University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 14, No. 2, Summer 2024 (125-138)
doi: 10.22124/CR.2024.27295.1820
pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

Study on the effect of potassium silicate fertilizer in controlling rice leaf sheath blight disease in the field

Maryam Khoshkdaman[1], Ali Akbar Ebady[2*], Farzad Majidi Shilsar[3], Hadis Shahbazi[4], Seyedeh Akram Mousavi Qalehroudkhani[5] and Shahram Mahmood Soltani[6]

1. Researcher, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2. Research Associate Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran ([*] Corresponding author: ebady_al@yahoo.com)
3. Research Associate Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
4. Research Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
5. B. Sc., Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
6. Research Associate Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Comprehensive abstract

Introduction

Sheath blight disease of rice caused by *Rhizoctonia solani* AG-1 IA, has been recognized as a significant economic disease, which significantly reduces rice yield and seed quality. Currently, the most important method to manage the disease of rice sheath blight is agricultural methods and the use of fungicides in the field. Among the effective agricultural methods in managing this disease is the optimal and suitable application of chemical fertilizers. Potassium silicate fertilizer is one of the effective and useful chemical fertilizers in controlling and reducing the sheath blight disease. Application of this element especially in poor or insufficient soils can be effective in controlling sheath blight disease. The objective of this study was to investigate the effect of foliar application of potassium silicate fertilizer on grain yield and sheath blight disease control under field conditions.

Materials and methods

A virulent isolate of *R. solani* was prepared on a mixture of rice hull and grain and used as an inoculum. This experiment was conducted as factorial with two factors based on randomized complete block design in three replications in Rice Research Institute of Iran (RRII), during 2021 and 2022. The first factor was different concentrations of foliar spraying at five levels including 0 (control), one, two and three kg/ha of potassium silicate fertilizer and one lit/ha of propiconazole fungicide and the second factor was frequency of foliar spraying at two levels including one time (at the beginning of tillering stage) and two times (at the beginning of tillering and booting stages). The measured traits were disease severity, disease incidence and grain yield. Analysis of variance was done using SAS software and comparison of means was done using Tukey's test at 5% probability level.

Research findings

These results of the present study showed that the use of potassium silicate fertilizer at the rate of two kg/ha in the field conditions reduced rice leaf sheath blight disease. These results indicated that under the conditions of potassium silicate fertilizer application, the severity of sheath blight disease was 13.00% and 12.47%, and the disease incidence was 14.12% and 13.9% in the first and second

years of the experiment, respectively, while with the use of propiconazole fungicide, the disease severity was 11.21% and 10.77% and the disease incidence 10.97% and 10.60% in the first and second years, respectively. Furthermore, the disease severity in the first and second years in control treatment was measured as 15.85% and 16.02% and the disease incidence 20.63% and 20.8%, respectively. Although the effect of potassium silicate fertilizer in reducing the disease development (disease severity and incidence) was lower than the effect of propiconazole fungicide, it had a suitable inhibitory effect in disease development compared to the control treatment. Therefore, in the fields where sensitive cultivars to rice sheath blight disease have already been cultivated or the disease with high severity has been observed and the field is prone to infection with sheat blight disease, the use of potassium silicate fertilizer combined with propiconazole fungicide can be recommended to control the disease.

Conclusion

The results of this study showed that the use of potassium silicate fertilizer at the rate of two kg/ha once at the tillering stage of rice reduced the development of sheath blight disease. Also, there was no significant difference in reducing the disease severity and incidence between the higher concentration of potassium silicate fertilizer investigated in this experiment (three kg/ha) and the concentration recommended by the manufacturer (two kg/ha), as well as the use of fertilizer between one stage (at the beginning of tillering) and two stages of plant growth (at the beginning of tillering and booting). Therefore, it is suggested to use a lower concentration of potassium silicate fertilizer (two kg/ha) only once at the beginning of tillering stage to reduce rice leaf sheath blight disease.

Keywords: Disease management, Disease severity, Propiconazol fungicide, *Rhizoctonia solani*

Received: May 19, 2024 Accepted: August 5, 2024

Cite this article:

Khoshkdaman, M., Ebady, A. A., Majidi Shilsar, F., Shahbazi, H., Mousavi Qalehroudkhani, S. A., & Mahmood Soltani, S. (2024). Study on the effect of potassium silicate fertilizer in controlling of rice leaf sheath blight disease in the field. *Cereal Research*, *14*(2), 125-138. doi: 10.22124/CR.2024.27295.1820.

تحقیقات غلات
دوره چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳ (۱۳۸-۱۲۵)
doi: 10.22124/CR.2024.27295.1820
مقاله پژوهشی
دسترسی آزاد

بررسی تأثیر کود سیلیکات پتاسیم در کنترل بیماری سوختگی غلاف برگ برنج در مزرعه

مریم خشکدامن[۱]، علی‌اکبر عبادی[۲*]، فرزاد مجیدی شیلسر[۳]، حدیث شهبازی[۴]، سیده اکرم موسوی قلعه‌رودخانی[۵] و شهرام محمود سلطانی[۶]

۱- محقق، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (* نویسنده مسئول: ebady_al@yahoo.com)
۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۴- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۵- کارشناس، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۶- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده جامع

مقدمه: بیماری سوختگی غلاف برگ برنج ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani* Kühn (گروه آناستوموزی AG-1 IA) بیماری مهم برنج از لحاظ اقتصادی در دنیا است که به‌طور چشم‌گیری عملکرد برنج و کیفیت بذر را کاهش می‌دهد. در حال حاضر مهم‌ترین راه مدیریت بیماری سوختگی غلاف برگ برنج، بهره‌گیری از روش‌های زراعی و کاربرد قارچ‌کش‌ها در مزرعه است. از جمله روش‌های زراعی مؤثر در مدیریت این بیماری، مصرف بهینه و مناسب کودهای شیمیایی است. کود سیلیکات پتاسیم یکی از کودهای شیمیایی مؤثر و مفید در کنترل و کاهش بیماری سوختگی غلاف برنج است. مصرف این عنصر به‌ویژه در خاک‌های فقیر یا خاک‌های حاوی مقادیر ناکافی عناصر، می‌تواند در کنترل بیماری سوختگی غلاف مؤثر باشد. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر محلول‌پاشی کود سیلیکات پتاسیم بر کنترل بیماری سوختگی غلاف و عملکرد محصول تحت شرایط مزرعه‌ای بود.

مواد و روش‌ها: جدایه بیمارگر *Rhizoctonia solani* AG-1 IA روی مخلوط پوسته و بذر برنج تکثیر و به‌عنوان مایه تلقیح استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. فاکتور اول، غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی در پنج سطح شامل محلول‌پاشی کود سیلیکات پتاسیم به میزان صفر (شاهد)، یک، دو و سه کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی قارچ‌کش پروپیکونازول به میزان یک لیتر در هکتار و فاکتور دوم، تعداد دفعات محلول‌پاشی در دو سطح شامل یک‌مرحله‌ای (آغاز مرحله پنجه‌زنی) و دومرحله‌ای (آغاز مراحل پنجه‌زنی و آبستنی) بود. صفات اندازه‌گیری شده شامل شدت و میزان وقوع بیماری و عملکرد دانه بود. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

یافته‌های تحقیق: نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از کود سیلیکات پتاسیم به میزان دو کیلوگرم در هکتار در مزرعه سبب کاهش بیماری سوختگی غلاف برگ برنج شد. نتایج نشان داد که در شرایط کاربرد کود سیلیکات پتاسیم، شدت بیماری سوختگی غلاف در سال‌های اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۱۳/۰۰ و ۱۲/۴۷ درصد و میزان وقوع بیماری به‌ترتیب ۱۴/۱۲ و ۱۳/۹۰ درصد بود، در حالی‌که با مصرف قارچ‌کش پروپیکونازول، شدت بیماری در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۱۱/۲۱ و ۱۰/۷۷ درصد و میزان وقوع بیماری به‌ترتیب ۱۰/۹۷ و ۱۰/۶۰ درصد بود. در مقابل در تیمار شاهد، شدت بیماری در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۱۵/۸۵ و ۱۶/۰۲ درصد و میزان وقوع بیماری به‌ترتیب ۲۰/۶۳ و ۲۰/۸ درصد اندازه‌گیری شد. اگرچه تأثیر کود سیلیکات پتاسیم در کاهش توسعه بیماری (شدت و میزان وقوع بیماری) کم‌تر از اثر کاهش‌دهندگی قارچ‌کش پروپیکونازول بود، اما نسبت به تیمار شاهد اثر بازدارندگی مناسب و قابل‌توجهی در توسعه بیماری داشت. به این ترتیب، در زمین‌هایی که در سال قبل، ارقام حساس به بیماری سوختگی غلاف کشت شده و یا بیماری با شدت زیاد مشاهده شده باشد و مزرعه مستعد آلودگی به بیماری سوختگی غلاف برگ برنج باشد، می‌توان استفاده از کود سیلیکات پتاسیم همراه با قارچ‌کش پروپیکونازول را جهت کنترل بیماری توصیه کرد.

نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که استفاده از کود سیلیکات پتاسیم به میزان دو کیلوگرم در هکتار در یک مرحله و در زمان آغاز پنجه‌زنی برنج سبب کاهش توسعه بیماری سوختگی غلاف شد. علاوه بر این، تفاوت معنی‌داری در کاهش شدت و وقوع بیماری بین میزان بیش‌تر کود سیلیکات پتاسیم بررسی شده در این آزمایش (سه کیلوگرم در هکتار) با میزان توصیه شده توسط شرکت سازنده (دو کیلوگرم در هکتار) و همچنین استفاده از کود بین یک (آغاز پنجه‌زنی) و دو مرحله از رشد گیاه (آغاز پنجه‌زنی و آبستنی) مشاهده نشد؛ بنابراین، استفاده از غلظت کم‌تر کود سیلیکات پتاسیم (دو کیلوگرم در هکتار) در یک مرحله رشدی (آغاز پنجه‌زنی) به‌منظور کاهش بیماری سوختگی غلاف برگ برنج پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شدت بیماری، قارچ‌کش پروپیکونازول، مدیریت بیماری، *Rhizoctonia solani* Kühn

---

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

نحوه استناد به این مقاله:

خشکدامن، مریم، عبادی، علی‌اکبر، مجیدی شیلسر، فرزاد، شهبازی، حدیث، موسوی قلعه‌رودخانی، سیده اکرم، و محمود سلطانی، شهرام. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر کود سیلیکات پتاسیم در کنترل بیماری سوختگی غلاف برگ برنج در مزرعه. *تحقیقات غلات*، *۱۴*(۲)، ۱۳۸-۱۲۵.
doi: 10.22124/CR.2024.27295.1820

مقدمه

بیماری سوختگی غلاف برگ برنج که توسط قارچ *Rhizoctonia solani* Kühn (AG-1 IA) ایجاد می‌شود، یکی از بیماری‌های اصلی برنج است که به‌طور چشم‌گیری عملکرد برنج و کیفیت بذر را در سراسر جهان کاهش می‌دهد (Savary *et al*., 2006) این بیماری بعد از بلاست دومین بیماری مهم قارچی برنج در سراسر دنیا به‌شمار می‌رود و تقریباً از همه کشورهای تولیدکننده برنج گزارش شده است، ولی در مناطق پرباران و گرم خسارت بیش‌تری وارد می‌کند (Singh *et al*., 2016). خسارت آن بسته به شرایط آب و هوایی، مرحله رشد گیاه، گسترش آلودگی و نوع واریته برنج کشت شده، با درجات مختلف از کم تا زیاد برآورد شده است. در ایران اولین گزارش از بیماری سوختگی غلاف برگ در سال ۱۹۸۱ از استان مازندران توسط ترابی و بینش (Torabi & Binesh, 1984) منتشر شد. از آن به بعد بیماری سوختگی غلاف به‌علت معرفی و کشت رقم‌های جدید پاکوتاه و حساس (Kobayashi *et al*., 1997) و استفاده از مقادیر بیش از اندازه کود نیتروژن (Slaton *et al*., 2003) که منجر به شدت بیماری می‌شود (Okhovvat, 1999)، همانند سایر مناطق مهم برنج‌خیز در شمال ایران نیز توسعه یافت.

برای بیماری سوختگی غلاف برگ برنج، دو مرحله آلودگی به‌عنوان آلودگی اولیه و ثانویه شناسایی شده است (Savary *et al*., 1997). آلودگی اولیه توسط اینوکلوم‌های خاکزاد اتفاق افتاده و باعث ایجاد لکه در قسمت‌های پائینی گیاه می‌شود. زادمایه‌های خاکزاد سوختگی غلاف برگ برنج در مناطق گرمسیر شامل سختینه‌های زمستان‌گذران شناور در آب بوده و زادمایهٔ اصلی بیماری هستند (Palo, 1926; Hashiba & Mogi, 1975; Hashiba, 1984; Belmar *et al*., 1987). همچنین میسیلیوم‌های موجود در بقایا می‌توانند به‌عنوان زادمایهٔ اولیه عمل کنند (Kobayashi *et al*., 1995). آلودگی ثانویه توسط میسلیوم‌های هوایی که در محل لکه‌های ناشی از آلودگی اولیه روی برگ و غلاف گیاه تشکیل می‌شوند، ایجاد می‌شود. آلودگی اولیه (Soil borne)، احتمالاً در ابتدا مونوسیکل است، اما پس از این‌که آلودگی در پایه گیاه مستقر شد (Yang *et al*., 1990; Savary *et al*., 1995)، مرحله پلی‌سیکل بیماری (آلودگی ثانویه، Leaf borne) به‌وسیله هیف‌هایی که روی غلاف، برگ و خوشه مستقر می‌شوند، ایجاد می‌شود (Savary *et al*., 1997). آلودگی ثانویه در قسمت‌های مختلف گیاه در اثر تماس میسلیوم بین پنجه‌های آلوده و سالم اتفاق می‌افتد (Singh *et al*., 2019; Hashiba, 1984). منبع دیگر آلودگی برای این بیماری، بازیدیوسپور است. بازیدیوسپورهای قارچ عامل بیماری در دما و رطوبت نسبی بالا تشکیل می‌شوند. عقیده بر این است که آلودگی ناشی از بازیدیوسپور در شرایط مزرعه اهمیت چندانی در اپیدمی بیماری ندارد (Singh *et al*., 2019). راه دیگر ایجاد آلودگی و بقاء این قارچ به‌صورت میسلیوم روی بذر (Seed borne) است که نقش مؤثری در زمستان‌گذرانی و پراکنش بیماری دارد (Ogoshi, 1987).

با توجه به منابع مختلف آلودگی برای این بیماری، دامنهٔ میزبانی وسیع و نبود سطوح مطلوب مقاومت در واریته‌های تجاری، اصلاح واریته‌های مقاوم به بیماری کند است و به این دلیل مدیریت بیماری روی تلفیق کنترل شیمیایی و روش‌های زراعی متمرکز شده است (Singh *et al*., 2002). کاربرد قارچ‌کش‌ها و بازرسی مزرعه به‌منظور تعیین زمان درست کاربرد آن‌ها، هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد و از این‌رو سم‌پاشی باید به‌درستی انجام شود تا کنترل موفقی حاصل شود. با این وجود، استفاده گسترده و مداوم از قارچ‌کش‌ها به‌دلایل مختلف (از جمله بروز مقاومت در عامل بیماری نسبت به قارچ‌کش‌ها، خطرات بهداشتی و آلودگی‌های زیست‌محیطی و هزینه بالای سموم قارچ‌کش) محدود شده است. از این‌رو روش‌های زراعی به‌عنوان بخشی از روش تلفیقی برای مدیریت بیماری در نظر گرفته شده‌اند (Willocquet *et al*., 2000; Li *et al*., 2021). از جمله روش‌های زراعی مؤثر در مدیریت بیماری، مصرف بهینه و مناسب کودهای شیمیایی است. کودهای سیلیکات پتاسیمی از جمله کودهای شیمیایی مؤثر در کاهش بیماری سوختگی غلاف هستند (Savant *et al*., 1997). سیلیس باعث افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌ها می‌شود، به‌طوری که بین میزان سیلیس در بافت گیاه و شدت بیماری بلاست برنج، سوختگی غلاف برگ برنج، سفیدک پودری جو و گندم ارتباط معکوسی گزارش شده است (Menzies *et al*., 1992). دو فرضیه برای نقش سیلیس در کاهش بیماری‌ها مطرح شده است. نخست به‌عنوان یک مانع فیزیکی مانع نفوذ و یا حساسیت کم‌تر سلول‌های گیاه به تجزیه آنزیمی به‌وسیله عوامل بیماری‌زای قارچی می‌شود، و دوم به‌عنوان پیام، تولید فیتوآلکسین را القا می‌کند (Ma, 2004).

ماتای و همکاران (Mathai *et al*., 1981) نشان دادند که استفاده از کود سیلیکات پتاسیم باعث کاهش شدت بیماری سوختگی غلاف برنج می‌شود، اگرچه اختلاف معنی‌داری از نظر شدت بیماری در استفاده از مقادیر متفاوت سیلیکات پتاسیم مشاهده نشد. باک و همکاران (Buck *et al*., 2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم، باعث کاهش شیوع بیماری بلاست در تیمار چهار گرم در لیتر سیلیس شد. بر اساس تحقیقات رزنده و همکاران (Rezende *et al*., 2009) محلول‌پاشی سیلیس باعث کاهش بیماری لکه قهوه‌ای برنج شد، اما اثر کنترل‌کنندگی آن نسبت به استفاده از سیلیس در خاک کم‌تر بود. لیو و همکاران (Liu *et al*., 2009) گزارش کردند که غلظت بالای سیلیکات پتاسیم در بافت غلاف برگ، نقش مهمی در کاهش علایم بیماری سوختگی غلاف برگ برنج داشت. خاینگ و همکاران (Khaing *et al*., 2014) تأثیر تراکم کشت و استفاده از کود سیلیکون را روی شدت بیماری سوختگی غلاف برگ و عملکرد برنج مورد مطالعه قرار دادند. آنها دو فاصله کشت ۲۵×۲۵ و ۱۵×۲۰ سانتی‌متر را در دو مزرعه آزمایشی (همراه با آلودگی مصنوعی و بدون آلودگی مصنوعی) مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که شدت بیماری در تراکم بالا در هر دو مزرعه آزمایشی بیش‌تر بود. در مزرعه‌ای که هیچ‌گونه آلودگی مصنوعی صورت نگرفته بود، با کاربرد کود سیلیکون در هر دو تراکم، شدت بیماری کاهش یافت، اما در مزرعه‌ای که آلوده‌سازی مصنوعی انجام شد، شدت بیماری در تراکم ۲۰×۱۵ سانتی‌متر بیش‌تر از تراکم ۲۰×۲۰ سانتی‌متر بود و کاربرد کود سیلیکون به‌طور محسوس‌تری شدت بیماری را در تراکم ۲۰×۱۵ سانتی‌متر کاهش داد.

با توجه به خطرات زیاد استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای شیمیایی در آلودگی محیط زیست و سلامتی انسان‌ها و نقش مهم کود سیلیکات پتاسیم در کنترل بیماری‌های برنج نظیر بلاست، لکه قهوه‌ای، پوسیدگی ساقه و بیماری تغییر رنگ دانه برنج (Deren *et al*., 1994; Korndörfer *et al*., 1999; Winslow, 1992)، این مطالعه انجام شد که هدف از آن بررسی تأثیر کود سیلیکات پتاسیم در مقایسه با قارچ‌کش پروپیکونازول در کنترل بیماری سوختگی غلاف در مزرعه بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو فاکتوره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. فاکتور اول، محلول‌پاشی در پنج سطح شامل غلظت‌های صفر (شاهد)، یک، دو و سه کیلوگرم در هکتار کود سیلیکات پتاسیم و غلظت یک لیتر در هکتار قارچ‌کش پروپیکونازول (EC 25% - شرکت آریا شیمی) و فاکتور دوم، تعداد دفعات محلول‌پاشی در دو سطح شامل یک مرحله‌ای (آغاز پنجه‌زنی) و دو مرحله‌ای (آغاز پنجه‌زنی و آغاز آبستنی) بود. رقم شیرودی به‌عنوان رقم حساس (Padasht-Dehkaei *et al*., 2013b) به‌صورت چهار نشا در هر کپه با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد شش متر مربع (۳×۲ متر) در زمینی به مساحت تقریبی ۷۰۰ متر مربع کشت شد. مراحل آماده‌سازی خزانه و زمین اصلی، کاشت، داشت و برداشت مطابق اصول صحیح زراعت برنج انجام شد. به‌منظور جلوگیری از جابه‌جایی محلول سم، ورود و خروج آب در کرت‌های آزمایشی به‌صورت مجزا کنترل شد.

محلول‌پاشی مرحله اول کرت‌های آزمایشی با قارچ‌کش و کود سیلیکات پتاسیم به‌جز کرت شاهد در سال اول اجرای آزمایش در تاریخ ۱۴۰۰/۴/۱ و در سال دوم در تاریخ ۱۴۰۱/۴/۷ هم‌زمان با آغاز مرحله پنجه‌زنی و مرحله دوم هم‌زمان با آغاز مرحله آبستنی به‌ترتیب در تاریخ‌های ۱۴۰۰/۵/۱۰ و ۱۴۰۱/۵/۱۶ در سال‌های اول و دوم انجام شد. آلوده‌سازی مایهٔ تلقیح با مخلوط شلتوک و پوسته در تاریخ‌های ۱۴۰۰/۴/۲۱ و ۱۴۰۱/۴/۲۹ در مرحله حداکثر پنجه‌زنی در تمامی کرت‌های آزمایشی انجام شد. ارزیابی شدت و وقوع بیماری ۱۰ روز قبل از برداشت محصول در تاریخ‌های ۱۴۰۰/۶/۱ و ۱۴۰۱/۶/۱۰ انجام شد.

مشخصات خاک محل آزمایش

قبل از اجرای آزمایش، از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری قسمت‌های مختلف مزرعه آزمایشی با استفاده از روش استاندارد، نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از مخلوط شدن، جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی خاک به آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسه تحقیقات برنج کشور ارسال شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور

Table 1. Some chemical properties of the soil of Rice Research Institute of Iran

Year	pH	Total N (g/kg)	Available P (mg/kg)	Available K (mg/kg)	Available Si (mg/kg)
1400	6.86	0.70	9.8	289	84
1401	7.10	0.69	8.4	301	78

انتخاب جدایه بیمارگر و تهیه مایهٔ تلقیح

در مطالعه حاضر از جدایه پر آزار G309 قارچ عامل بیماری سوختگی غلاف برنج، *Rhizoctonia solani* AG-1 IA، متعلق به ژنوتیپ شش تعیین شده به کمک نه جفت آغازگر اختصاصی SSR (Padasht-Dehkaei *et al*., 2013a) موجود در بخش گیاه‌پزشکی مؤسسه تحقیقات برنج کشور استفاده شد.

زادمایه مورد نیاز برای آزمایش به روش مخلوط پوسته و بذر برنج تهیه شد (Groth & Nowick, 1992). برای این منظور، پوسته و بذر برنج به نسبت دو به یک (حجمی) مخلوط و به‌مدت ۲۴ ساعت در آب معمولی خیس داده شد. سپس مخلوط از آب خارج و در ظرف‌های ارلن ۵۰۰ میلی‌لیتری ریخته و سه بار (سه روز متوالی) و هر بار به‌مدت نیم ساعت در اتوکلاو در حرارت ۱۲۰ درجه سلسیوس سترون شد. قارچ عامل بیماری (*R. solani* AG-1 IA) روی محیط غذایی PDA درون تشتک‌های پتری به‌قطر ۹ سانتی‌متر کشت داده شد. دو روز بعد، نیمی از PDA درون یک تشتک پتری به‌همراه میسلیوم بیمارگر، درون مخلوط پوسته و بذر در هر ارلن قرار داده شد. ارلن‌ها به‌مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاه و در حرارت مناسب و در تاریکی نگهداری شدند. در این مدت قارچ مذکور به سرعت رشد کرد و تمام محیط داخل ارلن را فرا گرفت. پنج گرم از مخلوط پوسته و بذر کلونیزه شده توسط قارچ بیمارگر در یک تکه پارچه توری بسته شد و یک بسته از آن برای آلوده‌سازی هر بوته استفاده شد.

مایه‌زنی گیاه برنج با قارچ عامل بیماری

مایه‌زنی قارچ عامل بیماری سوختگی غلاف برگ برنج، هنگام غروب در مرحلهٔ حداکثر پنجه‌زنی گیاه به‌صورت مثلثی روی شش بوته انجام شد. پنج گرم از اینوکولوم‌های تهیه شده در داخل پارچه‌های توری در مرکز هر بوته (در قسمت پایینی و نزدیک سطح آب) قرار داده شد (Castilla *et al*., 1996). پنجه‌های هر بوته به‌کمک یک رشته کش پلاستیکی از فاصله ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک مزرعه دور هم جمع و بسته شدند. بوته‌های مایه‌زنی شده به‌مدت سه روز متوالی در ساعات شش صبح و شش عصر به‌منظور تأمین رطوبت و جلوگیری از خشک‌شدن قارچ‌ها، آب‌پاشی (آب مقطر سترون) شدند.

استفاده از سیلیکات پتاسیم در مزرعه

محلول‌پاشی کود سیلیکات پتاسیم (SiO_2 70%, K_2O 20%) در غلظت‌های صفر (شاهد)، یک، دو و سه کیلوگرم در هکتار انجام شد. محلول‌پاشی به‌صورت تک مرحله‌ای (آغاز پنجه‌زنی) و یا به‌صورت دو مرحله‌ای (آغاز پنجه‌زنی و آغاز آبستنی) انجام شد.

سنجش میزان بیماری

برای ارزیابی اثر تیمارها در توسعه بیماری سوختگی غلاف برگ، ده روز قبل از برداشت محصول، بوته‌های مایه‌زنی شده بررسی و شدت بیماری با محاسبه درصد ارتفاع نسبی لکه‌ها با استفاده از رابطه (۱) (Sharma *et al*., 1990) تعیین شد:

$$DS= IH/TH \times 100 \quad (۱)$$

که در آن، DS شدت بیماری، IH ارتفاع آلودگی در هر پنجه و TH ارتفاع هر پنجه است.

برای ارزیابی میزان وقوع (شیوع) بیماری، درصد پنجه‌های آلوده در بوته‌های مایه‌زنی شده در هر کرت طبق رابطه (۲) محاسبه شد:

$$DC= INT/25 \times 100 \quad (۲)$$

در این رابطه، DC میزان وقوع بیماری و INT تعداد پنجه آلوده در ۲۵ پنجه نمونه‌گیری شده است.

برای اندازه‌گیری عملکرد، محصول تمام کرت پس از حذف حاشیه، برداشت و پس از خرمن‌کوبی با در نظر گرفتن ۱۴ درصد رطوبت نسبی توزین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس شدت و وقوع بیماری نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی و تعداد محلول‌پاشی در هر دو سال آزمایش وجود داشت (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس عملکرد محصول در هر دو سال آزمایش نیز بیانگر معنی‌دار بودن اثر غلظت‌های محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد بود، اما اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر عملکرد محصول معنی‌داری نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی به روش توکی از نظر شدت و وقوع بیماری و عملکرد محصول در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف محلول‌پاشی بر شدت و وقوع بیماری در هر دو سال آزمایش در چهار گروه a، b، c و d قرار گرفتند. غلظت‌های دو و سه کیلوگرم در هکتار سیلیکات پتاسیم از نظر شدت و وقوع بیماری در یک گروه (c) قرار گرفتند. غلظت یک کیلوگرم در هکتار سیلیکات پتاسیم و شاهد آب‌پاشی از نظر عملکرد در سال اول نیز در یک گروه (d) قرار گرفتند، ولی در سال دوم در گروه‌های مختلف (d و e) دسته‌بندی شدند. بالاترین میزان شدت و وقوع بیماری در هر دو سال در تیمار شاهد (به‌ترتیب با ۱۵/۸۴ و ۲۰/۶۳ درصد در سال اول و ۱۶/۰۲ و ۲۰/۸ درصد در سال دوم) ثبت شد. در مقابل، کم‌ترین میزان شدت (۱۱/۲ درصد در سال اول و ۱۰/۷۷ درصد در سال دوم) و وقوع بیماری (۱۰/۹۶ درصد در سال اول و ۱۰/۵۷ درصد در سال دوم) در هر دو سال آزمایش در تیمار قارچ‌کش پروپیکونازول مشاهده شد. هر چند با افزایش غلظت کود سیلیکات پتاسیم، میزان بیماری کاهش یافت، اما بین غلظت‌های دو و سه کیلوگرم در هکتار کود سیلیکات پتاسیم تفاوت معنی‌داری از نظر شدت و وقوع بیماری مشاهده نشد و هر دو تیمار در یک گروه آماری (c) قرار گرفتند. بالاترین عملکرد محصول در تیمار قارچ‌کش پروپیکونازول (۲/۸۸ تن در هکتار در سال اول و ۲/۷۶ تن در هکتار در سال دوم) و پایین‌ترین عملکرد در تیمار شاهد (۱/۷۷ تن در هکتار در سال اول و ۱/۷۶ تن در هکتار در سال دوم) مشاهده شد. بین تیمار شاهد (۱/۷۸ تن در هکتار) و کود سیلیکات پتاسیم با مقدار یک کیلوگرم در هکتار (۱/۸۸ تن در هکتار) در سال اول تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در سال دوم آزمایش، این تفاوت معنی‌دار بود. همچنین، بین غلظت‌های مختلف کود سیلیکات پتاسیم از نظر عملکرد در هر دو سال اجرای آزمایش، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و در سه گروه آماری مختلف b، c و d دسته‌بندی شدند. بیش‌ترین میزان عملکرد (به‌میزان ۲/۶۸ تن در هکتار در سال اول و ۲/۷۳ تن در هکتار در سال دوم) با کاربرد بالاترین غلظت کود سیلیکات پتاسیم مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر شدت و وقوع بیماری در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تیمارها در هر دو سال آزمایش در دو گروه آماری متفاوت (a و b) دسته‌بندی شدند. در مقابل، تفاوت آماری معنی‌داری بین یک و دو بار محلول‌پاشی بر عملکرد محصول در سال اول اجرای آزمایش مشاهده نشد و تیمارها در یک گروه (a) قرار گرفتند، ولی در سال دوم، تفاوت بین تعداد دفعات محلول‌پاشی معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش غلظت×تعداد دفعات محلول‌پاشی در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بالاترین میزان شدت و وقوع بیماری در هر دو سال اجرای آزمایش در شاهد آب‌پاشی و کم‌ترین میزان بیماری در قارچ‌کش پروپیکونازول با دوبار سم‌پاشی مشاهده شد. در سال اول، تفاوت معنی‌داری از نظر میزان بیماری در مصرف یک و دو بار قارچ‌کش پروپیکونازول مشاهده نشد، ولی در سال دوم این تفاوت معنی‌دار بود. همچنین، بین مصرف یک و دو بار استفاده از غلظت یک کیلوگرم در هکتار کود سیلیکات پتاسیم در هر دو سال آزمایش، از نظر شدت بیماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما تفاوت آن‌ها از نظر وقوع بیماری معنی‌داری بود. تفاوت معنی‌داری بین مصرف یک و دو بار غلظت‌های دو و سه کیلوگرم در هکتار کود سیلیکات پتاسیم از نظر شدت و وقوع بیماری در هر دو سال مشاهده نشد. در مجموع اگرچه شدت بیماری در مصرف یک‌بار قارچ‌کش پروپیکونازول در مقایسه با کاربرد غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم کم‌تر بود، با این وجود تفاوت معنی‌داری بین مصرف یک‌بار قارچ‌کش پروپیکونازل و کاربرد دو بار کود سیلیکات پتاسیم با غلظت دو کیلوگرم در هکتار و مصرف یک و دو بار غلظت سه کیلوگرم در هکتار کود سیلیکات پتاسیم مشاهده نشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی بر شدت و وقوع بیماری و عملکرد محصول

Table 2. Analysis of variance of the effect of sprying concentration and frequency on disease severity and incidence and yield

Source of variation	df	Disease severity		Disease incidence		Grain yield	
		First year	Second year	First year	Second year	First year	Second year
Replication	2	1.06 ns	0.03 ns	1.33 ns	0.15ns	0.240ns	0.001 ns
Spraying concentration (C)	4	18.05**	22.78**	75.21**	84.84**	1.400**	1.520**
Spraying frequency (F)	1	4.20**	9.61**	11.66**	15.98**	0.003 ns	0.018 ns
C × F	4	0.22 ns	0.33 ns	0.45 ns	1.21 ns	0.002 ns	0.002 ns
Error	18	0.20	0.12	0.23	0.24	0.007	0.003
CV (%)	-	3.32	2.65	3.20	3.33	3.90	2.40

ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های محلول‌پاشی بر شدت و وقوع بیماری و عملکرد محصول

Table 3. Comparison of means of the effect of sprying concentrations on disease severity and incidence and yield

Treatment	Concentration	Disease severity (%)		Disease incidence (%)		Yield (kg/4m^2)	
		First year (2021)	Second year (2022)	First year (2021)	Second year (2022)	First year (2021)	Second year (2022)
Potassium silicate	1 kg/ha	14.22b	14.24b	15.06b	14.80b	1.90d	1.95d
Potassium silicate	2 kg/ha	13.00c	12.74c	14.12c	13.90c	2.21c	2.30c
Potassium silicate	3 kg/ha	12.67c	12.81c	13.81c	13.43c	2.70b	2.73b
Propiconazol	1 lit/ha	11.21d	10.77d	10.97d	10.60d	2.90a	2.94a
Control	Required amount	15.85a	16.02a	20.63a	20.80a	1.80d	1.80e

Means followed by the similar letter (s) in each column are not significantly different by Turkey's test at 5% Probability level.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تعداد دفعات محلول‌پاشی بر شدت و وقوع بیماری و عملکرد محصول

Table 4. Comparison of means of the effect of spraying concentration and frequency interaction on disease severity and incidence and grain yield

Spraying frequency	Disease severity (%)		Disease incidence (%)		Yield Yield (kg/4m^2)	
	First year	Second year	First year	Second year	First year	Second year
1	13.80a	13.90a	15.54a	15.41a	2.30a	2.40a
2	13.04b	12.80b	14.30b	13.96b	2.30a	2.30b

Means followed by the similar letter (s) in each column are not significantly different by Turkey's test at 5% Probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی بر شدت و وقوع بیماری و عملکرد محصول

Table 5. Comparison of means of the effect of spraying frequency interaction on disease severity and incidence and yield

Treatment	Spraying frequency	Disease severity (%)		Disease incidence (%)		Yield (kg/4m^2)	
		First year	Second year	First year	Second year	First year	Second year
Control	1	16.31a	16.96a	21.60a	22.30a	1.80c	1.73g
Control	2	15.39 ab	15.06b	19.70b	19.34b	1.80c	1.78fg
Potassium silicate 1kg/h	1	14.38 bc	14.71bc	15.84c	15.51c	1.88c	1.91ef
Potassium silicate 1kg/h	2	14.06 cd	13.76cd	14.30d	14.04d	1.89c	1.98e
Potassium silicate 2kg/h	1	13.36 cde	13.10de	14.40d	14.23cd	2.22b	2.26d
Potassium silicate 2kg/h	2	12.65ef	12.38ef	13.90d	13.60d	2.20b	2.26d
Potassium silicate 3kg/h	1	13.00 def	13.30 de	14.30d	13.81d	2.64a	2.68c
Potassium silicate 3kg/h	2	12.52ef	12.35ef	13.40d	13.05d	2.73a	2.78bc
Propiconazol	1	11.85 fg	11.35f	11.64e	11.30e	2.00a	2.94ab
Propiconazol	2	10.56g	10.19g	10.30e	9.83f	2.90a	2.95a

Means followed by the similar letter (s) in each column are not significantly different by Turkey's test at 5% Probability level.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش فاکتورها، بیش‌ترین عملکرد در استفاده از قارچ‌کش و کم‌ترین عملکرد در تیمار شاهد مشاهده شد. از نظر عملکرد بین تیمارهای شاهد و سیلیکات پتاسیم با غلظت یک کیلوگرم در هکتار (یک‌بار و دو بار مصرف) در سال اول تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و همگی در یک گروه آماری (c) قرار گرفتند، اما این تفاوت در سال دوم معنی‌دار بود. همچنین، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد محصول بین غلظت سه کیلوگرم در هکتار کود سیلیکات پتاسیم (یک‌بار و دو بار مصرف) و قارچ‌کش پروپیکونازول (یک‌بار و دو بار مصرف) در سال اول مشاهده نشد و همگی در یک گروه (a) قرار گرفتند، اما تفاوت بین این تیمارها در سال دوم معنی‌دار شد. نتایج به‌دست آمده نشان دادند که هر چند اثر کود سیلیکات پتاسیم روی کاهش شدت و وقوع بیماری سوختگی غلاف برگ برنج کم‌تر از قارچ‌کش پروپیکونازول بود، ولی در مقایسه با شاهد و حتی قارچ‌کش پروپیکونازول، اثر کنترل‌کنندگی مطلوبی در مقابل بیماری داشته است. همچنین تفاوت معنی‌داری در کاهش شدت و وقوع بیماری بین مقدار توصیه شده کود سیلیکات پتاسیم توسط شرکت سازنده (دو کیلوگرم در هکتار) با غلظت بیش‌تر آزمایش شده (سه کیلوگرم در هکتار) و استفاده از کود در دو مرحلهٔ رشدی گیاه (آغاز پنجه‌زنی و آبستنی) مشاهده نشد. بنابراین، می‌توان از غلظت کم‌تر کود سیلیکات پتاسیم یعنی دو کیلوگرم در هکتار طی یک مرحله برای کاهش بیماری سوختگی غلاف برگ برنج استفاده کرد. اما در صورتی که شرایط برای بروز بیماری مساعد باشد، استفاده تناوبی از کود سیلیکات پتاسیم با غلظت دو کیلوگرم در هکتار همراه با قارچ‌کش پروپیکونازول و یا استفاده دو مرحله‌ای از کود سیلیکات پتاسیم با غلظت دو کیلوگرم در هکتار توصیه می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر با نتایج گزارش شده توسط داتنوف و همکاران (Datnoff *et al*., 2001) مطابقت داشت. بر اساس نتایج این پژوهش‌گران، سطح کنترل‌کنندگی سیلیکات پتاسیم در کنترل بیماری‌های مهم برنج نظیر بلاست، لکه قهوه‌ای، سوختگی غلاف و تغییر رنگ دانه برنج به‌اندازه میزان کنترل‌کنندگی این بیماری‌ها در اثر استفاده از قارچ‌کش‌ها می‌باشد. یافته‌های حاصل از تحقیقات این پژوهش‌گران نشان داد که کود سیلیکات پتاسیم باعث افزایش عملکرد محصول همانند ارقام مقاوم به بیماری‌ها می‌شود. بنابراین با کاربرد کود سیلیکات پتاسیم، می‌توان تعداد دفعات و میزان استفاده از قارچ‌کش را در کنترل بیماری‌های مهم برنج کاهش داد. خاینگ و همکاران (Khaing *et al*., 2014) تأثیر کاربرد سیلیکات پتاسیم، مس و روی را بر شدت بیماری سوختگی غلاف برگ برنج مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها، استفاده از ریزمغذی‌ها باعث کاهش وقوع و شدت بیماری سوختگی غلاف برگ برنج می‌شود. همچنین یافته‌های آن‌ها نشان داد که استفاده از کود سیلیکات پتاسیم در مقایسه با کاربرد عناصر مس و روی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش شدت بیماری و همچنین کاهش خسارت محصول شد.

مطالعات متعددی تأثیر کنترل‌کنندگی عناصر غذایی از جمله کودهای حاوی نیتروژن، پتاسیم، سیلیکات پتاسیم، مس و سایر عناصر غذایی را بر وقوع و شدت بیماری‌های مختلف نشان داده‌اند (Mathai *et al*., 1981; Guével *et al*., 2007; Rodrigues *et al*., 2010; Soratto *et al*., 2012; Jayawardana *et al*., 2014; Wang *et al*., 2017). اولین گزارش‌های علمی در زمینه نقش سیلیکات پتاسیم در کنترل یا محدود کردن بیماری‌های گیاهی در سال‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ منتشر شد و بیش‌ترین آن‌ها برای محدود کردن بیمارگرهای بلاست برنج و سفیدک‌های سطحی بوده است (Belanger *et al*., 1995). واگنر در سال ۱۹۳۹ میلادی برای اولین بار تأثیر کود سیلیکات پتاسیم را بر بیماری سفیک سطحی خیار گزارش کرد و دریافت که کوددهی خیار با سیلیکات پتاسیم سبب افزایش دوره کمون و کاهش سطح آلودگی ناشی از بیماری می‌شود (Datnoff & Rodrigues, 2015). باک و همکاران (Buck *et al*., 2008) گزارش کردند که بین میزان سیلیکات پتاسیم در برگ و میزان حساسیت به بیماری بلاست همبستگی منفی وجود دارد و میزان سیلیکات پتاسیم برگ و درجه حساسیت برگ‌ها در هر مرحله از رشد به مقدار سیلیکات قابل استفاده برای ریشه وابسته است. سیبولد و همکاران (Seebold *et al*., 2001) با مصرف سیلیکات سدیم در خاک گلدان گزارش کردند که درجه مقاومت به بلاست به نسبت سیلیکات مصرف شده افزایش می‌یابد. گلاو و همکاران (Galvão *et al*., 2020) با مطالعه فرم‌های مختلف سیلیکات پتاسیم نشان دادند که مصرف سیلیکات پتاسیم همیشه منجر به کاهش بیماری نمی‌شود.

استفاده از کود سیلیکات پتاسیم به‌عنوان یک روش قابل قبول برای کنترل بیماری سوختگی غلاف برگ به‌ویژه در زمین‌هایی که مقدار سیلیکات پتاسیم در آن‌ها کم یا محدود است، معرفی شده است. نتایج تحقیقات پژوهش‌گران نشان داده است که مصرف کود سیلیکات پتاسیم در زمین‌های دارای کمبود سیلیکات پتاسیم باعث کاهش بیماری بلاست می‌شود (Datnoff *et al*., 1991, 1992; Seebold *et al*., 2004). تحقیقاتی که در زمینه نقش سیلیکات پتاسیم در کاهش بیماری سوختگی غلاف برگ انجام شد، نشان داد که سیلیکات پتاسیم سبب افزایش غلظت ترکیبات فنوله و فعالیت آنزیم‌ها می‌شود و در نتیجه تحریک متابولیسم ترکیبات فنوله، به بهبود مقاومت گیاه در مقابل بیماری سوختگی غلاف کمک می‌کند (Zhang *et al*., 2012).

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، استفاده از کود سیلیکات پتاسیم در مزرعه سبب کاهش بیماری سوختگی غلاف برگ برنج شد. اگرچه تأثیر کود سیلیکات پتاسیم در کاهش توسعه بیماری کم‌تر از اثر کاهش دهندگی قارچ‌کش پروپیکونازول بود، اما نسبت به شاهد، اثر بازدارندگی مناسبی در کاهش بیماری داشت. بنابراین در زمین‌هایی که در سال‌های قبل ارقام حساس به بیماری سوختگی غلاف کشت شده و بیماری با شدت بالا ایجاد شده باشد و در نتیجه مستعد آلودگی به بیماری سوختگی غلاف برگ برنج باشند، می‌توان استفاده از کود سیلیکات پتاسیم توأم با قارچ‌کش را توصیه کرد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابق با نتایج تحقیقات ماتای و همکاران (Mathai *et al*., 1981) بود. بر اساس یافته‌های این محققان استفاده از کود سیلیکات پتاسیم باعث کاهش محسوس شدت بیماری می‌شود، هر چند تفاوت معنی‌داری از نظر کاهش بیماری در کاربرد بالاترین و پایین‌ترین سطح کود سیلیکات پتاسیم مشاهده نشد. وینسلو (Winslow, 1992) گزارش کرد که تأثیر سیلیکات پتاسیم در کاهش توسعه بیماری سوختگی غلاف در ژنوتیپ‌های برنج غرقابی (Irrigated) در مقایسه با برنج‌های آپلند بیش‌تر است. رودریگوز و همکاران (Rodrigues *et al*., 2003) استفاده از کود سیلیکات پتاسیم را یک روش مؤثر برای کنترل بیماری سوختگی غلاف در زمین‌هایی که دارای کمبود سیلیکات پتاسیم بود معرفی و عنوان کردند که رقم دارای سطح مقاومت قابل قبول در مقابل بیماری سوختگی غلاف برنج وجود ندارد.

نتیجه‌گیری کلی

بیماری سوختگی غلاف برگ برنج ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani* Kühn (گروه آناستوموزی AG-1 IA) بیماری مهم برنج از لحاظ اقتصادی در دنیا می‌باشد که به‌طور چشم‌گیر عملکرد برنج و کیفیت بذر را کاهش می‌دهد. با توجه به گرم شدن کره زمین و افزایش تدریجی دما و کشت ارقام پر محصول جدید که نیاز کودی بیش‌تری دارند، پیش‌بینی می‌شود که بیماری سوختگی غلاف برنج اهمیت بیش‌تری یافته و شدت آن در استان گیلان همانند استان مازندران افزایش یابد. در حال حاضر مهم‌ترین راه‌کارهای مدیریت بیماری سوختگی غلاف برگ برنج، روش‌های زراعی و کاربرد قارچ‌کش‌ها در مزرعه می‌باشند. از جمله روش‌های زراعی که می‌تواند در مدیریت بیماری مؤثر باشد، مصرف بهینه و مناسب کودهای شیمیایی است. کود سیلیکات پتاسیم از جمله کودهای شیمیایی است که در کاهش بیماری سوختگی غلاف مؤثر است. مصرف این عنصر به‌ویژه در خاک‌های فقیر یا ناکافی از نظر این عنصر، می‌تواند در کنترل بیماری سوختگی غلاف مؤثر باشد. یافته‌های به‌دست آمده از تحقیق حاضر نشان داد که هر چند اثر کود سیلیکات پتاسیم روی کاهش شدت و وقوع بیماری سوختگی غلاف برگ برنج کم‌تر از قارچ‌کش پروپیکونازول بود، اما در مقایسه با تیمار شاهد و حتی قارچ‌کش پروپیکونازول، اثر کنترل‌کنندگی مطلوبی در مقابل بیماری داشت. همچنین، تفاوت معنی‌داری بین مقدار توصیه شده کود سیلیکات پتاسیم توسط شرکت سازنده (دو کیلوگرم در هکتار) با غلظت بیش‌تر آزمایش شده در این مطالعه (سه کیلوگرم در هکتار) و استفاده از کود در یک (آغاز پنجه‌زنی) و دو مرحلهٔ رشدی گیاه (آغاز پنجه‌زنی و آغاز آبستنی)، در کاهش شدت و وقوع بیماری مشاهده نشد. بنابراین، برای کاهش بیماری سوختگی غلاف برگ برنج می‌توان از غلظت کم‌تر کود سیلیکات پتاسیم یعنی دو کیلوگرم در هکتار فقط در یک مرحله از رشد گیاه (زمان پنجه‌زنی) استفاده کرد.

تضاد منافع

نویسندگان تأیید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هرگونه روابط تجاری یا مالی می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

رعایت اخلاق در نشر

نویسندگان اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تاکنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده است و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

اجازه انتشار مقاله

نویسندگان با چاپ این مقاله به‌صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

References

Belanger, R., Bowen, P., Ehret, D., & Menzies, J. (1995). Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease, 79*, 329-336. doi: 10.1094/PD-79-0329.

Belmar, S. B., Jones, R. K., & Starr, J. L. (1987). Influence of crop rotation on inoculum density of *Rhizoctonia solani* and sheath blight incidence in rice. *Phytopathology*, *77*, 1138-1143. doi: 10.1094/Phyto-77-1138.

Buck, G. B., Korndörfer, G. H., Nolla A., & Coelho L. (2008). Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. *Journal of Plant Nutrition*, *31*(2), 231-237. doi: 10.1080/01904160701853704.

Castilla, N. P., Leano, R. M., Elazegui, F. A., Teng, P. S., & Savary, S. (1996). Effects of plant contact inoculation pattern, leaf wetness regime and nitrogen supply on the efficiency in rice sheath blight. *Journal of Phytopathology*, *144*, 187-192. doi: 10.1111/j.1439-0434.1996.tb01512.x.

Datnoff, L. E., Raid, R. N., Snyder, G. H., & Jones, D. B. (1991). Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, *75*, 729-732. doi: 10.1094/PD-75-0729.

Datnoff, L. E., & Rodrigues, F. A. (2015). History of silicon and plant disease. In: Rodrigues, F. A., & Datnoff, L. E. (Eds.). Silicon and Plant Diseases. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-22930-0_1.

Datnoff, L. E., Snyder, G. H., & Deren, C. W. (1992). Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. *Plant Disease*, *76*, 1011-1013. doi: 10.1094/PD-76-1011.

Datnoff, L. E., Seebold, K. W., & Correa, F. J. V. (2001). The use of silicon for integrated disease management: Reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. *Studies in Plant Science*, *8*, 171-184. doi: 10.1016/S0928-3420(01)80014-8.

Deren, C. W., Datnoff, L. E., Snyder, G. H., & Martin, F. G. (1994). Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Science*, *34*(3), 733-737. doi: 10.2135/cropsci1994.0011183X003400030024x.

Galvão, J. R., de Oliveira, P. C. G., de Oliveira Parise, F. J., Gomes, D. O., de Carvalho Santana, M. A., Viana, T. C., & de Jesus, A. M. B. S. (2020). Levels of silicon application in *Oryza sativa* L. influenced by soil correction. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), 10*(1), 228-233. doi: 10.21206/rbas.v10i1.9728.

Groth, D. E., & Nowick, E. M. (1992). Selection for resistance to rice sheat blight through number of infection cushions and lesion type. *Plant Disease*, *76*, 721-723. doi: 10.1094/PD-76-0721.

Guével, M. H., Menzies, J. G., & Bélanger, E. E. (2007). Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *European Journal of Plant Pathology*, *119*, 429-436. doi: 10.1007/s10658-007-9181-1.

Hashiba, T. (1984). Estimating method of severity and yield loss by rice sheath blight disease. *Bulletin of the Hokuriku National Agircultural Experiment Station*, *26*, 115-164.

Hashiba, T., & Mogi, S. (1975). Developmental changes in sclerotia of the rice sheath blight fungus. *Phytopathology*, 65, 159-162. doi: 10.1094/Phyto-65-159.

Jayawardana, H. A. R. K., Weerahewa, H. L. D., & Saparamadu, M. D. J. S. (2014). Effect of root or foliar application of soluble silicon on plant growth, fruit quality and anthracnose development of capsicum. *Tropical Agricultural Research*, *26*(1), 74-81. doi: 10.4038/tar.v26i1.8073.

Khaing, E. E., Ahmad, Z. A. M., Yun, W. M., & Ismail, M. R. (2014). Effects of silicon, copper and zinc applications on sheath blight disease severity on rice. *World Journal of Agricultural Research*, *2*(6), 309-314. doi: 10.12691/wjar-2-6-11.

Kobayashi, T., Ijiri, T., Mew, T. W., Maningas, G., & Hashiba, T. (1995). Computerized forecasting system (BLIGHTASIRRI) for rice sheath blight disease in the Philippines. *Japanese Journal of Phytopathology*, *61*(6), 562-568. doi: 10.3186/jjphytopath.61.562.

Kobayashi, T., Mew, T. W., & Hashiba, T. (1997). Relationship between incidence of rice sheath blight and primary inoculum in the Philippines: Mycelia in plant debris and sclerotia. *Japanese Journal of Phytopathology*, *63*(4), 324-327. doi: 10.3186/jjphytopath.63.324.

Korndörfer, G. H., Datnoff, L. E., & Corrêa, G. F. (1999). Influence of silicon on grain discoloration of upland rice grown on four savanna soils from Brazil. *Journal of Plant Nutrition*, 22, 93-102. doi: 10.1080/01904169909365609.

Li, D. O., Li, S. A., Wei, S. H., & Sun, W. X. (2021). Strategies to manage rice sheath blight: lessons from interactions between rice and *Rhizoctonia solani*. *Rice*, *14*, 21. doi: 10.1186/s12284-021-00466-z.

Liu, C., Li, F., Luo, C., Liu, X., Wang, S., Liu, T., & Li, X. (2009). Foliar application of two silica sols reduced cadmium accumulation in rice grains. *Journal of Hazardous Materials*, *161*, 1466-1472. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.04.116.

Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science & Plant Nutrition*, *50*(1), 11-18. doi: 10.1080/00380768.2004.10408447.

Mathai, G., Paily, P. V., & Menon, M. R. (1981). Effect of fungicides and silica in the control of sheath blight disease of rice caused by *Corticium sasakii* (Shiriai). *Agricultural Research Journal of Kerala, 19*(1), 79-83.

Menzies, J., Bowen P., Ehret D., & Glass A. D. M. (1992). Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *117*(6), 902-905. doi: 10.21273/jashs.117.6.902.

Ogoshi, A. (1987). Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Annual Review of Phytopathology*, *25*, 125-143. doi: 10.1146/ANNUREV.PY.25.090187.001013.

Okhovvat, S. M. (1999). Cereal diseases (barley, wheat, rice, corn and sorghum). Tehran University Press, Tehran, Iran. [In Persian].

Padasht-Dehkaei, F., Ceresini, E. P. C., Zala, M., Okhovvat, S. M., Nikkhah, M. J., & Mc-Donald, B. A. (2013a). Population genetic evidence that basidiospores play an important role in the disease cycle of rice-infecting populations *of Rhizoctonia solani* AG-1 IA in Iran. *Plant Pathology*, *62*(1), 49-58. doi: 10.1111/j.1365-3059.2012.02613.x.

Padasht-Dehkaei, F., Willocquet, L. T., Ebadi, A.K., Dariush, S., Doudabeinajad, E., & Pourfarhang, E. (2013b). Study on Partial Resistance to Sheath Blight Disease (*Rhizoctonia solani* AG-1 IA) in Iranian and Selected Exotic Cultivars of Rice. *Iranian Journal of Plant Pathology Science*, *44*(2), 307-317. [In Persian]. doi: 10.22059/IJPPS.2014.36680.

Palo, M. A. (1926). *Rhizoctonia* disease of rice. I. A study of the disease and of the influence of certain conditions upon the viability of the sclerotial bodies of the causal fungus. *Philippine Agriculture*, *15*, 361-371.

Rezende, D. C., Rodrigues, F. Á., Carré-Missio, V., Schurt, D. A., Kawamura, I. K., & Korndörfer, G. H. (2009). Effect of root and foliar applications of silicon on brown spot development in rice. *Australasian Plant Pathology*, *38*, 67-73. doi:10.1590/brag.2013.032.

Rodrigues, F. A., Duarte, H. S. S., Rezende, D. C., Wordell Filho, J. A., Korndörfer, G. H., & Zambolim, L. (2010). Foliar spray of potassium silicate on the control of angular leaf spot on beans. *Journal of Plant Nutrition*, *33*, 2082-2093. doi: 10.1080/01904167.2010.519082.

Rodrigues, F. A., Vale, F. X. R., Datnoff, L. E., Prabhu, A. S., & Korndorfer, G. H. (2003). Effect of rice growth stages and silicon on sheath blight development. *Phytopathology*, *93*, 256-261. doi: 10.1094/PHYTO.2003.93.3.256.

Savant, N. K., Snyder, G. H., & Datnoff, L. E. (1997). Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, *58*, 151-199. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60255-2.

Savary, S., Castilla, N. P., Elazegui, E. A., McLaren, C. G., Ynalvez, M. A., & Teng, P. S. (1995). Direct and indirect effects of nitrogen supply and disease source structure on rice sheath blight spread. *Phytopathology*, *85*, 959-965. doi: 10.1094/Phyto-85-959.

Savary, S., Teng, P. S., Willocquet, L., & Nutter, F. W. (2006). Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. *Annual Review of Phytopathology*, *44*, 89-112. doi: 10.1146/annurev.phyto.44.070505.143342.

Savary, S., Willocquet, L., & Teng, P. S. (1997). Modelling sheath blight epidemics on rice tillers. *Agricultural Systems*, *55*(3), 359-384. doi: 10.1016/S0308-521X(97)00014-0.

Seebold, K. W., Datnoff, L. E., Correa-Victoria, F. J., Kucharek, T. A., & Snyder, G. H. (2004). Effects of silicon and fungicide timing on foliar disease control and yield in upland rice. *Plant Disease*, *88*(3), 253-258. doi: 10.1094/PDIS.2004.88.3.253.

Seebold, K. W., Kucharek, T. A., Datnoff, L. E., Correa-Victoria, F. J., & Marchetti, M. A. (2001). The influence of silicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistance, and resistant cultivars of rice. *Phytopathology,* 91(1), 63-69. doi: 10.1094/PHYTO.2001.91.1.63.

Sharma, N. R., Teng, P. S., & Olivares, F. M. (1990). Comparison of assessment methods for rice sheath blight disease. *Philippine Phytopathology*, *26*(1), 20-24.

Singh, A., Rohilla, R., Singh, U. S, Savary, S., Willocquet, L., & Duveiller, E. (2002). An improved inoculation technique for sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *24*, 65-68. doi: 10.1080/07060660109506973.

Singh, R., Sunder, S., & Kumar, P. (2016). Sheath blight of rice: Current status and perspectives. *Indian Phytopathol*, *69*(4), 340-351.

Singh, P., Mazumdar, P., Harikrishna, J. A., & Babu, S. (2019). Sheath blight of rice: a review and identification of priorities for future research. *Planta*, *250*(5), 1387-1407. doi: 10.1007/s00425-019-03246-8.

Slaton, N. A., Cartwright, R. D., Meng, J., Gbur, E. E., & Norman, R. J. (2003). Sheath blight severity and rice yield as affected by nitrogen fertilizer rate, application method, and fungicide. *Agronomy Journal*, *95*(6), 1489-1496. doi: 10.2134/agronj2003.1489.

Soratto, R. P., Fernandes, A. N., Crusciol, C. A. C., & de Souza-Schlick, G. D. (2012). Yield, tuber quality, and disease incidence on potato crop as affected by silicon leaf application. *Pesquisa Agropecuaria Brasiliera*, *47*(7), 1000-1006. doi: 10.1590/S0100-204X2012000700017.

Torabi, M., & Binesh, H. (1984). Sheath blight disease of rice, study on causal organism, distribution and susceptibility of some rice cultivars in north provinces of Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 20, 30-39. [In Persian].

Wang, M., Gao, L., Dong, S., Sun, Y., Shen, Q., & Guo, S. (2017). Role of silicon on plant-pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science*, *8*, 701. doi: 10.3389/fpls.2017.00701.

Winslow, M. D. (1992) Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. *Crop Science*, *32*(5), 1208-1213. doi: 10.2135/cropsci1992.0011183X003200050030x.

Willocquet, L., Fernandez, L., & Savary, S. (2000). Effect of various crop establishment methods practiced by Asian farmers on epidemics of rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *Plant Pathology*, *49*(3), 346-354. doi: 10.1046/j.1365-3059.2000.00454.x.

Yang, X. B., Snow, J. P., & Berggren, G. T. (1990). Analysis of epidemics of Rhizoctonia aerial blight of soybean in Louisiana. *Phytopathology*, *80*(4), 386-392. doi: 10.1094/Phyto-80-386.

Zhang, G., Cui, Y., Ding, X., & Dai, Q. (2013). Stimulation of phenolic metabolism by silicon contributes to rice resistance to sheath blight. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, *176*(1), 118-124. doi: 10.1002/jpln.201200008.