تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی

احمد حیدری[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۲/۲۱)

چکیده

خاک‌ورزی عمیق اگر به طور مناسب انجام شود، می‌تواند آثار منفی تراکم خاک را کاهش دهد. هدف از این تحقیق، تعیین اثر کاربرد ادوات خاک‌ورزی عمیق بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم بود. بنابراین، آزمایشی در سال زراعی۸۶-۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقاتی تجرک مرکز تحقیقات کشاورزی همدان در خاکی با کلاس بافتی لومی رسی انجام شد. در این پژوهش از چهار روش خاک‌ورزی (۱- نیمه زیرشکن تا عمق۳۰سانتی‌متر+ خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگرداندار+ دیسک)؛ ۲- زیرشکن به عمق ۵۰ سانتی‌متر+ خاک‌ورزی مرسوم؛ ۳- شخم با گاوآهن مرکب (قلمی+ غلطک) به عمق۳۰ سانتی‌متر؛ ۴- تیمار شاهد (شخم با گاوآهن برگرداندار به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر+ دیسک) استفاده شد. این تحقیق به صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. قبل و بعد از اعمال روش‌های مختلف خاک‌ورزی، پارامترهای مقاومت خاک (شاخص مخروطی)، جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ پایه آب به خاک اندازه‌گیری شد. هم‌چنین قبل از برداشت، اجزای عملکرد گندم شامل (تعداد بوته در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه) اندازه‌گیری و محاسبه شد. هم‌چنین در پایان با برداشت۱۰ متر مربع از هر پلات، عملکرد بیولوژیکی (دانه+کاه) و عملکرد دانه محاسبه شد. نتایج نشان داد که اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت خاک معنی‌دار نبود. روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌دار بر سرعت نفوذ آب به خاک و جرم ویژه ظاهری خاک داشتند. روش‌های خاک‌ورزی عمیق باعث افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و کاهش جرم ویژه ظاهری خاک شدند. روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌دار بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نداشتند. ممکن است نتیجه گرفت که در مزارعی که به طور کامل آبیاری می‌شوند، زیرشکن‌زنی تأثیری در افزایش عملکرد نداشته باشد. بنابراین با توجه به نتایج و در صورت وجود لایه متراکم تا عمق۳۰ سانتی‌متری مشابه آزمایش حاضر، استفاده از گاوآهن مرکب (قلمی+ غلطک) به دلیل اقتصادی (مصرف سوخت کمتر و ظرفیت مزرعه‌ای بیشتر) جهت تهیه زمین گندم آبی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی عمیق، خواص فیزیکی خاک، زیرشکن‌زنی، گندم آبی

۱. مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: heidari299@yahoo.com

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

مقدمه

در چند دهه اخیر مسأله فشردگی خاک‌های زراعی به عنوان یک عامل منفی در عملکرد محصولات مختلف از جمله محصول گندم مطرح شده است. توسعه مکانیزاسیون کشاورزی با افزایش تردد و وزن ماشین‌های کشاورزی در مزارع همراه بود که این امر احتمالاً منجر به متراکم شدن خاک می‌شود. یکی از روش‌های مکانیکی برای حل مسأله فشردگی خاک، استفاده از خاک‌ورزی عمیق مانند نیمه زیرشکن، زیرشکن و گاوآهن قلمی است(۱). احمد (۳) در تحقیقی نشان داد که زیرشکن‌زنی ضمن اصلاح لایه متراکم کف شیار شخم (کفه شخم)، جرم ویژه ظاهری در یک خاک با بافت سیلت لوم را از ۱/۷۱ به ۱/۵۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب کاهش و ضریب نفوذپذیری آب در خاک را ۷ تا ۹ برابر بهبود بخشید. خلیلیان و هود (۱۵) گزارش کردند که استفاده از زیرشکن فشردگی خاک را به گونه‌ای چشمگیر کاهش داد. هم‌چنین خاک‌ورزهای عمیق باعث افزایش عملکرد گندم و سویا شده است. اسکوارد (۱۷) گزارش کرد که سیستم‌های خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی به وسیله کشاورزان در دنیا به دلایل: الف) کاهش زمان و مهارت لازم برای عملیات خاک‌ورزی اصلی ب) کاهش تراکم خاک‌ورزی قبلی ج) کاهش هزینه‌های خاک‌ورزی د) امکان کنترل مؤثرتر فرسایش بادی، پذیرفته شده است. مطالعات نشان داد که زدن زیرشکن در خاک‌های متراکم، موجب کاهش جرم ویژه ظاهری خاک و افزایش سرعت نفوذ پایه آب به خاک به اندازه ۲ تا ۵ برابر آن قبل از اعمال زیرشکن شده است. علت این افزایش به شکسته شدن سخت لایه زیر عمق شخم و ایجاد درز، ترک و پوک شدن خاک نسبت داده شده است (۳). کاسل و همکاران (۹) گزارش نمودند که انجام عملیات زیرشکن میزان عملکرد محصول را در حدود ۲ تا ۷ درصد در مناطق مختلف افزایش داده است. علت این افزایش عملکرد را به کاهش جرم ویژه ظاهری، شاخص مخروطی (Cone index) و افزایش سرعت نفوذ پایه آب به خاک نسبت داده‌اند. تاچتون (۱۹) گزارش نمود که حداکثر عملکرد گندم و سویا مربوط به شخم با گاوآهن قلمی در مقایسه با شخم با گاوآهن برگرداندار و بدون شخم بود. صلح جو و نیازی (۲) گزارش نمودند که زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم ویژه ظاهری و شاخص مخروطی خاک و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و عملکرد نسبی گندم شد. بهترین تیمار خاک‌ورزی به منظور کاهش تراکم خاک و افزایش عملکرد محصول، تیمار زیرشکنی خاک تا عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر+ گاوآهن برگرداندار بود. باسچر و همکاران (۷) در تحقیقی نشان دادند که که خاک‌ورزی عمیق در شروع هر فصل زراعی، شاخص مخروطی را کاهش و عملکرد را افزایش داد. هم‌چنین با کاهش هر مگا پاسگال شاخص مخروطی، عملگرد گندم ۱/۵ تا ۱/۷ تن در هکتار و سویا ۱/۱ تا ۱/۸ تن در هکتار افزایش یافت. لایورتی و پیه‌ری (۱۶) گزارش نمودند که چغندرقند جهت افزایش عملکرد نیاز به خاک‌ورزی عمیق دارد، در حالی‌که حساسیت آفتابگردان و سورگوم به خاک‌ورزی عمیق کمتر بود. هم‌چنین نتایج تحقیق آنها نشان داد که خاک‌ورزی سطحی یا کم‌خاک‌ورزی (Minimum tillage) برای تهیه بستر گندم کافی است. بنابراین به دلیل هزینه بالا در روش شخم + زیرشکنی، تنها این روش در چغندرقند توجیه‌پذیر است. هم‌چنین آنها توصیه نمودند که به دلیل هزینه پایین و زمان کمتر تهیه بستر به وسیله گاوآهن قلمی و نیز تأثیر مطلوب بر عملکرد محصول، از این وسیله در تهیه زمین استفاده شود. یالکین و کاکیر (۲۱) در تحقیقی نشان دادند که روش خاک‌ورزی مرسوم و کاشت مستقیم (Direct planting) به ترتیب بیشترین (۶۰/۵ لیتر در هکتار) و کمترین (۷/۵ لیتر در هکتار) مصرف سوخت را داشتند. روش خاک‌ورزی مرسوم ۷ برابر بیشتر از روش مستقیم سوخت مصرف کرد. هم‌چنین بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای (شامل کاشت تنها) در روش کاشت مستقیم (۱/۳۴ هکتار در ساعت) و کمترین ظرفیت مزرعه‌ای (شامل خاک‌ورزی + کاشت) در زیرشکنی (۰/۴ هکتار در ساعت) به دست آمد. بیشترین عملکرد محصول در روش زیرشکنی بود. اگرچه روش کاشت مسقیم کمترین مصرف سوخت و بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای را داشت

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

ولی کمترین عملکرد در این روش حاصل شد. همیلتون و همکاران (۱۴) گزارش نمودند که زیرشکنی باعث کاهش مقاومت خاک و جرم ویژه ظاهری خاک می‌شود ولی تأثیری بر عملکرد گندم ندارد. اکینسی و همکاران (۴) در مطالعه‌ای اثر زیرشکنی بر مقاومت خاک و عملکرد پنبه را بررسی نمودند. زیرشکنی موجب کاهش مقاومت خاک(Soil resistance) شد ولی تأثیر مثبتی بر عملکرد نداشت. آنها نتیجه گفتند که احتمالاً در مزارعی که به طور کامل آبیاری می شوند، زیرشکنی تأثیری بر عملکرد نداشته باشد. باربوسا و همکاران (۶) گزارش نمودند که خاک‌ورزی عمیق به طور معنی‌دار باعث کاهش مقاومت خاک و جرم ویژه ظاهری خاک شد. هم‌چنین خاک‌ورزی عمیق به طور معنی‌دار موجب افزایش عملکرد شد. آنها افزایش ۲۴-۲۰ درصدی در عملکرد سویا به وسیله خاک‌ورزی عمیق را به دلیل نفوذ عمیق‌تر ریشه جهت دست‌یابی بیشتر به رطوبت و مواد غذایی خاک به ویژه در دوره خشک ۱۶ روزه بعد از جوانه‌زنی دانستند. روش‌های خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (یک بار عبور دیسک سنگین (عمق ۱۵ سانتی‌متر)+ دو بار دیسک سبک) و خاک‌ورزی عمیق شامل زیرشکنی به عمق ۴۰ سانتی‌متر و گاوآهن بشقابی به عمق ۳۰ سانتی‌متر بود. الینگتون (۱۱) گزارش کرد که خاک‌ورزی به عمق ۲۰ و۴۰ سانتی‌متر هیچ‌گونه اثری بر عملکرد گندم در شمال شرق ویکتوریا نداشته است. کونتری و همکاران (۱۰) گزارش نمودند که در یک دوره خشکی (با ۲۹۵ میلی‌متر بارندگی) خاک‌ورزی عمیق باعث افزایش عملکرد شده است. هندرسون (۱۳) پیشنهاد نمود که در صورت آب کافی و بارندگی مناسب، از خاک‌ورزی عمیق دوری شود. حتی بعد از خاک‌ورزی عمیق، متراکم شدن دوباره خاک ممکن است با عملیات معمول خاک ورزی اتفاق بیفتد که این فشردگی مجدد ممکن است مساوی و یا حتی بیشتر از قبل باشد (۱۸). هم‌چنین هندرسون (۱۳) گزارش کرد که عبور ۲ تا ۴ بار یک تراکتور با وزن ۵ تن روی یک خاک غیر متراکم، موجب ایجاد یک لایه متراکم در زیر لایه عمق معمول خاک‌ورزی می‌شود. با توجه به نتایج متفاوت در مورد تأثیر خاک‌ورزی عمیق بر محصولات مختلف در شرایط متفاوت از نظر آب و هوا، خاک، میزان بارندگی و غیره، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر خاک ورزی عمیق بر عملکرد گندم آبی و ویژگی‌های فیزیکی خاک در استان همدان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی عمیق بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی در سال زراعی۸۶-۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقاتی تجرک مرکز تحقیقات کشاورزی همدان در خاکی با کلاس بافتی لومی رسی بررسی شد. این ایستگاه در ۴۵ و ۴۸ طول شرقی و ۱۴ و ۳۵ عرض شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۰۰ متر است. بافت خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری لوم رسی (۴۳/۷٪ شن، ۲۸/۳٪ سیلت و ۲۸٪ رس) بود. هم‌چنین میزان بارندگی در سال زراعی مذکور، ۴۳۷ میلی‌متر بود.

ابتدا در مهرماه ۱۳۸۵، قطعه زمینی با خاک متراکم در ایستگاه تحقیقاتی تجرک که مشکل لایه سخت در عمق ۲۷ سانتی‌متری داشت انتخاب شد. محصول قبلی، چغندر بذری بود که در زمین مورد نظر کشت شده بود. قبل از اعمال تیمارها، در چند نقطه از محل آزمایش، جرم ویژه ظاهری خاک بر مبنای خاک خشک در سه عمق ۱۵-۰،۳۰-۱۵ و ۴۵-۳۰ سانتی‌متر و سرعت نفوذ آب به خاک به وسیله استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد (جدول۱). هم‌چنین، چند نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر برداشت و مورد تجزیه معمول خاکشناسی و توصیه کودی قرار گرفت (جدول۱). این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل ۴ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای خاک‌ورزی پیاده شده در پلات‌های آزمایش شامل (۱- نیمه زیرشکن تا عمق۳۰ سانتی‌متر و خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگرداندار+ دیسک) ۲- زیرشکن به عمق ۵۰ سانتی‌متر و خاک‌ورزی مرسوم ۳- شخم با گاوآهن مرکب(قلمی + غلطک) به عمق ۳۰ سانتی‌متر ۴- تیمار شاهد

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

جدول۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از انجام عملیات خاک‌ورزی

جرم ویژه ظاهری(g/cm^3)			سرعت نفوذ آب به خاک (سانتی‌متر در دقیقه)	هدایت الکتریکی Ds/cm	درصد مواد آلی	pH خاک	فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)
عمق ۱۵-۰ سانتی متر	عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر	عمق ۴۵-۳۰ سانتی‌متر						
۱/۳۹±۰/۰۰۷۹	۱/۴۴±۰/۰۰۸۲	۱/۴۸±۰/۰۱۴	۰/۰۶±۰/۰۰۳۵	۱/۶۳±۰/۰۱۵	۰/۴۸	۸/۰۹	۱۴	۴۱۰

(شخم با گاوآهن برگرداندار به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر + دیسک) بود. مشخصات فنی ادوات استفاده شده در جدول۲ آورده شده است.

بعد از اعمال تیمارها، در تاریخ ۱۳۸۵/۸/۱۰، گندم رقم الوند (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با کارنده آبی کار برزگر همدانی، کاشته شد. کود مصرفی ۲۰۰ کیلوگرم اوره و ۱۰۰کیلوگرم سوپر فسفات در هکتار بود که تمام کود سوپر فسفات و نیمی از کود اوره قبل از عملیات تهیه بستر بذر و نیم دیگر در تاریخ ۱۳۸۶/۱/۲۰ به طور یکسان به کلیه کرت‌ها داده شد. آبیاری در کلیه کرت‌ها به صورت بارانی (ویل مو) انجام شد. پس از رسیدن کامل گندم در تاریخ ۱۳۸۶/۴/۱۱ و قبل از برداشت گندم، به منظور تعیین اجزای عملکرد گندم، یک قاب (۱ × ۱) مترمربع در سه نقطه از هرکرت به طور تصادفی انداخته، تعداد خوشه داخل قاب شمارش و تعداد ۵۰ عدد خوشه از داخل همان سطح انتخاب و برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه تعیین شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی و دانه، ۱۰ مترمربع از هرکرت با دست برداشت و پس از انتقال به مرکز تحقیقات به وسیله کمباین آزمایشی دانه از کاه جدا و هر کدام جداگانه توزین شد. در حین آزمایش، جرم ویژه ظاهری، سرعت نفوذ آب به خاک و نیز مقاومت خاک با دستگاه فروسنج (Penetrometer) در کلیه کرت‌ها اندازه‌گیری شد.

روش اندازه‌گیری جرم ویژه ظاهری خاک

برای تعیین جرم ویژه ظاهری خاک، نمونه‌های دست نخورده پس از برداشت و توزین به مدت۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ سانتی‌گراد نگه‌داری و مجدداً توزین شد. برای محاسبه جرم ویژه ظاهری خاک از فرمول زیر استفاده شد(۵).

$$BD=W_s/V \qquad [۱]$$

BD = جرم مخصوص ظاهری خاک(g/cm^3)

W_s = جرم خاک خشک (g)

V = حجم کل خاک (cm^3)

تعیین مقاومت به نفوذ در خاک یا شاخص مخروطی

به منظور اندازه‌گیری مقاومت به نفوذ در تیمارهای مختلف از دستگاه پنترومتر با قطر مخروط ۱۲/۸۳ میلی‌متر و زاویه۳۰ درجه استفاده شد. هم‌چنین در هر کرت از ۱۰ نقطه از عمق ۰ تا۴۰ سانتی‌متر نیروی مقاومت خاک نسبت به فروسنجی اندازه‌گیری شد(۱۲). زمان اندازه‌گیری مقاومت خاک شش ماه بعد از کاشت گندم بود.

تعیین سرعت نفوذ آب به خاک

برای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک به آب از روش استوانه مضاعف استفاده شد. استوانه‌ها در سطح زمین به شکل متحدالمرکز به طوری که هر دو استوانه به اندازه ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در خاک نفوذ کند قراردادیم. سپس داخل هر دو

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

جدول۲. مشخصات فنی ادوات مورد استفاده

نوع ماشین	عرض کار (سانتی‌متر)	مشخصات فنی
زیرشکن (دی کمپکتور)	۱۰۰	سه شاخه با تیغه های C شکل با ارتفاع ۷۰ سانتیمتر – ساخت شرکت برزگران غرب (کرمانشاه)
گاوآهن مرکب	۲۰۰	مجهز به تیغه های قلمی و غلطک- عرض کار ۲ متر- ساخت شرکت ماشین زراعت همدان
خطی‌کار گندم	۳۰۰	۲۰ ردیفه- سوارشونده- نوع شیاربازکن بشقابی – ساخت شرکت ماشین برزگر همدان

استوانه آب ریخته به اندازه‌ای که عمق آب داخل استوانه کوچک از لبه آن بین ۷ تا ۱۲ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. پایین رفتن سطح آب استوانه داخلی نسبت به زمان مرتب اندازه‌گیری شد. آب بین استوانه داخلی و خارجی فقط برای کنترل حرکت عمودی آب در استوانه داخلی است تا از حرکات جانبی آن که ممکن است موجب اشتباه در آزمایش شود جلوگیری گردد، بنابراین هیچ‌گونه اندازه‌گیری روی آن صورت نگرفت. توضیح این‌که فواصل قرائت در اوایل کوتاه و به تدریج افزایش یافت. زمانی که عمق آب نفوذی در قرائت‌های انجام شده ناچیز و به تعادل رسید اندازه‌گیری خاتمه یافت.

نتایج و بحث

تأثیر روش‌های خاک‌ورزی عمیق بر جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ آب به خاک

نتایج تجزیه آماری اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ آب به خاک در جدول۳ آورده شده است. همانگونه مشاهده می‌شود اثر روش‌های خاک‌ورزی بر جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ آب به خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است. بیشترین کاهش در جرم ویژه در اعماق مختلف خاک به ترتیب، مربوط به زیرشکن، نیمه زیرشکن و گاوآهن مرکب بوده است (شکل ۱). کاسل و همکاران(۹) و صلح جو و نیازی (۲) نیز اعلام نمودند که استفاده از ادوات خاک‌ورزی عمیق باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده است.

مطابق شکل ۲ زیرشکنی به عمق ۵۰ سانتی‌متر بیشترین تأثیر را در افزایش سرعت نفوذ آب به خاک داشت. هم‌چنین مشاهده شد که روش‌های خاک‌ورزی عمیق (به ترتیب زیرشکن، نیمه زیرشکن و گاوآهن مرکب) موجب افزایش ۱۳ تا ۲۰ درصدی در افزایش سرعت نفوذ آب در خاک نسبت به گاوآهن برگرداندار شده است. علت این امر را می‌توان در شکستن لایه فشرده به وسیله ادوات مذکور و عدم تشکیل لایه شخم دانست. نتایج تحقیقات دیگر محققین نیز حاکی از افزایش سرعت نفوذ آب به خاک در استفاده از خاک‌ورزی عمیق به خصوص زیرشکنی دارد (۲و۳).

تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی عمیق بر مقاومت خاک

نتایج تجزیه آماری اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت خاک در جدول ۴ آورده شده است همان‌گونه که مشاهده می‌شود اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت خاک وجود نداشت. با توجه به شکل۳، تیمارهای گاوآهن مرکب و زیرشکن به طور جزیی باعث کاهش مقاومت خاک شده‌اند. عدم اختلاف معنی‌دار بین روش‌های خاک‌ورزی عمیق و مرسوم را می‌توان به این دلیل دانست که با توجه به عمق کار گاوآهن برگرداندار (۳۰-۲۵ سانتی‌متر) در روش مرسوم، همانند دیگر روش‌های خاک‌ورزی عمیق عمل کرده است. چودری و همکاران (۸) شخم با گاوآهن برگرداندار به عمق ۲۰ سانتی‌متر و باربوسا و همکاران(۶)

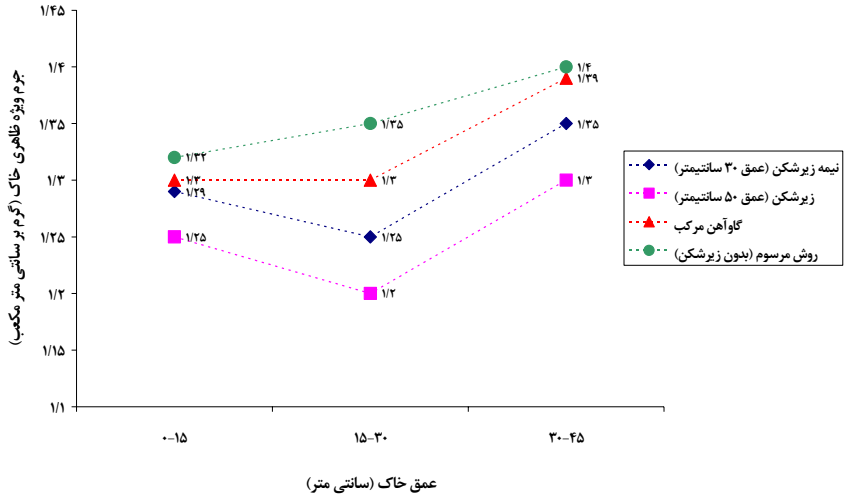
[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

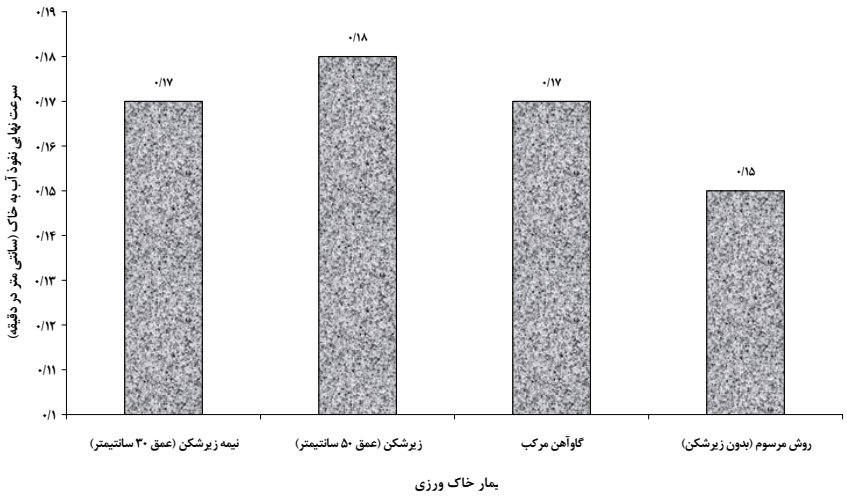
جدول ۳. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر جرم ویژه ظاهری خاک و سرعت نفوذ آب به خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	جرم ویژه ظاهری(g/cm^3)			سرعت نفوذ آب
		عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر	عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متر	عمق ۴۵-۳۰ سانتی‌متر	به خاک
تکرار	۳	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
روش خاک ورزی	۳	۰/۰۰۴*	۰/۰۲*	۰/۰۱*	۰/۰۰۱*
خطای آزمایش	۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲
کل	۱۵				

^{ns} ، *و** : به ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ .



شکل ۱. میانگین جرم ویژه ظاهری خاک در اعماق خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی



شکل ۲. میانگین سرعت نهایی نفوذ آب به خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی

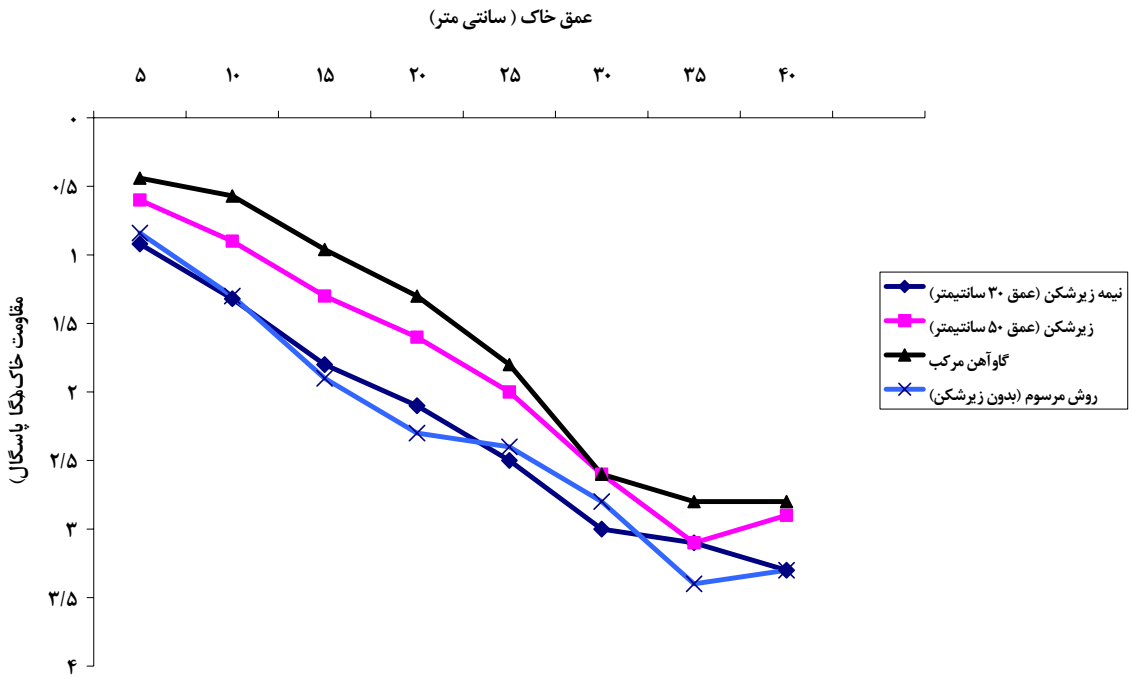
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

جدول ۴. خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقاومت خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	عمق خاک (سانتی‌متر)							
		۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
تکرار	۳	۰/۰۵۵^{ns}	۰/۱۸۶^{ns}	۰/۳۱۵^{ns}	۰/۲۶۲^{ns}	۰/۳۷۵^{ns}	۰/۳۷۳^{ns}	۰/۰۸۲^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}
روش خاک ورزی	۳	۰/۲۰۶^{ns}	۰/۴۹۵^{ns}	۰/۷۲۸^{ns}	۰/۷۶۴^{ns}	۰/۳۲۵^{ns}	۰/۱۳۸^{ns}	۰/۲۶۹^{ns}	۰/۲۵۸^{ns}
خطای آزمایش	۹	۰/۰۷۵	۰/۰۸۹	۰/۱۳۴	۰/۱۸۱	۰/۲۰۶	۰/۱۹۵	۰/۰۷۷	۰/۰۰۳
کل	۱۵								

^{ns} : عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.



شکل ۳. تغییرات مقاومت خاک در اعماق خاک(۵۰-۰ سانتی‌متر) در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (شش ماه بعد از کاشت)

جدول۵ . خلاصه نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات) برای پارامترهای عملکرد و اجزای عملکرد گندم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد کل(دانه+کاه)	عملکرد دانه	تعداد بوته در متر مربع	تعداد دانه در خوشه	وزن ۱۰۰۰ دانه
تکرار	۳	۷۶۷۹۹۵/۶^{ns}	۵۷۴۶۴۵/۱^{ns}	۶۳۶/۵^{ns}	۲۶/۷^{ns}	۵۰/۷^{ns}
روش خاک ورزی	۳	۱۶۲۵۶۰/۹^{ns}	۱۱۲۳۵۲۶/۱^{ns}	۴۵۵۶/۷^{ns}	۱۲/۱^{ns}	۱۵۲/۷^{ns}
خطای آزمایش	۹	۲۴۲۱۸۶۶/۳	۸۰۶۵۴۹/۵	۷۶۶۱/۴	۳۷/۱	۳۷/۹
کل	۱۵					

^{ns} : عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

جدول۶. مقایسه میانگین تیمارها از نظر عملکرد و اجزای عملکرد

روش خاک ورزی	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد بوته در متر مربع	تعداد دانه در خوشه	وزن ۱۰۰۰ دانه
نیمه زیرشکن	۹۹۵۱[a]	۳۹۹۵[a]	۴۸۸[a]	۳۳/۴[a]	۳۵/۵[a]
زیرشکن	۹۶۶۳[a]	۳۸۹۹[a]	۴۱۳[a]	۳۵/۷[a]	۳۴/۸[a]
گاوآهن مرکب	۹۷۰۸[a]	۵۰۴۴[a]	۴۳۶[a]	۳۲/۸[a]	۴۸/۲[a]
بدون زیرشکن(برگرداندار)	۹۴۶۰[a]	۴۰۹۵[a]	۴۲۰[a]	۳۱/۶[a]	۴۰/۵[a]

در هر ستون تیمارهایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، بر طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

شخم با گاوآهن بشقابی به عمق ۳۰ سانتی‌متر را به عنوان خاک ورزی عمیق در نظر گرفتند. هم‌چنین یونگر(۲۰) اعلام نمود در صورت وجود لایه متراکم در محدوده عمق کار گاوآهن برگرداندار، این وسیله قادر به شکستن لایه مذکور خواهد بود. بنابراین با توجه به وجود لایه متراکم در عمق ۲۷ سانتی متری در این آزمایش، گاوآهن برگرداندر قادر به شکستن لایه مذکور شده است. دلیل دیگری که می‌توان از عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای زیرشکن با روش‌های دیگر، بر مقاومت خاک ذکر نمود این باشد که بعد از زیرشکنی حداقل تراکتور سه بار جهت تهیه بستر و کاشت وارد مزرعه شده است (خاک ورزی مرسوم (گاوآهن برگرداندار)+ دیسک + کاشت). بنابراین این احتمال وجود دارد که خاک دوباره به حالت اول برگشته باشد. الینگتن (۱۱) و سوآنه (۱۸) نیز اعلام نمودند که حتی بعد از خاک‌ورزی عمیق، متراکم شدن دوباره خاک ممکن است با عملیات معمول خاک ورزی اتفاق بیفتد، که این فشردگی مجدد ممکن است مساوی و یا حتی بیشتر از قبل باشد. هم‌چنین هندرسون (۱۳) گزارش کرد که عبور ۲ تا ۴ بار یک تراکتور با وزن ۵ تن روی یک خاک غیر متراکم، موجب ایجاد یک لایه متراکم در زیر لایه عمق معمول خاک‌ورزی می‌شود.

اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی عمیق بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

نتایج تجزیه آماری اثر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و مقایسه میانگین آنها در جداول ۵ و ۶ آورده شده است. ارقام جداول مذکور نشان می‌دهد که اثر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزا عملکرد معنی‌دار نشده است. عدم تأثیر چشمگیر روش‌های خاک‌ورزی عمیق (به خصوص روش‌های زیرشکنی) بر عملکرد گندم نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، ممکن است به این دلیل باشد که روش‌های خاک‌ورزی عمیق در زمان‌های خشک و هنگامی که گیاه با تنش رطوبتی مواجه است می‌تواند مثمرثمرتر باشد (به دلیل نفوذ بیشتر ریشه و دستیابی به رطوبت بیشتر). بنابراین با توجه به شرایط آزمایش حاضر که مزرعه به طور کامل آبیاری می‌شد و هم‌چنین بارندگی در سال زراعی مذکور (۴۳۷ میلی‌متر) بیش از میانگین دراز مدت منطقه (۳۳۰ میلی‌متر) بود، بنابراین گیاه با تنش رطوبتی مواجه نشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در چنین شرایطی، زیرشکن‌زنی تأثیر بسزایی بر عملکرد محصول نداشته باشد. باربوسا و همکاران (۶) نیز تأثیر خاک‌ورزی عمیق را بر عملکرد محصول در دوره‌های خشکی بیشتر دانستند. یونگر(۲۰) نیز اعلام نمود که فواید خاک‌ورزی عمیق در زمان‌های که با محدودیت بارندگی و آبیاری روبه‌رو هستیم نسبت به هنگامی که آب کافی در دسترس است بیشتر است. الینگتون (۱۱) نیزگزارش کرد که خاک‌ورزی به عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر هیچ‌گونه اثری بر عملکرد گندم در شمال شرق ویکتوریا نداشته است. کونتری و همکاران (۱۰) گزارش نمودند که در یک دوره خشکی (با ۲۹۵ میلی‌متر بارندگی) خاک‌ورزی عمیق باعث افزایش عملکرد شده است. هندرسون(۱۳) پیشنهاد نمود که در صورت وجود آب کافی و

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

بارندگی مناسب، از خاک‌ورزی عمیق دوری شود.

نتیجه‌گیری

عدم تأثیر مثبت زیرشکنی بر عملکرد گندم در تحقیق مذکور ممکن است به این دلیل باشد که کل پلات آزمایشی به طور کامل آبیاری شده است.

با توجه به هزینه‌بر بودن عملیات زیر شکنی به دلیل مصرف توان بالا نمی‌توان همیشه این عملیات را برای انواع مزارع پیشنهاد نمود. عملیات زیرشکنی فرایند پیچیده و خاصی است که حتما باید با مطالعه کافی صورت پذیرد. بنابراین با توجه به اینکه گاوآهن قلمی + غلطک در این آزمایش، بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد گندم آبی داشته است و از طرف دیگر موجب کاهش مقاومت خاک، کاهش جرم ویژه ظاهری خاک و افزایش سرعت نفوذ پذیری آب به خاک شده است و از طرف دیگر با توجه به بازده مزرعه‌ای بیشتر و هزینه کمتر نسبت به روش‌های دیگر، توصیه می‌شود در صورت وجود لایه متراکم تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک مشابه با شرایط آزمایش حاضر و نیز تامین کشاورزی پایدار، نیازی به استفاده از زیرشکن نبوده و استفاده از گاوآهن مرکب کفایت می‌کند.

منابع مورد استفاده

۱. شریف نسب، ه.، ا. حیدری، ع. مهدی نیا، ح. ر. صادق نژاد و م. شهربانونژاد. ۱۳۸۸. بررسی و تعیین اثر کاربرد ادوات خاک‌ورزی عمیق روی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گندم. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،شماره ۷۶۳.

۲. صلح جو، ع. ا. و ج. نیازی. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر عملیات زیرشکن روی تولید محصول گندم. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ۱۹۵.

3. Ahmad, A. 1990. Effect of plow sole on soil infiltration rate and crop yield in irrigation soil. J. Agric. Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 21: 24-26.
4. Akinci, I., E. Cakir, M. Topakci, Canakci and O. Inan. 2004. The effect of subsoiling on soil resistance and cotton yield. Soil & Tillage Res. 77: 203-210.
5. Anonymouse. 1983. Test codes and procedures for Farm Machinery. RNAM Technical Publications. Pasay city, Philippines.
6. Barbosa, L. R., O. Diaz and R. G. Barber. 1986. Effects of deep tillage on soil properties, drowth and yield of soya in a compacted Ustochrept in Santa Cruze, Bolivia. Soil & Tillage Res. 15: 51-63.
7. Busscher, W. J., J. R. Frederick and P. J. Baure. 2000. Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 999-1003.
8. Chaudhary, M. R., P. R. Gajri, S. S. Prihar and R. Khera. 1985. Effect of deep tillage on soil physical properties and maize yields on coars texured soil. Soil & Tillage Res. 6: 31-44.
9. Cassel, D. K., C. W. Raczhowski and H. P. Derton. 1995. Tillage effects on crop production and soil physical conditions. Soil Sci. Soc. Amer. J. 59: 1436-1493.
10. Coventry, D. R., T.G. Reeves, H. D. Brooke, A. Ellington and W.J. Slattery. 1987. Increasing wheat yields in north-eastern Victoria by liming and deep ripping. Aust. J. Exp. Agric. 27: 679-685.
11. Ellington, A. 1986. Effects of deep ripping, direct drilling, gypsum and lime on soils, wheat growth and yield. Soil & Tillage Res. 8: 29-49.
12. Evans, S. D., M. J. Lindstrom and W. B. Voorhees. 1996. Effects of susoiling andsubsequent tillage on soil bulk density, soil moisture and corn yield. Soil & Tillage Res. 38: 35-46.
13. Henderson, C. 1989. Using a penetrometer to predict the effects of soil compaction on the growth and yield of wheat in uniform, sand soil. Aust. J. Agric. Res. 40: 497-508.
14. Hamilton-Manns, M., C. W. Ross, D. J. Horne and C. J. Baker. 2002. Subsoil loosening does little to enhance the transition to no-tillage on a structurally degraded soil. Soil & Tillage Res. 68: 109-119.
15. Khalilian, A. and C. E. Hood. 1991. Soil compaction and crop response to wheat is soybending. Trans. ASAE 31(6): 2299-2303.
16. Laureti, D. and S. Pieri. 2007. Tillage reduction in Central East Italy. Helia 30(47): 129-134.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]

17. Oschward, W. R. 1973. Chisel plow and strip tillage system. *In*: conservation tillage. The Proceeding of National Conference, Soil conservation society of America. Ankeny, Jowa.
18. Soane, G. C., R. J. Godwin and G. Spoor. 1986. Influnce of deep loosening techniques and subsequent wheel traffic on soil Structure. Soil & Tillage Res. 8: 231-237.
19. Touchton, J. T. 1982. Soybean tillage and planting methods effects on yield of double cropped wheat and soybeans. Agron. J. 74: 57-59.
20. Unger, P. W. 1979. Effects of deep tillage and profile modification on soil properties, roots growth, and crop yields in the United States and Canada. Geoderma 22: 275-295.
21. Yalcin, H. and E. Cakir. 2006. Tillage effects and energy efficiencies of subsoiling and direct in light soil on yield of second crop corn for silage in Western Turkey. Soil & Tillage Res. 90: 250-255.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.57.9.1]