

The Effect of Different Tillage Methods on Soil Moisture and Temperature and Yield of Different Chickpea Cultivars in Rainfed Lands

Victoria Ramezani ¹, Hamidreza Chaghazardi ², Ali Beheshti Ale Agha ³, Danial Kahrizi ⁴, Reza Haqparast ⁵

(Received: December, 2024 Accepted: April, 2025)

Abstract

To evaluate the effects of different tillage systems on soil physical properties and quantitative traits of different chickpea genotypes under rainfed conditions in Dalahu region of Kermanshah province, an experiment was conducted as a split-plot arrangement based on randomized complete block design (RCBD) with three replications during the 2018–2019 cropping season. Tillage systems were assigned to the main plots, including conventional tillage, no-tillage, and reduced tillage, while 23 chickpea genotypes were assigned to the sub-plots. The results showed that soil physical properties (temperature and moisture content at 7.5 and 15 cm depth during flowering and grain filling stages), the length of the main branch, and chickpea yield and its components were significantly affected by tillage system, genotype, and their interaction. At the flowering stage and at a soil depth of 7.5 cm, the soil temperature in the reduced tillage system was 8.83 °C higher than in the no tillage system. During flowering (25.11 °C) and grain filling (28.87 °C) at a depth of 15 cm, the highest soil temperature was observed in the conventional tillage system. The number of pods per plant was higher in the no-tillage and reduced tillage systems than in the conventional tillage system. The Azkan genotype produced the highest number of pods per plant under no-till conditions (31.30). The Aras and Uzbekistan 1 genotypes had the highest 100-seed weight under no-till conditions (40.35 and 40.32 g). Chickpea seed yield was higher under conservation tillage systems, especially under reduced tillage system. The highest grain yield (844.70 kg ha) was obtained with the Flip 09-7 genotype under reduced tillage conditions. In addition, the different genotypes responded differently to the tillage systems, with specific genotypes performing better under no-tillage and reduced tillage conditions. These results suggest that conservation tillage systems can better retain soil moisture and increase chickpea yield in rainfed areas.

Keywords: Legumes, Plant Residues, Soil Moisture, Soil Temperature, Sustainable Agriculture.

Ramezani V., Chaghazardi H., Beheshti Ale Agha A., Kahrizi D. and Haqparast R. 2025. The effect of different tillage methods on soil moisture and temperature and yield of different chickpea cultivars in rainfed lands. *Applied Soil Research*, 13(2): 65-82.

1- Graduated MSc Student, Ecology (Agroecology), Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran.

4- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

5-Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute, Sararood Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kermanshah, Iran.

* Corresponding Author Email: h.chaghazardi@razi.ac.ir

تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رطوبت و دمای خاک و عملکرد ارقام مختلف نخود در اراضی دیم

ویکتوریا رمضانی^۱، حمیدرضا چقازردی^{۲*}، علی بهشتی آل آقا^۳، دانیال کهریزی^۴، رضا حق‌پرست^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک و صفات کمی ارقام مختلف نخود در اراضی دیم منطقه دالاهوی استان کرمانشاه، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ اجرا گردید. سیستم‌های خاک‌ورزی (خاک‌ورزی مرسوم، بی خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کاهشی) به عنوان کرت‌های اصلی و ۲۳ ژنوتیپ نخود به عنوان کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد خصوصیات فیزیکی خاک (دما و درصد رطوبت در اعماق ۷/۵ و ۱۵ سانتیمتر در مراحل گلدهی و پر شدن دانه)، طول شاخه اصلی نخود، عملکرد و اجزای عملکرد و نخود به طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی، ژنوتیپ و اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ قرار گرفتند. در مرحله گلدهی در عمق ۷/۵ سانتیمتری دمای خاک در خاک‌ورزی کاهشی نسبت به سیستم بی خاک‌ورزی ۸/۸۳ درصد بیشتر بود. در مراحل گلدهی (۲۵/۱۱ درجه سانتی‌گراد) و پر شدن دانه (۲۸/۸۷ درجه سانتی‌گراد) در عمق ۱۵ سانتیمتری دمای خاک در خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از دیگر سیستم‌های خاک‌ورزی بود. تعداد غلاف در بوته‌های نخود در سیستم‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. ژنوتیپ Azkan در سیستم بی خاک‌ورزی بیشترین تعداد غلاف در بوته (۳۱/۳۰) را داشت. ژنوتیپ‌های Aras و Uzbekistan 1 در سیستم بی خاک‌ورزی بیشترین وزن صد دانه نخود (۴۰/۳۵ و ۴۰/۳۲ گرم) را داشتند. عملکرد دانه نخود در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه در سیستم خاک‌ورزی کاهشی بیشتر بود. بیشترین عملکرد دانه نخود (۸۴۴/۷۰ کیلوگرم در هکتار) در ژنوتیپ Flip 09-7 و در شرایط خاک‌ورزی کاهشی به دست آمد. ژنوتیپ‌های مختلف نیز واکنش متفاوتی به سیستم‌های خاک‌ورزی نشان دادند، به طوری که برخی ژنوتیپ‌ها در شرایط بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی عملکرد بهتری داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توانند به حفظ رطوبت خاک و بهبود عملکرد نخود در مناطق دیم کمک کنند.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، حبوبات، دمای خاک، رطوبت خاک، کشاورزی پایدار.

رمضانی و، چقازردی ح، بهشتی آل آقا ع، کهریزی د، حق‌پرست ر. ۱۴۰۴. بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد ارقام مختلف نخود در اراضی دیم. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۳. شماره ۲. صفحه: ۶۵-۸۲.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه اکولوژیک (اگرواکولوژی)، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (مکاتبه کننده)

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۴- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۵- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، ایستگاه سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

*پست الکترونیک: h.chaghazardi@razi.ac.ir

مقدمه

نخود در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی، از نواحی نیمه گرمسیری شبه‌قاره هند و شمال شرقی استرالیا تا حوزه مدیترانه، غرب آسیا، شمال آفریقا و جنوب و جنوب غربی اروپا کشت می‌شود. بیشترین پراکنش نخود در نیمکره شمالی و بیشتر بین مدار ۲۰ و ۴۰ درجه عرض شمالی می‌باشد (Majnoun Hosseini et al., 2021). نخود دارای دو تیپ زمستانه و تابستانه است. تیپ زمستانه آن دانه‌ریز است و به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود. تیپ تابستانه آن دانه‌درشت و به رنگ کرمی است. نخود قادر است در دامنه وسیعی از pH خاک (۶ تا ۹) رشد نماید ولی برای کشت در خاک‌هایی که pH خاک بیش از ۸/۵ دارند خیلی مناسب نیست. گیاه نخود به خاک‌های شور و قلیایی بسیار حساس است و نیازمند خاک‌های شنی و سبک با کمی آهک می‌باشد (Momenpour et al., 2023).

کشاورزی پایدار یک رویکرد بوم‌شناختی و کشاورزی است که هدف آن دستیابی به افزایش پایداری و سودآوری سیستم‌های کشاورزی از طریق استفاده از سه اصل به‌هم‌پیوسته حداقل اختلال خاک، پوشش دائمی خاک و تناوب‌های زراعی می‌باشد (Shrestha et al., 2020). از طریق این استراتژی‌ها، کشاورزی پایدار یک محیط مطلوب برای ریزوسفر، جهت جذب آب و مواد مغذی تضمین می‌کند (Kassam et al., 2009). کشاورزی پایدار می‌تواند بر تنوع عملکردی میکروب‌های خاک که برای بهبود کیفیت خاک، تولید محصولات زراعی و بسیاری از خدمات اکوسیستم ضروری است، تأثیرگذار باشد (Yadav et al., 2017). همچنین می‌تواند تأثیر منفی استفاده از دوزهای بالای کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات و علف‌کش‌ها را که باعث کاهش سلامت خاک شده‌اند، تعدیل کند (Pretty & Bharucha, 2014).

نتایج تحقیقات در مورد کشاورزی پایدار در بسیاری از موارد بر دو اصل حداقل آشفستگی خاک و عدم خاک‌ورزی و حفظ بقایای محصول بر سطح خاک متمرکز شده است. سیستم‌های شخم مرسوم در ایران، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با اعمال خاک‌ورزی فشرده و متعدد، منجر به تخریب خاک و از بین رفتن حاصلخیزی و فقیر شدن خاک شده است (Behzad et al., 2017). انتخاب سیستم خاک‌ورزی به دلیل نبود راه‌حل یکسان برای همه شرایط اقلیمی اهمیت زیادی دارد و محاسن بعضی از سیستم‌های

خاک‌ورزی متناسب با شرایط منطقه تغییر می‌نماید (Chaghazardi et al., 2015; Ramezani et al., 2024). در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد محصول می‌تواند بیشتر، کمتر یا برابر خاک‌ورزی مرسوم باشد. این تفاوت‌ها به دلیل عوامل مختلفی ازجمله تناوب زراعی انتخاب شده، مدیریت زراعی، شرایط خاک، اقلیم و فصل کشت می‌باشد (Wozniak et al., 2015). نخود زراعی، اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تحت شرایط دیم کشت می‌شود و تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد برای آن محسوب می‌شود (Millan et al., 2006). عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد نخود در ایران دخالت دارند که می‌توان به عدم رعایت اصول زراعی از قبیل آماده‌سازی بستر بذر در شرایط دیم، عدم رعایت زمان کاشت مناسب و کنترل علف‌های هرز و آفات و عدم استفاده از ارقام متحمل به تنش‌های محیطی و بیماری‌های برق‌زدگی و پژمردگی فوژاریومی اشاره داشت (Fallahi et al., 2021).

خوان‌پایه و جلیلیان (Khanpaye & Jalilian, 2014) طی پژوهشی اثر سیستم‌های خاک‌ورزی را بر نخود دیم مورد بررسی قرار دادند و نتایج یافته‌های آن‌ها نشان داد تعداد برگ‌ها، تعداد شاخه‌های اصلی، ارتفاع گیاه، تعداد نیام‌های دودانه‌ای، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد گره به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی قرار گرفتند و بیشترین و کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب مربوط به سیستم خاک‌ورزی کاهشی و بی خاک‌ورزی بود. در مطالعه‌ای محققان نشان دادند بیشترین عملکرد دانه گندم در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی به دست آمد (Abasdokht et al., 2017). بر اساس بررسی‌های میرزاوند و همکاران (Mirzavand et al., 2018) بیشترین عملکرد دانه ذرت در سیستم کم خاک‌ورزی و حفظ بقایا حاصل شد که نسبت به سیستم بی خاک‌ورزی منجر به افزایش ۳۴ درصدی عملکرد محصول شد.

نتایج تحقیقی نشان داد که با استفاده از روش خاک‌ورزی مناسب برای کاشت نخود بهاره (گاواهن قلمی در پاییز+ خاک همزن و یا هرس بشقابی قبل از کاشت) می‌توان عملکرد نخود را در مقایسه با روش سنتی افزایش داد (Rahimzadeh et al., 2009). بیشتر خاک‌های کشاورزی به دلیل از دست دادن ماده آلی خاک ناشی از خاک‌ورزی

تأثیر قابل توجهی در کنترل فرسایش خاک، بهبود ساختار خاک از طریق حفظ خاکدانه‌ها، کاهش اکسیداسیون ماده آلی خاک، کاهش رواناب و افزایش بهره‌وری محصول دارد (Sithole *et al.*, 2019). در یک آزمایش مزرعه‌ای با مقادیر مختلف بقایای گیاهی در سیستم کشت ذرت-نخود تحت شرایط کشاورزی حفاظتی انجام دادند، نشان داد که کم‌ترین چگالی ظاهری، بیشترین رطوبت خاک و میزان نیتروژن، فسفر و کربن آلی قابل دسترس خاک در قطعاتی با ۶۰ و ۹۰ درصد بقایای گیاهی در مقایسه با قطعات فاقد بقایای گیاهی ثبت شد (Kumawat *et al.*, 2022).

زمانی که فرآیند پر شدن دانه نخود آغاز می‌شود، نیتروژن ذخیره شده در تمام بخش‌های رویشی گیاه به دانه منتقل می‌شود. کل نیتروژن تجمع یافته در دانه‌های نخود شامل ۳۰ درصد از برگ‌ها، ۲۰ درصد از دیواره غلاف‌ها، ۱۱ درصد از ریشه‌ها و ۱۰ درصد از ساقه‌ها می‌باشد (Upadhyaya *et al.*, 2011). مرحله پر شدن دانه در نخود اغلب با تنش خشکی همراه است و بیشترین مقدار انتقال نیتروژن به دانه از برگ‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین، سیستم‌های خاک‌ورزی کاهش یافته و بدون خاک‌ورزی احتمالاً می‌توانند با حفظ رطوبت بیشتر خاک، به ماندگاری بیشتر برگ‌ها کمک کنند (Nayak, 2010). خاک‌ورزی حفاظتی (حداقل خاک‌ورزی) و سیستم‌های کشت مخلوط، محتوای نیتروژن دانه در نخود را افزایش می‌دهند (Kumar *et al.*, 2022). در مورد تأثیر انواع مختلف خاک‌ورزی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان، محققان نتیجه گرفتند که بیشترین شاخص سطح برگ (LAI)، مدت ماندگاری سطح برگ (LAD) و ماده خشک دانه در سیستم خاک‌ورزی کاهش یافته به دست می‌آید. سیستم‌های خاک‌ورزی تأثیر قابل توجهی بر غلظت کلروفیل برگ‌ها دارند، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل برگ در گیاهان تحت سیستم بی خاک‌ورزی و کمترین میزان در سیستم خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شده است (Fiorentini *et al.*, 2024; Wasaya *et al.*, 2017). در یک آزمایش ۴ ساله بهبود قابل توجهی در عملکرد دانه نخود برای سیستم بی خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد (Piggin *et al.*, 2015). در سیستم بی خاک‌ورزی میزان نیتروژن در بخش‌های مختلف نخود در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی مرسوم افزایش داشت (Torabian *et al.*, 2019).

محدودیت زمانی برای پوسیدگی بقایای محصول قبلی،

آسیب‌پذیر شده‌اند. خاک‌ورزی کاهشی یا بی خاک‌ورزی تا حدی باعث افزایش سطح ماده آلی خاک، غنی‌سازی مواد مغذی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و کاهش هزینه‌های تولید با کاهش مصرف سوخت برای خاک‌ورزی مرسوم می‌شود (Shrestha *et al.*, 2020). ساختمان خاک تحت روش‌های خاک‌ورزی مرسوم تخریب می‌شود که باعث کاهش کیفیت خاک و عملکرد کمتر و ناپایدار محصول می‌گردد (Song *et al.*, 2019).

نتایج تحقیقی نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذر در تیمار خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از دو سیستم دیگر خاک‌ورزی بود. دلیل این امر، نرم‌تر بودن بستر در تیمار خاک‌ورزی مرسوم است که خروج گیاهچه از خاک را تسهیل می‌کند. همچنین، بیشترین تعداد غلاف در بوته در بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی در تیمار مرسوم مشاهده شد و در بین ارقام، رقم‌های هاشم و آرمان برتر بودند. بیشترین وزن هزار دانه از اثر متقابل رقم و خاک‌ورزی در تیمار بدون خاک‌ورزی و برای رقم هاشم به دست آمد. بیشترین مقدار عملکرد نیز مربوط به ارقام هاشم و آرمان در تیمار خاک‌ورزی حداقلی بود. از آنجایی که نخود گیاهی با رشد نامحدود است، با افزایش سایر اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه، عملکرد آن در تیمار خاک‌ورزی حداقل در ارقام هاشم و آرمان به بالاترین مقدار در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی رسید (Kiani *et al.*, 2017).

کاهش خاکدانه‌های بزرگ در خاک‌ورزی مرسوم منجر به اکسیداسیون کربن آلی محافظت شده در حفرات خاکدانه‌ها می‌شود. به هم خوردگی مکانیکی باعث کاهش پایداری ساختمان خاک، به‌ویژه ساختار خاکدانه‌های بزرگ، در انواع مختلف خاک و در شرایط مختلف می‌شود. همچنین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، در روش‌های بدون خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم است (Six *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2019).

در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی که از روش‌های بدون خاک‌ورزی یا حداقل خاک‌ورزی استفاده می‌شود، نیاز کمی برای آماده‌سازی زمین قبل از کاشت وجود دارد (Horowitz *et al.*, 2010). این امر می‌تواند به کاشت زود هنگام، جلوگیری از تنش گرمایی و حفظ رطوبت خاک کمک کند (Marongwe *et al.*, 2012). بر اساس تحقیقات پیشین، روش بدون خاک‌ورزی همراه با حفظ بقایای گیاهی

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد ارقام مختلف نخود در اراضی دیم شهرستان دالاهو، استان کرمانشاه، آزمایشی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه‌ای در روستای طلسم، شهرستان دالاهو و تحت نظر دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، اجرا شد. محل آزمایش در ارتفاع ۱۴۷۹ متری از سطح دریا و در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و ۳۴ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی قرار داشته و با متوسط بارندگی ۱۱۳.۹۷ میلی‌متر و متوسط دمای ۱۳/۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت.

تیمارهای آزمایشی شامل ۳ سیستم خاک‌ورزی مرسوم (شخم توسط گاواهن برگردان دار و کشت توسط خطی کار آسکه ساخت شرکت سازه کشت کاوه بوکان)، بی خاک‌ورزی (بدون شخم، کشت توسط دستگاه کشت مستقیم ۱۳ ردیفه ASKE2200 شرکت سازه کشت کاوه بوکان) و خاک‌ورزی کاهشی (شخم حفاظتی توسط پنجه غازی، کشت توسط خطی کار آسکه) در کرت‌های اصلی و ۲۳ ژنوتیپ نخود پاییزه دیم به عنوان کرت‌های فرعی بود. قبل از انجام کشت نمونه‌های مرکب به صورت تصادفی از خاک مزرعه تهیه شده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت با روش‌های علمی و تأیید شده (Estefan, 2013)، تعیین شدند (جدول ۱).

رطوبت بالای خاک و فرصت کم برای انجام عملیات کامل تهیه بستر بدر از دلایل اعمال سیستم‌های بی خاک‌ورزی در دیمزارها است (Triplett Jr & Dick, 2008). تقریباً نیمی از اراضی قابل کشت در ایران در شرایط دیم کشت می‌شوند. دیمزارهای ایران را محدودیت‌های شدیدی نظیر تنش‌های خشکی، سرما و گرم شدن ناگهانی هوا در فصل بهار تهدید می‌نماید. علاوه بر تنش خشکی که هر ساله با شدت‌های مختلف اتفاق می‌افتد، وقوع پدیده خشک‌سالی در برخی از سال‌ها موجب خسارت بسیار شدید به مزارع دیم حتی به میزان ۱۰۰ درصد می‌گردد. مدیریت زراعی در این شرایط باید به گونه‌ای باشد که مزارع در صورت بروز تنش‌های شدید خشکی و خشک‌سالی کمترین خسارت و در صورت وقوع ترسالی بیشترین توان تولید محصول را داشته باشند. هرچند موفقیت در زراعت دیم بستگی به نزولات جوی دارد اما کیفیت سیستم خاک‌ورزی و تهیه به موقع زمین‌های زراعی دیم و اعمال شیوه‌های صحیح کشت تأثیر بسیار عمده‌ای در بهبود وضعیت زراعت و در نتیجه افزایش تولید خواهد داشت. با توجه به کشت وسیع نخود در دیمزارهای استان کرمانشاه، (۱۴۸۱۶۲ هکتار نخود دیم (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۸)) و عدم مدیریت صحیح بقایای گیاهی توسط کشاورزان و اثرات نامطلوب سوزاندن بقایا بر محیط‌زیست و خاک، موجب شد تا برای مدیریت صحیح بقایا چاره‌اندیشی شود. این تحقیق با هدف بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی ویژگی‌های خاک و عملکرد ارقام مختلف نخود در اراضی دیم شهرستان دالاهو استان کرمانشاه صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت نخود

Table 1. Physical and chemical properties of soil before chickpea cultivation

Depth	clay	silt	sand	Soil texture	OC	N	K	Cu	Zn	Fe	Mn
cm	%				%		mg.kg ⁻¹				
0-30	20	30	50	Loam	0.97		460	1.42	0.68	11.2	9.6

تمامی مراحل کاشت، فاصله ردیف‌های کشت برابر با ۳۵ سانتی‌متر طبق استاندارد دستگاه بود. ۲۳ ژنوتیپ نخود از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود تهیه شد که شماره و نام آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

پس از کرت بندی (با ابعاد ۸۰ در ۳۳ متر برای هر بلوک) و مشخص کردن تیمارهای خاک‌ورزی، برای تیمار خاک‌ورزی حفاظتی با باقی گذاشتن ۳۰ درصد بقایای گیاهی بر روی سطح خاک، از روش برش عرضی خطی به روش آسودار و قاسمی (Asodar & Ghaseminejad- Raini, 2008) استفاده شد. به منظور افزایش دقت، این روش در هر کرت سه بار تکرار و میانگین اعداد محاسبه شد. در

جدول ۲- شماره و نام ۲۳ ژنوتیپ مختلف نخود

Table 2. Number and name of 23 different chickpea genotypes

Genotype number	Genotype name	Genotype number	Genotype name
1	Mansor	13	Flip 97-266
2	Adel	14	Saeed
3	Aras	15	Flip 86-6
4	Ata	16	Foreign market
5	Aksu	17	Flip 09-77
6	Ana	18	Lab Labi
7	Azad	19	Guksu
8	Uzbekistan 97149	20	Azkan
9	Flip 8517	21	Nusrat
10	Flip 86-5	22	Uzbekistan 1
11	Flip 09-289	23	raqi - Sanghar
12	Flip 09-7		

اندازه‌گیری طول شاخه اصلی نخود نیز از سطح خاک تا انتهای شاخه اصلی توسط متر اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری به‌عنوان طول شاخه اصلی در هر تیمار ثبت شد.

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه از اجزای عملکرد نخود مورد بررسی قرار گرفتند. جهت تعیین تعداد غلاف در بوته، بعد از سه بار انداختن کادر چوبی ۱ مترمربعی به‌صورت تصادفی، تعداد ۱۵ بوته از داخل کادر در هر کرت آزمایشی انتخاب شده و تعداد غلاف‌های هر بوته به‌صورت مجزا شمارش شده با محاسبه میانگین، تعداد غلاف در بوته به دست آمد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در بوته از نمونه‌های جدا شده برای اندازه‌گیری صفت تعداد غلاف در بوته استفاده شده و دانه‌های هر بوته به‌صورت جداگانه شمارش شده و بعد از محاسبه میانگین، تعداد دانه در بوته یادداشت شد. برای وزن صد دانه نخود نیز پنج نمونه صدتایی انتخاب و بعد از میانگین‌گیری به‌عنوان وزن صد دانه ثبت گردید. برای عملکرد دانه نخود، دانه‌های هر غلاف جدا و پس از توزین و میانگین‌گیری به‌عنوان عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس تیمارها با استفاده از آزمون لون به کمک نرم‌افزار SPSS 27، در سطح ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت. سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شدند.

قبل از کشت بذور ژنوتیپ‌های مختلف نخود با استفاده از سم مانکوزب به نسبت ۲ در ۱۰۰۰ ضدعفونی شدند. میزان مصرف بذر نخود در سیستم‌های خاک‌ورزی طبق توصیه کارشناسان مرکز تحقیقات دیم سرارود انجام شد. در کشت نخود پاییزه هیچ نوع کودی استفاده نشد. به‌منظور کنترل علف‌های هرز باریک برگ مزرعه نخود در مرحله سه تا پنج‌برگی علف هرز از علف‌کش گالانت سوپر به نسبت ۱ لیتر در هکتار استفاده شد. سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش پشت تراکتوری با ظرفیت ۱۲۰۰ لیتر انجام گردید. علف‌های هرز پهن‌برگ به روش سنتی و با دست در مرحله سه تا چهار برگی علف هرز وجین شدند. بارندگی مؤثر در تاریخ سوم و چهارم آبان ماه به میزان ۵۲ میلی‌متر رخ داد. دمای خاک در هر کرت و در اعماق صفر تا ۷/۵ و ۷/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر با استفاده از دماسنج دیجیتالی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه ۴ تا ۵ بار در ساعت ۱۳ تا ۱۴ ظهر اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری به‌عنوان دمای تیمار مورد نظر یادداشت شد. درصد رطوبت خاک در هر کرت و در اعماق صفر تا ۷/۵ و ۷/۵ تا ۱۵ سانتی‌متر، توسط دستگاه رطوبت‌سنج لوترون مدل Lutron pms-714 در مراحل گلدهی و پر شدن دانه ۴ تا ۵ بار در ساعت ۱۳ تا ۱۴ ظهر اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری به‌عنوان رطوبت تیمار مورد نظر ثبت گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک نخود جهت کاهش اثرات حاشیه‌ای دو خط کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و برای نمونه‌برداری مدنظر قرار نگرفت. در کرت‌ها، به‌وسیله کادر چوبی ۱ مترمربعی، از هر کرت آزمایشی سه نمونه مشخص، سپس به‌صورت تصادفی تعداد ۱۵ عدد از بوته‌های داخل کادر انتخاب شد. جهت

نتایج و بحث

پُر شدن دانه در عمق ۷/۵ و ۱۵ سانتی‌متر، بر دمای خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

دمای خاک

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و ژنوتیپ نخود در مرحله گلدهی و

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر خصوصیات فیزیکی خاک تحت کشت ارقام مختلف نخود

Table 3. Results of variance analysis of the effect of different tillage systems on the physical properties of soil under different chickpea cultivars

sources of variance	df	Mean square							
		Flowering stage				Grain filling stage			
		Soil temperature		Soil moisture		Soil temperature		Soil moisture	
		7.5 cm	15 cm	7.5 cm	15 cm	7.5 cm	15 cm	7.5 cm	15 cm
Block	2	0.84 ns	0.43 ns	6.15 ns	0.12 ns	2.20 ns	0.11 ns	3.40 ns	3.001 ns
Tillage	2	125.34 **	108.08 **	24.05 *	18.88 *	1.93 ns	41.72 **	32.66 **	27.87 **
Whole-plot error	4	14.41	0.37	2.90	2.63	1.16	1.33	1.46	1.30
Genotype	22	5.62 **	0.58 ns	2.73 ns	3.99 *	2.21 **	1.80 ns	0.92 *	1.10 ns
Tillage × Genotype	44	5.13 **	0.86 **	2.40 ns	4.90 **	1.94 **	1.60 **	0.91 **	0.93 **
Split-plot error	132	1.04	0.42	1.72	2.24	0.86	0.86	0.46	0.75
Coefficient of variation (%)	-	3.50	2.67	12.55	10.76	2.72	3.32	22.18	10.80

**and * significant at 1% and 5% and ns, not significant respectively

(۲۲/۸۰ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد (جدول ۴). در زمان پُر شدن دانه، دمای خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی در عمق ۷/۵ سانتی‌متری تغییر معنی‌داری نشان نداد؛ اما در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک‌ورزی مرسوم بیشترین دما (۲۸/۸۷ درجه سانتی‌گراد) را در خود نگه داشت و روش خاک‌ورزی کاهشی، کمترین دما (۲۷/۴۰ درجه سانتی‌گراد) را نشان داد (جدول ۴).

اثر روش‌های خاک‌ورزی بر تغییر دمای خاک در زمان گلدهی نشان می‌دهد دمای خاک در عمق ۷/۵ سانتی‌متر در روش خاک‌ورزی کاهشی بالاترین دمای خاک (۳۰/۲۰ درجه سانتی‌گراد) را داشت که تفاوت معنی‌داری با خاک‌ورزی مرسوم نداشت. کمترین دمای خاک (۲۷/۷۵ درجه سانتی‌گراد) نیز مربوط به بی خاک‌ورزی بود. در عمق ۱۵ سانتی‌متر نیز در روش خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی کاهشی، بالاترین دما و در بی خاک‌ورزی کمترین دما

جدول ۴- مقایسه میانگین تغییرات دما و رطوبت خاک تحت سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی در زمان گلدهی و پُر شدن دانه در عمق-های ۷/۵ و ۱۵ سانتی‌متر

Table 4 . Comparison of average changes in soil temperature and moisture under different tillage systems during flowering and grain filling at depths of 7.5 and 15 cm.

Tillage systems	Flowering stage				Grain filling stage			
	Soil temperature (°C)		Soil moisture (%)		Soil temperature (°C)		Soil moisture (%)	
	7.5 cm	15 cm	7.5 cm	15 cm	15 cm	7.5 cm	15 cm	7.5 cm
Conventional tillage	29.96 ab	25.11 a	9.97 b	13.68 b	28.87 a	2.81 b	8.02 ab	2.81 b
No-tillage	27.75 b	22.80 b	11.11 a	14.51 a	27.72 ab	3.85 a	8.67 a	3.85 a
Reduced tillage	30.20 a	24.80 a	10.27 ab	13.54 b	27.40 b	2.55 b	7.40 b	2.55 b

Different letters in each column show a significant difference by the LSD test at the 5% probability level.

اختصاص دادند و ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۴ کمترین دمای خاک (۳۳/۲۶ درجه سانتی‌گراد) را نشان دادند (جدول ۵). افزایش دمای خاک در مرحله پُر شدن دانه در عمق ۷/۵ سانتی‌متر در ژنوتیپ‌های مذکور می‌تواند به دلیل طول شاخه اصلی و حجم کانوپی کمتر این ارقام باشد زیرا با برخورد بیشتر تشعشع خورشید به خاک، عمق ۷/۵

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در مرحله گلدهی در عمق ۷/۵ سانتی‌متری، ژنوتیپ‌های ۲۳، ۱۹ و ۱۱ بیشترین دمای خاک را داشتند و ژنوتیپ ۱ کمترین دمای خاک (۲۷/۵۱ درجه سانتی‌گراد) را نشان داد (جدول ۵). همچنین در مرحله پُر شدن دانه در عمق ۷/۵ سانتی‌متری، ژنوتیپ‌های ۴، ۱۲ و ۶ بیشترین دمای خاک را به خود

در خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از خاک‌ورزی حفاظتی به‌خصوص روش بی خاک‌ورزی بود. بر اساس بررسی‌هایی دیگر محققین نیز دمای خاک در خاک‌ورزی حفاظتی کمتر از خاک‌ورزی مرسوم بود (Bogužas *et al.*, 2018) که با نتایج حاصل از این بررسی هم‌خوانی دارد. یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر روند حرارتی خاک، خاک‌ورزی و پوشش سطح خاک با محصولات مختلف یا بقایای آن‌ها است (Buragienė *et al.*, 2015). به نظر می‌رسد در روش‌های خاک‌ورزی، منافذ بیشتری در خاک ایجاد می‌شود که از این طریق درجه حرارت محیط به‌سرعت به داخل خاک منتقل می‌شود؛ اما در روش‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی، وجود بقایا روی سطح خاک تا حدودی گرم شدن لایه سطحی را مهار می‌کند و هنگامی که دما پایین می‌آید برعکس اجازه نمی‌دهد خاک به‌سرعت خنک شود (Kaisi & Yin, 2005). همچنین طبق نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر در هر سه روش خاک‌ورزی با افزایش عمق دما کاهش یافت. همچنین دمای خاک، در هر سه روش خاک‌ورزی در هر دو عمق (۷/۵ و ۱۵ سانتی‌متری) در زمان پر شدن دانه بیشتر از زمان گلدهی بود که این می‌تواند به دلیل افزایش دمای هوای در زمان پر شدن دانه و جذب بیشتر آن توسط خاک بوده باشد.

سانتیمتری این ژنوتیپ‌ها گرم‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها هستند (جدول ۵).

نتایج اثر متقابل نشان داد در زمان گل‌دهی، بیشترین دمای خاک در عمق ۷/۵ سانتی‌متری، در ژنوتیپ شماره ۱۰ و در خاک‌ورزی کاهشی به میزان ۳۲/۵۷ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۶). همچنین در عمق ۱۵ سانتیمتری، ژنوتیپ ۱۴ بیشترین دمای خاک (۲۶/۱۰) درجه سانتی‌گراد را در خاک‌ورزی مرسوم داشت و ژنوتیپ ۱۳ در روش بی خاک‌ورزی کمترین دمای خاک (۲۲) درجه سانتی‌گراد را نشان داد (جدول ۶). نتایج اثر متقابل نشان داد در زمان پر شدن دانه، در عمق ۷/۵ سانتیمتر، ژنوتیپ ۲ در روش خاک‌ورزی مرسوم بیشترین دمای خاک (۳۶/۳۷) درجه سانتی‌گراد را به خود اختصاص داد و ژنوتیپ ۱۶ در روش خاک‌ورزی مرسوم کمترین دمای خاک (۳۱/۸۳) درجه سانتی‌گراد را داشت (جدول ۶). بیشترین دمای خاک در عمق ۱۵ سانتیمتری در ژنوتیپ ۹ و در روش خاک‌ورزی مرسوم به میزان ۲۹/۷۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین دمای خاک در این عمق در ژنوتیپ ۲۰ و در خاک‌ورزی مرسوم (۲۳/۸۳) درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (جدول ۶).

با توجه به نتایج پژوهش حاضر در هر دو زمان گلدهی و پر شدن دانه نخود، دما در هر دو عمق ۷/۵ و ۱۵ سانتیمتر

جدول ۵- مقایسه میانگین تغییرات دما و رطوبت خاک تحت کشت ارقام مختلف نخود در زمان گلدهی و پر شدن دانه در عمق‌های ۷/۵

و ۱۵ سانتیمتر

Table 5 . Comparison of average changes in soil temperature and moisture under different chickpea cultivars during flowering and grain filling at depths of 7.5 and 15 cm.

Genotype number	Flowering stage		Grain filling stage	
	Soil temperature (°C)	Soil moisture (%)	Soil temperature (°C)	Soil moisture (%)
	7.5 cm	15 cm	7.5 cm	7.5 cm
1	27.51 e	14.09 ab	33.76 ab	2.77 ab
2	27.94 de	12.63 ab	34.71 ab	3.24 ab
3	28.63 a-e	14.46 ab	33.78 ab	2.98 ab
4	28.32 c-d	13.94 ab	34.91 a	2.80 ab
5	28.68 a-e	14.26 ab	34.21 ab	3.09 ab
6	28.61 a-e	12.47 ab	34.86 a	3.60 a
7	28.42 b-e	13.03 ab	34.18 ab	3.27 ab
8	28.83 a-e	14.48 ab	33.99 ab	3.54 ab
9	29.90 a-c	13.08 ab	34.60 ab	3.09 ab
10	29.90 a-c	13.43 ab	34.22 ab	3.37 ab
11	30.16 a	14.50 ab	34.30 ab	3.48 a
12	29.54 a-d	13.67 ab	31.88 a	3.45 a
13	29.84 a-c	14.36 ab	33.94 ab	2.75 ab
14	30.01 ab	13.92 ab	33.26 b	3.15 ab
15	29.33 a-d	14.78 ab	34.71 ab	2.90 ab
16	30.02 ab	14.40 ab	33.26 b	2.55 ab
17	29.02 a-e	14.67 ab	34.26 ab	3.04 ab
18	29.38 a-d	13.96 ab	33.99 ab	3.34 ab

19	30.17 a	13.60 ab	34.16 ab	3.15 ab
20	30.00 ab	14.00 ab	34.11 ab	3.02 ab
21	29.86 a-c	13.41 ab	34.62 ab	2.35 b
22	29.70 a-c	14.94 a	33.43 ab	2.83 ab
23	30.22 a	13.88 ab	34.68 ab	2.90 ab

Different letters in each column show a significant difference by the LSD test at the 5% probability level.

روش‌های شخم با تغییر در ماده آلی، حجم خاک، تماس بین خاکدانه‌ها و محتوای آب، بر ظرفیت گرمایی و هدایت حرارتی خاک تأثیر می‌گذارند و در نتیجه بر پخش‌شدگی حرارتی خاک تأثیر می‌گذارند که این امر دمای خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در خاک‌ورزی مرسوم، دمای خاک

ناپایدار است زیرا زمین بدون پوشش باقی می‌ماند. تحت تابش خورشیدی، دمای سطح خاک به‌سرعت افزایش می‌یابد که این امر تبخیر آب را تسریع کرده و در نهایت بر رشد و توسعه محصولات تأثیر می‌گذارد (Wang et al., 2022).

جدول ۶- مقایسه میانگین تغییرات دما و رطوبت خاک تحت کشت ارقام مختلف نخود در زمان گلدهی و پر شدن دانه در عمق‌های ۷/۵ و ۱۵ سانتیمتر در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی

Table 6. Comparison of average changes in soil temperature and moisture under different chickpea cultivars during flowering and grain filling at depths of 7.5 and 15 cm in different tillage systems

Tillage systems	Genotype number	Flowering stage			Grain filling stage		
		Soil temperature (°C)		Soil moisture (%)	Soil temperature (°C)		Soil moisture (%)
		7.5 cm	15 cm	15 cm	7.5 cm	15 cm	7.5 cm
Conventional tillage	1	27.47	24.47	14.50	34.37	28.70	1.87
	2	29.63	24.83	13.27	36.37	28.70	2.10
	3	30.53	25.13	13.33	33.00	29.43	2.67
	4	30.37	25.27	15.63	35.27	29.40	2.43
	5	30.93	24.43	12.33	34.13	29.33	3.20
	6	30.13	24.50	13.20	36.00	29.20	3.83
	7	30.07	24.57	13.07	34.23	29.17	3.33
	8	31.37	24.37	16.73	33.50	29.47	3.43
	9	29.13	25.37	12.33	35.37	29.70	3.40
	10	29.37	25.63	14.50	33.67	28.87	2.93
	11	29.73	25.53	14.63	33.80	29.00	3.40
	12	29.00	25.10	13.30	35.07	28.67	3.43
	13	28.93	25.07	14.93	33.27	29.40	2.43
	14	30.47	26.10	13.77	33.07	29.37	3.07
	15	29.40	25.50	15.03	35.30	28.77	2.63
	16	29.83	25.23	13.90	31.83	28.50	2.50
	17	29.27	24.87	14.53	34.40	29.20	2.40
	18	29.23	25.00	12.57	35.13	29.20	3.30
	19	29.87	25.40	11.30	33.25	28.95	3.30
	20	31.30	25.80	12.67	35.93	23.83	3.23
	21	30.03	25.13	12.83	34.90	29.47	1.43
	22	31.47	25.50	14.00	33.30	28.83	2.40
	23	31.43	24.67	12.40	34.80	28.97	1.95
No-tillage	1	26.20	23.03	14.20	33.90	27.60	2.87
	2	25.40	22.10	12.67	34.03	27.40	3.57
	3	25.40	22.77	14.27	33.97	27.93	3.10
	4	25.47	23.03	12.43	35.10	28.60	3.33
	5	25.97	23.23	14.57	34.37	27.50	3.93
	6	26.10	23.00	12.30	34.67	27.47	4.15
	7	25.73	22.87	13.37	34.37	27.17	4.30
	8	25.23	23.10	13.40	33.93	28.53	4.43
	9	28.90	22.77	14.23	34.53	26.97	3.53
	10	27.73	22.53	12.37	34.30	27.83	4.43
	11	28.77	22.87	16.30	34.70	27.50	4.47
	12	27.67	22.40	15.17	34.97	27.70	4.73
	13	28.67	22.00	14.70	34.67	27.87	3.47

	14	28.40	22.20	15.47	32.57	27.67	3.83	8.53
	15	27.37	22.77	15.20	34.57	27.67	4.17	8.13
	16	29.50	22.93	15.77	34.53	27.67	3.37	8.17
	17	29.07	23.90	15.97	34.57	27.70	3.93	8.27
	18	29.43	22.57	14.13	32.43	28.50	3.77	8.83
	19	29.50	22.83	16.33	34.83	27.63	3.93	8.67
	20	29.50	23.23	14.87	33.57	27.60	3.40	9.10
	21	29.40	22.53	15.43	34.93	27.90	3.43	10.07
	22	28.97	22.73	16.37	33.77	27.47	4.20	9.70
	23	29.97	23.00	14.20	34.67	27.67	4.30	9.27
Reduced tillage	1	28.87	24.60	13.57	33.00	27.33	3.57	7.97
	2	28.80	25.67	11.97	33.73	27.30	4.07	8.20
	3	29.97	24.43	15.77	34.37	27.47	3.17	7.23
	4	29.13	25.03	13.77	34.37	27.40	2.60	7.20
	5	29.13	25.43	15.87	34.13	27.80	2.13	8.83
	6	29.60	25.10	11.90	33.90	27.33	2.83	8.67
	7	29.47	24.53	12.67	33.93	27.37	2.17	8.23
	8	29.90	24.60	13.30	34.53	26.70	2.77	8.40
	9	31.63	25.03	12.77	33.90	27.30	2.33	6.93
	10	32.57	25.63	13.43	34.70	28.30	2.73	7.47
	11	31.97	25.70	12.57	34.40	27.43	2.57	7.07
	12	31.97	25.27	12.53	34.60	27.37	2.20	6.93
	13	31.93	24.93	13.43	33.90	27.30	2.37	7.40
	14	31.17	24.03	12.53	34.13	27.10	2.57	7.03
	15	31.23	24.97	14.10	34.25	28.23	1.90	6.90
	16	30.73	25.30	13.50	33.40	27.47	1.80	6.57
	17	28.73	23.57	13.50	33.80	27.03	2.80	6.90
	18	29.47	24.00	15.17	34.40	26.83	2.97	7.63
	19	31.13	24.37	13.17	34.40	27.73	2.23	6.70
	20	29.20	25.07	14.47	32.83	26.87	2.43	7.60
	21	30.13	24.70	11.97	34.03	26.90	2.20	6.80
	22	28.63	24.80	14.47	33.23	28.37	1.90	6.77
	23	29.27	23.50	15.03	34.57	27.17	2.47	6.83
	LSD	1.65	1.05	2.42	1.50	1.50	1.09	1.40
Different letters in each column show a significant difference by the LSD test at the 5% probability level.								

رطوبت خاک

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، رطوبت خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری در مرحله گلدهی و در عمق ۷/۵ و ۱۵ سانتی‌متری در مرحله پر شدن دانه تحت تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی و ژنوتیپ نخود قرار گرفت (جدول ۳). نتایج بررسی حاضر نشان می‌دهد در مراحل گلدهی و پر شدن دانه درصد رطوبت خاک با افزایش عمق از ۷/۵ به ۱۵ سانتیمتر افزایش داشت، همچنین درصد رطوبت سیستم‌های خاک‌ورزی در اعماق ۷/۵ و ۱۵ سانتیمتر در مرحله پر شدن دانه نسبت به مرحله گلدهی کاهش قابل توجهی داشت که این کاهش می‌تواند به افزایش دما در این بازه زمانی و تبخیر و تعرق از سطح خاک بوده باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، در مرحله گلدهی در عمق ۷/۵ سانتیمتر رطوبت خاک ۱/۱۴ درصد و در عمق ۱۵ سانتیمتر ۰/۸۳ درصد در سیستم بی

خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود (جدول ۴). در مرحله پر شدن دانه در عمق ۷/۵ سانتیمتر رطوبت خاک ۱/۰۷ درصد و در عمق ۱۵ سانتیمتر ۰/۶۵ درصد در سیستم بی خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بیشتر بود (جدول ۴). افزایش ذخیره آب خاک در خاک‌ورزی حفاظتی را می‌توان به کاهش تبخیر، نفوذ بیشتر و محافظت خاک از اثر بارندگی نسبت داد (Šarauskis et al., 2009). در بررسی‌های دیگر محققین نیز خاک‌ورزی حفاظتی نقش مثبت و مهمی در افزایش درصد رطوبت خاک داشت (Romanekas et al., 2015) که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

در مرحله گلدهی رطوبت خاک در عمق ۷/۵ سانتیمتر و در مرحله پر شدن دانه در عمق ۱۵ سانتیمتر تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده نگردید. در مرحله گلدهی در عمق ۱۵ سانتیمتر رطوبت خاک ژنوتیپ ۲۲ بیشترین مقدار

متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ، بیشترین طول شاخه اصلی (۴۵/۲۳ سانتیمتر) مربوط به ژنوتیپ ۲۰ در سیستم خاک‌ورزی کاهشی بود که تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. کمترین طول شاخه اصلی (۳۰/۲۴ سانتیمتر) نیز در ژنوتیپ ۱۰ در سیستم خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد (جدول ۸).

شیوه‌های خاک‌ورزی بر ساختار خاک، حفظ رطوبت، در دسترس بودن مواد مغذی و رشد ریشه تأثیر می‌گذارد و بر رشد شاخساره در نخود تأثیرگذار هستند. خاک‌ورزی فشرده می‌تواند باعث اختلال در خاکدانه‌ها شده و منجر به رشد ضعیف ریشه و جذب محدود مواد مغذی شود که ممکن است رشد شاخساره را محدود کند. افزایش تبخیر از خاک‌های کشت‌شده می‌تواند رطوبت خاک را کاهش دهد، به‌ویژه در مناطق خشک و تأثیر منفی بر افزایش طول ساقه می‌گذارد (Singh et al., 2022). برهمکنش بین شیوه‌های خاک‌ورزی و ژنوتیپ‌های نخود به‌طور قابل‌توجهی بر طول ساقه و عملکرد کلی گیاه تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی اغلب تحت خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل حفظ رطوبت بهتر خاک، عملکرد بهتری دارند که منجر به طولانی‌تر شدن ساقه‌ها و عملکرد بیشتر می‌شود. از سوی دیگر، ژنوتیپ‌های پر محصول معمولاً در خاک‌های حاصلخیز و خاک‌ورزی شده، رشد شدید شاخساره را نشان می‌دهند. با این حال، عملکرد آن‌ها ممکن است تحت خاک‌ورزی حفاظتی کاهش یابد، اگر آن‌ها با خاک‌های پوشیده از بقایا سازگار نباشند (Jat et al., 2012b; Ryan et al., 2008).

(۱۴/۹۴ درصد) را داشت (جدول ۵). در مرحله پر شدن دانه در عمق ۷/۵ سانتیمتر، ژنوتیپ‌های ۶، ۱۱ و ۱۲ بیشترین درصد رطوبت خاک را داشتند (جدول ۵). نتایج اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ نشان می‌دهد در مرحله گلدهی در عمق ۱۵ سانتیمتری ژنوتیپ ۸ در سیستم خاک‌ورزی مرسوم بیشترین رطوبت خاک (۱۶/۷۳ درصد) را داشت و ژنوتیپ ۱۹ در سیستم خاک‌ورزی مرسوم دارای کمترین رطوبت خاک (۱۱/۳۰ درصد) بود (جدول ۶). بر اساس نتایج اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ، در مرحله پر شدن دانه در عمق ۷/۵ سانتیمتری، ژنوتیپ ۱۲ در سیستم بی خاک‌ورزی بالاترین مقدار رطوبت (۴/۷۳ درصد) و ژنوتیپ ۲۱ در سیستم خاک‌ورزی مرسوم کمترین رطوبت خاک (۱/۴۳ درصد) را داشت (جدول ۶). بیشترین و کمترین مقدار رطوبت خاک به ترتیب در سیستم بی خاک‌ورزی و ژنوتیپ ۲۱ (۱۰/۰۷ درصد) و سیستم خاک‌ورزی کاهشی و ژنوتیپ ۱۶ (۶/۵۷ درصد) اندازه‌گیری شد (جدول ۶).

میزان رطوبت خاک یک عامل کلیدی در تعیین دسترسی گیاه به آب، فعالیت میکروبی و چرخه مواد مغذی است. سیستم خاک‌ورزی به‌طور مستقیم بر رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد، زیرا بر نفوذ آب، تبخیر و حفظ آب در خاک اثرگذار است. در سیستم خاک‌ورزی مرسوم، تجزیه خاکدانه‌ها و قرار گرفتن خاک در معرض اکسیژن و فعالیت‌های میکروبی، زبری سطح خاک و نرخ تبخیر را افزایش می‌دهد که این امر منجر به کاهش مقدار رطوبت خاک در لایه‌های سطحی می‌شود. اگرچه شخم در ابتدا می‌تواند نفوذ آب را بهبود بخشد، اما شخم مکرر ممکن است باعث فشردگی لایه‌های زیرین خاک شده و ظرفیت ذخیره‌سازی بلندمدت آب را کاهش دهد. خاک‌ورزی مرسوم اغلب منجر به توزیع ناهموار رطوبت می‌شود، به‌طوری‌که لایه‌های سطحی خشک‌تر و لایه‌های زیرین مرطوب‌تر می‌شوند. این عوامل موجب کاهش عملکرد در درازمدت می‌گردد (Blanco-Canqui & Ruis, 2018; Strudley et al., 2008).

طول شاخه اصلی نخود

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار طول شاخه اصلی در سطح احتمال یک درصد در سیستم‌های خاک‌ورزی، ژنوتیپ و اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ بود (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر طول شاخه اصلی، عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت کشت ارقام مختلف

Table 7. Results of analysis of variance of the effect of different tillage systems on the main shoot length, yield and yield components of chickpea under different cultivars

sources of variance	df	Mean square				
		shoot length	No. pods per plant	No. grain per plant	100-grain weight	Grain yield
Block	2	0.44 ns	11.38 ns	0.35 ns	1.37 ns	1311.25 ns
Tillage	2	34.38 **	253.38 *	12.35 **	45.98 **	18815.85 **
Whole-plot error	4	0.10	32.68	0.03	0.33	25.50
Genotype	22	52.74 **	64.67 **	80.92 **	84.94 **	70586.03 **
Tillage × Genotype	44	9.51 **	14.13 **	6.15 **	8.44 **	9639.26 **
Split-plot error	132	0.22	5.51	0.07	0.30	134.30
Coefficient of variation (%)	-	1.24	10.51	1.84	1.60	2.42

**and * significant at 1% and 5% and ns, not significant respectively

(جدول ۸). کیانی و همکاران (Kiani *et al.*, 2017) نشان

دادند که بین ژنوتیپ‌های مختلف نخود پاییزه تفاوت معنی‌داری در تعداد غلاف در بوته وجود دارد.

شیوه‌های خاک‌ورزی و انتخاب ژنوتیپ عوامل مهمی هستند که بر تعداد غلاف در بوته نخود و بهره‌وری کلی محصول تأثیر می‌گذارند. خاک‌ورزی حفاظتی و ژنوتیپ‌های مناسب می‌توانند تولید غلاف را با بهبود حفظ رطوبت خاک و در دسترس بودن مواد مغذی افزایش دهند (Jat *et al.*, 2012a)

تعداد غلاف در بوته نخود

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار سیستم‌های خاک‌ورزی و ژنوتیپ نخود بر تعداد غلاف در بوته نخود در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۷). تعداد غلاف در بوته‌های نخود در سیستم‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. ژنوتیپ ۲۰ در سیستم بی خاک‌ورزی بیشترین تعداد غلاف در بوته (۳۱/۳۰) را داشت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۳/۴۳) نیز در ژنوتیپ ۱ در شرایط خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد

جدول ۸- مقایسه میانگین طول شاخه اصلی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف نخود در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی
Table 8. Comparison of average main shoot length, yield and yield components of different chickpea cultivars in different tillage systems

Tillage systems	Genotype number	shoot length	No. pods per plant	No. grain per plant	100-grain weight	Grain yield
		(cm)	-	-	(g)	(kg.ha ⁻¹)
Conventional tillage	1	38	13.43	14.04	35.02	491.80
	2	36.01	14.08	14.92	28.93	431.60
	3	36.02	17.11	11.01	40.07	441.20
	4	40.03	17.50	13.10	33.96	445.00
	5	36.01	17.59	16.03	38.10	610.60
	6	39.01	16.30	13.16	37.07	487.60
	7	31.2	22.61	15.21	30.90	470.00
	8	39.79	17.11	15.04	31.02	466.70
	9	36.17	19.01	15.96	28.18	449.60
	10	30.24	20.84	16.25	27.92	453.70
	11	36.91	18.84	13.08	33.08	432.70
	12	36.34	24.35	20.83	32.82	683.70
	13	36.97	25.01	11.30	32.78	370.40
	14	37.93	19.90	18.03	31.87	574.60
	15	40.21	21.60	7.27	36.00	261.90
	16	40.87	23.62	13.16	35.74	470.20
	17	37.91	19.20	18.16	32.93	598.10

	18	35.34	20.84	11.25	35.82	403.10
	19	40.11	24.50	13.12	35.93	471.40
	20	41.83	23.07	10.42	34.22	356.60
	21	40.15	25.03	12.09	35.09	424.20
	22	35.9	19.61	10.40	32.04	333.20
	23	34.88	24.16	13.08	32.93	430.80
No-tillage	1	39.97	18.23	13.10	38.28	501.30
	2	37.89	23.01	13.20	30.44	401.80
	3	38.81	23.40	13.30	40.35	536.50
	4	41.93	21.70	15.30	36.30	555.20
	5	36.09	25.01	16.34	39.33	642.70
	6	40.11	25.87	13.43	36.29	487.40
	7	36.9	29.30	12.35	33.37	412.00
	8	39.15	21.92	16.3	33.166	535.00
	9	36.8	19.60	16.32	29.43	480.20
	10	32.11	23.70	17.31	29.36	508.30
	11	39.04	21.55	13.36	33.37	445.70
	12	35.24	24.29	23.23	29.32	681.00
	13	41.09	25.41	12.37	33.41	413.20
	14	40.05	20.59	15.31	32.38	495.80
	15	39.88	24.70	6.34	35.29	223.80
	16	39.88	22.78	16.40	36.39	596.70
	17	41.11	18.62	15.18	35.36	536.60
	18	38.86	20.32	8.30	38.33	318.30
	19	36.92	24.07	13.23	35.36	467.80
	20	39.99	31.30	14.12	37.22	525.50
	21	39.34	29.05	12.39	35.21	436.30
	22	36.09	27.61	13.27	40.32	535.10
	23	39	29.33	14.11	36.33	512.70
Reduced tillage	1	41.12	19.40	13.87	38.87	497.70
	2	35.15	20.63	14.90	28.02	417.50
	3	36.13	20.33	12.04	36.00	433.30
	4	42.9	18.71	13.05	35.94	469.10
	5	35.02	19.60	14.14	38.16	539.60
	6	42.11	23.01	14.96	37.90	566.70
	7	33.19	24.86	16.01	26.12	418.40
	8	38.19	20.41	16.07	31.02	498.50
	9	40.14	20.73	18.10	24.30	439.70
	10	33.29	25.90	17.07	32.01	456.30
	11	42.12	22.75	17.00	32.35	548.30
	12	38.21	28.06	26.10	32.37	844.70
	13	40.08	23.33	13.10	34.04	445.80
	14	40.37	24.04	16.18	32.22	521.20
	15	37.99	24.01	9.02	33.92	306.00
	16	40.14	25.36	14.06	35.33	496.80
	17	40.19	21.01	15.10	32.92	496.90
	18	38.27	22.04	9.11	36.22	330.00
	19	37.97	22.33	14.20	35.33	501.70
	20	45.23	23.60	12.03	35.26	424.10
	21	34.26	22.61	11.12	35.24	391.80
	22	39.25	25.37	16.01	39.31	629.20
	23	34.34	26.79	13.00	31.96	415.50
LSD		0.76	3.80	0.42	0.88	18.72

Different letters in each column show a significant difference by the LSD test at the 5% probability level.

تعداد دانه در بوته نخود

کاهشی بیشتر از سیستم‌های خاک‌ورزی دیگر بود. بیشتر

نتایج مقایسه میانگین اثر سیستم‌های خاک‌ورزی بر تعداد

بودن تعداد دانه در بوته در سیستم خاک‌ورزی کاهشی می-

دانه در بوته نشان داد که تعداد دانه در بوته در خاک‌ورزی

تواند تحت تأثیر دمای عمق ۷/۵ سانتیمتر و در سیستم بی- خاک‌ورزی تحت رطوبت در عمق ۱۵ سانتیمتر در مرحله گلدهی بوده باشد که با ایجاد شرایط مناسبی از نظر دما و رطوبت گرده‌افشانی و تولید دانه افزایش یافت. بعد از گرده- افشانی و تولید دانه، در مرحله پر شدن دانه رطوبت می‌تواند عاملی مؤثر در افزایش وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه باشد. نتایج اثر متقابل بر تعداد دانه در بوته نشان می‌دهد ژنوتیپ ۱۲ در سیستم خاک‌ورزی کاهشی بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۶/۱۰) را داشت که دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم، بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی بود. کمترین تعداد دانه در بوته (۶/۳۴) نیز مربوط به ژنوتیپ ۱۵ در سیستم بی خاک‌ورزی بود که دارای تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها بود (جدول ۸).

وزن صد دانه نخود

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که وزن صد دانه در سیستم بی خاک‌ورزی بیشتر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های ۳ و ۲۲ در سیستم بی خاک‌ورزی بیشترین وزن صد دانه نخود (۴۰/۳۵ و ۴۰/۳۲ گرم) را داشتند. کمترین وزن صد دانه نخود (۲۴/۳۰ گرم) نیز در ژنوتیپ ۹ در سیستم خاک‌ورزی کاهشی مشاهده شد (جدول ۸). ژن‌های اندازه دانه نقش مهمی ایفا می‌کنند، زیرا برخی از ژنوتیپ‌ها از نظر ژنتیکی مستعد تولید دانه‌های بزرگ‌تر هستند که مستقیماً بر وزن صد نخود تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌توانند پر شدن بهتر بذر را در شرایط تنش رطوبتی حفظ کنند و در افزایش وزن بذر نقش داشته باشند. علاوه بر این، ژنوتیپ‌هایی با راندمان استفاده از مواد مغذی بالا می‌توانند منابع بیشتری را به توسعه بذر اختصاص دهند و وزن بذر را بیشتر افزایش دهند (Gathala et al., 2013; Jat et al., 2012a; Kumar et al., 2022).

عملکرد دانه نخود

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی، ژنوتیپ و اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان می‌دهد بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به خاک‌ورزی حفاظتی بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی در ژنوتیپ بیشترین مقدار عملکرد دانه نخود (۸۴۴/۷)

کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ ۱۲ در سیستم خاک‌ورزی کاهشی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها در سیستم‌های خاک‌ورزی داشت. کمترین عملکرد دانه (۲۲۳/۸ کیلوگرم در هکتار) نیز در ژنوتیپ ۱۵ در شرایط بی خاک‌ورزی مشاهده شد (جدول ۸). در بررسی‌های محققین عملکرد دانه در سیستم بی خاک‌ورزی افزایش داشت و سیستم بی خاک‌ورزی را به‌عنوان روش مناسب در حفظ رطوبت در مناطق خشک دانستند (Amato et al., 2013). در مطالعه‌ای دیگر محققین اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی را بر گیاه جو مورد بررسی قرار دادند و نتایج یافته‌های آن‌ها نشان داد در بی خاک‌ورزی عملکرد جو در مناطق خشک را افزایش داد (Wozniak et al., 2015).

مطالعات نشان داده‌اند که سیستم‌های بدون خاک‌ورزی می‌توانند عملکرد دانه نخود را در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهند. سیستم‌های بی خاک‌ورزی راندمان مصرف آب را افزایش می‌دهند و گیاهان نخود را قادر می‌سازند تا آب را به‌طور مؤثرتری استفاده کنند که باعث رشد بهتر و عملکرد بیشتر می‌شود. علاوه بر این، خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش مواد آلی و فعالیت میکروبی خاک می‌شود و در دسترس بودن مواد مغذی برای جذب محصول را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، سیستم‌های بی خاک‌ورزی با حفظ ساختار خاک و حفظ پوشش باقیمانده، حفاظت از خاک سطحی و حاصلخیزی آن و کمک به بهره‌وری کشاورزی پایدار، فرسایش خاک را کاهش می‌دهند (Gathala et al., 2013; Jat et al., 2012b). در مطالعه حاضر نیز خاک‌ورزی حفاظتی موجب افزایش رطوبت و دمای در خاک شده که به‌موجب این عوامل شرایط رشد بهینه محصول افزایش یافته است که موجب افزایش عملکرد شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی خاک‌ورزی و کاهشی) به‌طور معنی‌داری بر دمای خاک، رطوبت خاک و عملکرد نخود تأثیرگذار بودند. در سیستم‌های بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی، رطوبت خاک به‌طور قابل‌توجهی بیشتر بود، درحالی‌که دمای خاک در سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم بالاتر بود. همچنین،

عملکرد دانه نخود در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه در سیستم خاک‌ورزی کاهشی بیشتر بود. ژنوتیپ‌های مختلف نیز واکنش متفاوتی به سیستم‌های خاک‌ورزی نشان دادند، به‌طوری‌که برخی ژنوتیپ‌ها در شرایط بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی عملکرد بهتری داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توانند به حفظ رطوبت خاک و بهبود عملکرد نخود در مناطق دیم کمک کنند. بیشترین طول شاخه اصلی و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته نخود مربوط به کشت در سیستم بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کاهشی

بود و بیشترین وزن صد دانه در سیستم بی خاک‌ورزی مشاهده گردید. بیشترین عملکرد دانه نخود (۸۴۴/۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ Flip 09-7 (ژنوتیپ ۱۲) در شرایط خاک‌ورزی کاهشی بود. با توجه به نتایج کلی بین دما و رطوبت خاک همبستگی منفی وجود داشت و مقدار رطوبت در خاک‌ورزی حفاظتی به‌خصوص در سیستم بی خاک‌ورزی بالاترین مقدار را داشت. این می‌تواند اهمیت بقایا را در سطح خاک در حفظ رطوبت در مناطق دیم اثبات کند.

References

- Abasdokht H., Falah heravi A., Zare FeizAbadi A., and Gholami A. 2017. Effect of conventional and conservation tillage with management residue on some of soil physicochemical properties in wheat. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48, 841-851. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2017.129633.667274> (In Persian).
- Al - Kaisi M.M., and Yin X. 2005. Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn - soybean rotations. *Journal of Environmental Quality*, 34, 437-445. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0437>.
- Amato G., Ruisi P., Frenda A.S., Di Miceli G., Saia S., Plaia A., and Giambalvo D. 2013. Long - term tillage and crop sequence effects on wheat grain yield and quality. *Agronomy Journal*, 105, 1317-1327. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0019>.
- Asodar M., and Ghaseminejad-Raini M. 2008. Agricultural Machines. Shahid Chamran University Press, Ahvaz.
- Behzad M., Darbani Pur R., and Mirzazadeh A. 2017. Investigating the benefits of leaving vegetation on the soil surface in conservation tillage, The First National Conference on Agriculture, Natural Resources and Veterinary Medicine.
- Blanco-Canqui H., and Ruis S.J. 2018. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*, 326, 164-200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>.
- Bogužas V., Sinkevičienė A., Romaneckas K., Steponavičienė V., Skinulienė L., and Butkevičienė L.-M. 2018. The impact of tillage intensity and meteorological conditions on soil temperature, moisture content and CO₂ efflux in maize and spring barley cultivation. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105, 307-314. <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.039>.
- Buragienė S., Šarauskis E., Romaneckas K., Sasnauskienė J., Masilionytė L., and Kriauciūnienė Z. 2015. Experimental analysis of CO₂ emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania. *Science of the Total Environment*, 514, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.090>.
- Chaghazardi H.R., Jahnsuz M.R., Ahmadi A., and Gorji M. 2015. Effects of different tillage methods on bread wheat and chickpea yield, yield components and soil physical properties under rainfed conditions in Kermanshah. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 46, 687-698. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2015.56816> (In Persian).
- Estefan G. 2013. Methods of soil, plant, and water analysis: a manual for the West Asia and North Africa region. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Fallahi A., Ahmadvand G., Mondani F., and Aliverdi A. 2021. Response of yield and yield compounds of rain-fed chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to plant density and weed interference. *Iranian Journal Pulses Research*, 12, 41-57. <https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i1.74983> (In Persian).
- Fiorentini M., Orsini R., Zenobi S., Francioni M., Rivosecchi C., Bianchini M., di Tella B., D'Ottavio P., Ledda L., and Santilocchi R. 2024. Soil tillage reduction as a climate change mitigation strategy in Mediterranean cereal - based cropping systems. *Soil Use and Management*, 40, e13050. <https://doi.org/10.1111/sum.13050>.
- Gathala M.K., Kumar V., Sharma P., Saharawat Y.S., Jat H., Singh M., Kumar A., Jat M., Humphreys E., and Sharma D. 2013. Optimizing intensive cereal-based cropping systems addressing current and future drivers of agricultural change in the northwestern Indo-Gangetic Plains of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 177, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.002>.
- Horowitz J.K., Ebel R.M., and Ueda K. 2010. No-till farming is a growing practice, Economic Information Bulletin Number 70, p. 22.
- Jat R.A., Wani S.P., and Sahrawat K.L. 2012a. Chapter Four - Conservation Agriculture in the Semi-Arid Tropics: Prospects and Problems, In: Sparks D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 191-273.
- Jat R.A., Wani S.P., and Sahrawat K.L. 2012b. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems. *Advances in Agronomy*, 117, 191-273. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394278-4.00004-0>.

- Kassam A., Friedrich T., Shaxson F., and Pretty J. 2009. The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7, 292-320. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0477>.
- Khanpaye E., and Jalilian J. 2014. Effect of different tillage systems and seed priming on some morphological characteristics and yield of dryland chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Research in Field Crops*, 1, 33-46.
- Kiani M., Jahansouz M.r., and Ahmadi A. 2017. The effect of different tillage methods on yield and growth characteristics of some autumnal chickpea. *Journal of Crops Improvement*, 18, 977-985. <https://doi.org/10.22059/jci.2017.56547>.
- Kumar P., Kumar M., Kumar A., Gharsiram B.S., and Kumar S. 2022. Effect of conservation tillage and nutrient management on maize in maize-pigeon pea intercropping system. *The Pharma Innovation Journal*, 11, 1005-1010.
- Kumawat A., Vishwakarma A., Wanjari R., Sharma N., Yadav D., Kumar D., and Biswas A. 2022. Impact of levels of residue retention on soil properties under conservation agriculture in Vertisols of central India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 68, 368-382. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1836345>.
- Majnoun Hosseini N., Gholami M.B., Jahansouz M.R., Afshoon E., and Rabieian E. 2021. Effects of irrigation regime and plant density on some yield and ecological and physiological indications of chickpea (*Cicer arietinum* L). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52, 163-174. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.314020.654776> (In Persian).
- Marongwe L.S., Nyagumbo I., Kwazira K., Kassam A., and Friedrich T. 2012. Conservation agriculture and sustainable crop intensification: a Zimbabwe Case Study. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Italy, Rome.
- Millan T., Clarke H.J., Siddique K.H., Buhariwalla H.K., Gaur P.M., Kumar J., Gil J., Kahl G., and Winter P. 2006. Chickpea molecular breeding: new tools and concepts. *Euphytica*, 147, 81-103. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-4261-4>.
- Mirzavand J., Rafiee S., and Moradi-Talebbeigi R. 2018. Effect of Soil Tillage Methods and Wheat (*Triticum aestivum* L.) Residue on Weed Growth and Yield Response of Corn (*Zea mays* L.). *Weed Research Journal*, 10, 35-46.
- Momenpour S.E., Moghbel M., Bazgeer S., Abdullahi Kakroudi A., Mohammadi H., and Hosseini S.M. 2023. Statistical-geographical modeling for estimating the yield of rainfed chickpeas in its major cultivation areas in Kermanshah province. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 11, 191-214. 10.22092/idaj.2023.359139.377 (In Persian).
- Nayak S. 2010. Identification of QTLs and genes for drought tolerance using linkage mapping and association mapping approaches in chickpea (*Cicer arietinum*). Osmania University, Hyderabad, India.
- Piggin C., Haddad A., Khalil Y., Loss S., and Pala M. 2015. Effects of tillage and time of sowing on bread wheat, chickpea, barley and lentil grown in rotation in rainfed systems in Syria. *Field Crops Research*, 173, 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.12.014>.
- Pretty J., and Bharucha Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114, 1571-1596. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>.
- Rahimzadeh R., Malvajerdi A.S., and Javadi A. 2009. Effect of tillage method on chickpea yield in cold dryland conditions. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 10, 57-68.
- Ramezani V., chaghazardi h., Beheshti Ale Agha A., kahrizi d., and Haqparast R. 2024. The effect of different tillage systems on the physical characteristics of the soil and the quantitative traits of different wheat varieties of the dry lands of Dalahoo region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 34, 315-334. <https://doi.org/10.22034/saps.2023.54956.2972>.
- Romanekas K., Šarauskis E., Avižienytė D., Buragienė S., and Arney D. 2015. The main physical properties of planosol in maize (*Zea mays* L.) cultivation under different long-term reduced tillage practices in the Baltic region. *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 1309-1320. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60962-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60962-X).
- Ryan J., Singh M., and Pala M. 2008. Long - term cereal - based rotation trials in the Mediterranean region: Implications for cropping sustainability. *Advances in Agronomy*, 97, 273-319. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00007-7).

- Šarauskis E., Romanekas K., and Buragienė S. 2009. Impact of conventional and sustainable soil tillage and sowing technologies on physical-mechanical soil properties. *Environmental Research, Engineering and Management*, 49, 36-43.
- Shrestha J., Subedi S., Timsina K.P., Chaudhary A., Kandel M., and Tripathi S. 2020. Conservation agriculture as an approach towards sustainable crop production: A review. *Farming and Management*, 5, 7-15. <http://dx.doi.org/10.31830/2456-8724.2020.002>.
- Singh K.P., Meena V., Somasundaram J., Singh S., Dotaniya M.L., Das H., Singh O., and Srivastava A. 2022. Interactive effect of tillage and crop residue management on weed dynamics, root characteristics, crop productivity, profitability and nutrient uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Vertisol of Central India. *Plos one*, 17, e0279831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279831>.
- Sithole N.J., Magwaza L.S., and Thibaud G.R. 2019. Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions. *Soil and Tillage Research*, 190, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.004>.
- Six J., Elliott E.T., and Paustian K. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 2099-2103. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00179-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6).
- Song K., Zheng X., Lv W., Qin Q., Sun L., Zhang H., and Xue Y. 2019. Effects of tillage and straw return on water-stable aggregates, carbon stabilization and crop yield in an estuarine alluvial soil. *Scientific Reports*, 9, 4586. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40908-9>.
- Strudley M.W., Green T.R., and Ascough J.C. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil and Tillage Research*, 99, 4-48. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.01.007>.
- Torabian S., Farhangi-Abri S., and Denton M.D. 2019. Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review. *Soil and Tillage Research*, 185, 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>.
- Triplett Jr G.B., and Dick W.A. 2008. No - tillage crop production: A revolution in agriculture! *Agronomy Journal*, 100, 153-165. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0005c>.
- Upadhyaya H.D., Thudi M., Dronavalli N., Gujaria N., Singh S., Sharma S., and Varshney R.K. 2011. Genomic tools and germplasm diversity for chickpea improvement. *Plant Genetic Resources*, 9, 45-58. <https://doi.org/10.1017/S1479262110000468>.
- Wang M., Li D., Zhang M., Fu C., Jin X., Zhang Y., Huang B., and Ren C. 2022. Effects of Different Tillage Measures on Soil Temperature and Humidity and Photosynthetic Capacity of Soybean. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 3338395. <https://doi.org/10.1155/2022/3338395>.
- Wasaya A., Shahzad Shabir M., Hussain M., Ansar M., Aziz A., Hassan W., and Ahmad I. 2017. Foliar application of zinc and boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17, 33-45. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017005000003>.
- Wozniak A., Wesołowski M., and Soroka M. 2015. Effect of long-term reduced tillage on grain yield, grain quality and weed infestation of spring wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 899-908. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2015.17.4.3.0>.
- Yadav M., Parihar C., Kumar R., Yadav R., Jat S., Singh A., Ram H., Meena R., Singh M., and Meena V. 2017. Conservation agriculture and soil quality - an overview. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 1-28. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.080>