بررسی تاثیرات سیلیس استخراج شده از پوسته برنج بر میانگین وزنی قطرخاکدانه‌های خاک با استفاده از هیدرومالچ

میثاق پرهیزکار[۱]، معصومه ایزدپناه[۲*]

۱- استادیار پژوهشی، عضو هیئت علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

۲- دانشگاه گیلان دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک- فیزیک و حفاظت خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان؛ * پست الکترونیکی نویسنده مسئول مقاله Izadpanahs@yahoo.com

چکیده

پایداری ساختمان خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی آن نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری کشاورزی و حفظ سلامت اکوسیستم‌های زراعی دارد. تخریب خاک ناشی از شخم‌های سنگین، مدیریت نامناسب بقایای گیاهی و استفاده بیش‌ازحد از کودهای شیمیایی، نیازمند استفاده از روش‌های پایدار اصلاح خاک است. در این مطالعه، تأثیر همزمان هیدرومالچ و سیلیس استخراج‌شده از پوسته برنج بر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) و طول ریشه گیاه بررسی شد. پوسته برنج پس از شستشو، خشک‌کردن و فرآوری حرارتی، به سیلیس خالص تبدیل و به هیدرومالچ اضافه شد. سه تیمار شامل شاهد، هیدرومالچ و هیدرومالچ + سیلیس در ۱۰ تکرار برای اندازه‌گیری MWD و طول ریشه اعمال شد. نتایج نشان داد که تیمار ترکیبی بیشترین میانگین MWD (۹۰/۰ ± ۰/۰۳میلی‌متر)و طول ریشه را داشت و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. افزایش پایداری خاکدانه‌ها و طول ریشه بیانگر بهبود ساختمان خاک، افزایش تخلخل و شرایط مناسب برای توسعه ریشه‌ها بود. در مجموع، استفاده همزمان از هیدرومالچ و سیلیس پوسته برنج به عنوان روشی پایدار، کم‌هزینه و سازگار با محیط زیست، می‌تواند کیفیت فیزیکی خاک را بهبود بخشد، رشد ریشه‌ها را تقویت کند و در مدیریت خاک‌های کشاورزی توصیه شود.

کلید واژه: سیلیس پوسته برنج، مدیریت پایدار خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقدمه

پایداری ساختمان خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی آن از عوامل کلیدی در ارتقای بهره‌وری کشاورزی و حفظ سلامت اکوسیستم‌های زراعی به شمار می‌رود، زیرا خاک‌هایی با ساختمان پایدار ظرفیت نگهداری بیشتری برای آب و هوا داشته و شرایط مناسبی برای رشد ریشه‌ها و فعالیت میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کنند (Rahman et al., 2022). در سال‌های اخیر، به‌کارگیری روش‌های نوین اصلاح خاک مانند هیدرومالچ توجه زیادی را به خود جلب کرده است. هیدرومالچ که ترکیبی از آب، بذر گیاهان پوششی، مواد آلی و جاذب‌های رطوبتی است، می‌تواند با ایجاد پوشش سطحی، کاهش فرسایش آبی و بادی، افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود رشد گیاه نقش مهمی در مدیریت پایدار خاک داشته باشد (Ricks et al., 2020). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که کاربرد هیدرومالچ در خاک‌های آسیب‌دیده موجب کاهش رواناب سطحی و افزایش نفوذپذیری آب شده و در تثبیت خاک‌های حساس به فرسایش عملکرد مثبتی دارد (Parhizkaret al., 2024). از سوی دیگر، سیلیس استخراج‌شده از پوسته برنج به عنوان یک منبع غنی و زیستی سیلیس شناخته شده است که نه‌تنها موجب بهبود پایداری خاکدانه‌ها، کاهش تراکم خاک و بهبود تهویه می‌شود، بلکه به افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نیز کمک می‌کند (Abdo et al., 2024). مطالعات اخیر استفاده از نانوسیلیس و سیلیس زیستی حاصل از پوسته برنج را به عنوان عاملی مؤثر در بهبود ساختمان خاک و افزایش تحمل گیاهان به خشکی و شوری معرفی کرده‌اند (Younes et al., 2024). ترکیب این دو رویکرد یعنی هیدرومالچ و سیلیس پوسته برنج، می‌تواند یک استراتژی چندجانبه در کشاورزی پایدار باشد، زیرا هیدرومالچ با بهبود وضعیت رطوبتی و پوشش سطحی و سیلیس با تقویت ساختمان خاک، به‌طور همزمان کیفیت فیزیکی و زیستی خاک را ارتقا می‌دهند. از آنجا که فعالیت‌های کشاورزی ناپایدار مانند شخم‌های سنگین، مدیریت نامناسب بقایای گیاهی و استفاده بیش‌ازحد از کودهای شیمیایی باعث تخریب ساختمان خاک و کاهش حاصلخیزی آن می‌شوند، بررسی اثرات همزمان این دو ماده می‌تواند راهکاری علمی و کاربردی برای بازسازی خاک‌های تخریب‌شده، بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها و کاهش فشار بر منابع طبیعی در راستای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار ارائه دهد. با توجه به اهمیت رشد ریشه در جذب بهتر آب و مواد غذایی و نیز نقش کلیدی پایداری خاکدانه‌ها در سلامت خاک، بررسی اثرات همزمان هیدرومالچ و سیلیس پوسته برنج بر این عوامل، می‌تواند راهکار مناسبی برای بهبود عملکرد سیستم‌های کشاورزی به ویژه در خاک‌های آسیب‌دیده باشد. این مطالعه با هدف استخراج سیلیس از پوسته برنج و ارزیابی تأثیر این دو ماده بر طول ریشه و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها انجام شده است تا به درک بهتری از مزایای کاربرد آنها در بهبود کیفیت خاک برسد.

مواد و روش‌ها

در این روش، ابتدا پوسته شلتوک برنج به‌منظور حذف ناخالصی‌ها و افزایش سطح ویژه سیلیس، با استفاده از محلول هیدروکلریک اسید ۱۰ درصد به مدت ۲ ساعت جوشانده می‌شود. این فرآیند باعث حذف مؤثر فلزات سنگین و سایر ناخالصی‌ها از پوسته برنج می‌گردد.پس از جوشاندن، پوسته‌ها با آب مقطر شستشو داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس در آون خشک می‌شوند. سپس، این پوسته‌های خشک‌شده به مدت ۲ ساعت در دمای ۷۰۰ درجه سلسیوس در کوره سوزانده می‌شوند تا پودر سفید رنگ حاوی سیلیس حاصل گردد. این مرحله به‌منظور حذف مواد آلی و تبدیل سیلیس به فرم معدنی انجام می‌شود.در مرحله بعد، پودر حاصل از مرحله قبل که به‌صورت بی‌شکل است، با محلول نیترات پتاسیم ۰/۵نرمال برای کریستاله شدن به مدت ۱ ساعت هم زده می‌شود. سپس، این محلول به کمک کاغذ صافی فیلتر شده و در دمای ۸۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۸ ساعت در کوره قرار داده می‌شود تا نانوذرات سیلیس متخلخل نیمه‌کریستاله تشکیل گردد. این فرآیند باعث بهبود ویژگی‌های ساختاری و عملکردی نانوذرات سیلیس می‌شود (Azat et al., 2019)، (شکل ۱).

شکل ۱- استخراج سیلیس از پوسته برنج

مواد هیدرومالچ با استفاده از مخلوطی از آب، بذر چمن، مواد آلی، کود استارتر، فیبر سلولزی، سوپرجاذب و رنگ سبز خوراکی تولید شد. این مواد طبق پروتکل بین‌المللی مخلوط شدند. تخم چمن زویسیا گراس، که چمنی است که در فصل گرم رشد می‌کند و سیستم ریشه‌ای عمیقی دارد، برای این مطالعه انتخاب شدند. برگ‌های سخت و ریشه‌های عمیق این چمن، پوشش گیاهی متراکمی را روی سطح خاک ایجاد می‌کنند. مواد آلی به عنوان عوامل اتصال ذرات خاک به هیدرومالچ به خاک لوم رسی اضافه شدند تا خاکدانه‌ها تثبیت شوند. برای افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرهای چمن، از فیبر سلولزی، به عنوان مواد جاذب، نیز استفاده شد. در نهایت، کود استارتر و سوپرجاذب به ترتیب برای تأمین غذا برای بذرهای چمن در حال رشد و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک اضافه شدند (مطابق شکل ۲). هیدرومالچ با میزان ۴۱۰ کیلوگرم در هکتار در ۴ لیتر آب استفاده شد و در نهایت سیلیس استخراج شده از پوسته برنج برای افزایش رشد ریشه به مخلوط هیدرومالچ اضافه شد (Parsakhoo et al.,2018). تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق به ترتیب شاهد، تیمار هیدرومالچ و تیمار هیدرومالچ + سیلیس استخراج شده از پوسته برنج بود، اندازه نانوسیلیس مورد استفاده کمتر از ۱۰۰ نانومتر بود. خصوصیات دقیق این نانوذرات در مطالعه پرهیزکار و همکاران (۲۰۲۳)، گزارش شده است. در این تحقیق، شاخص کاربرد تیمارهای هیدرومالچ و هیدرومالچ+سیلیس بر اساس ارتفاع لایه این اصلاح‌کننده‌ها در سطح خاک در نظر گرفته شد، زیرا دانسیته هیدرومالچ و ابعاد

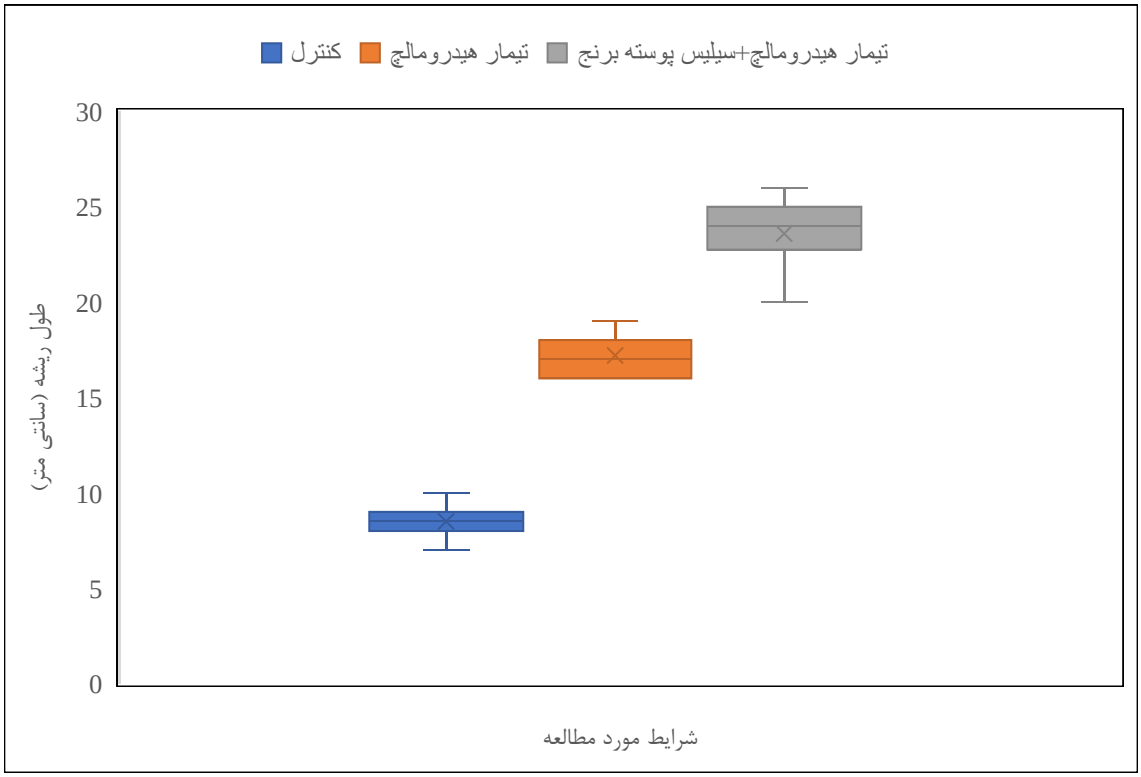
ذرات سیلیس از عوامل کلیدی در تعیین میزان کاربرد هستند. شایان ذکر است که اجزای تشکیل‌دهنده هیدرومالچ (مواد آلی، فیبر سلولزی، کود استارتر، سوپرجاذب و رنگ) در همه‌ی تیمارهای مربوط به هیدرومالچ ثابت بوده و به‌عنوان تیمار مستقل در نظر گرفته نشدند. بنابراین، تعداد تیمارهای اصلی در این مطالعه صرفاً سه مورد بود: شاهد، هیدرومالچ و هیدرومالچ + سیلیس و برای هر تیمار ده تکرار برای اندازه‌گیری‌های طول ریشه و ده تکرار برای اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD)، اعمال شد.

شکل ۲- هیدرومالچ به همراه سیلیس استخراج از پوسته برنج

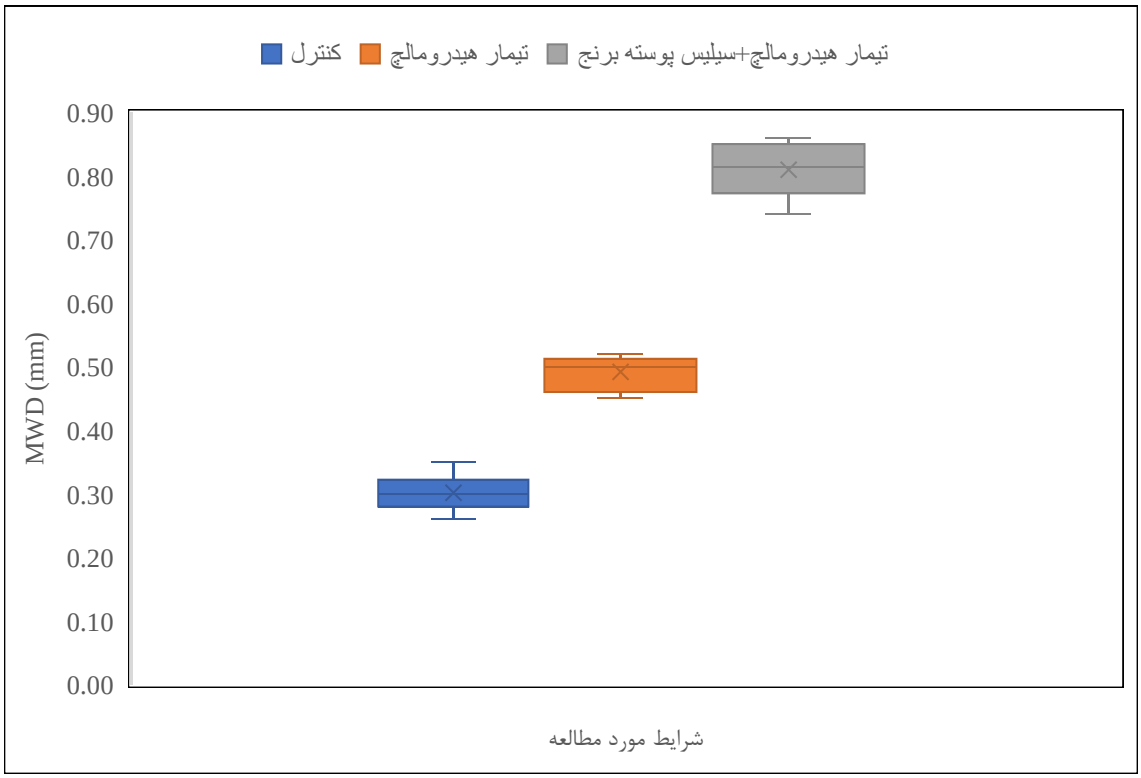
نتایج و بحث

طول ریشه درتیمارهیدرومالچ + سیلیس پوسته برنج بیشترین مقدارراداشت وپس ازآن تیمارهیدرومالچ ودرنهایت تیمارشاهد قرارگرفتند . میانگین وزنی قطرخاکدانه‌ها (MWD) نیزدرتیمارهیدرومالچ + سیلیس(۰/۹میلی‌متر)،به‌طورمعنی‌داری بیشترازتیمارهیدرومالچ(۰/۵۵میلی‌متر)وتیمارشاهد (۰/۳میلی‌متر) بود .افزایش پایداری خاکدانه‌هادرتیمارترکیبی نشان‌دهنده بهبودساختمان خاک و افزایش تخلخل است که شرایط مناسبی برای توسعه ریشه فراهم می‌آورد .تغییرات طول ریشه درنتیجه اعمال تیمارهادرشکل ۳و تغییرات میانگین وزنی قطرخاکدانه‌هادرشکل۴، ارائه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود،طول ریشه درخاک تیمارشده باهیدرومالچ + سیلیس پوسته برنج بیشترین مقدارانشانداده وپس ازآن به ترتیب تیمارهیدرومالچ

وشاهد قرارداشته‌اند.



شکل ۳- تغییرات طول ریشه تحت شرایط مورد مطالعه



شکل ۴- تغییرات میانگین وزنی قطر تحت شرایط مورد مطالعه

جدول ۱–مقایسه میانگین وزنی قطرخاکدانه‌ها (MWD) وطول ریشه تحت تیمارهای مختلف

تی‌مار	طول ری‌شه(cm)	MWD (mm)	حداقل	حداکثر	می‌انگی‌ن ± انحراف معی‌ار
شاهد	کمتری‌ن	۰/۳	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۰۲ ± ۰/۳۰c
هی‌درومالچ	متوسط	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۸	۰/۰۳ ± ۰/۵۵b
هی‌درومالچ + سی‌لی‌س پوسته برنج	بی‌شتری‌ن	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۰۳ ± ۰/۹۰a

MWD: میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$) هستند.

بررسی نتایج جدول نشان داد که تیمار هیدرومالچ + سیلیس پوسته برنج با مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) برابر با ۹۰/۰ ± ۰۳/۰میلی‌متر، بالاترین مقدار را در میان تیمارها به خود اختصاص داد و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای هیدرومالچ) ۵۵/۰ ± ۰۳/۰میلی‌متر و (شاهد) ۳۰/۰ ± ۰۲/۰میلی‌متر داشت. این امر بیانگر بهبود چشمگیر پایداری ساختمان خاک و کاهش پراکندگی داده‌ها در تیمار ترکیبی است. از سوی دیگر، تیمار شاهد با پایین‌ترین مقدار MWD نشان‌دهنده ضعف قابل توجه در ساختار خاک بود که می‌تواند موجب کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت و تهویه نامطلوب خاک شود. از نظر طول ریشه نیز، بیشترین رشد در تیمار هیدرومالچ + سیلیس مشاهده شد و پس از آن تیمار هیدرومالچ و شاهد قرار گرفتند. این افزایش طول ریشه می‌تواند نتیجه‌ی هم‌افزایی دو عامل باشد؛ بدین صورت که هیدرومالچ با کاهش تبخیر و حفظ رطوبت خاک، شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌کند و سیلیس پوسته برنج با ایجاد تخلخل بیشتر و تقویت پایداری خاکدانه‌ها، امکان نفوذ بهتر ریشه‌ها به لایه‌های عمیق‌تر را فراهم می‌آورد. در مجموع، اختلاف معنی‌دار میان تیمارها نشان می‌دهد که استفاده همزمان از هیدرومالچ و سیلیس می‌تواند به عنوان روشی پایدار در بهبود کیفیت فیزیکی خاک و توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان دادکه ترکیب هیدرومالچ و سیلیس پوسته برنج تأثیرقابل توجهی بربهبودپایداری خاکدانه هاوافزایش طول ریشه دارد .افزایش پایداری خاکدانه‌هابه معنای بهبود ساختمان خاک است که نقش حیاتی درحفظ رطوبت، تهویه و کاهش فرسایش خاک ایفا می‌کند(Balabane and Plante, 2004) . ازسوی دیگر، هیدرومالچ با تشکیل پوشش گیاهی سریع و تثبیت خاک، علاوه برکاهش فرسایش سطحی (ابریشم‌کش و همکاران،۱۴۰۲)، شرایط میکرومحیطی مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کندکه به نوبه خود موجب بهبود ساختمان خاک می‌شود (Alami et al., 2000). همچنین، سیلیس موجود در پوسته برنج با افزایش استحکام خاکدانه‌ها و ایجاد تخلخل بیشتر، ظرفیت نگهداری آب و هوا را افزایش داده و محیط بهتری برای توسعه ریشه‌ها فراهم می‌کند (Obalum et al., 2019). افزایش طول ریشه درتیمارهیدرومالچ + سیلیس نشان می‌دهد که این ترکیب شرایط زیستی خاک را بهبودبخشیده و دسترسی ریشه به منابع آب وموادمغذی را افزایش می دهد .طول بیشتر ریشه، توانایی گیاه در جذب عمیق‌تر آب و عناصر غذایی را افزایش داده و مقاومت آنرا دربرابرتنش‌های محیطی مانند خشکی تقویت می‌کند (Vita et al., 2023). این یافته‌ها بامطالعات پیشینه مساوی است که نشان می‌دهند سیلیس نقش مهمی در تقویت رشد ریشه و بهبود عملکرد گیاهان دارد (Mir et al., 2022). علاوه براین،حفظ رطوبت توسط هیدرومالچ و ایجاد بستر مناسب برای ریشه دوانی موجب تحریک رشد بهتر ریشه‌ها می‌شود (Romero-Munoz et al., 2022).

درمجموع، استفاده همزمان ازهیدرومالچ وسیلیس پوسته برنج به عنوان یک روش پایدار و مؤثر می‌تواند به بهبود کیفیت فیزیکی خاک، افزایش پایداری ساختمان خاک، توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و در نهایت ارتقای عملکرد محصولات کشاورزی منجرشود.

نتیجه گیری

استفاده از ترکیب هیدرومالچ و سیلیس استخراج شده از پوسته برنج موجب افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌شود. این امر منجر به افزایش تخلخل خاک و سهولت در ریشه‌دوانی گیاه شده و به طور مستقیم رشد طول ریشه را افزایش می‌دهد. بنابراین، این تیمار به عنوان یک روش مؤثر و پایدار برای بهبود کیفیت خاک‌های کشاورزی و افزایش بهره‌وری در سیستم‌های زراعی توصیه می‌شود. استفاده از تیمار هیدرو مالچ و سیلیس موجب افزایش میانگین وزنی قطرخاکدانه‌ها می شود این تیمار از طریق بهبود ویژگی های فیزیکی خاک و تخلخل خاک موجب سهولت در ریشه دوانی و بالتبع افزایش طول ریشه نیز می‌گردد. باتوجه به نتایج به دست‌آمده، توصیه می‌شود استفاده همزمان از هیدرومالچ و سیلیس استخراج شده از پوسته برنج به عنوان یک تکنیک مدیریت پایدارخاک در مزارع و باغ‌ها دردستورکارقرارگیرد. این روش نه تنها موجب بهبود ساختمان خاک و افزایش رشد ریشه گیاهان می‌شود، بلکه به دلیل استفاده از منبع طبیعی و ارزان(پوسته برنج)، ازنظراقتصادی مقرون به صرفه و از نظر زیست‌محیطی نیز سازگار است .بنابراین، پیشنهاد می‌شود که این تیمار در مقیاس مزرعه‌ای و در شرایط اقلیمی مختلف آزمایش و به تدریج در برنامه‌های بهبود مدیریت خاک کشاورزی کشور گنجانده شود.

منابع

۱. ابریشمکش، س.، زحمتکش، م.، یغماییان، ن.، و اسدی، ه. (۱۴۰۲). برآورد و نقشه‌برداری عامل فرسایش خاک در حوزه آبخیز علی‌آباد، رودبار، استان گیلان .پژوهش‌های خاک کاربردی، ۱۱(۴)، ۱۴۱-۱۲۶.

2. Abdo, R.A., Hazem, M.M., El-Assar, A.E.-M., Saudy, H.S., El-Sayed, S.M. Efficacy of nano-silicon extracted from rice husk to modulate the physio-biochemical constituents of wheat for ameliorating drought tolerance without causing cytotoxicity. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences* 2024, 13, 75. https://doi.org/10.1186/s43088-024-00529-2
3. Ahmed, E.M., Ali, M.A., El-Hady, O.M., Abdelhady, A.L. Quantitative evaluation of soil quality using principal component analysis: The case study of El-Fayoum Depression, Egypt. *Sustainability* 2021, 13(4), 1824. https://doi.org/10.3390/su13041824
4. Alami, Y., Achouak, W., Marol, C., Heulin, T. Rhizosphere soil aggregation and plant growth promotion of sunflowers by an exopolysaccharide-producing *Rhizobium* sp. strain isolated from sunflower roots. *Applied and Environmental Microbiology* 2000, 66(8), 3393–3398. https://doi.org/10.1128/AEM.66.8.3393-3398.2000
5. Azat, S., Sartova, Z., Bekseitova, K., Askaruly, K. Extraction of high-purity silica from rice husk via hydrochloric acid leaching treatment. *Turkish Journal of Chemistry* 2019, 43(5), 1258–1269. https://doi.org/10.3906/kim-1903-53
6. Balabane, M., Plante, A.F. Aggregation and carbon storage in silty soil using physical fractionation techniques. *European Journal of Soil Science* 2004, 55(2), 415–427. https://doi.org/10.1046/j.1351-0754.2004.00614.x
7. Mir, R.A., Bhat, B.A., Yousuf, H., Islam, S.T., Raza, A., Rizvi, M.A., Charagh, S., Albaqami, M., Sofi, P.A., Zargar, S.M. Multidimensional role of silicon to activate resilient plant growth and to mitigate abiotic stress. *Frontiers in Plant Science* 2022, 13, 819658. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.819658
8. Obalum, S.E., Uteau-Puschmann, D., Peth, S. Reduced tillage and compost effects on soil aggregate stability of a silt-loam Luvisol using different aggregate stability tests. *Soil and Tillage Research* 2019, 189, 217–228. https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.021

9. Parhizkar, M., Ghasemzadeh, Z., Shabanpour, M., Mohamadi, S., Shamsi, R., Ramezani, A. Effects of silica nanoparticles on root characteristics of Zoysia grass and rill detachment capacity in soils treated with hydromulch. *Catena* 2023, 228, 107185. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107185
10. Parhizkar, M., Shabanpour, M., Ghasemzadeh, Z., Mohamadi, S., Ramezani, A., Shamsi, R. Comparing the effects of hydromulching and application of biodegradable plastics on surface runoff and soil erosion in deforested and burned lands. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 2024, 72(2), 196–205. https://doi.org/10.2478/johh-2024-0028
11. Parsakhoo, A., Jajouzadeh, M., Rezaee-Motlagh, A. Effect of hydroseeding on grass yield and water use efficiency on forest road artificial soil slopes. *Journal of Forest Science* 2018, 64(4), 157–163. https://doi.org/10.17221/25/2018-JFS
12. Rahman, M.M., Kamal, M.Z.U., Ranamukhaarachchi, S., Alam, M.S., Alam, M.K., Khan, M.A.R., Islam, M.M., Alam, M.A., Jiban, S.I., Mamun, M.A.A., Abdullah, H.M., Biswas, J.C., Akhter, S., Naher, U.A., Maniruzzaman, M., Haque, M.M., Ahmed, F. Effects of organic amendments on soil aggregate stability, carbon sequestration, and energy use efficiency in wetland paddy cultivation. *Sustainability* 2022, 14(8), 4475. https://doi.org/10.3390/su14084475
13. Ricks, M.D., Wilson, W.T., Zech, W.C., Fang, X., Donald, W.N. Evaluation of hydromulches as an erosion control measure using laboratory-scale experiments. *Water* 2020, 12(2), 515. https://doi.org/10.3390/w12020515
14. Romero-Muñoz, M., Gálvez, A., Martínez-Melgarejo, P.A., Piñero, M.C., del Amor, F.M., Albacete, A., López-Marín, J. Hydromulching enhances the growth of artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) plants subjected to drought stress through hormonal regulation of source–sink relationships. *Agronomy* 2022, 12(7), 1713. https://doi.org/10.3390/agronomy12071713
15. Vita, F., Haghmadad Milani, M., Feyzi, H., Choubani Ghobadloo, F., Gohari, G. Recent advances in nano-enabled agriculture for improving plant performances under abiotic stress condition. In: *Advances in Nano-Enabled Agriculture*, Chapter 7. De Gruyter, October 2023. https://doi.org/10.1515/9781501523229-007
16. Younes, N.A., El-Sherbiny, M., Alkharpotly, A.A., Sayed, O.A., Dawood, A.F.A., Hossain, M.A., Abdelrhim, A.S., Dawood, M.F.A. Rice-husks synthesized-silica nanoparticles modulate silicon content, ionic homeostasis, and antioxidants defense under limited irrigation regime in eggplants. *Plant Stress* 2024, 11, 100330. https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100330

Investigation of the Effects of Rice Husk–Extracted Silica on the Mean Weight Diameter of Soil Aggregates Using Hydromulch

Misagh Parhizkar[1], Masoumeh Izadpanah[2]*
[1] Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
[2] PhD Student of Soil Resources Management – Soil Physics and Conservation, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran; *Corresponding author email: Izadpanahs@yahoo.com

Abstract

Soil aggregate stability and the improvement of physical soil properties play a key role in enhancing agricultural productivity and sustaining ecosystem health. Soil degradation caused by intensive tillage, poor residue management, and excessive chemical fertilizer use highlights the need for sustainable soil improvement strategies. This study investigated the combined effects of hydromulch and silica extracted from rice husk on mean weight diameter (MWD) and root length. Rice husks were processed through washing, drying, and thermal treatment to produce pure silica, which was incorporated into hydromulch. Three treatments—control, hydromulch, and hydromulch + silica—were applied in ten replicates to measure MWD and root length. Results showed that the combined treatment had the highest MWD **(**0.90 ± 0.03 mm**)** and root length, with significant differences compared to other treatments. Increased aggregate stability and root growth indicate improved soil structure, enhanced porosity, and favorable conditions for root development. Overall, the simultaneous

application of hydromulch and rice husk silica represents a sustainable, cost-effective, and environmentally friendly approach to improve soil physical quality, promote root growth, and manage agricultural soils effectively

Keywords: Rice husk silica, soil physical properties, sustainable soil management, weighted mean diameter of soil aggregates