19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

ویژگی‌های خاک پس از برداشت گندم تحت تنش خشکی و ترکیبات آلی

مریم زاهدی فر[1*]، ادریس گویلی کیلانه[2]

۱- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، ایران* mzahedifar@gmail.com
۲- مرکز نوآوری گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام edris_gavili@yahoo.com

چکیده

ترکیبات آلی نقش مهم و تاثیرگذاری بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و در نتیجه قدرت نگهداری آب در خاک و رشد گیاه دارند و این نقش به‌ویژه در شرایط تنش خشکی از اهمیت بیشتری برخوردار است. به همین منظور پژوهشی در راستای بررسی محلول پاشی کود آلی بر پایه مشتقات گیاهی و دارای اسیدآمینه‌های مختلف بر مقاومت نفوذی، مقاومت برشی و آب‌گریزی خاک پس از برداشت گندم در شرایط تنش خشکی در گلخانه انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح کاربرد کود آلی (۰، ۲/۵، ۵، و ۷/۵ لیتر در هزار لیتر) و سه سطح تنش خشکی (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه) با سه تکرار بود. نتایج نشان داد بیشترین مقاومت نفوذی خاک با محلول پاشی ۵ لیتر در ۱۰۰۰ لیتر کود آلی بدون تنش خشکی به دست آمد. کمترین مقاومت نفوذی در نمونه‌های بدون محلول پاشی و تنش مشاهده شد. بیشترین مقاومت برشی خاک با محلول پاشی ۵ لیتر در هزار لیتر کود آلی بدون تنش خشکی و کمترین مقاومت بدون محلول پاشی کود آلی و در بیشترین سطح تنش خشکی به دست آمد. بیشترین آب‌گریزی در بیشترین سطح کاربرد ماده آلی بدون تنش خشکی و کمترین آن در شرایط تنش شدید خشکی و بدون کاربرد ماده آلی بود.

واژگان کلیدی: محلول پاشی، کود آلی، ویژگی‌های فیزیکی خاک.

مقدمه

ماده آلی نقش مهمی بر مدیریت حاصلخیزی خاک در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار دارد. این ترکیب با افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک و تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و ریزجانداران، عملکرد محصول را افزایش می‌دهد. این نقش به ویژه در ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است، از اهمیت بیشتری برخوردار است. نقش سازنده ترکیبات آلی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک توسط پژوهشگران بیان شده است (عمادی بالادهی و همکاران، ۱۴۰۲). استفاده از کود دامی، بقایای گیاهی و یا کمپوست زباله شهری، ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند پایداری خاکدانه و نگهداشت آب در خاک را بهبود بخشیده است (Annabi et al., 2006). افزایش پایداری خاکدانه‌ها با بهبود ساختمان خاک سبب رشد مناسب گیاه و افزایش نفوذپذیری خاک می‌شود. امداد و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند مصرف کود دامی و کمپوست، میانگین سرعت نفوذ در خاک را به ترتیب به میزان ۱۶ و ۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. با توجه به اهمیت تاثیر ویژگی‌های فیزیکی بر میزان نگهداری آب در خاک و مدیریت آبیاری به‌ویژه در شرایط کمبود رطوبت، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر محلول پاشی کود آلی تهیه شده شرکت زرنام (محصولات جانبی) بر پایه مشتقات گیاهی دارای اسید آمینه‌های مختلف، بر مقاوت نفوذی، برشی و آب‌گریزی خاک پس از برداشت گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و تعیین برخی ویژگی‌های اولیه خاک

خاک مورد آزمایش (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) از سری کوی اساتید واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (طول جغرافیای ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) برداشت شد. پس از جمع‌آوری، هوا خشک شد. بخشی از نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های معمول استاندارد (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱الف و ب) به شرح زیر اندازه‌گیری و تعیین شدند: بافت خاک (فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت) به روش هیدرومتری (Silty clay)، پ‌هاش در خمیر اشباع با دستگاه پ‌هاش‌متر (۷/۵)، ماده آلی به روش اکسایش با بی‌کرومات پتاسیم و سپس تیتر کردن با آمونیوم فروسولفات معروف به روش ترسوزانی (۱/۱ درصد)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشینی کاتیون‌ها با استات سدیم (۱۹ سانتی مول بر کیلوگرم)، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون با اسید کلریدریک (۴۲ درصد)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (۰/۵ دسی زیمنس بر متر)، فسفر قابل‌استفاده به روش اولسن و با عصاره-گیری با بی‌کربنات‌سدیم (۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم)، نیتروژن کل به روش کلدال (۰/۱ درصد).

کشت گیاه

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح محلول پاشی کود آلی (با غلظت های صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار)، سه سطح رطوبتی (ظرفیت مزرعه (بدون تنش)، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. در ابتدا نمونه‌های خاک چهار کیلوگرمی آماده و سپس در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. سطوح مورد نظر کود آلی قبل ازکشت با آب مخلوط و به صورت محلول به خاک گلدان ها افزوده شد. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی، عناصر نیتروژن، آهن، منگنز، روی و مس به‌ترتیب به مقدار مورد نیاز و از منابع اوره، کلات آهن، سولفات منگنز، سولفات روی و سولفات مس و به‌صورت محلول به خاک اولیه اضافه شد. سپس خاک درون کیسه‌ها به‌طور کامل مخلوط شده و به داخل گلدان‌های چهار کیلوگرمی پلاستیکی منتقل شد. در هر گلدان۸ عدد بذر گندم رقم سیروان در عمق مناسب کاشته شد. پس از دو هفته تعداد گیاهان به ۴ بوته در هر گلدان کاهش یافت. سطوح رطوبتی ذکر شده در طول فصل رشد با توزین روزانه گلدان‌ها و جبران کمبود

آب خاک در زمان آبیاری با افزودن مقدار آب لازم به آن‌ها پس از استقرار گیاهچه‌ها (دو هفته پس از کاشت) اعمال شد. در طول فصل رشد طی سه نوبت و در زمان‌های ۱/۵، ۳ و ۴ ماه بعد از کاشت از محلول‌های کود آلی مورد استفاده با غلظت‌های ذکر شده برای محلول پاشی استفاده شد.

اندازه‌گیری مقاومت نفوذی و برشی خاک پس از برداشت گیاه

به منظور تعیین مقاومت خاک نسبت به نفوذ ریشه از مقاومت‌سنج دستی و به روش Bradford (1986) استفاده شد. ویژگی‌های دستگاه و روش کارکردن با آن در مقالات ارائه شده قبلی بیان شده است (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱الف و ب). در پژوهش انجام شده، مقادیر مقاومت در سه رطوبت مختلف در گلدان‌های حاوی خاک دست نخورده و در سه نقطه از خاک سطحی هر گلدان (جهت اطمینان از صحت و افزایش دقت آزمایش) تعیین شد. سپس از سه مقاومت بدست آمده در هر رطوبت میانگین گرفته شد و پس از آن بین رطوبت‌ها و مقادیر مقاومت متناظر با آن‌ها در نرم افزار EXCEL رابطه رگرسیونی برقرار شد و با استفاده از رابطه رگرسیون خطی برازش داده شده، مقدار مقاومت نفوذی متناظر با رطوبت ظرفیت مزرعه اندازه‌گیری و گزارش شد.

برای اندازه‌گیری مقاومت برشی لایه رویین خاک از دستگاه برش پره‌ای مدل SO843 در رطوبت ظرفیت زراعی استفاده شد (خسروانی و همکاران، ۱۴۰۰). برای تعیین مقاومت برشی خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه ابتدا برای هر نمونه این پارامترها در روزهای مختلف که رطوبت خاک متفاوت است اندازه‌گیری شد و هم زمان نمونه رطوبتی تهیه و رطوبت خاک نیز اندازه‌گیری شد و در نهایت با رسم نمودار رطوبت و مقاومت برشی، مقادیر مقاومت برشی در رطوبت ظرفیت مزرعه از نمودار مربوطه استخراج شد.

تعیین آب‌گریزی پویای خاک

روش مدت زمان لازم برای نفوذ قطره آب به خاک یک روش مناسب و ساده برای تعیین آب‌گریزی خاک است که تنها با یک قطره‌چکان، زمان‌سنج و مقداری آب مقطر قابل اجراست (Dekker and Ritsema, 1994).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری EXCEL و MSTATC انجام و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن و در سطح آماری ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر محلول پاشی کود آلی و تنش خشکی بر مقاومت نفوذی خاک

نتایج نشان داد هیچیک از تیمارهای محلول پاشی کود آلی، تنش خشکی و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر میانگین مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری نداشتند. مقاومت نفوذی خاک پس از کشت گندم در محدوده ۱/۲۵ تا ۱/۴۲ مگاپاسکال متغیر بود (جدول ۱). بیشترین مقاومت نفوذی خاک (۱/۴۲ مگاپاسکال) با محلول پاشی ۵ لیتر در ۱۰۰۰ لیتر کود آلی بدون تنش خشکی به دست آمد. کمترین مقاومت نفوذی (۱/۲۵ مگاپاسکال) در نمونه‌های بدون محلول پاشی و تنش مشاهده شد. زاهدی فر و همکاران (۱۴۰۱ الف) نشان دادند هیچ‌یک از تیمارهای کاربرد خاکی کود آلی، تنش خشکی و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت گندم در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری نداشتند.

جدول ۱- اثر محلول پاشی سطوح مختلف کود آلی و تنش رطوبتی بر مقاومت نفوذی (مگاپاسکال) خاک پس از برداشت گندم

سطح خشکی (%FC)	کود آلی (لیتر بر ۱۰۰۰ لیتر)				میانگین
	۰	۲/۵	۵	۷/۵	
۱۰۰	۱/۲۵b*	۱/۴۱a	۱/۴۲a	۱/۳۴ab	**۱/۳۵A**
۷۵	۱/۳۱ab	۱/۳۵ab	۱/۳۶ ab	۱/۳۰ab	**۱/۳۳A**
۵۰	۱/۲۹ab	۱/۴۱a	۱/۲۹ab	۱/۳۴ab	**۱/۳۳A**
میانگین	**۱/۲۸A**	**۱/۳۹ A**	**۱/۳۶A**	**۱/۳۳A**	

* . برای هر متغیر ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنهٔ دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($p<0.05$) اختلاف معنی‌دار ندارند.

در پژوهش دیگری توسط زاهدی فر و همکاران (۱۴۰۱ب) کاربرد خاکی کود آلی در همه سطوح، مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت ذرت را افزایش یافت هرچند تنها افزایش حاصل از کاربرد ۲۰ لیتر در هکتار کود از نظر آماری معنی‌دار بود. احتمالا دلیل افزایش مقاومت نفوذی خاک پس از کاربرد کود آلی، ایجاد لایه سله و جلبک مانند در سطح خاک بوده است. همچنین آنان نشان دادند افزایش میزان تنش خشکی هرچند سبب افزایش مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت در مقایسه با شاهد شد، ولی تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبودند.

اثر محلول پاشی کود آلی و تنش خشکی بر مقاومت برشی خاک

هیچ کدام از تیمارهای محلول پاشی کود آلی، تنش خشکی و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر میانگین مقاومت برشی خاک پس از برداشت گندم در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). بیشترین مقاومت برشی خاک (۲/۴۴ مگاپاسکال) با محلول پاشی ۵ لیتر در هزار کود آلی بدون تنش خشکی و کمترین مقاومت (۱/۷۸ مگاپاسکال) بدون محلول پاشی کود آلی و در بیشترین سطح تنش خشکی به دست آمد. زاهدی‌فر و همکاران (۱۴۰۱الف) نشان دادند کاربرد خاکی ۲۰ لیتر در هکتار کود آلی در مقایسه با شاهد، مقاومت برشی خاک پس از برداشت گندم را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج مشابهی از کاربرد خاکی این کود بر مقاومت برشی خاک پس از برداشت ذرت گزارش شده است (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱ب). ورود ترکیب آلی در میان خاکدانه ها سبب بهبود ارتباط بین ذرات خاک شده و مقاومت برشی را افزایش داده است.

جدول ۲- اثر محلول پاشی سطوح مختلف کود آلی و تنش رطوبتی بر مقاومت برشی (مگاپاسکال) خاک پس از برداشت گندم

سطح خشکی (%FC)	کود آلی (لیتر بر ۱۰۰۰ لیتر)				میانگین
	۰	۲/۵	۵	۷/۵	
۱۰۰	۲/۱۱ab*	۲/۱۱ab	۲/۴۴a	۱/۸۳b	**۲/۱۲A**
۷۵	۱/۹۴ab	۲ ab	۲ab	۱/۹۴ab	**۱/۹۷A**
۵۰	۱/۷۸b	۲/۰۵ab	۱/۸۳b	۲ab	**۱/۹۱A**
میانگین	**۱/۹۴A**	**۲/۰۵A**	**۲/۰۹A**	**۱/۹۲A**	

* . برای هر متغیر ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنهٔ دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($p<0.05$) اختلاف معنی‌دار ندارند.

اثر محلول پاشی کود آلی و تنش خشکی بر آب‌گریزی پویای خاک

نتایج نشان داد اثر تنش خشکی و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر آب‌گریزی خاک پس از برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. با کاربرد کود مورد مطالعه در همه سطوح در مقایسه با شاهد، آب‌گریزی خاک افزایش یافت. اگرچه این افزایش تنها در سطح ۷/۵ لیتر در هزار به میزان ۷۳ درصد در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود. همچنین افزایش میزان تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار آب‌گریزی خاک پس از برداشت در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). بیشترین آبگریزی (۱۳/۵۲ ثانیه) در بیشترین سطح کاربرد ماده آلی بدون تنش خشکی به دست آمد. کمترین آن (۳/۷۲ ثانیه) در شرایط تنش شدید خشکی و بدون کاربرد ماده آلی بود.

جدول ۳- اثر محلول پاشی سطوح مختلف کود آلی و تنش رطوبتی بر آب‌گریزی (ثانیه) خاک پس از برداشت گندم

سطح خشکی	کود آلی (لیتر بر ۱۰۰۰ لیتر)				میانگین
(%FC)	۰	۲/۵	۵	۷/۵	
۱۰۰	۵/۴۸b	۶/۹۴ab	۸/۷۸ab	۱۳/۵۲a	**۸/۶۸A**
۷۵	۶/۸۶ab	۶/۵۹b	۵/۰۸b	۹/۲۵ab	**۶/۹۴AB**
۵۰	۳/۷۲b	۴/۸۱b	۴/۷۰b	۵/۱۲b	**۴/۵۹B**
میانگین	**۵/۳۵B**	**۶/۱۱AB**	**۶/۱۹AB**	**۹/۳۰A**	

* . برای هر متغیر ستون‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون چند دامنهٔ دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($p<0.05$) اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، محلول پاشی کود آلی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند مقاومت نفوذی، مقاومت برشی و آب‌گریزی خاک پس از برداشت گندم تاثیر بسزایی داشته است و این موضوع با توجه به اهمیت ماده آلی در حفظ سلامت اکوسیستم و بهبود عملکرد محصول و تغذیه ریزجانداران خاکزی، باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این نتایج بخشی از یافته های طرح برون دانشگاهی است که با حمایت مالی گروه صنعتی و پژوهشی زر، پالایشگاه غلات زر، واحد تحقیق و توسعه، به منظور بررسی اثر کود آلی که از تولیدات همین واحد است، انجام شده است. لذا بدین وسیله از گروه مذکور قدردانی می شود.

فهرست منابع

امداد، م. ر.، تافته، آ.، غفاری نژاد، ع. (۱۴۰۳). تأثیر کودهای آلی بر تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در تناوب‌های مختلف کشت در کرت‌های دایم. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۴(۲): ۱۲۱-۱۳۲.

خسروانی، پ.، موسوی، ع. ا.، باقرنژاد، م. (۱۴۰۰). تغییرات مکانی مقاومت فروروی و برشی خاک و اثر نوع کاربری و واحد فیزیوگرافی بر آنها. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲: ۱۰۴۱- ۱۰۵۷.

زاهدی‌فر، م.، گویلی، ا.، ارشادی، ا. (۱۴۰۱الف). تغییرات مقاومت برشی و نفوذی خاک پس از برداشت گندم در شرایط تنش خشکی تحت تاثیر کود آلی زرگرین. هفتمین همایش بین المللی مهندسی کشاورزی و محیط زیست با رویکرد توسعه پایدار. ۲۵ اسفندماه، تهران.

زاهدی‌فر، م.، موسوی، ع. ا.، ارشادی، ا. (۱۴۰۱ب). اثر کود آلی زرگرین بر مقاومت‌های نفوذی و برشی خاک پس از برداشت ذرت در شرایط تنش خشکی. هفتمین همایش بین المللی مهندسی کشاورزی و محیط زیست با رویکرد توسعه پایدار. ۲۵ اسفندماه، تهران.

عمادی بالادهی، م.، صادق‌زاده، ف.، بهمنیار، م. ع.، جلیلی، ب. (۱۴۰۲). تأثیر کود کمپوست گاوی غنی شده با ضایعات فلزی آهن و روی بر غلظت آهن و روی قابل جذب خاک‌های آهکی با بافت مختلف .مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۳(۳): ۲۱۲-۲۲۴.

Annabi, M., Houot, M.S., Francou, C., Le VillioPoitrenau, M., Le Bissonnais, Y. (2006). Improvement of aggregate stability after urban compostaddition in a silty soil. In: E. Kraft et. al.(ed.), Biological Waste Management, From Local to Global, Proceedings of the International Conference. doi:10.2136/SSSAJ2006.0161

Bradford, J. M. (1986). Penetrability. In: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1. Agronomy Monograph. 9, pp. 463-478. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA

Dekker, L. W., Ritsema, C. G. (1994). How water moves in a water repellent sandy soil. I. potential and actual. Water Resources Research, 30, 2507-2017.

Soil characteristics after wheat harvesting under drought stress and organic compounds

Maryam Zahedifar

Associate Prof. Fasa University

Edris Gavili Kilaneh

Innovation Center of Farhikhtegan Zarnam Research Industrial Group

Abstract

Organic compounds play a significant and influential role in the physical properties of soil, consequently affecting water retention capacity and plant growth. This role is particularly important under drought stress conditions. For this purpose, a study was conducted to investigate the effect of foliar application of organic fertilizer based on plant derivatives and containing various amino acids on soil penetration resistance, shear strength, and water repellency after wheat harvest under drought stress conditions in a greenhouse. The treatments included four levels of organic fertilizer application (0, 2.5, 5, and 7.5 liters per thousand liters) and three levels of drought stress (100%, 75%, and 50% of field capacity) with three replications. The results showed that the highest soil penetration resistance was achieved with a foliar application of 5 liters in 1000 liters of organic fertilizer without drought stress. The lowest penetration resistance was observed in samples without foliar application and under stress conditions. The highest shear strength of the soil was obtained with a foliar application of 5 liters in 1000 liters of organic fertilizer without drought stress, while the lowest resistance was found without foliar application of organic fertilizer under the highest level of drought stress. The highest water repellency occurred at the highest level of organic material application without drought stress, and the lowest was observed under severe drought stress conditions without the application of organic material.

Keywords: Foliar application, organic fertilizer, soil physical properties.