نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

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

DOI: 10.22055/ppd.2024.47210.2179

Gholamhosein Eslamnia[1], Mohammad Reza Moradi-Telavat[2]*, Seyyed Ataollah siadat[3], Khalil Alamisaeid[4]and Ali Akbar Saneeinejad[5]

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- ***Corresponding Author: Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran**
(Email: moraditelavat@asnrukh.ac.ir; moraditelavat@yahoo.com)
3- **Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran**
4- **Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran**
5- **Researcher, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center**

Esxtended Abstract

Introduction

Fodder corn varieties are divided into early varieties with a life period of less than 85 days, medium varieties with a life period between 85-135 days and late varieties with a life period of more than 135 days. Optimum planting density is one of the important factors to achieve the highest yield according to the climatic conditions of each region and especially the cultivated cultivars. The reaction of corn to density in the field is more than other wheat products due to the changes that occur in the components of the product. Choosing cultivars with high yield, applying optimal planting density, etc. also increases water productivity. Choosing the appropriate density of maternal lines in the production of corn seeds can also have a significant impact on the amount of seeds produced by these lines per unit area and ultimately increase productivity.

Materials and Methods

In order to investigate the ecophysiological responses of different corn lines to planting density in North Khuzestan, an experiment was conducted in the summer of 2018 and 2019 at the Safi-Abad-Dezful Agriculture and Natural Resources Research and Training Center. This research was conducted as a two-factor factorial experiment in a completely randomized block design with three replications. In this experiment density (60, 85 and 110 thousand plants per hectare) as the main factor and genotype (lines SD-95-11, C3-95-5, C3-95-15, C4-95-2, C4-95 3- and the control line MO17) were as secondary factors.

Results and Discussion

The highest seed yield was observed at a density of 110 thousand plants per hectare and line 103 (2115 kg per hectare) and the lowest seed yield was observed at a density of 60 thousand plants per hectare and line 119 (1030 kg per hectare). The results obtained from this research showed that the density of 110 thousand plants per hectare in most of the measured traits had the highest value of that trait and was the best planting density for the tested lines. Also, line number 103 was selected as the best line that can be used in the corn improvement program in hot and dry regions of the country.

Conclusion
The results of many researches have shown that the best planting density for grain corn is about 80 thousand plants per hectare and for fodder corn is about 100 thousand plants per hectare. Because the experimental materials used in this research are pure lines of corn and have a smaller size than hybrids, for this reason, the suitable density of its planting is better than the fields where commercial varieties of corn are used. Achieving the appropriate density in corn lines can be very important for individuals or companies that are active in the field of seed production, because in this field pure maternal and paternal lines are used.
Keywords: Biological yield, Ecophysiology, Grain yield, Grain yield, Warm and dry regions.

تأثیر تراکم بوته بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی لاین‌های مختلف ذرت در شرایط شمال استان خوزستان

غلامحسین اسلام‌نیا[۱]،محمدرضا مرادی تلاوت[۲]*، سیدعطاءالله سیادت[۳]، خلیل عالمی‌سعید[۴] و علی‌اکبر صانعی‌نژاد[۵]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران

۲-***نویسنده مسئول:** دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران (moraditelavat@asnrukh.ac.ir ;moraditelavat@yahoo.com)

۳- استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران

۴- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران

۵. علی‌اکبر صانعی‌نژاد، محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول

چکیده:

ارقام تجاری ذرت جهت کشت در مناطق مختلف جهان جهت تولید دانه و علوفه شامل ارقام هیبرید هستند که سالانه توسط شرکت‌های تولید بذر جهت کاشت در مزارع کشاورزان عرضه می‌شود. ازاین‌رو بررسی رشد، عملکرد و ویژگی‌های سازگاری فیزیولوژیکی لاین‌های ذرت در شرایط مختلف مدیریتی و زراعی می‌تواند سبب شناسایی مدیریت بهینه لاین‌های مورد نظر جهت تولید هیبریدهای ذرت شود. بنابراین، به‌منظور بررسی پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک لاین‌های مختلف ذرت به تراکم کاشت در شمال خوزستان، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول استان خوزستان انجام شد. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. در این آزمایش تراکم بوته (۶۰ و ۸۵ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) به‌عنوان عامل اول در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ (لاین های MO17 (شاهد)، SD-95-11، C3-95-5، C3- 95-15، C4-95-2، C4-95-3) به‌عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. صفات شاخص سطح برگ، سطح ویژهٔ برگ، شاخص کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص برداشت، و عملکرد زیست‌توده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهندهٔ 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 بوده و به‌عنوان بهترین تراکم کاشت برای لاین های مورد آزمایش در نظر گرفته شد. از بین صفات مورفولوژیک مؤثر بر رشد گیاه، سطح ویژهٔ برگ، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه نشان داد. همچنین لاین شمارهٔ ۱۰۳ به‌عنوان لاین برتر انتخاب گردید که از آن می‌توان در برنامه‌های به نژادی 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 اصلاحی ذرت در مناطق گرم و خشک کشور استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اکوفیزیولوژی، سطح ویژهٔ برگ، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، مناطق گرم و خشک.

نسخه پیش از انتشار

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 علوفه‌ای بیش از ۸۰ تن در هکتار یکی از بهترین نباتات جهت تولید علوفه سبز، سیلو و دانه محسوب می‌شود. این گیاه چهارکربنه، بومی آمریکای مرکزی با تولید بسیار بالاست، که پایین بودن اسیدآمینه لایسین آن از طریق وارد کردن پروتئین دانه‌های بقولات در جیره غذایی دام جبران می‌شود (Kochaki and KhajahHosseini., 2008). 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 (Emam., 2011).

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 علوفه‌ای 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 اینکه ذرت علوفه‌ای در مرحله خمیری دانه ذرت برداشت می‌شود 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 400-100» هستند، نسبت به ارقام دیررس طول دوره‌ی رشد و نمو کوتاه‌تری دارند و می‌توانند در بیشتر مناطق ذرت کاری ایران به‌خصوص در مناطق سرد و معتدل، به‌صورت کشت دوم و در مناطق بسیار سرد کشور در کشت اول (بهاره) مورد استفاده قرار گیرند (Musavi., 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 محصول به وجود می‌آید، بیشتری از سایر محصولات وجینی است (Noormohammadi *et al*., 2007). مناسب‌ترین تراکم گیاهی برای ذرت در ایران بین۵۳ تا ۸۸ هزار بوته در هکتار است (Shahkarami and rafei., 2009). انتخاب تراکم بهینه احتمال جذب مؤثر تابش را برای گیاه زراعی فراهم می‌نماید و باعث افزایش قابل‌توجه در عملکرد دانه می‌گردد (Qingfeng *et al*., 2016). از سوی دیگر، تراکم بیشتر از میزان بهینه، با ایجاد شرایط تنش عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Mahrokh *et al*., 2023). ازآنجاکه 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 عملکرد تک بوته بالا دارند، قدرت رقابت درون‌گونه‌ای پایین‌تر است و حساسیت این گیاهان بیشتر نسبت به تراکم‌های بالا می‌باشد (Zhai *et* al., 2015).

نسخه پیش از انتشار

این در حالی است که برخی ژنوتیپ های ذرت قادرند در تراکم‌های بالای کشت و شرایط مدیریت نامناسب، نیز عملکرد بهینه داشته باشند، و نسبت به بیشتر 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 ژنوتیپ های قوی‌تر برای اهداف خاص می‌باشد (Dhaliwal and Williams., 2020؛ Mahrokh *et al.*, 2023).

انتخاب تراکم مناسب لاین‌های مادری در تولید بذر ذرت نیز می‌تواند تأثیر به‌سزایی در میزان بذر تولید شده توسط این لاین‌ها در واحد سطح داشته و در نهایت باعث افزایش بهره‌وری گردد. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور مشخص کردن بهترین تراکم لاین های مختلف ذرت از نظر شاخص‌های زراعی و فیزیولوژیک در منطقه شمال استان خوزستان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها:

این تحقیق به‌منظور بررسی صفات زراعی و فیزیولوژیکی 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 استوایی، 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 (Nourmohammadi *et al.*, 1997). لاین های مورد آزمایش شامل لاین های MO17 (شاهد)، SD-95-11، C3-95-5، C3- 95-15، C4-95-2، C4-95-3 بود. لاین های C3-95-15 و C3-95-5 میان رس، ارتفاع بوته حدود ۷۵ تا ۱۰۰ سانیتمتر، ۱۸ تا ۲۸ دانه ردیف، ۱۴ تا ۱۶ ردیف دانه در بلال، وزن هزاردانه ۲۲۰ الی ۳۰۰ گرم، فرم دانه بصورت دندان اسبی، عملکرد دانه حدود ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و متحمل به گرما و نسبتا متحمل به خشکی می باشند. لاین های C4-95-2 و C4-95-3 دیر رش، 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 نسبتا متحمل به خشکی می باشد. لاین SD-95-11 دیر رس، ارتفاع بوته ۷۵ تا ۹۵ ساینت متر، ۱۸ تا ۲۷ دانهدر 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 نسیبتا متحمل به خشکی می باشد.

این پژوهش به‌صورت 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) به‌عنوان عامل اول و شش لاین به‌عنوان عامل دوم بودند. کاشت بذور در اول مردادماه انجام شد و در مرحله چهار برگه شدن بوته‌ها عملیات تنک کردن انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد.

صفات اندازه‌گیری شده

شاخص سطح برگ (LAI): از خطوط نمونه‌برداری، به‌طور تصادفی پنج بوته در مرحله‌ی ظهور گل تاجی انتخاب و پس از جدا کردن برگ‌ها، سطح برگ به‌وسیله

نسخه پیش از انتشار

دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ برای هر کرت از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

مساحت تحت اشغال بوته‌های نمونه‌برداری‌شده /سطح برگ بوته‌های نمونه‌برداری‌شده=LAI

وزن خشک کل در واحد سطح (عملکرد زیست‌توده): این صفت با برداشت بوته‌ها از سطح زمین و قرار دادن نمونه‌ها در حرارت ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد تا از دست دادن کامل رطوبت صورت گرفت.

سطح ویژه برگ (SLA): سطح ویژه برگ حاصل نسبت سطح برگ به وزن برگ است که هر چه میزان سطح ویژه برگ بیشتر باشد نشانگر این مطلب است که برگ نازک‌تر می‌باشد. در مرحله ظهور گل تاجی، از طریق محاسبه نسبت سطح برگ با واحد (مترمربع) به وزن خشک برگ (گرم) توسط معادله زیر حاصل شد.

وزن خشک برگ / سطح برگ=SLA

شاخص کلروفیل برگ: با استفاده از دستگاه SPAD 502 Plus Konika Minolta ژاپن در مرحله ظهور گل تاجی با استفاده از برگ کناری برگ انتهایی، اندازه‌گیری شد.

ارتفاع بوته: ارتفاع پنج بوته به‌طور تصادفی در مرحلهٔ ظهور گل تاجی اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته تعیین شد.

تعداد ردیف دانه در بلال: از هر تیمار به‌طور تصادفی پنج بلال انتخاب‌شده و تعداد ردیف دانه در بلال‌ها شمارش و سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد ردیف دانه در بلال تعیین شد.

تعداد دانه در ردیف بلال: از هر تیمار به‌طور تصادفی پنج بلال انتخاب‌شده و تعداد دانه در ردیف بلال‌ها شمارش و سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در ردیف بلال تعیین شد.

وزن هزار دانه: از نمونه‌های برداشتی هر پلات پنج نمونه به‌طور تصادفی انتخاب کرده و هزار دانه به‌صورت ۱۰ دستهٔ صدتایی شمارش و سپس میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه آن پلات تعیین شد. جهت اندازه‌گیری هر چه دقیق‌تر این صفت، رطوبت نمونه‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه رطوبت‌سنج مشخص شد و بر اساس رطوبت ۱۴ درصد گزارش شد.

عملکرد دانه: از هر پلات 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 پلات به‌وسیلهٔ دستگاه رطوبت‌سنج تعیین و وزن و عملکرد دانه‌ها بر اساس رطوبت ۱۴ درصد گزارش و محاسبه شد (Nourmohammadi *et al*., 1997).

شاخص برداشت: شاخص برداشت از تقسیم عملکرد ماده خشک دانه بر عملکرد ماده خشک کل در واحد سطح به دست آمد.

تجزیه آماری: برای تجزیه‌وتحلیل 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 به‌غیراز تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود. همچنین اثر لاین‌های مختلف ذرت در تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌جز ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول۱).

نسخه پیش از انتشار

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	Grain yield	Grain N content	Thousand grain weight	Number of seeds in the ear	Number of seed rows in the 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}	7.8ns	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}	16.2ns	4.23**	2.22**
Density*line	10	2.52*	466703**	23633**	0.0002^{ns}	2.4ns	.63^{ns}	.25^{ns}
Year* Density*Line	10	2.85**	100784^{ns}	9001^{ns}	0.0001^{ns}	3.6ns	.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.

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. ماهرخ و همکاران (Mahrokh *et al*., 2023) و وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2011) گزارش کردند تراکم‌های بالای ذرت منجر به کاهش عملکرد می‌گردد که با انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌توان در شرایط تراکم‌های بالاتر عملکرد دانه را بهبود بخشید. همسو با یافته‌های این تحقیق ویدیکام و تلن (Widdicombe & Thelen 2002) و نیز النگار و همکاران (Al-Naggar *et al*., 2021) نیز اثر تراکم و ژنوتیپ را بر عملکرد دانه معنی‌دار گزارش کردند.

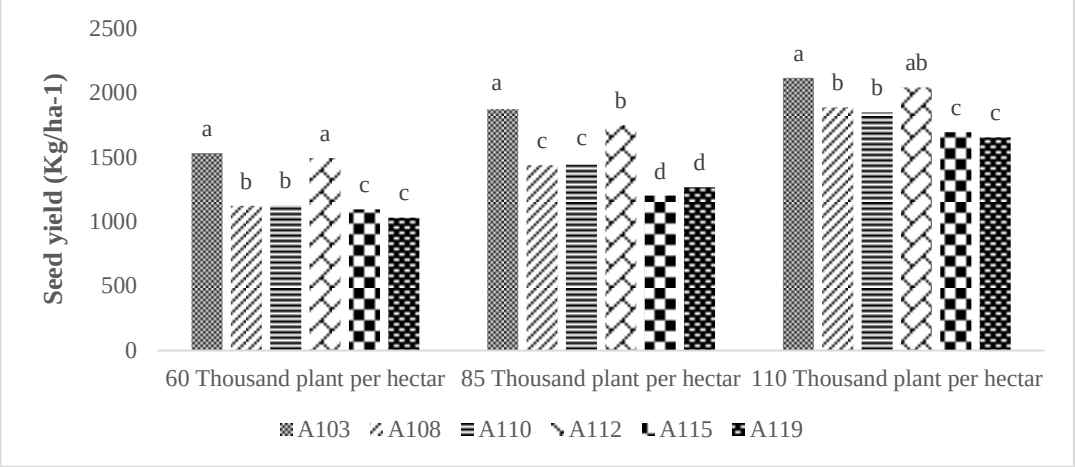

Figure 1- Mean Comparison of seed yield in six corn lines under the influence of 3 planting densities

عملکرد زیست‌توده

عملکرد زیست‌توده نتیجه رقابت برون گونه‌ای و درون‌گونه‌ای در کسب نهاده‌های تولید برای رشد و نمو است. برای به حداقل رساندن این رقابت‌ها و حصول حداکثر عملکرد، علاوه بر تراکم، نحوه توزیع بوته در واحد سطح از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج اثر متقابل تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد زیست‌توده با ۷۳۸۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین با ۵۱۹۶ کیلوگرم در هکتار به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۹ اختصاص یافت (شکل ۲).

کوکس و چرنی (Cox & Cherney., 2001) نشان دادند که تراکم بوته اختلاف معنی‌داری را در فاکتورهای ماده خشک کل و شاخص برداشت ایجاد می‌کند. باور (Bauer., 2008) و دونالدسون و همکاران (Donaldson *et al*., 2001) گزارش کردند که با افزایش تراکم عملکرد زیست‌توده به‌صورت خطی افزایش یافت. امرایی (Amraei., 2022) نیز گزارش کرد عملکرد زیست‌توده هیبرید سینگل کراس ۵۵۰ تحت اثر تراکم تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد.

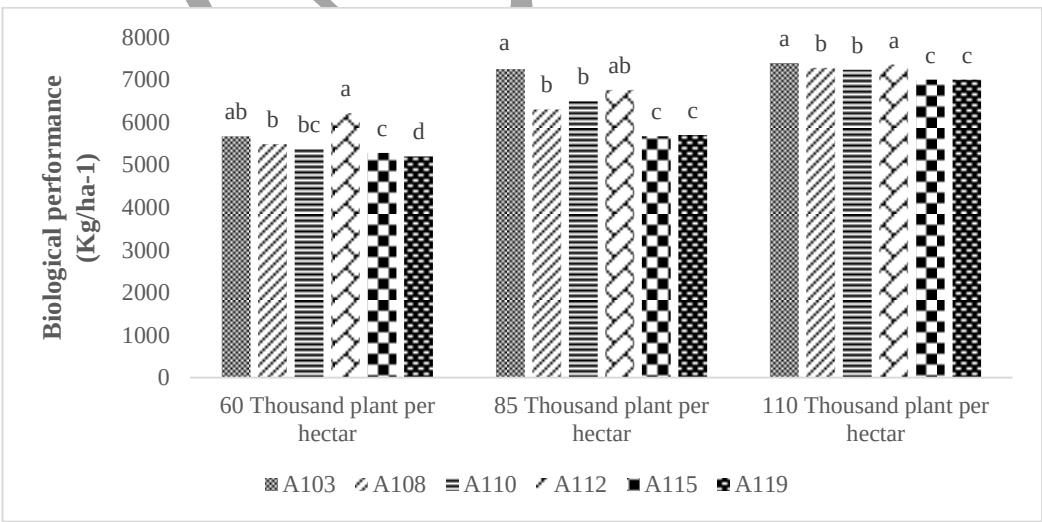

Figure 2- Mean Comparison of biological performance in six corn lines under the influence of 3 planting densities

شاخص برداشت

نتایج اثر متقابل تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین شاخص برداشت با ۲۸/۵ درصد به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین با ۱۹/۹ درصد به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۹ متعلق بودند (شکل ۳). شاخص برداشت تابعی از عملکرد دانه و عملکرد زیست توده است به‌طوری‌که با تغییر هر کدام شاخص برداشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به دلیل تابعیت شاخص برداشت تابعی از دو صفت عملکرد دانه و عملکرد زیست توده، هر گونه تغییر در این صفات، شاخص برداشت را در همان جهت افزایش و یا کاهش می‌دهد. امرایی (Amraei., 2022) گزارش کرد که شاخص برداشت ذرت تحت تأثیر تراکم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت که با یافته‌های این تحقیق همسو می‌باشد.

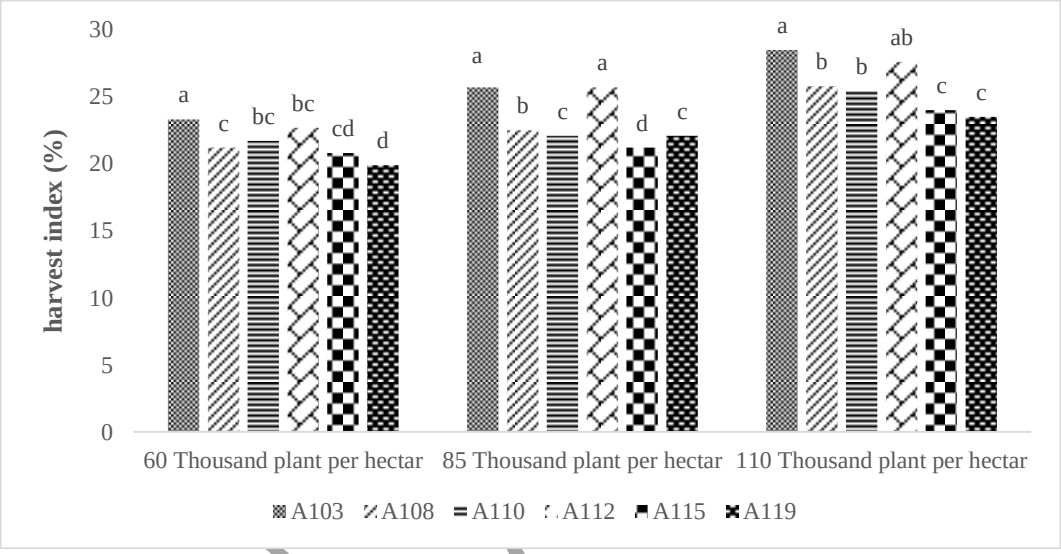

Figure 3- Mean Comparison of harvest index in six corn lines under the influence of 3 planting densities

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تیمارهای تراکم بیشترین ارتفاع بوته با ۱۰۳ سانتیمتر به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و کمترین 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 پژوهش رحمانی و همکاران (Rahmani *et al.*, 2015) محیط دور ساقه تحت تأثیر تراکم کاشت واقع شد. النگار و همکاران (Al-Naggar *et al.*, 2021) ضمن بررسی اثر تراکم و ژنوتیپ بر صفات زراعی، فیزیولوژیکی و عملکرد ذرت گزارش کرد ارتفاع بوته ذرت تحت تأثیر تراکم و ژنوتیپ و همچنین اثر متقابل این دو تیمار تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشت که با یافته‌های این تحقیق همسو می‌باشد. گروینیتیس و همکاران (Greveniotis *et al.*, 2019) نیز گزارش کردند ارتفاع ذرت تحت تأثیر تیمار تراکم تفاوت معنی‌داری داشت.

Table 2- Mean comparison of some agricultural traits in 3 planting densities

Density (1000 plants/ha)	Plant height (cm)	1000 kernel (g)	Number of seeds in the ear
60	84 c	286 a	24.8 b
85	95 b	283 b	24.8 b
110	103 a	283 b	25.4 a

تعداد ردیف دانه در بلال

بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال با ۱۶/۴ ردیف دانه به لاین ۱۰۳ و کمترین با ۱۵ ردیف به بقیه لاین‌ها متعلق بودند (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 به‌طوری‌که 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 منطقه ملاثانی خوزستان کاهش جزئی تعداد ردیف دانه در بلال را همراه با افزایش تراکم بوته گزارش داد. النگار و همکاران (Al-Naggar *et al*., 2021) گزارش کردند که تعداد ردیف در بلال تحت تأثیر تراکم و ژنوتیپ و اثر متقابل این تیمار تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد و با افزایش تراکم مقدار آن از ۳۹/۲۷ به ۲۹/۰۲ کاهش یافت. امرایی (Amraei., 2022) ضمن بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر ذرت هیبرید سینگل کراس ۵۵۰ گزارش کرد که تعداد ردیف دانه در بلال تحت اثر تیمار تراکم تفاوت معنی‌داری داشت.

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

Line	Number of seeds in the ear	Number of seed rows in the cob	1000 Kernel (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

در تیمارهای تراکم بیشترین تعداد دانه در ردیف با ۲۵/۴ دانه در ردیف به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و کمترین 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 با ۲۲ دانه در ردیف به لاین های ۱۱۵ و ۱۱۹ متعلق بودند (جدول ۳). در این رابطه الیسون و همکاران (Allison & Daynard., 1979) گزارش نمودند که تغییرات تراکم بوته روی اجزای عملکرد ذرت تأثیر یکسانی ندارد و حساسیت هر یک از اجزای عملکرد متفاوت می‌باشد. 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 النگار و همکاران (Al-Naggar *et al*., 2021) و لشکری و همکاران (Lashkari *et al*., 2011) نیز گزارش کردند که تعداد دانه در بلال تحت اثر تراکم و ژنوتیپ معنی‌دار بود و با افزایش تراکم کاهش پیدا کرد.

وزن هزار دانه

در تیمارهای تراکم بیشترین وزن هزار دانه با ۲۸۶ گرم به تراکم ۶۰ هزار بوته و کمترین 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 قابل‌دسترس برای گیاه می‌شود (Al-Naggar *et al*., 2021). به‌طورکلی 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 (Shakrami and Rafiei., 2009). همسو با یافته‌های این تحقیق النگار و همکاران (Al-Naggar *et al*., 2021) نیز وزن ۱۰۰ دانه ذرت را تحت تأثیر تراکم و ژنوتیپ معنی‌دار گزارش کردند. محققین دیگر نیز در گزارش‌های خود نتایج مشابه گزارش کردند (Sharifi *et al*, 2009؛ Al-Naggar *et al*., 2021). همسو با یافته‌های این تحقیق گروینیتیس و همکاران (Greveniotie*t al*., 2019) نیز گزارش کردند که تحت تأثیر تیمار تراکم و ژنوتیپ وزن ۱۰۰ دانه ذرت تفاوت معنی‌داری داشت.

شاخص سطح برگ

نتایج اثر متقابل تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین شاخص با ۳/۲ به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین 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 درنتیجه 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 (HashemiDezfuli 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 انگار و همکاران (Al-Naggar *et al*., 2021) گزارش کردند که با افزایش تراکم ذرت شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد.

نسخه پیش از انتشار

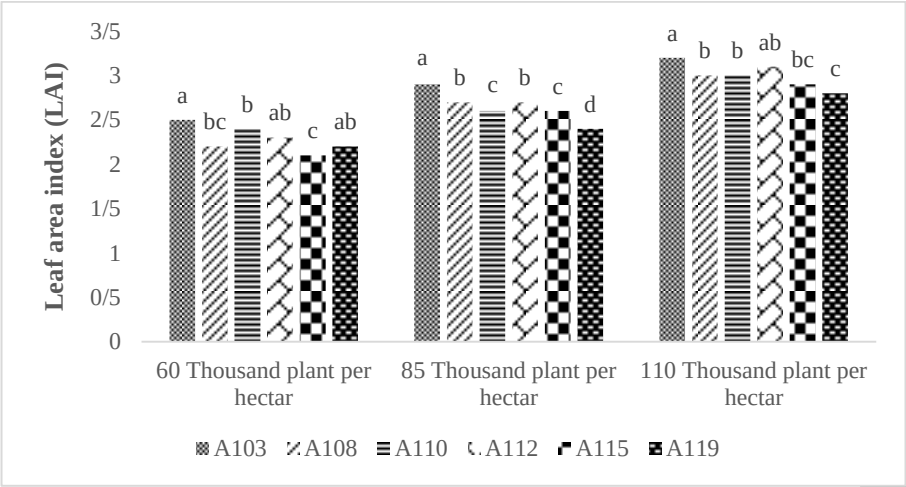

Figure 4- Mean Comparison of leaf area index in six corn lines under the influence of 3 planting densities

سطح ویژه برگ

نتایج اثر متقابل 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 متعلق بودند (شکل ۵). سطح ویژه برگ درواقع نشان‌دهنده ضخامت برگ می‌باشد. به عبارتی برگ ضخیم-تر تعداد سلول‌های مزوفیلی بیشتری در واحد سطح خود دارد. 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.

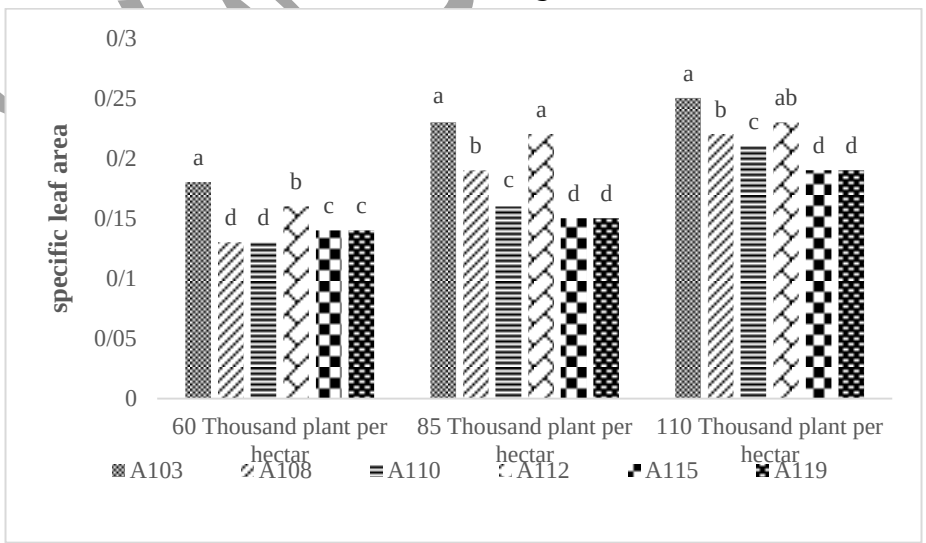

Figure 5- Mean Comparison of spexific leaf area in six corn lines under the influence of 3 planting densities

شاخص کلروفیل برگ

نتایج اثر برهمکنش تراکم بوته و لاین‌ها نشان داد بیشترین کلروفیل برگ با ۱/۶ به تراکم ۱۱۰ هزار بوته و لاین ۱۰۳ و کمترین با ۱/۵ به تراکم ۶۰ هزار بوته و لاین ۱۱۹ متعلق بودند (شکل ۶). غلظت کلروفیل برگ شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشدی آن می‌باشد. در پژوهش عبادی و همکاران (Ebadi *et al*., 2016) نیز بین هیبریدهای مختلف ذرت از لحاظ میزان کلروفیل اختلاف وجود داشت. همسو با یافته‌های این تحقیق النگار و همکاران (Al-Naggar*et al*., 2021) گزارش کردند که افزایش تراکم به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش میزان کلروفیل گردید.

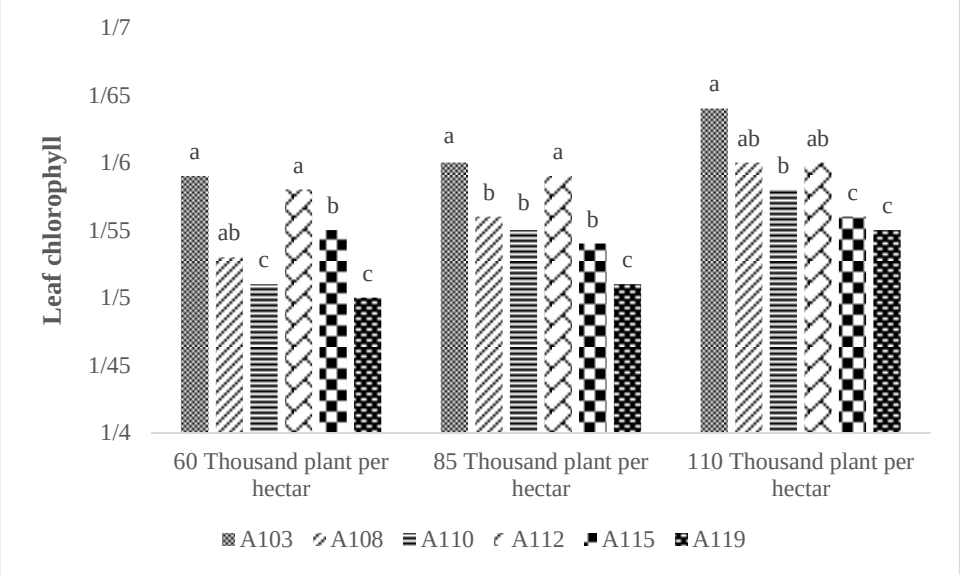

Figure 6- Mean Comparison of spexific leaf area in six corn lines under the influence of 3 planting densities

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 زیست توده (r=۰/۸۷)، شاخص سطح برگ (r=۰/۸۲) و سطح ویژه برگ (r=۰/۸۰) با عملکرد دانه به‌مراتب بالاتر از سایر صفات بود. عملکرد زیست توده نیز بیشترین ضریب همبستگی را به ترتیب با سطح ویژه برگ (r=۰/۷۷) و شاخص سطح برگ (r=۰/۷۵) داشت. این موضوع نشان داد که ویژگی‌های برگ تأثیر بسیار معنی‌داری در تشکیل عملکرد دانه و تولید بیوماس دارد. شاخص سطح برگ بالاتر نشان‌دهنده توان فتوسنتزی بالاتر و درنتیجه 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=۰/۵۲ و r=۰/۴۸) داشت. بنابراین می‌توان گفت جهت انتخاب لاین‌های برتر، علاوه بر لاین‌هایی که شاخص سطح برگ بالاتری دارند، می‌توان سطح ویژه برگ بالاتر را نیز به‌عنوان یک صفت مطلوب جهت اصلاح و معرفی هیبریدهای با عملکرد بالاتر مدنظر قرار داد.

Table 4- Correlation coefficinet between investigated characteristics

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LAI (1)	1								
SLA (2)	0.86**	1							
Chlrophyll (3)	0.57**	0.72**	1						
Plant height (4)	0.77**	0.61**	0.24*	1					
Row per ear (5)	0.15^{ns}	0.24*	0.41**	-0.20*	1				
Grain per ear (6)	0.42**	0.48**	0.43**	0.05^{ns}	0.58**	1			
Thousand grain weight (7)	0.01^{ns}	0.21*	0.27**	-0.33**	0.62**	0.62**	1		
Grain 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

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 لاین های مورد آزمایش بود. نتایج تحقیقات زیادی نشان داده 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 اینکه مواد آزمایشی استفاده شده در این پژوهش لاین های خالص ذرت می‌باشند 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 لاین های ذرت می‌تواند برای افراد و یا شرکت‌هایی که در زمینه تولید بذر فعال هستند بسیار حائز اهمیت باشد زیرا در این مزارع از لاین های 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.

سپاسگزاری

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

نسخه پیش از انتشار

منابع:

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 1. *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 Biotechnol Mol Biol*, 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.

Ebadi, A., Moharram Nejad, N., Rahnamaee, M. T., & Motesadi Zarandi, S. (2016). Determining the ecological footprint of vehicles in Tehran, Iran. Applied Ecology and Environmental Research, 14(3), 439-450.

FAO. (2022). https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

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.

Koocheki, A., & Khajeh Hosseini, M. (2008). Modern Agronomy. Jahad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran (In Persian).

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., Hassanzadeh Moghadam, H., Najafinezhad, H., Shirkhani, A., Ahmadi, B., Azizi, F., & Golzardi, F. (2023). Bouquet ears in maize inbred lines as affected by agronomic factors. *Journal of Crop Improvement*, 37(1), 140-156.

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).

Nourmohammadi, G. H., Siadat, A., and Kashani, A. (1997). Cereal Production. Chamran University of Ahvaz Press. 349p (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.
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.
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. Agric. J. and Environment. Sci, 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.