



The effect of plant density on agronomic and physiological traits of different corn lines in the northern of Khuzestan province

Gholamhosein Eslamnia¹, Mohammad Reza Moradi-Telavat^{2*} , Seyyed Ataollah Siadat³,
Khalil Alamisaeid², Ali Akbar Saneinejad⁴

1. PhD Student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran
3. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran
4. Researcher, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center

Citation: Eslamnia, GH., Moradi-Telavat, M.R., siadat, S.A., Alamisaeid, KH., Saneinejad, A.A. (2025). The effect of plant density on agronomic and physiological traits of different corn lines in the northof Khuzestan province. *Plant Productions*, 48(1), 39-52.

Abstract

Introduction

Commercial corn varieties for cultivation in different regions of the world for kernel and fodder production are hybrid type varieties that are offered annually by seed production companies for planting in farmers' fields. In recent years, the area under corn cultivation in Iran has increased, indicating the importance of this crop in the country's agricultural policies. Fodder corn varieties are classified into early- maturing (less than 85 days), medium maturing (85-135 days), and late-maturing (more than 135 days) types. Optimal planting density is a key factor in maximizing yield, as it must be adjusted based on regional climatic conditions and the cultivated varieties. Corn responds to plant density more significantly than other cereal crops due to its impact on yield components. Selecting high-yielding cultivars and applying appropriate planting densities also improve water-use efficiency. Additionally, determining the optimal planting density for maternal lines in seed production can enhance seed yield per unit area, ultimately increasing.

Materials and Methods

This study aimed to evaluate the eco-physiological responses of different corn lines to planting density in the northern of Khuzestan. The experiment was conducted during the summers of 2018 and 2019 at the Safi-Abad-Dezful Agriculture and Natural Resources Research and Training Center. A factorial experiment was implemented using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main factor was planting density at three levels (60, 85 and 110 thousand plants per hectare), while the second factor was genotype, consisting of five

* **Corresponding Author:** Mohammad Reza Moradi-Telavat
E-mail: moraditelavat@asnrkh.ac.ir



experimental corn lines (SD-95-11, C3-95-5, C3-95-15, C4-95-2, C4-95-3) and the control line MO17).

Results and Discussion

The highest seed yield (2115 kg ha^{-1}) was observed at a planting density of 110000 plants per hectare for line 103, whereas the lowest yield (1030 kg ha^{-1}) was recorded at a density of 60000 plants per hectare for line 119. The results showed that the density of 110000 plants per hectare was optimal for most measured traits, making it the most suitable planting density for the tested lines. Additionally, line 103 was identified as the high potential genotype, suggesting its potential use in corn breeding programs for hot and dry regions.

Conclusion

Previous studies indicate that optimal planting density for grain corn is approximately 80000 plants per hectare, while for fodder corn, it is around 100000 plants per hectare. However, since the experimental materials in this study were pure corn lines, which are generally smaller than hybrids, they required higher planting densities than commercial corn varieties. Determining the appropriate planting density for corn lines is particularly important for individuals and companies engaged in seed production, as pure maternal and paternal lines are used in this sector. Achieving the optimum plant density in corn lines farms can be very important for seed producer companies, because pure paternal and maternal lines are used in these farms. On the other hand, out of a total of 6 lines used, line number 103 was selected as the best line that can be used in corn breeding programs in hot and dry regions of the country.

Keywords: Biological yield, Kernel yield, Seed production, Warm and dry regions

توليدات گیاهی، ۱۴۰۴، ۴۸(۱)، ۳۹-۵۲

<https://plantproduction.scu.ac.ir/>

ISSN (P): 2588-543X; ISSN (E): 2588-5979

Doi: 10.22055/ppd.2024.47210.2179

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲




توليدات گیاهی

مقاله پژوهشی

تأثیر تراکم بوته بر صفات زراعی و فیزیولوژیک لاین های مختلف ذرت در شرایط شمال

استان خوزستان

غلامحسین اسلام‌نیا^۱، محمدرضا مرادی تلاوت^{۲*} , سیدعطاءالله سیادت^۳، خلیل عالمی سعید^۲، علی اکبر صانعی نژاد^۴

- ۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، اهواز، ایران
- ۲- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، اهواز، ایران
- ۳- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، اهواز، ایران
- ۴- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول

چکیده

ارقام تجاری ذرت جهت کشت در مناطق مختلف جهان جهت تولید دانه و علوفه، ارقام هیبریدی هستند که سالانه توسط شرکت‌های تولید بذر جهت کاشت در مزارع کشاورزان عرضه می‌شوند. از این رو بررسی رشد، عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک لاین‌های ذرت در شرایط مختلف مدیریتی و زراعی می‌تواند سبب شناسایی مدیریت بهینه لاین‌های مورد نظر جهت تولید هیبریدهای ذرت شود. بنابراین، به منظور بررسی پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک لاین‌های مختلف ذرت به تراکم کاشت در شمال خوزستان، آزمایشی در تابستان سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول واقع در استان خوزستان انجام شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه تراکم بوته (۶۰ و ۸۵ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) به عنوان عامل اول در کرت‌های اصلی و شش ژنوتیپ ذرت (لاین‌های MO17 (شاهد)، SD-95-11، C3-95-5، C3-95-15، C4-95-2، C4-95-3) به عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش صفات شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ، شاخص کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص برداشت، و عملکرد زیست‌توده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین لاین‌های ذرت در واکنش به تراکم بوته در واحد سطح مزرعه بود. بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار و لاین ۱۰۳ (۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در تراکم ۶۰ هزار بوته در هکتار و لاین ۱۱۹ (۱۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار در بیشتر صفات دارای بالاترین مقادیر بود و به عنوان بهترین تراکم کاشت برای لاین‌های مورد آزمایش در نظر گرفته شد. از بین صفات مورفولوژیک مؤثر بر رشد گیاه، سطح ویژه برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه نشان داد. همچنین لاین شماره ۱۰۳

نویسنده مسئول: محمدرضا مرادی تلاوت

رایانامه: moraditelavat@asnrukh.ac.ir

به‌عنوان لاین برتر انتخاب گردید که از آن می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی ذرت در مناطق گرم و خشک کشور استفاده نمود. از طرف دیگر در مجموع از بین ۶ لاین مورد استفاده، لاین شماره ۱۰۳ به‌عنوان برترین لاین انتخاب گردید که از آن می‌توان در برنامه به‌نژادی ذرت در مناطق گرم و خشک کشور استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: سطح ویژه برگ، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، مناطق گرم و خشک

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان در جهان محسوب می‌شود و سهم عمده‌ای در تأمین غذای بسیاری از مردم جهان دارد (Jans *et al.*, 2010). ذرت به علت داشتن مواد قندی و نشاسته زیاد و میانگین عملکرد علفه‌ای بیش از ۸۰ تن در هکتار یکی از بهترین گیاهان جهت تولید علفه سبز، سیلو و دانه محسوب می‌شود. با در نظر داشتن نیاز روزافزون کشور به تأمین مواد غذایی و تولید فراورده‌های دامی و سهم ذرت در جیره غذایی طیور، بررسی عوامل مهم افزایش تولید این محصول استراتژیک اهمیت زیادی پیدا کرده است (Imam, 2011).

این گیاه نقش مهمی در زراعت جهانی دارد و یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی مناطق فاریاب و یک‌گیاه نسبتاً حساس به شوری است (Ghahramani, 2016). در سال‌های اخیر سطح زیر کشت ذرت در ایران افزایش یافته که نشان از اهمیت این گیاه زراعی در سیاست‌های زراعی کشور دارد. در کشور ما ذرت یکی از مهم‌ترین منابع انرژی در تغذیه طیور محسوب می‌گردد و حدود ۷۰-۶۵ درصد ترکیب دان مرغ را تشکیل می‌دهد. سطح زیر کشت ذرت در جهان ۲۰۳/۵ میلیون هکتار و تولید جهانی آن در سال ۲۰۲۲ معادل ۱/۱۶ میلیارد تن بوده است (FAO, 2022).

یکی از عوامل مهم و مؤثر در یک زراعت خوب، انتخاب رقم مناسب کشت با توجه به شرایط اقلیمی و زمانی در منطقه است. ارقام ذرت علفه‌ای از نظر طول دوره زندگی به ارقام زودرس با طول دوره زندگی کمتر از ۸۵ روز، ارقام متوسط رس با طول دوره زندگی بین ۸۵-۱۳۵ روز و ارقام دیررس با طول دوره زندگی بیش از ۱۳۵ روز تقسیم می‌شوند که در این تقسیم‌بندی‌ها به علت این که

ذرت علفه‌ای در مرحله خمیری دانه برداشت می‌شود طول دوره به مدت ۱۵-۲۰ روز کاهش می‌یابد. در ارقام زودرس تعداد برگ و ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Rezazadeh, 2013). ارقام زودرس ذرت که شامل گروه‌های رسیدن «FAO 100-400» هستند، نسبت به ارقام دیررس طول دوره رشد و نمو کوتاه‌تری دارند و می‌تواند در بیشتر مناطق ذرت کاری ایران به ویژه در مناطق سرد و معتدل، به صورت کشت دوم و در مناطق بسیار سرد کشور در کشت اول (بهاره) مورد استفاده قرار گیرند (Mousavi, 2011).

برخی محققین بر این باورند که تراکم بالای بوته در گیاهان یک نوع تنش محسوب می‌گردد که رشد و نمو گیاهان زراعی را در تمام طول دوره رشد تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tang *et al.*, 2018). واکنش ذرت به تراکم در مزرعه به دلیل تغییراتی که در اجزای عملکرد محصول به وجود می‌آید، بیشتر از سایر محصولات وحینی است. مناسب‌ترین تراکم گیاهی برای ذرت در ایران بین ۵۳ تا ۸۸ هزار بوته در هکتار شناخته شده است (Shakarami and Rafiee, 2009). انتخاب تراکم بهینه احتمال جذب مؤثر تابش را برای گیاه زراعی فراهم می‌نماید و باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه می‌گردد (Qingfeng *et al.*, 2016). از سوی دیگر، تراکم بالاتر از میزان بهینه، با ایجاد شرایط تنش عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Omidi *et al.*, 2021). از آنجاکه تنش‌های محیطی در طول دوره رشد و نمو گیاه از اصلی‌ترین دلایل کاهش عملکرد می‌باشند (Mahrokh *et al.*, 2020)، لذا دقت در انتخاب ژنوتیپ مناسب و سازگار که در شرایط تنش عملکرد مناسبی داشته باشند از موضوعات مهم در زراعت محسوب می‌گردد (Balazadeh *et al.*, 2021). یافته‌های پیشین محققین نشان دادند که در گیاهانی مانند ذرت که

شامل لاین‌های MO17 (شاهد)، SD-95-11، C3-95-5، C3-95-15، C4-95-2، C4-95-3 بود. لاین‌های C3-95-15 و C3-95-5 میان رس، ارتفاع بوته حدود ۷۵ تا ۱۰۰ سانتی‌متر، ۱۸ تا ۲۸ دانه در ردیف، ۱۴ تا ۱۶ ردیف دانه در بلال، وزن هزاردانه ۲۲۰ الی ۳۰۰ گرم، فرم دانه به صورت دندان اسبی، عملکرد دانه حدود ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و متحمل به گرما و خشکی می‌باشند. لاین‌های C4-95-2 و C4-95-3 دیررس، ارتفاع بوته حدود ۷۵ تا ۱۱۰ سانتی‌متر، ۱۸ تا ۲۷ دانه در ردیف، ۱۴ تا ۱۶ ردیف دانه در بلال، وزن هزاردانه ۲۵۰ تا ۳۲۰ گرم، فرم دانه دندان اسبی و متحمل به گرما و نسبتاً متحمل به خشکی می‌باشد. لاین SD-95-11 دیررس، ارتفاع بوته ۷۵ تا ۹۵ سانتی‌متر، ۱۸ تا ۲۷ دانه در ردیف، ۱۴ تا ۱۶ ردیف دانه در بلال، وزن هزاردانه حدود ۲۲۰ تا ۲۸۰ گرم، فرم دانه دندان اسبی، عملکرد دانه حدود ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و متحمل به گرما و خشکی می‌باشد.

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. عامل‌های این آزمایش شامل سه سطح تراکم بوته (۶۰ و ۸۵ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) به عنوان عامل اول و شش لاین به عنوان عامل دوم بودند. کاشت بذور در اول مردادماه انجام شد و در مرحله چهار برگه شدن بوته‌ها عملیات تنک کردن انجام شد. در طول اجرای آزمایش مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد.

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، از خطوط نمونه‌برداری، به طور تصادفی پنج بوته در مرحله ظهور گل تاجی انتخاب و پس از جدا کردن برگ‌ها، سطح برگ به وسیله دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ برای هر کرت از تقسیم سطح بوته‌های نمونه‌برداری شده بر مساحت اشغال شده توسط بوته‌های نمونه‌برداری شده محاسبه شد.

با برداشت بوته‌ها از سطح زمین و قرار دادن نمونه‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد و از دست دادن کامل رطوبت، وزن خشک کل در واحد سطح تحت عنوان عملکرد

عملکرد تک بوته بالا دارند، قدرت رقابت درون‌گونه‌ای پایین‌تر بوده و این گیاهان نسبت به تراکم‌های بالا حساسیت بیشتری دارند (Zhai *et al.*, 2015). این در حالی است که برخی ژنوتیپ‌های ذرت قادرند در تراکم‌های بالای کشت و شرایط مدیریت نامناسب نیز عملکرد بهینه داشته باشند و نسبت به تنش‌های محیطی توانایی تحمل بیشتری داشته باشند (Sandhu and Dhillon, 2021). لذا به عقیده برخی محققین تغییر تراکم بوته در گیاه ذرت یک روش مناسب جهت انتخاب و گزینش ژنوتیپ‌های قوی‌تر برای اهداف خاص می‌باشد (Dhaliwal and Williams., 2020; Mahrokh *et al.*, 2023).

انتخاب تراکم مناسب لاین‌های مادری ذرت نیز می‌تواند تأثیر به‌سزایی در میزان بذور تولیدی این لاین‌ها داشته و در نهایت منجر به افزایش بهره‌وری گردد. با این اوصاف، پژوهش حاضر به منظور تعیین بهترین تراکم لاین‌های مختلف ذرت از نظر شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیک در منطقه شمال استان خوزستان در راستای افزایش تولید و بهره‌وری این لاین‌ها اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی واکنش صفات زراعی و فیزیولوژیک لاین‌های مختلف ذرت به تراکم کاشت در شمال خوزستان، در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد-دزفول در تابستان سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا شد. این منطقه با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا قرار دارد. شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش نیمه گرمسیر، دارای تابستان‌های گرم و خشک و طولانی و زمستان‌های بارانی و مرطوب است. فصل گرما در این منطقه از اردیبهشت‌ماه شروع و تا اواخر مهر ادامه می‌یابد. دوره بارندگی معمولاً بین ماه‌های آبان تا اردیبهشت است. شرایط اقلیمی و ویژگی‌های آب‌و‌خاک این منطقه مستعد برای رویش بسیاری از گیاهان زراعی است. لاین‌های مورد آزمایش

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از هر کرت به مساحت دو مترمربع از دو ردیف وسط برداشت انجام گرفت. در ادامه دانه‌ها از چوب بلال جدا و وزن دانه مشخص شد. میزان رطوبت دانه‌های هر کرت به وسیله دستگاه رطوبت‌سنج تعیین و وزن و عملکرد دانه‌ها بر اساس رطوبت ۱۴ درصد گزارش و محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد ماده خشک دانه بر عملکرد ماده خشک کل محاسبه شد.

تجزیه آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده و تجزیه مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها عملکرد و اجزای آن علاوه بر آزمون چند دامنه دانکن، به شیوه برش‌دهی فیزیکی نیز صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که اثر سال برای صفات ارتفاع گیاه، عملکرد زیست‌توده، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود. از طرف دیگر اثر عامل تراکم بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌غیر از تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود. همچنین اثر لاین‌های مختلف ذرت در تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌جز ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱).

زیست‌توده اندازه‌گیری شد. سطح ویژه برگ، حاصل نسبت سطح برگ به وزن برگ است. در مرحله ظهور گل تاجی، از طریق محاسبه نسبت سطح برگ با واحد (مترمربع) به وزن خشک برگ (گرم) سطح ویژه برگ محاسبه شد. میزان کلروفیل با استون ۸۰ درصد استخراج و میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین شد. بدین صورت که از برگ‌های هر تیمار ۰/۱ گرم جدا و در فالكون‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به مدت ۴۸ ساعت غوطه‌ور شدند. در این مدت فالكون‌ها در مکانی بدون نور نگهداری شده و سپس نمونه گیاهی را از محلول استون جدا کرده و محلول باقی مانده قرائت و غلظت کلروفیل از طریق روابط مربوطه بدست آمد (اشرف و همکاران، ۱۹۹۴).

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته پنج بوته به‌طور تصادفی در مرحله ظهور گل تاجی انتخاب و ارتفاع آن اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته تعیین شد. از هر تیمار نیز به‌طور تصادفی پنج بلال انتخاب و تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال شمارش و وزن هزار دانه تعیین شد. جهت اندازه‌گیری هر چه دقیق‌تر وزن هزار دانه، رطوبت نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه رطوبت‌سنج مشخص شد و بر اساس رطوبت ۱۴ درصد گزارش شد.

Table 1. Variance analysis of traits measured during two crop years

S.O.V	df	Mean Squared (MS)			
		Plant height	Leaf chlorophyll	Specific leaf area	Leaf area index
Year	1	133 ^{**}	0.002 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	0.037 ^{ns}
Year×Replication	4	41	0.032	0.0024	0.201
Density	2	3201 ^{**}	0.018 ^{**}	0.042 ^{**}	4.55 ^{**}
Year×Density	2	110 ^{**}	0.006 ^{**}	0.00003 ^{ns}	0.023 ^{**}
Line	5	3.94 ^{ns}	0.018 ^{**}	0.011 ^{**}	0.29 ^{**}
Year×Line	5	3.97 ^{ns}	0.004 ^{**}	0.0004 ^{**}	0.007 ^{**}
Density×Line	10	5.7 ^{ns}	0.001 ^{**}	0.0008 ^{**}	0.037 ^{**}
Year×Density×Line	10	4.6 ^{ns}	0.0006 ^{**}	0.0001 ^{ns}	0.009 [*]
Error	68	7.6	0.00008	0.00006	0.004
C.V (%)		2.92	2.58	4.2	2.48

ns, * and ** indicate non-significance, significance at 5% level and significance at 1% level, respectively.

Continuation of Table 1. Variance analysis of traits measured during two crop years

S.O.V	df	Mean Squared (MS)						
		Harvest index	Biological yield	Kernel yield	Kernel N content	1000- kernel weight	Number of kernel per ear	Number of kernel rows per cob
Year	1	4.68 ^{ns}	5188551 ^{**}	131252 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	1274.4 ^{**}	44 ^{**}	48 ^{**}
Year×R	4	83.7	48009	458702	0.0026 ^{**}	92.3 ^{**}	10.8	11.7
Density	2	163 ^{**}	20986722 ^{**}	3739850 ^{**}	0.0001 ^{ns}	136.5 ^{**}	4.48 ^{**}	.25 ^{ns}
Year× Density	2	22.77 ^{**}	2311236 ^{**}	450338 ^{**}	0.0001 ^{ns}	7.8 ^{ns}	1.44 ^{ns}	.33 ^{ns}
Line	5	50.37 ^{**}	3423927 ^{**}	865836 ^{**}	0.0065 ^{**}	352.0 ^{**}	75.4 ^{**}	3.97 ^{**}
Year×Line	5	2.06 ^{ns}	87913 ^{ns}	18782 ^{**}	0.0002 ^{ns}	16.2 ^{ns}	4.23 ^{**}	2.22 ^{**}
Density×line	10	2.52 [*]	466703 ^{**}	23633 ^{**}	0.0002 ^{ns}	2.4 ^{ns}	.63 ^{ns}	.25 ^{ns}
Year× Density×Line	10	2.85 ^{**}	100784 ^{ns}	9001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	3.6 ^{ns}	.66 ^{ns}	.42 ^{ns}
Error	68	1.01	65505	6069	0.0003	7.4	.82	.36
C.V (%)		4.27	3.98	5.08	1.7	1.0	.62	3.91

ns, * and ** indicate non-significance, significance at 5% level and significance at 1% level, respectively.

است. برای به حداقل رساندن این رقابت‌ها و دستیابی به حداکثر عملکرد، علاوه بر تراکم، نحوه توزیع بوته در واحد سطح از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج برهم‌کنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد زیست‌توده با ۷۳۸۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین مقدار با ۵۱۹۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۹ اختصاص یافت (شکل ۲). نشان داده شده است تراکم بوته اختلاف معنی‌داری را در ماده خشک کل و شاخص برداشت ایجاد می‌کند (Cox and Cherney, 2001). گزارش شده است با افزایش تراکم عملکرد زیست‌توده به صورت خطی افزایش می‌یابد (Donaldson *et al.*, 2001; Bauer., 2008). همچنین گزارش شده است عملکرد زیست‌توده هیبرید سینگل کراس ۵۵۰ تحت اثر تراکم تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد (Amraei, 2022).

شاخص برداشت

نتایج برهم‌کنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین شاخص برداشت با ۲۸/۵ درصد به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین مقدار با ۱۹/۹ درصد به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۹ تعلق داشت (شکل ۳). شاخص برداشت تابعی از عملکرد دانه و عملکرد زیست

عملکرد دانه

نتایج اثر برهم‌کنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه با ۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین با ۱۰۳۰ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۹ تعلق داشت (شکل ۱). نتایج نشان داد که با کاهش تراکم عملکرد دانه کاهش یافت و افزایش عملکرد دانه متأثر از افزایش تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه بود. عملکرد تراکم‌های پائین به علت کمبود تعداد بوته در واحد سطح و همچنین ایجاد ناهماهنگی در ظهور گل‌های نر و ماده محدود می‌شود. گزارش شده است تراکم‌های بالای ذرت منجر به کاهش عملکرد می‌گردد که با انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌توان در شرایط تراکم‌های بالاتر عملکرد دانه را بهبود بخشید (Wang *et al.*, 2011; Mahrokh *et al.*, 2023). همسو با یافته‌های این تحقیق، اثر تراکم و ژنوتیپ بر عملکرد دانه معنی‌دار گزارش شده است (Widdicombe and Thelen 2002; Al-Naggar *et al.*, 2021).

عملکرد زیست‌توده

عملکرد زیست‌توده نتیجه رقابت برون‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای در کسب نهاده‌های تولید برای رشد و نمو

توده است، به طوری که با تغییر هر کدام شاخص برداشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به دلیل تابعیت شاخص برداشت تابعی از دو صفت عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده، هرگونه تغییر در این صفات، شاخص برداشت را در همان جهت افزایش و یا کاهش می‌دهد. همسو با یافته‌های این تحقیق گزارش شده است شاخص برداشت ذرت تحت تأثیر تراکم بوته قرار می‌گیرد (Amraei, 2022).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین ارتفاع بوته با ۱۰۳ سانتی‌متر به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و کمترین مقدار با ۸۴/۶ سانتی‌متر به تراکم ۶۰ هزار بوته تعلق داشت (جدول ۲). رابطه ارتفاع بوته و قطر ساقه در شرایط ایجاد رقابت نوری حاصل از تراکم بالا معکوس می‌گردد و گیاهان در تراکم بالا بجای کاهش قطر ساقه با افزودن فواصل میان گره‌ها بر ارتفاع می‌افزایند تا بتوانند از نور محیط استفاده کنند و از سایه‌انداز گیاهان مجاور خارج شوند. در پژوهشی محیط دور ساقه تحت تأثیر تراکم کاشت واقع شد (Rahmani et al., 2015). همسو با یافته‌های این تحقیق در بررسی اثر تراکم و ژنوتیپ بر صفات زراعی، فیزیولوژیک و عملکرد ذرت گزارش شد ارتفاع بوته ذرت تحت تأثیر تراکم و ژنوتیپ و همچنین برهم‌کنش این دو تیمار قرار گرفت (AI-)

تعداد ردیف دانه در بلال

بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال با ۱۶/۴ ردیف دانه به لاین ۱۰۳ و کمترین مقدار با ۱۵ ردیف به بقیه لاین‌ها اختصاص یافت (جدول ۳). با توجه به نتایج مشخص شد که ردیف دانه اگرچه به ژنتیک گیاه مرتبط می‌باشد، ولی تراکم و ژنتیک تا حدی بر روی این صفت مؤثر بوده‌اند، به طوری که در تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار و لاین A103 بهترین تیمارها به دست آمدند. سیادت (Siadat, 2012) نیز با آزمایش روی رقم هیبرید ۷۰۴ در خوزستان کاهش جزئی تعداد ردیف دانه در بلال را در پژوهشی تعداد ردیف در بلال تحت تأثیر تراکم و ژنوتیپ و برهم‌کنش این تیمار قرار گرفت و با افزایش تراکم مقدار آن از ۳۹/۲۷ به ۲۹/۰۲ کاهش یافت (AI- Naggar et al., 2021). در بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر ذرت هیبرید سینگل کراس ۵۵۰ گزارش شد تعداد ردیف دانه در بلال تحت اثر تیمار تراکم قرار گرفت (Amraei, 2022).

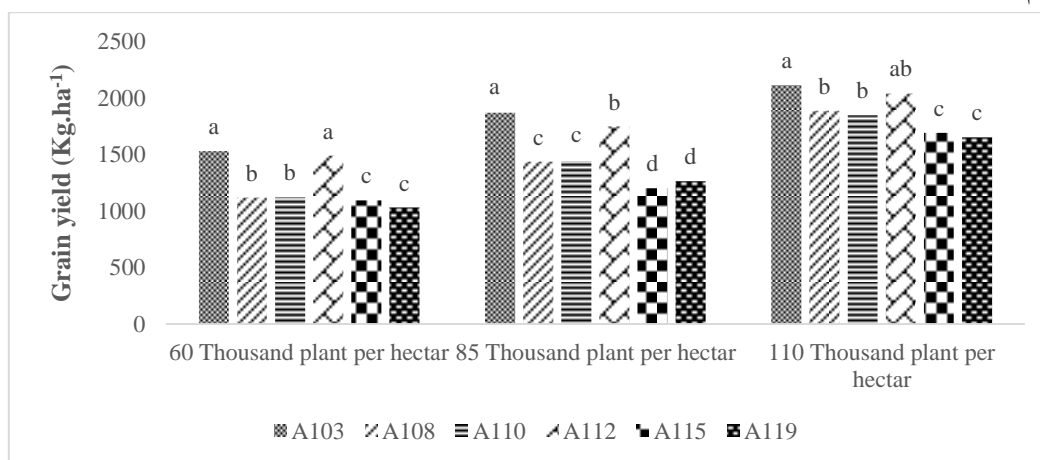


Figure 1. Mean comparison for kernel yield in six corn lines in three planting densities

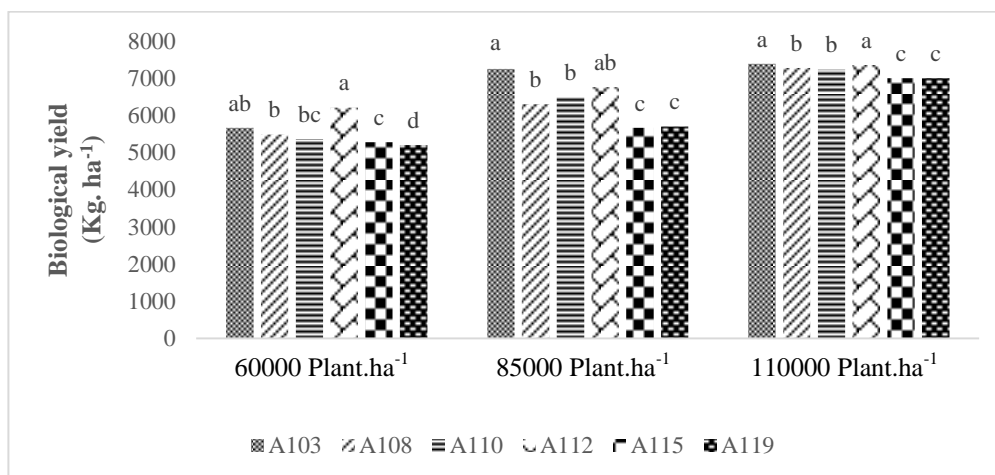


Figure 2. Mean comparison for biological yield in six corn lines in three planting densities

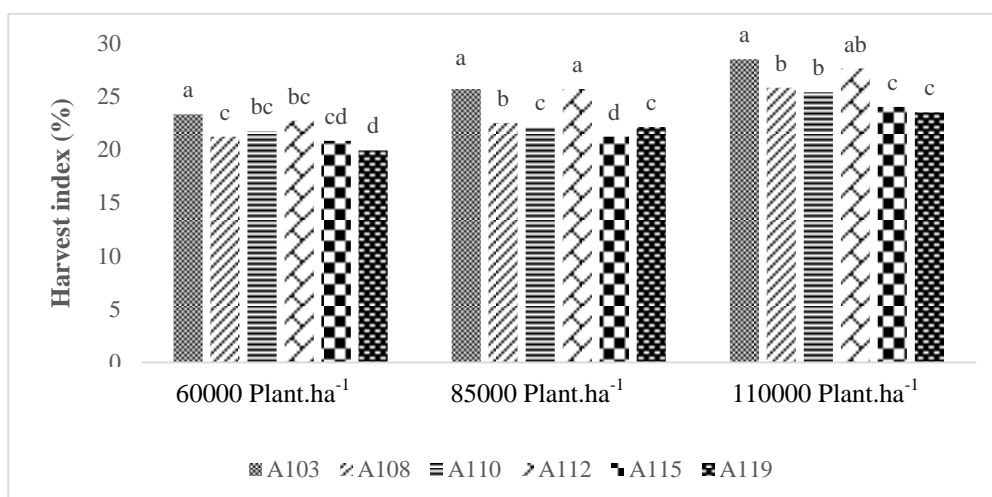


Figure 3. Mean comparison for harvest index in six corn lines in three planting densities

Table 2. Mean comparison for some agronomic traits in three planting densities

Density (1000 plants ha ⁻¹)	Plant height (cm)	1000 kernel weight (g)	Number of kernel per cob
60	84 c	286 a	24.8 b
85	95 b	283 b	24.8 b
110	103 a	283 b	25.4 a

Table 3. Mean comparison of some agricultural traits in six corn lines

Line	Number of kernel in the ear	Number of kernel rows in the cob	1000 Kernel weight (g)
A103	28 a	16 a	292 a
A108	26 b	15 b	286 b
A110	25 b	15 b	285 b
A112	24 c	15 b	282 c
A115	22 d	15 b	281 d
A119	22 d	15 b	279 d

تعداد دانه در ردیف

بیشترین تعداد دانه در ردیف با ۲۵/۴ دانه در ردیف به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و کمترین مقدار با ۲۴/۸ دانه در ردیف به تراکم‌های ۸۵ هزار و ۶۰ هزار بوته تعلق داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین لاین‌ها نشان داد بیشترین تعداد دانه در ردیف با ۲۸ دانه در ردیف به لاین ۱۰۳ و کمترین مقدار با ۲۲ دانه در ردیف به لاین‌های ۱۱۵ و ۱۱۹ تعلق داشت (جدول ۳). در این رابطه گزارش شده است که تغییرات تراکم بوته روی اجزای عملکرد ذرت تأثیر یکسانی ندارد و حساسیت هر یک از اجزای عملکرد متفاوت می‌باشد (Allison & Daynard., 1979). بیشتر پژوهشگران نشان دادند که تعداد دانه در ردیف بلال بیشترین حساسیت به تراکم را نشان می‌دهد ولی تعداد ردیف دانه در بلال را به‌عنوان یک صفت ژنتیکی ذکر کرده‌اند که از تراکم بوته متأثر نمی‌شود. عدم تأثیر تراکم بر روی صفت تعداد ردیف دانه در بلال توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش شده است. همسو با یافته‌های این تحقیق گزارش شده که تعداد دانه در بلال تحت اثر تراکم و ژنوتیپ قرار گرفته و با افزایش تراکم کاهش می‌یابد (Lashkari et al., 2011; Al-Naggar et al., 2021).

وزن هزار دانه

در تیمارهای تراکم بیشترین وزن هزار دانه با ۲۸۶ گرم به تراکم ۶۰ هزار بوته و کمترین مقدار با ۲۸۳ گرم به تراکم‌های ۸۵ و ۱۱۰ هزار بوته تعلق داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین لاین‌ها نشان داد بیشترین وزن هزار دانه با ۲۹۲ گرم به لاین ۱۰۳ و کمترین با ۲۷۹ گرم به لاین ۱۱۹ تعلق گرفت (جدول ۳). در این خصوص نتایج مختلفی گزارش شده است. کاهش فضای تغذیه‌ای یک گیاه باعث می‌شود که حجم خاک کمتری در اختیار آن قرار گیرد و موجب کاهش میزان آب و مواد غذایی قابل دسترس برای گیاه می‌شود (Al-Naggar et al., 2021). به‌طور کلی اثر تغییرات تراکم بوته بر اجزای عملکرد دانه متفاوت می‌باشد. افزایش وزن هزار دانه در تراکم‌های پایین، به دلیل افزایش توان فتوسنتزی گیاه در اثر سایه‌اندازی کمتر و جذب نور

بیشتر در این تراکم‌ها می‌باشد (Shakarami and Rafiee, 2009). همسو با یافته‌های این تحقیق مشخص شده وزن ۱۰۰ دانه ذرت تحت تأثیر تراکم و ژنوتیپ قرار می‌گیرد (Al-Naggar et al., 2021). محققین دیگر نیز در گزارش‌های خود نتایج مشابه گزارش کردند (Sharifi et al., 2009; Al-Naggar et al., 2021). همچنین همسو با یافته‌های این تحقیق گزارش شده است که تحت تأثیر تیمار تراکم و ژنوتیپ وزن ۱۰۰ دانه ذرت تغییر می‌یابد ((Greveniotiet et al., 2019).

شاخص سطح برگ

نتایج برهم‌کنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین شاخص با ۳/۲ به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین مقدار با ۲/۱ به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۵ متعلق بودند (شکل ۴). افزایش تراکم موجب بالا رفتن شاخص سطح برگ شده و در نتیجه میزان جذب نور و سرعت رشد گیاه افزایش یافته و اگرچه سطح برگ هر بوته در اثر افزایش تراکم کاهش یافته ولی سطح برگ کل مزرعه افزایش می‌یابد. هاشمی دزفولی و هربرت (Hashemi Dezfuli and Herbert., 1992) بیان کردند که تراکم گیاهی در ذرت بر روی شاخص سطح برگ مؤثر است و کاربرد تراکم بالا در ذرت بدون توجه به فاصله ردیف میزان شاخص سطح برگ را در مرحله ابریشم دهی افزایش می‌دهد و این امکان را می‌دهد که در مرحله برداشت ماده خشک بیشتری به دست بیاید. همچنین گزارش شده است با افزایش تراکم ذرت شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Al-Naggar et al., 2021).

سطح ویژه برگ

نتایج برهم‌کنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین سطح ویژه برگ با ۰/۲۵ به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین با ۰/۱۳ به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین‌های ۱۰۸ و ۱۱۰ اختصاص یافت (شکل ۵). سطح ویژه برگ در واقع نشان‌دهنده ضخامت برگ می‌باشد. به عبارتی برگ ضخیم‌تر تعداد سلول‌های مزوفیلی بیشتری در واحد سطح خود دارد.

زیست توده ($r=0/87$)، شاخص سطح برگ ($r=0/82$) و سطح ویژه برگ ($r=0/80$) با عملکرد دانه به مراتب بالاتر از سایر صفات بود. عملکرد زیست توده نیز بیشترین ضریب همبستگی را به ترتیب با سطح ویژه برگ ($r=0/77$) و شاخص سطح برگ ($r=0/75$) داشت. این موضوع نشان داد که ویژگی‌های برگ تأثیر بسیار معنی‌داری در تشکیل عملکرد دانه و تولید زیست توده دارد. شاخص سطح برگ بالاتر نشان‌دهنده توان فتوسنتزی بالاتر و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح خواهد بود که می‌تواند عملکردهای دانه بالاتر را پشتیبانی نماید. از طرفی سطح ویژه برگ بالاتر به معنای نازک‌تر بودن برگ‌هاست. در مطالعه حاضر، هرچه برگ‌ها نازک‌تر بودند، تولید ماده خشک و عملکرد دانه بالاتر بود. این صفت حتی ضریب همبستگی بالاتری با عملکرد دانه و عملکرد زیست توده در مقایسه با میزان کلروفیل برگ (به ترتیب $r=0/52$ و $r=0/48$) داشت. بنابراین می‌توان گفت جهت انتخاب لاین‌های برتر، علاوه بر لاین‌هایی که شاخص سطح برگ بالاتری دارند، می‌توان سطح ویژه برگ بالاتر را نیز به عنوان یک صفت مطلوب جهت اصلاح و معرفی هیبریدهای با عملکرد بالاتر مدنظر قرار داد.

در آزمایش حاضر نتایج نشان داد که سطح ویژه برگ می‌تواند وابسته به ژنتیک گیاه باشد (یعنی بسته به نوع لاین مقادیر سطح ویژه برگ متفاوت می‌باشد). به اثبات رسیده است که سطح ویژه برگ بالاتر یعنی برگ‌های نازک‌تر در گیاهان یک‌ساله با سرعت رشد نسبی بالاتر در آن‌ها همبستگی مثبتی دارد. بنابراین بزرگی این شاخص می‌تواند سبب افزایش عملکرد زیست توده و عملکرد دانه در واحد سطح شود. این موضوع و ارتباط قوی سطح ویژه برگ با تولید ماده خشک در آزمایش حاضر نیز مشاهده گردید.

محتوی کلروفیل برگ

نتایج برهم‌کنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین کلروفیل برگ با $1/6$ به تراکم 110 هزار بوته و لاین 103 و کمترین با $1/5$ به تراکم 60 هزار بوته و لاین 119 تعلق داشت (شکل ۶). غلظت کلروفیل برگ شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشدی آن است. همسو با یافته‌های این تحقیق گزارش شد که افزایش تراکم به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش میزان کلروفیل گردید (Al-Naggaret *et al.*, 2021).

تجزیه همبستگی صفات مورد بررسی

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه لاین‌های ذرت در آزمایش حاضر، دارای ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری با اکثر صفات مورد بررسی داشت (جدول ۴). در این میان، همبستگی عملکرد

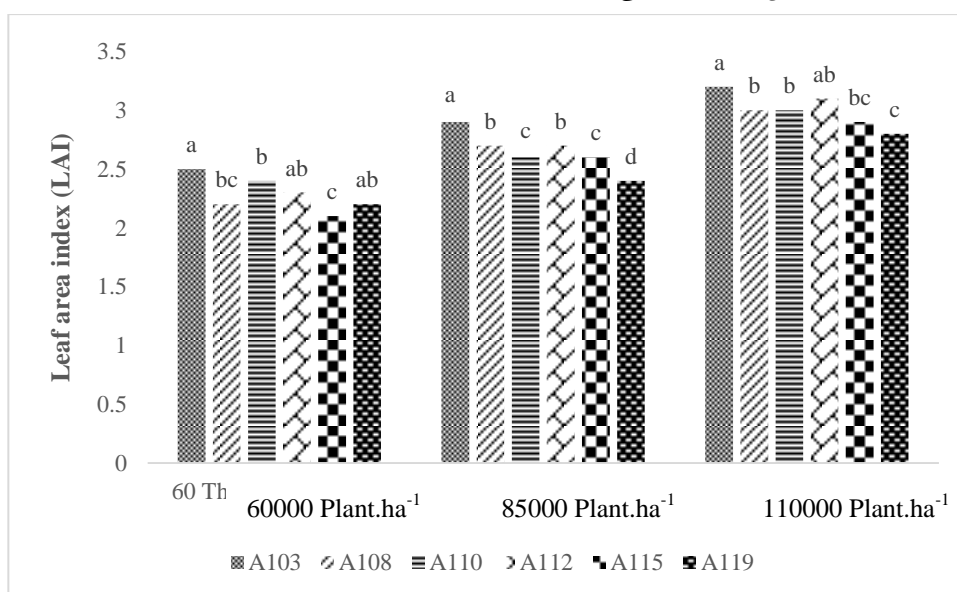


Figure 4. Mean comparison for leaf area index in six corn lines in three planting densities

اسلام نیا و همکاران: تأثیر تراکم بوته بر صفات زراعی و...

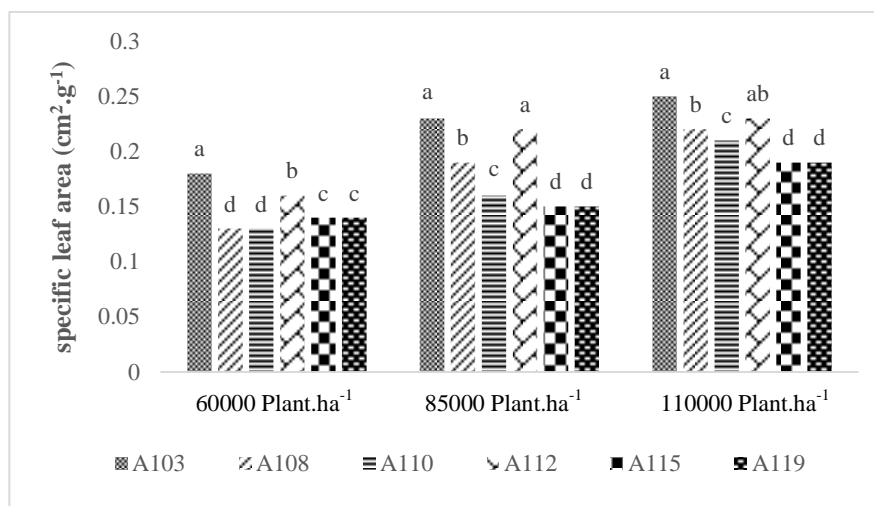


Figure 5. Mean comparison of specific leaf area in six corn lines in three planting densities

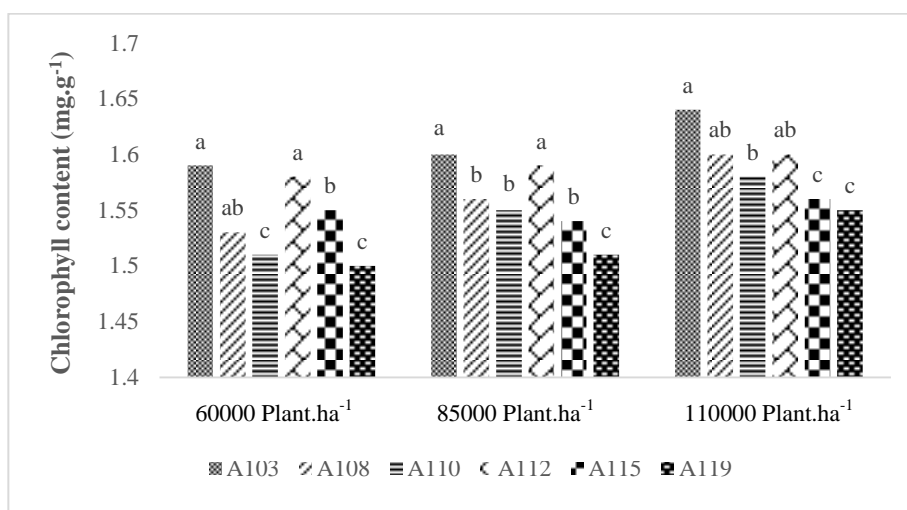


Figure 6. Mean comparison for leaf chlorophyll content in six corn lines in three planting densities

Table 4. Correlation coefficient between investigated characteristics

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LAI (1)	1								
SLA (2)	0.86**	1							
Chlorophyll content(3)	0.57**	0.72**	1						
Plant height (4)	0.77**	0.61**	0.24*	1					
Row number per ear (5)	0.15 ^{ns}	0.24*	0.41**	-0.20*	1				
Kernel per ear (6)	0.42**	0.48**	0.43**	0.05 ^{ns}	0.58**	1			
1000- Kernel weight (7)	0.01 ^{ns}	0.21*	0.27**	-0.33**	0.62**	0.62**	1		
Kernel yield (8)	0.82**	0.80**	0.52**	0.63**	0.21*	0.50**	0.26**	1	
Biological yield (9)	0.75**	0.77**	0.47**	0.63**	0.21*	0.49**	0.20*	0.87**	1

*, **, significant at 5 and 1% of probability, ns: non-significant

لاین‌های ذرت می‌تواند برای افراد و یا شرکت‌هایی که در زمینه تولید بذر فعال هستند بسیار حائز اهمیت باشد زیرا در این مزارع از لاین‌های خالص پدری و مادری استفاده می‌گردد. از طرف دیگر در مجموع از بین ۶ لاین مورد استفاده، لاین شماره ۱۰۳ به‌عنوان برترین لاین انتخاب گردید که از آن می‌توان در برنامه اصلاحی ذرت در مناطق گرم و خشک کشور استفاده نمود.

سیاس گزاری

بدین‌وسیله از حمایت معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و همچنین معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان سپاسگزاری می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار در اکثر صفات اندازه‌گیری شده دارای بالاترین بوده و بهترین تراکم کاشت برای لاین‌های مورد آزمایش بود. نتایج تحقیقات زیادی نشان داد که بهترین تراکم کاشت برای ذرت دانه‌ای در حدود ۸۰ هزار بوته در هکتار و برای ذرت علوفه‌ای در حدود ۱۰۰ هزار بوته در هکتار می‌باشد. به دلیل این که مواد آزمایشی استفاده شده در این پژوهش لاین‌های خالص ذرت بودند و از اندازه بوته کوچک‌تری نسبت به هیبرید برخوردار هستند، به همین علت تراکم مناسب کاشت آن نسبت به مزارعی که در آن‌ها از ارقام تجاری ذرت استفاده می‌شود، بیشتر است. رسیدن به تراکم مناسب در

References

- Allison, J. C. S., & Daynard, T. B. (1979). Effect of change in time of flowering, induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. *Crop Science*, 19 (1): 1-4.
- Al-Naggar, A. M. M., Shabana, R. E. D. A., & Ibrahim, A. A. (2021). Heritability and genetic advance for agronomic, physiologic and yield traits of maize under high plant densities. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(53): 107-119.
- Al-Naggar, A. M. M., Shabana, R. E. D. A., & Ibrahim, A. A. (2021). Effect of plant density, genotype and their interaction on agronomical, physiological and yield traits of maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22 (49-50), 106-121.
- Amraei, B. (2022). Effects of planting date and plant density on yield and some physiological characteristics of single cross 550 hybrid maize as a second crop. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 20(4): 683-691.
- Balazadeh, M., Zamanian, M., Golzardi, F., & Torkashvand, A. M. (2021). Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) compared to berseem clover (*Trifolium alexandrinum*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(16): 1927-1942.
- Bavar, M. (2008). Effects of planting date density on growth indecies and yield component of hull-less barley. *The Thesis of M. Sc. degree. University of Agriculture Sciences and Natural Resources of Gorgan*, 62p.
- Cox, W. J., & Cherney, D. J. (2001). Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal*, 93(3): 597-602.
- Dhaliwal, D. S., & Williams, M. M. (2020). Understanding variability in optimum plant density and recommendation domains for crowding stress tolerant processing sweet corn. *Plos One*, 15(2): 185-196.
- Donaldson, E., Schillinger, W. F., & Dofing, S. M. (2001). Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Crop Science*, 41(1), 100-106.
- FAO. (2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Ghahramani Pirsalami, F., Rahnama, A., Siahpoosh, M., & Boromand Nasab, S. (2016) Effect of sprinkler irrigation with saline water on some morph-physiological traits and grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18 (2): 147-160.

- Imam, Y. (2011). Cereal farming Shiraz: Shiraz University Press [In Persian].
- Greveniotis, V., Zotis, S., Sioki, E., & Ipsilandis, C. (2019). Field population density effects on field yield and morphological characteristics of maize. *Agriculture*, 9(7): 160-173.
- Hashemi-Dezfouli, A., & Herbert, S. J. (1992). Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*, 84(4): 547-551.
- Jans, W. W., Jacobs, C. M., Kruijt, B., Elbers, J. A., Barendse, S., & Moors, E. J. (2010). Carbon exchange of a maize (*Zea mays* L.) crop: Influence of phenology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(3): 316-324.
- Lashkari, M., Madani, H., Ardakani, M. R., Golzardi, F., & Zargari, K. (2011). Effect of plant density on yield and yield components of different corn (*Zea mays* L.) hybrids. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 10(3): 450-457.
- Mahrokh, A., Golzardi, F., Azizi, F., Mofidian, S. M. A., Zamanian, M., Rahjoo, V., Torabi, M., & Soltani, M. (2020). Agronomical Factor Analysis on Grain Maize Yield Decline in Iran with Meta-Analysis Method. *Journal of Crops Improvement*, 23(1): 73-86 [In Persian]
- Mahrokh, A., Shiri, M. R., & Golzardi, F. (2023). Effect of high density planting on grain yield and yield components of promising hybrids and parental lines of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 25(1), 137-153 [In Persian]
- Mousavi, R. (2011). The effect of planting date and seed priming in the field on germination characteristics and corn yield in Hamedan, MA, Faculty of Agriculture. Boali Sina University, Hamedan. [In Persian]
- Qingfeng, M. E. N. G., Shanchao, Y. U. E., Peng, H. O. U., Zhenling, C. U. I., & Xinping, C. H. E. N. (2016). Improving yield and nitrogen use efficiency simultaneously for maize and wheat in China: a review. *Pedosphere*, 26(2): 137-147.
- Omidi Nasab, D., Meskarbashee, M., & Rahnama, A. (2021). Effect of foliar application of flourish microcombi complex fertilizer and plant density on yield and some quantitative traits of promising sunflower cultivars. *Journal of Crop Production*, 14(1): 145-160. [In Persian]
- Rahmani, A., Alhossini, M. N., & Kalat, S. M. N. (2015). Standard ear yield and some agronomic characteristics of baby corn var. ksc 403 su under influence of planting date and plant density. *Journal of Experimental Agriculture International*, 6(2): 104-111
- Rezazadeh, H. (2013). Grass plants from planting to harvesting. Mashhad Academic Jihad Publications. [In Persian]
- Sandhu, S., & Dhillon, B. S. (2021). Breeding plant type for adaptation to high plant density in tropical maize. A step towards productivity enhancement. *Plant Breeding*, 140(4): 509-518.
- Shakarami, G., & Rafiee, M. (2009). Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 5(1): 69-73.
- Sharifi, R. S., Sedghi, M., & Gholipouri, A. (2009). Effect of population density on yield and yield attributes of maize hybrids. *Research Journal of Biological Sciences*, 4(4): 375-379.
- Siadat, A. (2012). Cereal farming Volume 1. Ahvaz: Shahid Chamran University Press. [In Persian]
- Tang, L., Ma, W., Noor, M. A., Li, L., Hou, H., Zhang, X., & Zhao, M. (2018). Density resistance evaluation of maize varieties through new "Density-Yield Model" and quantification of varietal response to gradual planting density pressure. *Scientific Reports*, 8(1): 172-181.
- Wang, T., Ma, X., Li, Y., Bai, D., Liu, C., Liu, Z., & Smith, S. (2011). Changes in yield and yield components of single-cross maize hybrids released in China between 1964 and 2001. *Crop Science*, 51(2): 512-525.
- Widdicombe, W. D., & Thelen, K. D. (2002). Row width and plant density effects on corn grain production in the northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 94(5): 1020-1023.
- Zhai, L., Xie, R., Ma, D., Liu, G., Wang, P., & Li, S. (2015). Evaluation of individual competitiveness and the relationship between competitiveness and yield in maize. *Crop Science*, 55(5): 2307-2318.