19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور 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

تغییرات برخی ویژگی‌های خاک پس از افزودن اصلاح کننده آلی در شرایط خشکی

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

یکی از مسائل مهم در حفظ اکوسیستم به‌ویژه خاک در برابر خسارت‌های ناشی از رواناب و فرسایش، توجه به تغییراتی است که در خاک پس از برداشت گیاه ایجاد می‌شود. استفاده از برخی ترکیبات در دوره رشد گیاه می‌تواند اثرات مثبت یا منفی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک پس از برداشت محصول داشته باشد. به همین منظور پژوهشی با هدف مطالعه تغییرات مقاومت نفوذی، مقاومت برشی و آب‌گریزی خاک پس از برداشت ذرت تحت تاثیر محلول پاشی کود آلی (چهار سطح ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار) بر پایه مشتقات گیاهی و تنش خشکی (سه سطح ظرفیت مزرعه، ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) در گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد محلول پاشی ۲/۵ و ۵ لیتر در هزار کود آلی سبب کاهش معنی دار مقاومت نفوذی خاک شد. همچنین تنش خشکی در بالاترین سطح کاربرد، سبب کاهش معنی‌دار مقاومت برشی خاک شد. کاربرد سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار کود مورد مطالعه، آب‌گریزی خاک را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۳۵، ۴۶ و ۲۷ درصد افزایش داد. افزایش میزان تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار آب‌گریزی خاک پس از برداشت در مقایسه با شاهد شد.

واژگان کلیدی: مقاومت نفوذی، مقاومت برشی، ذرت، خاک پس از برداشت.

مقدمه

یکی از مسائل مهم در حفظ اکوسیستم به‌ویژه خاک در برابر خسارت‌های ناشی از رواناب و فرسایش، توجه به تغییراتی است که در خاک پس از برداشت گیاه ایجاد می‌شود. استفاده از برخی ترکیبات در دوره رشد گیاه می‌تواند اثرات مثبت یا منفی بر ویژگی‌های خاک پس از برداشت محصول داشته باشد. از میان این موارد، توجه به برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک از اهمیت بیشتری برخوردار است. مقاومت برشی و نفوذی خاک دو مفهوم مکانیکی خاک هستند که بررسی روند تغییرات آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مقاومت نفوذی خاک، توانایی خاک در میزان نفوذ و عبور دادن آب و سایر سیالات از خاک را نشان می‌دهد در حالی‌که مقاومت برشی، توانایی خاک در تحمل تنش برشی یا حداکثر تنش برشی است که خاک می‌تواند قبل از گسیختگی تحمل کند. آب‌گریزی خاک نیز از ویژگی‌های فیزیکی مهم خاک است که بر ظرفیت نفوذ آب به خاک، قابلیت دسترسی آب برای گیاه، میزان رواناب و فرسایش خاک موثر است. میزان تاثیر و مفید بودن این ویژگی تحت تاثیر بافت خاک، نوع و مقدار ماده آلی، اقلیم و رطوبت خاک، متفاوت خواهد بود (Jong و همکاران، 1999). در برخی پژوهش‌ها همبستگی مثبت بین آب‌گریزی و ماده آلی گزارش شده است (Blas و همکاران، 2010). زارعی و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند افزودن اصلاح کننده‌های آلی در مقایسه با اصلاح کننده‌های معدنی، آب‌گریزی خاک را افزایش داده و در نتیجه میزان نفوذ آب در این خاک‌ها کمتر بوده است. با در نظر گرفتن اهمیت موضوع و پژوهش‌های کمی که در این زمینه انجام شده است و با توجه به کمبود ماده آلی و همین طور شرایط تنش خشکی حاکم بر خاک‌های کشور، پژوهشی به منظور بررسی تغییرات مقاومت نفوذی، مقاومت برشی و آب‌گریزی خاک پس از برداشت ذرت تحت تاثیر محلول پاشی کود آلی بر پایه مشتقات گیاهی تولید شده با اسیدآمینه‌های مختلف در پالایشگاه غلات زر و سطوح مختلف تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری از خاک و اندازه گیری ویژگی‌های اولیه آن

خاک مورد آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری سری کوی اساتید واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (در ارتفاع ۱۸۵۲ متری از سطح آزاد دریا با طول جغرافیای ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) برداشت شد. پس از آماده سازی خاک، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن با استفاده از روش-های معمول استاندارد (زاهدی‌فر و همکاران، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲) به شرح زیر اندازه‌گیری و تعیین شدند: بافت خاک (فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت) به روش هیدرومتری (رسی سیلتی)، پ‌هاش در خمیر اشباع با دستگاه پ-هاش‌متر (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)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (۰/۵ دسی زیمنس بر متر)، فسفر قابل‌استفاده به روش اولسن و با عصاره‌گیری با بی‌کربنات‌سدیم (۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم)، نیتروژن کل به روش کلدال (۰/۱ درصد)، غلظت عناصر کم مصرف شامل آهن، منگنز، روی و مس از طریق عصاره‌گیری با دی تی پی ا و قرائت توسط دستگاه جذب اتمی (به ترتیب ۵/۴، ۴/۳، ۱/۲، و ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم خاک).

آماده سازی نمونه‌ها و کاشت گیاه

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) بوده و آزمایش به‌صورت فاکتوریل درقالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در شرایط گلخانه انجام شد. 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 گلدان۵ عدد بذر ذرت رقم سینگل کراس در عمق مناسب کاشته شد. پس از دو هفته تعداد گیاهان به ۲ 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 زمان‌های۱/۵، ۳ و ۴ ماه بعد از کاشت از محلول‌های کود آلی مورد استفاده با غلظت‌های ذکر شده برای محلول پاشی استفاده شد.

تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک پس از برداشت

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 توسط زاهدی‌فر و همکاران، (۱۴۰۲) بیان شده است. 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 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. روش کار با این دستگاه توسط خسروانی و همکاران (۱۴۰۰) بیان شده است. 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. 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

مقاومت نفوذی

نتایج نشان داد اثر محلول پاشی کود آلی و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. به طور کلی با کاربرد کود مورد مطالعه در همه سطوح، مقاومت نفوذی خاک کاهش یافت هرچند تنها کاهش حاصل از کاربرد سطوح ۲/۵ و ۵ لیتر در هزار کود از نظر آماری معنی‌دار بود. همچنین افزایش میزان تنش خشکی، ۵۰ درصد ظرفیت زارعی، سبب کاهش معنی‌دار مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت در مقایسه با شاهد شد (جدول ۱). بیشترین مقاومت نفوذی در نمونه‌های بدون محلول پاشی و بدون تنش خشکی مشاهده شد. Zahedifar و همکاران (2022) نشان دادند محلول پاشی ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار کود آلی، مقاومت نفوذی خاک پس از برداشت ریحان را نسبت به شاهد کاهش داد هرچند این کاهش معنی دار نبود.

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

سطح خشکی (%FC)	کود آلی (لیتر بر ۱۰۰۰ لیتر)				میانگین
	۰	۲/۵	۵	۷/۵	
۱۰۰	۳/۲۱a*	۲/۳۹ab	۱/۰۷c	۱/۵۷bc	**۲/۰۶A**
۷۵	۳/۲۰a	۱/۳۲c	۱/۱۷c	۲/۸۳a	**۲/۱۳A**
۵۰	۰/۹۵c	۰/۹۷c	۱/۴۶bc	۱/۵۹bc	**۱/۲۴B**
میانگین	**۲/۴۵A**	**۱/۵۶BC**	**۱/۲۳C**	**۲AB**	

* . 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.

مقاومت برشی

اثر محلول پاشی کود آلی بر مقاومت برشی خاک پس از برداشت معنی‌دار نبود ولی اثر تنش خشکی و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر مقاومت برشی خاک پس از برداشت ذرت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. به طور کلی نتایج نشان داد محلول پاشی کود مورد مطالعه اثر معنی‌داری بر مقاومت برشی خاک نداشت. همچنین افزایش میزان تنش خشکی سبب کاهش مقاومت برشی خاک پس از برداشت ذرت در مقایسه با شاهد شد (جدول ۲). بیشترین مقاومت برشی در نمونه بدون تنش خشکی و محلول پاشی به دست آمد. کمترین مقاومت در بیشترین سطح تنش خشکی و بدون محلول پاشی کود آلی مشاهده شد. Zahedifar و همکاران (2022) نشان دادند تنش خشکی و محلول پاشی کود آلی اثر معنی داری بر مقاومت برشی خاک پس از برداشت ریحان نداشت. کاربرد خاکی ۲۰ لیتر در هکتار کود آلی سبب افزایش معنی‌دار مقاومت برشی خاک پس از برداشت گوجه فرنگی به میزان ۲۶ درصد نسبت به شاهد شد (زاهدی فر و همکاران، ۱۴۰۲).

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

سطح خشکی (%FC)	کود آلی (لیتر بر ۱۰۰۰ لیتر)				میانگین
	۰	۲/۵	۵	۷/۵	
۱۰۰	۲/۸۸a*	۲/۳۸ab	۱/۷۷bc	۲/۱۶ab	**۲/۳۰A**
۷۵	۲/۱۱abc	۲bc	۲/۲۷ab	۲/۴۴ab	**۲/۲۰A**
۵۰	۱/۳۸c	۱/۷۲bc	۱/۹۴bc	۲bc	**۱/۷۶B**
میانگین	**۲/۱۲A**	**۲/۰۳A**	**۱/۹۹A**	**۲/۲۰A**	

* . 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.

آب‌گریزی پویای خاک

اثر تنش خشکی، کود و اثرات متقابل کود و تنش خشکی بر آب‌گریزی خاک پس از برداشت در سطح ۵ درصد معنی-دار بود. نتایج نشان داد با کاربرد کود مورد مطالعه در همه سطوح در مقایسه با شاهد، آب‌گریزی خاک افزایش یافت. کاربرد سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر در هزار کود مورد مطالعه، آب‌گریزی خاک را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری به ترتیب به میزان ۳۵، ۴۶ و ۲۷ درصد افزایش داد (جدول۳). همچنین افزایش میزان تنش خشکی سبب افزایش معنی-دار آب‌گریزی خاک پس از برداشت در مقایسه با شاهد شد. زاهدی فر و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند کاربرد خاکی

۲۰ لیتر در هکتار کود آلی سبب افزایش معنی دار آبگریزی خاک پس از برداشت گوجه فرنگی به میزان ۳۸ درصد نسبت به شاهد شد.

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

سطح خشکی	کود آلی (لیتر بر ۱۰۰۰ لیتر)				میانگین
(%FC)	۰	۲/۵	۵	۷/۵	
۱۰۰	۱/۱۱c*	۱/۷۶b	۱/۹۵ab	۱/۸۳b	**۱/۶۶B**
۷۵	۱/۲۷c	۱/۹۶ab	۱/۹۹ab	۱/۶۶b	**۱/۷۲B**
۵۰	۱/۸۶ab	۱/۹۹ab	۲/۳۷a	۱/۹ab	**۱/۹۹A**
میانگین	**۱/۴۱c**	**۱/۹۰AB**	**۲/۰۶A**	**۱/۷۹B**	

* . 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

نتایج این پژوهش نشان داد افزودن اصلاح کننده آلی در شرایط تنش خشکی سبب تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی مهم خاک مانند مقاومت نفوذی، مقاومت برشی و آب‌گریزی خاک پس از برداشت ذرت می‌شود. از آنجایی‌که این تغییرات می‌تواند بر سلامت و حفظ خاک به عنوان بخش مهمی از اکوسیستم تاثیرگذار باشد، بنابراین توصیه می‌شود نقش این ترکیبات در خاک‌های با ویژگی‌های مختلف و در شرایط مزرعه نیز بررسی شود تا بتوان افزودن آنها را به عنوان راهکاری در حفظ خاک و تقویت ویژگی‌های مطلوب آن توصیه کرد.

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

زارعی، ز.، موسوی، ع. ا.، ثامنی، ع.، کامگار حقیقی، ع. ا. (۱۳۹۴). اثر برخی اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی بر تغییرات زمانی آب‌گریزی پویا و ایستا در یک خاک آهکی. پژوهش های خاک، ۲۹(۴): ۴۷۵-۴۸۶.

زاهدی‌فر، م.، موسوی، ع. ا.، ارشادی، ا. (۱۴۰۱). 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.

زاهدی‌فر، م.، موسوی، ع. ا.، ارشادی، ا. (۱۴۰۲). اثرکاربردخاکی کودآلی زرگرین بر برخی ویژگیهای فیزیکی خاک پس از برداشت گوجه فرنگی رشد یافته در شرایط تنش خشکی. سومین کنفرانس بین المللی کشاورزی ارگانیک و مرسوم. مردادماه، دانشگاه محقق اردبیلی.

Blas, E. D., Alleres, M. R., Almendros, G. (2010). Speciation of lipid and humic fractions in soils under pine and eucalyptus forest in northwest Spain and its effect on water repellency. Geoderma, 155, 242–248.

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.
Jong, L.W., Jacobsen, O. H., Moldrup, P. (1999). Soil water repellency: effects of water content, temperature and particle size. Soil Science Society of America Journal, 63, 437- 442.
Zahedifar, M., Ershadi, A., Jafariasl, M. (2022). Effect of foliar application of Zargreen liquid natural fertilizer on some postharvest soil physical and chemical properties. 10th International Conference on Agricultural Science, Environment, Urban and Rural Development. Georgia.

Changes in some soil properties after the addition of organic amendments under dry conditions

Maryam Zahedifar

Associate Prof. Fasa University

Edris Gavili Kilaneh

Innovation Center of Farhikhtegan Zarnam Research Industrial Group

Abstract

One of the important issues in preserving ecosystems, especially soil, against damage caused by runoff and erosion, is paying attention to the changes that occur in the soil after crop harvest. The use of certain compounds during the plant growth period can have positive or negative effects on the physical properties of the soil after crop harvest. To this end, a study was conducted to investigate changes in soil penetration resistance, shear strength, and water repellency after corn harvest, influenced by the application of organic fertilizer (four levels: 0, 2.5, 5, and 7.5 liters per thousand) based on plant derivatives and drought stress (three levels: field capacity, 75% field capacity, and 50% field capacity) in a greenhouse. The results showed that spraying 2.5 and 5 liters per thousand of organic fertilizer significantly reduced the soil penetration resistance. Additionally, drought stress at the highest application level significantly reduced the soil shear strength. The application of 2.5, 5, and 7.5 liters per thousand of the studied fertilizer significantly increased soil water repellency compared to the control by 35%, 46%, and 27%, respectively. Increasing the level of drought stress significantly increased soil water repellency after harvest compared to the control.

Keywords: Penetration resistance, shear strength, corn, soil after harvest.