

## بررسی تاثیر نوع خاک‌ورزی بر رطوبت و نفوذپذیری خاک و عملکرد گلرنگ

اژدر عُنابی میلانی<sup>۱\*</sup> و علی سالک زمانی

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجانشرقی و دانشجوی دکتری دانشگاه تبریز.

[a\\_o\\_milani@yahoo.com](mailto:a_o_milani@yahoo.com)

عضوهیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجانشرقی.

[asalekzamani@yahoo.com](mailto:asalekzamani@yahoo.com)

### چکیده

شخم‌های مختلف از نقطه نظر انواع ادوات و عمق عمل، تأثیرات سازنده و یا مخرب متفاوتی بر روی ساختمان خاک گذاشته و از طریق تاثیر بر ویژگی خاکدانه‌های خاک سطحی می‌تواند نفوذ آب به خاک به‌ویژه سرعت نفوذ و شیب معادله‌ی نفوذ را تحت تأثیر قرار دهند. شخم مناسب باعث ایجاد خاکدانه می‌شود و شخم نامناسب موجب تخریب آن می‌گردد. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر نوع شخم و عمق آن بر نفوذ آب به خاک، مقاومت فروری خاک، آب قابل استفاده‌ی گیاه و عملکرد محصول گلرنگ در دشت تبریز و در خاکی با بافت لوم رسی انجام گردیده است. این پژوهش با چهار تیمار: A<sub>1</sub> (شخم با گاو آهن قلمی به عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر)، A<sub>2</sub> (شخم با گاو آهن برگردان‌دار به عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر)، A<sub>3</sub> (شخم با گاو آهن برگردان‌دار به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) و A<sub>4</sub> (بدون عملیات شخم) در سه تکرار و در قالب طح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. نتایج نشان داد که اختلاف بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر سرعت نفوذ در مقاطع مختلف زمانی شامل ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه معنی‌دار بود. با توجه به شیب معادلات نفوذ، کاهش سرعت نفوذ با زمان در تیمار A<sub>1</sub> (۰/۴۷-) بیش‌تر از بقیه‌ی تیمارها بوده است. مقایسه‌ی سرعت نفوذ اولیه نشان داد که تیمار A<sub>3</sub> با ۴۸۲/۸ میلی‌متر بر ساعت، بیش‌ترین سرعت نفوذ اولیه را داشت ولی اختلاف دیگر تیمارها از این نظر معنی‌دار نبود. سرعت نفوذ در تیمار A<sub>3</sub> در تمامی مقاطع زمانی بیش‌تر از بقیه‌ی تیمارها بود، ولی بعد از ۶۰ دقیقه نسبت به قبل از خاک‌ورزی برتری معنی‌داری نداشت. این مطلب نشان می‌دهد که بعد از حدود ۱/۵ ساعت لایه پائین عمق شخم، کنترل‌کننده نفوذ است. در هر چهار عمق مورد اندازه‌گیری (۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ سانتی‌متر) تیمارهای A<sub>3</sub> و A<sub>4</sub> به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقاومت فروری را داشتند. اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر آب قابل استفاده گیاه و عملکرد محصول از نظر آماری معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: آب قابل استفاده گیاه، سرعت نفوذ، مقاومت فروری.

<sup>۱</sup> - آدرس نویسنده اول: جاده تبریز، آذرشهر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی

\* - دریافت: آبان ۱۳۹۳ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۴

## مقدمه

خاک‌ورزی از مهم‌ترین ارکان توسعه فن‌آوری در تکامل کشاورزی و به‌ویژه در تولید غذا می‌باشد. خاک‌ورزی بسته به تناسب یا عدم تناسب روش اتخاذ شده، می‌تواند اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مفید یا مخرب داشته باشد. خاک‌ورزی با اثر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند پایداری خاکدانه‌ها و نفوذ آب، تاثیر مستقیمی در بهره‌وری و پایداری خاک دارد (أفوری، ۱۹۹۳). دوران و پارکین (۱۹۹۴) تاکید کردند که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌تواند تحت تاثیر عملیات خاک‌ورزی و آماده‌سازی زمین قرار گیرد.

خاک‌های مناسب برای تولید محصول می‌توانند از روی ویژگی‌های ساختمانی مثل شدت نفوذ آب و ابقاء رطوبت شناسائی شوند (آئون و همکاران، ۲۰۰۱). عملیات خاک‌ورزی با تحت تاثیر قرار دادن ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌توانند بر روی انباشت رطوبت در خاک، پویائی عناصر غذایی و کارائی محصول اثر بگذارند. عملیات خاک‌ورزی با شکستن منافذ درشت و بستن منافذ ریز در اثر تغییر آرایش ذرات خاک باعث کاهش نفوذ آب به خاک می‌شوند از طرف دیگر زمانی که بقایای گیاهی در سطح خاک موجود نباشد قطرات باران نیز خاکدانه‌های سطحی را خرد نموده باعث بسته شدن منافذ سطحی شده و نفوذ کاهش می‌یابد. تحقیقات حاکی از کاهش معنی‌دار شدت نفوذ با افزایش شدت عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (لیخت و الکایسی، ۲۰۱۲).

نفوذ آب به نیم‌رخ خاک به شرایط لایه سطحی خاک بستگی دارد عملیات خاک‌ورزی در لایه سطحی نقش کلیدی در تغییرات ویژگی‌های آبی-فیزیکی خاک ایفاء می‌کند (ماتولا، ۲۰۰۳). نتایج متفاوتی در خصوص تاثیر عملیات خاک‌ورزی در نفوذ آب به خاک به‌دست آمده است. به‌عنوان مثال وروورت و همکاران (۲۰۰۱) نتیجه گرفتند که نفوذ آب به خاک تحت عملیات بدون خاک‌ورزی بهتر از عملیات شخم می‌باشد. از طرف دیگر

محققانی مانند هیلد و همکاران (۱۹۹۸) و گومز و همکاران (۱۹۹۹) نتوانستند اختلاف قابل توجهی از نظر نفوذ آب بین خاک‌های تحت عملیات خاک‌ورزی و خاک‌هایی که در آنها عملیات خاک‌ورزی صورت نگرفته است، پیدا کنند. به‌نظر آروز و ارشد (۱۹۹۶) حذف عملیات شخم باعث افزایش نفوذ آب به خاک بعد از چندین سال می‌شود، البته مکانیسم این عمل به‌طور کامل روشن نیست، ولی میلک و ویلهلم (۱۹۹۸) و پیتکانن و نوتینن (۱۹۹۸) آن‌را به کاهش تخریب خاک ارتباط داده‌اند.

ووست و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در سامانه‌های کشت که عملیات خاک‌ورزی صورت نمی‌گیرد، مواد آلی در خاک سطحی و سطح خاک تجمع می‌یابند و تغییرات ساختمان خاک تا عمق‌های پائین‌تر نیز توسعه می‌یابد. که هر دو پدیده باعث افزایش سرعت نفوذ آب به خاک و کاهش رواناب سطحی می‌شود. حتی در شخم‌های کم‌عمق نیز اگر مواد آلی در سطح خاک باقی بماند مقدار سرعت نفوذ بیش‌تر از شخم مرسوم توسط گاواهن برگرداندار خواهد بود.

مارتین و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که در کرت‌های خاک‌ورزی حفاظتی، شدت نفوذ بیش‌تر و زمان پیش‌روی طولانی‌تر از کرت‌های مربوط به خاک‌ورزی مرسوم است. در پژوهش دیگری محدود کردن عمق شخم تا ۲/۵ سانتی‌متر باعث شد سرعت نفوذ ۷۰ میلی‌متر بر ساعت باشد در حالی‌که در شخم به عمق ۲۵ سانتی‌متر، ۳۶ میلی‌متر بر ساعت و در چپزل به عمق ۳۵ سانتی‌متر ۲۷ میلی‌متر بر ساعت اندازه‌گیری شد. (ووست، ۲۰۰۱).

در تحقیقی ۳۰ ساله، شخم عمیق (۷۰ سانتی‌متر) در ابتدا چگالی ظاهری و مقاومت فروری خاک را کاهش داد ولی بعد از ۳۰ سال اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نگردید. نفوذ آب به خاک بعد از ۳۰ سال در شخم عمیق افزایش یافت و عملکرد دانه ۱۰ درصد بیش‌تر از شخم کم عمق بود، که به‌دلیل افزایش نفوذ آب

و به احتمال زیاد افزایش عمق ریشه بوده است (بومهارت و جونز، ۲۰۰۵).

نتایج پژوهشی در چین نشان داد که در تیمار بدون شخم نسبت به تیمار شخم متداول، چگالی ظاهری خاک ۷/۱ درصد کاهش و منافذ درشت خاک ( $> 60$  میکرومتر) ۱۷ درصد افزایش یافت. همچنین در این تیمار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، ۲۴۹ درصد افزایش نشان داد اما در لایه سطحی خاک (۱۵-۰) اختلاف قابل توجهی از این نظر مشاهده نشد. در مجموع آب قابل استفاده و سرعت نفوذ در تیمار بدون شخم بیشتر بود (هی و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهشی ثابت شد که بین روش بدون شخم و شخم تا عمق ۱۶ سانتی متر اختلاف معنی داری از نظر تخلخل و نفوذ آب وجود نداشت ولی با افزایش عمق شخم تا ۲۰ سانتی متر مقدار تخلخل و نفوذ آب بیشتر شد، به طوری که مقدار تخلخل در روش بدون شخم، شخم تا عمق ۱۶ و ۲۰ سانتی متر به ترتیب ۴۱، ۴۳ و ۵۰ درصد بود و نفوذ متناظر آنها نیز به ترتیب ۲۴، ۳۲ و ۳۹ سانتی متر بر ساعت اندازه گیری شد (آسانین پژو و همکاران، ۲۰۱۰).

در پژوهشی چگالی ظاهری خاک در شخم کم-عمق (۱۰ سانتی متر) بیش تر از شخم عمیق (۲۰ سانتی متر) بود، درحالی که هدایت هیدرولیکی اشباع در شخم عمیق بیش تر از شخم کم عمق بود. مقاومت مکانیکی در عمق ۲۰-۰ سانتی متر در شخم کم عمق به طور معنی داری بیش تر از شخم عمیق بود. در این تحقیق عمق شخم بر روی تراکم بوته، عملکرد ریشه و محتوی شکر چغندر قند تاثیر معنی داری نداشت (جابر و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیق دیگر افزایش عمق شخم از ۱۵ سانتی متر به ۲۵ سانتی متر، نفوذ آب آبیاری را از ۲۰ تا ۲۸ درصد در اولین آبیاری بعد از شخم افزایش داد، اما تاثیر جزئی در آبیاری های بعدی داشت. روش (چیزل و پنجه غازی) و عمق خاکورزی تاثیر در عملکرد دانه و کارائی مصرف آب در سال های مورد مطالعه نداشتند (آلن و موزیک، ۱۹۹۷). گزارش شده است که زیرشکنی خاک تا عمق ۳۵-۳۰ سانتی متری

همراه با گاوآهن برگردان دار سبب کاهش شاخص مخروطی خاک و چگالی ظاهری، افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و عملکرد گندم شده است (صلح جو و نیازی، ۱۳۸۰). در خاک های زراعی عمیق، تیمار بدون عملیات خاک ورزی دارای بیش ترین چگالی ظاهری بود و تیمارهای حداقل عملیات خاک ورزی و شخم با زیرشکن در رده های بعدی قرار گرفتند. بیش ترین مقاومت مکانیکی بعد از انجام عملیات خاک ورزی به ترتیب در بدون عملیات، زیرشکن و حداقل عملیات در هر یک از خاک ها بودند (لامپورلانس و کاترو-مارتینز، ۲۰۰۳).

نتایج به دست آمده در پژوهشی نشان داد که مقاومت خاک و چگالی ظاهری در یک خاک لوم رسی با سیستم های مدیریتی ارتباطی ندارد. میزان نفوذپذیری مستقل از مقاومت خاک و چگالی ظاهری بود. سیستم خاک ورزی مرسوم دارای بالاترین مقاومت و چگالی ظاهری و پایین ترین میزان نفوذپذیری بود (هافمن و همکاران، ۲۰۰۵). اثر متقابل خاک ورزی و تناوب نشان داد که تیمار گاوآهن برگردان دار دارای کم ترین مقدار مقاومت خاک و چگالی ظاهری و بیش ترین مقدار نفوذپذیری و تیمار خاک ورز پشته ساز دارای بیش ترین مقاومت خاک و چگالی ظاهری و کم ترین نفوذپذیری بود (کاتسوایرو و همکاران ۲۰۰۲). نتایج مقایسه سه ساله بین خاک ورزی مرسوم و خاک ورزی حداقل نشان داد که کرت های خاک ورزی مرسوم نسبت به خاک ورزی حداقل، گنجایش نگهداری آب بیشتری داشته ولی تبخیر سطحی آنها نیز بیش تر بود. چگالی ظاهری و شاخص مخروط خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر خاک در تیمار خاک ورزی مرسوم کمتر از خاک ورزی حداقل بود (بوناری و همکاران، ۱۹۹۵).

تاثیر عملیات خاک ورزی در عملکرد محصول در گیاهان مختلف به طور گسترده ای مطالعه شده است (مورنو و همکاران، ۱۹۹۷). در مورد گلرنگ نیز مقایسه سه نوع عملیات خاک ورزی، نشان داد که عملکرد محصول در خاک ورزی حداقل (۶۲ کیلوگرم بر هکتار) بیش تر از خاک ورزی متوسط (۴۱۹ کیلوگرم بر هکتار) و

کاشته شد و قطعه دیگر برای اجرای پژوهش در سال دوم به همان صورت نگه داشته شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵×۲۰ متر و فاصله بین تکرارها برای دور زدن تراکتور، پنج متر در نظر گرفته شد. تیمارهای طرح شامل چهار نوع خاک‌ورزی اولیه به شرح زیر بودند:

شخم با گاوآهن قلمی به عمق ۲۰ سانتی متر (A<sub>1</sub>)

شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۰ سانتی متر (A<sub>2</sub>)

شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی متر (A<sub>3</sub>)

بدون عملیات خاک‌ورزی (A<sub>4</sub>)

برای ارزیابی اثر تیمارهای مختلف، ویژگی‌های شیمیائی و بعضی ویژگی‌های فیزیکی خاک از قبیل بافت به روش هیدرومتر (بویوکوس، ۱۹۶۲)، درصد رطوبت وزنی به روش وزن‌سنجی، مقاومت مکانیکی (mechanical resistance) توسط فروسنج (پرومپرال، ۱۹۸۷)، چگالی ظاهری توسط استوانه‌های نمونه برداری با قطر ۵۷ و ارتفاع ۴۰ میلی‌متر (کلوت، ۱۹۸۶)، نفوذپذیری به روش استوانه مضاعف و آب قابل استفاده در عمق‌های مختلف قبل از خاک‌ورزی (پس از کاشت و آبیاری اول) در نمونه‌های بهم‌نخورده اندازه‌گیری شد. در طول آزمایش اجزای عملکرد گلرنگ شامل تعداد بوته در متر مربع، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه اندازه‌گیری شدند در نهایت ارتفاع بوته‌ها و عملکرد دانه تعیین گردید.

رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد و برای تعیین مقاومت مکانیکی خاک براساس شاخص مخروطی (coneindex)، از یک دستگاه نفوذسنج الکترونیکی مدل Eijkelkamp با مخروط استاندارد به زاویه راس ۶۰ درجه و قطر اسمی ۱۱/۲۸ میلی‌متر و سطح مخروط یک سانتی‌متر استفاده شد (پرومپرال، ۱۹۸۷). این دستگاه به ازای هر سانتی‌متر فروروی مخروط در داخل خاک نیروی مقاومت خاک را ثبت نموده که با تقسیم مقادیر ثبت شده بر سطح مقطع مخروط، مقاومت مکانیکی خاک بر حسب مگاپاسگال محاسبه گردید. مقاومت فرو-روی خاک در رطوبت حدود گنجایش مزرعه‌ای (۲۳)

شدید (۳۸۳ کیلوگرم بر هکتار) می‌باشد (رایسون و فنستر، ۱۹۶۸). با این حال اطلاعات زیادی در خصوص تاثیر عملیات خاک‌ورزی بر ویژگی‌های آبی خاک و سرعت نفوذ آب در مورد گلرنگ وجود ندارد. در پژوهشی در منطقه تاکستان تاثیر خاک‌ورزی بر درصد سبز شدن و اجزاء عملکرد گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشانگر عدم تاثیر نوع خاک‌ورزی مورد مطالعه بر اجزاء عملکرد بود اما درصد سبز شدن در تیمار دو بار دیسک بهتر از گاوآهن قلمی بود (غلامی پرشکوهی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهشی دیگر در شهرستان خرم‌آباد، عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی نسبت به عملیات دیگر دارای مقدار نفوذ، ذخیره‌سازی رطوبت، عملکرد و اجزاء عملکرد بیش‌تر و چگالی ظاهری کمتر بود (بور و خورگامی، ۱۳۸۷).

هدف از این مطالعه بررسی تاثیر روش‌های مختلف تهیه زمین با ادوات متداول در کاشت گلرنگ پاییزه در ویژگی‌های فیزیکی خاک و مخصوصاً نفوذ آب به خاک بوده است

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی خسروشاه واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب شهر تبریز در استان آذربایجان شرقی و در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و طی دو سال زراعی اجرا گردید. ایستگاه خسروشاه در طول جغرافیایی ۴۶° و ۰۳' و عرض جغرافیایی ۳۷° درجه و ۵۸' و ۳۰" ناحیه‌ی آب‌وهوایی نیمه‌خشک واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۳ متر می‌باشد، میانگین بارندگی سالیانه‌ی آن ۲۶۷ میلی‌متر بوده و متوسط درجه حرارت سردترین و گرمترین ماه سال به‌ترتیب ۱/۴- و ۲۶/۲ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد.

ابتدا قطعه زمینی به وسعت پنج هزار متر که سال قبل تحت کاشت گندم بود انتخاب و به دو قطعه ۲۵۰۰ متری تقسیم شد در سال اول گلرنگ در یک قطعه

شمارش و میانگین طبق در بوته محاسبه گردید. همه طبق‌های حاصل از این بوته‌ها برای تعیین تعداد دانه در طبق مورد استفاده قرار گرفت. وزن هزاردانه پس از برداشت محصول تعیین گردید. عملکرد دانه نیز با وزن دانه‌های حاصل از بوته‌های هر کرت پس از حذف ردیف‌های کناری تعیین شدند.

ویژگی‌های خاک مزرعه محل اجرای پژوهش در جدول (۱) مندرج است. هدایت الکتریکی و واکنش خاک در عصاره اشباع به ترتیب توسط EC متر و pH متر (پیچ و همکاران، ۱۹۹۲)، مقدار مواد خثی شونده به‌روش تیتراسیون، کربن آلی به‌روش سوزاندن مرطوب، نیتروژن کل به‌روش هضم و سفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب توسط اسپکتروفوتومتر و فلیم‌فتومتر طبق روش‌های پیشنهادی موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری و تعیین گردید.

در طول فصل رشد مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی بوده و برای مبارزه با آفت آگروتیس در اوایل بهار از طعمه مسموم (۱۰۰ کیلوگرم سبوس گندم + ۵۰ لیتر آب + ۵ کیلوگرم سوبین ۸۵ درصد) استفاده شد. در مرحله غنچه‌دهی دو بار با فاصله‌ی دو هفته برعلیه مگس گلرنگ با سم دیازینون به غلظت یک در هزار سمپاشی شد. کود مصرفی به میزان ۳۰ کیلوگرم فسفر و ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که تمامی کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل در پاییز قبل از کاشت و نیتروژن در دو مرحله (اواخر فروردین و اردیبهشت) به‌صورت سرک به زمین داده شد.

برای به‌کارگیری ادوات خاک‌ورزی، کاشت، کودپاشی و سم‌پاشی از تراکتور جان‌دیر ۳۱۴۰ با توان اسمی ۷۱ اسب بخار استفاده شد. برای کاشت نیز از بذکار (خطی‌کار) برزگر همدانی با عرض کار ۲/۵ متر استفاده شد. عملیات خاک‌ورزی اولیه در هر سال پس از آبیاری زمین و در رطوبت خاک ۱۸-۱۶ درصد وزنی انجام شد. بعد از انجام عملیات خاک‌ورزی بذور گلرنگ از رقم زرقان با تراکم ۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت

درصد وزنی) اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که نمونه بهم‌نخورده برداشته شده و وزن گردید و از روی چگالی ظاهری و حجم استوانه نمونه‌برداری، رطوبت نمونه تعیین شد که با دردست بودن رطوبت گنجایش مزرعه‌ای، زمانی که رطوبت به حدود گنجایش مزرعه‌ای رسید مقاومت مکانیکی خاک اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری نفوذپذیری از روش استوانه‌ی مضاعف با قطر استوانه بزرگ ۶۰ و کوچک ۳۰ سانتیمتر استفاده شد. در این روش بعد از تمیز کردن خاک از باقیمانده کاه و کلش، استوانه‌ها در وسط هر کرت در سه تکرار قرار داده شد و نسبت به تعیین نفوذپذیری اقدام شد. برای برازش داده‌های اندازه‌گیری شده‌ی نفوذ و ارائه معادلات سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی، از مدل کوستیاکف استفاده گردید (هانسن و همکاران، ۱۹۷۹):

$$I = \alpha T^n \quad (1)$$

که در آن:

I شدت نفوذ و T زمان می باشد. ثابت‌های  $\alpha$  و n نیز به ترتیب شدت نفوذ اولیه (زمانی که T دارای مقدار یک است) و شیب منحنی نفوذ می‌باشند.

رطوبت‌های گنجایش مزرعه‌ای و نقطه‌ی پژمردگی دائم در سه نمونه بهم‌نخورده از هر لایه خاک، به ترتیب در مکش‌های ۳۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال توسط دستگاه صفحه‌ی فشاری (pressure plate) اندازه‌گیری شد. بعد از تعیین رطوبت FC و PWP برای هر لایه‌ی خاک، از طریق رابطه‌ی زیر مقدار آب قابل استفاده در هر لایه محاسبه گردید:

$$AW = D(FC - PWP) \times Db/100 \quad (2)$$

که در آن:

AW آب قابل استفاده برحسب cm، D ضخامت لایه مورد نظر به cm، FC و PWP رطوبت خاک در گنجایش مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم برحسب درصد وزنی و Db چگالی ظاهری برحسب  $g\ cm^{-3}$  می‌باشد.

برای اندازه‌گیری تعداد طبق در بوته در زمان رسیدگی محصول، تعداد طبق‌های ۱۰ بوته از هر کرت

ردیفی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر توسط بذرکار در عمق چهار تا هفت سانتی‌متری در اواخر شهریور کاشته شد. نتایج بدست آمده از صفات مورد اندازه‌گیری برای تیمارهای مختلف خاک‌ورزی توسط نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه آماری قرار گرفت و میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد مقایسه گردیده و منحنی‌ها توسط نرم‌افزار Excel رسم شد.

### نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از عملکرد و اجزا آن و همچنین ویژگی‌های فیزیکی مورد آزمایش خاک که در قسمت مواد و روش‌ها به آنها اشاره شد برای سال اول و دوم بطور جداگانه مورد تجزیه آماری قرار گرفت. سپس تجزیه مرکب نتایج دو سال انجام شد. به دلیل حجم زیاد مطالب و پارامترهای مورد اندازه‌گیری، در اینجا صرفاً نتایج تجزیه مرکب به تفکیک صفات مورد اندازه‌گیری ارائه می‌گردد.

**نفوذ آب به خاک:** بعد از ادغام نتایج دو سال (اختلاف بین تیمارهای خاک‌ورزی در سال اول معنی‌دار نبود) ملاحظه گردید که اختلاف بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر سرعت نفوذ در مقاطع مختلف زمانی در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج سرعت نفوذ در مقاطع مختلف زمانی در جدول (۲) آمده است.

مقایسه‌ی شیب معادله‌ی سرعت نفوذ نشان داد که در تیمار A<sub>1</sub> کاهش سرعت نفوذ با گذشت زمان بیش‌تر از بقیه‌ی تیمارها بوده است. در این مورد تیمار A<sub>4</sub> در مرتبه‌ی دوم قرار گرفته و اختلافی بین دیگر تیمارها مشاهده نگردید که علت امر را می‌توان به عدم برگرداندن خاک سطحی در روش A<sub>1</sub> ارتباط داد. یعنی با توجه به اینکه در تیمار خاک‌ورزی با گاوآهن قلمی (A<sub>1</sub>)، خاک برگردانده نشده و منافذ درشت تشکیل نشده است، ولی با توجه به دست‌نخورده بودن و وضعیت اولیه خاک سطحی

و منافذ حاصل از پوسیدن ریشه‌های گیاه محصول سال قبل، نفوذ اولیه نسبت به نفوذ پایه زیادتر بوده است ولی با اشباع شدن خاک سطحی، نفوذ شدیداً بدلیل وجود کفه شخم تحتانی کاهش می‌یابد و این مطلب را بالا بودن شیب منحنی نفوذ در این تیمار نشان می‌دهد. مقایسه‌ی سرعت نفوذ اولیه (سرعت نفوذ در دقیقه‌ی اول) نشان داد که تیمار A<sub>3</sub> بیش‌ترین سرعت نفوذ را دارد، تیمار A<sub>4</sub> در مرتبه‌ی دوم قرار گرفت ولی اختلاف معنی‌داری بین دیگر تیمارها مشاهده نگردید جدول (۲).

همان‌طوری که انتظار می‌رفت عمیق بودن شخم در تیمار A<sub>3</sub> باعث شده است که سرعت نفوذ در این تیمار بیش‌تر باشد شکل (۱). در مورد زیاد بودن سرعت نفوذ اولیه در تیمار A<sub>4</sub> به نظر می‌رسد عدم شخم باعث شده است که منافذی که در اثر حرکت حشرات و یا ریشه‌های گیاه ایجاد شده و همچنین درز و ترک‌هایی که بوضوح در سطح خاک دیده می‌شد، شکسته و قطع نگردد و این باعث می‌شود که سرعت نفوذ اولیه در این تیمار نیز تاحدودی بیش‌تر باشد، ولی مشاهده می‌شود که با گذشت زمان و پر شدن این منافذ بزرگ در لایه سطحی، برتری این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر از بین می‌رود و در نفوذ پایه با مقدار قبل از خاک‌ورزی تقریباً برابر می‌شود که نشان دهنده این مطلب است که بعد از گذشت دو تا سه ساعت لایه تحتانی عمق شخم کنترل کننده نفوذ می‌باشد.

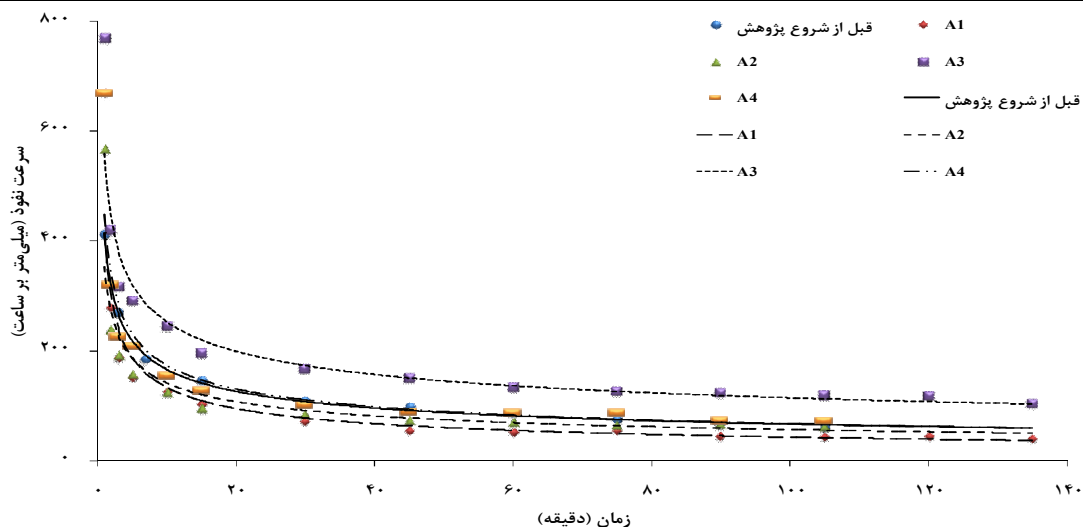
مقایسه‌ی میانگین سرعت‌های نفوذ در مقاطع مختلف زمانی نشان داد که تنها تیمار A<sub>3</sub> نسبت به تیمارهای دیگر سرعت نفوذ بالاتری داشته و بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و همان‌طوری که قبلاً گفته شد، علت این امر عمیق بودن شخم در این تیمار می‌باشد این نتایج، با یافته‌های آلن و موزیک (۱۹۹۷)، آسانین پژو و همکاران (۲۰۱۰)، بومهارت و جونز (۲۰۰۵) مطابقت دارد اما نتایج به دست آمده توسط هی و همکاران (۲۰۰۹) و ووست (۲۰۰۱) را تأیید نمی‌کند.

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه‌ی محل پژوهش

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (dS m <sup>-1</sup> )	واکنش گل اشباع	مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی (%)	نیترोजن کل (%)	فسفر قابل جذب (mg kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل جذب (mg kg <sup>-1</sup> )	تجزیه‌ی مکانیکی		
								شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۰-۱۵	۵/۵۷	۷/۹	۹/۵	۱/۰۹	۰/۱۰	۲۱/۴	۶۵۰	۱۶	۳۶	۴۸
۱۵-۳۰	۲/۰۶	۸/۲	۸/۵	۱/۰۱	۰/۱۰	۱۴/۶	۶۰۰	۲۶	۳۶	۳۸
۳۰-۵۰	۲/۳۵	۸/۰	۸/۸	۰/۸۷	۰/۰۹	۸/۴	۵۲۰	۲۲	۳۴	۴۴
۵۰-۹۰	۳/۷۷	۸/۰	۵/۵	۰/۵۰	۰/۰۵	۵/۰	۳۶۰	۴۰	۲۴	۳۶
۹۰-۱۳۰	۳/۱۴	۸/۲	۲/۵	۰/۱۵	۰/۰۲	۲/۶	۳۰۰	۶۸	۲۲	۱۰
>۱۳۰	۶/۱۴	۸/۰	۳/۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۲/۰	۲۰۰	۶۲	۲۸	۱۰

جدول ۲- سرعت نفوذ در مقاطع مختلف زمانی و شیب معادله‌ی نفوذ در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

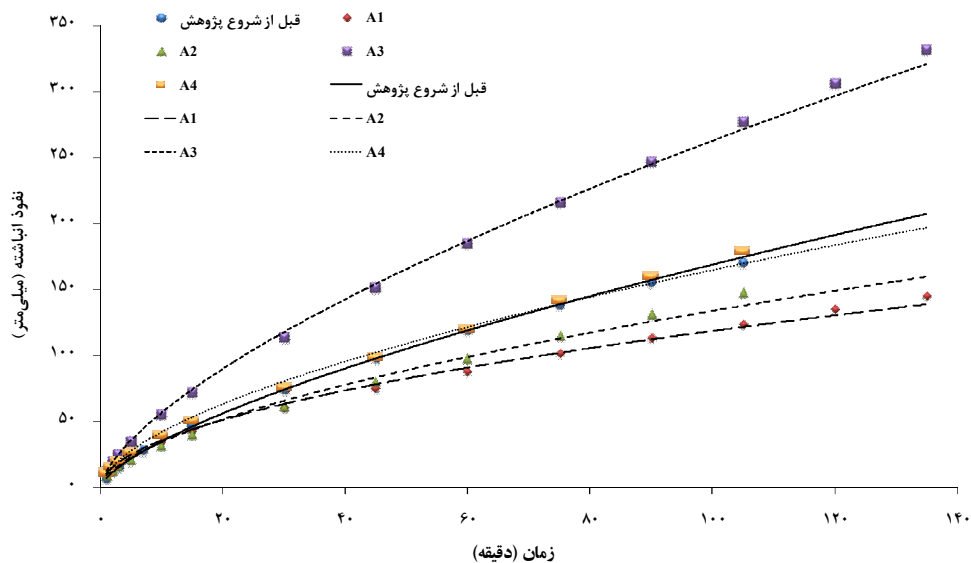
تیمار	شیب معادله	سرعت نفوذ (میلی‌متر در ساعت) در زمان‌های مختلف (دقیقه)					
		۱	۲	۵	۱۰	۳۰	۶۰
قبل از خاک‌ورزی	--/۳۳۶ A	۲۹۵/۰ B	۲۱۷/۴ B	۱۷۷/۵ B	۱۴۲/۸ B	۱۰۱/۲ B	۸۱/۵ B
A <sub>1</sub>	--/۴۷۱ B	۳۲۲/۹ B	۲۳۱/۹ B	۱۵۰/۹ B	۱۰۹/۷ B	۶۷/۰ B	۴۹/۵ B
A <sub>2</sub>	--/۳۷۹ A	۳۰۰/۷ B	۲۲۸/۰ B	۱۵۹/۷ B	۱۲۲/۸ B	۸۱/۹ B	۶۳/۹ B
A <sub>3</sub>	--/۳۳۵ A	۴۸۲/۸ A	۳۸۳/۱ A	۲۸۳/۰ A	۲۲۵/۷ A	۱۵۸/۲ A	۱۲۶/۷ A
A <sub>4</sub>	--/۴۰۱ AB	۳۷۰/۳ AB	۲۸۱/۲ AB	۱۹۶/۷ B	۱۵۰/۹ B	۱۰۰/۰ B	۷۷/۵ B
LSD <sub>0.05</sub>	--/۰۸۷		۱۰۸/۵	۸۰/۹۹	۶۵/۸۳	۴۹/۲۹	۴۱/۷۸
LSD <sub>0.01</sub>		۱۱۹/۰					
ضریب تغییرات	۷۹/۳۵	۳۳/۳۱	۳۳/۰۳	۳۴/۱۹	۳۵/۷۷	۳۹/۶۱	۴۲/۷۶



شکل ۱- سرعت نفوذ در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی. معادلات سرعت نفوذ در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- معادلات نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی شکل‌های (۱ و ۲)

تیمار	سرعت نفوذ		نفوذ تجمعی	
	معادله	R <sup>2</sup>	معادله	R <sup>2</sup>
قبل از شروع پژوهش	۴۱۳.۲۶ T <sup>-۰.۳۹۶</sup>	۰/۹۹۶۱	۷.۲۲ T <sup>-۰.۶۸۴۷</sup>	۰/۹۹۹۵
A <sub>1</sub>	۴۱۵.۴۱ T <sup>-۰.۴۹۴</sup>	۰/۹۵۴۴	۱۰.۶۹ T <sup>-۰.۵۲۲۶</sup>	۰/۹۹۸۷
A <sub>2</sub>	۳۵۳.۱۳ T <sup>-۰.۳۹۸</sup>	۰/۹۱۷۵	۸.۷۸ T <sup>-۰.۵۹۱۶</sup>	۰/۹۹۷۲
A <sub>3</sub>	۵۵۸.۲۸ T <sup>-۰.۳۴۴</sup>	۰/۹۵۹۹	۱۲.۲۰ T <sup>-۰.۶۶۶۷</sup>	۰/۹۹۹۳
A <sub>4</sub>	۴۴۸.۲۳ T <sup>-۰.۴۱۲</sup>	۰/۹۴۲۲	۱۰.۶۳ T <sup>-۰.۵۹۵۲</sup>	۰/۹۹۸۴



شکل ۲- نفوذ تجمعی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی. معادلات نفوذ تجمعی در جدول (۳) آمده است.

جدول ۴- اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر مقاومت مکانیکی خاک (MPa) در عمق‌های مختلف

تیمار	عمق (cm)			
	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰
A <sub>1</sub>	۲/۱۷ AB	۱/۹۵ AB	۱/۸۳ AB	۱/۲۶ AB
A <sub>2</sub>	۲/۳۳ AB	۱/۹۵ AB	۱/۶۵ AB	۱/۱۸ AB
A <sub>3</sub>	۱/۹۶ B	۱/۶۱ B	۱/۴۴ B	۱/۱۰ B
A <sub>4</sub>	۲/۴۶ A	۲/۲۳ A	۱/۹۹ A	۱/۴۱ A
LSD <sub>0.05</sub>	۰/۴۸۲	-	-	-
LSD <sub>0.01</sub>	-	۰/۳۶۵	۰/۳۳۴	۰/۲۳۲

جدول ۵- ویژگی‌های فیزیکی و آبی خاک بعد از اعمال تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تیمار	عمق (cm)	چگالی ظاهری (g cm <sup>-3</sup> )	تخلخل کل	رطوبت معادل FC (درصد وزنی)	رطوبت PWP (درصد وزنی)	عمق آب قابل دسترس (cm cm <sup>-3</sup> )
قبل از شروع پژوهش	۰-۱۵	۱/۲۱	۰/۵۴۵	۲۲/۷۹	۱۵/۸۴	۰/۰۸۴
	۱۵-۳۰	۱/۳۱	۰/۵۰۲	۲۱/۷۶	۱۶/۳۷	۰/۰۷۱
	۳۰-۵۰	۱/۴۲	۰/۴۶۰	۲۳/۹۹	۱۸/۵۷	۰/۰۷۷
	۰-۱۵	۱/۱۸	۰/۵۴۴	۲۳/۷۰	۱۷/۰۶	۰/۰۷۸
A <sub>1</sub>	۱۵-۳۰	۱/۲۸	۰/۵۲۴	۲۲/۷۹	۱۷/۹۴	۰/۰۶۲
	۳۰-۵۰	۱/۳۳	۰/۴۶۸	۲۳/۰۵	۱۸/۰۶	۰/۰۶۶
	۰-۱۵	۱/۲۰	۰/۵۴۳	۲۳/۹۰	۱۶/۶۴	۰/۰۸۹
	۱۵-۳۰	۱/۳۲	۰/۵۲۳	۲۳/۴۴	۱۷/۵۶	۰/۰۸۱
A <sub>2</sub>	۳۰-۵۰	۱/۳۲	۰/۴۶۴	۲۲/۹۷	۱۸/۳۰	۰/۰۶۲
	۰-۱۵	۱/۱۶	۰/۵۵۰	۲۴/۶۷	۱۶/۸۳	۰/۰۹۵
	۱۵-۳۰	۱/۲۷	۰/۵۳۰	۲۴/۳۴	۱۷/۲۵	۰/۰۹۳
	۳۰-۵۰	۱/۳۸	۰/۴۶۹	۲۷/۶۰	۱۸/۳۷	۰/۱۲۷
A <sub>3</sub>	۰-۱۵	۱/۳۳	۰/۵۴۰	۲۳/۴۰	۱۷/۱۲	۰/۰۸۴
	۱۵-۳۰	۱/۳۸	۰/۵۲۷	۲۴/۵۸	۱۶/۹۴	۰/۱۰۵
	۳۰-۵۰	۱/۳۸	۰/۴۷۳	۲۶/۴۰	۱۸/۳۹	۰/۱۱۱



در تمامی تیمارها، رطوبت گنجایش مزرعه‌ای افزایش یافته است که دلیل امر افزایش منافذ بزرگ در اثر عملیات شخم بوده است. این افزایش در رطوبت گنجایش مزرعه‌ای، در تیمار A<sub>3</sub> که عمق شخم بیش‌تر از تیمارهای دیگر است، زیادتر بوده است. نتایج هم‌چنین نشانگر افزایش در رطوبت نقطه‌ی پژمردگی دائم در تیمارهای مختلف می‌باشد که این افزایش در لایه‌ی سطحی تیمار A<sub>4</sub> (بدون عملیات خاک‌ورزی) بیش‌تر از تیمارهای دیگر بوده است که علت امر افزایش تراکم خاک سطحی بدلیل تردد ماشین بذرکار بود و افزایش چگالی ظاهری و شاخص مخروطی در این تیمار نیز موید همین مطلب است. افزایش هم‌زمان رطوبت گنجایش مزرعه‌ای و نقطه‌ی پژمردگی دائم سبب شده که افزایش یا کاهش آب قابل استفاده معنی‌دار و قابل ملاحظه نباشد و تنها در تیمار A<sub>3</sub> افزایش رطوبت قابل استفاده در عمق ۵۰-۰ سانتی‌متری به دلیل شخم عمیق تقریباً قابل ملاحظه بوده است.

#### عملکرد محصول: اثر سال بر روی عملکرد

محصول، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته در سطح آماری ۵٪ و تعداد بوته در متر مربع در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود، که علت این اثر ناشی از سرمایه زمستانی و عدم پوشش کافی برف در سال دوم اجرای طرح بود، که حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد بوته‌ها را از بین برد. میانگین عملکرد محصول در سال اول ۳۸۲۹ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم ۳۰۸۵/۸ کیلوگرم در هکتار بود. کاهش تعداد بوته در سال دوم (از ۱۷ به ۸ بوته در متر مربع) توسط افزایش تعداد طبق (از ۲۹ به ۴۱ طبق در بوته) تا حدودی جبران شد. در نتیجه می‌توان گفت که گیاه گلرنگ کاهش بوته در واحد سطح را می‌تواند تا حدودی با افزایش تعداد طبق در بوته جبران کند.

اثر تیمارهای خاک‌ورزی در طی دو سال بر روی عملکرد محصول معنی‌دار نبوده است جدول (۶)، که با نتایج غلامی پرشکوهی و همکاران (۱۳۸۹) جابرو و همکاران (۲۰۱۰)، آلن و موزیک (۱۹۹۷) و بوناری و

مقایسه منحنی سرعت نفوذ در تیمار A<sub>4</sub> و قبل از خاک‌ورزی در شکل (۱) نشان می‌دهد که ترافیک حاصل از ماشین بذرکار تاثیر چندانی بر پارامترهای نفوذ آب نداشته است چرا که این دو منحنی تقریباً بر روی هم افتاده‌اند. برای مقایسه بهتر روند نفوذ در تیمارهای مختلف، معادلات نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ برای تیمارهای A<sub>1</sub> تا A<sub>4</sub> در جدول (۳) ارائه شده است. هم‌چنین برای مقایسه نفوذ تجمعی بین تیمارها، نفوذ تجمعی و معادلات برازش یافته در شکل (۲) ارائه شده است.

#### ویژگی‌های فیزیکی و آبی خاک: تجزیه

واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تیمارهای خاک‌ورزی بر روی مقاومت مکانیکی خاک در اعماق مختلف تاثیر معنی‌دار دارد جدول (۴). در تمامی چهار عمق اندازه‌گیری شده مقدار مقاومت مکانیکی مربوط به تیمار A<sub>3</sub> (گاواهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر) کم‌ترین و مقاومت مکانیکی مربوط به تیمار A<sub>4</sub> (بدون عملیات خاک‌ورزی) بیش‌ترین مقدار را داشتند. که با نتایج جابرو و همکاران (۲۰۱۰)، کاتسواپرو و همکاران (۲۰۰۲) و بوناری و همکاران (۱۹۹۵) مطابقت دارد.

چگالی ظاهری خاک در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی هرچند کمتر از چگالی ظاهری خاک قبل از اعمال تیمارها بود اما این اختلاف معنی‌دار نبود و فقط در تیمار A<sub>4</sub>، چگالی ظاهری خاک سطحی افزایش یافت جدول (۵) که به نظر می‌رسد علت آن تراکم خاک به دلیل حرکت ادوات کشاورزی کاشت بوده و این مسئله را بالا بودن شاخص مخروطی در این تیمار تایید می‌کند جدول (۴). زیاد بودن چگالی ظاهری در تیمار بدون خاک‌ورزی توسط لامپورلانس و کانتر-مارتینز (۲۰۰۳) نیز گزارش شده است.

از نظر ویژگی‌های آبی خاک اختلاف قابل ملاحظه و معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی مشاهده نگردید جدول (۵). مقایسه‌ی مقادیر مربوط به رطوبت گنجایش مزرعه‌ای نشان داد که در لایه‌ی سطحی

همکاران (۱۹۹۵) مطابقت دارد، ولی مغایر یافته‌ی بور و پورغلامی (۱۳۸۷)، صلح‌جو و نیازی (۱۳۸۰) و بومهارت و جونز (۲۰۰۵) است. از نظر عددی بیش‌ترین عملکرد مربوط به تیمار بدون عملیات خاک‌ورزی با ۳۵۹۹ و کم‌ترین عملکرد مربوط به تیمار گاواهن قلمی با ۳۳۰۷ کیلوگرم در هکتار بود جدول (۶).

جدول ۶- عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تیمار خاک‌ورزی	تعداد طبق در بوته	تعداد بوته در متر مربع	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در طبق	ارتفاع بوته cm	عملکرد kg/ha
A <sub>1</sub>	۳۹/۶۷ A	۱۲/۳۳ A	۲۹/۵۹ B	۳۹/۶۷ A	۱۱۰/۷۵ A	۳۳۰۷ A
A <sub>2</sub>	۳۰/۶۷ A	۱۲/۶۷ A	۳۰/۳۷ AB	۳۹/۰۰ A	۱۱۶/۶۷ A	۳۵۴۲ A
A <sub>3</sub>	۳۵/۸۳ A	۱۲/۶۷ A	۳۰/۲۷ AB	۴۱/۱۷ A	۱۱۱/۰۰ A	۳۳۸۲ A
A <sub>4</sub>	۲۵/۱۷ A	۱۱/۱۷ A	۳۱/۶۳ A	۳۶/۳۳ A	۱۱۲/۶۷ A	۳۵۹۹ A
LSD0.05	۱۴/۱۱	۳/۵	۱/۹۶	۱۱/۳۱	۶/۹۸	۶۱۷/۵

اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر روی تعداد دانه در طبق، تعداد بوته در متر مربع، و ارتفاع بوته معنی‌دار نبود جدول (۶). شخم با گاواهن برگردان‌دار عمیق با ۴۱ دانه در طبق و تیمار بدون عملیات خاک‌ورزی با تعداد ۳۶ دانه در طبق به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد طبق در بوته را داشتند. با توجه به اینکه عملکرد به جز تعداد بوته در واحد سطح در زمان اواخر رشد رویشی و طی دوره زایشی تعیین می‌گردد، بنابراین اثر روش‌های خاک‌ورزی به‌طور عمده بر روی بوته نمود خواهد یافت.

بنابر نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که روش خاک‌ورزی در کاشت گلرنگ بعد از برداشت گندم در میزان عملکرد دانه گلرنگ معنی‌دار نبود و با توجه به مزایای کاشت بدون عملیات خاک‌ورزی، از جمله کاهش مصرف انرژی و هزینه می‌توان گلرنگ را در زمینی که عملیات خاک‌ورزی صورت نگرفته است کاشت.

یکی دیگر از اجزای عملکردی، وزن هزار دانه می‌باشد که در هر سال اندازه‌گیری شد. طبق جدول (۶) تیمار A<sub>1</sub> بطور معنی‌داری باعث کاهش وزن هزاردانه شد ولی تیمارهای دیگر تاثیر معنی‌داری نداشتند. تیمار بدون عملیات خاک‌ورزی و تیمار گاواهن قلمی با میانگین ۳۱/۶۳ و ۲۹/۵۹ گرم به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان وزن هزاردانه را داشتند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در کل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که نوع و عمق عملیات خاک‌ورزی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزا عملکرد گلرنگ (بجز وزن هزار دانه) ندارد و با توجه به مزایای عملیات خاک‌ورزی حداقل، این عملیات خاک‌ورزی برای کاشت گلرنگ در منطقه قابل توصیه است. اختلاف قابل توجهی از نظر تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر ویژگی‌های آبی خاک دیده نشد که احتمالاً علت آن این است که مزرعه تحقیقاتی محل اجرای پژوهش در سال‌های گذشته مورد کشت و کار و عملیات مختلف خاک‌ورزی قرار گرفته است. با اینحال روش شخم عمیق با گاواهن برگردان‌دار بدلیل از بین بردن کفه شخم باعث افزایش رطوبت گنجایش مزرعه‌ای در لایه سطحی و افزایش نفوذ آب به خاک شد. بدلیل ایجاد لایه‌ای با نفوذپذیری کم در شخم مداوم با یک عمق، توصیه می‌شود که در بعضی مواقع نسبت به انجام شخم عمیق اقدام گردد چراکه میزان نفوذپذیری آب به خاک در شخم عمیق بطور محسوسی افزایش می‌یابد.

## فهرست منابع

۱. بور، ق. و ع. خورگامی. ۱۳۸۷. بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ دیم در منطقه خرم‌آباد. پژوهش‌نامه کشاورزی، جلد ۱، پیش‌شماره ۱، صفحات ۵۹-۶۹.
۲. پاسبان اسلام، ب. ۱۳۸۰. گلرنگ. انتشارات سازمان کشاورزی آذربایجان شرقی. ۳۰ صفحه
۳. صلح جو، ع. ا. و ج. نیازی. ۱۳۸۰. تاثیر عملیات زیرشکنی بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. شماره ۷ جلد ۲. صفحات ۶۵-۷۸.
۴. غلامی پرشکوهی، م.، س. سیف‌زاده، م. حنیفی و م. رشیدی. ۱۳۸۹. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص‌های انرژی و اجزای عملکرد گلرنگ. فصل‌نامه دانش نوین کشاورزی، سال ششم، شماره ۲۰، صفحات ۶۷-۷۶.
5. Allen, R.R., and J.T. Musick. 1997. Tillage method and depth effects on furrow irrigation infiltration, *Appl. Eng. Agric.* 13: 737-742.
6. Aon, M.A., D.E. Sarena, J.L. Burgos and S. Cortassa. 2001. (Micro) biological, Chemical and physical properties of soils subjected to conventional or no-till management and assessment of their quality status. *Soil and Tillage Res.* 60:173-186.
7. Ashraful Hague, M.D., R.I. Sacker and Alam, M. 2001. Effects of soil strength on root growth of rice crop for difference dry land tillage methods. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)* 32:23-26.
8. Azooz, R.H., and M.A. Arshad. 1996. Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. *Can. J. Soil Sci.* 76:143-152.
9. Baumhardt, R.L., and O.R. Jones. 2005. Long-term benefits of deep tillage on soil physical properties and crop yield. p. 95-101. In: *The 27th Annual Southern Conservation Tillage Systems. Proc. of Conf. June 27-29, 2005, Florence, South Carolina.*
10. Bonari, E., M. Mazzoncini, and A. Peruzzi. 1995. Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) in a sandy soil. *Soil and Tillage Res.* 33(2): 91-108.
11. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particles size analyses of soils. *Agron. J.* 56:464-465
12. Doran, J.W., and T.B. Parkin. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. p. 21-25. In: J.W. Doran and A.J. Jones (ed.) *Methods for assessing soil quality.* SSSA Special Pub. 49. SSSA. Madison, WI.
13. Gomez, J.A., J.V. Giraldez, M. Pastor, and F. Fereres. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in an olive orchard. *Soil and Tillage Res.* 52:167-175.
14. Halfmann, D., T. Zobeck, R. Zartman, and V. Allen. 2005. Management system effects on water infiltration and density of two West Texas soils. *Soil Sci. Soc. of Am. Annual Meeting.* P. No. 1005.
15. Hansen, V. E., G.E. Stringham, and O.W. Israelsen. 1979. *Irrigation Principles and Practices.* John Wiley & Sons Canada, Limited, 417 pages.
16. He, J., Q. Wanga, H. Libc, J.N. Tullbergd, A.D. McHughe, Y. Baif, X. Zhanga, N. McLaughling, and H. Gaoa. 2009. Soil physical properties and infiltration after long-term no-tillage and ploughing on the Chinese Loess Plateau. *New Zealand J. of Crop and Hort. Sci.* 37(3): 157-166.
17. Heald, J.R., E.J. Kladivko, and J.V. Manneing. 1998. Soil macroporosity, hydraulic

- coductivity and air permeability of silty soils under long term conservation tillage in Indiana. *Soil and Tillage Res.* 11: 1-18.
18. Jabro, J.D., W.B. Stevens, W.M. Iversen, and R.G. Evans. 2010. Tillage Depth Effects on Soil Physical Properties, Sugarbeet Yield, and Sugarbeet Quality. *Communications in Soil Sci. and Plant Anal.* 41: 908–916.
  19. Katsvairo, T., W.J. Cox, and H. van Es. 2002. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics. *Agron. J.* 94(2): 299-304.
  20. Klute, A. (ed) 1986. *Methods of soil analysis: part 1. Physical and mineralogical methods.* Agronomy monograph Vol 9, 2nd edn. ASA, WI
  21. Lampurlanés, J. and C. Cantero–Martínez. 2003. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. *Agron. J.* 95(3): 526-536.
  22. Licht, M., and M. Al-Kaisi. 2012. *Less Tillage for More Water in 2013.* ISU Extension Available at <http://www.extension.iastate.edu/CropNews/2012/0921lichtal-kaisi.htm>
  23. Martin, E.C., K.O. Adu-Tutu, W.B. McCloskey, S.H. Husman, P. Clay, and M. Ottman. 2005. Conservation tillage effects on infiltration and irrigation advance time. *Arizona Cotton Report (P-142).* University of Arizona, Tucson, AZ. Available at: <http://cals.arizona.edu/pubs/crops/az1366/az13661a.pdf>
  24. Matula, S. 2003. The influence of tillage treatments on water infiltration into soil profile. *Plant Soil Environ.* 49(7): 298–306.
  25. Mielke, L.N., and W.W. Wilhelm. 1998. Comparisons of soil physical characteristics in long-term tillage winter wheat-fallow tillage experiments. *Soil Tillage Res.* 49: 29–35.
  26. Moreno, F., F. Pelegerin, J.E. Fernandez, and J.M. Murillo. 1997. Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain. *Soil Sci.* 119: 242-249.
  27. Ofori, C.S. 1993. The challenge of tillage development in African agriculture. In: *Soil tillage in Africa: needs and challenges.* FAO Soils Bulletin No. 69. Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome (Italy). Available at: <http://www.fao.org/docrep/T1696E/T1696E00.htm>
  28. Osanyinpeju, K.L. 2010. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage practices on Unaab soil. BSc Thesis, University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria. Available at: <http://www.unaab.edu.ng/ugprojects/2010bengosanyinpejukl.pdf>
  29. Page, A.L., Miller and R.H. Keeney DR (eds) (1992) *Methods of soil analysis. Part2. Chemical and microbiological properties,* 2nd edn. ASA/SSSA, Madison, Agron. Monog. 9, pp. 325–340
  30. Perumpral, J.V. 1987. Cone penetrometer applications: A review. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 30: 939-944.
  31. Pitkanen, J., and V. Nuutinen. 1998. Earthworm contribution to infiltration and surface runoff after 15 years of different soil management. *Appl. Soil Ecol.* 9: 411–415.
  32. Robison, L.R. and C.R. Fenster. 1968. Influence of Tillage Practices on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Yields. *Agron. J.* 60(1): 53-55.
  33. Vervoort, R.W., S.M. Dabney, and M.J. Roinkens. 2001. Tillage and row position effects on water and solute infiltration characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1227-1234.
  34. Wuest, S.B. 2001. Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dryland

- pea-wheat rotation. *Applied Soil Ecology* 18: 187–192.
35. Wuest, S.B., J. Williams, and T. Johkle. 2006. Effects of Tillage on Water infiltration. Dryland Agricultural Research Annual Report. Oregon Agric. Exp. Sta. Special Report 1068. Available at:  
<http://extension.oregonstate.edu/catalog/html/sr/sr1068-e/012.pdf>