دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره دوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۴
http://arpe.gonbad.ac.ir

# بررسی تأثیر محیط و محلول‌پاشی سیلیس بر رشد رویشی ارقام برنج در فصل پاییز

**الهیار فلاح[1*]، سحر نوری[2]، یوسف نیک‌نژاد[3]**

[1]استادیار و عضو هیات علمی پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل

[2]دانش آموخته گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌اله آملی

[3]استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت‌اله آملی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷

**چکیده**

**به‌منظور بررسی تأثیر محیط و محلول‌پاشی سیلیس بر رشد رویشی ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.)، آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج رقم برنج طارم محلی، شیرودی، فجر، کشوری و کوهسار در دو محیط فضای باز و گلخانه همراه با محلول‌پاشی ۵ در هزار کود سیلیس مایع در مرحله اواسط پنجه‌زنی بر روی یک بوته در هر گلدان بود. در مرحله حداکثر پنجه‌زنی ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل اندازه‌گیری شد. بیشترین وزن خشک برگ و ساقه برای ارقام طارم محلی و فجر در محیط گلخانه با محلول‌پاشی سیلیس به‌ترتیب به‌میزان ۱/۹۲، ۱/۸۱، ۱/۸۷ و ۱/۸۹ گرم در کپه بود. محیط گلخانه در مقایسه با محیط باز باعث افزایش ۷۰-۳۰ درصدی رشد رویشی ارقام برنج در مرحله پنجه‌زنی شد. محلول‌پاشی سیلیس در محیط باز اثر مثبتی بر رشد رویشی ارقام برنج در مقایسه با محیط گلخانه نشان نداد. محلول‌پاشی سیلیس باعث تعدیل اثر دمای پایین بر رشد برنج در فصل پاییز نشد. در فضای باز رقم کوهسار و طارم محلی رشد رویشی بهتری از سایر ارقام برنج داشتند.**

***واژه‌های کلیدی:*** **برنج، دما، کود مایع سیلیکاته، وزن خشک، مکان**

[*]نویسنده مسئول: a.fallah@areo.ir



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

**مقدمه**

محیط رشد گیاه مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی، خاکی و بیولوژی است که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Normohamadi *et al.,* 2000). دمای محیط یکی از عوامل محیطی مؤثر بر رشد گیاهان محسوب می‌شود زیرا سرعت فعالیت‌های متابولیکی تابع درجه حرات محیط است. برنج (*Oryza sativa* L) گیاهی است یک‌ساله علفی که منشاء گرمسیری و نیمه گرمسیری دارد و جزو گیاهان حساس به سرما طبقه‌بندی می‌شود (Yoshida, 1981). گیاه برنج برای رشد نیاز به نور، دما، دی‌اکسیدکربن و عناصر غذایی دارد (Marschner, 1995). حداقل دمای محیط مورد نیاز برای مرحله رویشی برنج، ۱۵ درجه سانتیگراد و دمای مطلوب بین ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Lee, 2001).

معمولاً مصرف عناصر غذایی به‌صورت دادن کود به گیاه می‌باشد. کوددهی در زراعت برنج به‌صورت گرانول و محلول‌پاشی است (Marschner, 1995). اپستین (Epstein, 1999) اظهار داشت که، محلول‌پاشی سیلیس باعث بهبود رشد و نمو چندین گونه گیاهی شامل برنج، نیشکر، گندم و خیار شد. سیلیس در گیاهان به‌صورت منوسیلیسیلیک اسید و نیز اورتوسیلیسیلیک اسید ($H_2SiO_4$) به وسیله انتشار و نیز به‌وسیله تأثیر فشار تعرقی ریشه از طریق جریان توده‌ای جذب می‌شود (Elawad and Green, 1979). ما و همکاران (Ma *et al.*, 2011) بیان داشتند که، سیلیس درون آوند آبکش به شکل مونوسیلیک جذب شده و توسط ژن $Lsi_6$ کنترل می‌شود. یوگندرا و همکاران (Yogendra *et al*., 2011) بیان داشتند که، مصرف توأم نیتروژن و سیلیس روی رشد گیاه برنج مؤثر است. فلاح و الیاسی (Fallahand and Elyasi, 2012) نتیجه گرفتند که، با افزایش مصرف سیلیس در گلدان، غلظت سیلیس برگ افزایش یافت و تأثیر سیلیس در آزمایش‌های گلدانی بیشتر از آزمایش مزرعه‌ای بود. همچنین با مصرف کود سیلیکاته وزن خشک کل و عملکرد برنج رقم طارم هاشمی افزایش یافت.

مطالعات ما (Ma, 2003) نشان داد که، سیلیس نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های محیطی دارد. ذخیره سیلیس به شکل ژل سیلیکا در ساقه غلات باعث استحکام آنها می‌شود و در نتیجه باعث کاهش ورس خواهد شد. فلاح (Fallah, 2012) گزارش کرد که، مصرف سیلیسیم ($Sio_2$) به‌صورت کود باعث افزایش تحمل گیاه برنج نسبت به ورس شد. سیلیسیم، سمیّت آهن و منگنز را در گیاه برنج کاهش می‌دهد (Marschner, 1995). در گیاهانی مانند برنج، سیلیسیم با افزایش حجم و استحکام فضای سرشار از هوا در ریشه‌ها و ساقه‌ها و در نتیجه افزایش جابجایی اکسیژن از ساقه‌ها به ریشه‌های غرقاب، قدرت اکسیدکنندگی ریشه‌ها را نیز افزایش می‌دهد (Savant *et al.*, 1997). برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که، مصرف کود سیلیس باعث افزایش تحمل گیاه برنج در برابر خشکی و کمبود آب شده است (Matsuo *et al.*, 1995). سیلیسیم باعث افزایش مقاومت برنج نسبت به بیماری‌های قارچی نظیر سوختگی برگ یا سنبله، لک قهوه‌ای، سفیدک پودری، آلودگی بلاست و آفاتی نظیر ساقه خوار و زنجره



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

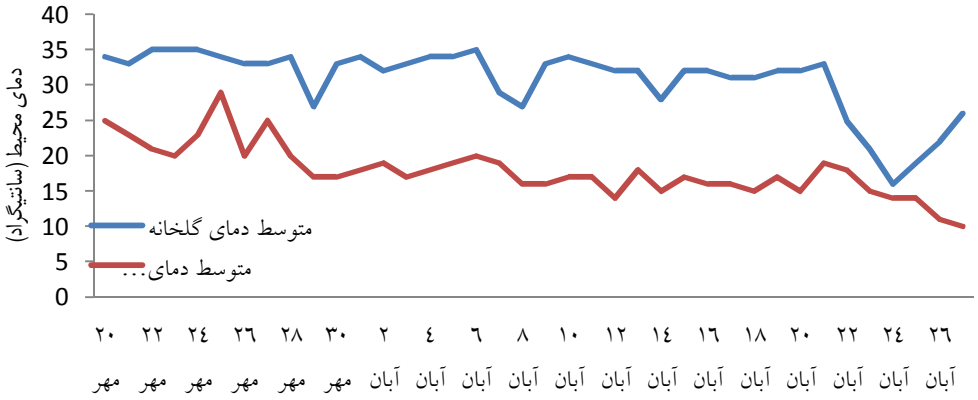
می‌شود (Epstein, 1999). گزارشات کمی در مورد نقش سیلیس بر روی افزایش تحمل گیاه برنج نسبت به دمای پایین وجود دارد (Elawad and Green, 1979). بنابراین این آزمایش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی سیلیس بر رشد رویشی ارقام مختلف برنج در محیط گلخانه و فضای باز در فصل پاییز انجام شد.

## مواد و روش‌ها

جهت بررسی تأثیر دمای محیط و محلول‌پاشی سیلیس بر رشد رویشی ارقام مختلف برنج، آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) در پاییز ۱۳۹۲ انجام شد. هر گلدان حاوی خاک سیلتی لوم گرفته شده از مزرعه شالیزاری به مقدار ۶ کیلوگرم بود. مقدار ۲ گرم کود اوره، سولفات پتاسیم و ترپیل به هر گلدان اضافه شد و با خاک مخلوط گردید. برای تهیه نشاء از هر رقم به‌میزان ۱۰۰ گرم بذر پس از ضدعفونی با محلول ۲ در هزار کاربوکسین تیرام، بر روی جعبه بذر پاشیده و بعد از ۳۰ روز نشاها، آمده شد. در هر گلدان دو بوته از هر رقم نشاکاری شد و جمعاً ۱۵ گلدان درون گلخانه و ۱۵ گلدان در فضای باز نگهداری شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج رقم برنج طارم محلی، شیرودی، فجر، کشوری و کوهسار در دو محیط فضای باز و گلخانه همراه با محلول‌پاشی ۵ در هزار کود سیلیس مایع در مرحله اواسط پنجه‌زنی برروی یک بوته در هر گلدان بود. دمای محیط با دماسنج ماکزیمیم-منیمیم، دو بار در روز ثبت و متوسط آن در شکل ۱ ارائه شده است. طارم محلی رقم بومی استان مازندران است که دارای عطر و طعم خوبی است و متوسط عملکرد آن ۵-۴ تن در هکتار ولی ارقام شیرودی، فجر، کشوری و کوهسار ارقام اصلاح شده پر محصول هستند که متوسط عملکرد آنها ۸-۶ تن در هکتار بوده ولی عملکرد رقم کوهسار از سه تای دیگر کمتر می‌باشد. طول دوره رویشی ارقام طارم محلی و کوهسار کمتر از سه رقم دیگر می‌باشد (Omrani and Beaicknejad, 2011). در مرحله حداکثر پنجه‌زنی ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل اندازه‌گیری شد. برای سنجش، از هر گلدان هر دو بوته (تیمار با سیلیس و بدون تیمار) را از ریشه در آورده و پس از شستن، ریشه را از محل طوقه جدا کرده و همچنین با جدا نمودن برگ و ساقه، سطح برگ را با دستگاه سطح برگ سنج (Inc: Lincoln, LI- 3100, Area Meter, LI- COR, Nebraska. USA) بر حسب سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با ترازوی با دقت یک صدم توزین شد. داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS و به روش تجزیه مرکب مکان و در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی تجزیه شد. مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]




شکل ۱- متوسط دمای محیط در گلخانه و فضای باز در مهر و آبان ماه سال ۱۳۹۲

## نتایج و بحث

**ارتفاع بوته:** جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر صفت ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود، در حالی که اثر سیلیس معنی‌دار نشد. اثرات متقابل رقم × سیلیس در سطح یک درصد ولی اثر متقابل رقم × محیط در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم × محیط (جدول ۲) نشان داد که، بلندترین ارتفاع بوته در مرحله حداکثر پنجه‌زنی معادل ۹۸/۳۳ سانتی‌متر مربوط به رقم طارم محلی در محیط گلخانه بود که معادل ۳۵ درصد نسبت به محیط باز افزایش نشان داد. کمترین ارتفاع بوته مربوط به رقم کشوری و شیرودی در گلخانه و فضای باز بود که به ترتیب معادل ۶۰ و ۴۴ سانتی‌متر بود. جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیس× رقم (جدول ۳) بیانگر این است که، بلندترین ارتفاع معادل ۸۸/۳۳ سانتی‌متر متعلق به‌رقم طارم محلی با تیمار محلول‌پاشی سیلیس بود که معادل ۱۵/۵ درصد نسبت به عدم مصرف سیلیس افزایش داشت، در حالی که اعمال تیمار سیلیس بر سایر ارقام اثری نداشت. جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیس× محیط (جدول ۴) نشان داد که، محلول‌پاشی سیلیس باعث افزایش جزیی ارتفاع بوته شد ولی معنی‌دار نبود. میزان افزایش ناشی از محلول‌پاشی سیلیس در محیط گلخانه ۱/۶ و در محیط باز ۲/۲ درصد بود. فلاح و همکاران (Fallah *et al.*, 2004) نتیجه گرفتند که، مصرف کود سیلیس در کشت آبی باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه برنج در مرحله حداکثر پنجه‌زنی شد. قنبری مالیدره و همکاران (Ghanbari-Malidarreh *et al.*, 2010) نیز دریافتند که، ارتفاع گیاه برنج در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۶۰۰ کیلوگرم سیلیس معدنی در هکتار افزایش یافت.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

**تعداد پنجه در کپه:** جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر صفت تعداد پنجه در کپه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثرات متقابل سیلیس × رقم و رقم × محیط در سطح یک درصد معنی‌دار شد. جدول اثر متقابل رقم × محیط (جدول ۲) نشان داد که، بیشترین تعداد پنجه معادل ۱۱/۱۶ عدد مربوط به رقم فجر در گلخانه بود که نسبت به فضای باز معادل ۶۸/۶ درصد افزایش داشت. جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیس × رقم (جدول ۳) بیانگر این است که، عکس‌العمل ارقام نسبت به مصرف محلول‌پاشی سیلیس بسته به محیط متفاوت بود در طارم محلی و فجر مصرف سیلیس باعث افزایش تعداد پنجه در کپه شد، ولی در ارقام کشوری و کوهسار کاهش تعداد پنجه مشاهده شد. جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیس × محیط (جدول۴) نیز نشان داد، اثر سیلیس در دو محیط تفاوتی نداشت. فلاح و همکاران (Fallah *et al.*, 2004) نتیجه گرفتند که، مصرف سیلیس باعث افزایش تعداد پنجه در گیاه برنج در آزمایش گلدانی شد ولی در این آزمایش تفاوت در تعداد پنجه ناشی از اثر محیط و رقم بود و اثر کود مایع سیلیس جزیی بود.

**سطح برگ در کپه:** جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر صفت سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر سیلیس معنی‌دار نشد. اثرات متقابل سیلیس × محیط و رقم × محیط در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سیلیس × رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × محیط (جدول ۲) نشان داد که، بیشترین سطح برگ معادل ۴۸۲/۲۰ سانتی‌متر مربع در کپه مربوط به رقم طارم محلی در گلخانه بود و کمترین آن مربوط به رقم کشور معادل ۵۶/۹۴ سانتی‌متر مربع در فضای باز بود. مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیس × رقم (جدول ۳) نشان داد که، بیشترین سطح برگ معادل ۳۱۹/۴۴ سانتی‌متر مربع مربوط به طارم محلی در تیمار محلول‌پاشی سیلیس بود که معادل ۴۳/۷۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. جدول مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیس × محیط (جدول ۴) نشان داد که، بیشترین سطح برگ مربوط به عدم مصرف سیلیس در هر دو محیط گلخانه و فضای آزاد که معادل ۷۶/۶۹ درصد نسبت به تیمار محلول‌پاشی سیلیس در گلخانه و فضای باز بیشتر بود. فلاح و همکاران (Fallah *et al.*, 2004) نتیجه گرفتند که، مصرف سیلیس باعث افزایش سطح برگ در گیاه برنج در آزمایش گلدانی شد، در حالی که در این آزمایش، سیلیس اثر مثبتی بر رشد برگ نداشت.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]



جدول ۱- تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در کپه، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل در کپه

| منبع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | تعداد پنجه در کپه | سطح برگ در کپه | وزن خشک برگ در کپه | وزن خشک ساقه در کپه | وزن خشک ریشه در کپه | وزن خشک کل در کپه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| محیط | ۱ | ۶۳۸۶/۰۱** | ۲۴۸/۰۶** | ۱۱۳۱۲۷۱/۲۷** | ۳/۷۱** | ۴/۱۲** | ۱۶/۷۶** | ۶۸/۶۵** |
| خطای اول | ۴ | ۳/۱۱ | ۰/۴۶ | ۳۴۸۷/۷۴ | ۰/۰۷۸ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۴۰ | ۰/۵۶ |
| سیلیس | ۱ | ۲۲/۸۱ ns | ۰/۲۶ ns | ۵۶۵/۴۳ ns | ۰/۰۱۷ns | ۰/۱۰۷ ns | ۰/۱۵۶ ns | ۰/۴۷ ns |
| رقم | ۴ | ۲۵۷۶/۸۵** | ۲۱/۷۹۱** | ۱۳۷۶۶/۶۴** | ۰/۴۲۲** | ۰/۶۴۱** | ۳/۴۳** | ۱۲/۰۲** |
| رقم× سیلیس | ۴ | ۱۶۷/۴۸** | ۶/۷۲** | ۵۴۵۹/۴۴* | ۰/۱۴۰* | ۰/۱۶۳* | ۰/۶۶* | ۱/۰۰۵* |
| سیلیس× محیط | ۱ | ۰/۰۱۶ ns | ۲/۴۰ ns | ۱۴۸۸۷/۰۷** | ۰/۲۵۶ ns | ۰/۲۵۰* | ۰/۴۳۶* | ۲/۳۷* |
| رقم× محیط | ۴ | ۱۶۸/۲۶* | ۱۸/۶۰** | ۴۷۹۴۲/۱۹** | ۰/۲۴۴* | ۰/۳۱۰** | ۲/۲۷** | ۷/۳۷** |
| سیلیس×رقم×محیط | ۴ | ۷۷/۹۳ns | ۵/۴۴ ns | ۳۸۱۸/۱۱ ns | ۰/۰۹۰* | ۰/۱۲۷* | ۰/۸۸۷** | ۱/۵۵* |
| خطای دوم | ۳۶ | ۳۳/۰۹ | ۰/۸۷ | ۲۴۶۵/۱۲ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۴۰ | ۰/۰۹۰ | ۰/۴۲۶ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۸/۹۶ | ۱۸/۰۹ | ۲۰/۴۳ | ۲۵/۵۰ | ۲۱/۵۰ | ۲۸/۶۴ | ۲۱/۶۱ |

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × محیط بر صفات ارتفاع بوته ،تعداد پنجه، سطح برگ، وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل در کپه گیاه برنج در مرحله رویشی

| رقم | محیط | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد پنجه در کپه | سطح برگ (سانتی‌متر مربع در کپه) | وزن خشک برگ (گرم در کپه) | وزن خشک ساقه (گرم در کپه) | وزن خشک ریشه (گرم در کپه) | وزن خشک کل (گرم در کپه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طارم‌محلی | گلخانه | ۹۸/۳۳a | ۶c | ۴۸۲/۲۰a | ۱/۶۴a | ۱/۵۳a | ۲/۸۹a | ۶/۳۲a |
| کشوری | گلخانه | ۶۰c | ۶/۵۰bc | ۳۶۷/۹c | ۰/۹۷ab | ۰/۸۸b | ۰/۷۸b | ۲/۵۴b |
| شیرودی | گلخانه | ۶۰c | ۸b | ۳۶۷/۵۷c | ۱/۰۷ab | ۰/۹۵ab | ۰/۹۷b | ۲/۹۹b |
| فجر | گلخانه | ۶۷/۵۰c | ۱۱/۱۶a | ۴۴۱/۰۳b | ۱/۵۷a | ۱/۶۹a | ۲/۳۱a | ۵/۷۰ab |
| کوهسار | گلخانه | ۸۶/۶۶b | ۴/۳۳d | ۲۴۲/۷۳d | ۱/۰۵ab | ۰/۹۲۱b | ۰/۹۱b | ۲/۸۹b |
| طارم‌محلی | فضای باز | ۶۴/۶۶c | ۳/۱۶d | ۹۱/۰۳g | ۰/۸۴b | ۰/۷۸۳b | ۰/۷۷b | ۲/۳۹b |
| کشوری | فضای باز | ۴۴d | ۲/۶۶d | ۵۶/۹۴h | ۰/۶۰b | ۰/۵۸۶b | ۰/۵۰b | ۱/۶۹b |
| شیرودی | فضای باز | ۴۳/۱۶d | ۳d | ۱۰۷/۶۸g | ۰/۸۴b | ۰/۷۳۱b | ۰/۴۵b | ۲b |
| فجر | فضای باز | ۴۷/۱۶d | ۳/۵۰d | ۹۵/۴۵e | ۰/۷۶b | ۰/۷۱۸b | ۰/۴۴b | ۱/۹۲b |
| کوهسار | فضای باز | ۷۰/۳۳c | ۳/۳۳d | ۱۷۷/۲۹f | ۰/۷۷b | ۰/۵۳۵b | ۰/۴۳b | ۱/۷۴b |

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]



جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم × سیلیس بر صفات ارتفاع، تعداد پنجه، سطح برگ، وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل در کپه گیاه برنج در مرحله رویشی

| رقم | سیلیس | ارتفاع (سانتی‌متر) | تعداد پنجه در کپه | سطح برگ (سانتی‌متر مربع در کپه) | وزن خشک برگ (گرم در کپه) | وزن خشک ساقه (گرم در کپه) | وزن خشک ریشه (گرم در کپه) | وزن خشک کل (گرم در کپه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طارم‌محلی | شاهد | ۷۴/۶۶$^{b}$ | ۳/۶۶$^{d}$ | ۲۵۳/۷۹$^{ab}$ | ۱/۱۴$^{a}$ | ۱/۰۵$^{bc}$ | ۱/۴۱$^{b}$ | ۳/۸۱$^{ab}$ |
| طارم‌محلی | تیمار سیلیس | ۸۸/۳۳$^{a}$ | ۵/۵۰$^{bc}$ | ۳۱۹/۴۴$^{a}$ | ۱/۳۳$^{a}$ | ۱/۳۰$^{ab}$ | ۲/۲۴$^{a}$ | ۴/۹۰$^{a}$ |
| کشوری | شاهد | ۵۵$^{c}$ | ۴/۶۶$^{cd}$ | ۱۹۹/۸۴$^{b}$ | ۰/۷۰$^{a}$ | ۰/۷۱$^{c}$ | ۰/۶۵$^{cd}$ | ۱/۹۳$^{b}$ |
| کشوری | تیمار سیلیس | ۴۹$^{c}$ | ۴/۵۰$^{cd}$ | ۲۲۵/۰۹$^{b}$ | ۰/۸۶$^{a}$ | ۰/۷۵$^{c}$ | ۰/۶۳$^{cd}$ | ۲/۳۹$^{b}$ |
| شیرودی | شاهد | ۵۲/۱۶$^{c}$ | ۶/۶۶$^{ab}$ | ۲۳۳/۲۷$^{ab}$ | ۱/۰۷$^{a}$ | ۰/۹۳$^{c}$ | ۰/۵۸$^{d}$ | ۲/۵۸$^{b}$ |
| شیرودی | تیمار سیلیس | ۵۱$^{c}$ | ۴/۳۳$^{cd}$ | ۲۴۱/۹۸$^{ab}$ | ۰/۸۴$^{a}$ | ۰/۷۵$^{c}$ | ۰/۸۴$^{cd}$ | ۲/۴۱$^{b}$ |
| فجر | شاهد | ۵۶/۵۰$^{c}$ | ۶/۱۶$^{ab}$ | ۲۸۲/۴۵$^{ab}$ | ۱/۰۶$^{a}$ | ۱/۰۳$^{bc}$ | ۱/۵۸$^{b}$ | ۳/۷۹$^{ab}$ |
| فجر | تیمار سیلیس | ۵۸/۱۶$^{c}$ | ۷/۵۰$^{a}$ | ۲۵۴/۰۳$^{ab}$ | ۱/۲۸$^{a}$ | ۱/۳۷$^{a}$ | ۱/۱۷$^{bc}$ | ۳/۸۳$^{ab}$ |
| کوهسار | شاهد | ۷۹/۵۰$^{b}$ | ۴$^{cd}$ | ۲۳۰/۲۵$^{ab}$ | ۱/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۷۷$^{c}$ | ۰/۷۴$^{cd}$ | ۲/۵۲$^{b}$ |
| کوهسار | تیمار سیلیس | ۷۷/۵۰$^{b}$ | ۳/۶۶$^{d}$ | ۱۸۹/۷۷$^{b}$ | ۰/۸۳$^{a}$ | ۰/۶۷$^{c}$ | ۰/۶۰$^{d}$ | ۲/۱۱$^{b}$ |

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیس × محیط بر صفات ارتفاع، تعداد پنجه، سطح برگ، وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل در کپه گیاه برنج در مرحله رویشی

| سیلیس | محیط | ارتفاع (سانتی‌متر) | تعداد پنجه در کپه | سطح برگ (سانتی‌متر مربع در کپه) | وزن خشک برگ (گرم در کپه) | وزن خشک ساقه (گرم در کپه) | وزن خشک ریشه (گرم در کپه) | وزن خشک کل (گرم در کپه) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد | گلخانه | ۷۳/۸۶$^{a}$ | ۷/۴۶$^{a}$ | ۳۶۱/۴۸$^{a}$ | ۱/۱۰۸$^{a}$ | ۱/۰۸۸$^{a}$ | ۱/۴۴$^{a}$ | ۳/۸۰$^{ab}$ |
| شاهد | فضای باز | ۵۳/۲۶$^{a}$ | ۳$^{a}$ | ۳۹۹/۱۲$^{a}$ | ۱/۳۴$^{a}$ | ۰/۹۶$^{b}$ | ۱/۷۱$^{a}$ | ۴/۳۸$^{a}$ |
| تیمار سیلیس | گلخانه | ۷۵/۱۳$^{a}$ | ۶/۹۳$^{a}$ | ۱۱۸/۳۲$^{b}$ | ۰/۸۱۰$^{a}$ | ۱/۳۰$^{a}$ | ۰/۵۵$^{b}$ | ۲/۰۶$^{ab}$ |
| تیمار سیلیس | فضای باز | ۵۴/۴۶$^{a}$ | ۳/۳۶$^{a}$ | ۹۳$^{b}$ | ۰/۷۱$^{a}$ | ۰/۶۴$^{b}$ | ۰/۴۸$^{b}$ | ۱/۸۴$^{b}$ |

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

**وزن خشک برگ در کپه:** جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر سیلیس معنی‌دار نشد. اثرات متقابل رقم × محیط در سطح یک درصد و اثر متقابل سیلیس × رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر اثر متقابل رقم × محیط (جدول ۲) نشان دهنده این است که، بیشترین وزن خشک برگ معادل ۱/۶۴ گرم مربوط به رقم طارم محلی در محیط گلخانه و رقم فجر در گلخانه معادل ۱/۵۷ گرم است که معادل ۶۰/۹۷ درصد افزایش داشت.

**وزن خشک ساقه در کپه:** جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر سیلیس معنی‌دار نشد. اثرات متقابل سیلیس × رقم × محیط، رقم × محیط و سیلیس × محیط در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر اثر متقابل رقم × محیط (جدول ۲) بیانگر این است که، بیشترین وزن خشک ساقه مربوط به رقم طارم محلی در محیط گلخانه معادل ۱/۵۳ گرم و رقم فجر در محیط گلخانه معادل ۱/۶۹ گرم بود، که معادل ۴۰/۶۱ درصد افزایش نشان داد. در حالیکه مقایسه میانگین این صفت تحت تأثیر اثر متقابل سیلیس × رقم (جدول ۳) نشان داد که، بیشترین وزن خشک ساقه معادل ۱/۳۷ گرم مربوط به رقم فجر به همراه سیلیس بود، که معادل ۵۳/۸۴ درصد نسبت به شاهد در فضای باز افزایش داشت. مطابق جدول مقایسه میانگین این صفات تحت تأثیر اثر متقابل سیلیس × محیط (جدول ۴)، بیشترین وزن خشک ساقه معادل ۱/۳۰ گرم مربوط تیمار محلول‌پاشی سیلیس در گلخانه بود که معادل ۵۰/۷۶ درصد افزایش نسبت به شاهد در فضای باز نشان داد. محققان با مطالعه اثر سیلیس بر روی رشد گیاه برنج در مراحل مختلف رشد، افزودن و حذف سیلیس طی مراحل رشد رویشی، زایشی و رسیدگی دریافتند، زمانی‌که سیلیس طی مرحله زایشی حذف شد، وزن خشک کاه (ساقه + پهنک برگ) و دانه به‌ترتیب ۲۰ و ۵۰ درصد در مقایسه با گیاهانی که در محلول سیلیس در تمام دوره رشد کشت شدند، کاهش داشت، اما وقتی که سیلیس طی مرحله زایشی افزوده شد، وزن خشک کاه و دانه به‌ترتیب ۲۴/۳ و ۳۰ درصد بیشتر از گیاهان کشت شده در محلول بدون سیلیس در تمام دوره رشد افزایش یافت (Agarie *et al*., 1993).

**وزن خشک ریشه:** جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر سیلیس معنی‌دار نشد. اثرات متقابل رقم× محیط و اثر متقابل سیلیس × رقم × محیط در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل سیلیس× رقم و سیلیس × محیط در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین صفات تحت تأثیر اثر متقابل رقم × محیط (جدول ۲) بیانگر این است که، بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به رقم طارم محلی در گلخانه معادل ۲/۸۹ گرم و رقم فجر در گلخانه معادل ۲/۳۱ گرم بود در حالی‌که سایر ارقام



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

چه در محیط گلخانه و چه در محیط آزاد در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفتند، همچنین این دو نسبت به کمترین مقدار معادل ۸۵/۲۱ درصد افزایش داشتند. نتایج مقایسه میانگین صفات برای صفت وزن خشک ریشه تحت تأثیر اثر متقابل سیلیس × رقم (جدول ۳) نشان داد که، بیشترین وزن خشک ریشه معادل ۲/۲۴ گرم مربوط به رقم طارم محلی همراه با سیلیس بود، که معادل ۷۴/۱۰ درصد افزایش داشت. در پژوهشی سیلیس مقاومت برنج به ورس، خشکی و تجمع ماده خشک در خیار و برنج را افزایش داد (Adatia and Besford, 1986).

**وزن خشک کل:** جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که، اثر محیط و رقم بر وزن خشک کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر سیلیس معنی‌دار نشد. اثرات متقابل رقم × محیط در سطح یک درصد و اثر متقابل سیلیس × رقم، سیلیس × محیط و اثر متقابل سیلیس × رقم × محیط در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر رقم × محیط (جدول ۲) نشان داد که، بیشترین وزن خشک کل معادل ۶/۳۲ گرم مربوط به رقم طارم محلی در محیط گلخانه بود، که معادل ۷۲/۴۶ درصد افزایش داشت. نتایج مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر اثر متقابل سیلیس × رقم (جدول ۳) نشان داد که، بیشترین وزن خشک کل معادل ۴/۹۰ گرم مربوط به رقم طارم محلی به‌همراه سیلیس بود، که معادل ۶۰/۶۱ درصد افزایش داشت. جدول مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر اثر متقابل سیلیس × محیط (جدول ۴) نشان داد که، بیشترین وزن خشک کل معادل ۴/۳۸ گرم مربوط به عدم مصرف سیلیس و در فضای آزاد بود که معادل ۴۴/۷۴ درصد افزایش نشان داد. لوگینو و همکاران (Logino *et al.*, 2011) در بررسی تأثیر سیلیس بر مقاومت اجباری برنج به این نتیجه دست یافتند که، میزان بیوماس نسبت به شاهد بهبود یافت. کاربرد مکمل‌های فعال سیلیس می‌تواند گیاه را نسبت به تنش‌های مدت کوتاه محافظت کند. الواد و همکاران (Elawad *et al.*, 1982) گزارش نمودند، مصرف کود سیلیکاته باعث افزایش بیوماس تولیدی نیشکر شد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که، رقم × محیط و رقم × سیلیس و محیط × سیلیس بر روی صفات رشد رویشی تأثیر معنی‌داری داشتند. صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و برگ، ساقه در گلخانه با محلول‌پاشی سیلیس افزایش یافت. بیشترین وزن خشک برگ مربوط به رقم کوهسار و وزن خشک کل مربوط به رقم طارم محلی بود. فضای باز در مقایسه با گلخانه سبب کاهش رشد گیاه برنج شد و محلول‌پاشی سیلیس نتوانست باعث بهبود رشد گیاه برنج در فضای باز با دمای پایین شود. رقم کوهسار



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

برای محیط باز مناسب است و ضروری است در آینده نیاز حرارتی یا درجه روز دمـای مـورد نیـاز ارقـام برنج را درکشت پاییزه مشخص نمود.

## منابع


Agarie S., Uchida H., Agata W., Kubota F., Kaufman P.B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice plant (*Oryza sativa* L.). Crop Production and Improvement Technology, 34: 225-234.

Adatia M.H., Besford A.T. 1986. The effects of silicon on cucumber plants grow in recirculating nutrient solution. Annuals of Botany, 58: 343-351.

Elawad S.H., Green V.E. 1979. Silicon and the rice plant environment: A review of recent research. 1\ Riso, 28: 235-253.

Elawad S.H., Street J.J., Gascho G.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. Journal of Agronomy, 74(3): 481-484.

Epstein E. 1999. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50: 641-664.

Fallah A. 2012. Study of silicon and nitrogen effects on some physiological characters of rice. IJACS, 4 (5): 238-241

Fallah A., Elyasi H. 2012. Effect of different rate of silicate fertilizer on the growth and yield of Tarom Hashemi rice variety. Journal of Agronomy Sciences A semiannual of Shehed University. 5 (7): 29-40. (In Persian).

Fallah A., Visperas R.M., Alejar A.A. 2004. The interactive effect of silicon and nitrogen on growth and spikelet filling in rice (*Oryza sativa* L.). The Philippine Agricultural Scientist, 87:174-176.

Ghanbari-Malidarreh A., Alavi S.V., Dastan S. 2011. Effect of silicon and phosphorus rates on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, Beijing, China.

Lee M.H. 2001. Low Temperature tolerance in Rice: The Korean Experience. International Rice Research Institute (IRRI), 69 p.

Ma J.F. 2003. Functions of silicon in higher plants. In: Muller W. (Ed), Silicon bio mineralization. Springer Verlag, Berlin, Pp: 127-147.

Ma J.F., Yamaji N., Mitani-Ueno N. 2011. Transport of silicon from roots to panicles in different plant species. Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, Beijing, China.

Normohamadi G.H., Seadat A., Kashani A. 2000. Cereal Crop Management. Published by Chamran University, 446 p. (In Persian).

Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. London، UK: Academic Press, 889 p.

Matsuo T., Kmazawa K., Ishii R., Ishihara K., Hirata J.J. 1995. Science of the Rice




[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

Plant. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo (Japan), 2: 1240-1245.

Omrani M., Beaicknejad S. 2011. Rice Released Varieties by Rice Research Institute of Iran- Deputy of Mazadaran, 84 p. (In Persian).

Savant N., Snyder G.H.K., Datnoff L.E. 1999. Silicon management and sustainable rice production. Advances in Agronomy, 58: 151-199.

Yogendra N.D., Kumara B.H., Chandrashekhar N., Shashidhar H.E., Prakash N.B. 2011. Silicon and nitrogen use efficiency in aerobic rice. Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, Beijing, China.

Yoshida S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Philippines, 269 p.



[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]

[ Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-08 ]