اثر نانو کودها بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) تحت شرایط مختلف آبیاری

مهرناز زارعی[۱]، هرمز فلاح آملی*[۲]، یوسف نیک‌نژاد[۳] و داوود براری تاری[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲، ۳ و ۴) استادیار گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

*نویسنده مسئول: Hormozfalah@gmail.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۸

چکیده

تاکنون تلاش‌های محققان جهت افزایش کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی در کشور از طریق بهبود فرمولاسیون کودهای شیمیایی مرسوم با موفقیت اندکی همراه بوده است. به‌منظور بررسی بهینه‌سازی در کیفیت غذایی برنج تحت اثر نانو کودها در شرایط مختلف آبیاری، این آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در ساری اجرا گردید. تیمارها شامل دو رقم برنج (شیرودی و هاشمی) به‌عنوان عامل اسپلیت و چهار مرحله قطع آبیاری (شاهد یا آبیاری دائم در طول دوره رشد، یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک، سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک و پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک) و سه سطح محلول‌پاشی نانوکود (نانو سیلیکون، نانو اکسید روی و نانو سیلیکون+ نانو اکسید روی) به‌عنوان عامل فاکتوریل بود. نتایج نشان داد که صفات انرژی تولیدی دانه، رطوبت، کربوهیدرات، چربی، ویتامین B_1، ویتامین B_2، ویتامین B_3 تحت اثر محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه عملکرد دانه نشان داد در رقم شیرودی با تیمار آبیاری دائم در طول دوره رشد به همراه مصرف نانو اکسید روی برابر با ۷/۵۲۹ تن در هکتار و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی درمرحله پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به همراه مصرف نانو سیلیکون برابر با ۴/۲۴۳ تن در هکتار به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد نانو اکسید روی و نانو سیلیکون در شرایط قطع آبیاری اثر مثبتی بر ویژگی‌های کمی و کیفی برنج دارد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تیامین، نانو سیلیکون، نانو روی و نیاسین.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

مقدمه

بعد از گندم، برنج مهم‌ترین محصول کشاورزی جهان است که نقش بسیار مهمی در تغذیه دارد به‌طوری که برای بیش از نیمی از جمعیت جهان غذای اصلی به‌شمار می‌رود (Bernier *et al*., 2008). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (Lum *et al*., 2014). برنج اغلب به‌عنوان یکی از حساس‌ترین گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های خشکی محسوب می‌شود. پیشرفت‌های به‌نژادی از نظر افزایش تحمل به تنش خشکی بدون این که با کاهش تولید یا کیفیت روبرو شود بسیار کند بوده است. تنش کمبود آب همواره با تنش دمای بالا همراه است که منجربه محدود شدن تولیدات گیاهان زراعی می‌شود (Xu *et al*., 2011). تنش خشکی اثرهای مختلفی بر روی گیاهان دارد که بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیک و فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با رشدونمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رئیسی ساداتی و همکاران، ۱۳۹۹). ریزمغذی‌ها، نقش مهمی در رشدونمو گیاهان ایفا می‌کنند به‌طوری که سهم مهمی در افزایش عملکرد محصول دارند. اگر مقدار کافی از این عناصر در دسترس نباشد،گیاهان زراعی از تنش‌های فیزیولوژیک حاصل از خلل در سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر عوامل متابولیکی مرتبط با این عناصر در امان نخواهند بود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۸)، به‌طوری که در شرایط کمبود عناصر کم مصرف، خسارت‌های اکسایشی ناشی از تهاجم رادیکال‌های آزاد مانند اکسیژن فعال با ایجاد اختلال در عملکرد غشاهای سلولی و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسید به سلول خسارت وارد می‌کند (Baybordi and Mamedov, 2010). عنصر روی از جمله عناصر ضروری کم مصرف برای گیاهان زراعی است که دارای نقش‌های متعدد فیزیولوژیک از جمله سنتز کربوهیدرات‌ها، سنتز پروتئین و متابولیسم رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش قدرت فتوسنتزی و اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشا، ایجاد سیستم دفاعی سلول در برابر گونه‌های اکسیژن فعال در گیاهان و توان عملکردی است (Karami *et al*., 2016). امروزه روند روبه افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط‌زیست در اثر مصرف بی‌رویه کود شیمیایی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی در جهان موجب توجه و ترغیب پژوهشگران به بخش کشاورزی پایدار گردیده است (Avis *et al*., 2008; Karami *et al*., 2018). به‌همین جهت، استفاده از کودهای نانو به‌منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی موثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد (Cui *et al*., 2006). با مصرف کودهای نانو به‌عنوان جایگزین کودهای رایج، عناصر غذایی نانو کود به‌تدریج و به‌صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند (Chinnamuthu and Murugesa Boopathi, 2009). سیلیسیم دومین عنصر فراوان در خاک است و به‌عنوان یک عنصر کاملاً مفید برای گیاهان عالی مطرح می‌شود (Ma and Takahashi, 2002).سیلیکون دارای اثر مفیدی در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیرزنده می‌باشد (خواجه و همکاران، ۱۳۹۴). مصرف کودهای سیلیکاته باعث افزایش تحمل گیاه برنج به بیماری‌ها می‌شود (Liang *et al*.,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

2005). در آزمایشی در اثر مصرف سیلیسیم نسبت به‌عدم مصرف آن، عملکرد دانه برنج افزایش یافت نتایج نشان داد با محلول‌پاشی نانو سیلیکون بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ۴۷۴۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (قاسمی لمراسکی و همکاران، ۱۳۹۳). سیلیس تجمع یافته در اندام‌های تعرق کننده گیاه می‌تواند منجربه تشکیل لایه کوتیکولی از سیلیس گردد که به‌واسطه کاهش تعرق، موجب کاهش مصرف آب نیز گردد (Chaudhary *et al*., 2009). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که با مصرف سیلیکات کلسیم در برنج، میزان تعرق و تعداد ساقه کاهش یافت (Nolla *et al*., 2012). دیگر محققان نیز گزارش کردند بهترین اثر سیلیس، تشکیل ژل سیلیسی می‌باشد که در سطح برگ‌ها، ساقه‌ها و سایر اندام‌های برنج قرار می‌گیرد (Fallah, 2000). بسیاری از محققان در آزمایش‌های جداگانه‌ای اظهار داشتند که کاربرد سیلیس اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی در برنج می‌شود (Mobasser *et al*., 2008; Chen *et al*., 2011; Yazdpour *et al*., 2014). طی سال‌های اخیر تلاش‌هایی جهت به‌حداقل رساندن معضلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی مرسوم به‌وسیله طراحی کودهایی با فرمولاسیون جدید و بهینه صورت پذیرفته است. ظهور فناوری نانو و توسعه وسایل و مواد نانو مقیاس امکان بهره‌گیری از کاربردهای بالقوه و بدیع این فناوری در عرصه‌های مختلف کشاورزی را فراهم آورده است. بدون شک، با بهره‌گیری از مزایای فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری پیشرفته نوظهور در بخش کشاورزی، می‌توان به نتایج مطلوبی ازجمله بهبود کیفیت غذایی و توسعه کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست در کشورها و نواحی در حال توسعه جهان دست یافت. بنابراین با توجه به اینکه کمبود عناصر کم مصرف در اراضی غرقاب بسیار شایع است و از طرفی برنج از جمله گیاهانی است که نسبت به کمبود روی حساس می‌باشد و با توجه به اهمیت روزافزون برنج به‌عنوان ماده غذایی ارزشمند در جیره غذایی انسان، پژوهش حاضر درمورد نقش نانو کودها در شرایط قطع آبیاری بر روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد برنج می‌باشد. لذا هدف از انجام این آزمایش رسیدن به تولید مطلوب می‌باشد که این تولید با اعمال مدیریت بهینه در تغذیه و شرایط قطع آبیاری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در شهرستان ساری، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه با ارتفاع ۱۱ متر از سطح دریا اجرا شد. جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از اجرای تحقیق از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری شد (جدول۱). تیمارها شامل دو رقم برنج (شیرودی و هاشمی) به‌عنوان عامل اسپلیت و چهار مرحله قطع آبیاری (آبیاری دائم در طول دوره رشد، یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک، سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک و پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک) به همراه سه سطح محلول‌پاشی نانو کود

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

(نانو سیلیکون، نانو اکسید روی و نانو سیلیکون+ نانو اکسید روی) به‌عنوان عامل فاکتوریل بود. مزرعه محل آزمایش در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۵ پس از عملیات تهیه بستر آماده و نشاءهای برنج به‌طور یکنواخت از خزانه به زمین اصلی انتقال یافت. تعداد نشا در کپه برای ارقام هاشمی و شیرودی با فاصله ۲۵×۲۵ و ۲۰×۲۰ سانتی‌متر با اندازه هر کرت ۳×۳ و ۱۲ خط کاشت انجام شد. وجین به‌صورت دستی و طی دو مرحله ۲۰ و ۳۸ روز پس از نشا کاری انجام شد. میزان کود شیمیایی مورد نظر با توجه به آزمون خاک قبل از کشت به‌وسیله دیسک با خاک مخلوط گردید. در مرحله ۶-۴ برگی یا ابتدای رشد سریع گیاه مابقی کود اوره به‌صورت سرک به گیاه داده شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل انرژی تولیدی دانه، رطوبت، کربوهیدرات، چربی و ویتامین‌ها بود. اندازه‌گیری انرژی تولیدی دانه به روش عبدالله‌پور و زارعی (۱۳۸۹)، رطوبت دانه توسط دستگاه‌های انعکاس‌سنجی زمان (TDR) (AOAC, 2000)، اندازه‌گیری کربوهیدرات به روش هضم توسط سولفات روی ۰/۳ نرمال، هیدروکسید باریوم ۵ درصد و محلول فنول استفاده شد (Stewart, 1989). اندازه‌گیری چربی با استفاده از دستگاه سوکسله از روش انجام گرفت (Folch, 1957). پس از جمع‌آوری داده‌ها، محاسبه آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

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

بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	سیلیس	روی	شن	سیلت	رس
		(میکروموس بر سانتی‌متر)	(درصد)		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)				(درصد)		
رسی سیلتی	۷/۶	۲/۲۴	۰/۵۸	۰/۰۳	۵/۴۰	۶۲	۳۸	۰/۴	۳۲	۲۵	۴۳

نتایج و بحث

ویتامین B_1 (تیامین)

تجزیه مرکب داده‌های آماری حاکی از آن است که ویتامین B_1 در واکنش به اثر ساده سال، رقم، قطع آبیاری و محلول‌پاشی کود نانو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است و تحت اثر برهم‌کنش رقم در قطع آبیاری، رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش اثر سه‌گانه رقم در قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانوکود در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را از خود نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان تیامین در سال دوم به میزان ۰/۱۸۳گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۰/۱۶۴ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین تیامین در رقم شیرودی و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۰/۱۷۷ و ۰/۱۷۰ گرم بر میلی‌گرم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که کم‌ترین میزان در تیمار در پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۰/۱۷۲ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان تیامین در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در نانواکسیدروی+ نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۰/۱۷۸ و ۰/۱۷۱ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان می‌دهد حداقل میزان جذب ویتامین B_1 در رقم هاشمی در مرحله یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک و با محلول‌پاشی نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۰/۱۶۳ گرم بر میلی‌گرم و حداکثر آن در رقم شیرودی در مرحله سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک با محلول‌پاشی نانو اکسید روی برابر با ۰/۱۸۷ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد (جدول ۴). ویتامین B_1 به شکل جزیی از یک کوآنزیم در تبدیل گلوکز به انرژی نقش دارد. از آنجایی که بدن قادر به ذخیره‌سازی تیامین نمی‌باشد. لذا وجود آن در رژیم غذایی روزانه ضروری است. ویتامین‌ها با شرکت در ساختمان کوآنزیم‌ها به‌عنوان فعال کننده آنزیم‌ها نقش مهمی در متابولیسم ایفا می‌کند که کمبود آن‌ها منجر به بروز بیماری می‌شود. برنج به‌عنوان یکی از بهترین حامل‌های ویتامین B_1 می‌باشد. تیامین موجود در دانه قهوه‌ای برنج بیشتر از برنج سفید غنی شده است. از سوی دیگر در مرحله آغاز خوشه‌دهی لقاح گلچه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و سبب افزایش دانه می‌شود به‌خاطر همین در شرایط تنش قطر ریشه‌ای کمتر می‌شود، اما سیستم ریشه‌ای گیاه قوی‌تر می‌شود روی بیشتر جذب گیاه می‌شود و این امر سبب انتقال بهتر روی از ریشه به قسمت‌های هوایی می‌شود که الگوی متفاوت در توزیع و ذخیره روی در سلول‌ها و ارکان‌های مختلف دارد و از آنجا که دانه برنج غذای اکثر مردم است پتانسیل افزایش عملکرد برنج سبب افزایش ویتامین B_1 تحت شرایط کمبود عناصر غذایی قرار می‌گیرد. پژوهشگران متعددی نظرات مشابهی با این تحقیق داشتند (Barada *et al*., 2013; Koch *et al*., 2013; Koch *et al*., 2012; Tems *et al*., 2015).

ویتامین B_2 (ریبو فلاوین)

بر اساس تجزیه مرکب داده‌های آماری صفت ویتامین ریبوفلاوین در واکنش به اثر ساده سال، محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود و برهم‌کنش رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال یک درصد و تحت برهم‌کنش اثر سه گانه رقم در قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را از خود نشان داد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان ریبوفلاوین در سال دوم به میزان ۰/۰۲۹گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۰/۰۱۸ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین ریبوفلاوین در رقم هاشمی و کم‌ترین میزان در رقم شیرودی به ترتیب به میزان ۰/۰۲۴ و ۰/۰۲۳ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. هم‌چنین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که کم‌ترین میزان در تیمار در یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۰/۰۲۲ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان ریبوفلاوین در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در نانواکسیدروی+ نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۰/۰۲۶ و ۰/۰۲۱ گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه حداقل میزان ویتامین ریبوفلاوین در واکنش به رقم شیرودی در قطع آبیاری در مرحله پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک با محلول‌پاشی نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۰/۰۱۷گرم بر میلی‌گرم و حداکثر آن در رقم هاشمی درسه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک در نانو اکسید روی برابر با ۰/۰۳۳ گرم بر میلی‌گرم می‌باشد (جدول ۴). برنج حاوی مقدار کمی ریبوفلاوین است که برای تولید انرژی و حفظ بافت پوست و چشم ضروری است. از آنجا که سیلیس در چرخه رشد برنج مهم می‌باشد و باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود از این‌رو سبب افزایش و میزان ویتامین ریبوفلاوین در دانه می‌شود. برنج شیرودی نسبت به هاشمی عملکرد بالاتری دارد، بنابراین طبیعی است که میزان ریبوفلاوین در رقم شیرودی بیشتر باشد. از سوی دیگر کمبود رطوبت باعث کاهش میزان سیلیس در خاک‌های زراعی می‌شود در شرایط تنش خشکی در مرحله آغاز خوشه‌دهی که گیاه دچار کمبود سیلیکون است، به‌طبع آن باید میزان ریبوفلاوین دانه کاهش یابد که از این‌رو می‌توان گفت یک عنصر ضروری در فرآیندهای مختلف بیوشیمیایی در گیاه برنج است که با استفاده از کودهای نانو اکسید روی در این شرایط متابولیسم گیاه را حفظ می‌کند و باعث جلوگیری از کاهش عملکرد دانه می‌شود و در نتیجه به حذف ویتامین در دانه می‌شود، زیرا روی در ریشه ذخیره از ریشه به سایر قسمت‌ها انتقال می‌یابد و در مرحله آغاز خوشه‌دهی گیاه فرصت کافی برای ذخیره کامل روی در اندام خود دارد. به‌علت وجود مقادیر زیاد روی گیاه می‌تواند در برابر تنش از خود محافظت کند (Koch *et al*., 2011; Bertrand and Allen, 2012; Sanudo-Wilhelmy *et al*., 2014).

ویتامین B_3 (نیاسین)

تجزیه مرکب داده‌های آماری حاکی از آن است که نیاسین در واکنش به اثر سال، رقم، قطع آبیاری و محلول‌پاشی کود نانو در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر برهم‌کنش رقم در قطع آبیاری، رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر برهم‌کنش رقم درقطع آبیاری در محلول‌پاشی نانوکود در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را از خود نشان داد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش-ترین میزان نیاسین در سال دوم به میزان ۱/۱۷۶گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۱/۵۸۹گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین نیاسین در رقم شیرودی و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۱/۸۰۳ و ۱/۵۰۲گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که کم‌ترین میزان در تیمار در پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۱/۶۲۶گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان نیاسین در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در نانواکسیدروی+ نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۱/۶۸۵ و ۱/۶۲۷گرم بر میلی‌گرم به‌دست آمد (جدول ۳). در بررسی‌های مقایسه میانگین اثرات سه عاملی حداقل میزان جذب نیاسین رقم هاشمی در مرحله آبیاری کامل با محلول‌پاشی نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۱/۷۷ گرم بر میلی‌گرم و حداکثر آن در رقم شیرودی در مرحله آبیاری کامل در نانو اکسید روی برابر با ۲/۹۱ گرم بر میلی‌گرم می‌باشد (جدول ۴). برنج به شکل طبیعی حاوی نیاسین است که برای تبدیل گلوکز به انرژی لازم است. البته در حین آسیاب کردن مقداری از مواد مغذی کاهش می‌یابد، زیرا این ریز مغذی‌ها به شکل پوششی بر روی دانه برنج قرار می‌گیرند. استفاده از نانو کودها به‌ویژه نانو اکسید روی باعث افزایش بیشتر این ویتامین در دانه می‌شود، زیرا نانو کودها به‌خاطر ریز بودن ذرات قابلیت جذب کود را در تمام مراحل رشد گیاه فراهم می‌کند. این امر باعث جذب بیشتر روی در دانه و در نتیجه تولید بیشتر نیاسین و ذخیره بیشتر آن می‌شود (Koch *et al*., 2011; Koch *et al*., 2012; Jorgensen *et al*., 2012; Helliwell *et al*., 2013).

انرژی تولیدی دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سال، رقم، قطع آبیاری و محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر انرژی تولیدی دانه معنی‌دار بود. هم‌چنین نتایج نشان داد برهم‌کنش تیمارهای رقم در قطع آبیاری و رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش اثر سه‌گانه نیز در صفت انرژی تولیدی دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان انرژی تولیدی دانه در سال دوم به میزان ۱۳۰/۶۵ کیلو کالری به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۱۲۹/۷۷ کیلوکالری به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین انرژی تولیدی دانه در رقم شیرودی و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۱۳۰/۷۸ و ۱۲۹/۶۴ کیلوکالری به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که کم‌ترین انرژی تولیدی دانه در پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۱۲۹/۷۷ کیلوکالری و بیش‌ترین میزان در تیمار سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۱۳۰/۵۰ کیلوکالری به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان انرژی تولیدی دانه در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در محلول‌پاشی نانواکسیدروی + نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۱۳۰/۸۰ و ۱۲۹/۷۴ کیلوکالری به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه انرژی تولیدی دانه نشان داد در رقم شیرودی در مرحله یک روز پس

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.6.1]

از ناپدید شدن آب از سطح خاک به همراه مصرف نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۱۳۳/۲۸کیلوکالری و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی در مرحله یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به‌همراه مصرف نانو اکسید روی + نانو سیلیکون برابر با ۱۲۷/۰۵ کیلوکالری به‌دست آمد (جدول۴). بررسی مطالعه‌های قبلی نشان می‌دهد که در ایران پژوهش‌های جامع بر روی برنج صورت نگرفته (هرچند که بر روی برخی از محصولات این مطالعه صورت پذیرفته است)، اما مطالعه‌های مختلفی در کشورهای دیگر انجام گرفته است، برای مثال Khan (۲۰۱۰) در بررسی نیازهای انرژی گندم، برنج و جو نشان داد که کارایی انرژی برنج ۰/۱۶ است. وی هم‌چنین بیان داشت که بیش‌ترین انرژی ورودی به مزارع برنج مربوط به کودهای شیمیایی (۲۳ درصد) می‌باشد. در تحقیق دیگری بیلان انرژی برنج در بنگلادش نشان داده شد (Iqbal, 2007). دلایل زیادی در پایین بودن عملکرد برنج در شرایط تنش دخالت دارند. یکی از مهم‌ترین این دلایل، عدم میزان و جذب کود ورودی کافی و مناسب با شرایط کشت می‌باشد. با وجودی که استفاده از نانو کودها میزان انرژی ورودی به کشت بوم را بالا می‌برد، اما با تاثیری که این مواد بر روی افزایش عملکرد دارند، می‌توانند باعث افزایش انرژی تولیدی دانه شوند. مطالعه‌های دیگر در سطح جهان نیز این نتیجه را تایید می‌کنند. Franzluebbers و Francis (۱۹۹۵) به این نتیجه رسیدند که نسبت انرژی در برنج و سورگوم در حالتی که نانو مصرف می‌شود بیش‌تر از حالتی است که مصرف نمی-شود (Swanton *et al*., 1996).

رطوبت

تجزیه مرکب داده‌های آماری نشان می‌دهد که اثرات ساده سال، رقم، قطع آبیاری و محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر رطوبت معنی‌دار بود. هم‌چنین نتایج نشان داد برهم‌کنش اثر تیمارهای رقم در قطع آبیاری و رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش اثر سه‌گانه نیز بر روی رطوبت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان رطوبت در سال دوم به میزان ۶۸/۸۷ درصد به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۶۸/۰۴ درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین رطوبت در رقم شیرودی و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی به‌ترتیب به‌میزان ۶۸/۹۵ و ۶۷/۹۵ درصد به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که کم‌ترین رطوبت در مرحله آبیاری دائم در طول دوره رشد به میزان ۶۸/۴۱ درصد و بیش‌ترین میزان در تیمار در یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۶۸/۵۲ درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان رطوبت در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۶۸/۶۲ و ۶۸/۳۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد بیش‌ترین میزان رطوبت در رقم شیرودی در مرحله پنج روز پس

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

از ناپدید شدن آب از سطح خاک به همراه مصرف نانو اکسید روی برابر با ۶۹/۴۱ درصدو کم‌ترین میزان رطوبت در رقم هاشمی در مرحله آبیاری دائم در طول دوره رشد به همراه مصرف نانو سیلیکون برابر با۶۷/۶۳ درصد به‌دست آمد (جدول۴). نتایج این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی محتوای رطوبت محصول در رقم شیرودی به‌طور معنی‌داری افزایش داشته است که دلیل آن افزایش رطوبت دانه و جذب آب توسط دانه است که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده در یک مطالعه در تعیین ویژگی‌های فیزیکی دانه‌های شلتوک (Reddy and Chakraverty, 2004) مطابقت دارد. از سوی دیگر محتوای رطوبت محصول بر تمام خواص فیزیکی دانه‌های شلتوک اثر معنی‌داری دارد که با افزایش محتوای رطوبت محصول وزن دانه برنج افزایش می‌یابد که این امر سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. به‌طور کلی تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم و کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل، سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز و در نهایت سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود که نانو اکسید روی نقش اساسی را در سنتز پروتئین‌ها RNA و DNA ایفا می‌کند (Welch, 2001)، اما اگر گیاه با کمبود آن مواجه شود، تنش‌های فیزیولوژیکی ناشی از ناکارایی سیستم‌های متعدد آنزیمی و دیگر اعمال متابولیکی مرتبط با روی، رشد و عملکرد گیاه را کاهش خواهند داد (بای بوردی، ۱۳۸۵). کاربرد نانو اکسید روی باعث کاهش تاثیر منفی تنش خشکی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه برنج می‌شود.

کربوهیدرات دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان می‌دهد که کربوهیدرات از نظر آماری در واکنش به اثر سال، رقم و قطع آبیاری به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد و تحت اثر برهم‌کنش دو عاملی رقم در قطع آبیاری، رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال یک درصد و تحت برهم‌کنش اثر سه گانه رقم در قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانوکود در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را از خود نشان داد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان کربوهیدارت در سال دوم به میزان ۲۹/۳۷ درصد به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۲۸/۳۸ درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین کربوهیدارت در رقم شیرودی و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۲۹/۳۸ و ۲۸/۳۷ درصد به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که بیش‌ترین کربوهیدارت در مرحله آبیاری دائم در طول دوره رشد به میزان ۲۹/۰۷ درصد و کم‌ترین میزان در تیمار در یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۲۸/۶۸ درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان کربوهیدارت در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در نانواکسیدروی+ نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۲۸/۹۵ و ۲۸/۸ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

برهم‌کنش اثرات سه‌گانه نشان داد کم‌ترین میزان کربوهیدارت برای رقم هاشمی در یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به‌همراه محلول‌پاشی نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۲۷/۹۳ درصد به‌دست آمد و حداکثر میزان کربوهیدارت در رقم شیرودی در مرحله آبیاری دائم در طول دوره رشد به‌همراه مصرف نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۳۰/۳۵ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). واکنش برنج به تنش خشکی، بسته به مرحله رشدی گیاه متفاوت می‌باشد. در اغلب ارقام مورد کشت برنج در دنیا، برنج در مرحله گیاهچه‌ای حساس به تنش می‌باشد ساز و کارهای تحمل خشکی در گیاه برنج، در مراحل گیاهچه‌ای و رسیدگی با یکدیگر متفاوت می‌باشد. پژوهشگران نیز افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول را در شرایط خشکی گزارش دادند (Jones and Turner, 1980)، در حالی که کاهش کربوهیدرات‌های محلول در اثر خشکی را گزارش کردند (Hanson and Hitz, 1982) و نیز تغییری در این صفت مشاهده ننمود (Morgan, 1992).

چربی

تجزیه مرکب میانگین مربعات داده‌های آماری نشان می‌دهد که درصد چربی از نظر آماری در واکنش به اثر سال، محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد و برهم‌کنش سال در محلول‌پاشی کود نانو، رقم در محلول‌پاشی نانو کود و قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد و برهم‌کنش اثر سه‌گانه رقم در قطع آبیاری در محلول‌پاشی نانو کود در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را از خود نشان داد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان چربی در سال دوم به میزان ۰/۳۵۱ درصد به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۰/۲۴۹ درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین چربی در رقم هاشمی و کم‌ترین میزان در رقم شیرودی به ترتیب به میزان ۰/۳۰۲ و ۰/۲۹۸ درصد به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که بیش‌ترین چربی در یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۰/۳۱۱ درصد و کم‌ترین میزان در تیمار در سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۰/۲۹۳ درصد به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان چربی در محلول‌پاشی نانو اکسید روی و کم‌ترین میزان در نانواکسیدروی+ نانوسیلیکون به ترتیب به میزان ۰/۳۳۲ و ۰/۲۸۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه‌گانه نشان می‌دهد که حداقل میزان چربی در رقم هاشمی در مرحله آبیاری دائم در طول دوره رشد به همراه محلول‌پاشی نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون برابر با ۰/۲۵ درصد و حداکثر میزان چربی در رقم هاشمی در مرحله آبیاری دائم در طول دوره رشد به‌همراه محلول‌پاشی نانو اکسید روی برابر با ۰/۳۷۶ درصد می‌باشد (جدول ۴). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که استفاده از نانو کودها به‌ویژه نانو کود اکسید روی باعث افزایش ذخیره چربی در دانه می‌شود. نانو اکسید روی باعث افزایش فعالیت‌های متابولیسمی و سنتز اسیدهای آمینه می‌شود، زیرا نانو

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

کودها قابلیت انحلال، ثبات و اثر بالا، زمان رهایش کنترل شده و پاسخ به محرک خاص و اثرگذاری بیشتر باعث تولید و ذخیره‌سازی اسیدهای چرب می‌شود که مطابق پژوهش‌های دیگر محققان می‌باشد (Mandasescu *et al*., 2005; Binkoski *et al*., 2005; Prasad, 2005).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سال، رقم، قطع آبیاری و محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. تنها برهم‌کنش اثر سه‌گانه در صفت عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در سال دوم به میزان ۵/۹۸ تن در هکتار به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان در سال اول به میزان ۵/۴۶ تن در هکتار به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم شیرودی و کم‌ترین میزان در رقم هاشمی به ترتیب به میزان ۷/۰۵ و ۴/۳۹ تن در هکتار به‌دست آمد. هم‌چنین مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در آبیاری دائم در طول دوره رشد به میزان ۵/۸۳ تن در هکتار و کم‌ترین میزان در تیمار در سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به میزان ۵/۶۲ تن در هکتار به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی نانو کود نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در محلول‌پاشی نانواکسیدروی+ نانوسیلیکون و کم‌ترین میزان در نانو سیلیکون به ترتیب به میزان ۵/۸۲ و ۵/۵۹ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه عملکرد دانه نشان داد در رقم شیرودی با تیمار آبیاری دائم در طول دوره رشد به همراه مصرف نانو اکسید روی برابر با ۷/۵۲۹ تن در هکتار و کمترین میزان در رقم هاشمی در مرحله پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک به همراه مصرف نانو سیلیکون برابر با ۴/۲۴۳ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). عملکرد افزایش یافته در رقم شیرودی به‌دلیل پتانسیل ژنتیکی که دارد افزایش آن به نسبت بیشتر از رقم هاشمی بوده است. هم‌چنین مصرف نانو کود روی هم با اثر بر ویژگی‌های رشدی سبب افزایش عملکرد در این رقم شده است. استفاده از کودهای نانو اکسید روی و نانو سیلیس می‌تواند عملکرد برنج را بهبود بخشد (Amirjani *et al*., 2014). پژوهشگران در گزارشی به بررسی اثر نانو اکسید روی بر گندم تحت تنش خشکی پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که تحت شرایط کم‌آبی طول ریشه، طول ساقه، ارتفاع بوته، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه، وزن سنبله، وزن خشک و تر ریشه، وزن دانه و وزن هزار دانه کاهش یافت، به‌طوری که با افزایش غلظت محلول‌پاشی نانواکسید روی عملکرد و اکثر صفات مرتبط با عملکرد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (رئیسی ساداتی و همکاران، ۱۳۹۹).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

جدول ۲: تجزیه مرکب صفات عملکرد و ویژگی‌های کیفی برنج تحت تیمارهای رقم، قطع آبیاری و محلول‌پاشی نانو کود

منابع تغییرات	درجه آزادی	تیامین	ریبوفلاوین	نیاسین	انرژیتولیدیدانه	رطوبت	کربوهیدرات	چربی	عملکرد دانه
سال	۱	۰/۰۱۳۷۸**	۰/۰۰۰۰۰۸۹**	۰/۵۸۵۳**	۲۷/۵۶۲۵**	۲۴/۵۷۶۸**	۳۵/۸۰۰۲**	۰/۳۷۴۱**	۱۰/۰۲۷۷**
تکرار × سال	۲	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۳۸۶	۰/۰۰۳۳	۰/۰۶۱۶	۰/۰۹۸۱	۰/۰۸۷۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۶۹
رقم	۱	۰/۰۰۲۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۷ns	۰/۲۵۹۵**	۴۶/۴۶۶۹**	۳۶/۰۱۰**	۳۷/۰۰۶۹۴**	۰/۰۰۰۴۶ns	۲۵۳/۶۵۲۸**
سال × رقم	۱	۰/۰۰۰۰۰۰۸ns	۰/۰۰۰۰۱۴۶ns	۰/۰۰۰۰۰۴۳ns	۰/۰۴۰۰ns	۰/۱۹۵۸ns	۰/۱۷۳۶۱ns	۰/۰۰۲۱۷ns	۰/۰۲۷۷ns
خطای آزمایش اصلی	۱۴	۰/۰۰۰۳۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۹۴۰	۷/۱۳۴۴	۰/۲۷۷۸	۶/۱۷۶۱	۰/۰۱۰۴۵	۰/۲۹۵۹
قطع آبیاری	۳	۰/۰۰۰۲۳**	۰/۰۰۰۰۶۱۳*	۰/۰۳۹۵**	۱۲/۰۸۶۱**	۳/۰۳۶۲**	۴/۱۴۶۹**	۰/۰۰۶۱۳*	۰/۲۶۳۸ns
سال × قطع آبیاری	۳	۰/۰۰۰۰۰۱۶ns	۰/۰۰۰۰۶۰ns	۰/۰۰۷۶ns	۰/۲۱۹۱ns	۰/۱۱۹۶ns	۰/۶۳۰۲ns	۰/۰۰۴۶۸ns	۰/۰۴۶۲ns
رقم × قطع آبیاری	۳	۰/۰۰۰۱۷۴**	۰/۰۰۰۰۰۸۵ns	۰/۰۴۱۵**	۱۴/۲۲۹۱**	۱/۰۷۲۰**	۲/۵۲۲**	۰/۰۰۰۳۹ns	۰/۸۵۱۸**
سال × رقم × قطع ابیاری	۳	۰/۰۰۰۰۰۷۵ns	۰/۰۰۰۰۴۱۱ns	۰/۰۰۰۰۱۰۴ns	۰/۱۶۵۰ns	۰/۱۱۹۶ns	۰/۱۳۴۷۲ns	۰/۰۰۱۸۵ ns	۰/۰۴۶۲ns
محلول‌پاشی نانو	۲	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۰۱۹۷**	۰/۰۸۵۰۰**	۲۸۶۶**	۲/۴۱۷۱**	۰/۴۹۶۲۵ ns	۰/۰۷۵۱۹**	۰/۷۰۵۴*
سال × محلول‌پاشی نانو	۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۴۸۱ns	۰/۰۰۰۶۲ns	۳۹/۱۲۳۸ns	۰/۱۴۳۴ns	۰/۲۴۸۴ns	۰/۰۰۴۱۳*	۰/۰۴۸۶ns
رقم × محلول‌پاشی نانو	۲	۰/۰۰۱۰۳۱**	۰/۰۰۰۰۱۰۲**	۰/۱۰۷۶۹**	۰/۴۰۱۶**	۰/۵۳۰۲**	۶/۱۶۵۱**	۰/۰۳۰۹۷**	۰/۲۶۲۶ns
سال دررقم × محلول‌پاشی نانو	۲	۰/۰۰۰۰۰۵۰۱ns	۰/۰۰۱۰۳ns	۰/۰۰۲۶۵ns	۰/۳۳۱۶ns	۰/۱۴۳۴ns	۰/۰۸۳۴ns	۰/۰۰۲۵۸ns	۰/۰۴۸۶ns
قطع آبیاری × محلول‌پاشی نانو	۶	۰/۰۰۰۹۲۳**	۰/۰۰۰۰۲۲**	۰/۴۲۷۰۱**	۰/۲۶۸۳**	۰/۳۳۸۱**	۱۱/۳۳۲۶**	۰/۰۳۱۴۴**	۰/۰۵۷۳ns
سال × قطع آبیاری × محلول‌پاشی نانو	۶	۰/۰۰۰۰۱۶۷ns	۰/۰۰۰۸۰۶ns	۰/۰۰۲۱۳ns	۱۱۳/۴۸۸ns	۰/۲۱۲۵ns	۱/۰۵۲۶ns	۰/۰۰۵۲۳ns	۰/۰۱۱۵ns
رقم × قطع آبیاری × محلول‌پاشی نانو	۶	۰/۰۰۰۰۱۱۷**	۰/۰۰۰۰۲۳**	۰/۰۰۹۷۶**	۰/۲۰۱۶**	۰/۳۳۸۱**	۱۶/۴۲۷۰**	۰/۰۰۵۴۷*	۰/۱۰۰۳*
سال × رقم × قطع آبیاری × محلول‌پاشی نانو	۶	۰/۰۰۱۲۴۱ns	۰/۰۰۰۴۶۴ns	۰/۲۳۶۱۳ns	۶۶/۳۰۱۶ns	۴/۵۲۹۳ns	۰/۳۲۳۱ns	۰/۰۱۳۲۷ns	۰/۰۱۱۵ns
خطای کل	۷۸	۰/۰۰۰۰۱۱۵	۰/۰۰۰۰۰۸۹	۰/۰۰۱۳۰	۰/۳۷۵۶۹	۰/۰۴۷۹۴	۰/۱۱۸۰۵	۰/۰۰۰۸۵	۰/۱۷۳۶۶
ضریب تغییرات	-	۱/۹۴	۱۲/۴۲	۲/۱۸	۰/۴۷۰	۰/۳۱۹	۱/۱۸۹	۹/۷۴	۷/۲۷

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.6.1]

جدول۳: مقایسه میانگین اثرات ساده سال، ارقام برنج، قطع آبیاری و محلول‌پاشی نانو کود بر روی صفات کمی و کیفی برنج

تیمارها		تیامین (گرم بر میلی‌گرم)	ریبوفلاوین (گرم بر میلی‌گرم)	نیاسین (گرم بر میلی‌گرم)	انرژی تولیدی دانه (کیلو کالری)	رطوبت (درصد)	کربوهیدرات (درصد)	چربی (درصد)	عملکرد دانه (تن در هکتار)
سال	اول	۰/۱۶۴b	۰/۰۱۸b	۱/۵۸۹b	۱۲۹/۷۷b	۶۸/۰۴b	۲۸/۳۸b	۰/۲۴۹b	۵/۴۶b
ارقام برنج	دوم	۰/۱۸۳a	۰/۰۲۹a	۱/۷۱۶a	۱۳۰/۶۵a	۶۸/۸۷a	۲۹/۳۷a	۰/۳۵۱a	۵/۹۸a
	شیرودی	۰/۱۷۷a	۰/۰۲۳a	۱/۸۰۳a	۱۳۰/۷۸a	۶۸/۹۵a	۲۹/۳۸a	۰/۲۹۸a	۷/۰۵a
	هاشمی	۰/۱۷۰b	۰/۰۲۴a	۱/۵۰۲b	۱۲۹/۶۴b	۶۷/۹۵b	۲۸/۳۷b	۰/۳۰۲a	۴/۳۹b
قطع آبیاری	آبیاری دائم در طول دوره رشد	۰/۱۷۵a	۰/۰۲۴a	۱/۶۵۸a	۱۳۰/۴۴a	۶۸/۴۱b	۲۹/۰۷a	۰/۲۹۸ab	۵/۸۳a
	پک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک	۰/۱۷۳b	۰/۰۲۲b	۱/۶۷۱a	۱۳۰/۱۳b	۶۸/۵۲a	۲۸/۶۸b	۰/۳۱۱a	۵/۷۲ab
	سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک	۰/۱۷۵a	۰/۰۲۴a	۱/۶۵۵a	۱۳۰/۵۰a	۶۸/۴۶ab	۲۸/۷۴b	۰/۲۹۳b	۵/۶۲b
	پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک	۰/۱۷۲b	۰/۰۲۴ab	۱/۶۲۶b	۱۲۹/۷۷c	۶۸/۴۳ab	۲۹/۰۱a	۰/۲۹۹ab	۵/۷۲ab
محلول‌پاشی نانو کود	نانو اکسید روی	۰/۱۷۸a	۰/۰۲۶a	۱/۶۸۵a	۱۳۰/۸۰a	۶۸/۶۲a	۲۸/۹۵a	۰/۳۳۲a	۵/۷۵ab
	نانو سیلیکون	۰/۱۷۳b	۰/۰۲۴b	۱/۶۴۵b	۱۳۰/۱۰b	۶۸/۳۱c	۲۸/۸۸ab	۰/۲۸۷b	۵/۵۹b
	نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۷۱c	۰/۰۲۱c	۱/۶۲۷c	۱۲۹/۷۴c	۶۸/۴۴b	۲۸/۸b	۰/۲۸۱b	۵/۸۲a

در هر ستون، میانگین‌های هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD با همدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1400.13.49.6.1]

جدول۴: مقایسه میانگین اثرات سه عاملی ارقام برنج ×قطع آبیاری× محلول‌پاشی نانو کود بر روی صفات کمی و کیفی برنج

تیمار ها ارقام برنج × قطع آبیاری× محلول‌پاشی نانو کود	تیامین (گرم بر میلی‌گرم)	ریبوفلاوین (گرم بر میلی‌گرم)	نیاسین (گرم بر میلی‌گرم)	انرژی تولیدی دانه (کیلو کالری)	رطوبت (درصد)	کربوهیدرات (درصد)	چربی (درصد)	عملکرددانه (تن در هکتار)
شیرودی× آبیاری دائم در طول دوره رشد ×نانو اکسید روی	۰/۱۷۸ d	۰/۰۲۱ ghij	۱/۸۰ cd	۱۳۲/۰۸Bc	۶۹/۲۵ ab	۲۹/۰۱ c	۰/۳۰۱ cdefgh	۷/۵۱۵a
شیرودی × آبیاری دائم در طول دوره رشد × نانو سیلیکون	۰/۱۷۹ cd	۰/۰۲۳ fghi	۱/۹۰ ab	۱۳۰/۹۳defg	۶۹/۱۴ ab	۲۹/۷۶ b	۰/۳۰۳ cdefgh	۶/۹۹۱ab
شیرودی × آبیاری دائم در طول دوره رشد × نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۸۴ abc	۰/۰۲۹ abcd	۱/۶۸ e	۱۳۰/۲۵fghij	۶۸/۷۳ cde	۳۰/۳۵ a	۰/۲۷۶ efghi	۷/۵۲۹a
شیرودی × یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک×نانو اکسید روی	۰/۱۷۱ ef	۰/۰۱۸ j	۱/۷۹ d	۱۲۸/۵۱mn	۶۸/۴۳ defg	۲۸/۲۵ ghi	۰/۲۹۳ cdefghi	۷/۰۲۲ab
شیرودی × یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک× نانو سیلیکون	۰/۱۷۵ de	۰/۰۲۱ ghij	۱/۸۷ ab	۱۳۱/۷۳bcd	۶۹/۲۴ ab	۲۸/۹۱ cd	۰/۳۱۳ bcdef	۶/۸۰۶b
شیرودی × یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک× نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۸ bcd	۰/۰۲۶ cdef	۱/۸۸ ab	۱۳۳/۲۸a	۶۸/۷۷ cd	۲۹/۸۵ ab	۰/۳۲۵ bcd	۷/۰۱۰ab
شیرودی × سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک ×نانو اکسید روی	۰/۱۸۷ a	۰/۰۲۸ bcde	۱/۶۷ e	۱۲۹/۵۱jkl	۶۹/۱۹ ab	۲۹/۷۸ a	۰/۳۰۶ cdefgh	۶/۷۱۱b
شیرودی × سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو سیلیکون	۰/۱۷۵ de	۰/۰۲۰ hij	۱/۸۵ bc	۱۳۱/۱cdef	۶۸/۹۲ bc	۲۸/۶۱ cdefg	۰/۲۶۳ ghi	۶/۷۳۴b
شیرودی × سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۷۷ d	۰/۰۲۱ ghij	۱/۸۶ ab	۱۳۱/۵۱bcde	۶۹/۲۵ ab	۲۹/۷۳ b	۰/۳۱۰ cdefg	۶/۹۶ab
شیرودی × پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک ×نانو اکسید روی	۰/۱۷۶ de	۰/۰۲۱ ghij	۱/۹۲ a	۱۳۲/۴۸ab	۶۹/۴۱ a	۲۹/۹۵ ab	۰/۳۴۰ abc	۷/۲۵۹ab
شیرودی × پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو سیلیکون	۰/۱۸۵ ab	۰/۰۳۱ ab	۱/۶۰ f	۱۲۹/۱۸klm	۶۸/۶۱ cdef	۲۹/۹۵ ab	۰/۲۹۱ fghi	۶/۸۰۱b
شیرودی × پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۶۵ gh	۰/۰۲۰ hij	۱/۷۷ d	۱۲۸/۸۱lm	۶۸/۵۴ def	۲۸/۴۵ defgi	۰/۲۶۰ hi	۷/۲۷۷ab
هاشمی× آبیاری دائم در طول دوره رشد ×نانو اکسید روی	۰/۱۷۶ de	۰/۰۲۹ abcd	۱/۶۰ f	۱۳۰/۷۸defgh	۶۷/۹ ij	۲۸/۸۸ cde	۰/۳۷۶ a	۴/۲۶۴c
هاشمی× آبیاری دائم در طول دوره رشد × نانو سیلیکون	۰/۱۶۹ fg	۰/۰۲۵ defg	۱/۵۰ gh	۱۲۹/۷۶ijkl	۶۷/۶۳ j	۲۸/۴۳ defghi	۰/۲۸۰ defghi	۴/۴۰۳c
هاشمی× آبیاری دائم در طول دوره رشد × نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۶۶ fgh	۰/۰۱۸ j	۱/۴۳ ij	۱۲۸/۸۶lm	۶۷/۸ ij	۲۸/۰۱ i	۰/۲۵۰ i	۴/۲۹۵c
هاشمی× یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک×نانو اکسید روی	۰/۱۷۹ cd	۰/۰۲۷ bcdef	۱/۵۹ g	۱۳۰/۱۵hijk	۶۸/۵ def	۲۸/۸۳ cdef	۰/۳۶۰ ab	۴/۴۹۶c
هاشمی× یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک× نانو سیلیکون	۰/۱۷۱ ef	۰/۰۲۵ defg	۱/۴۹ ghi	۱۳۰/۰۸hijk	۶۷/۶۸ j	۲۸/۳ fghi	۰/۳ cdefgh	۴/۳۶۵c
هاشمی× یک روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک× نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۶۳ h	۰/۰۱۹ ij	۱/۴۷ ghij	۱۲۷/۰۵o	۶۸/۱۲ ghi	۲۷/۹۳ i	۰/۲۷۵ fghi	۴/۶۲۴c
هاشمی× سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک ×نانو اکسید روی	۰/۱۷۸ d	۰/۰۳۳ a	۱/۵۸ f	۱۳۱/۱۵cdef	۶۸/۳۳ gh	۲۸i	۰/۳۲۳ bcde	۴/۳۷۸c
هاشمی× سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو سیلیکون	۰/۱۶۶ fgh	۰/۰۲۱ ghij	۱/۴۷ ghij	۱۲۹/۱۸klm	۶۷/۶۸ j	۲۷/۹۸ i	۰/۲۶۳ ghi	۴/۵۷۱c
هاشمی× سه روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۶۷ fgh	۰/۰۲۱ ghij	۱/۴۷ ij	۱۳۰/۵۶fghi	۶۷/۸۱ ij	۲۸/۳۵ efghi	۰/۲۹۳ cdefghi	۴/۳۸۶c
هاشمی× پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک ×نانو اکسید روی	۰/۱۷۸ d	۰/۰۳۰ abc	۱/۵۸ f	۱۳۱/۳۵cde	۶۸/۳۹ gh	۲۸/۸۸ cde	۰/۳۶۰ ab	۴/۳۷۹c
هاشمی× پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک × نانو سیلیکون	۰/۱۶۴ gh	۰/۰۲۴ efgh	۱/۴۵ ij	۱۲۷/۵۸n	۶۷/۵۸ j	۲۸/۷۱ cdefg	۰/۲۶۳ ghi	۴/۲۴۳c
هاشمی×پنج روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک× نانو اکسید روی+ نانو سیلیکون	۰/۱۶۵ gh	۰/۰۱۷ j	۱/۴۲ j	۱۲۹/۲۵jkl	۶۸/۰۷ hi	۲۸/۱۳ hi	۰/۲۸۳ defghi	۴/۳۵۹c

در هر ستون، میانگین‌های هر تیمار که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD باهمدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد نانو اکسید روی و نانو سیلیکون اثر مثبتی بر ویژگی‌های کمی و کیفی برنج دارد. استفاده از ارقام مقاوم به تنش خشکی و همچنین ثبات عملکرد در این شرایط بسیار اهمیت دارد. نتایج نشان داد استفاده از نانو کودها توانسته است در شرایط تنش خشکی سبب حفظ و افزایش عملکرد در ارقام برنج گردد. در این مطالعه مشخص شد که رقم شیرودی واکنش بهتری را به محلول‌پاشی نانو کودها از خود نشان داده است. بدین ترتیب، می‌توان اظهار کرد که کاربرد نانواکسیدروی و سیلیکون می‌تواند برای بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی برنج در شرایط قطع آبیاری مفید واقع گردد. در این راستا، پیشنهاد می‌شود در مطالعه‌های آینده کارایی و سودمندی نانو کودهای روی و سیلیکون با انواع کودهای روی و سیلیکون غیر نانو متداول در کشاورزی مورد مقایسه قرار گیرند.

منابع

بای بوردی، ا. ۱۳۸۵. نقش روی در تغذیه گیاهی و حاصلخیزی خاک. انتشارات پریور، ص ۱۷۹.

خواجه، م.، موسوی‌نیک، س. م.، سیروس‌مهر، ع.، یدالهی ده‌چشمه، پ. و امیری، ا. ۱۳۹۴. اثر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سیلیکون بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی گندم در منطقه سیستان. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷ (۲۶) :۱۹-۵.

رئیسی ساداتی، س.ی.، جهانبخش، گ.ک.س.، عبادی،ع. و صدقی، م. ۱۳۹۹. اثر محلول‌پاشی نانو اکسید روی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم تحت تنش خشکی. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۲ (۴۶): ۴۵-۶۴.

عباسی، ن.، چراغی، ج. و حاجی نیا، س. ۱۳۹۸. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی به‌صورت نانو شیمیایی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه دو رقم گندم نان. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۳): ۸۵-۱۰۴.

عبداله‌پور، ش. و زارعی، س. ۱۳۸۹. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع گندم دیم استان کرمانشاه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۰ (۱): ۹۷-۱۰۶.

قاسمی لمراسکی، م.، نورمحمدی، ق.، مدنی، ح.، حیدری شریف آباد، ح. و مبصر، ح.ر. ۱۳۹۳. تاثیر محلول-پاشی سیلیس و پتاسیم و کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام برنج ایرانی طارم هاشمی و طارم محلی (*Oryza sativa* L.). نشریه یافته‌های نوین کشاورزی. ۹ (۳۳): ۴۷-۶۶.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

Amirjani, M. R., Askari, M., and Askari, F. 2014. Effect of nano zinc oxide on alkaloids, enzymatic and antienzymatic antioxidant contents and some physiological parameters of catharantus roseus. Journal of Cell Tissue. 5: 173-183.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC, USA.

Avis, T.J., Grave, V., Antoun, H. and Tweddell. R.J. 2008. Multifaceted beneficial effects ofrhizosphere microorganisms on plant health and productivity. Soil Biology and Biochemistry. 40: 1733-1740.

Barada, L. P., Cutter, L., Montoya, J. P., Webb, E. A., Capone, D. G., and Sanudo-Wilhelmy, S. 2013. The distribution of thiamin and pyridoxine in the western tropical North Atlantic Amazon River plume. Frontiers in microbiology. 4: 25.

Baybordi, A. and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods for efficiency ofzinc and iron for Canola (*Brssica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae. 2(1): 94-103.

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.

Bertrand, E. M., and Allen, A. E. 2012. Influence of vitamin B auxotrophy on nitrogen metabolism in eukaryotic phytoplankton. Frontiers in microbiology. 3: 375.

Binkoski, A. E., Kris-Etherton, P. M., Wilson, T. A., Mountain, M. L., and Nicolosi, R. J. 2005. Balance of unsaturated fatty acids is important to a cholesterol-lowering diet: comparison of mid-oleic sunflower oil and olive oil on cardiovascular disease risk factors. Journal of the American Dietetic Association. 105(7): 1080-1086.

Chaudhary, S. M., Muzzammil, H., Iqbal, J. and Anjum, M. A. 2009. Effct of nitrogen doses on incidence of bacterial leaf blight in rice.Journal of Agricultural Research. 47(3): 253-258.

Chen, W., Yao, X., Cai, K., and Chen, J. 2011. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biological trace element research. 142 (1): 67-76.

Chinnamuthu, C.R. and Murugesa Boopathi, P. 2009. Nanotechnology and agroecosystem. Madras Agricultural Journal. 96 (1-6): 17-31.

Cui, H.C., Sun, Q., Liu, J. and Gu, W. 2006. Applications of nano-technology inagrochemical formulation. Perspective challenges and strategies, Institute of environment andsustainable development in agriculture. Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijig, China. P: 1-6.

Fallah, A. 2000. Effects of silicon and nitrogen on growth lodging and spike let filling in rice. PhD Thesis, University of the Philippines Losbanos. 108p.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

Floch, J. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal Biologhical Chemestery. 226: 497-509.

Franzluebbers, A. J. and Francis, C. A. 1995. Energy output: input ratio of maize and sorghum management systems in eastern Nebraska. Agriculture, Ecosystems and Environment. 53 (3): 271-278.

Hanson, A. D. and Hitz, W. D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. Annual Review of Plant Physiology. 33(1): 163-203.

Helliwell, K. E., Wheeler, G. L. and Smith, A. G. 2013. Widespread decay of vitamin-related pathways: coincidence or consequence?. Trends in Genetics. 29(8): 469-478.

Iqbal, T. 2007. Energy input and output for production of boro rice in Bangladesh. EJEAFChe. 6(5): 2144-2149.

Jones, M. M. and Turner, N. C. 1980. Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to water deficits. Functional Plant Biology. 7(2): 181-192.

Jorgensen, S. L., Hannisdal, B., Lanzén, A., Baumberger, T., Flesland, K., Fonseca, R. and Schleper, C. 2012. Correlating microbial community profiles with geochemical data in highly stratified sediments from the Arctic Mid-Ocean Ridge. Proceedings of the National Academy of Sciences. 109 (42): E2846-E2855.

Karami, S., Modarres-Sanavy, M., Ghanehpour, S. and Keshavarz, H. 2016. Effect of foliar zinc application on yield and, physiological traits and seed vigor of two soybean cultivars under water deficit. Notulae Scientia Biologicae. 8(2): 181-191.

Karami, H., Maleki, A. and Fathi, A. 2018. Determination Effect of Mycorrhiza and Vermicompost on Accumulation of Seed Nutrient Elements in Maize (*Zea mays* L.) Affected by Chemical Fertilizer. Journal of Crop Nutrition Science. 4(3): 15-29.

Khan, S., Khan. M.A. and Latif, N. 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Soil and Environment. 29(1): 61 – 68.

Koch, F., Marcoval, M. A., Panzeca, C., Bruland, K. W., Sanudo-Wilhelmy, S. A. and Gobler, C. J. 2011. The effect of vitamin B12 on phytoplankton growth and community structure in the Gulf of Alaska. Limnology and Oceanography. 56(3): 1023-1034.

Koch, F., Hattenrath-Lehmann, T. K., Goleski, J. A., Sanudo-Wilhelmy, S., Fisher, N. S. and Gobler, C. J. 2012. Vitamin B1 and B12 uptake and cycling by plankton communities in coastal ecosystems. Frontiers in microbiology. 3: 363.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

Koch, F., Sanudo-Wilhelmy, S. A., Fisher, N. S. and Gobler, C. J. 2013. Effect of vitamins B1 and B12 on bloom dynamics of the harmful brown tide alga, Aureococcus anophagefferens (Pelagophyceae). Limnology and oceanography. 58(5): 1761-1774.

Liang, Y. C., Sun, W. C. and Mheld, V. 2005. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. Plant Pathol. 54: 678-685.

Lum, M. S., Hanafi, M. M., Rafii, Y. M. and Akmar, A. S. N. 2014. Effect of drought stress on growth, proline and antioxidant enzyme activities of upland rice. Journal of Animal and Plant Sciences. 24: 1487-1493.

Ma J.F. and Takahashi E. 2002. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Amsterdam: Elsevier Science, 294 pp.

Mandaşescu, S., Mocanu, V., Dăscaliţa, A. M., Haliga, R., Nestian, I., Stitt, P. A. and Luca, V. 2005. Flaxseed supplementation in hyperlipidemic patients. Revista medico-chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi. 109(3): 502-506.

Mobasser, H. R., Ghanbari-Malidareh, A. and Sedghi, A. H. 2008. Effect of silicon application to nitrogen rate and spliting on agronomical characterstics of rice (*Oryza sativa* L.). In Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, pp. 26-31.

Morgan, J.M. 1992. Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. Functional Plant Biology. 19: 67-76.

Nolla, A., R. J. Faria, Korndorfer, G. H. and Silva, T. R. B. 2012. Effect of Slicon on drught tolerance of upland rice. Journal of Agricultur and Environment. 10 (1): 269-272.

Prasad, K. 2005. Hypocholesterolemic and antiatherosclerotic effect of flax lignan complex isolated from flaxseed. Atherosclerosis. 179 (2): 269-75.

Reddy, B. S. and Chakraverty, A. 2004. Physical properties of raw and parboiled paddy. Biosystems Engineering. 88(4): 461-466.

Sanudo-Wilhelmy, S. A., Gomez-Consarnau, L., Suffridge, C. and Webb, E. A. 2014. The role of B vitamins in marine biogeochemistry. Annual review of marine science. 6: 339-367.

Stewart, E.A. 1989. Analysis of vegetation and other organic material. In: Acad. Press, New York. Pp: 46-60

Swanton, C.J., Murphy, S.D., Hume, D.J. and Clements, D.R. 1996. Recent improvements in the energy efficiency of agriculture: Case studies from Ontario, Canada. Agricultural Systems. 52: 399-418.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]

Tems, C.E., Berelson, W.M. and Prokopenko, M.G. 2015. Particulate d 15 Ninlaminate dmarine sediment sasaproxy formixing between the California Under current and the California Current: aproof of concept. Geophysic Research Letter. 42: 419–427.

Welch, R. M. 2001. Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale. Plant Nutrition. 92: 284-285.

Xu, L., Han, L. and Huang, B. 2011. Antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves of Kentucky bluegrass in response to drought and post-drought recovery. Journal of the American Society for Horticultural Science. 136 (4): 247-255.

Yazdpour, H., Noormohamadi, G., Madani, H., Abad, H. H. S., Mobasser, H. R. and Oshri, M. 2014. Role of nano-silicon and other silicon resources on straw and grain protein, phosphorus and silicon contents in Iranian rice cultivar (*Oryza sativa* cv. Tarom). International Journal of Biosciences. 5: 449-456.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-08-20]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1400.13.49.6.1]