

نقش سیلیس در برنج: رشد بهتر، تغذیه کامل تر و افزایش مقاومت گیاه به تنش های محیطی

میثاق پرهیزکار^{۱*}

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: m.parhizkar@areeo.ac.ir

چکیده

سیلیس یکی از عناصر سودمند در تغذیه برنج است که نقش مهمی در افزایش استحکام بافت های گیاهی و بهبود فرایندهای رشد ایفا می کند. استفاده صحیح از منابع سیلیسی، سبب افزایش مقاومت گیاه در برابر آفات و بیماری ها شده و خسارت ناشی از این تنش های زیستی را کاهش می دهد. سیلیس با اصلاح وضعیت تغذیه ای ریشه، توان جذب عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم را بهبود می بخشد. همچنین با ایجاد لایه محافظ در سطح برگ ها، از ورود قارچ ها و سایر عوامل بیماری زا جلوگیری می کند. در تنش های محیطی، سیلیس موجب افزایش استقامت گیاه در برابر خشکی و شوری می شود. تأثیر سیلیس بر بهبود انتقال عناصر غذایی در سراسر گیاه، موجب پُرسیدن بهتر دانه و افزایش عملکرد نهایی می شود. افزودن سیلیس به خاک با افزایش فعالیت های زیستی خاک، کیفیت ریشه را ارتقا می دهد. مجموع این اثرات، سیلیس را به یک ابزار کاربردی در مدیریت تغذیه برنج تبدیل کرده است.

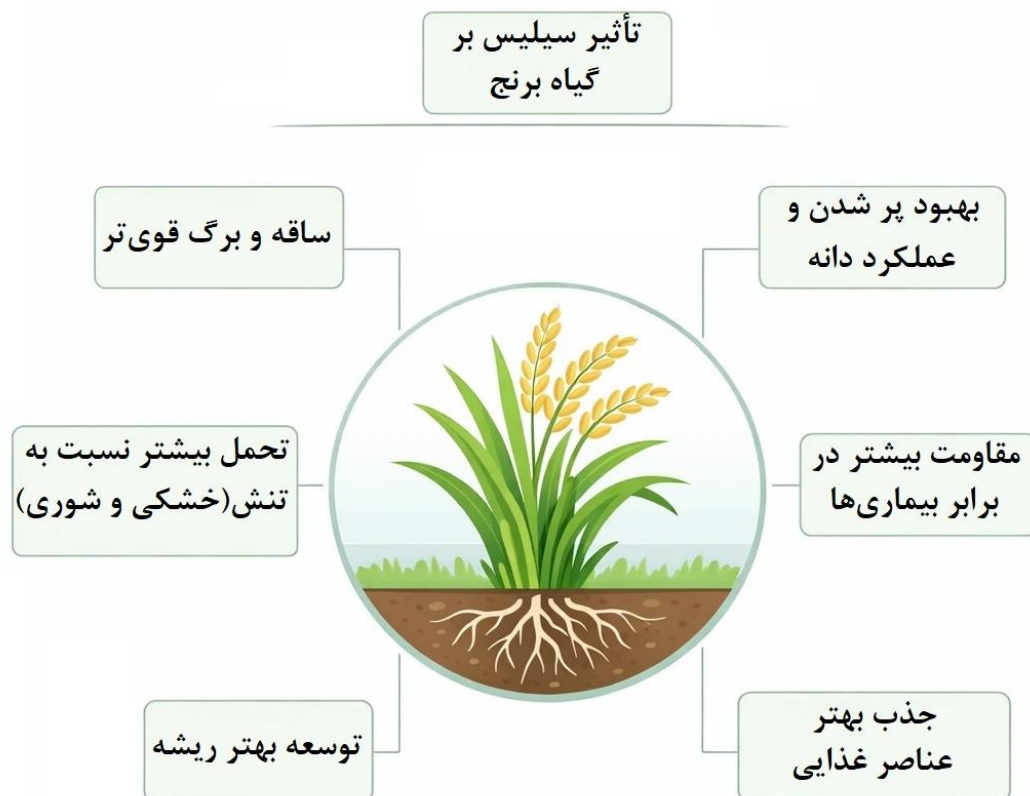
واژگان کلیدی: تغذیه ریشه، رشد برنج، سیلیس، مقاومت گیاهی

بیان مساله

پایین بودن استحکام ساقه و برگ گیاه برنج، یکی از چالش های مهم در بسیاری از استان های برنج خیز کشور است؛ به ویژه در زمین هایی که حاصلخیزی پایین یا تنش های محیطی وجود دارد. این ضعف ساختاری باعث افزایش خوابیدگی، ریزش دانه و کاهش کیفیت دانه می شود. از سوی دیگر، گسترش بیماری های قارچی مانند بلاست برگ، تولیدکنندگان را با هزینه های اضافی کنترل شیمیایی روبه رو کرده است. در سال های اخیر، کاهش دسترسی به برخی کودهای پرمصرف و فشار تنش هایی مانند خشکی، شوری و تغییرات اقلیمی موجب شده که گیاه نیاز بیشتری به تقویت ساختاری و بهبود جایگاه تغذیه ای خود داشته باشد. مشکل اصلی این است که بسیاری از کشاورزان با نقش دقیق سیلیس در عملکرد برنج آشنا نیستند و تصور می کنند که این ماده تأثیر چندانی بر رشد ندارد، در حالی که سیلیس به صورت مستقیم و غیرمستقیم در تقویت ریشه، انتقال عناصر، مقاومت برگ و سلامت دانه نقش دارد. نبود آگاهی کافی درباره شکل های قابل جذب سیلیس، زمان مصرف، مقدار مناسب و نوع منبع مورد استفاده نیز موجب کاهش اثرگذاری آن شده است. بر همین اساس، ارائه یک مقاله ترویجی با زبان ساده و بیان کاربردی آثار سیلیس بر رشد برنج (شکل ۱) به عنوان منبع تغذیه ای نیمی از جمعیت جهان (فائوستات، ۲۰۲۰)، می تواند زمینه به کارگیری صحیح این ماده ارزشمند را فراهم کند. ذکر این نکته نیز مهم است که حد بحرانی سیلیسیم در شالیزار (مالاو و دیگران، ۲۰۱۵) در مطالعات گذشته ۴۰ و در تحقیقات اخیر حدود ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک اعلام شده است (حسین پور و ابراهیمی گسکری، ۱۴۰۴).

معرفی دستاورد

۱) اثر سیلیس بر رشد رویشی و افزایش قدرت ساقه: افزودن سیلیس به خاک یا محلول پاشی آن روی برگ ها، در صورتی که مقدار سیلیس قابل جذب خاک کمتر از حد بحرانی باشد، استحکام دیواره سلولی را افزایش می دهد و موجب تقویت ساقه و



شکل ۱- شماتیکی از تأثیر سیلیس بر برنج

برگ می‌شود. این افزایش استحکام نه تنها احتمال خوابیدگی برنج را در مرحله خوشه‌دهی کاهش می‌دهد، بلکه به گیاه اجازه می‌دهد انرژی بیشتری را صرف رشد و تشکیل خوشه کند. سیلیس باعث کاهش مصرف انرژی گیاه برای ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده شده و در نتیجه رشد سریع‌تری را فراهم می‌کند. همچنین ذخیره سیلیس در پهنک برگ‌ها باعث پایداری بهتر در برابر باد و باران شدید می‌شود. از نظر فیزیولوژیک، گیاهان دارای غلظت مناسب سیلیس، دارای سطح برگ ضخیم‌تر و مقاومت فیزیکی بیشتری هستند که باعث کارایی نورگیری بهتر در طول فصل رشد می‌شود (ما و یاماجی، ۲۰۰۶).

۲) بهبود شکل‌گیری و توسعه ریشه: سیلیس با تقویت سیستم ریشه‌زایی، موجب افزایش حجم ریشه، توسعه ریشه‌های جانبی و افزایش قدرت نفوذ ریشه در خاک می‌شود (شکل ۲). این موضوع برای شالیزارهایی که خاک‌های سنگین یا با تهویه نامناسب دارند اهمیت ویژه‌ای دارد. ریشه‌های تقویت‌شده با سیلیس مقاومت بیشتری در برابر کاهش اکسیژن خاک و شرایط غرقابی طولانی نشان می‌دهند. وجود سیلیس در محیط ریشه، فعالیت آنزیم‌هایی را که در جذب عناصر نقش دارند افزایش داده و موجب بهبود دسترسی ریشه به نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌شود (پرهیزکار، ۲۰۲۵). همچنین سیلیس با افزایش تراکم تارهای کشنده، توانایی گیاه در جذب عناصر ریزمغذی مانند روی و آهن را بهبود می‌بخشد (ما و یاماجی، ۲۰۱۵).

۳) ارتقای تغذیه گیاه و بهبود انتقال عناصر: یکی از مزایای مهم سیلیس، افزایش انتقال عناصر غذایی در شبکه آوندی گیاه است. حضور سیلیس در گیاه باعث بهبود جریان شیره خام و رشد بهتر برگ‌ها و ساقه‌ها می‌شود. این عنصر با تنظیم وضعیت تعادلی مواد غذایی، خطر تجمع سمی برخی عناصر را کاهش می‌دهد و باعث جذب بهینه عناصر ضروری می‌شود. در نتیجه، فرایند فتوسنتز به شکلی مؤثرتر انجام شده و گیاه توان تولید مواد فتوسنتزی بیشتری را به دست می‌آورد. سیلیس همچنین در



شکل ۲- نمایی از تأثیر سیلیس بر رشد بیشتر ریشه برنج

تنظیم تبادل یونی سطح ریشه مؤثر بوده و به گیاه کمک می‌کند تا در شرایط کمبود مواد غذایی خاک، عملکرد خود را حفظ کند و به‌ویژه عنصری مانند فسفر به تعادل برسد (هیو و دیگران، ۲۰۲۰). تأثیر مثبت سیلیس بر انتقال پتاسیم به‌خصوص در مراحل پرشدن دانه، یکی از دلایل اصلی افزایش وزن هزاردانه در شالیزارهای دارای تغذیه سیلیسی است (گونتزر و دیگران، ۲۰۱۲).

۴) نقش سیلیس در مقاومت به بیماری‌ها و آفات: سیلیس یک لایه فیزیکی و شبه‌محافظ روی برگ و ساقه ایجاد می‌کند که نفوذ قارچ‌هایی مانند عامل بیماری بلاست، لکه‌قهوه‌ای و سوختگی غلاف را کاهش می‌دهد. این لایه مانند یک سد طبیعی عمل کرده و مانع ورود عوامل بیماری‌زا به سلول‌های گیاهی می‌شود. از طرف دیگر، سیلیس با تحریک سیستم دفاعی گیاه، تولید ترکیبات دفاعی مانند فیتوالکسین‌ها را افزایش می‌دهد. این ویژگی باعث می‌شود شدت بیماری‌ها و سرعت گسترش آن‌ها در مزرعه کاهش یابد. همچنین گیاهان دارای سیلیس کافی معمولاً از آفات مکنده، مانند سن‌های گیاهی و برخی شته‌ها، خسارت

کمتری می‌بینند. کاهش بیماری‌ها و آفات به معنای کاهش نیاز به مصرف سموم و در نتیجه کاهش هزینه تولید و افزایش ایمنی محصول است (رودریگز و دیگران، ۲۰۰۳).

۵) تاثیر سیلیس بر تنش‌های محیطی شامل خشکی، شوری و گرما: سیلیس با افزایش استحکام بافت‌ها و تنظیم وضعیت تعادلی آب در گیاه، نقش مهمی در مقابله با این تنش‌ها دارد (زرگر و دیگران، ۲۰۱۹). گیاهان دارای سیلیس کافی، تعرق کنترل‌شده‌تری داشته و توان نگهداری آب بیشتری در برگ و ساقه خود دارند. این موضوع در شرایط خشکی یا آبیاری ناکافی اهمیت زیادی دارد (نزیم و دیگران، ۲۰۲۴). همچنین سیلیس با کاهش حرکت سدیم در گیاه و جلوگیری از اختلال در متابولیسم سلولی، تحمل گیاه به شوری را افزایش می‌دهد. در تنش گرما، سیلیس با افزایش پایداری آنزیمی، عملکرد فتوسنتز را در دماهای بالا حفظ می‌کند.

۶) اثر سیلیس بر کیفیت دانه، پُرشدن خوشه و افزایش عملکرد: سیلیس نقش مستقیم در فرایند پرشدن دانه دارد و با تنظیم انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها، وزن نهایی دانه را افزایش می‌دهد. وجود سیلیس کافی موجب افزایش درصد دانه‌های سالم، کاهش دانه‌های پوک و بهبود کیفیت ظاهری برنج سفید می‌شود. از نظر صنعتی، دانه‌های حاصل از گیاهانی که از سیلیس بهره برده‌اند، مقاومت بیشتری در برابر شکستگی در زمان فرآوری دارند. همچنین سیلیس می‌تواند مدت نگهداری شلتوک و دانه برنج در انبار پس از برداشت را افزایش دهد، زیرا ساختار دانه‌ها پایدارتر و مقاومت آن‌ها در برابر آفات انباری بیشتر می‌شود. افزایش عملکرد نهایی و کیفیت پخت برنج، دو نتیجه مهم استفاده صحیح از سیلیس به‌شمار می‌روند (ساوانت و دیگران، ۱۹۹۶).

توصیه‌های ترویجی

استفاده از سیلیس به عنوان یک عنصر سودمند در تغذیه برنج، زمانی بیشترین اثربخشی را دارد که در کنار مدیریت صحیح تغذیه و متناسب با شرایط مزرعه به کار گرفته شود. در شالیزارهایی که با مشکلاتی مانند خوابیدگی بوته‌ها، تنش خشکی، شوری یا شیوع بیماری‌های قارچی مواجه هستند، کاربرد منابع قابل جذب سیلیس می‌تواند به بهبود رشد ریشه، افزایش استحکام ساقه و برگ و ارتقای مقاومت گیاه کمک کند. به منظور بهره‌گیری بهتر از مزایای سیلیس، توصیه می‌شود از کودهای سیلیسی دارای حلالیت و کیفیت مناسب از جمله منابع متداولی مانند سیلیکات کلسیم، سیلیکات پتاسیم و حتی نانوسیلیس‌های قابل مصرف خاکی، با توجه به شرایط خاک و دسترسی محلی استفاده شود. کاربرد این کودها در مرحله آماده‌سازی زمین و همچنین در مراحل فعال رشد گیاه، به‌ویژه از پنجه‌زنی تا پیش از خوشه‌دهی، می‌تواند موجب تقویت رشد ریشی، بهبود جذب عناصر غذایی و کاهش خطر خوابیدگی شود. در مزارعی که سابقه کمبود عناصر غذایی یا تنش‌های محیطی دارند، توجه به تأمین سیلیس می‌تواند بخشی از راهکار مدیریت پایدار تغذیه گیاه باشد. از آنجا که پاسخ برنج به مصرف سیلیس تحت تأثیر عواملی مانند نوع خاک، شرایط اقلیمی، رقم کشت‌شده و وضعیت تغذیه‌ای مزرعه قرار دارد، انتخاب نوع کود سیلیسی و نحوه مصرف آن باید بر اساس توصیه کارشناسان محلی، نتایج آزمون خاک و شرایط مزرعه انجام شود. همچنین مصرف سیلیس نباید جایگزین کودهای اصلی نیتروژنی، فسفره و پتاسیمی شود، بلکه استفاده هم‌زمان آن با یک برنامه تغذیه متعادل، بیشترین تأثیر را بر رشد، عملکرد و کیفیت محصول خواهد داشت. براساس نتایج پژوهش‌های مختلف، کاربرد مناسب سیلیس می‌تواند با بهبود استقرار گیاه، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی، کاهش خسارت ناشی از خوابیدگی و کمک به پُرشدن بهتر دانه‌ها، در افزایش عملکرد و کیفیت نهایی برنج نقش مؤثری ایفا کند.

فهرست منابع

- حسین پور، س.، ابراهیمی گسکری، رضا. ۱۴۰۴. اثرات افزودن سیلیسیم به خاک شالیزار بر صفات مورفولوژیک و تجمع سیلیس در ساقه برنج. تولیدات گیاهی. ۴۸(۳): ۴۵۵-۴۶۷.
- FAOSTAT, 2020. Food and agricultural organization [WWW document] (URL). www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.
- Guntzer, F., Keller, C., Meunier, J.D., 2012. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agron. Sustain. Dev*; 32: 201-213.
- Hu, A.Y., Xu, S.N., Qin, D.N., Li, W., Zhao, X.Q., 2020. Role of silicon in mediating phosphorus imbalance in plants. *Plants*; 10 (1): 51.
- Ma, J.F., Yamaji, N., 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in plant science*; 11: 392-397.
- Ma, J.F., Yamaji, N., 2015. A cooperative system of silicon transport in plants. *Trends in plant science*; 20: 435-442.
- Malav, J., Patel, K., Shaikh, M.S., Ramani, V., 2015. Effect of silicon levels on growth, yield attributes and yield of rice in typic ustochrepts soils. *Ecology, Environment and Conservation*; 21(August Suppl.): AS205-AS208.
- Nazim, M., Li, X., Anjum, S., Ahmad, F., Ali, M., Muhammad, M., Shahzad, K., Lin, L., Zulfiqar, U., 2024. Silicon nanoparticles: a novel approach in plant physiology to combat drought stress in arid environment. *Biocatal. Agric. Biotechnol*; 58: 103190.
- Parhizkar, M., 2025. Rice husk-derived nanosilica enhances root development, phosphorus uptake and soil stability in rice paddy fields of northern Iran. *Rhizosphere*; 36: 101234.
- Rodrigues, F.A., Benhamou, N., Datnoff, L.E., Jones, J.B., Bélanger, R.R., 2003. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. *Phytopathology*; 93(5):535-46.
- Savant, N.K., Snyder, G.H., Datnoff, L.E., 1996. Silicon Management and Sustainable Rice Production. *Advances in Agronomy*; 58: 151-199.
- Zargar, S.M., Mahajan, R., Bhat, J.A., Nazir, M., Deshmukh, R., 2019. Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system. *3 Biotech*; 9 (3): 73..