

Evaluation of Different Tillage Methods on Growth and Yield of Several Rainfed Autumn Lentil Cultivars in Kermanshah

Rauf Ghanbari¹, Gholamreza Mohammadi², HamidReza Chaghazardi^{3*}

¹ Msc. of Ecology (Agroecology), Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: hamidrezachaghazardi@yahoo.com

² Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran, Email: gr_mohammadi@razi.ac.ir

^{3*} Corresponding author, Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: h.chaghazardi@razi.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Full Paper

Background and Objectives: Legumes, particularly lentils, serve as the second most important food source for humans, playing a key role in providing protein and enhancing soil fertility. Given the challenges of climate change and declining water resources, optimizing tillage systems to improve rainfed lentil yield is essential. This study aimed to evaluate the effects of different tillage systems on the growth and yield of winter-sown rainfed lentil cultivars under dryland conditions in Kermanshah.

Article history:

Received: 2025-03-08

Accepted: 2025-06-23

Materials and Methods: A split-plot experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted at the Research Farm of Razi University, Kermanshah. Main plots consisted of three tillage systems (no-tillage, minimum tillage, and conventional tillage), while subplots included five lentil cultivars (Gachsaran, Bileh Swar, Sepehr, Kimia, and a local). Seeds were sown at a density of 80 Kg ha⁻¹. Each plot comprised five rows with 4.5-meter-long with 17 cm spacing and 50 cm between plots. The experimental field had been under conservation agriculture for the past three years, with previous crops being camelina, chickpea, and safflower under rainfed conditions. Weed control was performed manually twice during the growing season. Measured traits included plant height, leaf area index (LAI), grain and biological yield, harvest index, pods per plant, seeds per pod, ground cover, seed protein content, and phenological characteristics. Data normality (Kolmogorov-Smirnov test) and homogeneity of variances (Levene's test) were assessed at a 5% significance level using SPSS 25. Mean comparisons were conducted using LSD at a 5% probability level, and graphs were generated using Excel.

Keywords:

Conservation agriculture
Ground cover
Leaf area index
Legumes
Soil moisture

Results: Tillage systems significantly influenced lentil growth and yield. Minimum tillage, with an average grain yield of 898 Kg ha⁻¹ in the Bileh Swar cultivar, outperformed conventional tillage (805 Kg ha⁻¹) and no-tillage (710 Kg ha⁻¹). Minimum tillage also increased LAI by 15% and pods per plant by 20% compared to conventional tillage. Although conventional tillage enhanced ground cover by 10%, it required higher energy input and caused more significant soil

degradation. Although tillage methods did not affect qualitative traits (grain protein content and harvest index), significant differences were observed among the cultivars. Bileh Swar exhibited the highest seed protein content (27.2%) and harvest index (35.85%), while the local landrace had the lowest (23.4% protein and 30.62% harvest index). Phenological analysis revealed that minimum tillage extended the growth period by 7-10 days compared to conventional tillage, likely due to better soil moisture retention.

Conclusion: The findings demonstrate that minimum tillage, with advantages such as increased grain yield (12% on average), improved growth indices, and enhanced soil moisture conservation, is the superior system for rainfed lentil cultivation in Kermanshah. Additionally, the Bileh Swar cultivar, with its high quantitative and qualitative performance, was the most suitable for these conditions. These results provide a scientific basis for promoting sustainable lentil production in arid and semi-arid regions. Combining minimum tillage with high-yielding cultivars can reduce production costs while enhancing regional food security.

Cite this article: Ghanbari, R., Mohammadi, Gh.R., Chaghazardi, H.R. 2025. Evaluation of Different Tillage Methods on Growth and Yield of Several Rainfed Autumn Lentil Cultivars in Kermanshah. *Crop Production Journal*, 18 (2), 63-86.



© The Author(s).

DOI: [10.22069/ejcp.2025.23509.2672](https://doi.org/10.22069/ejcp.2025.23509.2672)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد چند رقم عدس دیم پاییزه در کرمانشاه

رئوف قنبری^۱، غلامرضا محمدی^۲، حمیدرضا چقازردی^{۳*}

^۱ کارشناسی ارشد رشته آگروتکنولوژی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: hamidrezachaghazardi@yahoo.com

^۲ دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: gr_mohammadi@razi.ac.ir

^۳ نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

رایانامه: h.chaghazardi@razi.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: حبوبات به‌ویژه عدس به‌عنوان دومین منبع مهم غذایی انسان، نقش کلیدی در تأمین پروتئین و بهبود حاصلخیزی خاک دارند. با توجه به چالش‌های تغییرات اقلیمی و کاهش منابع آب، بررسی روش‌های خاک‌ورزی بهینه برای تعدیل شرایط محیطی و افزایش عملکرد عدس دیم ضروری است. این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد ارقام عدس دیم پاییزه در شرایط دیم کرمانشاه انجام شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۹	مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر روش خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزا عملکرد عدس آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. کرت‌های اصلی در سه سطح شامل بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم عدس (گچساران، بیل‌سوار، سپهر، کیمیا و محلی) بودند. میزان مصرف بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. هر کرت شامل ۵ ردیف کاشت با طول ۴/۵ متر و فاصله ردیف ۱۷ سانتی‌متر بود. فاصله بین دو کرت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمین محل اجرای آزمایش در سه سال گذشته تحت کشت حفاظتی بوده و سه گیاه کاملینا، نخود و گلرنگ به‌صورت دیم در آن کشت شده بود. جهت بلوک‌ها به‌صورت شرقی-غربی عمود بر شیب زمین در نظر گرفته شد. وجین علف‌های هرز در طی فصل رشد دو بار (قبل و بعد از گلدهی) به‌صورت دستی انجام گرفت. ویژگی‌های ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام، پوشش سطح سبز مزرعه، پروتئین دانه و صفات فنولوژیک اندازه‌گیری شدند. 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 25، در سطح ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.
واژه‌های کلیدی: پوشش سبز حبوبات خاک‌ورزی حفاظتی رطوبت خاک شاخص سطح برگ	

یافته‌ها: نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد عدس داشتند. روش کم خاک‌ورزی با میانگین عملکرد دانه ۸۹۸ کیلوگرم در هکتار در رقم بیل‌سوار، نسبت به خاک‌ورزی مرسوم (۸۰۵ کیلوگرم در هکتار) و بی خاک‌ورزی (۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) برتری معنی‌داری نشان داد. روش کم خاک‌ورزی همچنین موجب افزایش ۱۵ درصدی شاخص سطح برگ و ۲۰ درصدی تعداد نیام در بوته نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم شد. از طرفی، خاک‌ورزی مرسوم منجر به افزایش ۱۰ درصدی پوشش سبز مزرعه گردید. اگرچه ویژگی‌های کیفی (درصد پروتئین و شاخص برداشت) تحت تأثیر روش خاک‌ورزی قرار نگرفتند، اما تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده شد. رقم بیل‌سوار با ۲۷/۲ درصد پروتئین و شاخص برداشت ۳۵/۸۵ درصد، بهترین عملکرد را نشان داد. درحالی‌که رقم محلی با ۲۳/۴۰ درصد پروتئین و شاخص برداشت ۳۰/۶۲ درصد در رتبه پایین‌تری قرار گرفت. بررسی صفات فنولوژیک نشان داد که روش کم خاک‌ورزی دوره رشد تا رسیدگی را ۷-۱۰ روز نسبت به روش مرسوم افزایش داد که این امر احتمالاً ناشی از حفظ بهتر رطوبت خاک در این روش بود.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش به روشنی نشان داد روش کم خاک‌ورزی با مزایای متعددی از جمله افزایش عملکرد دانه (به‌طور متوسط ۱۲ درصد)، بهبود شاخص‌های رشد و حفظ بهتر رطوبت خاک، گزینه برتر برای کشت عدس دیم در منطقه کرمانشاه محسوب می‌شود. همچنین، رقم بیل‌سوار با برتری در عملکرد کمی و کیفی، رقم مناسب برای کشت در این شرایط تشخیص داده شد. این نتایج می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای توسعه کشت پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور باشد. ترکیب روش کم خاک‌ورزی با ارقام پربازده می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های تولید، امنیت غذایی منطقه را نیز بهبود بخشد.

استناد: قنبری، رئوف؛ محمدی، غلامرضا؛ چقازردی، حمیدرضا. (۱۴۰۴). بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد چند رقم عدس دیم پاییزه در کرمانشاه. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۸ (۲)، ۸۶-۶۳.



© نویسندگان.

DOI:

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

حبوبات بعد از غلات دومین منبع غذایی بشر به حساب می‌آیند. میزان پروتئین حبوبات با میانگین ۱۸ تا ۳۲ درصد، ۲ تا ۳ برابر غلات است. ارزش پروتئین حبوبات مربوط به وجود اسیدهای آمینه ضروری است (۱). حبوبات یکی از منابع پروتئینی مهم برای انسان و دام بوده و نقش‌های مهمی در حاصلخیزی خاک، کاهش آفات و بیماری، شیوع علف‌های هرز در تناوب با سایر گیاهان زراعی ایفا می‌کنند (۲). حبوبات در اغلب کشورها در حال توسعه به عنوان مهم‌ترین منبع پروتئینی محسوب می‌شوند (۳). عدس با مقادیر بالای پروتئین، اسیدفولیک، آهن، کلسیم، فسفر، پتاسیم و ویتامین‌های گروه A و B از مهم‌ترین حبوبات به شمار می‌رود (۴). در چرخه تولید گیاهان زراعی، عملیات خاک‌ورزی بخش مهمی از سیستم تولید است و عملیات خاک‌ورزی صحیح می‌تواند بر بسیاری از محدودیت‌های خاک غلبه نماید ولی خاک‌ورزی نامناسب اثرات نامطلوبی همچون تخریب ساختمان خاک، برهم خوردن چرخه آب و عناصر غذایی را به دنبال خواهد داشت (۵). انجام عملیات خاک‌ورزی با بهبود تهویه و تخلخل خاک، نفوذپذیری خاک را نسبت به نزولات جوی و توسعه سیستم ریشه‌ای افزایش داده و در نهایت شرایط بهینه‌ای را برای رشد و نمو گیاه زراعی فراهم می‌کند (۶). با وجود این، اگر عملیات خاک‌ورزی در شرایط نامطلوب و یا با ادوات مناسبی انجام نشود موجب افزایش تراکم خاک و عدم نفوذ نزولات جوی در خاک و ایجاد رواناب و در نهایت فرسایش خاک خواهد شد. نتیجه فرسایش خاک نیز کاهش کیفیت و حاصلخیزی خاک و عملکرد کمی و کیفی محصول خواهد بود (۷). اجرای خاک‌ورزی شدید سبب می‌شود تجزیه مواد آلی خاک که نقش مؤثری در حفظ ساختمان خاک دارد افزایش

یافته و کاهش ماده آلی خاک موجب کاهش پایداری ساختمان خاک می‌شود (۸).

به کارگیری نظام بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش‌های مرسوم خاک‌ورزی در منطقه شمال شرقی اورگان، نقش چشمگیری در کاهش رواناب و فرسایش خاک داشته است. میزان رواناب و فرسایش در روش‌های سنتی خاک‌ورزی به ترتیب برابر با ۰/۵ سانتی‌متر و ۰/۴۸ تن در هکتار گزارش شد؛ در حالی که این مقادیر در روش بی‌خاک‌ورزی تنها به ۰/۰۸ سانتی‌متر رواناب و ۰/۰۱ تن در هکتار فرسایش کاهش یافت (۹). در تناوب چهار ساله گندم زمستانه - نخود بهار - گندم زمستانه - آیش، بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی باعث افزایش سطح پوشش زمین، افزایش نفوذ آب، کاهش رواناب و فرسایش خاک در مقایسه با روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی مانند خاک‌ورزی مالچی و گاوا آهن قلمی شد (۱۰).

تغییرات در ویژگی‌های کیفی خاک از جمله رطوبت می‌تواند دلیل محکمی در تفاوت عملکرد محصول در بین شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی باشد (۱۱). با این حال شناخت کمی درباره تأثیر سهم نسبی انواع روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد محصول وجود دارد (۱۲). به طور کلی، در انواع روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد دانه گیاه می‌تواند برابر یا بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم باشد؛ تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند ناشی از عوامل مختلف از جمله نوع تناوب زراعی، شرایط خاک، اقلیم و فصل کاشت باشد (۱۳؛ ۱۴). استفاده از روش‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی در کشور رومانی برای محصولاتی مانند گندم، ذرت و سویا نشان داد که اجرای این روش‌ها باعث بهبود عملکرد محصول، کیفیت دانه، خواص خاک، نفوذ آب و ترسیب کربن می‌شود (۱۵).

علیمحمدی و همکاران (۲۰۱۶) به منظور ارزیابی و تعیین مناسب‌ترین روش خاک‌ورزی برای کاشت

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد چند رقم عدس دیم پاییزه و همچنین تغییرات دمایی و رطوبتی خاک یک آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی در سه سطح شامل بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم عدس بود. ارقام عدس شامل: گچساران، بيله‌سوار، سپهر، کیمیا و محلی از مرکز تحقیقات کشاورزی استان لرستان تهیه شد.

این آزمایش در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (واقع در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا) در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. پس از آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری مرکب از خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک برای بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (۲۰) انجام شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایشی شامل سه روش: خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار)، بی خاک‌ورزی (بدون شخم و کشت با دستگاه کشت مستقیم ۱۳ ردیفه ASKE2200 شرکت سازه کشت کاوه بوکان) و کم خاک‌ورزی (شخم حفاظتی با شاخک سخت غلتک دار) در کرت‌های اصلی و ۵ رقم عدس دیم پاییزه (گچساران، بيله‌سوار، سپهر، کیمیا و محلی) به‌عنوان کرت‌های فرعی بودند. آمار هواشناسی در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

کاشت ارقام عدس پس از بارندگی مؤثر در تاریخ ۱۴۰۱/۰۹/۲۲ به‌صورت دیم انجام گرفت. در هر سه تیمار خاک‌ورزی، کشت دیم عدس با استفاده از دستگاه کشت مستقیم ۱۳ ردیفه و در عمق ۳ تا ۵ سانتیمتر انجام شد. میزان مصرف بذر ۸۰ کیلوگرم در

رقم محلی عدس دیم در منطقه ورزقان استان آذربایجان شرقی گزارش نمودند که روش‌های مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر ارتفاع اولین نیام از سطح خاک، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشتند. بیشترین عملکرد مربوط به استفاده از دستگاه بذر کار به میزان ۱۹۴ گرم در مترمربع و کمترین عملکرد مربوط به روش کشت سنتی به میزان ۱۰۲ گرم در مترمربع بود. در مجموع، روش کشت با بذرکار در مقایسه با سایر روش‌های کشت بالاترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد را در رقم محلی عدس دیم نشان داد (۱۶). بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی در تناوب‌های گندم-نخود در اراضی دیم شمال غرب کشور نشان داد که بالاترین عملکرد گندم و نخود به ترتیب در روش‌های کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی مشاهده می‌شود (۱۷). در اراضی دیم مناطق سردسیری کشور تفاوتی بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی مشاهده نشد اما بر خصوصیات فیزیکی خاک تأثیرگذار بود (۱۸). در بررسی عملکرد دانه نخود نتایج نشان داد کم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در افزایش عملکرد دانه مؤثرتر واقع شد (۱۹).

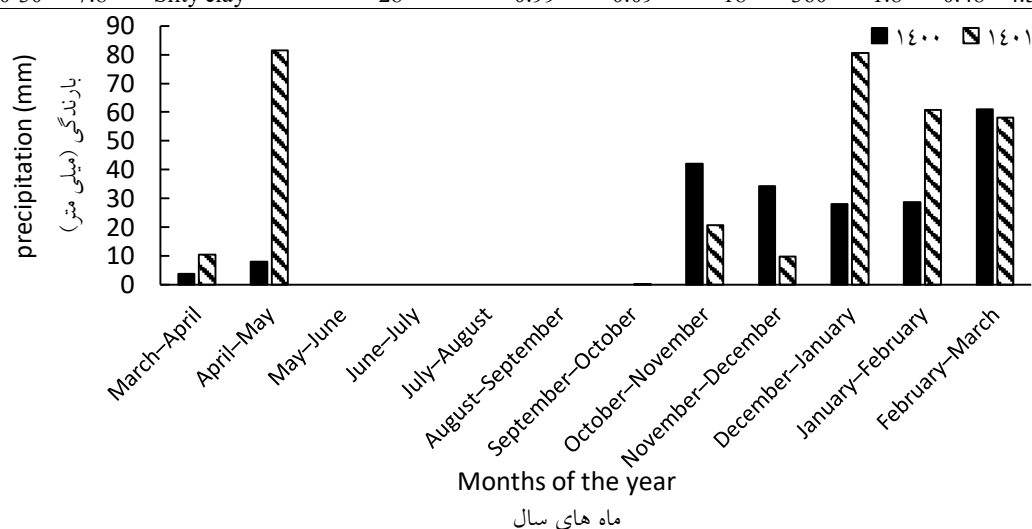
باتوجه‌به کاهش شدید بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور طی سال‌های اخیر و همچنین افزایش هزینه‌های سوخت و دیگر نهاده‌های کشاورزی، انجام خاک‌ورزی حفاظتی برای حفظ مواد آلی و بقایا در سطح خاک باهدف افزایش ذخیره رطوبت خاک، کاهش فرسایش خاک و افزایش حاصلخیزی خاک ضروری است. این تحقیق باهدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد چند رقم عدس دیم پاییزه و همچنین تغییرات دمایی و رطوبتی خاک در زمان رشد عدس در کرمانشاه انجام شد.

هکتار بود. هر کرت شامل ۵ ردیف کاشت با طول ۴/۵ متر و فاصله ردیف ۱۷ سانتی‌متر بود. فاصله بین دو کرت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمین محل اجرای آزمایش در سه سال گذشته تحت روش کشت حفاظتی بوده و سه گیاه کاملینا، نخود و گلرنگ به‌صورت دیم در آن کشت شده بود. جهت بلوک‌ها به‌صورت شرقی-غربی عمود بر شیب زمین در نظر گرفته شد. وجین علف‌های هرز در طی فصل رشد دو بار (قبل و بعد از گلدهی) به‌صورت دستی انجام گرفت.

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

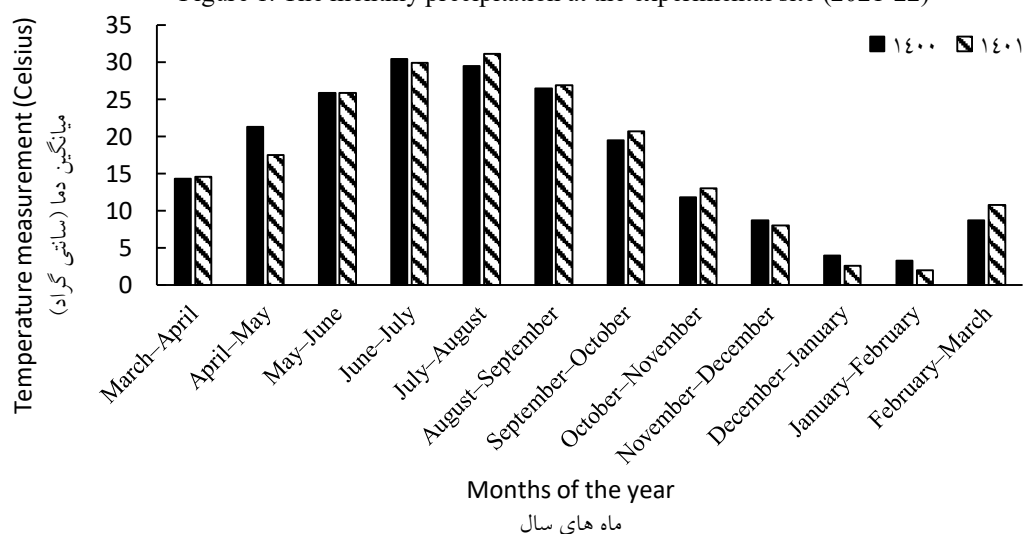
Table 1. Physical and chemical properties of soil before lentil cultivation

Depth	pH	Soil texture	Calcium carbonate	OC	N	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn
عمق		بافت خاک	کربنات کلسیم	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	روی	آهن	منگنز
cm			%			mg.kg ⁻¹					
0-30	7.8	Silty clay	28	0.99	0.09	18	360	1.8	0.48	4.5	14



شکل ۱- میزان بارندگی ماه‌های سال در محل انجام آزمایش (۱۴۰۰-۰۱)

Figure 1. The monthly precipitation at the experimental site (2021-22)



شکل ۲- میزان دمای هوا در ماه‌های سال در محل انجام آزمایش (۱۴۰۰-۰۱)

Figure 2. The air temperature during the months of the year at the experimental site (2021-22)

در مرحله برداشت از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، از طریق اندازه‌گیری با خط‌کش، از سطح خاک تا انتهای بلندترین ساقه ثبت شد. پس از رسیدگی کامل دانه‌ها مرحله (R8) مطابق با جدول ۲، سه نمونه تصادفی با کادر چوبی یک مترمربعی از سطح کرت برداشت شد. بعد از جداسازی دانه از کاه، نمونه‌ها به‌وسیله ترازو دقیق توزین، سپس عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار گزارش گردید. چون گیاه عدس در مرحله رسیدگی کامل اندام‌های آن دچار ریزش می‌شود بنابراین بعد از سفت شدن دانه‌ها و قبل از ریزش

برگ‌ها، با استفاده از کادر چوبی یک مترمربعی محصول داخل کادر کف بر و به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل و سپس توزین شدند و عملکرد زیستی برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. همچنین تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام (معادله ۱) و شاخص برداشت (معادله ۲) تعیین شدند.

معادله ۱

تعداد نیام در بوته / تعداد دانه در بوته = تعداد دانه در نیام

معادله ۲

$100 \times \text{عملکرد زیستی کل بوته} / \text{عملکرد دانه} = \text{شاخص برداشت}$

بررسی مراحل فنولوژیک بر اساس سیستم کدهی گیاه عدس و مطابق جدول ۲ صورت گرفت (۲۱).

جدول ۲- مراحل نموی عدس

Table 2. Lentil development stages

Developmental stage مرحله نموی	Growth stage مرحله رشد	Explanation توضیح
Germination جوانه‌زنی	G0 Dry seed بذر خشک	-
	G1 Seeds have absorbed water بذر آب جذب کرده است	-
	G2 Roots have appeared ریشه‌ها ظاهر شده‌اند	-
	G3 Stalks and roots have appeared ساقه‌ها و ریشه‌ها ظاهر شده‌اند	-
	G4 Greening سبز شدن	-
Vegetative رویشی	V1 First node اولین گره	The first leaf with one pair of leaflets fully expanded نخستین برگ با یک جفت برگچه کاملاً باز شده
	V(x) X First node X گره	X leaf with more than one pair of leaflets fully expanded, twisted tendril برگ X با بیش از یک جفت برگچه کاملاً باز شده، پیچک پیچ‌خورده
	V (n) n Last node آخرین گره n	n - any number of nodes on the main stem with fully expanded leaves in number هر تعداد گره بر روی ساقه اصلی که دارای برگ‌های کاملاً باز شده باشد
Reproductive زایشی	R1 Early bloom شکوفه‌دهی اولیه	One open flower at any node on 50% of the plants in the field یک گل باز در هر گره روی ۵۰ درصد گیاهان موجود در مزرعه مشاهده شود
	R2 Full bloom شکوفه کامل	Flowers have opened on nodes 10-13 of the main branch on 50% of the plants in the field گل‌ها در گره‌های ۱۰ تا ۱۳ ساقه اصلی روی ۵۰ درصد گیاهان باز شده‌اند
	R3 Early pod غلاف‌گیری اولیه	Pods on nodes 10-13 of the main branch are visible on 50% of plants in the field غلاف‌ها در گره‌های ۱۰ تا ۱۳ ساقه اصلی در ۵۰ درصد گیاهان قابل مشاهده هستند
	R4 Flat pod	Pods on nodes 10-13 of the main branch are flat; Seeds fill less than half of the pod area, but can be felt as a bump between the fingers پودها در گره‌های ۱۰-۱۳ از شاخه اصلی تخت هستند؛ دانه‌ها کمتر از نیمی از مساحت پود را پر می‌کنند، اما می‌توان به عنوان یک توده بین انگشتان حس کرد

بررسی روش های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد... / رئوف قنبری و همکاران

Developmental stage مرحله نمو	Growth stage مرحله رشد	Explanation توضیح
	غلاف صاف	غلاف‌ها در گره‌های ۱۰ تا ۱۳ صاف هستند؛ دانه‌ها کمتر از نصف ناحیه غلاف را پر کرده‌اند اما به صورت برجستگی بین انگشتان احساس می‌شوند
	R5 Full seed دانه کامل	Seeds in any single pod on nodes 10-13 of the branch are swollen and completely fill the pod cavity دانه‌ها در هر غلاف روی گره‌های ۱۰ تا ۱۳ متورم شده و به‌طور کامل فضای داخل غلاف را پر کرده‌اند
	R6 Full pod غلاف کامل	All the normal pods on nodes 10-13 of the main branch completely fill the pod cavity; Field remains green همه غلاف‌ها در گره‌های ۱۰ تا ۱۳ ساقه اصلی کاملاً پر هستند؛ مزرعه همچنان سبز باقی مانده است
		- Moisture content of 30% or below • رطوبت بذر ۳۰ درصد یا کمتر 80% of the plant is yellow to brown in color • ۸۰ درصد گیاه به رنگ زرد تا قهوه‌ای درآمده - Top of plant may still have slight green color, but seeds fully formed and not juicy • نوک گیاه ممکن است هنوز اندکی سبز باشد، اما دانه‌ها کاملاً شکل گرفته و بدون آب اضافی هستند
	R7 Physiological maturity بلوغ فیزیولوژیکی	- Seeds in pods from the bottom third of the plant are tan-brown, hard, and pods rattle when shaken • دانه‌های موجود در بخش پایینی گیاه قهوه‌ای، سفت و هنگام تکان دادن صدای خش‌خش دارند - Seeds from the middle third are full size and firm with 100% color change (light green to tan-brown) • دانه‌های ناحیه میانی کاملاً شکل گرفته با تغییر رنگ کامل (سبز روشن به قهوه‌ای مایل به زرد) - Seeds from the upper third have 50-75% color change with no immature seeds (shiny green seeds) • دانه‌های ناحیه فوقانی ۵۰ تا ۷۵ درصد تغییر رنگ دارند و بذره‌های نابالغ (سبز براق) هنوز وجود دارند
	R8 Full maturity بلوغ کامل	90% of the pods on the plant are tan-brown; Seed moisture ranges from 20-30% ۹۰ درصد از غلاف‌ها بر روی گیاه قهوه‌ای مایل به زرد هستند؛ رطوبت بذر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است
Ready to harvest آماده برای برداشت		All pods are tan-brown and seed moisture is less than 20% همه غلاف‌ها به رنگ قهوه‌ای مایل به زرد درآمده‌اند و رطوبت بذر کمتر از ۲۰ درصد است

در هر واحد آزمایش به‌عنوان تعداد روز تا رسیدگی ثبت شد.

پوشش سبز مزرعه در مرحله گل‌دهی با استفاده از کادر چوبی یک مترمربعی انجام شد. داخل کادر چوبی به‌وسیله ریسمان به ۱۰۰ بخش مساوی تقسیم شد. طرز قرار گرفتن چارچوب طوری بود که دو ردیف کاشت را پوشش دهد. با مشاهده از بالا و به‌صورت عمودی پوشش گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. زمانی که حداقل نصف هر خانه توسط پوشش گیاهی پر شده بود به‌عنوان خانه پر در نظر گرفته شد و تعداد

باتوجه به مشاهدات در سطح مزرعه، تاریخی که به میزان حداقل ۵۰ درصد گیاهچه‌ها در سطح خاک هر واحد آزمایش مشاهده شدند مرحله G4 (جدول ۲)، به‌عنوان تعداد روز تا سبز شدن آن واحد آزمایش در نظر گرفته شد. همچنین زمانی که بوته‌های هر واحد آزمایشی به مرحله گل‌دهی (R2) و نیام دهی (R3) رسیدند، تاریخ گل‌دهی و نیام دهی در نظر گرفته شد. رسیدگی فیزیولوژیک مرحله R8 بر اساس جدول ۲ (برگ‌ها شروع به زرد شدن کرده و ۹۰ درصد نیام‌ها مایل به قهوه‌ای شده‌اند) در نظر گرفته شد. مشاهدات

شمارش گردید. مجموع تعداد خانه‌های پر درصد پوشش سبز را نشان داد.

به منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در مرحله نیام دهی پنج بوته به شکل تصادفی انتخاب و با دستگاه Leaf Area Meter (LICOR-LI-3100C) درصد سطح برگ‌ها در هر کرت ارزیابی شد. درصد پروتئین دانه به روش کج‌لدال تعیین شد (۲۲). مقدار رطوبت و دمای خاک هر ۳۰ روز یک‌بار در عمق ۲۰ سانتی‌متری مورد سنجش قرار گرفت.

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 25، مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد و همچنین برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.4 استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنها ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر ساده رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است و تأثیر نوع خاک‌ورزی و اثرات متقابل معنی‌دار نشده است (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین نشان داد که ارتفاع بوته در ارقام مورد بررسی متفاوت بود. ارتفاع بوته در ارقام محلی (۲۸/۶۶ سانتی‌متر)، گچساران (۲۷/۱۱ سانتی‌متر)، سپهر (۲۵/۵۲)، کیمیا (۲۴/۹۴ سانتی‌متر) و بيله‌سوار (۲۲/۷۸ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. همچنین، بین ارقام سپهر و کیمیا تفاوت آماری معنی‌داری از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته وجود نداشت (جدول ۴). اگرچه تفاوت‌های ژنتیکی عامل اصلی تفاوت در

ارتفاع گیاهان هستند، اما عوامل محیطی (مانند نور، دما، آب و مواد مغذی) نیز می‌توانند بر بیان ژن‌ها تأثیر بگذارند. با این حال، ژنوتیپ پایه‌ای است که پتانسیل ارتفاع گیاه را تعیین می‌کند. در این مطالعه تفاوت موجود در بین ارقام از نظر ارتفاع بوته را می‌توان به تفاوت‌های ژنوتیپی آن‌ها نسبت داد (۲۳).

شاخص سطح برگ: باتوجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل خاک‌ورزی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین شاخص سطح برگ در ارقام بيله‌سوار (۵۷/۱۶ درصد)، کیمیا (۵۶/۰۶ درصد) و گچساران (۵۶/۱۵ درصد) تحت تأثیر روش کم خاک‌ورزی و کم‌ترین شاخص سطح برگ در رقم سپهر (۳۵/۸۴ درصد) تحت تأثیر روش بی خاک‌ورزی اندازه‌گیری گردید (شکل ۳). به علاوه، نتایج نشان داد که بین ارقام بيله‌سوار، کیمیا و گچساران در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و بی خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری در شاخص سطح برگ وجود نداشت (شکل ۳). روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی می‌توانند با بهبود فرآیند فتوسنتز و افزایش شاخص‌های رشد، عملکرد گیاه را افزایش دهند (۲۴). تحقیقات انجام شده توسط هاوکس و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که تغذیه بهتر گیاهان سویا در خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی نسبت به روش بی خاک‌ورزی ناشی از جذب بیشتر مواد مغذی، به دلیل فشردگی کمتر خاک است (۲۵). مطالعات جیانگ و همکاران (۲۰۱۶) افزایش مقادیر شاخص سطح برگ را در سویا در روش خاک‌ورزی مرسوم و کم خاک‌ورزی به میزان ۵۵ و ۹/۱ درصد نسبت به بی خاک‌ورزی مشاهده کردند (۲۶).

بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد و عملکرد... / رئوف قنبری و همکاران

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام عدس

Table 3- Results of analysis of variance of the effect of experimental treatments on plant height, leaf area index, seed yield and biological yield, harvest index, number of pods per plant and number of seeds per pod of lentil.

sources of variance منابع تغییرات	df	Mean square میانگین مربعات						
		Plant height ارتفاع بوته	Leaf area index شاخص سطح برگ	Seed yield عملکرد دانه	Biological yield عملکرد زیستی	Harvest index شاخص برداشت	Number of pods per plant تعداد نیام در بوته	Number of seeds in a pod تعداد دانه در نیام
Block بلوک	2	155.2	450.5	47325	25845	92.57	37.96	0.289
Tillage خاک‌ورزی	2	31.05 ns	68.73 ns	59911 *	500141 **	21.80 ns	32.36 ns	2.289 *
Whole-plot error خطای اصلی	4	5.405	17.44	5279	26964	12.07	5.289	0.322
Cultivar رقم	4	44.60 *	19.12 ns	84376 **	372165 **	37.32 **	107.00 **	0.422 *
Tillage × Cultivar خاک‌ورزی × رقم	8	0.524 ns	210.00 **	8333 *	62329 *	0.893 ns	6.133 *	0.289 *
Split-plot error خطای فرعی	24	1.996	30.22	3974	25673	9.44	2.067	0.117
Coefficient of variation (%) درصد ضریب تغییرات		5.48	11.63	9.07	7.04	9.33	7.33	6.76

**و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

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

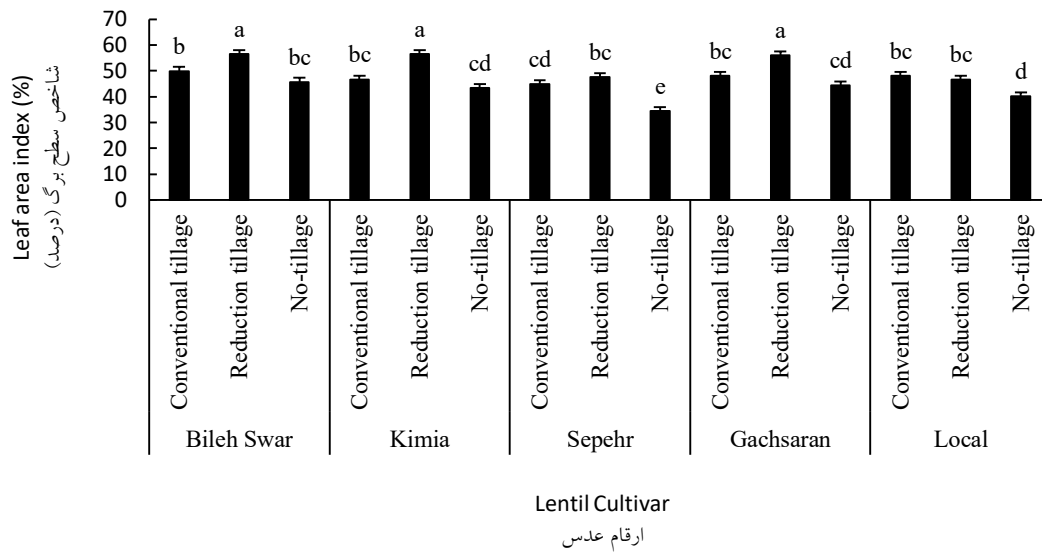
جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر ارقام مختلف بر ارتفاع بوته، شاخص برداشت، پوشش سطح سبز مزرعه، درصد پروتئین دانه، روز تا سبز شدن، روز تا گل‌دهی، روز تا نیام‌دهی، روز تا رسیدگی، رطوبت و دمای خاک

Table 4. Comparison of the mean effects of different cultivars on plant height, harvest index, field green cover, grain protein, days to emergence, days to flowering, days to podding, days to maturity, soil moisture, and soil temperature

Cultivar رقم	Plant height ارتفاع گیاه	Harvest index شاخص برداشت	Field green cover پوشش سطح سبز مزرعه	Grain protein پروتئین دانه	Days to emergence روز تا سبز شدن	Days to flowering روز تا گل‌دهی	Days to podding روز تا نیام‌دهی	Days to maturity روز تا رسیدگی	soil moisture رطوبت خاک	soil temperature دمای خاک
Bileh Swar بیله‌سوار	22.74 d	35.41 a	88.61 a	27.2 a	13.89 c	127 c	140.3 c	159 c	8.97 b	25 b
Kimia کیما	24.91 c	33.29 ab	84.81 a	24 c	13.89 c	128.9 c	143.1 bc	162.8 bc	9.39 b	22 c
Sepehr سپهر	25.48 c	31.92 bc	84.17 a	26.2 ab	14.89 bc	134.3 b	144.7 bc	165.3 abc	9.24 b	25.10 b
Gachsaran گچساران	27.3 b	31.06 bc	84.17 ab	24.8 bc	15.33 bc	138.3 b	146.7 bc	168.3 abc	9.95 ab	25.10 b
Local محلی	28.76 a	29.44 c	79.75 b	23.4 c	17.22 a	143.3 a	152.7 a	172.3 a	11.21 a	27.12 a

Same letters indicate no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level.

در سطح احتمال پنج درصد است LSD حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون



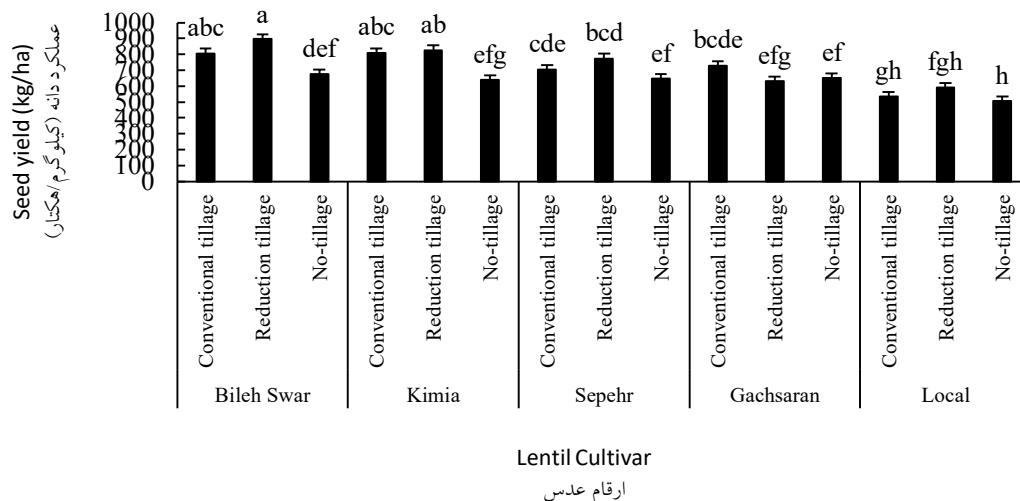
شکل ۳- اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و رقم بر شاخص سطح برگ عدس

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 3. The interaction effect of different tillage systems and varieties on lentil leaf area index
Same letters indicate no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level.

برای رقم محلی در روش بی خاک‌ورزی ثبت شد؛ با این حال، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری میان روش‌های خاک‌ورزی در رقم شاهد مشاهده نشد (شکل ۴). روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر رشد ریشه، دسترسی به آب و اندازه‌های خاکدانه‌های لایه زیرین خاک و مصرف کودهای شیمیایی مؤثر هستند (۲۷).

عملکرد دانه: باتوجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل خاک‌ورزی و رقم در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه عدس معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه، معادل ۸۹۸ کیلوگرم در هکتار، در رقم بیل‌سوار و تحت روش کم‌خاک‌ورزی به دست آمد. همچنین، کمترین عملکرد دانه (۵۰۵ کیلوگرم در هکتار)



شکل ۴- اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و رقم بر عملکرد دانه عدس.

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD (۱۰۶/۲۰) در سطح احتمال پنج درصد است.

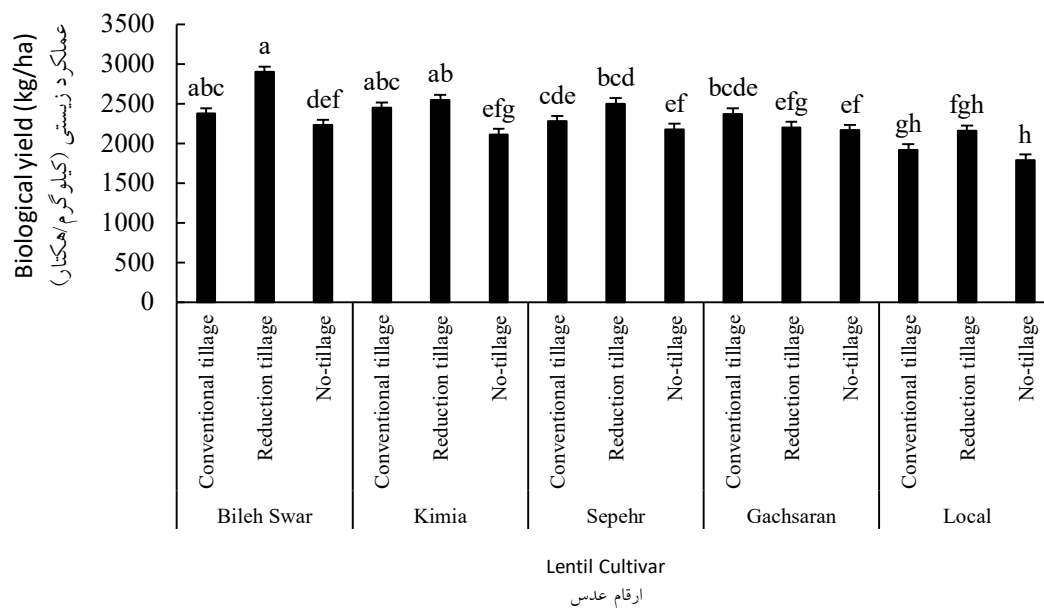
Figure 4. The interaction effect of different tillage systems and varieties on lentil seed yield.
Same letters indicate no significant difference based on the LSD (106.20) test at the 5% probability level.

نتایج اکثر مطالعاتی که انواع روش‌های خاک‌ورزی را مورد بررسی قرار داده‌اند بر عملکرد دانه گیاهان زراعی متناقض بوده است. به نظر می‌رسد این تغییرات به نوع خاک، تناوب زراعی و شرایط آب و هوایی محلی بستگی دارد (۲۸). به‌طوری‌که نتایج بررسی سه ساله چقازردی و همکاران (۲۰۱۵) در رابطه با تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی متداول و حفاظتی (بی خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی) بر عملکرد دانه و برخی صفات گندم و نخود نشان داد همه صفات تحت تأثیر سامانه‌های خاک‌ورزی قرار گرفتند (۲۹). بیشترین مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد در سامانه کم خاک‌ورزی کاهشی مشاهده شد و روش کم خاک‌ورزی را به جای روش خاک‌ورزی متداول به کشاورزان مناطق دیم کرمانشاه پیشنهاد نمودند. همچنین، در بررسی انواع روش‌های خاک‌ورزی نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد دانه گندم از روش خاک‌ورزی مرسوم به دست آمد، اما از لحاظ آماری با عملکرد دانه روش‌های بدون خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (۳۰).

علیخانی و همکاران (۲۰۱۱)، در بررسی تأثیرات روش‌های مختلف خاک‌ورزی گزارش دادند حداکثر عملکرد دانه گندم در تیمار کم خاک‌ورزی به دست آمد و دلیل عملکرد بالا را افزایش درصد کربن آلی و نیتروژن خاک ذکر کردند (۳۱). از دلایل کاهش عملکرد دانه در روش بی خاک‌ورزی ویژگی‌های فیزیکی نامناسب خاک در انتقال آب در خاک، تهویه نامناسب برای سیستم ریشه و گسترش رشد علف‌های هرز و کاهش دسترسی به نیتروژن اشاره شده است (۳۲؛ ۳۳). همچنین بررسی ۱۰ رقم عدس در منطقه‌ای با میانگین بارش ۳۰۰ میلی‌متر نشان داد که عملکرد دانه عدس در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی (یک‌بار

پنجه‌غازی یک هفته قبل از کاشت) بین ۹۹۰ تا ۱۵۶۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۱۳۳۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. درحالی‌که در روش بی خاک‌ورزی عملکرد دانه بین ۱۱۱۰ تا ۱۵۷۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۱۳۸۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود؛ به‌طورکلی عملکرد دانه در اکثر ارقام در روش بدون خاک‌ورزی برابر یا بیشتر بود. برخلاف این نتایج، در بررسی دیگری افزایش عملکرد دانه گندم در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی گزارش شده است (۱۳).

عملکرد زیستی: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تأثیر رقم و خاک‌ورزی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل رقم و خاک‌ورزی در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود. بر اساس نتایج، بیشترین عملکرد زیستی (۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن (۱۷۸۸ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در رقم بیل‌سوار در روش کم خاک‌ورزی و رقم محلی در روش بدون خاک‌ورزی حاصل شد (شکل ۵). همچنین، در بین روش‌های خاک‌ورزی برای هر پنج رقم عدس بیشترین عملکرد زیستی تحت تأثیر روش کم خاک‌ورزی به دست آمد هرچند از نظر آماری این روش تفاوت معنی‌داری با روش کشت مرسوم نداشت (شکل ۵). محمدی و همکاران (۲۰۰۹) عنوان کردند که عملکرد دانه و عملکرد زیستی گندم دیم در کشت با گاوآهن قلمی (کم خاک‌ورزی) بیش‌ترین مقدار بود و دلیل آن را افزایش درصد رطوبت و بهبود خواص فیزیکی خاک در مقایسه با سایر روش‌های خاک‌ورزی از جمله خاک‌ورزی مرسوم عنوان نمودند (۳۴).



شکل ۵. اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و رقم بر عملکرد زیستی عدس.

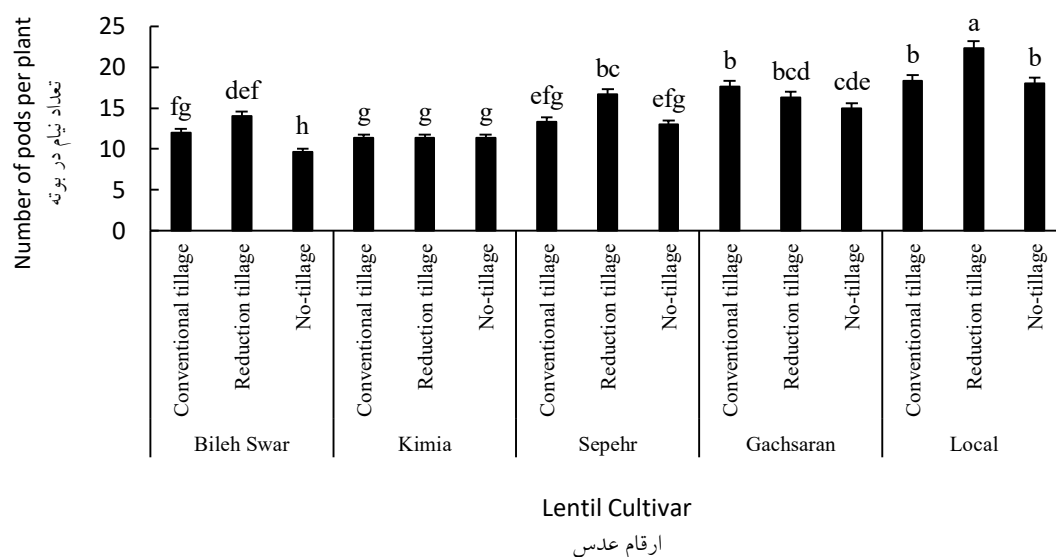
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD (۲۷۰) در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 5. The interaction effect of different tillage systems and varieties on lentil biological yield.

Same letters indicate no significant difference based on the LSD (270) test at the 5% probability level.

تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد نیام در بوته (۲۲/۳۳) مربوط به رقم محلی در روش کم‌خاک‌ورزی بود. رقم کیمیا در هر سه روش خاک‌ورزی با ۱۱/۳۳ کم‌ترین تعداد نیام در بوته را داشت. در همه ارقام مورد بررسی بالاترین تعداد نیام در بوته در روش کم‌خاک‌ورزی حاصل شد (شکل ۶). نتایج بررسی روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد دانه نخود نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد نیام در بوته در روش کم‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی بیش‌ترین مقدار را داشت (۳۵). در همین رابطه نتایج نشان داده است که در مناطق نیمه‌خشک و شرایط دیم باتوجه‌به اهمیت حفظ رطوبت خاک روش کم‌خاک‌ورزی به‌واسطه نوع فرایند خاک‌ورزی سبب حفظ رطوبت خاک شده و شرایط را برای افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد نیام در بوته فراهم می‌آورد (۳۶).

شاخص برداشت: مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر ساده رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار شد. ارقام بیله‌سوار و کیمیا به ترتیب با ۳۵/۸۵ و ۳۴/۰۴ درصد بالاترین شاخص برداشت را داشتند. کمترین شاخص برداشت (۳۰/۶۲ درصد) مربوط به رقم محلی بود که از نظر آماری با شاخص برداشت ارقام گچساران و سپهر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بالا بودن شاخص برداشت در این ارقام به معنای تخصیص سهم بیشتری از فراورده‌های حاصل از فتوسنتز به دانه است. باتوجه‌به این‌که شاخص برداشت نسبتی از عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) به عملکرد زیستی است به نظر می‌رسد که تغییرات این نسبت تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی یکسان بوده و همین موضوع سبب عدم تفاوت معنی‌دار در این تیمارها شده است. **تعداد نیام در بوته:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل خاک‌ورزی و رقم در سطح پنج درصد بر



شکل ۶- اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و رقم بر تعداد نیام در بوته عدس.

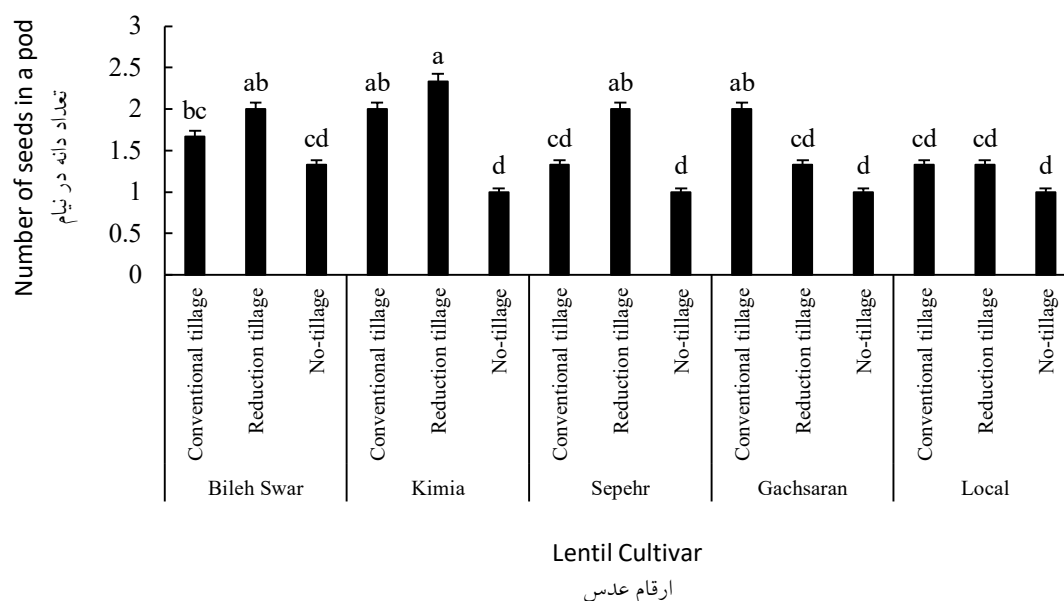
حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD (۲/۴۲) در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 6. The interaction effect of different tillage systems and varieties on number of pods per plant. Same letters indicate no significant difference based on the LSD (2.42) test at the 5% probability level.

به دلیل افزایش فعالیت ریزجانداران کاهش یابد و در نهایت کاهش نیتروژن خاک رشد گیاه را تحت‌تأثیر قرار دهد (۳۷؛ ۳۸)؛ اما در بلندمدت، کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی با افزایش بیشتر ماده آلی خاک نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی به‌واسطه فراهم نمودن عناصر غذایی سبب بهبود سطح فتوسنتز کننده شده و تعداد دانه در نیام می‌شود (۳۹).

مطالعات نشان می‌دهند که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (مانند کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) با حفظ رطوبت، افزایش ماده آلی خاک و بهبود فعالیت ریزوبیوم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، عملکرد دانه عدس را نسبت به خاک‌ورزی مرسوم افزایش می‌دهند. به‌ویژه در مناطق خشک، این روش‌ها با کاهش فرسایش و بهبود ساختار خاک، رشد عدس را تقویت می‌کنند (۴۰؛ ۴۱). هرچند تجزیه بقایای گیاهی در ابتدا ممکن است نیتروژن خاک را کاهش دهد، اما در بلندمدت با آزادسازی تدریجی مواد مغذی، به افزایش عملکرد منجر می‌شود (۴۲).

تعداد دانه در نیام: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تعداد دانه در نیام در سطح احتمال پنج درصد تحت‌تأثیر خاک‌ورزی و رقم قرار گرفت (جدول ۳). تعداد دانه در نیام ارقام مورد بررسی تحت‌تأثیر روش‌های خاک‌ورزی متفاوت بود؛ در روش بی‌خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد؛ اما در خاک‌ورزی مرسوم ارقام کیمیا، بیل‌سوار و گچساران و در روش کم‌خاک‌ورزی ارقام بیل‌سوار، کیمیا و سپهر تعداد دانه بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند و به‌طور کلی تعداد دانه در نیام این ارقام در روش‌های مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی بیشتر بود (شکل ۷). تحقیقات نشان می‌دهد که حفظ مقادیر بالای بقایای سال قبل باعث کاهش اجزای عملکرد دانه گندم از جمله تعداد دانه در نیام می‌شود؛ چرا که وجود بقایای زیاد در خاک می‌تواند مقادیر نیتروژن خاک را تحت‌تأثیر قرار دهد و مقدار نیتروژن در دسترس گیاه



شکل ۷. اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و رقم بر تعداد دانه در نیام عدس.

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD (۰/۵۸) در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 7. The interaction effect of different tillage systems and varieties on number of seeds in pod. Same letters indicate no significant difference based on the LSD (0.58) test at the 5% probability level.

تیمار خاک‌ورزی مرسوم به دست آمد (جدول ۶) که نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی حدود ۸/۶۴ درصد افزایش داشت. همچنین، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری میان تیمار کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در تأثیر بر درصد پوشش سطح سبز مزرعه مشاهده نشد (شکل ۸).

پوشش سطح سبز مزرعه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده خاک‌ورزی و رقم بر درصد پوشش سطح سبز مزرعه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین درصد پوشش سطح سبز مزرعه، معادل ۸۷/۸۱ درصد، در

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر پوشش سطح سبز مزرعه، روز تا سبز شدن، روز تا گل‌دهی، روز تا نیام‌دهی، روز تا رسیدگی، رطوبت و دمای خاک

Table 6. Comparison of the mean effects of different tillage methods on field green cover, days to emergence, days to flowering, days to podding, days to maturity, soil moisture, and soil temperature

tillage method	Field green cover	Days to emergence	Days to flowering	Days to podding	Days to maturity	soil moisture	soil temperature
	پوشش سطح سبز مزرعه	روز تا سبز شدن	روز تا گل‌دهی	روز تا نیام‌دهی	روز تا رسیدگی	رطوبت خاک	دمای خاک
Conventional مرسوم	87.81 a	13.4 b	130.3 c	141.1 b	159.5 b	6.68 b	27 a
Reduction کاهشی	86.71 a	15.4 a	134.2 b	146 ab	165.4 ab	10.07 b	25.10 ab
No-till بی‌خاک‌ورزی	80.82 b	16.33 a	138.6 a	149 a	171.8 a	11.91 a	22.45 b

same letters indicate no significant difference based on the LSD test at the 5% probability level.

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است

بررسی انجام شده بر روی اثرات تیمارهای خاک‌ورزی بر درصد سبز شدن مزرعه نشان داد که کمترین سبز شدن مربوط به تیمار بی‌خاک‌ورزی بوده؛ احتمالاً مقاومت بالا به نفوذ در خاک در تیماری بی‌خاک‌ورزی سبب کاهش سرعت سبز شدن و کاهش درصد پوشش سبز مزرعه شده است (۴۳). در همین زمینه، در مطالعه بر روی کلزا بررسی روش‌های خاک‌ورزی مرسوم، کاهشی و بی‌خاک‌ورزی و تراکم کم‌تر در این روش شده است (۴۴).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر پوشش سبز مزرعه، پروتئین دانه و صفات فنولوژیک عدس

Table 4. Results of analysis of variance of the effect of experimental treatments on field green cover, grain protein and phenological traits of lentil

sources of variance منابع تغییرات	df	Mean square میانگین مربعات					
		Field green cover پوشش سطح سبز مزرعه	Grain protein پروتئین دانه	Days to emergence روز تا سبز شدن	Days to flowering روز تا گل‌دهی	Days to poding روز تا نیم‌دهی	Days to maturity روز تا رسیدگی
Block بلوک	2	176.30	87.44	2.022	74.96	95.62	239.3
Tillage خاک‌ورزی	2	332.60 *	0.797 ns	33.70 *	260.5 *	263.3 *	570.7 *
Whole-plot error خطای اصلی	4	28.57	13.60	2.522	33.89	41.42	91.59
Cultivar رقم	4	94.52 *	27.90 **	16.92 *	405.9 *	193.1 *	234.9 *
Tillage × Cultivar خاک‌ورزی × رقم	8	0.233 ns	0.057 ns	0.106 ns	2.972 ns	30.22 ns	30.022 ns
Split-plot error خطای فرعی	24	26.47	3.471	1.578	26.02	30.88	82.04
Coefficient of variation (%) درصد ضریب تغییرات		11.60	7.46	8.35	3.80	3.82	5.47

**و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

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

مقدار پروتئین دانه تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). مطالعات نشان داده‌اند که ارقام مختلف عدس از نظر محتوای پروتئین تفاوت‌های قابل توجهی دارند؛ به‌طوری‌که در تحقیقی بر روی ۳۰ رقم عدس در ترکیه، میزان پروتئین دانه بین ۲۲/۴ تا ۲۸/۹ درصد متغیر بود (۴۵). علاوه بر عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی مانند خاک و آب‌وهوا نیز بر مقدار پروتئین تأثیرگذارند، ولی رقم یکی از عوامل کلیدی

پروتئین دانه: باتوجه‌به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر روش‌های خاک‌ورزی و اثر خاک‌ورزی و رقم بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار نشد. ولی تأثیر رقم در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۵). به‌طوری‌که بیشترین (۲۷/۲۰ درصد) و کمترین (۲۳/۴۰ درصد) پروتئین دانه به ترتیب در ارقام بیل‌سوار و محلی حاصل شد (جدول ۴). همچنین بین ارقام کیمیا، گچساران و محلی از نظر

در تعیین میزان پروتئین دانه عدس محسوب می‌شود (۴۶).

صفات فنولوژیک

روز تا سبزشدن: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و رقم بر تعداد روز تا سبزشدن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین مقدار روز تا سبز شدن از تیمار بی‌خاک‌ورزی (۱۶/۳۳) و کم خاک‌ورزی (۱۵/۴) و کمترین آن (۱۳/۴) از روش خاک‌ورزی مرسوم حاصل شد (جدول ۶). تعداد روز تا سبزشدن به ترتیب برای ارقام محلی (۱۷/۲۲) روز، گچساران (۱۵/۳۳) روز، سپهر (۱۴/۸۹) روز، کیمیا (۱۳/۸۹) روز و بيله‌سوار (۱۳/۸۹) روز ثبت شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش درصد رطوبت خاک و دمای خاک در روش خاک‌ورزی مرسوم شرایط مناسب‌تری را برای سبزشدن بذور نسبت به بی‌خاک‌ورزی فراهم آورده است (۴۷؛ ۴۸).

روز تا گل‌دهی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و رقم بر تعداد روز تا گل‌دهی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). به ترتیب از بیشترین تا کمترین تعداد روز تا گل‌دهی عدس تحت تأثیر روش بی‌خاک‌ورزی (۱۳۸/۶۰) روز، کم خاک‌ورزی (۱۳۴/۲۰) روز و خاک‌ورزی مرسوم (۱۳۰/۳۰) روز حاصل شد (جدول ۶). همچنین بیشترین (۱۴۳/۳۰) روز و کمترین (۱۲۷) روز تعداد روز تا گل‌دهی مربوط به ارقام محلی و بيله‌سوار بود (جدول ۴). به علاوه، نتایج نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری از نظر تأثیر بر تعداد روز تا گل‌دهی عدس بین ارقام سپهر و گچساران و ارقام کیمیا و بيله‌سوار مشاهده نشد (جدول ۴).

مطالعات نشان می‌دهند که روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معناداری بر مراحل رشد عدس، به‌ویژه جوانه‌زنی و گلدهی، دارند (۴۷ و ۴۹). از سوی

دیگر، در مورد تعداد روز تا گلدهی، خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ رطوبت و تعدیل دمای خاک، ممکن است تسریع در رشد رویشی و در نتیجه زودرسی گلدهی را به همراه داشته باشد (۵۰). با این حال، در شرایط خشک، کم خاک‌ورزی به دلیل کاهش تبخیر رطوبت، می‌تواند طول دوره رشد تا گلدهی را افزایش دهد (۵۱)؛ بنابراین، انتخاب روش خاک‌ورزی مناسب باید باتوجه به شرایط اقلیمی و خاکی منطقه صورت گیرد تا بهینه‌ترین عملکرد در رشد عدس حاصل شود.

روز تا نیام دهی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و رقم بر تعداد روز تا نیام دهی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین تعداد روز تا نیام دهی (۱۴۹) روز در روش بی‌خاک‌ورزی حاصل شد؛ که در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم (۱۴۱/۱۰) روز حدود ۹ روز افزایش نشان داد (جدول ۶). همچنین، تعداد روز تا نیام دهی در ارقام مورد بررسی متفاوت بود. بیشترین (۱۵۲/۷) روز و کمترین (۱۴۰/۳) روز تعداد روز تا نیام دهی به ترتیب مربوط به ارقام محلی و بيله‌سوار بود (جدول ۴). روش‌های خاک‌ورزی و انتخاب رقم تأثیر معنی‌داری بر زمان نیام‌دهی عدس دارند. خاک‌ورزی مرسوم با ایجاد بستر نرم و تهویه مناسب، معمولاً منجر به تسریع رشد رویشی و تشکیل زودتر نیام می‌شود، درحالی‌که روش‌های کم خاک‌ورزی به دلیل حفظ رطوبت و دمای پایدارتر خاک، ممکن است در شرایط خشک عملکرد بهتری داشته باشند اما زمان نیام‌دهی را کمی به تأخیر بیندازند. از سوی دیگر، ارقام زودرس مانند عدس مانند کیمیا در مقایسه با ارقام دیررس مانند گچساران، بدون توجه به روش خاک‌ورزی، دوره رشد کوتاه‌تری تا مرحله نیام‌دهی نشان می‌دهند.

روز تا رسیدگی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و رقم بر تعداد روز

تا رسیدگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). تعداد روز تا رسیدگی ارقام عدس تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی متفاوت بود (جدول ۶). بیشترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۷۱/۸۰ روز) مربوط به روش بی خاک‌ورزی بود که در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم با ۱۵۹/۵۰ روز به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۶). همچنین، نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیشترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۷۲/۳۰ روز) مربوط به رقم محلی بود. در مقایسه رقم بیل‌سوار با میانگین ۱۵۹ روز کمترین تعداد روز تا رسیدگی را نشان داد (جدول ۴). **رطوبت خاک:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷) نشان داد که اثر خاک‌ورزی بر روی رطوبت خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر رقم بر رطوبت خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۷)، ولی اثر متقابل رقم در روش خاک‌ورزی معنی‌دار نبود (جدول ۷).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر خاک‌ورزی بر درصد رطوبت خاک متغیر بود. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد رطوبت خاک به ترتیب تحت تأثیر بی خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم حاصل شد (جدول ۶). گودرزی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که بیشترین درصد رطوبت خاک به ترتیب مربوط به روش‌های بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بود (۵۲). بیشترین درصد رطوبت خاک در رقم محلی مشاهده شد. همچنین، بین سایر ارقام از نظر تأثیر بر درصد رطوبت خاک تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. بعلاوه، نتایج نشان داد که بین رقم محلی و گچساران از نظر تأثیر بر درصد رطوبت خاک تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). پوشش گیاهی با تغییر نفوذ خاک، ظرفیت زراعی و تبخیر و تعرق، رطوبت خاک را به‌آرامی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵۳).

جدول ۷ - نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر مقدار رطوبت و دمای خاک

Table 7. Analysis of variance results for the effect of experimental treatments on soil moisture and temperature

sources of variance منابع تغییرات	df	Mean square میانگین مربعات	
		soil moisture رطوبت خاک	soil temperature دمای خاک
Block بلوک	2	97.89	294.3
Tillage خاک‌ورزی	2	233.2 **	145.8 *
Whole-plot error خطای اصلی	4	25.68 ns	22.89 ns
Cultivar رقم	4	25.68 **	48.05 **
Tillage × Cultivar خاک‌ورزی × رقم	8	4.767 ns	0.185 ns
Split-plot error خطای فرعی	24	56.21	6.701
Coefficient of variation (%) درصد ضریب تغییرات		15.72	10.15

**و * به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار و ns اختلاف معنی‌دار نیست.

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

دمای خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۷) نشان داد که اثر خاک‌ورزی بر دمای خاک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر رقم بر روی دمای خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۷)، ولی اثر متقابل رقم در روش خاک‌ورزی معنی‌دار نبود (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، به ترتیب بیشترین و کمترین دمای خاک مربوط به خاک‌ورزی مرسوم و بی خاک‌ورزی بود. همچنین، بین خاک‌ورزی مرسوم با کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی با کم خاک‌ورزی از نظر تأثیر بر دمای خاک تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). بیشترین و کمترین دمای خاک به ترتیب مربوط به ارقام محلی و کیمیا بود. همچنین، از نظر تأثیر بر دمای خاک تفاوت آماری معنی‌داری بین ارقام گچساران، سپهر و بيله‌سوار مشاهده نشد (جدول ۴). روش‌های خاک‌ورزی می‌تواند با تأثیر بر میزان باقی‌مانده روی سطح خاک، تأثیر بر پارامترهای حرارتی خاک و تغییر ویژگی‌های حرارتی خاک بر دمای خاک تأثیر بگذارد (۵۴). روش‌های بدون خاک‌ورزی معمولاً دمای خاک پایین‌تر و محتوای آب بالاتری دارند. در مطالعه‌ای در مورد تأثیر خاک‌ورزی بر دمای خاک و رشد ذرت در منیتوبا، مشخص شد که دمای خاک در لایه‌های کشت شده بیشتر از لایه‌های بدون خاک‌ورزی است و این تفاوت در اوایل فصل رشد بیشتر بود (۵۵).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش به‌روشنی نشان داد که روش کم‌خاک‌ورزی، در مقایسه با سایر روش‌های مورد بررسی، تأثیر مثبت و معناداری بر بهبود عملکرد کمی و کیفی عدس دیم در شرایط اقلیمی کرمانشاه داشته

است. این روش با فراهم کردن شرایط بهینه برای رشد گیاه، از جمله رطوبت مطلوب خاک (۱۰/۰۷ درصد) و دمای متعادل خاک، زمینه افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی را فراهم نمود. در میان ارقام بررسی‌شده، رقم بيله‌سوار با ثبت بالاترین عملکرد دانه (۸۹۸ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین درصد پروتئین دانه (۲۷/۲۰ درصد)، مناسب‌ترین واکنش را به شرایط کم‌خاک‌ورزی نشان داد. درحالی‌که خاک‌ورزی مرسوم با ایجاد بستر مناسب‌تر برای استقرار اولیه گیاه، موجب افزایش درصد پوشش سبز و کاهش طول دوره رشد گردید، اما به دلیل کاهش قابل توجه رطوبت خاک (۶/۶۸ درصد)، در بلندمدت پایداری لازم را از منظر زیست‌محیطی و اقتصادی دارا نیست. از سوی دیگر، روش بی‌خاک‌ورزی با وجود بیشترین میزان رطوبت خاک (۱۱/۹۱ درصد)، به دلیل افزایش مقاومت فیزیکی خاک و کاهش دمای خاک، منجر به تأخیر در مراحل فنولوژیک و کاهش عملکرد کمی گیاه شد. با توجه به اینکه بین روش خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری در عملکرد مشاهده نشد، می‌توان روش کم‌خاک‌ورزی را به‌عنوان گزینه‌ای مثبت از نظر کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها نسبت به روش مرسوم ارزیابی کرد. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب روش کم‌خاک‌ورزی با ارقام پربازده نظیر بيله‌سوار، رویکردی مؤثر جهت ارتقاء بهره‌وری و پایداری تولید عدس در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور خواهد بود. همچنین، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، اثرات بلندمدت این سامانه‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، بهره‌وری منابع، و تحلیل‌های اقتصادی مورد ارزیابی جامع قرار گیرد.

References

1. Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., & Khanghah, H.Z. (2003). Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 34(4), 1011-1019.
2. Frade, M.M., & Valenciano, J. (2005). Effect of sowing density on the yield and yield components of spring-sown irrigated chickpea (*Cicer arietinum*) grown in Spain. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(4), 367-371. <https://doi.org/10.1080/01140671.2005.9514372>
3. Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., & Bagheri, A. (2009). Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2), 483-492. <https://doi.org/https://doi.org/10.1001.1.20081472.1388.7.2.16.6>
4. Ahmadpour, R., & Bahrami, T. (2016). Influence foliar application of compost tea under water deficit stress of lentil plant by assessment of morphological parameters. *Iranian Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 1(2), 40-51. <https://doi.org/http://ijppb.lu.ac.ir/article-1-47-en.html>
5. Sharma, P., Abrol, V., Sharma, K., Sharma, N., Phogat, V., & Vikas, V. (2016). Impact of conservation tillage on soil organic carbon and physical properties—a review. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 7(1), 151-161. <https://doi.org/http://10.0.93.102/IJBSM/2016.7.1.1387>
6. Torabian, S., Farhangi-Abriz, S., & Denton, M.D. (2019). Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review. *Soil and Tillage Research*, 185, 113-121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>
7. Zhang, S., Li, Q., Zhang, X., Wei, K., Chen, L., & Liang, W. (2012). Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. *Soil and Tillage Research*, 124, 196-202. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2012.06.007>
8. Tobiašová, E. (2011). The effect of organic matter on the structure of soils of different land uses. *Soil and Tillage Research*, 114(2), 183-192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2011.05.003>
9. Williams, J.D., Gollany, H.T., Siemens, M.C., Wuest, S.B., & Long, D.S. (2009). Comparison of runoff, soil erosion, and winter wheat yields from no-till and inversion tillage production systems in northeastern Oregon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 64(1), 43-52.
10. Williams, J., & Wuest, S. (2011). Tillage and no-tillage conservation effectiveness in the intermediate precipitation zone of the inland Pacific Northwest, United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 66(4), 242-249.
11. Bhattacharyya, S.S., Leite, F.F.G.D., France, C.L., Adekoya, A.O., Ros, G.H., de Vries, W., Melchor-Martínez, E.M., Iqbal, H.M., & Parra-Saldívar, R. (2022). Soil carbon sequestration, greenhouse gas emissions, and water pollution under different tillage practices. *Science of the Total Environment*, 826, 154161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154161>
12. Shakoor, A., Shahbaz, M., Farooq, T.H., Sahar, N.E., Shahzad, S.M., Altaf, M.M., & Ashraf, M. (2021). A global meta-analysis of greenhouse gases emission and crop yield under no-tillage as compared to conventional tillage. *Science of the Total Environment*, 750, 142299. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142299>
13. Wozniak, A., Wesołowski, M., & 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(4), 899-908. <https://doi.org/http://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2015.17.4.3.0>
14. Asadi, S., Aynehband, A., & Rahnama Ghahfarokhi, A. (2013). Wheat yield response to the competition stress and different levels of nitrogen. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(2), 365-376. <https://doi.org/https://doi.org/10.22067/gsc.v11i2.26152>

15. Grigoras, M.A., Popescu, A., Pamfil, D., Has, I., & Gidea, M. (2012). Influence of no-tillage agriculture system and fertilization on wheat yield and grain protein and gluten contents. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2), 532-539.
16. Ali, A., Fariba, E., & Rahim, K. (2016). *Evaluation and determination of the most appropriate tillage method for rainfed lentil planting in the Varzaghan region of East Azerbaijan province* The Second National Congress for the Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Sciences in Iran, Tehran. <https://civilica.com/doc/520648>
17. Hemmat, A., & Eskandari, I. (2004). Tillage system effects upon productivity of a dryland winter wheat-chickpea rotation in the northwest region of Iran. *Soil and Tillage Research*, 78(1), 69-81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2004.02.013>
18. Rahimzadeh, R., & Navid, H. (2011). Different tillage methods impacts on a clay soil properties and wheat production in rotation with chickpea under rainfed condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(1), 29-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2004.02.013>
19. Mohammadi, G., Rashidzadeh, A., & Pezeshkpour, P. (2023). The effect of different tillage systems on yield-related traits and seed quality of autumn-seeded chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 33(3), 121-135. <https://doi.org/https://doi.org/10.22034/saps.2022.50709.2847>
20. Singh, Y. (2024). *Standard Methods for Soil, Water and Plant Analysis*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003534303>
21. Roberts, E., Summerfield, R., Muehlbauer, F., & Short, R. (1986). Flowering in lentil (*Lens culinaris Medic.*): the duration of the photoperiodic inductive phase as a function of accumulated daylength above the critical photoperiod. *Annals of Botany*, 58(2), 235-248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087201>
22. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V., & Van der Lee, J. (1989). *Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7*. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University.
23. Gahoonia, T.S., Ali, O., Sarker, A., Nielsen, N.E., & Rahman, M.M. (2006). Genetic variation in root traits and nutrient acquisition of lentil genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 29(4), 643-655. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01904160600564378>
24. Buczek, J., Bobrecka-Jamro, D., & Jańczak-Pieniążek, M. (2022). Photosynthesis, yield and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under different soil-tillage systems. *Sustainability*, 14(9), 4903. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14094903>
25. Houx III, J.H., Wiebold, W.J., & Fritsch, F.B. (2014). Rotation and tillage affect soybean grain composition, yield, and nutrient removal. *Field Crops Research*, 164, 12-21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.04.010>
26. Jiang-hua, T., Li-li, S., Ya-jie, L., Wen-xiu, X., & Jiang-long, P. (2016). Effects of different tillage methods on photosynthetic characteristics, dry matter production and economic benefit of double cropping soybean. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 27(1). <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201601.035>
27. Gicheru, P., Gachene, C., Mbuvi, J., & Mare, E. (2004). Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and crust formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil and Tillage Research*, 75(2), 173-184. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00161-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00161-2)
28. Naeem, M., Mehboob, N., Farooq, M., Farooq, S., Hussain, S., M. Ali, H., & Hussain, M. (2020). Impact of different barley-based cropping systems on soil physicochemical properties and barley growth under conventional and conservation tillage systems. *Agronomy*, 11(1), 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11010008>
29. Chaghazardi, H.R., Jahnsuz, M.R., Ahmadi, A., & 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(4), 687-698. <https://doi.org/https://doi.org/10.22059/ijfcs.2015.56816>
30. Sepide dam, S., & Ramroudi, M. (2016). Effects of tillage systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components and seed protein of wheat. 2(2), 33-46.

31. Alikhani, K., Bhrani, M., & Kazmini, S. (2011). Effect of tillage and corn residue on the growth, yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Field Research*, 9(3), 486-493. <https://doi.org/https://doi.org/10.22067/gsc.v9i3.11985>
32. Hofmeijer, M.A.J., Krauss, M., Berner, A., Peigné, J., Mäder, P., & Armengot, L. (2019). Effects of Reduced Tillage on Weed Pressure, Nitrogen Availability and Winter Wheat Yields under Organic Management. *Agronomy*, 9(4), 180. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy9040180>
33. D'Haene, K., Vermang, J., Cornelis, W.M., Leroy, B.L.M., Schiettecatte, W., De Neve, S., Gabriels, D., & Hofman, G. (2008). Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. *Soil and Tillage Research*, 99(2), 279-290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2008.03.003>
34. Mohammadi, K., NABI, E.K., AGHA, A.M., & Khormali, F. (2009). Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat. *Journal of Plant Production Research*, 16(4), 77-91. <https://doi.org/https://doi.org/10.1001.1.23222050.1388.16.4.5.6>
35. Kiani, M., Jahansou, M.R., & Ahmadi, A. (2017). The effect of different tillage methods on yield and growth characteristics of some autumnal chickpea. *Journal of Crops Improvement*, 18(4), 977-985. <https://doi.org/https://doi.org/10.22059/jci.2017.56547>
36. Triplett Jr, G.B., & Dick, W.A. (2008). No-tillage crop production: A revolution in agriculture. *Agronomy Journal*, 100, S-153-S-165. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronj2007.0005c>
37. Govaerts, B., Sayre, K.D., Goudeseune, B., De Corte, P., Lichter, K., Dendooven, L., & Deckers, J. (2009). Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. *Soil and Tillage Research*, 103(2), 222-230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2008.05.018>
38. Kassam, L., Farooq, M., Nawaz, A., Saharawat, Y.S., Reeves, T., Siddique, K., Pisante, M., Galieni, A., Basch, G., & Friedrich, T. (2020). *Advances in conservation agriculture* (Vol. 2). Burleigh Dodds Science Publishing.
39. Felegari, S., Hamzei, J., & Nael, M. (2018). Effect of Different Tillage Practices and Canola Cover Crop on Yield, Yield Components of Sunflower and Soil Quality Indicators in Dastjerd region (Hamedan). *Iranian Journal of Field Crops Research* 16(3), 599-614. <https://doi.org/https://doi.org/10.22067/gsc.v16i3.68952>
40. Muñoz-Romero, V., Lopez-Bellido, R.J., Fernandez-Garcia, P., Redondo, R., Murillo, S., & Lopez-Bellido, L. (2017). Effects of tillage, crop rotation and N application rate on labile and recalcitrant soil carbon in a Mediterranean Vertisol. *Soil and Tillage Research*, 169, 118-123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2017.02.004>
41. Kiliç, H., Türk, Z., & Gürsoy, S. (2015). Effect of tillage and crop residues management on lentil (*Lens culinaris* L.) yield, some yield components and weed density in rainfed areas of Turkey. *Legume Research-An International Journal*, 38(6), 781-790. <https://doi.org/http://10.0.73.117/lr.v38i6.6724>
42. Gan, Y., Liang, C., Chai, Q., Lemke, R.L., Campbell, C.A., & Zentner, R.P. (2014). Improving farming practices reduces the carbon footprint of spring wheat production. *Nature Communications*, 5(1), 5012. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/ncomms6012>
43. Mazandarani, F.M., & Asoodar, M. (2010). The effect of tillage systems and press wheel weights on dry land wheat grain yield in Khuzestan Province. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 11(1), 1-18.
44. Rabiee, M., Alizadeh, M., & Rajabian, M. (2011). Effect of tillage system and rice residue management on grain yield and its components of rapeseed (*Brassica napus* L.) as second crop in paddy fields. *Seed and Plant Production Journal*, 27(2), 147-164.
45. Toklu, F., Karaköy, T., Haklı, E., Bicer, T., Brandolini, A., Kilian, B., & Özkan, H. (2009). Genetic variation among lentil (*Lens culinaris Medik*) landraces from Southeast Turkey. *Plant Breeding*, 128(2), 178-186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01548.x>

46. Erskine, W., Muehlbauer, F.J., Sarker, A., & Sharma, B. (2009). *The lentil: botany, production and uses*. CABI.
47. Licht, M.A., & Al-Kaisi, M. (2005). Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 80(1), 233-249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.017>
48. Moraru, P.I., & Rusu, T. (2012). Effect of tillage systems on soil moisture, soil temperature, soil respiration and production of wheat, maize and soybean crops. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2), 445-448.
49. Tafes, B., Meseret, A., Eshetu, S., & Feleke, G. (2020). Soil tillage interval effect on the productivity and weed infestation of lentil (*Lens culinaris Medikus*) in Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 6(1), 1844514. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1844514>
50. Yang, Y., Ding, J., Zhang, Y., Wu, J., Zhang, J., Pan, X., Gao, C., Wang, Y., & He, F. (2018). Effects of tillage and mulching measures on soil moisture and temperature, photosynthetic characteristics and yield of winter wheat. *Agricultural Water Management*, 201, 299-308. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.003>
51. Du, C., Li, L., & Effah, Z. (2022). Effects of straw mulching and reduced tillage on crop production and environment: A review. *Water*, 14(16), 2471. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14162471>
52. Goodarzi, M., Hydayatipour, A., & Tahmasebi, M. (2021). Investigating the effect of conservation agriculture methods on soil moisture retention and bean yield. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 15(2), 369-378. <https://doi.org/https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20087942.1400.15.2.12.4>
53. Wang, Z., Hoffmann, T., Six, J., Kaplan, J.O., Govers, G., Doetterl, S., & Van Oost, K. (2017). Human-induced erosion has offset one-third of carbon emissions from land cover change. *Nature Climate Change*, 7(5), 345-349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nclimate3263>
54. Shen, Y., McLaughlin, N., Zhang, X., Xu, M., & Liang, A. (2018). Effect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. *Scientific reports*, 8(1), 4500. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-018-22822-8>
55. Wall, D., & Stobbe, E. (1984). The effect of tillage on soil temperature and corn (*Zea mays* L.) growth in Manitoba. *Canadian journal of plant science*, 64(1), 59-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.4141/cjps84-009>