Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان ۱۳۹۸ / صفحات: ۷۳-۶۰

اثرات همزمان نانوذرات سیلیس، پتاسیم، کود بیولوژیک و شیمیایی نیتروژن بر جذب برخی عناصر و عملکرد شلتوک ارقام برنج (*Oryza sativa* L.)

مهرداد قاسمی لمراسکی[۱]، حمید مدنی[۲]، نصیبه رضوان طلب[۳*]، سلمان دستان[٤]

[۱]گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[۲] گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

[۳] دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۳]پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲٦

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نانوذرات سیلیس و پتاسیم و مقادیر نیتروژن در دو رقم بومی و اصلاح شده برنج، تحقیقی در مزرعه‌ای واقع در شهرستان ساری در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت – فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. دو رقم بومی طارم محلی و اصلاح شده طارم هاشمی به‌عنوان عامل اصلی و کود نیتروژن در سه سطح شامل ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار به همراه کود بیولوژیک نیتروکسین (بدون مصرف کود شیمیایی نیتروژن) و نانو ذرات در سه سطح محلول‌پاشی نانوسیلیکون (۲۰ پی‌پی‌ام)، محلول‌پاشی نانو پتاسیم (به میزان دو در هزار) و عدم مصرف آنها (شاهد) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد رقم طارم هاشمی حداکثر عملکرد شلتوک (۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن و نانوپتاسیم تولید شد. برای رقم طارم محلی نیز بیشترین عملکرد شلتوک (٤٦۵۷ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن و نانوپتاسیم به‌دست آمد. بیشترین غلظت سیلیس شلتوک با مصرف نانوسیلیس به‌دست آمد. بیشترین غلظت نیتروژن و پتاسیم شلتوک با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. برای هر دو رقم بیشترین غلظت پتاسیم شلتوک با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه مصرف نانوپتاسیم و نانوسیلیس حاصل شد. بنابراین، مصرف نانوذرات در هر دو رقم باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی برنج شد. از این‌رو، استفاده از منابع کودی نانوسیلیس و نانوپتاسیم در برنامه تغذیه برنج می‌تواند در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت دانه و همچنین افزایش تحمل به تنش های محیطی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد شلتوک، نانوپتاسیم، نانوسیلیس، نیتروژن، نیتروکسین.

مقدمه

کشاورزی پایدار سعی بر آن دارد که ضمن اقتصادی کردن امر تولید از طریق استفاده بهینه از تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی و افزایش مواد آلی خاک‌ها، حفاظت از محیط زیست که متعلق به نسل‌های کنونی و آتی بوده و ضامن سلامت یکایک افراد جامعه می‌باشد نیز در نظر گرفته شود. کاربرد فزآینده کودهای شیمیایی، به همراه شکل‌گیری سیستم‌های پرتولید و فشرده کشاورزی، وقوع این پیشرفت‌ها را با هزینه اقتصادی نسبتاً اندکی میسر ساخت و همین موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی

*نویسنده مسئول: na_rezvan@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

همچون زوال کیفی خاک، آلودگی‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی، آلودگی هوا، کاهش تنوع زیستی و تلفات کارکردهای بوم‌نظام‌های کشاورزی نیز شده است. رفع چالش‌های موجود در افزایش و تولید پایدار محصولات زراعی از جمله اهداف راهبردی در جهت حصول به امنیت غذایی و سلامت جامعه در ایران می‌باشد (Kamkar and Mahdavi-damghani, 2008).

سیلیسیم (سیلیکون) دومین عنصر بسیار فراوان در خاک است که تقریباً ۲۸ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد (Elawad and Green,1979). اثرات مفید آن شامل کاهش سمیت فلزات سنگین مانند کاهش آلومینیوم در گیاه، تأثیر مثبت بر فتوسنتز، مقاومت به آفات و بیماری‌ها، خوابیدگی در غلات و کاهش اختلالات فیزیولوژیکی می‌باشد (Khaldbrin and Eslsmzade, 2001; Rahimi and Kafi, 2010; Romero-Aranda et al., 2006; Peyvast et al., 2009). در پژوهشی که ارقام مختلف ارزن را تحت تیمار محلول پاشی سیلیس قرار گرفتند گزارش شد ارقام در جذب سیلیس متفاوت می‌باشند و همچنین سیلیس بر رشد، عملکرد، جذب مواد غذایی و بیماری‌ها اثر معنی‌داری دارد به‌طوری‌که بیشترین تجمع سیلیس به‌ترتیب از بیشترین تا کمترین مربوط به گلوم، کاه و دانه می‌باشد (Sandhya et al., 2011).

Camargo-Msartori و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند افزایش میزان سیلیس می‌تواند pH، کلسیم و منیزیم را بهبود بخشد و از طرفی باعث کاهش خسارت کرم ساقه‌خوار در نیشکر گردد. Behtash و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که کاربرد سیلیس باعث افزایش معنی‌دار غلظت سیلیس در برگ و ریشه گیاه شد. Fallah (۲۰۰۸) گزارش کرد که مصرف سیلیکات سدیم موجب افزایش غلظت سیلیس در ریشه، ساقه، برگ‌ها و خوشه برنج گردید. طی تحقیقی نشان داده شد که استفاده از سیلیسیم در برنج منجر به افزایش این عنصر در اندام‌های هوایی به‌خصوص در دانه‌ها شد (Chen et al., 2010). در نتایج آزمایشی میزان سیلیسیم در قسمت‌های هوایی گیاه مانند برگ، گل و ساقه گل‌دهنده به‌طور معنی‌داری از گیاهان شاهد بیشتر بود در نتیجه سیلیسیم در اندام‌های هوایی گیاه جذب شده است (Kamenidou et al., 2011; Jian-Peng et al., 2009).

در بین عناصر مورد نیاز گیاه برنج، نیتروژن سومین عنصر از نظر مقدار جذب پس از سیلیکون و پتاس قرار دارد. در تولید برنج کاربرد نیتروژن جهت افزایش عملکرد باعث شیوع بیماری‌ها از جمله بلاست می‌شود ولی کاربرد سیلیس شدت بیماری را کاهش داده و عامل افزایش ۱۰ درصد در عملکرد و کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصد خسارت کرم ساقه‌خوار شد (Fallah et al., 2011). کاربرد نیتروژن سبب افزایش جذب پتاسیم، فسفر، گوگرد، کلسیم و منیزیم، به‌شرطی که این عناصر به اندازه کافی در محیط رشد باشد می‌شود (Wilkinson et al., 2000). مصرف نیتروژن به‌عنوان یک نهاده کلیدی و سبب افزایش عملکرد ۷۰ تا ۸۰ درصد در برنج شد (Islam et al., 2009) و بر عملکرد و اجزای عملکرد در سطح معنی‌داری مؤثر بود (Yoseftabar, 2013). Tabrizi و همکاران (۲۰۱۱) نیز نظر موافقی را بیان داشتند. در مطالعه‌ای با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن به‌طور معنی‌داری تعداد خوشه در متر مربع، درصد خوشه‌چه پر و وزن هزار دانه کاهش یافت و بیشترین تعداد پنجه در کپه، طول خوشه و درصد خوشه‌چه‌پر با تقسیط نیتروژن ۲۵ تا ۳۳/۳ درصد در مرحله نشاکاری، ظهور خوشه و خوشه‌دهی کامل به‌دست آمد (Mobasser et al., 2008).

Ghanbari-Malidarreh و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که مقادیر صفر و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد دانه (۳۳۲۹ و

www.SID.ir

Archive of SID

۵۷۲۶ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیستی (۸۲۱۹ و ۱۳۹۲۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کاه (۴۸۹۰ و ۸۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد. باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین افزون بر تثبیت ازت هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم کننده موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می‌گردد (Fairhurst et al., 2007).

پتاسیم یکی از عناصر غذایی مورد نیاز برنج بوده و بعد از نیتروژن بیشتر از هر عنصر غذایی دیگر، جذب آن می‌شود. یکی از این کودهای معدنی که نقش به سزایی را در حفظ یا افزایش عملکرد برنج ایفا می کند کودهای پتاسیمی است. با وجود اینکه مقدار پتاسیم اکثر خاک‌ها نسبتاً زیاد است ولی مقدار کمی از این مقدار برای گیاه قابل جذب می‌باشد (Rahimi and Kafi, 2010). اکنون با اصلاح و معرفی ارقام جدید و پرمحصول، فرصت مناسبی برای افزایش تولید برنج با استفاده مناسب‌تر از نهاده‌ها و اعمال مدیریت صحیح در مصرف کودهای معدنی به وجود آمده است. با توجه مصرف بالای کودهای شیمیایی در مزارع شالیزاری و مخاطرات محیط‌زیستی مصرف کودهای زیستی و کودهای از منبع سیلیسیم و پتاسیم به‌ویژه محلول پاشی نانوسیلیس و نانوکلات پتاسیم می‌تواند در دستیابی به عملکرد پایدار، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی و همچنین کاهش آلودگی محیط‌زیستی مطلوب باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی (۱) بررسی جذب سیلیسیم، پتاسیم و نیتروژن در دو رقم بومی و اصلاح شده برنج، (۲) بررسی اثر کودهای نانوسیلیی، نانوکلات پتاسیم و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم بومی و اصلاح شده برنج و (۳) ارزیابی تأثیر نانوسیلیس بر جذب پتاسیم و نیتروژن در اندام‌های مختلف رقم بومی و اصلاح شده برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل آزمایش: این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی واقع در روستای باریک آبسر در ۲ کیلومتری غرب شهرستان ساری در سال ۱۳۹۳ اجرا شده است. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل و بعد از اجرای آزمایش، در چند نقطه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد. سپس نمونه مرکب از مخلوط کردن نمونه‌ها تهیه شد. تجزیه خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی (آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران) انجام و در جدول ۱ بیان گردید.

مشخصات طرح و تیمارهای آزمایش: آزمایش به صورت اسپلیت – فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که هر تکرار شامل ۱۸ کرت آزمایشی بود. دو رقم بومی طارم محلی و اصلاح شده طارم هاشمی به‌عنوان عامل اصلی در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. کود نیتروژن در سه سطح شامل ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم اوره در هکتار به همراه کود بیولوژیک نیتروکسین (بدون مصرف کود شیمیایی نیتروژن) و نانوذرات در سه سطح محلول‌پاشی نانوسیلیکون، محلول‌پاشی نانوکلات پتاسیم و عدم مصرف آنها (شاهد) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی پیاده شدند.

آماده سازی بذور، تهیه خزانه و کشت بذر: خزانه در در اواسط فروردین آماده شد و کشت بذور در خزانه صورت گرفت. آبیاری خزانه تا موقع انتقال بذر به زمین اصلی به فاصله هر ۱ الی ۲ روز ادامه یافته و ۳۰ روز پس از کاشت که نشا به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

رسید نشا آماده انتقال به زمین اصلی شد. زمان نشاکاری نیز ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۳ بوده و دو روز بعد از نشاکاری کرت‌های مورد نظر آبیاری شدند. در هنگام نشاکاری هر کپه شامل سه نشاء که با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌مترمربع در کرت‌های مشخص شده قرارگرفت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت.

خصوصیات خاک	واحد	زمین سال اول
عمق خاک	سانتی‌متر	۰-۳۰
هدایت الکتریکی (EC)	dSm^{-1}	۰/۶۲
اسیدیته خاک (pH)	-	۷/۷۸
ماده آلی	درصد	۱/٤
فسفر	ppm	۹
پتاسیم	ppm	۱٦٥
منیزیم	mg/kg	٦٨۰
آهن	mg/kg	۲۹
منگنز	mg/kg	۷/٦
روی	mg/kg	۱/٤
مس	mg/kg	۳/٥
بافت خاک	-	رسی لومی

مقادیر مصرف نانوکلات پتاسیم، نانوسیلیس، نیتروژن و نیتروکسین بر اساس نوع تیمار کودی مصرف شدند. مصرف فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل بعد از آماده شدن کرت و قبل از نشاءکاری انجام گرفت. کود نیتروژن به میزان ٦۰ کیلوگرم در هکتار ٥ تا ۷ روز بعد از نشاءکاری، مرحله دوم مصرف کود نیتروژن به میزان ٦۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله ظهور خوشه آغازین و مرحله آخر مصرف نیتروژن بعد از خروج کامل خوشه‌ها به میزان ۳۰ کیلوگرم (به‌میزان توصیه شده) در هکتار بود. زمان محلول‌پاشی نانوسیلیکون با غلظت ۲۰ppm در سه مرحله به‌ترتیب اواسط پنجه زنی (۲۰-۱٥ روز پس از نشاکاری)، اواخر پنجه زنی (٤۰-۳٥ روز پس از نشاکاری) و بعد از خروج کامل خوشه‌ها (٥۰/٥٥ روز پس از نشاکاری) صورت گرفت. محلول پاشی نانوکلات پتاسیم در دو مرحله اواسط پنجه زنی (۲۰ روز پس از نشاکاری) و ظهور خوشه آغازین (٤۲-٤۰ روز پس از نشاکاری) به میزان دو در هزار مصرف شد.

اندازه‌گیری صفات مورد بررسی: عملکرد شلتوک و عملکرد کاه و کلش با برداشت بوته از ٤ متر مربع از وسط هر کرت با رطوبت ١٤ درصد اندازه‌گیری شد. جهت تعیین میزان عناصر غذایی مورد آزمایش در برنج از هر کرت به میزان ۲۰ گرم با رطوبت ١٤ درصد جهت انجام آزمایشات لازم به آزمایشگاه (آزمایشگاه دانشگاه علوم و تحقیقات تهران) فرستاده شد. برای اندازه‌گیری سیلیس از روش Fallah و همکاران (۲۰۰٤) استفاده شد. تعیین غلظت نیتروژن شلتوک و کاه به‌وسیله روش میکروکجلدال صورت گرفت. از فلیم فتومتر سیسترونیک (مدل m410) در طول موج انتخابی ۷۷۰ نانومتر نیز برای تعیین غلظت پتاسیم استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه واریانس داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. رسم جداول و نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج

عملکرد شلتوک و کاه و کلش: طبق یافته‌های جدول تجزیه واریانس عملکرد شلتوک از نظر آماری تنها تحت اثر ساده رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. همچنین این صفت تحت اثرمتقابل سه‌گانه تیمارها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین به روش برش‌دهی متقابل این صفت نشان داد که برای رقم طارم هاشمی حداکثر عملکرد شلتوک (۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم تولید شد. کمترین عملکرد شلتوک برای رقم طارم هاشمی (٤١٣٣ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات مشاهده شد. برای رقم طارم محلی نیز بیشترین عملکرد شلتوک (٤٦٥٧ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم و کمترین میزان آن برابر ٣٦٦٧ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات به دست آمد (جدول ٤).

عملکرد کاه و کلش از نظر آماری تحت اثر ساده رقم و نیتروژن به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. در اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نیز این صفت اختلاف آماری معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین به روش برش‌دهی متقابل برای این صفت نشان داد که حداکثر عملکرد کاه و کلش برای رقم طارم هاشمی با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم و کمترین میزان آن با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم به دست آمد. برای رقم طارم محلی بیشترین عملکرد کاه و کلش با مصرف کود زیستی نیتروکسین و عدم مصرف نانوذرات (٦١٠٠ و ٦٠٦٧ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان آن با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات (٤٨٣٣ کیلوگرم در هکتار) تولید شد (جدول ٤).

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات ساده عملکرد شلتوک و کاه و کلش ارقام برنج با مصرف نیتروژن و نانوذرات

تیمار	عملکرد شلتوک ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه و کلش ($kg.ha^{-1}$)
رقم		
طارم هاشمی	٤٤٤٤/٨ a	٥٨٥٥/٦ a
طارم محلی	٤١٣٦/٣ b	٥٥١٨/٥ b
نیتروژن		
نیتروکسین	٤٢٥١/١٠ a	٥٥٥٥/٦ b
۳۵ کیلوگرم	٤٢٧٦/١٠ a	٥٥٠٠ b
۷۰ کیلوگرم	٤٣٤٤/٤٠ a	٦٠٠٥/٦ a
نانوذرات		
شاهد	٤١٥٦/١ a	٥٦٥٥/٦ a
نانوپتاسیم	٤٣٨٢/٢ a	٥٧٥٠/٠ a
نانوسیلیس	٤٣٣٣/٣ a	٥٦٥٥/٦ a

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و غلظت عناصر در شلتوک و کاه و کلش ارقام برنج با مصرف نیتروژن و نانوذرات.

منابع تغییرات	درجه آزادی	منابع تغییرات						
		عملکرد شلتوک	عملکرد کاه و کلش	غلظت سیلیس شلتوک	غلظت سیلیس کاه و کلش	غلظت نیتروژن شلتوک	غلظت نیتروژن کاه و کلش	غلظت پتاسیم شلتوک	غلظت پتاسیم کاه و کلش
تکرار (R)	۲	۱۲۶۷۰۵/۵۶	۲۱۳۵۱۸/۵۲	۰/۲۶	۰/۸۶	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۰۲
رقم (C)	۱	۱۲۸۴۹۷۹/۶۳**	۱۵۳۳۵۱۸/۵۲*	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱
R × C	۲	۱۴۷۴۲۴/۰۷	۱۳۲۰۱۸۵/۱۹	۰/۰۵	۲/۳۲	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۱۳
نیتروژن (N)	۲	۴۲۰۱۶/۶۷	۱۳۸۳۵۱۸/۵۲*	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۰۶*	۰/۰۵	۰/۲۳**	۰/۶۱**
C × N	۲	۱۱۰۸۱۲/۹۶	۱۱۲۹۶/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۰۹*	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۴
نانوذرات (P)	۲	۲۵۴۷۷۲/۲۲	۵۳۵۱۸/۵۲	۰/۷۹*	۱/۳۲*	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۲
C × P	۲	۱۰۲۷۹/۶۳	۱۶۳۵۱۸/۵۲	۰/۳۵	۰/۷۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵*	۰/۰۴
N × P	۴	۱۸۴۱۹۷/۲۲	۴۴۷۹۶۲/۹۶	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷
C × N × P	۴	۴۷۶۶۷۱/۳۰*	۱۱۶۱۲۹۶/۳۰**	۰/۱۸	۱/۵۵*	۰/۰۷*	۰/۰۱	۰/۰۵*	۰/۲۴*
خطا	۳۲	۱۵۹۸۰۶/۴۸	۲۹۱۲۲۶/۸۵	۰/۲۹	۰/۴۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸
ضریب‌تغییرات (درصد)		۹/۳۲	۹/۴۹	۱۵/۷۱	۶/۹۲	۹/۰۶	۳۳/۴۱	۲۰/۹۱	۱۷/۵۴

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ٤: مقایسه میانگین عملکرد کمی ارقام برنج با مصرف نیتروژن و نانوذرات بر اساس برش‌دهی متقابل

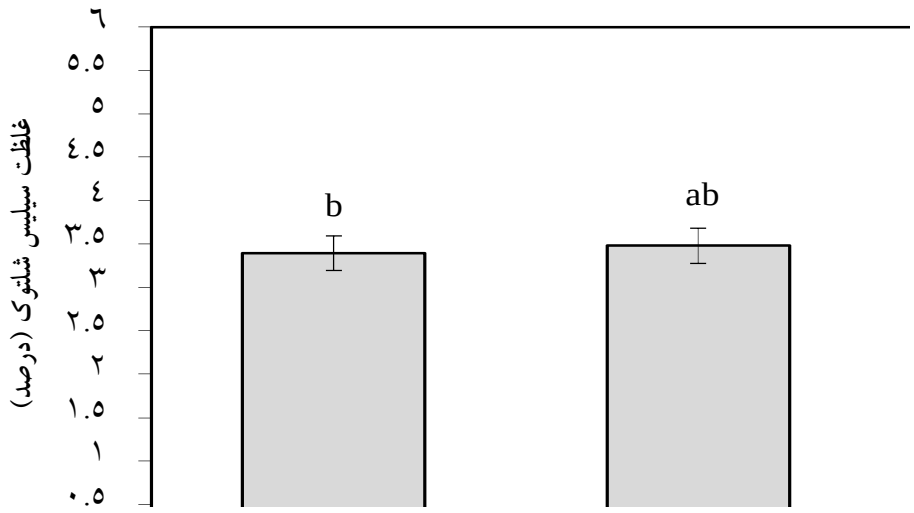
اثرمتقابل	عملکرد شلتوک ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه و کلش ($kg.ha^{-1}$)	غلظت سیلیس کاه و کلش (درصد)	غلظت نیتروژن شلتوک(درصد)	غلظت پتاسیم شلتوک (درصد)	غلظت پتاسیم کاه و کلش (درصد)
$C_1N_1P_1$	٤٥٣٣ bc	٥٩٣٣ b	٩/٢٧abc	١/٥٩ab	٠/٥٥bcd	١/٧٢ab
$C_1N_1P_2$	٤٢٠٠ cd	٥٢٦٧ c	٩/٠٠bc	١/٦٨a	٠/٦٩abc	١/٩١a
$C_1N_1P_3$	٤٤٠٠ bcd	٥٧٣٣ bc	١٠/١٠a	١/٦٨a	٠/٦٩abc	١/٦٣ab
$C_1N_2P_1$	٤٢٦٧ cd	٥٦٦٧ bc	٨/٦٧d	١/٥٨ab	٠/٧٤ab	١/٧٢ab
$C_1N_2P_2$	٥٠٠٠ a	٦٩٠٠ a	٩/٢٣abc	١/٥٨ab	٠/٨٨a	١/٤٥b
$C_1N_2P_3$	٤٥٠٠ bc	٦٠٣٣ b	٩/٢٧abc	١/٧٠a	٠/٨٧a	١/٩٨a
$C_1N_3P_1$	٤١٣٣d	٥٦٦٧ bc	٨/٧٠cd	١/٥١b	٠/٥٩bc	١/٦٦ab
$C_1N_3P_2$	٤٣٣٧ cd	٥٦٣٣ bc	٩/٥٠ab	١/٤٤c	٠/٥٠d	١/١٨bc
$C_1N_3P_3$	٤٦٣٣ b	٥٩٦٧ b	٨/٨٣bcd	١/٣٠d	٠/٥٥bcd	١/٠٤c
$C_2N_1P_1$	٣٦٦٧ c	٤٨٣٣ e	٨/٥٣e	١/٦٨a	٠/٧٦ab	١/٥٩abc
$C_2N_1P_2$	٤٦٥٧ a	٥٧٦٧ bc	١٠/٢٠a	١/٣٨c	٠/٤٥d	١/٦٢ab
$C_2N_1P_3$	٤٢٠٠ ab	٥٤٦٧ c	٨/٧٠cd	١/٤٦abc	٠/٧١abc	١/٤٩b
$C_2N_2P_1$	٤٠٣٣ b	٥٨٦٧ b	٩/٥٧ab	١/٦٢a	٠/٨٧a	١/٩٤a
$C_2N_2P_2$	٤٢٠٠ ab	٥٨٠٠ b	٩/٢٣abc	١/٤٨ab	٠/٨٧a	١/٧٧ab
$C_2N_2P_3$	٤٠٦٧ b	٥٧٦٧ bc	٨/٦٠cde	١/٥٠ab	٠/٦٢bc	١/٤٧b
$C_2N_3P_1$	٤٣٠٣ ab	٦٠٦٧ a	٨/٩٣bcd	١/٤١bc	٠/٦٤bc	١/٤٢c
$C_2N_3P_2$	٣٩٠٠ bc	٥١٣٣ d	٩/٦٣ab	١/٦٢a	٠/٥٢c	١/٤٦b
$C_2N_3P_3$	٤٢٠٠ ab	٤٩٦٧d e	٩/٠٠bc	١/٦٢a	٠/٧٤ab	١/٤٩bc

*: حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد. C_1 و C_2: به ترتیب ارقام طارم هاشمی و طارم محلی. N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب مصرف ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کود زیستی نیتروکسین. P_1، P_2 و P_3: به ترتیب عدم مصرف نانوذرات و مصرف نانوپتاسیم و نانوسیلیس

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت سیلیس: با توجه به یافته‌های جدول تجزیه واریانس مشاهده گردید که این صفت از نظر آماری تنها تحت اثر ساده نانوذرات در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ساده نانوذرات نشان داد که بیشترین غلظت سیلیس شلتوک با مصرف نانوسیلیس (به‌ترتیب ٤/۰۲ و ۳/۷۹ درصد) به‌دست آمد. کمترین غلظت نیز تحت تیمار عدم مصرف نانوذرات (۳/۳۹ درصد) مشاهده شد. با مصرف نانوپتاسیم نیز غلظت سیلیس شلتوک ۳/٤۸ درصد به‌دست آمد (شکل ۱). طبق یافته‌های جدول تجزیه واریانس غلظت سیلیس کاه و کلش از نظر آماری تحت اثر ساده نانوذرات و اثر متقابل سه گانه تیمارها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ساده نانوذرات نشان داد که بیشترین غلظت سیلیس کاه و کلش با مصرف نانوپتاسیم (۹/٤۷ درصد) و کمترین میزان آن تحت تیمار عدم مصرف نانوذرات (۸/۹٤ درصد) حاصل شد. غلظت سیلیس کاه و کلش با مصرف نانوسیلیس نیز برابر ۹/۰۸ درصد بود (شکل ۲). مقایسه میانگین سه‌گانه تیمارها به روش برش‌دهی متقابل نشان داد که حداکثر غلظت سیلیس کاه و کلش برای رقم طارم هاشمی با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوسیلیس (۱۰/۱ درصد) به دست آمد. کمترین غلظت سیلیس کاه و کلش رقم طارم هاشمی (۸/٦۷ درصد) با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن و عدم مصرف نانوذرات به دست آمد. برای رقم طارم محلی بیشترین غلظت سیلیس کاه و کلش ۱۰/۲ درصد با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن و نانوپتاسیم به دست آمد. کمترین غلظت سیلیس کاه و کلش نیز با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات (۸/۵۳ درصد) حاصل شد (جدول ٤).



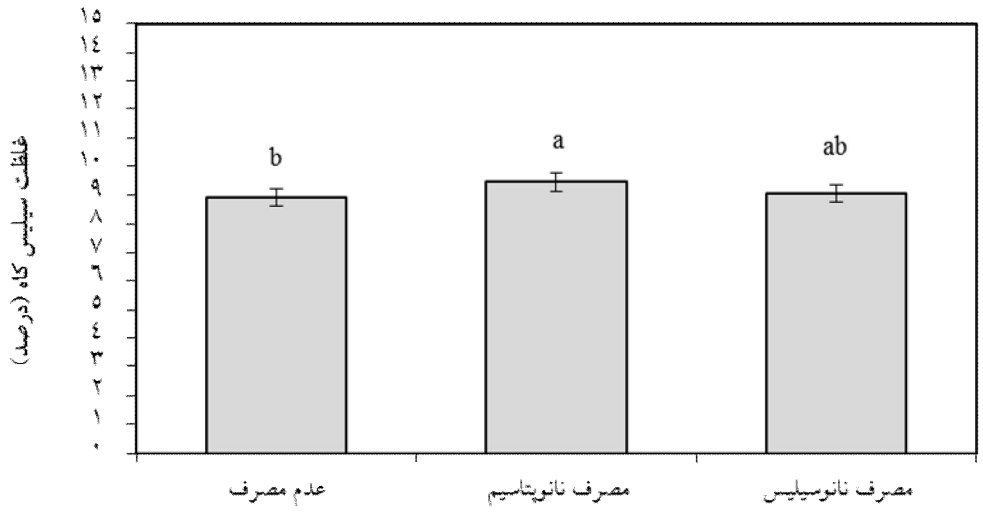
شکل ۱: مقایسه میانگین اثر ساده نانوذرات بر غلظت سیلیس شلتوک

غلظت نیتروژن: مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس از نظر آماری غلظت نیتروژن دانه تحت اثر ساده نیتروژن و اثرمتقابل سه‌گانه تیمارها معنی‌دار شد. اثر متقابل رقم در نیتروژن نیز در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن نشان داد که بیشترین غلظت نیتروژن شلتوک (۱/۵۸ درصد) با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. کمترین غلظت نیتروژن

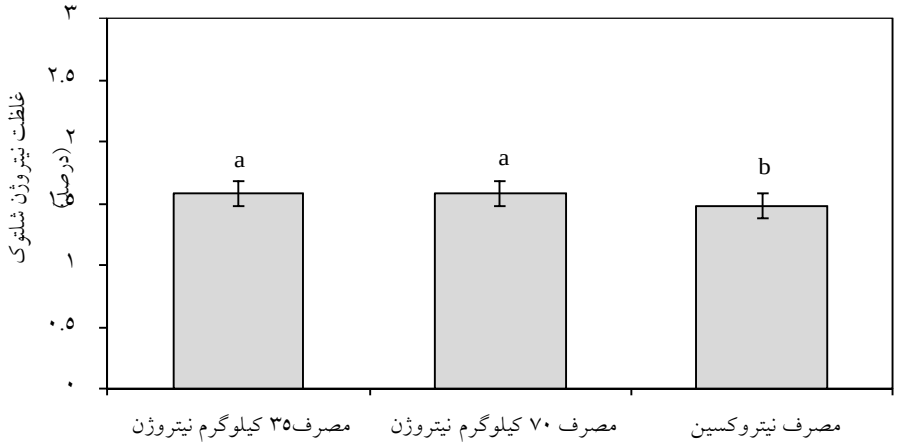
www.SID.ir

Archive of SID

شلتوک با مصرف نیتروکسین (۱/٤۸ درصد) حاصل شد. با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز غلظت نیتروژن شلتوک برابر ۱/۵۸ درصد بود (شکل ۳). در اثر متقابل رقم در نیتروژن حداکثر غلظت نیتروژن شلتوک (۱/٦۵ درصد) برای رقم طارم هاشمی با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حداقل غلظت نیتروژن شلتوک ۱/٤۱ درصد برای رقم طارم هاشمی با مصرف نیتروکسین به‌دست آمد (شکل ٤).



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر ساده نانوذرات بر غلظت سیلیس کاه و کلش



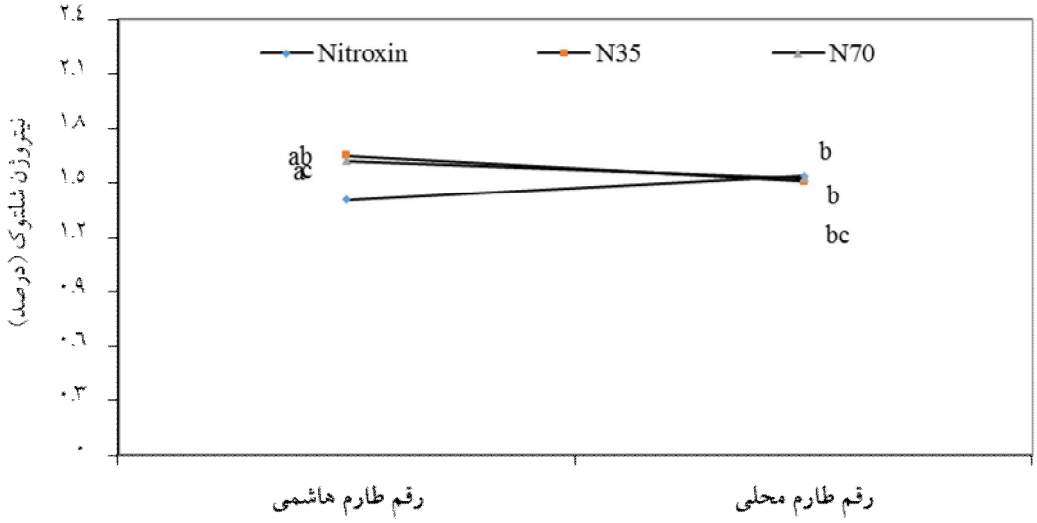
شکل ۳: مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن بر غلظت نیتروژن شلتوک

طبق یافته‌های جدول مقایسه میانگین سه‌گانه تیمارها به روش برش‌دهی متقابل مشاهده شد که بیشترین غلظت نیتروژن شلتوک رقم طارم هاشمی با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه نانوپتاسیم و نانوسیلیس (برابر ۱/٦۸ درصد) و مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوسیلیس (۱/۷ درصد) به‌دست آمد. کمترین غلظت نیتروژن شلتوک برای رقم طارم هاشمی (۱/۳ درصد) با مصرف کود

www.SID.ir

Archive of SID

زیستی نیتروکسین و نانوسیلیس مشاهده شد (شکل ٤). برای رقم طارم محلی حداکثر غلظت نیتروژن شلتوک رقم طارم محلی با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات (۱/٦۸ درصد)، مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات (۱/٦۲ درصد) و مصرف کود زیستی نیتروکسین به همراه نانوپتاسیم و نانوسیلیس برابر ۱/٦۲ درصد حاصل شد. کمترین غلظت آن نیز با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم (۱/۳۸ درصد) به‌دست آمد (جدول ٤).



شکل ٤: اثر متقابل رقم در نیتروژن بر غلظت نیتروژن شلتوک

غلظت پتاسیم: طبق یافته‌های جدول تجزیه واریانس غلظت پتاسیم از نظر آماری تحت اثر ساده نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر متقابل رقم در نانوذرات و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین سه‌گانه تیمارها به روش برش‌دهی متقابل نشان داد که برای رقم طارم هاشمی بیشترین غلظت پتاسیم شلتوک با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه مصرف نانوپتاسیم و نانوسیلیس (۰/۸۸ و ۰/۸۷ درصد) حاصل شد. برای رقم طارم محلی نیز با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه مصرف نانوپتاسیم و نانوسیلیس بالاترین میزان پتاسیم شلتوک برابر ۰/۸۷ درصد مشاهده شد. برای هر دو رقم کمترین غلظت پتاسیم شلتوک برابر ۰/۵۰ و ۰/۵۲ درصد با مصرف نیتروکسین و نانوپتاسیم به دست آمد (جدول ٤).

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که غلظت پتاسیم کاه و کلش از نظر آماری تنها تحت اثر ساده نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین این صفت تحت اثر متقابل سه‌گانه تیمارها در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین سه گانه این صفت به روش برش‌دهی متقابل نشان داد که برای رقم طارم هاشمی بیشترین غلظت پتاسیم کاه و کلش با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم (۱/۹۱ درصد) و مصرف ۷۰ کیلوگرم پتاسیم و نانوسیلیس (۱/۹۸ درصد) حاصل شد. کمترین غلظت پتاسیم کاه و کلش رقم طارم هاشمی ۱/۰٤ درصد با مصرف کود زیستی نیتروکسین و نانوسیلیس به دست آمد. برای

www.SID.ir

Archive of SID

رقم طارم محلی حداکثر غلظت پتاسیم کاه و کلش ۱/۹٤ درصد با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات و حداقل غلظت آن ۱/٤۲ درصد با مصرف نیتروکسین و عدم مصرف نانوذرات به دست آمد (جدول ٤).

بحث

در مطالعه حاضر حداکثر عملکرد شلتوک (۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) برای رقم طارم هاشمی با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم و برای رقم طارم محلی نیز بیشترین عملکرد شلتوک (٤٦۵۷ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم به دست آمد که نشان دهنده کودپذیری کمتر نیتروژن رقم طارم محلی نسبت به طارم هاشمی است. از طرفی نقش مثبت نانوپتاسیم در افزایش عملکرد شلتوک نیز قابل توجه است به طوریکه استفاده از نانوپتاسیم هم در رقم طارم هاشمی و هم در رقم طارم محلی موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن گردید. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، نانوپتاسیم در افزایش عملکرد کاه و کلش در هر دو رقم نیز مؤثر بود. در این راستا Matsuo و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند که پتاسیم باعث رشد زایشی و افزایش ماده خشک گیاه برنج شد. مصرف سیلیکات منیزیم سبب افزایش عملکرد دانه به نسبت ۲۱ تا ۳۳ درصد در برنج شد (Bernal, 2008). Agarie و همکاران (۱۹۹٦) نیز نشان دادند که کود پتاس با اثر روی رشد زایشی موجب افزایش تولید ماده خشک شده در نتیجه موجب بالا رفتن عملکرد گیاه برنج گردید. البته در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که مقادیر مختلف پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کاه و کلش برنج نداشت (Isfahani et al., 2005). در تحقیقی Chaudhary و همکاران (۲۰۰۹) حداکثر عملکرد دانه را در سطح کودی ۸۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اعلام کردند، از ۸۵ تا ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار تغییرات معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده نگردید و از ۱۱۵ کیلوگرم به بالاتر باعث کاهش محسوس عملکرد دانه شد که این کاهش عملکرد همراه با افزایش سطح کودی مصرفی به خاطر افزایش شیوع بیماری بود.

مصرف نانوسیلیس نیز همانند مصرف نانوپتاسم بر افزایش عملکرد شلتوک در هر دو رقم معنی دار بود، اما رقم طارم هاشمی نسبت به طارم محلی افزایش بیشتری را نشان داد، به طوری که عملکرد دانه در رقم طارم هاشمی با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوسیلیس نسبت به رقم طارم محلی در همین شرایط، ۱۰ درصد افزایش داشت. از این رو در مطالعه‌ای گزارش شد که محلول‌پاشی اسید سیلیسیک با فاصله هر ۱۰ روز در برنج موجب افزایش تعداد خوشه در بوته و در نهایت افزایش عملکرد دانه در واحد سطح گردید (Bhavya et al., 2011). سیلیسیم با ته‌نشین شدن در دیواره سلولی آوند چوبی از فروریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری می‌کند و با استحکام ساقه موجب کاهش ورس بوته می‌شود که خود افزایش عملکرد را به دنبال دارد (Murillo-Amador, 2006). بنابراین سیلیس در اثر جلوگیری از ورس و بیماری مانع از کاهش عملکرد می‌گردد (Mobasser et al., 2008).

در مطالعه حاضر غلظت سیلیس شلتوک با مصرف نانوسیلیس افزایش یافت. همچنین مصرف نانوپتاسیم نیز موجب افزایش غلظت سیلیس شلتوک شد که با عدم مصرف نانوذرات در یک گروه آماری قرار گرفت. البته مصرف نانوپتاسیم نیز بر افزایش غلظت سیلیس کاه و کلش مؤثر بود که با مصرف نانوسیلیس در یک گروه آماری قرار داشت. همچنین مصرف نیتروژن به صورت کود اوره نسبت به مصرف کود زیستی نیتروکسین موجب افزایش غلظت نیتروژن

www.SID.ir

Archive of SID

شلتوک گردید. از طرفی با افزایش مصرف نیتروژن، رقم طارم هاشمی نسبت به رقم طارم محلی از غلظت نیتروژن کمتری در شلتوک برخوردار بود. در مطالعه ای Dhamapurkar و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که با افزایش سطح سیلیس بر میزان سیلیس دانه و کاه افزوده شد. کاربرد سیلیکات پتاسیم سبب افزایش غلظت سیلیس در برگ شد (Bokhtiar, 2011). Fallah, (۲۰۰۸) نیز بیان کرد مصرف سیلیکات سدیم باعث افزایش غلظت سیلیس در ریشه، برگ‌ها، ساقه و خوشه برنج گردید. مصرف سیلیکات کلسیم به میزان ۳ تن در هکتار سبب افزایش غلظت سیلیکون در دانه و کاه برنج شد (Shashidhar, 2008). محلول‌پاشی سیلیس در گیاه ارزن سبب تجمع سیلیس به‌ترتیب در گلوم، کاه و دانه گردید (Sandhya et al., 2011). در مطالعه‌ای درخصوص روند جذب سیلیس گزارش شد در هنگام رسیدگی میزان سیلیس انتقال یافته از ریشه و از طریق ساقه و برگ به پوسته افزایش می‌یابد (Ding et al., 2011). در بررسی دیگری نیز گزارش شد که میزان سیلیس دانه به‌دلیل استفاده از سطوح مختلف سیلیس افزایش یافته و میزان سیلیس دانه در حداقل مقدار سیلیس ٤/٤٨ درصد و در حداکثر مقدار سیلیس به ۷/٤ درصد رسید. Ghanbari-Malidarreh و همکاران (۲۰۰۸) در گزارش خود دریافتند با افزایش نیتروژن تا ۹۲ کیلوگرم در هکتار جذب سیلیس در دانه را افزایش داد. طی تحقیقی نشان داده شد که استفاده از سیلیسیم در برنج منجر به افزایش این عنصر در اندام‌های هوایی به خصوص در دانه‌ها گردید (Chen et al., 2010).

مصرف سیلیس در جذب و توزیع عناصر مؤثر است، به‌طوری که محتوای پروتئین دانه گندم با مصرف سیلیس کمی افزایش یافت ولی در ذرت و کاهو میزان پروتئین کاهش یافت (Greger et al., 2011). مصرف سیلیکات پتاسیم کارایی مصرف نیتروژن را ۳۱/٤ درصد نسبت به شاهد و ۱۷/۰٤ درصد نسبت به تیمار با مصرف فقط عناصر پرمصرف افزایش داد (Wang and Du, 2011). در گزارشی بیان شد مصرف سیلیس باعث کاهش محتوی نیتروژن و پروتئین در گیاه برنج شد (Yimamu, 2008). Ghanbari-Malidarreh و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایش خود دریافتند که اثر متقابل سیلیس و نیتروژن بر صفت نیتروژن شلتوک معنی‌دار نبود به‌طوری‌که مصرف ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و عدم مصرف کود سیلیس حداکثر درصد نیتروژن دانه و عدم مصرف نیتروژن و مصرف کود سیلیس حداقل میزان را داشت. در زمان برداشت برنج آپلند از حدود ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن، ۵۵۸۰ کیلوگرم عملکرد دانه و ۷۷٤۰ کیلوگرم ماده خشک تولید شد، توزیع نیتروژن در قسمت‌های مختلف گیاه به این صورت بود که ٤٦ کیلوگرم نیتروژن در اندام هوایی و ۵۸ کیلوگرم نیتروژن در دانه تجمع یافت (Fageria et al., 2001). Ghanbari-Malidarreh و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند نیتروژن کاه تحت تأثیر مصرف کود نیتروژنی قرار می‌گیرد و بالاترین درصد نیتروژن کاه مربوط به بالاترین سطح مصرف نیتروژن بود. Ghanbari-Malidarreh و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند با افزایش نیتروژن تا اندازه‌ای جذب سیلیس افزایش می‌یابد ولی در غلظت بالای نیتروژن چون ماده خشک افزایش می‌یابد لذا سهم و درصد سیلیس در ماده خشک پایین می‌آید. Manavi (۲۰۱۲) دریافت که حداکثر غلظت سیلیس دانه با مصرف سیلیکات‌کلسیم به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک و حداقل آن برای بدون مصرف سیلیس به‌دست آمد و نیز غلظت سیلیس در کاه برنج با مصرف سیلیکات‌کلسیم و سیلیکات‌پتاسیم به میزان

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک حاصل گردید.

بر اساس نتایج حاصله در هر دو رقم بیشترین غلظت پتاسیم شلتوک، با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه مصرف نانوپتاسیم و نانوسیلیس به دست آمد. برای هر دو رقم نیز کمترین غلظت پتاسیم شلتوک با مصرف نیتروکسین و نانوپتاسیم حاصل شد، اما غلظت پتاسیم کاه و کلش برنج از روند مشابه غلظت پتاسیم شلتوک پیروی نکرد، به طوری که در رقم طارم محلی حداکثر غلظت پتاسیم کاه و کلش با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و عدم مصرف نانوذرات و حداقل غلظت آن با مصرف نیتروکسین و عدم مصرف نانوذرات به دست آمد. همچنین برای رقم طارم هاشمی بیشترین غلظت پتاسیم کاه و کلش با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و نانوپتاسیم و مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن و نانوسیلیس حاصل شد. کمترین غلظت پتاسیم کاه و کلش رقم طارم هاشمی با مصرف کود زیستی نیتروکسین و نانوسیلیس به دست آمد. Faghih و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که غلظت پتاسیم دانه برنج از نظر آماری تحت تأثیر مقادیر پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت، بیشترین غلظت پتاسیم دانه با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن برای تیمار بدون مصرف پتاسیم حاصل گردید.

نتیجه‌گیری نهایی

یافته‌های پژوهش نشان داد عملکرد شلتوک برای رقم طارم هاشمی معادل ۷/٤٦ درصد بیشتر از رقم طارم محلی بود. دلیل عمده آن را می‌توان به افزایش طول خوشه، تعدا پنجه بارور و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه برای این رقم نسبت داد. مقایسه میانگین برش‌دهی متقابل نشان داد برای رقم طارم هاشمی حداکثر عملکرد شلتوک (۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن و نانوپتاسیم تولید شد. برای رقم طارم محلی نیز بیشترین عملکرد شلتوک (٤٦٥٧ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن و نانوپتاسیم به‌دست آمد. بیشترین غلظت سیلیس شلتوک با مصرف نانوسیلیس به‌دست آمد. حداکثر محتوای نیتروژن شلتوک با مصرف ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. مقایسه میانگین به روش برش‌دهی متقابل نشان داد حداکثر غلظت سیلیس کاه و کلش برای رقم طارم هاشمی با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن و نانوسیلیس به دست آمد. برای رقم طارم محلی بیشترین غلظت سیلیس کاه و کلش با مصرف ۳۵ کیلوگرم نیتروژن و نانوپتاسیم حاصل شد. بنابراین، بررسی محلول‌پاشی نانوسیلیکون و نانوپتاسیم با غلظت متفاوت در مراحل مختلف نمو و رشد ارقام برنج می‌تواند باعث افزایش عملکرد و بهبود عملکرد کیفیت دانه شود.

References

Agarie, S., Uchida, H., Agata, H. and Kubota, W. (1996). Function of silica bodies in epidermal system of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Experimental Botany. 47: 655-660.

Behtash, F., Tabatabayi, S.J., Malakoti, M.J., Sarvaroddin, M.H. and Oostan, SH. (2010). Effects of Zinc and cadmium on growth, chlorophyll content, photosynthesis and Cd concentration in beet. Journal of Soil Research. 24(1): 31-41. (In Persian).

Bernal, J. (2008). Response of rice and Sugarcane to magnesium Silicate in different Soils of Colombia, South America. Proceedings of the 4th International Conference on silicon in Agriculture. 26-31 October, Wild Coast Sun, South Africa. pp: 25-26.

Bhavya, H.K., Nachegowda, V., Jaganath, S., Sreenivas, K.N. and Prakash, N.B. (2011). Effect of foliar silicic acid and boron acid in Bangalore blue grapes. Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, September 13-18, Beijing, China. pp: 7-8.

Bokhtiar, S.M. (2011). Effects of silicon on yield contributing parameters and its accumulation in abaxial epidermis of sugarcane leaf blades using energy

www.SID.ir

Archive of SID

dispersive x-ray analysis. Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, September 13-18, Beijing, China. pp: 11-12.

Camargo-Msartori, D.E., Júnior, A.R.G. and Korndörfer, GH. (2011). Silicate fertilization in sugarcane: effects on soluble silicon in soil, uptake and occurrence of stalk borer (*Diatraea saccharalis*). Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, September 13-18, Beijing, China. pp: 14-20.

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

Chen, W., Yao, X., Cai, K. and Chen, J. (2010). Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, Photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biological Trace Element Research. 142: 67-76.

Dhamapurkar, V.B., Talashilkar, S.C. and Sonar, K.R. (2011). Effect of calcium silicate slag on yield and silica uptake by rice. Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture. September 13-18, Beijing, China. pp: 39-40.

Ding, T.P., Tian, S.H., Gao, J.F., Wan, D.F., Sun, L., Ma, G.R. and Wu, L.H. (2011). Silicon isotope composition of rice plants and implications for the global silicon cycle**.** Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, September 13-18, Beijing, China. pp: 40-41.

Elawad, S.H. and Green, V.E. (1979). Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. Riv. Riso. 28: 235-253.

Fageria, N.K. and Baligar, V.C. (2001). Lowland rice response to nitrogen fertilization. soil science Plant Annual, 32: 140-142.

Faghih, M.M., Tashakori, A., Mobasser, H.R., Yadi, R. and Dastan, S. (2011). Investigating the results of two years of irrigation intervals and potash fertilizer application on morphological characteristics and quantitative yield of rice, cv. Shirudi. 12th Iranian Soil Science Congress. September 12-14, Tabriz University, Iran.

Fairhurst, T., Buresh, R. and Dobermann, A. (2007). Rice (A Practical Guide to Nutrient Management). Second edition, International Plant Nutrition. Institute, pp: 91-92.

Fallah, A. (2008). Studies effect of silicon on lodging parameters in rice plant under hydroponics culture in a greenhouse experiment. Proceedings of the 4th International Conference on silicon in Agriculture, 26-31 October, Wild Coast Sun, South Africa. pp: 37-38.

Fallah, A., Osko, T., Khosravi, V., Mohammadian, M. and Rosttami, M. (2011). Reduction of chemical pesticides by using of silicate fertilizer in paddy fields. Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, 13-18, Beijing, China. pp: 45-46.

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

Ghanbari-Malidarh, A., Kashani, A., Nourmohammadi, G., Mobasser, H.R., Alavi, V. and Fallah, A. (2008). Effect of silicon and nitrogen rates on leaf and neck blast, chlorophyll content and yield of rice (*Oryza sativa* L.) in two water management systems (flooding and deficit irrigation) in the north of Iran. PhD dissertation, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran. 160p. (In Persian)

Greger, M., Landberg, T., Vaculik, M. and Lux, A. (2011). Silicon influences nutrient status in plants. Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, September 13-18, Beijing, China. pp: 56-57.

Isfahani, M., Sadrzade, M., Kavoosi, M. and Dabagh-Mohammadi-Nasab, A. (2005). Study the effect of different levels of nitrogen and potassium fertitizers on yield, yield components and growth of rice cv. Tarom. Agrobreed Journal. 7(3): 226-240. (In Persian)

Islam, M.S., Bhuiya, M.S.U., Rahman, S. and Hussain, M. (2009). Evaluation of SPAD and LCC based nitrogen management in rice (*Oryza sativa* L.). Bangladesh Journal of Agriculture Research. 34(4): 661-672.

Jian-peng, F., Qing-hua, S. and Xiu-feng, W. (2009). Effects of Exogenous Silicon on Photosynthetic Capacity and Antioxidant Enzyme Activities in Chloroplast of Cucumber Seedlings under Excess Manganese. Agricultural Sciences in China. 8: 40-50.

Kamkar, B. and Mahdavi-damghani, A. (2008). Principals of Sustainable Agriculture. JDM press, Iran. 315p.

Khaldbarin, B. and Eslamzade, T. (2001). Mineral Nutrition of Higher Plants. Shiraz University Press, Iran. 495p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Kindomihou, V., Teka, O.S., Adjolohoun, S., Holou, R.A.Y., Houessou, L., Dagbénonbakin, G., Agbangba, E.C., Gruber, W., Adandédjan, C., Sinsin, B., Lejoly, J. and Meerts, P. (2011). Leaf silicification, covariations with minerals concentrations and forage value of three tropical miscellaneous species from sudation Benin. Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture September 13-18, Beijing, China. pp: 80-81.

Manavi, S.S. (2012). Cmparison of different sources of silicon on the morphological traits and Rice Lodging index. Thesis, Islamic Azad university of Qaemshahr Branch.

Matsuo, T., Knmazawa, K., Ishi, R., Ishihara, K. and Hirata, J. (1995). Science of the rice plant. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo, Japan, pp. 1240.

Mobasser, H.R., Ghanbari-Malidareh, A. and Sedghi, A.H. (2008). Effect of silicon application to nitrogen rate and splitting on agronomical characteristics rice (*Oryza sativa* L.). Proceedings of the 4th International Conference on silicon in Agriculture, October 26-31, Wild Coast Sun, South Africa. pp: 56-57.

Murillo-Amador, B., Jones, H.G., Kayac, V. and Aguilar, R.L. (2006). Effect of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown under salt stress. Environmental Botany. 58: 188-196.

Peyvast, G., Zaree M.R. and Samizadeh, H. (2009). Interaction of silicon and on lettuce growth under NFT system condition. Journal of Horticulture Science. 22: 367-374. (In Persian)

Rahimi, Z. and Kafi, M. (2010). Effects of salinity and silicon application on biomass accumulation, sodium and potassium content of leaves and roots purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Water and Soil. 24(2): 367-374. (In Persian)

Romero-Aranda, M.R., Jurado, O. and Cuartero, J. (2006). Rapid isoelectric focusing in a vertical polyacrylamide system. Ann. Biochemistry. 167: 290-294.

Sandhya, T.S., Prakash, N.B., Nagaraja, A. and Nanja- Reddy, Y.A. (2011). Genotypic variation for silicon accumulation and effect of foliar silicic acid on growth and yield of finger millet (*Eleusine coracana* L.). Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture, September 13-18, Beijing, China. pp: 183-184.

Shashidhar, H.E., Chandrashekhar, N., Narayanaswamy, C., Mahendra, A.C. and Prakash, N.B. (2008). Calcium silicate as silicon source and its interaction with nitrogen in air. Proceedings of the 4th International Conference on silicon in Agriculture. October 26-31, Wild Coast Sun, South Africa. pp: 92-93.

Tabrizi, A., Darvishkojouri, F.G., Nourmohammadi, Mobasser, H.R., Alavi, S.V. and Ganbari-malidarreh, A. (2011). Effect of pre-plants and nitrogen rates on yield and yield component of lowland rice (*Oryza sativa* L.) nutrition and organic matter of soil. World Applied Sciences Journal. 13(9): 2118-2125.

Wang, D.J. and Du, F.B. (2011).Agronomic effects of silicon-potash fertilizer in wheat/maize and wheat/ soybean rotation system during 2008-2010**.** Proceedings of the 5th International Conference on silicon in Agriculture. 13-18 September, Beijing, China. pp: 200-201.

Wilkinson, S.R., Grunes, D.L. and Sumner, M.E. (2000). Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In: Handbook of soil science, (M. E. Sumner, Ed). Boca Raton, CRC Press, pp: 89-112

Yimamu, F. (2008). Silicon status and its relationship with major physic-chemical properties of soils in the northern highlands of Ethiopia. Proceedings of the 4th International Conference on silicon in Agriculture. 26-31 October, Wild Coast Sun, South Africa. pp: 107-108.

Yoseftabar, S. (2013). Investigate Panicle Structure Rice by application nitrogen and phosphorus fertilizer. International Journal Farming and Allied Sciences (IJFAS). Journal 13(2): 371-377.

www.SID.ir