University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

The Effect of Tillage Systems and Planting Density on Yield and Yield Components of Three Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.)

Aliasghar Aghamohammadi[1] | Mohammad Reza Jahansouz[2]✉ | Akbar Seifi[3] | Sorayya Navid[4] | Seyed Mohammad Bagher Hoseini[5]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: jahansuz@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
5. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: March 13, 2022
Received in revised form: February 19, 2024
Accepted: February 21, 2024
Published online: September 22, 2024

Keywords:
1000 grain weight;
conventional tillage;
fertile till;
no-tillage,
optimal density.

ABSTRACT

In order to investigate the effect of different tillage systems and planting density on yield and yield components of some of barley cultivars, an experiment was conducted at the Research Farm of college of Agricultural and Natural Resources of University of Tehran in 2016-2017. The experiment was conducted as a split-split plot experiment in a randomized complete block design with four replications. The main plot was the different systems of tillage (conventional, reduced, and no-tillage) and the sub-plot included three barley cultivars (Bahman, Nik, and Nosrat) and the sub-sub plot included three planting densities (320, 400, and 470 plants per m^2). At the end of the growing season, yield (grain and biological), yield components (number of fertile tillers, number of seeds per spike, and 1000 grain weight), spike length and plant height were measured. Among the studied treatments, the Nik cultivar in conventional tillage (9765 $kg.ha^{-1}$) and no-tillage (9030 $kg.ha^{-1}$) and Bahman cultivar in the reduced tillage system (8574 kg ha^{-1}) had the highest grain yield. Even though Nusrat cultivar had more 1000 seed weight (38.4 g) than Nik cultivar (36.59 g) and Bahman (24.57 g), that had lower the yield and harvest index in different tillage systems and planting densities due to the lower number of fertile tillers, the number of seeds per spike and the number of fertile spikes per plant. In the density of 320 and 400 plants per m^2, no significant difference was observed in harvest index, and with the increase in density from 400 to 470 plants per m^2, the harvest index decreased from 50.7 to 46.3%. Therefore, the cultivation of Nik in conventional tillage and no-tillage systems and Bahman in reduced tillage system and at the optimal density (400 plants per m^2) can increase grain production in Alborz province.

Cite this article: Aghamohammadi, A., Jahansouz, M.R., Seifi, A., Navid, S., & Hoseini, S.M.B. (2024). The effect of tillage systems and planting density on yield and yield components of three barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(3), 31-44. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.339551.654901.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2024.339551.654901

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم جو (*Hordeum vulgare* L.)

علی‌اصغر آقامحمدی[۱] | محمدرضا جهانسوز[۲]✉ | اکبر سیفی[۳] | ثریا نوید[۴] | سیدمحمدباقر حسینی[۵]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: jahansuz@ut.ac.ir
۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۵. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
بی‌خاکورزی،
پنجه بارور،
تراکم بهینه،
خاک‌ورزی مرسوم،
وزن هزار دانه.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد برخی از ارقام جو، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اصلی سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی (مرسوم، کاهشی و بی‌خاکورزی)، عامل فرعی سه رقم جو (بهمن، نیک و نصرت) و عامل فرعی سه سطح تراکم کاشت (۳۲۰، ۴۰۰ و ۴۷۰ بوته در متر مربع) بود. در انتهای فصل رشد صفات مربوط به عملکرد (دانه و زیست‌توده)، اجزای عملکرد (تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه)، طول سنبله و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. در بین تیمارهای مورد مطالعه، رقم نیک در سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم (۹۷۶۵ کیلوگرم در هکتار) و بی‌خاکورزی (۹۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم بهمن در سامانه خاک‌ورزی کاهشی (۸۵۷۴ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را داشتند. رقم نصرت نیز اگرچه از وزن هزار دانه (۳۸/۴ گرم) بیش‌تری نسبت به رقم نیک (۳۶/۵۹ گرم) و بهمن (۲۴/۵۷ گرم) برخوردار بود، ولی به دلیل پایین بودن تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله بارور در بوته، عملکرد و شاخص برداشت کمتری در سامانه‌های مختلف خاکورزی و تراکم‌های کاشت داشت. در تراکم‌های ۳۲۰ و ۴۰۰ بوته در متر مربع جو اختلاف معنی‌داری از لحاظ شاخص برداشت مشاهده نشد و با افزایش تراکم از ۴۰۰ تا ۴۷۰ بوته در متر مربع شاخص برداشت از ۵۰/۷ به ۴۶/۳ درصد کاهش یافت. بنابراین کشت رقم نیک در سامانه‌های خاکورزی مرسوم و بی خاکورزی و رقم بهمن در سامانه کم‌خاکورزی و در تراکم بهینه ۴۰۰ بوته در متر مربع، می‌تواند در افزایش تولیدات دانه‌ای استان البرز راهگشا باشد.

استناد: آقامحمدی، ع.، جهانسوز، م.ر.، سیفی، ا.، نوید، ث.، و حسینی، س.م.ب. (۱۴۰۳). تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم جو (*Hordeum vulgare* L.). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۳)، ۳۱-۴۴.
DOI: 10.22059/ijfcs.2024.339551.654901

© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

با توجه به محدودیت منابع جهت تولید و تأمین نیاز غذایی جمعیت روبه رشد، بهره‌برداری غیر اصولی از خاک سبب بروز مشکلات عدیده زیست‌محیطی شده است؛ به‌طوری‌که حدود ۳۵۰ میلیون هکتار از اراضی جهان در اثر اجرای عملیات خاک‌ورزی شدید و نامناسب دچار فرسایش شده و ماده آلی خاک‌های کشاورزی کاهش یافته است (FAO, 2020). روش‌های مختلفی جهت کنترل فرسایش و کاهش مواد آلی خاک وجود دارد که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی[1] و خصوصاً بی‌خاکورزی[2] است. کشاورزی حفاظتی سامانه کاشت گیاهی است که در آن حداقل ۳۰ درصد از بقایای گیاه قبلی باید در سطح خاک باقی بماند تا بتواند فرسایش بادی یا آبی را کاهش دهد (CTIC, 2005). محققین گزارش کردند که تبدیل خاک‌ورزی مرسوم به خاک‌ورزی حفاظتی و حضور بقایای گیاهی در سطح مزرعه در طولانی‌مدت باعث بهبود ماده آلی خاک، کاهش فرسایش آبی، تجزیه کربن آلی در خاک و بهبود شرایط رشد و تولید گیاهان زراعی می‌شود (Colecchia *et al.,* 2015).

گیاه زراعی جو ازجمله غلات سریع‌الرشد و کم‌توقع بوده که با توجه به تنوع ژنتیکی بالا، سازگاری گسترده‌ای از نظر آب‌وهوا داشته و به‌عنوان محصول استراتژیک نقش مهمی در امنیت غذایی مردم بسیاری از ممالک جهان و مناطق خشک دارد (FAO, 2018). عملکرد دانه غلات که ناشی از اثرات تجمعی اجزای متشکله آن می‌باشد تحت تأثیر عوامل اقلیمی، مدیریتی و ژنتیکی بوده و ارقام در شرایط مختلف عملکرد متفاوتی دارند (Corraliza *et al*., 2019)؛ لذا گزینش و انتخاب رقم مناسب بر اساس صفات مؤثر بر عملکرد جهت کشت در مناطق خاص به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار بااهمیت بوده و می‌تواند در افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و کاهش خلأ عملکرد نقش بسزایی داشته باشد (Alsayayydeh *et al*., 2019).

استفاده از ارقام مناسب و پربازده و تراکم بهینه کاشت به‌عنوان مهم‌ترین روش‌های زراعی، جهت افزایش عملکرد در واحد سطح از اهمیت بسزایی برخوردار است (Jin *et al.,* 2017; Yang *et al.,* 2014). میزان تراکم کاشت‌ها در مزرعه بر جذب و بهره‌وری گیاه از عوامل محیطی مانند نور (تشعشع فعال فتوسنتزی)، مواد غذایی و ... تأثیر گذاشته و به‌عنوان یک ابزار مدیریتی مفید، عملکرد دانه در واحد سطح را تعیین می‌کند (Rasaei *et al*., 2012). رشد گیاهان عمدتاً وابسته به دما، جذب نور، حاصلخیزی خاک و مواد مغذی بوده و افزایش جمعیت گیاهی ممکن است دسترسی به این عوامل را محدود نماید؛ بنابراین برای گیاهان زراعی بایستی حد مطلوب تراکم گیاهی معلوم شود تا حداکثر عملکرد حاصل شود (Nazari *et al*., 2012). محققین اظهار داشتند که عملکرد گیاه زراعی جو در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی در سال اول آزمایش کمتر ولی در سال‌های بعد بیشتر از مرسوم بوده که از دلایل آن می‌توان به محتوی رطوبت نسبی زیاد خاک، افزایش آب قابل دسترس، استفاده بیشتر گیاه از آب و کارایی مصرف آب بیشتر در دوره قبل از گل‌دهی در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی اشاره کرد (Sun *et al.,* 2018; Shao *et al*., 2015). محققین گزارش کردند که تعداد بوته در متر مربع در زمان برداشت در سامانه خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از خاک‌ورزی حفاظتی بود که دلیل آن مساعد بودن شرایط خاک برای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در سامانه خاک‌ورزی مرسوم نسبت به بی‌خاکورزی بود (Colecchia *et al.,* 2015). برخی از محققین طی بررسی اثر تراکم کاشت (۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰ بوته در متر مربع) بر عملکرد جو (رقم نصرت و لوکا)، گزارش کردند که عملکرد دانه و شاخص برداشت در تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع به‌دلیل توزیع بهتر روی زمین و جذب حداکثر نور خورشید بیشتر از سایر تراکم‌های مورد مطالعه بود (Famia *et al.,* 2014). با توجه به اهمیت موضوع، پژوهش حاضر باهدف مقایسه سامانه خاک‌ورزی حفاظتی با خاک‌ورزی مرسوم و اثر تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گیاه جو در شرایط آبی به‌منظور شناسایی مناسب‌ترین سامانه خاک‌ورزی، بهترین تراکم و برترین رقم انجام شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی – پژوهشی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج با مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی

1. Conservation Tillage
2. No-Tillage

و ارتفاع ۱۳۱۲/۵ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بلندمدت بارندگی سالانه در این منطقه ۲۵۱ میلی‌متر بوده که عمده پراکنش آن در فصول پاییز و زمستان است. میانگین درجه حرارت سالانه این منطقه نیز ۱۴/۴ درجه سلسیوس و حداقل و حداکثر مطلق دما به‌ترتیب ۲۰- و ۴۲ درجه سلسیوس می‌باشد. به‌منظور بررسی خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی بر پایه عمق نفوذ ریشه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک از چندین نقطه مزرعه نمونه‌برداری انجام شد. بر اساس نتیجه تجزیه، بافت خاک مزرعه‌های آزمایشی لومی-رسی بود (جدول ۱). با توجه به آزمایش خاک، میزان فسفر موجود در خاک در حد متعادل بود و نیازی به افزودن کود حاوی فسفر وجود نداشت؛ اما میزان نیتروژن و پتاسیم خاک کمتر از حد مطلوب بود. به همین دلیل جهت تأمین نیاز گیاه مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم در زمان کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مراحل مختلف رشدی (۲۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله سبز شدن، ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله پنجه‌زنی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز در مرحله ساقه‌روی) به‌صورت یکسان به همه‌ی کرت‌های آزمایش اضافه شد.

جدول ۱. خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری.

EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	OM (%)	Texture	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)
1.60	7.50	0.77	Clay-loam	0.07	21.20	152.00

جهت بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم کاشت بر عملکرد ارقام جو، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌اسپلیت‌پلات (کرت‌های دو بار خردشده) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۲۷ تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح فاکتور اصلی (نوع خاک‌ورزی: خاک‌ورزی مرسوم (CT)، خاک‌ورزی کاهشی (RT) و بی‌خاکورزی (NT))، سه سطح فاکتور فرعی (ارقام جو: بهمن، نیک و نصرت) و سه سطح فاکتور فرعی فرعی (تراکم بذر: ۳۲۰، ۴۰۰ و ۴۷۰ بوته در متر مربع) بودند. شناسنامه ارقام مورد مطالعه جو نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. برخی از ویژگی‌های رشدی رقم‌های مورد بررسی جو در این آزمایش.

Cultivar	Year of introduction	Yield ($t\ ha^{-1}$)	Height (cm)	Growth type	Type
Bahman	2009	5.5-6.5	80	Winter	Late
Nosrat	1996	5.5-6.0	100	Spring-Winter	Middle
Nike	2013	6.0-6.5	85	Spring-Winter	Semi early

در هر کرت آزمایش ۱۲ خط کشت با فاصله ۱۶ سانتی‌متر با طول کرت ۱۰ متر منظور شد. آزمایش در زمینی که در سال قبل تحت کشت ذرت دانه‌ای بود انجام شد. ذرت دانه‌ای در مرحله رسیدگی کامل برداشت و بقایای آن به‌طور کامل در سطح زمین پراکنده شده بود. پس از برداشت محصول، آماده‌سازی زمین در خاکورزی‌های مختلف به روش‌های زیر انجام شد:

الف) خاک‌ورزی مرسوم: عملیات خاک‌ورزی در اکثر مناطق ایران به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار و بدون وجود بقایای گیاهی انجام می‌شود. توانایی گاوآهن در برگرداندن خاک، امکان دفن بقایای گیاهی را در عمقی پایین‌تر از عمق بستر بذر فراهم نموده و با زیر و رو کردن خاک، هوادهی و مخلوط شدن مواد غذایی با لایه توسعه ریشه را امکان‌پذیر می‌کند. برگرداندن خاک همچنین با دفن بذور علف‌های هرز تأثیر بسزایی در کاهش جمعیت علف‌های هرز در کشت محصول بعدی ایفا می‌کند. بدین منظور در آزمایش حاضر از دستگاه‌های متداول و مرسوم منطقه برای خاک‌ورزی استفاده شد. زمین ابتدا به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر شخم زده شد. سپس یک دیسک به عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر برای نرم‌کردن کلوخه‌ها زده شد و در نهایت با استفاده لولر، زمین تسطیح شد. برای کاشت بذر و کوددهی نیز از دستگاه خطی‌کار تاکا مدل Rock 2200 استفاده شد. در این روش تردد ماشین‌آلات جهت آماده‌سازی و کاشت بذر پنج بار بود.

ب) کم‌خاکورزی، کاهشی یا حداقل[1]: در روش کم‌خاک‌ورزی عملیات بر حسب نوع گیاه و میزان بقایای محصول قبلی تا عمـــق کـــافی (۱۵-۸ سانتی متر) برای قرار دادن کود و بذر و مخلوط کردن بقایا با لایه سطحی انجام می‌گیرد. در آزمایش حاضر دستگاه شخم کاهشی که یک دستگاه خاک‌ورز مرکب (چیزل پکر) بود، جهت آماده‌سازی زمین برای کشت، تنها یک‌بار وارد زمین شد. پس از تهیه زمین، خطی‌کار تاکا جهت کاشت بذر وارد زمین شد. در این روش تردد ماشین‌آلات جهت آماده‌سازی و کاشت بذر دو بار بود.

ج) بی‌خاکورزی: در روش بی‌خاک‌ورزی هیچ نوع عملیات خاک‌ورزی صورت نمی-پذیرد و تنها ماشین کاشت، کود و بذر را باحداقل بهم‌خوردگی در خاک قرار می‌دهد. همچنین در این روش بقایای گیاهی در سطح خاک (روی خاک) رها می‌شوند. در آزمایش حاضر در این نوع خاک‌ورزی عملیات کاشت بذر صرفاً با استفاده از خطی‌کار بدون خاک‌ورزی شیلان (Shilan 2500) و بدون اینکه خاک شخم بخورد، انجام شد. در این روش تردد ماشین‌آلات جهت کاشت بذر یک‌بار بود.

جهت کشت ارقام جو، بذور ابتدا از نظر درصد خلوص و قوه نامیه مورد آزمایش قرار گرفتند و بر اساس آزمون جوانه‌زنی از درصد خلوص ۹۸ و قوه نامیه ۹۶ درصد برخوردار بودند. پس از آماده‌سازی زمین، کشت ارقام جو در ۲۷ آبان‌ماه انجام شد. برای به‌دست آمدن تراکم ۳۵۰، ۴۵۰ و ۵۵۰ بوته در متر مربع، بر اساس وزن هزار دانه به‌ترتیب میزان ۱۳۸، ۱۷۶، و ۲۱۴ کیلوگرم در هکتار بذر رقم بهمن و ۱۵۰، ۱۹۱، و ۲۳۲ کیلوگرم در هکتار بذر رقم نیک و نصرت کاشته شد. بلافاصله پس از کاشت، کرت‌های آزمایش به‌صورت یکنواخت با روش تحت فشار (بارانی) آبیاری شدند. به‌منظور جلوگیری از وقوع تنش خشکی بر گیاهان و ایجاد شرایط پتانسیل برای رشد، در طی دورهٔ رشد پنج بار مزارع آبیاری شد. علف‌های هرز مزرعه نیز به‌صورت دستی وجین شد. مزارع مورد مطالعه عاری از هرگونه آفات و بیماری بودند؛ لذا هیچ کنترلی انجام نشد.

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد از چهار ردیف وسط هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای (۵۰ سانتی‌متر ابتدایی و انتهایی هر واحد آزمایشی)، در اواخر خردادماه یک متر مربع برداشت شد و پس از شمارش تعداد سنبله در متر مربع، ۱۰ بوته کامل از هر کرت نیز به‌طور تصادفی جهت اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته (تا انتهای سنبله)، تعداد پنجه بارور، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن ۱۰۰۰ دانه انتخاب شد. طول سنبله از انتهای دمگل تا انتهای سنبله‌هایی که در امتداد سنبله قرار داشتند، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکردهای زیستی[2] و دانه[3] نیز اندام‌های مورد هدف به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و درنهایت با ترازوهای دیجیتالی دقیق توزین شدند. شاخص برداشت ارقام نیز با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

رابطه ۱- شاخص برداشت = (عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)/عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)) × ۱۰۰

بعد از جمع‌آوری داده‌ها و ثبت در اکسل (Excel)، تمامی تجزیه‌های آماری صورت‌گرفته در تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 2008) نسخه 9.4 صورت گرفت. بدین منظور و با توجه به نیاز از رویه‌های GLM، MEANS و CORR استفاده شد. قبل از تجزیه واریانس، از نرمال‌بودن توزیع خطای آزمایشی در هر یک از تیمارها و یکنواخت‌بودن آن در بلوک‌های آزمایشی اطمینان حاصل شد و سپس عملیات تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد صورت گرفت.

۳. نتایج پژوهش و بحث

۳-۱. عملکرد دانه

نتایج نشان داد که فقط اثر اصلی رقم و متقابل خاک‌ورزی × رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). ارقام مورد بررسی جو در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی عملکرد دانه متفاوتی داشتند؛ به‌طوری‌که رقم نیک در سامانه‌های

1Reduced tillage or Minimum tillage

2Biological yield

3Grain yield

خاک‌ورزی مرسوم (۹۷۶۵ کیلوگرم در هکتار) و بی‌خاکورزی (۹۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم بهمن در سامانه خاک‌ورزی کاهشی (۸۵۷۴ کیلوگرم در هکتار) از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بودند (شکل ۱). رقم نصرت در سامانه بی‌خاکورزی (۶۳۶۶ کیلوگرم در هکتار) نیز کمترین عملکرد دانه را داشت. محققین گزارش کردند که وضعیت تخلخل و ویژگی‌های مؤثر بر انتقال آب در خاک در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی به‌دلیل تأثیر در رشد ریشه گیاه و جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند از علل کاهش عملکرد دانه در سال‌های ابتدایی استفاده از سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی باشد (Cai *et al*., 2014). گزارش‌ها نشان داد که رشد ریشه گیاهان تحت تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی که خاک در آن‌ها شرایط فیزیکی متفاوتی دارند قرار می‌گیرند؛ به‌طوری‌که در خاک‌ورزی حفاظتی موجودات زنده موجب ایجاد خلل و فرج پیوسته در خاک شده که برخی از ارقام غلات در این شرایط می‌توانند بهتر از سایر ارقام از وضعیت موجود بهره‌برداری کنند (McKenzie *et al.,* 2009) و یا فشردگی خاک می‌تواند باعث ایجاد مقاومت مکانیکی در برابر ریشه‌دهی و رشد و نمو ریشه در بعضی از ارقام غلات شود (Atkinson *et al.,* 2007). محققین گزارش کردند که عملکرد دانه جو در سامانه خاک‌ورزی مرسوم به‌ترتیب ۲۹ و ۱۷ درصد بیشتر از کم‌خاکورزی و بی‌خاکورزی بود (Malecka *et al.,* 2012).

۳-۲. عملکرد زیست‌توده

فقط اثر اصلی رقم و تراکم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل خاک‌ورزی × رقم بر عملکرد زیستی ارقام جو در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). عملکرد زیست‌توده رابطه مستقیمی با تراکم کاشت داشته و با افزایش تراکم عملکرد زیست‌توده افزایش یافت (شکل ۱). بیشترین عملکرد زیست‌توده جو در تراکم ۴۷۰ بوته در متر مربع، ۱۷۴۰۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین در تراکم ۳۲۰ بوته در متر مربع، ۱۵۹۰۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱). همانند عملکرد دانه، رقم نیک در سامانه خاک‌ورزی مرسوم (۱۸۶۳۶ کیلوگرم در هکتار) و رقم بهمن در سامانه خاکورزی کاهشی (۱۸۶۰۸ کیلوگرم در هکتار) از عملکرد زیستی بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (شکل ۱). در سامانه‌های بی‌خاکورزی و کم‌خاکورزی نیز رقم نصرت عملکردهای دانه و زیست‌توده کمتری را داشت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که عملکرد زیست‌توده ارقام در سامانه خاک‌ورزی مرسوم (۱۷۳۷۸ کیلوگرم در هکتار)، ۱۱/۰ درصد بیشتر از بی‌خاکورزی (۱۵۴۶۰ کیلوگرم در هکتار) و ۱/۳ درصد بیشتر از کم‌خاک‌ورزی (۱۷۱۴۵ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۱). عملکرد زیست‌توده ارقام نیز در سامانه بی‌خاکورزی ۱۰/۸ درصد کمتر از کم‌خاکورزی بود. محققین گزارش کردند که سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر ماده خشک تولیدی و به تبع آن عملکرد دانه تأثیر مستقیمی دارند، لذا تفاوت در میزان زیست‌توده می‌تواند منجر به تغییر در عملکرد محصول شود (Kumudini *et al.,* 2008).

مطالعات نشان داد که در سال اول کشت حفاظتی، تخلخل کم و چگالی بالا در لایه اولیه خاک موجب سفت و غیر قابل نفوذ شدن خاک و نامناسب‌شدن شرایط برای رشد ریشه گیاه می‌شود. اثر فشردگی لایه زیرین خاک بر رشد ریشه ممکن است مستقیماً تحت تأثیر مقاومت مکانیکی خاک و یا به‌صورت غیر مستقیم متأثر از مقدار اکسیژن خاک و قابلیت دسترسی عناصر غذایی و وضعیت آب خاک باشد (Wiese, 2013; Keshavarzpour, 2013).

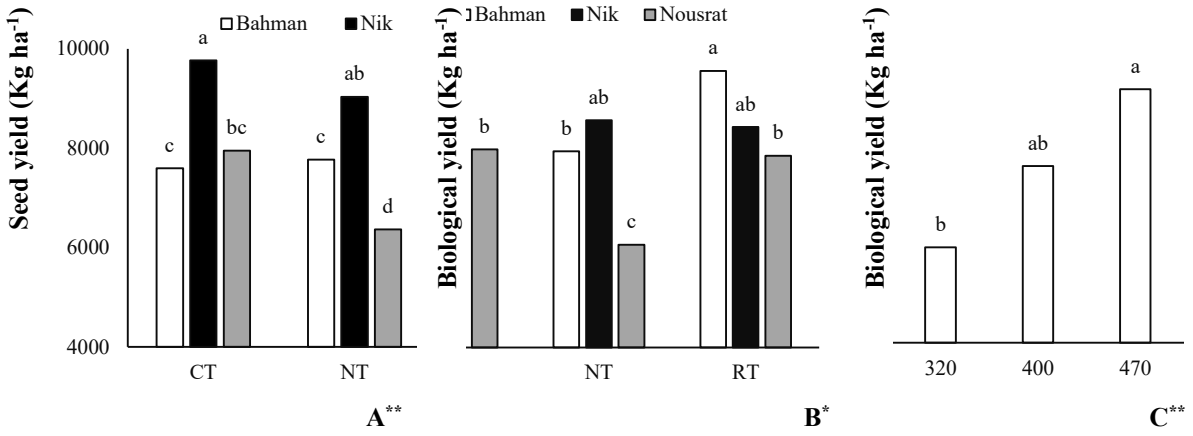
۳-۳. شاخص برداشت

نتایج نشان داد که فقط اثرهای اصلی رقم و تراکم کاشت بر شاخص برداشت به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در بین ارقام رقم نیک با ۵۱/۵ درصد بیشترین و رقم بهمن با ۴۶/۱ درصد کمترین شاخص برداشت را داشت (شکل ۲). در تراکم‌های ۳۲۰ و ۴۰۰ بوته در متر مربع جو اختلاف معنی‌داری از لحاظ شاخص برداشت مشاهده نشد و با افزایش تراکم از ۴۰۰ تا ۴۷۰ بوته در متر مربع، شاخص برداشت از ۵۰/۷ به ۴۶/۳ درصد کاهش یافت (شکل ۲). از دلایل این امر می‌توان به تفاوت الگوی توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی و عملکرد زیست‌توده بالای ارقام در تراکم‌های بالا اشاره نمود (شکل ۱). محققین گزارش کردند که با افزایش تراکم تا حد مطلوب، بر میزان شاخص برداشت افزوده می‌شود و با افزایش تراکم از حد مطلوب به‌دلیل تشدید رقابت بین و درون‌بوته‌ای مواد فتوسنتزی بیش‌تر به اندام‌های هوایی تخصیص داده شده که همین امر منجر به کاهش عملکرد دانه نسبت به اندام‌های هوایی و درنهایت شاخص برداشت شد (Farnia *et al.,* 2015; Yadav & Dhanai, 2017).

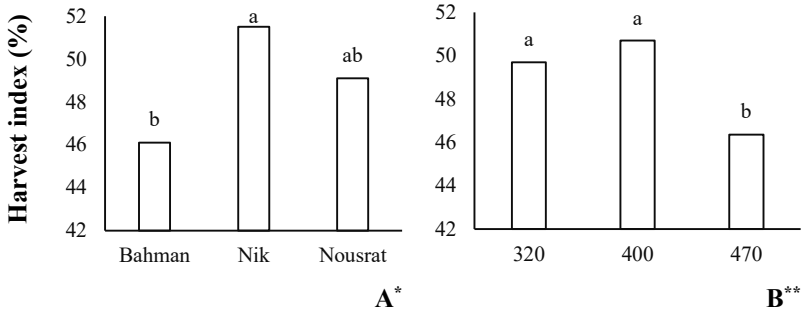
جدول ۳. تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی، رقم و تراکم کاشت بر صفات عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات مورفولوژیک جو.

Source of variation	Degree of freedom	Mean Square								
		Seed yield	Biological yield	Harvest index	Number of fertile tiller	Number of spike per m^2	Spike length	Number of seed per spike	1000 seed weight	Plant height
Block	3	2252095 ^{ns}	14552080 ^{ns}	75.23 ^{ns}	0.21 ^{ns}	7050 ^{ns}	0.72 ^{ns}	32.00 ^{ns}	12.70 ^{ns}	61.55 ^{ns}
Tillage (A)	2	4803959 ^{ns}	39403152 ^{ns}	16.23 ^{ns}	2.53 ^{ns}	39820 *	15.44 **	16.32 ^{ns}	4.95 ^{ns}	133.71 ^{ns}
Erorre (a)	6	9369243	10839816	119.40	0.61	3792	0.57	39.70	15.71	37.68
Cultivar (B)	2	24209456 **	65124004 **	262.41 *	2.17 ^{ns}	368548 **	0.13 *	15.27 **	20.38 **	67.37 **
A × B	4	7492470 **	11785304 **	45.36 ^{ns}	0.53 ^{ns}	23390 **	0.37 ^{ns}	41.05 *	12.04 ^{ns}	179.20 **
Erorre (b)	18	1596409	4624610	54.50	0.67	4526	0.24	16.13	13.32	24.67
Density (C)	2	2534683 ^{ns}	20238415 **	188.9 **	9.06 **	51566 **	0.78 *	66.71 ^{ns}	3.39 ^{ns}	25.34 ^{ns}
A × C	4	628009 ^{ns}	208423 ^{ns}	8.41 ^{ns}	1.01 ^{ns}	2482 ^{ns}	0.15 ^{ns}	103.3 **	2.66 ^{ns}	100.40 **
B × C	4	821311 ^{ns}	1588933 ^{ns}	17.73 ^{ns}	0.35 ^{ns}	2904 ^{ns}	0.23 ^{ns}	26.95 ^{ns}	11.61 *	86.63 **
A × B × C	8	1494890 ^{ns}	4773366 ^{ns}	61.88 ^{ns}	1.56 **	4836 ^{ns}	0.19 ^{ns}	20.85 ^{ns}	2.00 ^{ns}	36.72 ^{ns}
Errore (total)	54	1285820	3854268	35.10	0.48	2636	0.20	17.37	4.38	21.99
CV (%)	-	13.9	11.7	12.1	26.5	8.50	7.61	7.68	6.32	5.50

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری یک و پنج درصد می‌باشد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر خاک‌ورزی × رقم بر عملکرد دانه (**A**) و زیست‌توده (**B**) و اثر اصلی تراکم کاشت بر عملکرد زیست‌توده (**C**) جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک (**) و پنج (*) درصد می‌باشند.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرهای رقم (A) و تراکم کاشت (B) بر شاخص برداشت جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک (**) و پنج (*) درصد می‌باشند.

۳-۴. تعداد پنجه بارور در بوته

اثرهای اصلی تراکم کاشت و سه‌گانه خاک‌ورزی × رقم × تراکم کاشت بر تعداد پنجه بارور در بوته جو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). در خاکورزی مرسوم در هر سه رقم مورد مطالعه و در روش بی‌خاکورزی غیر از رقم نیک با افزایش تراکم

از ۳۲۰ تا ۴۷۰ بوته در متر مربع، تعداد پنجه بارور کاهش یافت. در روش بی‌خاکورزی با افزایش تراکم از ۳۲۰ تا ۴۰۰ بوته در متر مربع، تعداد پنجه بارور رقم نیک از ۳/۲ به ۱/۸ عدد کاهش یافت و با افزایش تراکم از ۴۰۰ تا ۴۷۰ بوته در متر مربع تعداد پنجه بارور افزایش یافت.

به‌طور کلی نیز بیش‌ترین تعداد پنجه بارور در رقم بهمن در تراکم ۳۲۰ بوته در متر مربع وخاک‌ورزی مرسوم (۳/۵۷ عدد) و کم‌ترین تعداد پنجه نیز در رقم نصرت با تراکم ۴۷۰ بوته در متر مربع تحت شرایط بی‌خاکورزی مشاهده شد (جدول ۴). اگرچه در تراکم‌های پایین تعداد پنجه بارور در بوته، بیشتر بود، ولی در تراکم‌های بالا به دلیل تعداد بوته در واحد سطح بیشتر، تعداد پنجه بارور در سطح و به تبع آن عملکرد دانه و زیستی بیشتر می‌باشد. در این آزمایش تعداد پنجه بارور در بوته در تراکم‌های کم‌تر و سامانه خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از تعداد پنجه در تراکم‌های بالاتر و سامانه خاک‌ورزی حفاظتی بود که با گزارش‌های محققین مختلف همخوانی داشت (Clegert *et al.,* 2016; Leghari *et al.,* 2015).

جدول ٤. مقایسه میانگین اثر سه‌گانه خاک‌ورزی × رقم × تراکم بوته بر تعداد پنجه بارور در بوته جو.

Planting Density (plant m^{-2})	Conventional tillage			No tillage			Reduced Tillage		
	Bahman	Nik	Nosrat	Bahman	Nik	Nosrat	Bahman	Nik	Nosrat
320	3.57a	3.10a-d	2.97a-e	2.77a-e	3.22a-c	3.42a-b	3.51a	3.11a-d	2.72a-g
400	2.62a-g	2.22d-g	2.32c-g	2.87a-f	1.82f-i	2.22d-h	3.25a-c	3.20a-c	2.45b-f
470	2.00efg-i	2.21h-i	1.32h-i	1.75g-i	2.82a-e	1.07i	3.41a-b	1.82f-i	2.82a-e

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد می‌باشند.

تعداد پنجه در بوته به‌طور مستقیم تحت تأثیر میزان تراکم است؛ به‌طوری‌که افزایش تراکم منجر به افزایش رقابت درون‌گونه‌ای شده و این رقابت باعث تأثیر در خصوصیات مورفولوژیک گیاه می‌شود و اولین واکنشی که گیاه در مواجهه با رقابت نشان می‌دهد، کاهش تعداد پنجه است (Clegert *et al.,* 2016). مطالعات نشان داد که تراکم‌های بالا در مزرعه منجر به کاهش تعداد پنجه در گیاه و افزایش تراکم پنجه در سطح مزرعه و کاهش تعداد دانه در هر خوشه می‌شود که علت آن رقابت ریشه گیاهان برای دستیابی به آب و مواد غذایی موجود در خاک و رقابت اندام‌های هوایی گیاهان برای جذب نور گزارش شد (Clegert *et al.,* 2016; Lafarge *et al.,* 2002). در تراکم‌های بالا، نور قرمز در سطح کانوپی توسط اندام‌های گیاهی قسمت بالای کانوپی جذب و یا منعکس می‌شود و در نتیجه نور قرمز دور به قسمت‌های پایین و جایی که پنجه‌های جوان در حال رشد هستند، نفوذ می‌کند. نور قرمز دور منجر می‌شود که کربن کم‌تری در گیاه ذخیره شود و این کمبود کربن منجر به ایجاد رقابت بین اندام‌های گیاه می‌شود که همین امر می‌تواند به جلوگیری از ایجاد پنجه‌های بیشتر در گیاه منتج شود (Clegert *et al.,* 2016).

مطالعات نشان داد که گیاهان در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی، تعداد پنجه کم‌تری نسبت به خاک‌ورزی مرسوم داشتند (Angas *et al*., 2008)، زیرا در برخی شرایط سامانه خاک‌ورزی حفاظتی باعث فشردگی خاک می‌شود که می‌تواند وزن مخصوص ظاهری خاک، میزان نفوذپذیری خاک، سبز شدن گیاه، رشد و گسترش ریشه و در نهایت پنجه‌زنی، رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طورکلی، خاک‌ورزی از طریق تأثیر بر مقاومت مکانیکی خاک، هوادهی خاک، پیوستگی و پایداری و اندازه منافذ و همچنین مقدار منافذ زیستی خاک، درجه حرارت خاک، میزان آب خاک، عناصر غذائی خاک و همچنین برهم‌کنش آن‌ها، می‌تواند میزان رشد ریشه و در نتیجه رشد بخش‌های هوایی گیاه را متأثر نماید. همچنین رشد ریشه نیز می‌تواند در کشت مستقیم به‌دلیل تراکم لایه سطحی خاک محدودتر گردد که نتیجه آن تولید سامانه ریشه‌ای عمدتاً سطحی‌تر در زمان پنجه‌زنی در مقایسه با سامانه خاک‌ورزی مرسوم است (Clegert *et al.,* 2016).

۳–۵. تعداد سنبله بارور در متر مربع

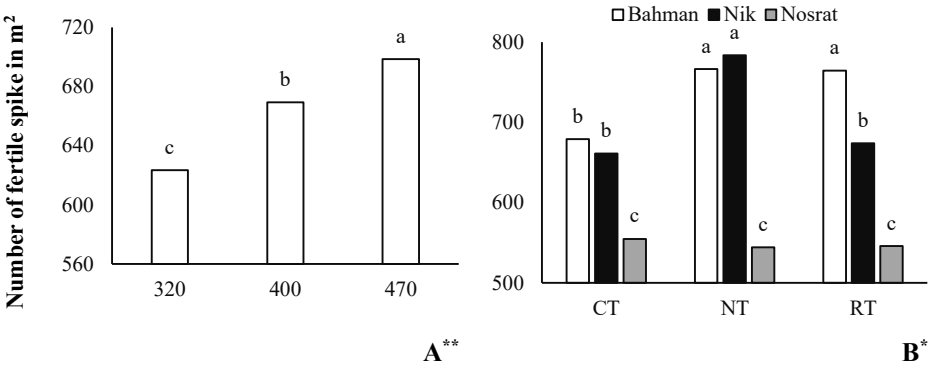
اثر خاک‌ورزی در سطح پنج درصد و اثرهای اصلی رقم، تراکم کاشت و دوگانه خاک‌ورزی × رقم بر تعداد سنبله در واحد سطح گیاه جو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). با افزایش تراکم تعداد سنبله بارور در متر مربع ارقام افزایش یافت (شکل ۳). بیش‌ترین تعداد سنبله بارور در واحد سطح در تراکم ۴۷۰ بوته در متر مربع (۶۹۸ عدد) و کمترین در تراکم ۳۲۰ بوته در متر مربع (۶۲۳ عدد) مشاهده شد (شکل ۳). در تراکم‌های پایین به‌دلیل فراهم‌بودن فضای کافی، هر بوته تعداد پنجه بیشتری داشت،

اما افزایش پنجه‌زنی در تراکم‌های کم‌تر نمی‌تواند کاهش تعداد سنبله در واحد سطح را نسبت به تراکم‌های بالاتر جبران کند (Ahmadi *et al*., 2012). اثر متقابل خاک‌ورزی × رقم نشان داد که ارقام نیک و بهمن در سامانه بی‌خاکورزی به‌ترتیب با ۷۸۳ و ۷۶۶ عدد بیشترین تعداد سنبله بارور در متر مربع را داشتند. در تمام سامانه‌های خاک‌ورزی مورد مطالعه کم‌ترین تعداد سنبله بارور در متر مربع نیز در رقم نصرت مشاهده شد. از دلایل عملکرد بالای رقم نیک نیز می‌توان به این امر اشاره نمود. محققین گزارش کردند که تعداد سنبله بارور در واحد سطح مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد دانه می‌باشد و وجود تراکم بهینه باعث افزایش تولید سنبله بارور در گندم می‌شود (Asmamaw, 2017). مطالعات نشان داد که سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر تعداد سنبله بارور در واحد سطح داشته و در سامانه خاک‌ورزی مرسوم بیش‌تر از خاک‌ورزی کاهشی و بی‌خاکورزی بود (Song *et al*., 2016).

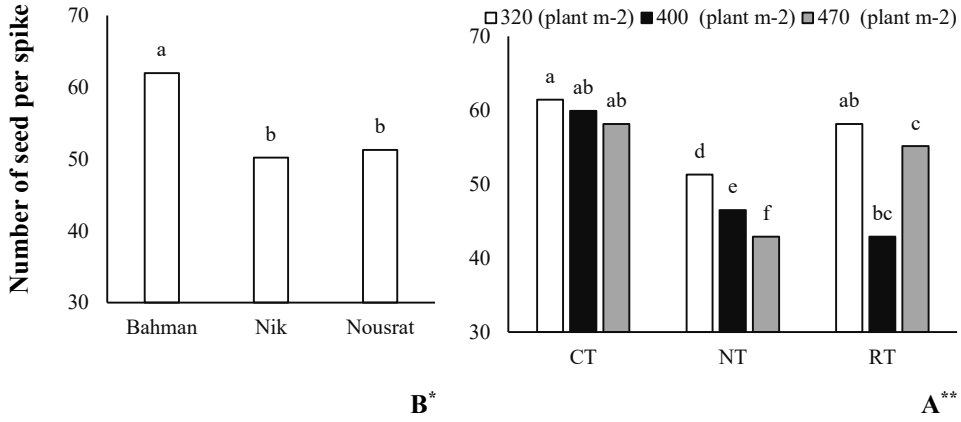
۳-۶. تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تأثیر سامانه خاک‌ورزی، رقم و اثر متقابل خاک‌ورزی × تراکم در سطح احتمال یک درصد و تأثیر تراکم کاشت بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه معنی‌دار نبودند (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در سنبله در رقم بهمن (۶۱/۹) و کمترین در رقم نیک (۵۰/۲) مشاهده شد (شکل ۴). استفاده از برخی ارقام به دلیل داشتن تعداد سنبله بیش‌تر در واحد سطح، احتمالاً باعث تشدید رقابت درون‌بوته‌ای در مصرف مواد فتوسنتزی در زمان تشکیل آغازه‌های گل می‌شود که سبب کاهش در تعداد آغازه‌های گل در سنبلچه و در نهایت تعداد دانه در سنبله می‌شود. در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بیش‌ترین (۵۶/۹) و کم‌ترین (۴۹/۷) تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب در تراکم کاشت ۳۲۰ و ۴۰۰ بوته در متر مربع بود (شکل ۴). با افزایش میزان بذر، رقابت بین بوته‌ای بیش‌تر شده و سهم هر بوته از عناصر غذایی خاک و نور کاهش می‌یابد، لذا امکان تولید مواد فتوسنتزی و تشکیل دانه کم‌تری در هر سنبله وجود خواهد داشت.

اثر دوگانه خاک‌ورزی × تراکم نیز نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در تیمار سامانه خاک‌ورزی مرسوم با هر سه تراکم موجود و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله (۴۲/۹) نیز در سامانه بی‌خاکورزی با تراکم ۴۷۰ بوته در متر مربع و کم‌خاکورزی با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (شکل ۴). در این آزمایش رابطه معکوسی بین تعداد سنبله بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله مشاهده شد و تعداد دانه در سنبله تیمارهایی که تعداد سنبله بارور بیشتری داشتند، کمتر بود (شکل‌های ۳ و ۴). علت این امر می‌تواند رقابت درون‌بوته‌ای سنبله‌ها برای دستیابی به مواد فتوسنتزی در شرایطی که تعداد سنبله بارور زیاد است، باشد. مطالعات نشان داد که تراکم‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشتند؛ به‌طوری‌که با افزایش تراکم از تعداد دانه در سنبله کاسته شد (Yadav & Dhanai, 2017). در آزمایشی تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت و تعداد دانه در سنبله در سامانه خاک‌ورزی کاهشی و بی‌خاکورزی به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سامانه خاک‌ورزی مرسوم بود (Leghari *et al.,* 2015).



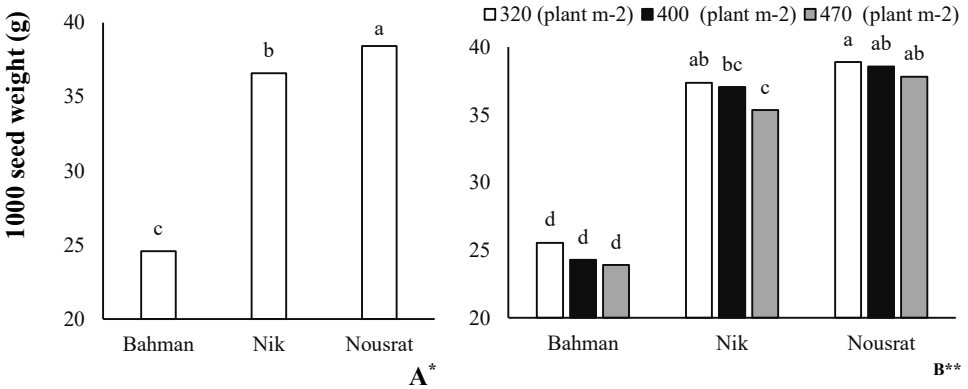
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم (A) و متقابل خاک‌ورزی × رقم (B) بر تعداد سنبله بارور در متر مربع جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد می‌باشند.



شکل ٤. مقایسه میانگین اثر اصلی رقم (A) و متقابل خاک‌ورزی × تراکم کاشت (B) بر تعداد دانه در سنبله جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک (**) و پنج (*) درصد می‌باشند.

۳–۷. وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که فقط اثرهای اصلی رقم و متقابل رقم × تراکم کاشت بر وزن هزار دانه جو به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳). وزن هزار دانه رقم نصرت (۳۸/۴ گرم) بیش‌تر از رقم نیک (۳۶/۵۹) و بهمن (۲۴/۵۷ گرم) بود (شکل ۵). در ارقام مختلف با افزایش تراکم وزن هزار دانه کاهش یافت و بیش‌ترین وزن هزار دانه در رقم نصرت با هر سه تراکم موجود و رقم نیک با تراکم ۳۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (شکل ۵). کم‌ترین وزن هزار دانه نیز در رقم بهمن در هر سه تراکم مورد مطالعه بود که از دلایل آن می‌توان به تعداد سنبله بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله زیاد این رقم، اشاره کرد (شکل‌های ۳ و ۴). ارتباط معکوسی بین تعداد سنبله بارور در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله با وزن هزار دانه مشاهده شد و وزن هزار دانه در تیمارهایی که تعداد سنبله بارور و تعداد دانه در سنبله بیش‌تری داشتند، کمتر بود. نتایج ضرایب همبستگی نیز تأییدکننده این امر بود (جدول ۵). مطالعات نشان داد که با کاهش تراکم در ارقام جو، وزن هزار دانه افزایش می‌یابد که از دلایل آن می‌توان به کمتربودن تعداد مخازن در تراکم پایین و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت این مخازن و افزایش وزن دانه اشاره کرد (Keshavarzpour, 2013; Yadav & Dhanai, 2017).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر اصلی رقم (A) و متقابل رقم × تراکم کاشت (B) بر وزن هزار دانه جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک (**) و پنج (*) درصد می‌باشند.

۳–۸. طول سنبله

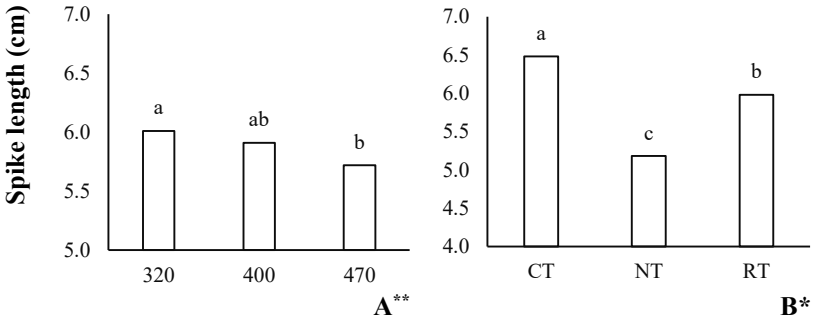
نتایج نشان داد که فقط اثر اصلی سامانه خاک‌ورزی و تراکم کاشت بر طول سنبله به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین طول سنبله در سامانه خاک‌ورزی مرسوم و ۳۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (شکل ۶). طول سنبله با میزان تراکم رابطه عکس داشته و با افزایش تراکم از ۳۲۰ به ۴۷۰ بوته در متر مربع طول سنبله از ۶/۰ به ۵/۷ سانتی‌متر

کاهش یافت (شکل ۶). در تراکم‌های پایین به علت افزایش طول سنبله، تعداد دانه در سنبله ارقام بیشتر بود، زیرا با کاهش تراکم، رقابت برای دریافت نور، آب و غذا کاهش و شرایط برای رشد بهتر فراهم می‌شود (Ahmadi *et al.,* 2012; Asmamaw, 2017). طول سنبله در خاک‌ورزی مرسوم (۶/۴ سانتی‌متر) نیز بیشتر از کم‌خاکورزی (۵/۹ سانتی‌متر) و بی‌خاکورزی (۶/۱ سانتی‌متر) بود. لگری (Leghari, 2015) گزارش کرد که طول سنبله در سامانه خاک‌ورزی مرسوم (۱۲/۷ سانتی‌متر) بیش‌تر از خاک‌ورزی حداقل (۱۰/۷ سانتی‌متر) و بی‌خاکورزی (۱۰ سانتی‌متر) بود.

۳-۹. ارتفاع بوته

اثر اصلی رقم و اثرات متقابل خاک‌ورزی × رقم، خاک‌ورزی × تراکم و رقم × تراکم بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و سایر اثرات اصلی و متقابل معنی‌دار نبودند (جدول ۳). در همه‌ی سامانه‌های خاک‌ورزی بیش‌ترین ارتفاع بوته در رقم نصرت و کم‌ترین در سامانه خاک‌ورزی مرسوم و رقم بهمن (۶۶/۸ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۷). ارتفاع بوته در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم‌های مختلف، متفاوت بود؛ به‌طوری‌که در سامانه خاک‌ورزی مرسوم و کاهشی با افزایش تراکم بر ارتفاع بوته افزوده شد، ولی در سامانه بی‌خاکورزی با افزایش تراکم از ارتفاع بوته کاسته شد (شکل ۷). اثر متقابل خاک‌ورزی × تراکم نیز نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در تیمارهای خاک‌ورزی کاهشی × تراکم‌های ۴۰۰ و ۴۷۰ بوته در متر مربع (۸۷ سانتی‌متر) و خاک‌ورزی مرسوم × تراکم ۳۲۰ بوته در متر مربع (۷۹ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۷). به‌طور کلی نیز ارتفاع بوته ارقام جو در سامانه کم‌خاکورزی (۸۶ سانتی‌متر) حدود ۴/۴ درصد بیشتر از بی‌خاکورزی (۸۴ سانتی‌متر) و خاک‌ورزی مرسوم (۸۳ سانتی‌متر) بود. ارتباط منفی بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته مشاهده شد، لذا ارقامی که ارتفاع بوته بیشتری داشتند (نصرت)، به علت تعداد پنجه و سنبله بارور و تعداد دانه در سنبله کمتر، عملکرد دانه کمتری داشتند (شکل‌های ۱ تا ۷).

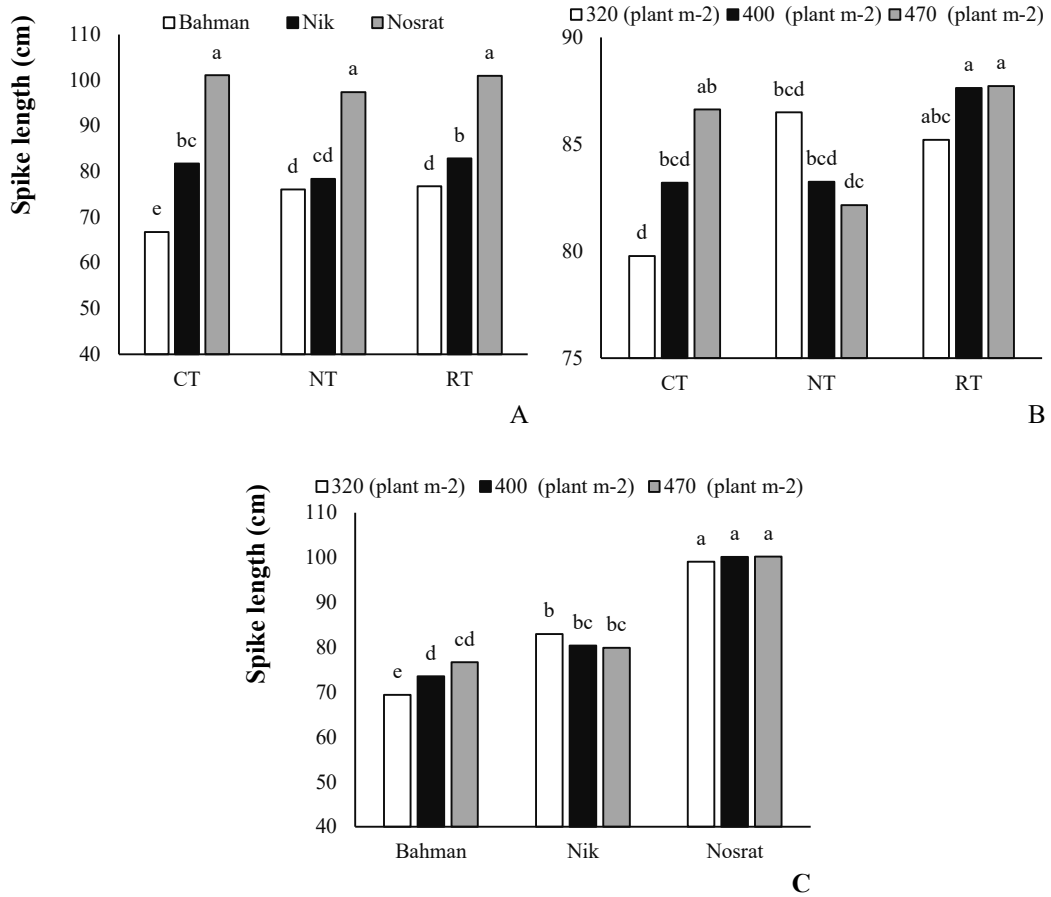
اثر متقابل رقم × تراکم نشان داد که ارتفاع بوته رقم نصرت در همه تراکم‌ها (۹۹ سانتی‌متر) بیش‌تر از رقم نیک (۸۱ سانتی‌متر) و بهمن (۷۳ سانتی‌متر) بود (شکل ۷). با افزایش تراکم ارتفاع بوته در رقم بهمن و نصرت افزایش، ولی در رقم نیک کاهش یافت. رشد رویشی زیاد اوایل دوره رشد در رقم نیک سبب تسریع در ایجاد محدودیت منابع و به دنبال آن تشدید رقابت به‌ویژه در تراکم‌های بالا شد که کاهش ارتفاع بوته را در تراکم‌های بالاتر باعث شد (چنینی، ۱۳۹۳). بیش‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در رقم نصرت با تراکم ۴۰۰ و ۴۷۰ بوته در متر مربع (۱۰۰/۲ سانتی‌متر) و کمترین در رقم بهمن با تراکم ۳۲۰ بوته در متر مربع (۶۹/۴ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۷). محققین گزارش کردند که سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گندم داشته و ارتفاع بوته با افزایش تراکم به‌دلیل افزایش رقابت برای جذب نور و در شخم مرسوم و کاهشی بیش‌تر از سامانه بدون شخم بود (Taner *et al*., 2015).



شکل ٦. مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم کاشت (A) و نوع خاکورزی (B) بر طول سنبله ارقام جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک (**) و پنج (*) درصد می‌باشند.

۳-۱۰. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات عملکرد، اجزای عملکرد و برخی از صفات مورفولوژیک جو

نتایج همبستگی صفات نشان داد که عملکرد دانه به‌ترتیب با صفات عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد سنبله بارور در متر مربع (به‌ترتیب با ۰/۷۶، ۰/۳۴ و r =۰/۲۱) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل خاک‌ورزی × رقم (A)، خاک‌ورزی × تراکم کاشت (B) و رقم × تراکم کاشت (C) بر ارتفاع بوته جو.
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح یک درصد می‌باشند.

جدول ۵. ضریب‌های همبستگی بین صفات عملکرد، اجزای عملکرد و برخی از صفات مورفولوژیک رقم‌های جو.

Trait	SY	BY	HI	NFT	NFS	SL	NS	PH	1000SW
Seed Yield (SY)	1.00	0.76**	0.34*	0.17^{ns}	0.21*	-0.04^{ns}	-0.21^{ns}	0.04^{ns}	0.13^{ns}
Biological Yield (BY)		1.00	-0.32*	-0.04^{ns}	0.26*	0.04^{ns}	-0.04^{ns}	0.02^{ns}	-0.08^{ns}
Harvest index (HI)			1.00	0.33^{ns}	-0.08^{ns}	-0.10^{ns}	0.27*	0.02^{ns}	0.12^{ns}
Number of fertile till (NFT)				1.00	0.30*	-0.19^{ns}	0.08^{ns}	-0.26*	-0.18^{ns}
Number of fertile spike per m^2 (NFS)					1.00	0.10^{ns}	-0.17^{ns}	0.28*	-0.08^{ns}
Spike length (SL)						1.00	0.01*	0.03^{ns}	-0.18^{ns}
Number of seed per spike (NS)							1.00	-0.22*	-0.26*
Plant height (PH)								1.00	0.34*
1000 seeds weight (1000SW)									1.00

^{ns}، ** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح آماری یک و پنج درصد می‌باشد.

عملکرد زیست‌توده نیز با شاخص برداشت همبستگی منفی (r = −۰/۳۲) و با تعداد سنبله بارور در متر مربع همبستگی مثبت (r =۰/۲۶) و معنی‌دار داشت. شاخص برداشت جو، علاوه بر عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله (r =۰/۲۷) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. موضوع مذکور نشان‌دهنده آن است که دلیل اصلی افزایش شاخص برداشت جو افزایش عملکرد دانه به دنبال افزایش تعداد سنبله بارور در بوته و تعداد دانه در سنبله می‌باشد. باتوجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد سنبله بارور در متر مربع با ارتفاع بوته (r =۰/۳۰) و تعداد پنجه بارور در بوته (r =۰/۳۰) می‌توان اظهار داشت که ارقامی که تعداد پنجه بارور بیشتری در

بوته داشتند از تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و به‌تبع آن از عملکرد دانه و شاخص برداشت بیشتری برخوردار بودند. نتایج همچنین نشان داد که وزن هزار دانه ارقام با تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی و معنی‌دار (r = −۰/۲۶) و با ارتفاع بوته (r =۰/۳۴) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. موضوع مذکور تأییدکننده نتایج شکل‌های ۳ تا ۵ می‌باشد.

محققان نیز گزارش کردند که عملکرد دانه با عملکرد زیست‌توده بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را دارا می‌باشد (Aghamiri *et al*., 2012). برخی دیگر از محققین نیز گزارش کردند که بین عملکرد دانه و تنها جزء عملکرد یعنی تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (Milomirka *et al*., 2010).

۴. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد در بین تیمارهای مورد مطالعه، رقم نیک در سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم (۹۷۶۵ کیلوگرم در هکتار) و بی‌خاکورزی (۹۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم بهمن در سامانه خاک‌ورزی کاهشی (۸۵۷۴ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را داشتند. رقم نیک به‌دلیل عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد سنبله بارور در متر مربع بیشتر و ارتفاع بوته کمتر، در سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاکورزی پرمحصول‌ترین رقم بوده و جهت کشت در استان البرز می‌تواند مناسب باشد. رقم بهمن نیز به‌دلیل تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در بوته بیشتر و ارتفاع بوته کمتر، مناسب‌ترین و پرمحصول‌ترین تیمار در سامانه خاک‌ورزی کاهشی بود. رقم نصرت نیز اگرچه از وزن هزار دانه (۳۸/۴ گرم) بیش‌تری نسبت به رقم نیک (۳۶/۵۹) و بهمن (۲۴/۵۷ گرم) برخوردار بود، ولی به دلیل پایین‌بودن تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله بارور در بوته، عملکرد و شاخص برداشت کمتری در سامانه‌های مختلف خاکورزی و تراکم‌های کاشت داشت. شاخص برداشت ارقام نیز با افزایش تراکم از ۳۲۰ به ۴۰۰ بوته در متر مربع افزایش و با افزایش تراکم کاشت از ۴۰۰ تا ۴۷۰ بوته در متر مربع کاهش یافت که از دلایل این امر عملکرد زیست‌توده بالا و تعداد پنجه بارور، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه پایین ارقام در تراکم‌های بالای کاشت می‌باشد. در سامانه خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاکورزی، عملکرد دانه نوسان زیادی داشت و اختلاف عملکرد محصول بین ارقام مختلف زیاد بود، ولی در سامانه خاک‌ورزی کاهشی نوسان عملکرد ارقام بسیار کم‌تر بود و عملکرد بین ارقام مختلف تقریباً پایدار بود که می‌تواند در مناطق وسیع و در طولانی‌مدت در جهت حفظ پایداری تولید مد نظر باشد. بنابراین کشت رقم نیک در سامانه‌های خاکورزی مرسوم و بی‌خاکورزی و رقم بهمن در سامانه کم‌خاکورزی و در تراکم بهینه ۴۰۰ بوته در متر مربع، می‌تواند در افزایش تولیدات دانه‌ای استان البرز راهگشا باشد. از طرفی دیگر، اگرچه به‌طور کلی عملکرد دانه ارقام جو در سامانه خاک‌ورزی مرسوم (۸۴۳۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به بی‌خاکورزی (۷۷۲۲ کیلوگرم در هکتار) و کم‌خاکورزی (۸۲۱۳ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب ۸/۵ و ۲/۶ درصد بیش‌تر بود، ولی با توجه به ماهیت خاک‌ورزی حفاظتی و تأثیر مثبت آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طولانی‌مدت، با تکرار آزمایش در سال‌های بعد و اعمال سطوح مختلف تیمارهای کودی (به‌ویژه نیتروژن) ممکن است این اختلاف کاهش یابد.

۵. منابع

Aghamiri, M.M., Mostafavi, K.H., & Mohammadi, A. (2012). Investigation of the relationship between grain yield and yield components in barley varieties and new hybrids using multivariate statistical methods. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *10*(2), 421-427.

Ahmadi, A., Hosseinpour, T., & Soltani, M. (2012). The effect of plant density on yield and its components in three rainfed barley cultivars. *Journal of Agriculture*, *Pajouhesh & Sazandegi*, *102*, 131-140. (In Persian).

Alsayaydeh, R., Bawalize, A., Al-Ajloumi, Z., Akash, M.W., Abu – Elenein, J., & Al-Abdallat, M. (2019). Agronomic evaluation and yield performance of selected barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces from Jordan. *International Journal of Agronomy*, *5*(2), 1-12.

Angas, P., Lampurlanes, J., & Cantero-Martinez, C. (2008). Tillage and N fertilization effect on N dynamics and barley yield under semiarid Mediterranean conditions. *Soil Tillage Research*, *87*, 59-71.

Asmamaw, B.A. (2017). Effect of planting density on growth, yield and yield attributes of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Agricultural Research*, *12*(35), 2713-2721.

Atkinson, B.S., Sparkes, D.L., & Mooney, S.J. (2007). Using selected soil physical proper ties of seedbeds to predict crop establishment. *Soil Tillage Research*, *97*, 218-228.

Cai, H., Ma, W., Zhang, X., Ping, J., Yan, X., Liu, J., & Ren, J. (2014). Effect of subsoil tillage depth on nutrient accumulation, root distribution, and grain yield in spring maize. *Crop Journal*, *2*(5), 297-307.

Clegert, B., Bueno, C., Domingo, A., Layaoen, H., & Vial, L. (2016). Leaf emergence, tillering, plant growth, and yield in response to plant density in a high- yielding aerobic rice crop. *Field Crops Research*, *199*, 52-64.

Colecchia, S.A., Vit, A., De, P., & Rinaidi, M. (2015). Effects of tillage systems in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Cereal Research Communications*, *43*(4), 704-716.

Corraliza, M.G., Rplp, V., Lopez, M.L., & Moreno, G. (2019). Wheat and barley can increase grain yield in shade through acclimation of physiological and morphological traits in Mediterranean conditions. *Nature*, *Scientific Reports*, *9*, 9547.

CTIC (2005). Conservation Technology Information Center. *National Crop Residue Management Survey* 2004.

FAOSTAT (FAO). (2020). Crop database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/data/QC.

Farnia, A., Aminbaygi, A., & Niazi Fard, A. (2014). The effect of plant density on comparison forage yield of spring barley cultivar. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, *3*(3), 244 -250.

Jin, X., Liu, S., Baret, F., Hemerle, M., & Comar, A. (2017). Estimates of plant density of wheat crops at emergence from very low altitude UAV imagery. *Remote sensing of Environment*, *198*, 105-114.

Keshavarzpour, F. (2013). Effect of different tillage methods on yield and yield components of forage corn. *Academic Journal of Plant Sciences*, *6*(1), 42-46.

Kumudini, S., Grabau, L., Van Sanford, D., & Omielan, J. (2008). Analysis of yield-formation processes under no-till and conventional tillage for soft red winter wheat in the South Central Region. *Agronomy Journal*, *100*(4), 1026-1033.

Lafarge, T.A., Broad, I.J., & Hammer, G.L. (2002). Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities: Identification of a common hierarchy for tiller emergence, leaf area development and fertility. *Annals of Botany*, *90*, 87-98.

Leghari, N.S., Mirja, M., Mughal, A.Q.M., Rajpar, I., & Magsi, H. (2015). Effect of different tillage methods on the growth, development, yield and yield components of bread wheat. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, *6*(5), 36-46.

Malecka, I., Blecharczyk, A., Sawinska, Z., & Dobrzeniecki, T. (2012). The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield. *Journal of Agriculture and Forestry*, *36*(2), 217-226.

McKenzie, B.M., Bengough, A.G., Hallett, P.D., Thomas, W.T.B., Forster, B., & McNicol, J.W. (2009). Deep rooting and drought screening of cereal crops: A novel field based method and its application. *Field Crops Research*, *112*, 165-171.

Milomirka Madic, A., Paunovic, A., & Knezevic, D. (2010). Correlation and path confident analysis for yield and yield components in winter barley. *Acta Agriculturae Serbica*, *20*, 3-9.

Nazari, H.R. (2012). The effect of planting date and plant density on yield and its components in the cold region Aligudarz. *New Science of Sustainable Agriculture*, *7*(3), 64-75. (In Persian).

SAS Institute (2008). The SAS System for Windows, Release 8.0. Carry, NC: Statistical Analysis System Institute.

Shao, Y., Xie, Y., Wang, C., Yue, J., Yao, Y., Li, X., Liu, W., Zhu, Y., & Guo, T. (2016). Effects of different soil conservation tillage approaches on soil nutrients, water use and wheat-maize yield in rain fed dry-land regions of North China. *European Journal of Agronomy*, *81*, 37-45.

Song, K., Yang, J., Xue, Y., Lv, W., Zheng, X., & Pan, J. (2016). Influence of tillage practices and straw incorporation on soil aggregates, organic carbon, and crop yields in a rice-wheat rotation system. *Scientific Reports*.

Sun, L., Wang, S., Zhang, Y., Li, J., Wang, X., Wang, R., Lyu, W., Chen, N., & Wang, Q. (2018). Conservation agriculture based on crop rotation and tillage in the semi-arid Loess Plateau, China: Effects on crop yield and soil water use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *251*, 67-77.

Taner, A., Arisoy, R.Z., Kaya, Y., Gultekin, I., & Partigoç, F. (2015). The effects of various tillage systems on grain yield, quality parameters and energy indices in winter wheat production under the rainfed conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, *24*(4), 1463-1473.

Wiese, J.D. (2013). The effect of crop rotation and tillage practice on soil moisture, nitrogen mineralization, growth, development, yield and quality of wheat produced in the startled area of South Africa. MS.c. Thesis. Faculty of Agriculture at Stellenbosch University.

Yadav, M.S., & Dhanai, C.S. (2017). Effect of different doses of nitrogen and seed rate on various characters and seed yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*(2), 1-5.

Yang, G.Z., Luo, X.J., Nie, Y.C., & Zhang, X.L. (2014). Effects of plant density on yield and canopy micro environment in hybrid cotton. *Journal of Integrative Agriculture*, *13*(10), 2154–2163.