجه آن میزان فراهمی این عناصر برای گیاه افزایش می‌یابد (Follet *et al*., 1981). محققان بیان نمودند که با مصرف مقادیر ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در برنج به‌طور معنی‌داری در مقایسه با عدم مصرف ورمی‌کمپوست افزایش یافت (ایلکائی و همکاران، ۱۳۹۷). در شرایط تنش خشکی، اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌گردد (Delfine *et al*., 2005). با مصرف اسید هیومیک، بیشترین غلظت کلروفیل a، b و کل در گیاه گندم حاصل شد و با عدم کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش رطوبتی، غلظت کلروفیل‌ها کاهش یافت (پروازی‌شندی و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۸: مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم، تنش خشکی و منابع کودی بر غلظت کلروفیل ارقام برنج

تیمارها		کلروفیل a (میلی‌گرم بر لیتر)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر لیتر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر لیتر)
رقم	شیرودی	۱/۸۳b	۱/۲۴b	۳/۰۸b
	طارم محلی	۲/۷۶a	۲/۴۷a	۵/۲۳a
تنش خشکی	شاهد (آبیاری غرقاب)	۲/۳۴a	۱/۸۸a	۴/۲۲a
	مرحله پنجه‌زنی	۲/۲۹b	۱/۸۶b	۴/۱۵b
	مرحله خوشه‌دهی	۲/۲۵c	۱/۸۳c	۴/۰۸c
منابع کودی	ورمی‌کمپوست	۲/۲۵c	۱/۸۳c	۴/۰۹c
	کمپوست آزولا	۲/۳۳b	۱/۸۷b	۴/۲۰b
	اسید هیومیک	۲/۴۱a	۱/۹۲a	۴/۳۳a
	کود NPK	۲/۱۹d	۱/۷۹d	۳/۹۹d

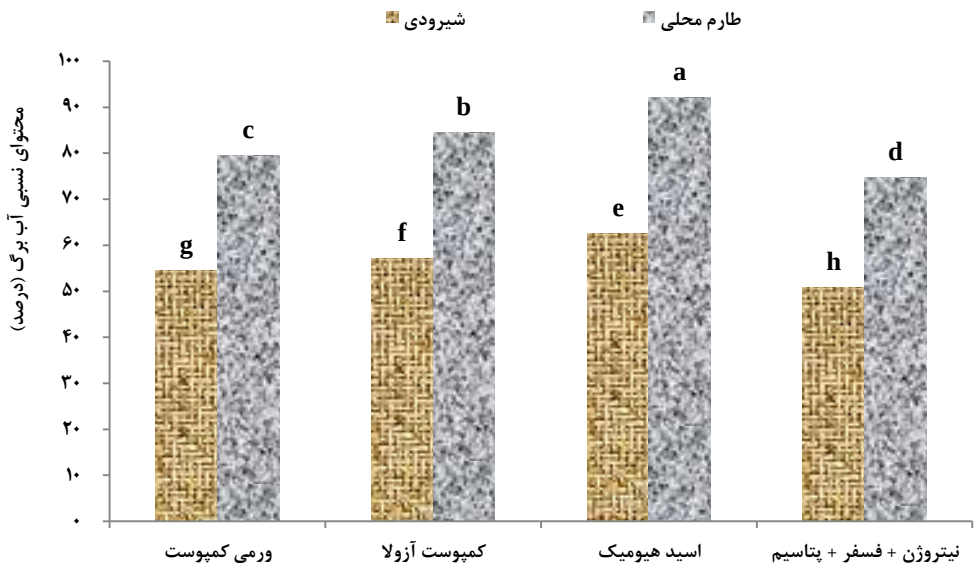
حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

نتایج نشان داد محتوای نسبی آب برگ در واکنش به اثرهای ساده تنش خشکی، رقم، منابع کودی و برهم‌کنش دوگانه تنش خشکی و رقم و هم‌چنین رقم و منابع کودی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). میزان محتوای نسبی آب برگ در شرایط عدم تنش خشکی برای هر یک از ارقام طارم محلی و. شیرودی در بالاترین سطح بود و به تدریج با اعمال تنش خشکی، میزان محتوای آب برگ به‌ویژه در شرایط تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی کاهش یافت. محتوای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

نسبی آب برگ در تمام سطوح تنش خشکی برای رقم طارم محلی بیش‌تر از رقم شیرودی بود. مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و رقم نشان داد که بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۸۸/۹۰ درصد در شرایط عدم تنش برای رقم طارم محلی و کم‌ترین آن با میانگین ۵۳/۱۹ درصد در شرایط تنش خشکی در مرحله خوشه‌دهی برای رقم شیرودی حاصل شد (جدول ۶). تنش خشکی به دلیل باز شدن روزنه‌ها و خروج آب به‌صورت تعرق از گیاه سبب کاهش آب برگ، آب واکوئل و اندازه سلول می‌شود. در شرایط خشکی، رشد ریشه‌های گیاه برای جذب آب افزایش یافته، اما به دلیل اینکه رطوبت خاک کم است این امر نمی‌تواند آب خارج شده از گیاه را تأمین نماید و در نتیجه آب برگ کاهش می‌یابد. بررسی‌های صورت گرفته نشان داد میزان محتوای نسبی آب برگ در گیاه برنج در مواجهه با تنش خشکی به‌طور مستقیم با آماس یاخته و پتانسیل آبی گیاه ارتباط دارد (Yadav and Bhushan, 2001). محققان گزارش دادند که بین پرولین و قندهای محلول با محتوای نسبی آب یک رابطه منفی وجود دارد که نشان دهنده آن است که هر چه محتوای آب نسبی بیشتر باشد امکان تولید پرولین و قند محلول کاهش می‌یابد (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). کاهش محتوای نسبی آب برگ برنج در شرایط تنش خشکی در نتایج سایر محققان نیز گزارش شده است (Zhou *et al*., 2007). بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ برای هر یک از ارقام با مصرف اسید هیومیک و کم‌ترین آن با کاربرد NPK به‌دست آمد. مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و منابع کودی نشان داد که حداکثر میزان محتوای نسبی آب برگ (۹۲/۶۳ درصد) با مصرف اسید هیومیک برای رقم طارم محلی و حداقل آن (۵۱/۳۰ درصد) با کاربرد کود شیمیایی NPK برای رقم شیرودی مشاهده گردید (شکل ۵).



شکل۵: برهم‌کنش رقم و منابع کودی بر مقدار محتوای نسبی آب برگ ارقام برنج

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

با توجه به نقش مثبت اسید هیومیک در گسترش ریشه و در نتیجه قابلیت جذب آب و عناصر غذایی، می‌توان اثر مثبت آن را در بهبود میزان محتوای نسبی آب برگ انتظار داشت. مولکول‌های اسید هیومیک از طریق پیوند با مولکول‌های آب تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردند و به حفظ آب درون گیاه کمک می‌نمایند (Bronick and Lai, 2005). افزایش محتوای آب نسبی برگ گیاهان در شرایط تنش خشکی به‌دلیل نقش موثر مصرف کودهای آلی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد (Rahbarian *et al.*, 2010). کاربرد اسید هیومیک سبب بهبود محتوای نسبی آب برگ ذرت علوفه‌ای (دهقان‌زاده جزی و اداوی، ۱۳۹۷) و گندم (پروازی‌شندی و همکاران، ۱۳۹۲) در مقایسه با عدم مصرف اسید هیومیک گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه، میزان کلروفیل‌های برگ و هم‌چنین محتوای نسبی آب برگ گردید، اما میزان پرولین و قندهای کل و احیا کننده در برگ با اعمال تنش خشکی افزایش یافتند. میزان پرولین با اعمال تنش در مرحله خوشه‌دهی و مقدار قندهای کل و احیا کننده با تنش خشکی در مرحله پنجه‌زنی افزایش یافتند. میزان پرولین، کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ برای رقم طارم محلی بیش‌تر از رقم شیرودی به‌دست آمد، اما میزان قندهای کل، قندهای احیا کننده و هم‌چنین عملکرد دانه در رقم شیرودی بیش‌تر از طارم محلی بود. در بین منابع کودی، مصرف اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد دانه، مقدار قندهای کل و احیا کننده، میزان کلروفیل‌ها و محتوای نسبی آب برگ در هر یک از ارقام مورد استفاده در آزمایش گردید اما کاربرد آن موجب کاهش معنی‌دار میزان پرولین در ارقام شیرودی و طارم محلی شد. کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش میزان قندهای کل و احیا کننده در مواجهه با تنش خشکی در هر یک از ارقام مورد آزمایش گردید. در بین منابع کودی مورد استفاده، مصرف اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری منجربه بهبود عملکرد دانه ارقام شیرودی و طارم محلی در شرایط تنش خشکی در هر دو مرحله پنجه‌زنی و خوشه‌دهی در مقایسه با سایر کودهای آزمایش به‌ویژه NPK گردید. بنابراین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد اسید هیومیک جهت حصول حداکثری عملکرد دانه ارقام برنج مورد بررسی در شرایط تنش خشکی مناسب می‌باشد.

منابع

آذری نصرآبادی، ا.، موسوی، م.، گلاوی، م.، بهشتی، ا. و سیروس‌مهر، ا. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و تجمع رنگیزه در ژنوتیپ‌های سورگوم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱۵ (۳): ۶۹۰-۶۷۶.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

امامی بیستگانی، ز.، سیادت، ع.، بخشنده، ی. و قاسمی، ی. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی بر رنگ‌های فتوسنتز، پرولین، قندهای محلول و پراکسیداسیون لیپیدی غشاء در گیاه آویشن در شرایط آب و هوایی شهرکرد. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۰ (۱): ۲۰-۱۳.

ایلکائی، م.ن.، مهری، ش.، اسپیدکار، ز. و انصاری، م.ح. ۱۳۹۷. اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت سطوح مختلف ورمی‌کمپوست. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰ (۳۸): ۱۱۰-۹۵.

بروجردنیا، م.، بی همتا، م.ر.، عالمی‌سعید، خ. و عبدوسی، و. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکترولیت‌ها و محتوای آب نسبی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۲۹): ۴۱-۲۳.

بهشتی، ص. و تدین، ع. ۱۳۹۶. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی لوبیا لیما (*Phaseolus lunatus* L.). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۶ (۱۹): ۱۳-۱.

پروازی‌شندی، س.، پازوکی،ع.، اصغرزاده، ا.، آزادی، ا. و پاک‌نژاد، ف. ۱۳۹۲. اثر دورآبیاری، اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم کویر در منطقه شهر ری. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۵ (۱۸): ۳۳-۱۹.

جباری، ف.، احمدی، ی.، پوستینی،ک. و علیزاده، ح. ۱۳۸۵. ارتباط بین شاخص محتوای کلروفیل و عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علوم کشاورزی. ۳۷ (۲): ۳۱۶-۳۰۷.

خواجه،م.، موسوی‌نیک،م.، سیروس‌مهر، ح.، یدالهی ده‌چشمه، پ. و امیری، ا. ۱۳۹۵. اثر کم‌آبی و محلول‌پاشی سیلیکون بر میزان فتوسنتز و عملکرد گندم در منطقه سیستان. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان دارویی. ۷ (۲۶): ۱۹-۵.

خیری، ن. ۱۳۹۶. اثر مقدار و زمان مصرف ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۰ (۲): ۸۰-۷۰.

خیری، ن.، نیک‌نژاد، ی. و عباسعلی‌پور، م. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک با کاهش کود نیتروژن بر عملکرد کیفی و کمی برنج. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۲ (۳): ۴۶۰-۴۴۵.

دهقان‌زاده جزی، ح. و اداوی، ظ. ۱۳۹۷. اثر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰ (۴۰): ۵۴-۳۵.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

سبزواری، س.، خزاعی، ح.ر. و کافی، م. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله آب و خاک. ۲۳ (۲): ۹۴-۸۷.

سماوات، س. و ملکوتی، م. ۱۳۸۴. ضرورت استفاده از اسیدهای آلی (هیومیک و فولیک) برای افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی. نشریه فنی تحقیقات خاک و آب. ۱۳(۱): ۳۵۲-۳۴۵.

صداقت، ن.، پیردشتی، ه.، اسدی، ر. و موسوی طوقانی، ی. ۱۳۹۴. اثر روش آبیاری بر بهره‌وری آب در برنج. نشریه پژوهش‌های آب در کشاورزی. ۲۸ (۱): ۹-۱.

عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م.ح.، نادری حاجی‌باقر کندی، م. و مقدمی، ف. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳ (۴): ۵۱۳-۵۰۴.

غیاثی اسکویی، م.، فرحبخش، ح.، صبوری،ح. و محمدی‌نژاد، ق. ۱۳۹۲. ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج در شرایط خشکی و عدم تنش خشکی بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶ (۴): ۷۵-۵۵.

فرشادفر، ی.، قاسم‌پور، ه. و واعظی، ه. ۱۳۸۷. جنبه‌های مولکولی تحمل به تنش خشکی در نان گندم. مجله علمی بیولوژی. ۱۱ (۱): ۱۲۱-۱۱۸.

مصلحی، ن.، نیک‌نژاد، ی.، فلاح‌آملی، ه. و خیری، ن. ۱۳۹۵. اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۳۰): ۸۷-۱۰۳.

معراجی‌پور، م.، موحدی دهنوی، م.، دهداری، ا. و فرجی، ح. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چهار رقم گلرنگ بهاره در منطقه یاسوج. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۵ (۲): ۱۳۴-۱۲۵.

مقنی نصیری، م.، حیدری شریف‌آباد، ح.، شیرانی‌راد، ا.ح.، مجیدی، ی. و زمانی‌زاده، ه.ر. ۱۳۸۵. اثرات تنش کم‌آبی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱ (۳): ۱۳۳-۱۲۸.

نیک‌نژاد، ی.، دانشیان، ج.، شیرانی‌راد، ا.، پیردشتی، ه. و ارزانش، م.ح. ۱۳۹۱. ارزیابی کارآیی باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط کم‌آبی و مقادیر کاهش یافته نیتروژن. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۲۹ (۳): ۱۹-۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

هادیان،ح. و قربان‌نژاد، ا. ۱۳۸۹. مدیریت مصرف بهینه آب در شالیزار. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی مازندران. صفحه ۱۵.

Arnon, D.I. 1967. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris.* American Society of Plant Physiologists. 24: 1-10.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59: 206-216.

Bates, L.S., Waldren, S.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 11: 177-237.

Bernier, J., Kumar, A., Serraj, R., Spaner, D. and Atlin, G. 2008. Review: breeding upland rice for drought resistance. Journal of the Science of Food and Agriculture. 88: 927-939.

Bronick, E.J. and Lai, R. 2005. Soil structure and management. A review. Geoderma. 124: 3-22.

Cong, P.T., Dung, T.D., Hien, N.T., Choudhury, A., Rose, M.T., Kecsskes, M.I., Deaker. and Ennedy, I.R. 2011. Effects of a multistrain biofertilizer and phosphorus rates on nutrition and grain yield of paddy rice on sandy soil in southern Vietnam. Journal of Plant Nutrient. 34: 1058-1069.

Delfine, S., Tognetti, R., Dsiderio. E. and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy of Sustainable Development. 25: 183-191.

Efeoglu, B., Ekmekci. Y. and Cicek, N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress nd recouery. Journal of Botany South African. 75: 34-42.

Flexas, J. and Medrano, H. 2008. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3-plants: stomatal and nonstomatallimitation revisited. Annals of Botany. 183: 183-189.

Follet, R.H., Murphy, L.S. and Donahue, R.L. 1981. Phosphorous fertilization in fertilizer and soil amendments Pentic. Journal Nutrition Englewood Gliffs, USA. 6: 478-481.

Kameli, A. and Losel, D.M. 1996. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress.New Phytologist Journal. 132: 57-62.

Lafitte, H.R., Price, A.H. and Courtois, B. 2004. Yield response to water deficit in an upland rice mapping population: Associations among traits and genetic markers. Field Crops Research. 6: 1237-1246.

Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L. and Rentsch, D. 2010. Proline metabolism andtransport in plant development. Amino Acids. 39: 949-962.

Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S.K. and Becker, D.F. 2013. Proline mechanisms of stresssurvival. Antioxid Redox Signal. 19 (9): 998–1011.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

Liu, C., Cooper. R. and Bowman, D. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of bentgrass. Horticulture Science. 33(6): 1023-1025.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera. V. and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. Analytical Chemistry. 22: 1156-1158.

Mindari, W., Sasongko, P.E., Kusuma, Z., Syekhfani, and Aini, N. 2019. Efficiency of various sources and doses of humic acid on physical and chemical properties of saline soil and growth and yield of rice. The 9th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) and AJI from Ritsumeikan University.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments andwater content in tow Maize cultivar. Pakistan Journal of Biological Science. 10(22): 4022-4028.

Omokolo, N.D., Tsala, N.G. and Djocgoue, P.F. 1996. Changes in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with Phytophthora megakarya Bra. Plant Soil. 39: 205-207.

Rahbarian, P., Afsharmanesh.G. and Shirzadic, M. 2010. Effects of drought stress and manure on relative water content and cell membrane stability in dragonhead *(Dracocephalum moldavica L.*). Plant Ecophysiology. 2: 13-19.

Saruhan, V., Kusvuran, A. and Babat, S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). Scientific Research and Essays. 6: 663-669.

Sharma, S., Thind, H. S., Singh, Y., Singh, V. and Singh, B. 2015. Soil enzyme activities with biomass ashes and phosphorus fertilization to rice–wheat cropping system in the Indo-Genetic plains of India. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 101 (3): 391-400.

Sheteawi, S.A. and Tawfik, K.M .2007. Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbean *(Vigna radiate)* growth and yield .Journal of Applied Sciences Research. 3(3): 251-262.

Suhane, R.K., Sinha, R.K. and Singh, P.K. 2008. Vermicompost, cattle-dung compost and chemical fertilizers: Impacts on yield of wheat crops. Communication of Rajendra AgricultureUniversity, Pusa, Bihar, India.

Wang, L.J., Fan, L., Loescher, W., Duan, W., Guo-Jie, L., Jian-Shan, C., Hai, L. and Li, S. 2010. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. BMC Plant Biology. 10: 34-41.

Wu, N., Guan, Y. and Shi, Y. 2011. Effect of water stress on physiological traits and yield in rice backcross lines after anthesis. Energy Procedia. 5: 255–260.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

Yadav, R.S. and Bhushan, C. 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. Indian Journal of Agricultural Research. 2: 104-107.

Zhou, Y., Lam, H.M. and Zhang, J. 2007. Inhibition of photosynthesis and energy dissipation induced by water and high light stresses in rice. Experimental Botany. 58: 1207-1217.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]

Effect of different sources of organic and chemical fertilizers on some of physiological parameters of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in drought tension conditions

J. Mahdinia Afra[1], Y. Niknezhad[2]*, H. Fallah[3] and D. Barari Tari[4]

1) Ph.D. Student of Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2, 3 & 4) Assistant Professor of Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
***Corresponding author: yousofniknejad@gmail.com**

Received date: 2019.12.07 **Accepted date: 2020.02.26**

Abstract

In order to investigate the effect of different sources of organic and chemical fertilizers on some physiological parameters of different rice cultivars in drought tension conditions, an experiment was conducted as split factorial in a randomized complete blocks design with three replications at research farm, located in Sari in 2016. Three levels of tension included drought tension at early tillering stage, drought tension at full heading stage and control (no tension) were considered as the main factor and four fertilizer sources of vermicompost, Azolla compost, humic acid and chemical fertilizer of N.P.K and two cultivars of Shiroudi and Tarom Mahali as factorial as the sub factor. The results showed that there was a statistically significant difference between Tarom Mahali and Shiroodi cultivars in terms of yield at drought tension levels and different fertilizer sources. The highest paddy yield for Shiroudi and Tarom Mahali cultivars (equals to 6577 and 3776 kilogram per hectare, respectively) was obtained under common irrigation conditions and with the application of tension, the rate of yields decreased, especially with the application of drought tension in the clustering stage, when the yield of Shiroodi and Tarom Mahali cultivars decreased by about 17.6 and 2.9 ercent, respectively. The application of humic acid, Azola compost and vermicompost resulted in 17.3, 13.7 and 8.8 percent increase in grain yield for Shiroudi cultivar and 9.7, 3.8 and 2.6 percent increase in yield for Tarom Mahali under drought tension at tillering stage, respectively, compared to N.P.K chemical fertilizer. The highest amount of total and reducing sugar (147.3 and 4.289 milligram per gram, respectively) was obtained under drought tension conditions at early tillering stage with using the humic acid for Shiroudi cultivar. Therefore, according to the results of the present research, the application of humic acid is suitable for achieving the maximum grain yield of studied rice cultivars under drought tension conditions.

Keywords: Rice cultivars, Drought tension, Physiological characteristics and Grain yield.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-05]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1399.12.45.3.3]