

Crop Science Research in Arid Regions

homepage: <https://cropscience.uoz.ac.ir/>

Research Article

Volume 7, Issue 2, 2025, P. 255-274

Effect of row orientation, crop density, and row distance on growth and yield of corn (*Zea mays* L.) single cross 704 cultivar

Bahare Tahmasbi ^a, Seyed Vahid Eslami ^{*b}, Majid Jami Al-Alahmadi ^b, Sohrab Mahmoodi ^b

^a PhD Candidate, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

^b Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

*Corresponding Author: sveslami@birjand.ac.ir

Received: 18 November 2024 Accepted: 3 February 2025 DOI:10.22034/CSRAR.2025.489583.1451

How to cite this article:

Tahmasbi, B., Eslami, S. V., Jami Al-Alahmadi, M., and Mahmoodi, S. 2025. Effect of row orientation, crop density and row distance on growth and yield of corn (*Zea mays* L.) single cross 704 cultivar. *Crop Science Research in Arid Regions*, 7(2), 255–274.

<https://doi.org/10.22034/csrar.2025.489583.1451>

Abstract

Introduction: Corn (*Zea mays* L.) is one of the oldest agricultural plants, which has a special place among agricultural products due to its favorable characteristics, such as high adaptation to climatic conditions, high production of dry matter, and high water use efficiency. The high production potential of corn and its importance in feeding livestock and poultry, as well as the variety of products obtained from corn, have caused this plant to attract the attention of many countries in the world. Management practices can affect the growth and yield of maize. One practice used to increase yield has been to adjust the proper planting orientation and spacing between maize rows. Proper distribution and orientation of the corn plant during planting allows the canopy to absorb more light and thus increases vegetative growth and grain yield.

Materials and Methods: To investigate the effect of row orientation, crop density, and row distance on corn (*Zea mays* L.) growth and yield, a study was conducted at the experimental field of Birjand University during 2021. Treatments included row orientation (north-south and east-west), corn density (7.5, 10, and 12.5 plants per square meter), and row distance (35 and 70 cm). In order to evaluate the effect of row orientation, this effect was considered as the effect of location in two adjacent fields, and the two factors of density and row distance in each field were done as a factorial layout based on a randomized complete block design in three replications. Sampling of plants was done in 5 stages of 21 days after emergence. In each of these stages, 3 plants were randomly harvested from one-third of each plot, observing the margin effect, and characteristics such as leaf surface index and dry weight of aerial organs were measured. To measure the morphological traits, including plant height, 5 plants from each plot were randomly selected and marked after the plants were fully established, and their stem length was measured every 21 days using a ruler in centimeters. It was taken; Then their average was calculated in each plot. To determine the percentage of light interception (LI%), the amount of photosynthetically active radiation (PAR) was measured using a radiometer between 11 a.m. and 1 p.m. In each case, 10 measurements were taken from below the canopy and in different directions (to calculate the light transmitted through the canopy), and two measurements were taken from above the



canopy (to measure the total radiation reaching the canopy surface). After physiological processing, biomass and grain yield were measured.

Results and Discussion: The results showed that north-south planting orientation significantly increased plant height and leaf area index. The increase in leaf area index in this row direction led to an increase in the light interception (LI%). The row spacing of 35 cm led to an increase in leaf area index, biological yield, and grain yield; in fact, this increase in yield was the result of greater LI% in this row spacing. The effect of density was also significant on plant height, fresh forage yield, ear length, number of grain rows, number of grains per row, total grain number, and 1000 grain weight, and at the highest level it led to a decrease in all traits except height and fresh forage yield.

Conclusion: The north-south planting row direction in the Birjand region led to the superiority of plant height, LI%, and leaf area index compared to the east-west planting row direction. Narrow row spacing increased leaf area index, biological yield, grain yield, and LI% compared to conventional row spacing. Low density significantly increased yield components, including ear length, number of grain rows, number of grains per row, total grain number, and 1,000-grain weight. With increasing plant density, LI% also increased; this is due to the increase in the number of leaves and leaf area per unit area, which allows plants to utilize more light radiation. Overall, according to the results of this study, better light conditions in the north-south planting direction led to better growth of corn plants and increased biomass and grain yield; also, the planting system in 35 cm row spacing can be recommended to farmers as an agricultural solution to increase corn yield.

Keywords: Growth parameters, Leaf area index, Light interception (%), Plant arrangement, Plant height

اثر جهت ردیف کاشت، تراکم گیاهی و فاصله بین ردیف بر رشد و عملکرد ذرت (*Zea mays L.*)

رقم سینگل کراس ۷۰۴

بهاره طهماسبی^۱، سید وحید اسلامی^{۲*}، مجید جامی‌الاحمدی^۲، سهراب محمودی^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

* مسئول مکاتبه: sveslami@birjand.ac.ir

DOI:10.22034/CSRAR.2025.489583.1451

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸

چکیده

جهت‌گیری مناسب و تنظیم فواصل ردیف‌های کاشت به‌عنوان روشی مدیریتی در افزایش عملکرد ذرت مطرح می‌باشد. این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۱۴۰۰ انجام شد. تیمارها شامل جهت کاشت (شمالی‌جنوبی و شرقی‌غربی)، تراکم ذرت (۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع) و فاصله بین ردیف (۳۵ و ۷۰ سانتی‌متر) بود. به‌منظور ارزیابی اثر جهت ردیف کاشت، این اثر به صورت اثر مکان در دو مزرعه جداگانه در نظر گرفته و دو عامل تراکم و فاصله بین ردیف به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ترکیب شدند. نتایج نشان داد جهت کاشت شمالی‌جنوبی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ گردید؛ افزایش شاخص سطح برگ در این جهت کاشت منجر به افزایش درصد جذب تشعشع گردید. فاصله بین ردیف ۳۵ سانتی‌متر منجر به افزایش شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک و عملکرد عمده‌دانه شد که این افزایش عملکرد عمدتاً در نتیجه جذب تشعشع بیشتر در این فاصله ردیف بود. تأثیر تراکم نیز بر ارتفاع گیاه، عملکرد علوفه تر، طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه و وزن هزار دانه معنی‌دار بود و در بالاترین میزان منجر به کاهش تمامی صفات به‌جز ارتفاع و عملکرد علوفه تر گردید. در مجموع، ایجاد شرایط بهتر جذب تشعشع در جهت کاشت شمالی‌جنوبی منجر به رشد بهتر بوته‌های ذرت و افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک شد؛ هم‌چنین سیستم کاشت در فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر می‌تواند به‌عنوان یک راهکار زراعی در افزایش عملکرد ذرت به کشاورزان توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: آرایش کاشت، ارتفاع بوته، پارامترهای رشد، درصد جذب تشعشع، شاخص سطح برگ

مقدمه

ذرت (*Zea mays L.*) از جمله قدیمی‌ترین گیاهان زراعی بوده که به‌دلیل داشتن خصوصیات مطلوب همانند قدرت سازگاری بالا به شرایط اقلیمی، تولید بالای ماده خشک و نیز کارایی بالای مصرف آب جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات کشاورزی دارد. پتانسیل تولید بالای ذرت و اهمیت آن در تغذیه دام و طیور و همچنین تنوع فرآورده‌های حاصل از ذرت، باعث گردیده این گیاه مورد توجه بسیاری از کشورهای جهان قرار گیرد (Shakarami and Rafiee, 2009).

روش‌های صحیح مدیریت زراعی در استفاده حداکثر از ظرفیت محیط برای تولید گیاهان امری بسیار مهم بوده و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد می‌تواند در راستای افزایش عملکرد و به حداکثر رساندن بهره‌وری از محیط مورد نظر باشد. جهت ردیف کاشت و پیکربندی مناسب گیاه می‌تواند ساختار کانوپی خوبی برای تولید محصول ایجاد کند و عملکرد بیش‌تری بدست

آورد (Li et al., 2018). برخی از مطالعات گزارش کردند که عملکرد گیاهانی نظیر ذرت، سورگوم، پیاز و همچنین باغات انگور در ردیف شمالی‌جنوبی بیشتر از جهت ردیف شرقی‌غربی است، اما مطالعات دیگر گزارش کردند که عملکرد در جهت ردیف شرق به غرب بیشتر از جهت ردیف جنوب به شمال است. مطالعات دیگر گزارش کردند که جهت ردیف کاشت اثر قابل توجهی بر بازده ندارد (Liu et al., Luqman et al., 2020). این نتایج متفاوت ممکن است ناشی از تفاوت عرض‌های جغرافیایی در مکان‌های مورد مطالعه باشد (Widdicombe and Thelen, 2002).

جهت‌گیری ردیف‌های کاشت می‌تواند از طریق افزایش جذب و نفوذ تابش خورشید به کانوپی گیاهان بر کارایی فتوسنتز تأثیر بگذارد. توزیع و جهت‌گیری مناسب گیاه ذرت در طول کاشت به کانوپی اجازه می‌دهد نور بیش‌تری را جذب کرده و از این رو رشد رویشی و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

(عملکرد زیست‌توده) افزایش می‌یابد (Widdicombe and Thelen, 2002). در آزمایش‌های دیگری، کاهش فاصله ردیف‌های کاشت ذرت نسبت به فاصله کاشت رایج (۷۵ سانتی‌متر) موجب افزایش عملکرد آن شد (Fathi, 2006). این الگوی کاشت باعث تسریع سرعت رشد رویش گیاهان زراعی در اول فصل زراعی گردید و باعث بهبود قدرت رقابتی گیاه زراعی برای جذب نور شد.

تراکم کاشت علاوه بر عملکرد، بر روی کیفیت و ارزش غذایی دانه تأثیرگذار است. با کاهش میزان نور مقدار پروتئین و روغن در ذرت تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌نماید. بنابراین آرایش کاشت باید به نحوی باشد که بتواند حداکثر استفاده را از تابش آفتاب نماید، زیرا کارایی جذب انرژی تابشی که بر روی سطح یک مزرعه می‌تابد به سطح برگ کافی بستگی دارد که به طور یکنواخت توزیع شده و سطح مزرعه را کاملاً پوشانده باشد. این هدف با تراکم مناسب بوته در سطح مزرعه میسر است (Biaziegr and Glover, 1980).

با توجه به کشت گسترده ذرت در منطقه، هدف از اجرای این پژوهش بررسی اثر جهت کاشت، فاصله بین ردیف و تراکم بر رشد و عملکرد ذرت در منطقه بیرجند بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر جهت ردیف کاشت، فاصله ردیف و تراکم بوته بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ (جزو ارقام دیررس، سال معرفی ۱۳۵۹، طول دوره رشد ۱۳۵-۱۲۵ روز (Dehghanpour, 2014)) در سال ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. براساس تقسیم‌بندی اقلیمی، بیرجند جزء مناطق خشک محسوب می‌شود و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های خشک و گرم است. میزان بارش در این شهر با توجه به آب و هوای آن، کم بوده و بیش‌ترین میزان آن، از آذر تا اردیبهشت رخ می‌دهد که در فصل زمستان اغلب به صورت بارش برف است. تفاوت نسبتاً زیاد درجه حرارت روز و شب و همچنین اختلاف دمای زمستان و تابستان در این شهرستان به علت نزدیکی آن به مناطق کویری است. بیرجند، به‌طور میانگین

مطالعات متعددی گزارش داده‌اند که عملکرد و کیفیت محصول در جهت ردیف شمالی جنوبی نسبت به جهت ردیف شرقی غربی بهتر است (Luqman et al., 2020; Souza et al., 2019; Hunter et al., 2017; Giacosa et al., 2015; Gutiérrez-Gamboa et al., 2021). طی تحقیقی اثرات ۳ جهت کاشت شمالی جنوبی، شرقی غربی و جنوب غربی ۲۰ درجه و همچنین ۲ فاصله ردیف کاشت سنتی (۶۵+۶۵) و جدید (۴۰+۱۶۰) روی پیری برگ ذرت بررسی شد، نتایج نشان داد میزان فتوسنتز برگ‌های پرچم در جهت کاشت جنوب غربی ۲۰ درجه با فاصله ردیف کاشت (۴۰+۱۶۰) از بقیه مدل‌ها به‌طور قابل توجهی بیشتر بود، این مدل کاشت سایه افقی گیاهان در ردیف‌های کاشت را کوتاه کرد و در نتیجه گیاه توانست روشنایی طولانی مدتی را دریافت کند (Tian et al., 2019).

تنظیم آرایش کاشت در ذرت با تغییر در تراکم گیاهی و فاصله بین ردیف‌ها (Galvao et al., 2014) و همچنین توزیع مکانی و زمانی گیاهان در ردیف (Novak and Ransom et al., 2018) ایجاد می‌شود. از آنجایی که این تکنیک امکان تخصیص حداکثر تعداد گیاهان در هر منطقه را فراهم می‌کند، باعث افزایش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی می‌شود که یکی از عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه است (Lu et al., 2011). شیوه‌های کشاورزی، مانند جهت ردیف کاشت و فاصله ردیف، برای تولید ذرت مفید هستند (Balkcom et al., 2011).

فاصله ردیف‌های معقول می‌تواند تهویه و شرایط عبور نور را در مزرعه بهبود بخشد و باعث افزایش رشد و نمو شود. ردیف‌های باریک می‌تواند موجب جذب نور بیشتری در کانوپی شود و نیز رشد و بسته شدن کانوپی افزایش می‌یابد (Piao et al., 2011; Balkcom et al., 2022). هنگامی که گیاهان ردیفی مانند سورگوم با تراکم‌های معین در فاصله ردیف‌های باریک‌تر کشت می‌شوند، به‌علت توزیع یکنواخت بوته‌ها در سطح مزرعه، امکان دریافت تابش خورشیدی بیشتر و رقابت بیشتر با علف‌های هرز فراهم می‌شود. همچنین، اگر تابش کافی به بوته‌ها برسد، ممکن است دو یا چند جوانه جانبی همزمان تحریک شده و تولید بلال کنند (Chin Choy and Kanemasu, 1974). گزارش شده است که در هیبریدهای دو منظوره، با کاهش عرض ردیف از ۷۶ به ۳۶ سانتی‌متر، وزن خشک تولیدی

ارزیابی اثر جهت کاشت، این اثر را به صورت اثر مکان (اثر ثابت) در دو مزرعه جداگانه در نظر گرفته و دو عامل تراکم و فاصله بین ردیف به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ترکیب شدند. برای آماده‌سازی زمین پس از شخم، کلوخه‌ها توسط دیسک نرم شده و در نهایت زمین با لولر تسطیح گردید. کوددهی بر اساس نیاز کودی پس از تسطیح زمین صورت گرفت و روش آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد. هر کرت شامل ۶ پشته با فاصله ۷۰ سانتی‌متری بود. در فاصله بین ردیف ۳۵ سانتی‌متر، گیاهان ذرت در دو طرف پشته‌های ۷۰ سانتی‌متری کشت شدند در حالی که در فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر، گیاهان در یک سمت پشته کشت شدند. دو ردیف کناری و نیم متر از بالا و پایین هر کرت به عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد. طول هر کرت ۶ متر بود. عملیات کاشت در تاریخ ۸ تیر ماه انجام گرفت. برای مقابله با علف‌های هرز در طول فصل رشد عملیات وجین به صورت دستی انجام شد.

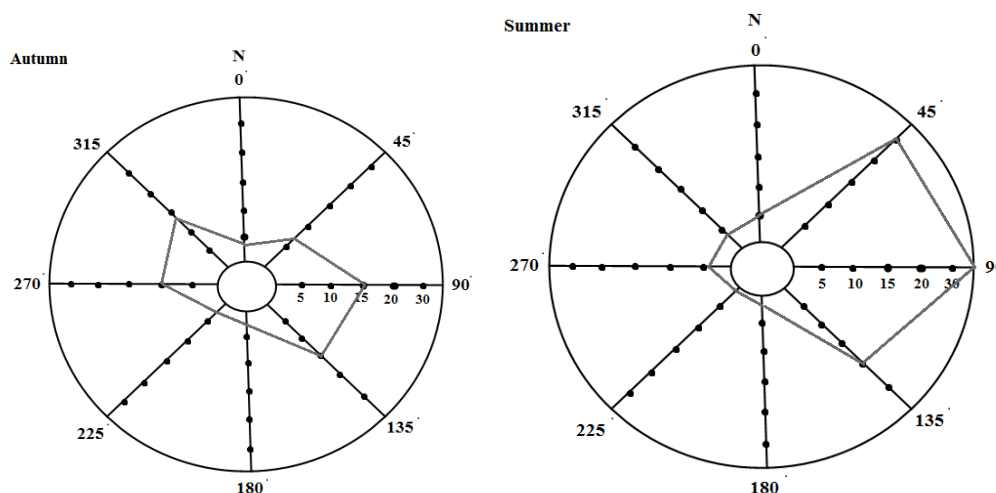
در ۷۲ روز از سال دارای دمای زیر صفر درجه و در ۱۴۲ روز از سال دارای دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد است. با توجه به جدول خصوصیات باد در منطقه اجرای تحقیق و نمودار گلباد مشاهده می‌شود در فصل تابستان، باد غالب، شرقی (بیش از ۳۰ درصد) و باد نایب غالب شمال شرقی (۳۰ درصد) می‌باشد. از سایر بادهای، باد جنوب شرقی می‌باشد که ۲۰ درصد از کل بادهای از این سمت می‌وزند. همچنین نمودار گلباد فصل پاییز نشان می‌دهد باد غالب در این فصل شرقی (۱۵ درصد) و نیز جنوب شرقی (۱۵ درصد) می‌باشد (شکل ۱ و جدول ۱).

فاکتورهای آزمایش شامل جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، تراکم گیاهی ذرت (۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع) و فاصله بین ردیف (۳۵ و ۷۰ سانتی‌متر) بود. ساختار آزمایش به صورت تجزیه مرکب در مکان بود و آزمایش به صورت فاکتوریل در دو مکان (مزرعه) مجاور هم (به جهت اطمینان از یکنواختی شرایط اداکی و محیطی) اجرا گردید. به منظور

جدول ۱- خصوصیات باد در منطقه اجرای تحقیق در طی ماه‌های رشد ذرت

Table 1- Wind characteristics in the area of research implementation over maize growth months

ماه	جهت باد غالب	سرعت باد غالب	فراوانی باد غالب
Month (2020)	Prevailing wind direction (degree)	Prevailing wind speed (m s ⁻¹)	Prevailing wind frequency (%)
تیر	90	3.91	34
July			
مرداد	90	3.64	31
August			
شهریور	90	3.48	40
September			
مهر	90	2.88	28
October			



شکل ۱- الگوی گلباد در طی تابستان و پاییز در منطقه اجرای تحقیق

Figure 1- Windrose pattern over summer and autumn in the area of research implementation

$$y = \frac{a}{1 + \left(\frac{t}{T_{50}}\right)^b} \quad (2)$$

در این مدل y تغییرات شاخص رشدی مورد نظر در زمان t ، a حداکثر مقدار شاخص رشدی، T_{50} زمان (بر حسب روز) تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر مقدار شاخص رشدی، b ضریب کنترل کننده شکل و شیب منحنی و t زمان بر حسب روز است. برای تعیین درصد جذب تشعشع^۱ (LI%)، مقدار تابش فعال فتوسنتزی^۲ (PAR)، با استفاده از دستگاه تشعشع سنج (مدل LP-80) در فاصله بین ساعت ۱۲ تا ۱۴ ظهر اندازه‌گیری شد. در هر مورد ۱۰ اندازه‌گیری از زیر کانوپی و در جهات مختلف (جهت محاسبه نور عبور یافته از کانوپی)، و دو اندازه‌گیری از بالای کانوپی (جهت اندازه‌گیری کل تشعشع رسیده به سطح کانوپی) انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار تشعشع رسیده به پایین کانوپی در ۵ نقطه از هر کرت، دستگاه به شکلی در زیر کانوپی به موازات سطح زمین، قرار گرفت که حسگرها بین دو ردیف مجاور تقسیم شوند و سایه‌اندازی کانوپی گیاه در طرفین ردیف کاشت به دقت اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری‌های بالای کانوپی نیز یک بار قبل و یک بار بعد از اندازه‌گیری‌های زیر کانوپی انجام شده و میانگین‌ها محاسبه شدند. برای تعیین درصد جذب تشعشع (LI%)، از رابطه (۳) استفاده شد (Maddoni and Otegui, 1996).

$$\times 100LI\% = \left[1 - \left(\frac{I}{I_0}\right)\right] \quad (3)$$

در این رابطه I و I_0 به ترتیب میزان تشعشع در زیر و بالای کانوپی هستند.

برای تعیین عملکرد علوفه تر ذرت، برداشت علوفه سبز در مرحله شیری دانه از یک متر مربع با رعایت اثر حاشیه انجام و علوفه برداشت شده توزین گردید. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. جهت تعیین عملکرد بیولوژیک، گیاهان نصف کرت با رعایت اثر حاشیه برداشت و توزین شدند و عملکرد بیولوژیک و دانه آن‌ها در متر مربع تعیین گردید. برای محاسبه طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد کل دانه در بلال، ۵ بلال به صورت

نمونه‌برداری از گیاهان در ۵ مرحله از ۲۱ روز پس از سبز شدن انجام شد. در هر یک از این مراحل ۳ بوته از یک سوم هر کرت به صورت تصادفی با رعایت اثر حاشیه برداشت و خصوصیات نظیر شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع گیاه ۵ بوته از هر کرت به طور تصادفی پس از استقرار کامل بوته‌ها انتخاب و علامت‌گذاری شده و طول ساقه آن‌ها هر ۲۱ روز با استفاده از خطکش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد؛ سپس میانگین آن‌ها در هر کرت منظور گردید. بر این اساس، اندازه‌گیری شماره ۱ در مرحله ۶-۸ برگی ذرت، اندازه‌گیری شماره ۲ در مرحله ۱۲ برگی تا ظهور آخرین برگ، اندازه‌گیری شماره ۳ در مرحله کاکل‌دهی، اندازه‌گیری شماره ۴ در مرحله شیری شدن دانه و اندازه‌گیری شماره ۵ در مرحله دندانه‌ای شدن دانه انجام شد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (مدل Li-Cor, Li-1300، کشور ایالات متحده) استفاده شد و پس از اندازه‌گیری با توجه به تراکم بوته به شاخص سطح برگ تبدیل شد. برای خشک کردن نمونه‌ها از آون (۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) و به منظور توزین نمونه‌های خشک شده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. جهت برآورد شاخص سطح برگ در طول فصل رشد، معادله ۴ پارامتره گوسین اصلاح شده (معادله ۱) به داده‌های شاخص سطح برگ برازش گردیده (Hosseini et al., 2011) و ضرایب معادلات در تیمارهای مختلف محاسبه و مقایسه گردید.

$$x(t) = a \cdot \exp \left[-0.5 \cdot \text{abs} \left(\frac{(x - x_0)^c}{h} \right) \right] \quad (1)$$

در معادله بالا t زمان بر حسب روز، $x(t)$ شاخص سطح برگ برآورد شده، a حداکثر مقدار شاخص سطح برگ، b شیب خط در نقطه x_0 ، c یک ضریب ثابت و x_0 زمانی است که گیاه حداکثر شاخص سطح برگ را دارد.

برای توصیف تغییرات ارتفاع بوته و وزن خشک از یک مدل لجستیک سه پارامتری (فرمول ۲) استفاده شد (Lawson et al., 2006).

^۲Photosynthetic Active Radiation

^۱Light Interception

حفظ رطوبت بیش‌تر شود. علاوه بر موارد مذکور، جهت باد غالب شرقی غربی در منطقه در طول فصل رشد گیاه زراعی نیز می‌تواند در این ارتباط تاثیرگذار باشد و زش باد می‌تواند دسترسی به نور، رطوبت و عناصر غذایی را تحت تاثیر قرار دهد. به عنوان مثال خم شدن گیاهان در نتیجه باد می‌تواند منجر به کاهش دریافت تشعشع و نتیجتاً کاهش رشد گیاه شود. البته سرعت باد در زمان تحقیق حاضر در حدود ۱۳ کیلومتر بر ساعت بود که در حد نسیم بوده و حداقل از بابت ایجاد اثرات منفی بر رشد گیاه، نمی‌تواند قابل توجه باشد (جدول ۱) (Damavandi and Haghshenas, 2024).

ارتفاع بوته در فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر همواره بیش‌تر از فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر بود (شکل ۲). به‌طوری‌که حداکثر ارتفاع بوته برآورد شده توسط مدل لجستیک سه پارامتری در فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر، ۱۹۰/۰۲ سانتی‌متر بود که ۴/۷ درصد بیش‌تر از فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر بود (جدول ۲). طی تحقیقی گزارش شد گیاهانی که در فواصل نزدیک‌تر کشت شدند، دارای ویژگی‌های رشد بهتری بودند؛ فواصل کمتر می‌تواند به افزایش ارتفاع بوته و جذب بیشتر تابش منجر شود (Hosseinzadeh et al., 2008).

افزایش تراکم باعث افزایش ارتفاع بوته گردید (شکل ۲). بر اساس نتایج برآورد شده توسط مدل لجستیک سه پارامتری بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۸۹ سانتی‌متر) از تراکم ۱۲/۵ بوته در مترمربع بدست آمد که ۳/۸ درصد بیش‌تر از تراکم ۷/۵ و ۱۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۲). نتایج تحقیق حاضر نشان داد افزایش تراکم باعث افزایش درصد جذب تشعشع شد (شکل ۶). البته با افزایش تراکم، گیاهان به هم نزدیک‌تر می‌شوند و سایه بیشتری ایجاد می‌کنند. این سایه‌اندازی باعث کاهش نوری می‌شود که به کف کانوپی می‌رسد، زیرا برگ‌های بالایی نور را جذب کرده و مانع رسیدن آن به برگ‌های پایینی می‌شوند. در نتیجه رقابت بین اندام‌های گیاه برای جذب بیشتر تشعشع زیاد می‌شود و از طرف دیگر تخریب نوری اکسین صورت نمی‌گیرد که مجموعه این عوامل می‌تواند باعث افزایش طول میانگره‌ها، کاهش قطر ساقه و افزایش ارتفاع بوته گردد. طی گزارشی با افزایش تراکم بوته ارتفاع بوته افزایش پیدا کرد و بیش‌ترین ارتفاع بوته ذرت را ۲۰۸ سانتی‌متر از تراکم ۱۲۰ هزار بوته در هکتار بدست آمد (Gozubeni, 2010).

تصادفی از هر کرت برداشت و صفات مورد بررسی از طریق میانگین‌گیری آن‌ها محاسبه گردید. وزن هزار دانه نیز از طریق شمارش با دستگاه بذرشمار و توزین با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ تعیین گردید. شاخص برداشت ذرت از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک بدست آمد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها از نرم افزارهای SAS (نسخه ۹/۴) و SigmaPlot (نسخه ۱۱) استفاده شد. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت شده (PLSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورفوفیزیولوژیکی

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج، شیب روند ارتفاع بوته تیمارهای مورد بررسی در همه نمونه‌برداری‌ها افزایشی بود و در همه تیمارها، شروع افزایش ارتفاع بوته از اندازه‌گیری شماره ۱ در مرحله ۶-۸ برگی ذرت بدست آمد. مقدار این شاخص، در اندازه‌گیری شماره ۳ مصادف با مرحله کاکل‌دهی به اوج خود رسید و سپس در همه تیمارها تا برداشت نهایی دارای رشد سیگموئیدی بود.

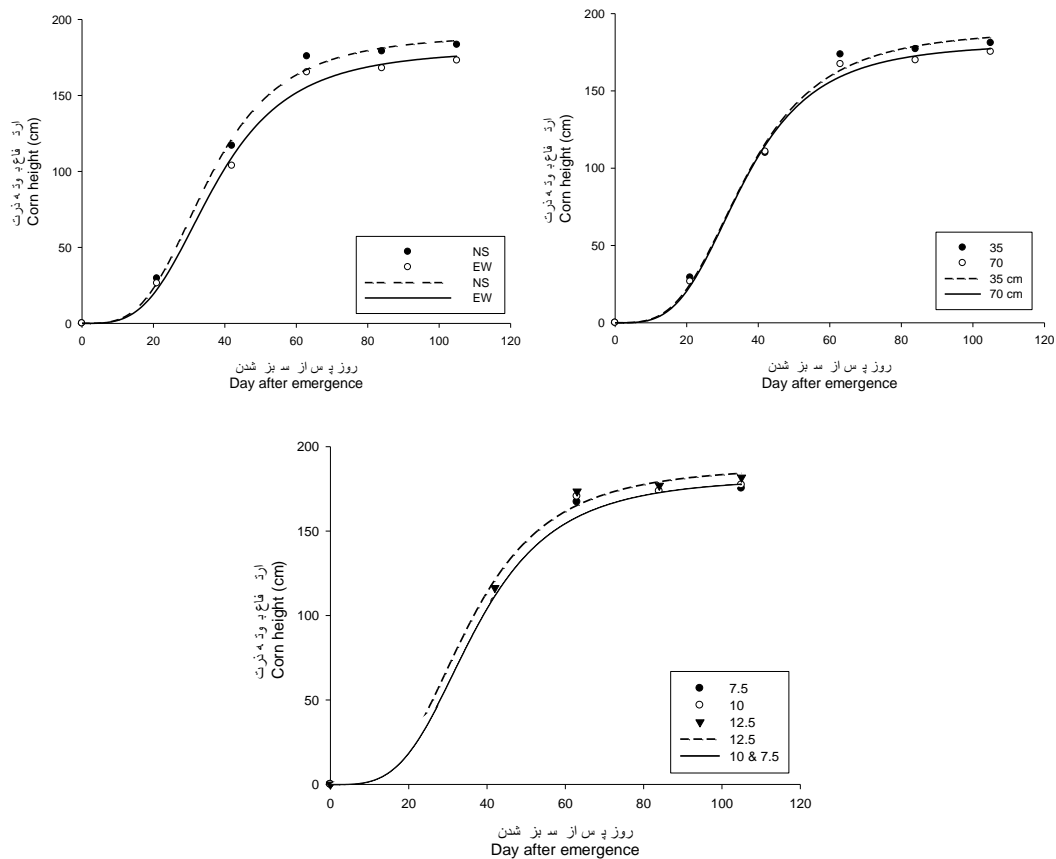
در شکل (۲) روند تغییرات ارتفاع بوته ذرت در مقابل روز پس از سبز شدن در دو جهت کاشت شمالی جنوبی و شرقی غربی، فواصل ردیف کم و رایج، و سه تراکم ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود حداکثر ارتفاع بوته همواره در جهت کاشت شمالی جنوبی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از جهت شرقی غربی بود. به‌طوری‌که حداکثر ارتفاع بوته برآورد شده توسط مدل لجستیک سه پارامتری در جهت شمالی جنوبی ۱۹۰/۵۹ سانتی‌متر بود که ۵ درصد بیش‌تر از جهت شرقی غربی بود (جدول ۲).

به نظر می‌رسد جهت شمالی جنوبی موجب نفوذ بهتر نور به قاعده گیاه و در نتیجه افزایش تمایز سلولی در خلال دوره رشد رویشی نسبت به ردیف‌های شرقی غربی می‌گردد (Duncan and Schapaugh, 1993). هم‌چنین احتمال می‌رود با توجه به اینکه در جهت کاشت شمالی جنوبی امکان سایه‌اندازی پشته‌ها در صبح و بعد از ظهر بر کف جوی نسبت به جهت شرقی غربی (که هم مسیر حرکت خورشید در آسمان است) بیش‌تر است،

جدول ۲- ضرایب مدل لجستیک برازش داده شده به داده‌های ارتفاع بوته و ماده خشک در مترمربع در مقابل زمان (روز پس از سبز شدن) در دو جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، دو فاصله بین ردیف (۳۵ و ۷۰ سانتی متر) و سه تراکم (۱۰، ۷/۵ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع)

Table 2- The coefficients of the logistic model fitted to the data of plant height and dry matter in square meters versus time (days after emergence) in two planting row directions (north-south and east-west), two row distances (35 and 70 cm) and three densities (7.5, 10 and 12.5 plants per square meter)

صفات مورد مطالعه Study traits	عوامل Factors	سطوح Levels	پارامترها Parameters			ضریب تبیین R ²
			a±SE	T50±SE	b±SE	
ارتفاع گیاه Plant height (cm)	جهت کاشت	NS	190.59 ± 6.42	35.61 ± 1.60	-3.44 ± 0.44	0.99
	Row direction	EW	180.70 ± 7.85	37.09 ± 2.01	-3.44 ± 0.55	0.99
	فاصله بین ردیف	35	190.02 ± 8.43	36.73 ± 2.06	-3.36 ± 0.54	0.99
	Row distance	70	181.34 ± 5.95	35.92 ± 1.55	-3.51 ± 0.44	0.99
	تراکم گیاهی	7.5	182.09 ± 7.07	36.95 ± 1.80	-3.53 ± 0.53	0.99
	Plant density	10	182.09 ± 7.07	36.95 ± 1.80	-3.53 ± 0.53	0.99
		12.5	189 ± 6.32	35.38 ± 1.58	-3.36 ± 0.41	0.99
ماده خشک اندام- های هوایی Dry matter of shoot (gr m ²)	جهت کاشت	NS	1673 ± 515	58.62 ± 11.96	-3.63 ± 0.91	0.99
	Row direction	EW	1433 ± 229	52.62 ± 6.03	-4.24 ± 0.86	0.99
	فاصله بین ردیف	35	1588 ± 380	55.09 ± 9.27	-3.85 ± 0.94	0.99
	Row distance	70	1517 ± 315	55.68 ± 7.87	-3.97 ± 0.84	0.99
	تراکم گیاهی	7.5	1335 ± 274	56.93 ± 7.69	-3.99 ± 0.79	0.99
	Plant density	10	1530 ± 657	60.22 ± 16.91	-3.49 ± 1.10	0.98
		12.5	1686 ± 200	50.06 ± 4.50	-4.32 ± 0.74	0.99



شکل ۲- تغییرات ارتفاع بوته ذرت در طی دوره رشد در دو جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، دو فاصله بین ردیف (۳۵ و ۷۰ سانتی متر) و سه تراکم (۱۰، ۷/۵ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع)

Figure 2- Changes in corn plant height during the growing season in two planting row directions (north-south and east-west), two row distance (35 and 70 cm) and three densities (7.5, 10 and 12.5 plants per square meter)

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ، زاویه برگ، جهت گیری برگ و ضریب خاموشی نور پارامترهای اصلی هستند که ساختار کانوبی گیاه را مشخص می کنند. این پارامترها تحت تأثیر عواملی مانند رقم، فاصله بین ردیف و تراکم گیاه قرار می گیرند (*Andrade et al., 2002; Elmore et al., 2005*). به طور کلی میزان شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد گیاه به دلیل تعداد کم و کوچک بودن برگ ها و کامل نبودن پوشش گیاهی کم است ولی به تدریج با رشد و افزایش برگ های گیاه، شاخص سطح برگ افزایش یافته تا به حداکثر خود می رسد. پس از آنکه شاخص سطح برگ به حداکثر میزان خود (مصادف با مرحله کاکل دهی) رسید، به دلیل سایه اندازی برگ ها روی همدیگر، پیری برگ ها و ریزش آن ها (به ویژه برگ های پایینی) به علت نفوذ نور کم به داخل کانوبی و کاهش مواد غذایی تسریع یافت (شکل ۳).

بر اساس ضرایب مربوط به برازش مدل گوسین حداکثر شاخص سطح برگ همواره در جهت کاشت شمالی جنوبی به طور معنی داری بیشتر از جهت شرقی غربی بود. به طوری که حداکثر شاخص سطح برگ در جهت شمالی جنوبی ۱۵ درصد بیش تر از جهت شرقی غربی بود (شکل ۳، جدول ۳). طی پژوهشی روی درخت بادام گزارش شد جهت شرقی غربی اثر منفی روی شاخص سطح برگ، رشد کانوبی، عملکرد و کیفیت میوه گذاشت و جهت کاشت شمالی جنوبی توزیع نور بهتری در کانوبی نسبت به جهت کاشت شرقی غربی داشت (*Maldera et al., 2023*). اثر جهت ردیف کاشت بر جذب نور روزانه، بیشتر در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه صورت می گیرد. در خط استوا در بیشتر ایام سال جهت شمالی جنوبی بیش ترین جذب نور را دارد. اثر جهت کاشت روی شاخص سطح برگ با افزایش عرض جغرافیایی کاهش می یابد. به طور مثال در عرض جغرافیایی ۵۵ درجه بالاترین شاخص سطح برگ در طول ماه های تابستان در جهت کاشت شمالی جنوبی، و در بقیه نقاط سال در جهت شرقی غربی به دست می آید (*De Herralde et al., 2003*).

طی این پژوهش تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد نشان داد که شاخص سطح برگ در فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر همواره بیش تر از فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر بود. به طوری که بر اساس ضرایب مربوط به برازش مدل گوسین

حداکثر شاخص سطح برگ در فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر ۳/۹۹ بود که ۱۹ درصد بیش تر از فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر بود (شکل ۳، جدول ۳). زمان مورد نیاز برای به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ ذرت (X0) در فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر ۷۹ روز و در فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر ۷۲ روز بود؛ که بیان گر این است که فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر دوره رشد طولانی تری داشته است. در واقع مدت زمان توسعه شاخص سطح برگ در فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر نسبت به فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر ۷ روز بیشتر بوده است. بر اساس نتایج فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر دارای درصد جذب تشعشع بیش تری بود (شکل ۶)؛ فاصله بین ردیف کمتر موجب زودتر بسته شدن کانوبی می گردد. در نتیجه دریافت تشعشع توسط گیاه و سرعت رشد رویشی در اول فصل بیشتر می گردد که منجر به بهبود قدرت رقابتی گیاه می شود (*Piao et al., 2022*). طی گزارشی ردیف های کاشت باریک موجب افزایش جذب تشعشع، شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل و سرعت فتوسنتز گردید (*Ge et al., 2022*).

بر اساس ضرایب مربوط به برازش مدل گوسین، حداکثر شاخص سطح برگ در تراکم های ۰/۷، ۱۰ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع به ترتیب ۳/۰۱، ۳/۶۲ و ۴/۴۱ بود (شکل ۳، جدول ۳). تراکم کاشت به طور معنی داری روی سطح برگ تأثیر گذاشت و با افزایش تراکم مقدار سطح برگ تک بوته ها کاهش یافت. در واقع با افزایش تراکم، رقابت بین بوته ای زیاد شده و در نتیجه سطح برگ و وزن خشک تک بوته کاهش می یابد. ولی به علت افزایش تعداد بوته در واحد سطح، با توسعه سطح برگ میزان جذب نور و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر شده و به تبع آن شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه در واحد سطح افزایش می یابد.

ماده خشک اندام های هوایی

تجمع ماده خشک در واقع سرعت تولید گیاه را در طول دوره رشد نشان می دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار ماده خشک در واحد سطح در جهت کاشت شمالی جنوبی همواره در طول فصل رشد بیشتر از جهت کاشت شرقی غربی بود. حداکثر مقدار ماده خشک در واحد سطح در جهت شمالی جنوبی برآورد شده توسط مدل لجستیک سه پارامتری ۱۶۷۳

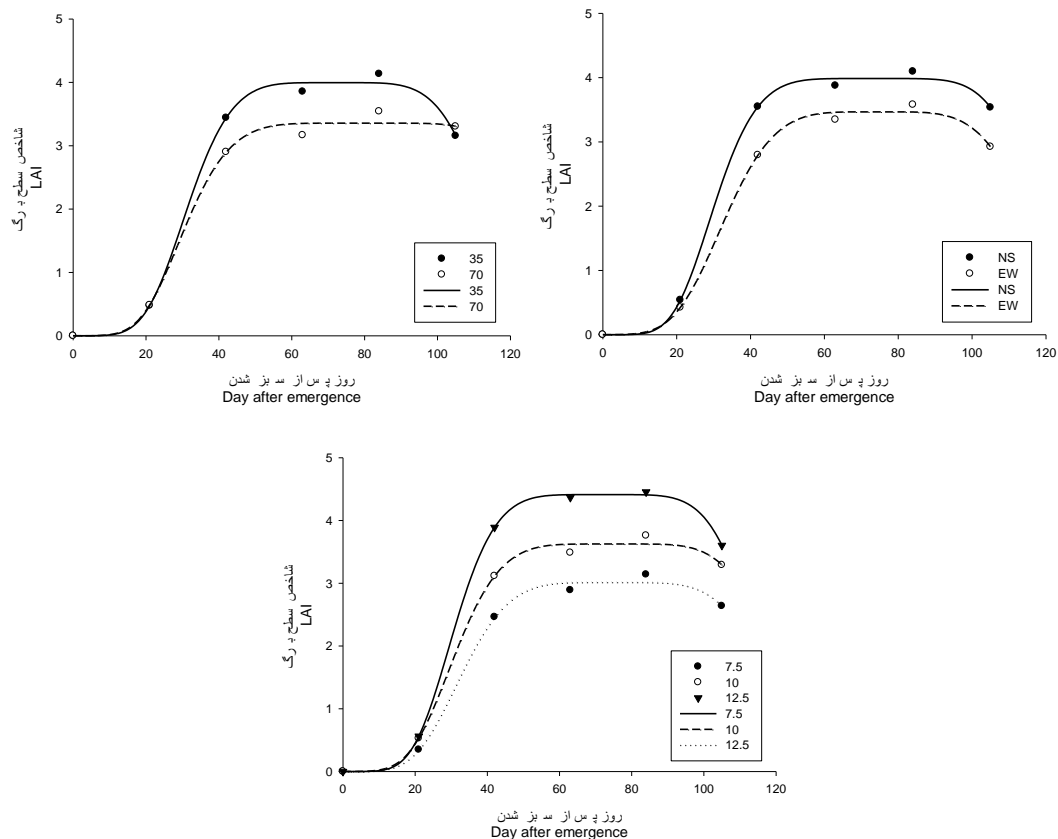
شاخص سطح برگ بیش تر و هم چنین جذب بیشتر نور خورشید و فتوسنتز بالاتر می باشد.

گرم در متر مربع بود در حالی که این پارامتر در جهت شرقی غربی ۱۴۳۳ گرم در متر مربع بود (شکل ۴، جدول ۲). دلیل عملکرد بالای ماده خشک در جهت کاشت شمالی جنوبی،

جدول ۳- ضرایب مربوط به برازش مدل چهار پارامتری گوسین اصلاح شده جهت برآورد شاخص سطح برگ در مقابل زمان (روز پس از سبز شدن) در دو جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، دو فاصله بین ردیف (۷۰ و ۳۵ سانتی متر) و سه تراکم (۱۰، ۷/۵ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع)

Table 3- Coefficients related to the fitting of modified Gossin's four-parameter model to estimate the leaf area index against time (day after emergence) in two planting row directions (north-south and east-west), two row distances (35 and 70 cm) and three densities (7.5, 10 and 12.5 plants per square meter)

صفات مورد مطالعه Study traits	عوامل Factors	سطوح Levels	پارامترها Parameters				ضریب تبیین R ²
			a±SE	b±SE	c±SE	x ₀ ±SE	
شاخص سطح برگ	جهت کاشت	NS	3.98 ± 0.07	40.83 ± 1.08	5.54 ± 0.56	73.43 ± 1.05	0.99
	Row direction	EW	3.46 ± 0.08	38.87 ± 1.20	4.53 ± 0.45	74.35 ± 1.06	0.99
برگ	فاصله بین ردیف	35	3.99 ± 0.10	38.25 ± 1.06	5.01 ± 0.58	72.08 ± 0.97	0.99
	Row distance	70	3.35 ± 0.13	46.43 ± 10.81	5.79 ± 1.79	79.63 ± 10.04	0.99
LAI	تراکم گیاهی Plant density	7.5	3.01 ± 0.08	39.66 ± 1.64	4.76 ± 0.59	74.90 ± 1.45	0.99
		10	3.62 ± 0.09	41.44 ± 1.77	5.13 ± 0.65	74.89 ± 1.62	0.99
		12.5	4.41 ± 0.03	39.05 ± 0.32	5.27 ± 0.19	72.07 ± 0.31	0.99

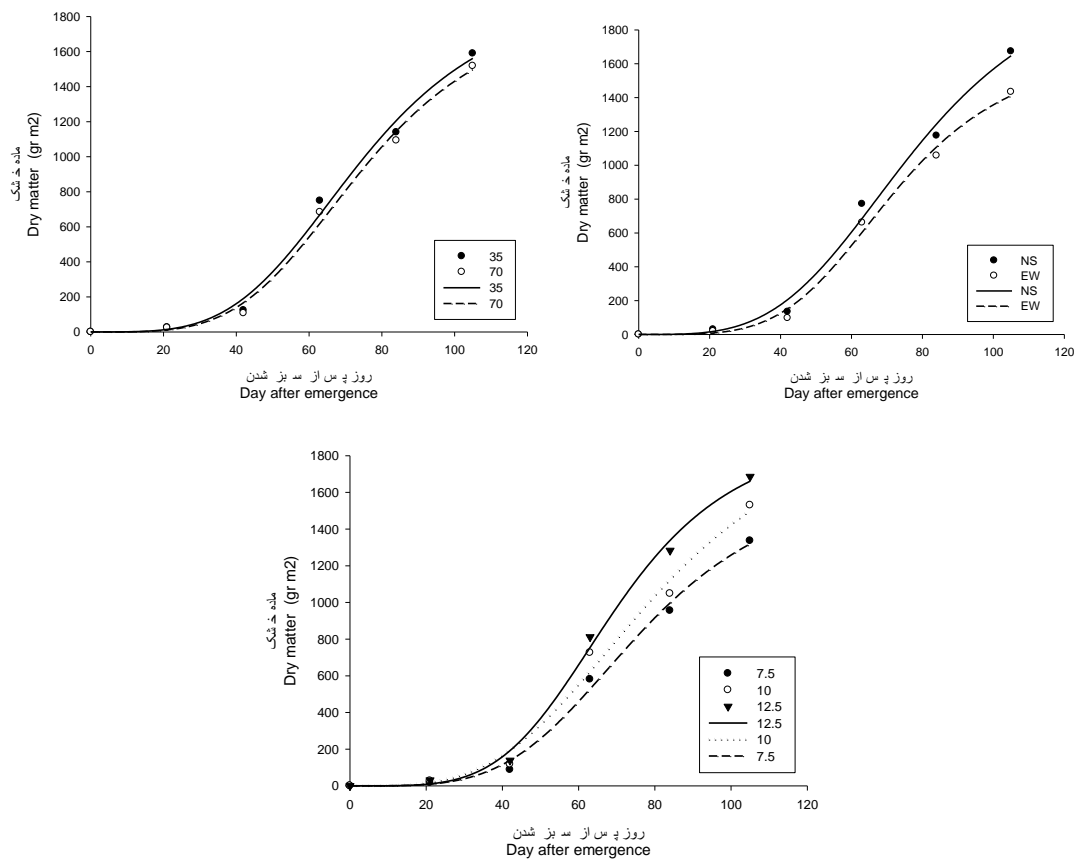


شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ ذرت در طی دوره رشد در دو جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، دو فاصله بین ردیف (۷۰ و ۳۵ سانتی متر) و سه تراکم (۱۰، ۷/۵ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع)

Figure 3- Changes in corn Leaf area index during the growing season in two planting row directions (north-south and east-west), two row distance (35 and 70 cm) and three densities (7.5, 10 and 12.5 plants per square meter)

پارامتری به ترتیب ۱۳۳۵، ۱۵۳۰ و ۱۶۸۶ گرم در متر مربع بود (جدول ۲). در تراکم‌های بیشتر، سایه‌اندازی بیشتر و تولید مواد فتوسنتزی کمتر سبب کاهش وزن خشک تک بوته‌ها می‌شود. گرچه با کاهش تراکم بوته با اختصاص فضای بیشتر به تک بوته‌ها رشد آنها بهبود یافت ولیکن در تراکم‌های بالاتر تعداد بوته بیشتر در واحد سطح توانست کاهش وزن تک بوته‌ها را جبران کند (Bazrafshan *et al.*, 2005).

بر اساس برآورد مدل لجستیک سه پارامتری، با کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت میزان تولید ماده خشک تغییر چندانی نداشت (جدول ۲). تراکم تنها در مراحل انتهایی فصل رشد به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار بود و با افزایش تراکم به وزن خشک در واحد سطح افزوده شد (شکل ۴). به‌طوری‌که حداکثر مقدار ماده خشک در واحد سطح در تراکم‌های ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع برآورد شده توسط مدل لجستیک سه



شکل ۴- تغییرات ماده خشک اندام هوایی ذرت (در مترمربع) در طی دوره رشد در دو جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، دو فاصله بین ردیف (۳۵ و ۷۰ سانتی متر) و سه تراکم (۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵ بوته در متر مربع)

Figure 4- Changes in corn dry matter during the growing season in two planting row directions (north-south and east-west), two row distance (35 and 70 cm) and three densities (7.5, 10 and 12.5 plants per square meter)

عملکرد بیولوژیک بیش‌تری نسبت به جهت شرقی غربی بود که دلیل آن تولید سطح برگ بیشتر و ساقه قطورتر و هم‌چنین جذب بیشتر نور خورشید و فتوسنتز بالاتر می‌باشد (Duncan and Schapaugh, 1993).

فاصله بین ردیف به‌طور معنی‌داری روی عملکرد بیولوژیک تأثیر گذاشت و با کاهش فاصله بین ردیف‌ها، عملکرد بیولوژیک ۲۰ درصد افزایش یافت. عملکرد بیولوژیک در فاصله بین ردیف

اجزای عملکرد و عملکرد

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک نشان‌دهنده کارایی یک جامعه گیاهی زراعی از نظر استفاده از تشعشع نور خورشید در طول فصل رویشی است. اگرچه اثر جهت کاشت بر روی عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۴) ولی جهت کاشت شمالی جنوبی دارای

۳۵ سانتی‌متر ۱۶/۴۶ تن در هکتار بدست آمد در حالی که فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر ۱۳/۶۲ تن در هکتار بود (جدول ۴). با کاهش فاصله ردیف، عملکرد بیولوژیک افزایش می‌یابد و این امر به دلیل افزایش رقابت برای نور و منابع دیگر است (Foroghi *et al.*, 2013). با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر تراکم بر روی عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثرات جهت کاشت، فاصله ردیف و تراکم بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد علوفه تر و شاخص برداشت ذرت
Table 4- Analysis of variance of the effects of planting row direction, row distance and crop density on biomass, grain yield, forage yield and harvest index of corn

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد علوفه تر
S.O.V	df	Biomass	Grain yield	Harvest index	Forage yield
جهت کاشت	1	17622504.3 ^{ns}	18062500 ^{ns}	126.10 ^{ns}	59649877.7 ^{ns}
Row direction (a)					
خطا (جهت کاشت)	4	28114040.8	19586805.55	197.65	16107069.4
Error (Row direction)					
فاصله بین ردیف	1	72782226.6 ^{**}	32585069.44 ^{**}	12.15 ^{ns}	2330711.1 ^{ns}
Row distance (b)					
تراکم بوته	2	12569770.0 ^{ns}	7880642.36 ^{ns}	30.99 ^{ns}	176978352.8 ^{**}
Crop density (c)					
فاصله بین ردیف × تراکم	2	1656575.5 ^{ns}	2482204.86 ^{ns}	117.80 ^{ns}	26059586.1 ^{ns}
c × b					
جهت کاشت × فاصله بین ردیف	1	8567816.8 ^{ns}	390625.78 ^{ns}	81.57 ^{ns}	17556100 ^{ns}
b × a					
جهت کاشت × تراکم	2	821723.1 ^{ns}	1485677.08 ^{ns}	11.46 ^{ns}	8142886.1 ^{ns}
c × a					
جهت کاشت × تراکم × فاصله بین ردیف	2	8630316.8 ^{ns}	321614.58 ^{ns}	112.22 ^{ns}	1493880.3 ^{ns}
c × b × a					
خطا	20	6095941.8	2564930.6	41.96	9690349.4
Error					
ضریب تغییرات	-	16.41	18.87	11.68	8.58
CV%					

** و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و غیر معنی‌دار

** and ns: Significant at 1% probability levels respectively and not significant

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثرات جهت کاشت، فاصله ردیف و تراکم بر صفات مورد بررسی ذرت

تیمارها	سطوح عامل‌های آزمایشی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد علوفه تر
Treatments	Levels of experiment factor	Biomass (Kg.ha ⁻¹)	Grain yield (Kg.ha ⁻¹)	Forage yield (Kg.ha ⁻¹)
جهت کاشت	NS	15740 ^a	9194 ^a	38035 ^a
Row direction	EW	14340 ^a	7777 ^a	35461 ^a
	LSD (0.05)	4907.2	4095.9	3714.3
فاصله ردیف	35 cm	16462 ^a	9437 ^a	37002 ^a
Row distance	70 cm	13618 ^b	7534 ^b	36493 ^a
	LSD (0.05)	1716.7	1113.6	2164.5
تراکم	7.5	13859 ^a	7604 ^b	32608 ^c
Density	10	15677 ^a	9198 ^a	37443 ^b
	12.5	15583 ^a	8656 ^{ab}	40193 ^a
	LSD (0.05)	2102.6	1363.9	2650.9

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۵٪، آزمون PLSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not significant difference at level 5% base on PLSD test.

عملکرد دانه

اثر عامل جهت کاشت و تراکم بر روی صفت عملکرد دانه معنی‌دار نبود ولی فاصله بین ردیف کم به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه گردید (جدول ۴). بر طبق نتایج به دست آمده از این آزمایش عملکرد دانه در فاصله بین ردیف ۳۵ سانتی‌متر ۹/۴۴ تن در هکتار بدست آمد که ۱۵ درصد بیش‌تر از فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر بود (جدول ۵). بسیاری از مطالعات، به‌ویژه آن‌هایی که در مورد تأثیر فاصله بوته هستند، گزارش دادند که فاصله مناسب بوته می‌تواند عملکرد را افزایش دهد (Piao et al., 2016). در مقایسه الگوهای کاشت یک ردیفه و دو ردیفه در ذرت محققین به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه در الگوی کاشت دو ردیفه بیش‌تر از یک ردیفه بوده است، که این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر در یک راستا است (El-Hendawy et al., 2008; Azadgoleh and Kazemi, 2007).

شاخص برداشت

شاخص برداشت نشان‌دهنده چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد. در این آزمایش با افزایش تراکم بوته، با توجه به اینکه عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به نسبت یکسانی افزایش یافت، در نهایت شاخص برداشت تغییر محسوسی نداشت. همچنین اثر جهت کاشت، فاصله بین ردیف و نیز اثرات متقابل معنی‌دار نگردید (جدول ۴). طی تحقیقی گزارش شد فاصله ردیف اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت (Shapiro and Wortmann., 2006).

عملکرد علوفه تر

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تراکم از ۷/۵ به ۱۲/۵ بوته در مترمربع، میانگین عملکرد علوفه تر به‌طور معنی‌داری از ۳۲/۶ به ۴۰/۲ افزایش یافت (جدول ۵). اثر جهت کاشت و فاصله بین ردیف بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار نگردید (جدول ۴). در تراکم‌های پایین‌تر، گیاهان ممکن است نور بیشتری دریافت کنند و رشد بهتری داشته باشند، اما ممکن است عملکرد کلی کاهش یابد زیرا تعداد بوته‌ها کمتر است. محققین نشان دادند عملکرد علوفه تر ذرت معمولاً در تراکم‌های بالا بیشتر از سطوح پایین تراکم بود (Turget et al., 2005; Larson and Hanway, 1977).

طول بلال

طول بلال از نظر آماری به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم قرار گرفت (جدول ۶). بلندترین طول بلال از تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع (۱۴/۳۶ سانتی‌متر) بدست آمد که ۷ درصد بیش‌تر از طول بلال در تراکم ۱۲/۵ بوته در متر مربع بود (جدول ۷). هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل سه گانه جهت کاشت، تراکم و فاصله بین ردیف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶)؛ با توجه به نتایج بیش‌ترین طول بلال از فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر، تراکم ۱۰ بوته در متر مربع و در جهت کاشت شمالی جنوبی و کم‌ترین میزان آن از فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر، تراکم ۱۲/۵ بوته در متر مربع و در جهت کاشت شرقی غربی به‌دست آمد (شکل ۵). با افزایش تراکم طول بلال کاهش یافت که دلیل آن را می‌توان به رقابت بیشتر بین گیاهان برای عوامل محیطی نظیر نور، رطوبت و مواد غذایی و کاهش دریافت نور جهت فتوسنتز مطلوب و عقیمی دانه‌ها به ویژه در نوک انتهای بلال در تراکم بالا نسبت داد. طی تحقیقی با افزایش تراکم ذرت از ۷ به ۱۰ بوته در متر مربع، طول بلال ۱۰ درصد کاهش یافت (Barkhi et al., 2009).

تعداد ردیف دانه در بلال

به‌طور کلی، تعداد ردیف دانه در بلال از جمله اجزای مهم عملکرد دانه در ذرت است که بسیار تحت تأثیر رقابت بین بوته‌ها قرار می‌گیرد (Gozubenli, 2010). تجزیه آماری داده‌های پژوهش نشان داد که تعداد ردیف دانه در بلال به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم قرار گرفت (جدول ۶) و بیش‌ترین تعداد ردیف دانه در بلال از تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع با مقدار ۱۳/۹۰ به‌دست آمد که ۳/۷ درصد بیش‌تر از تراکم ۱۲/۵ بوته در متر مربع بود (جدول ۷). سایر پژوهش‌گران نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (Naik et al., 2022). هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که اثر متقابل دو گانه جهت کاشت و تراکم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶، شکل ۵)؛ بیش‌ترین تعداد ردیف دانه در بلال از تراکم ۱۰ بوته در متر مربع و در جهت کاشت شمالی جنوبی و کم‌ترین میزان آن از تراکم ۱۲/۵ بوته در متر مربع و در جهت کاشت شرقی غربی بدست آمد.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثرات جهت کاشت، فاصله ردیف و تراکم بر اجزای عملکرد ذرت

Table 6- Analysis of variance of the effects of planting row direction, row distance and crop density on yield components of corn

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		طول بلال Ear length	تعداد ردیف دانه Kernel rows	تعداد دانه در ردیف Kernels per row	تعداد کل دانه Total number of Kernels	وزن هزار دانه 1000- kernel weight
جهت کاشت Row direction (a)	1	0.75 ^{ns}	0.53 ^{ns}	9 ^{ns}	2844.44 ^{ns}	1823.29 ^{ns}
خطا (جهت کاشت) Error (Row direction)	4	1.93	0.37	4.13	959.59	604.11
فاصله بین ردیف Row distance (b)	1	0.11 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0 ^{ns}	2246.76 ^{ns}	66.15 ^{ns}
تراکم بوته Crop density (c)	2	3.66*	0.77**	49.87**	9097.61*	3051.13**
فاصله بین ردیف×تراکم c×b	2	0.27 ^{ns}	0.16 ^{ns}	3.29 ^{ns}	707.77 ^{ns}	115.44 ^{ns}
جهت کاشت×فاصله بین ردیف b×a	1	0.69 ^{ns}	0.36*	9.40 ^{ns}	961 ^{ns}	331.24 ^{ns}
جهت کاشت×تراکم c×a	2	0.81 ^{ns}	0.27*	3.64 ^{ns}	1718.67 ^{ns}	36.40 ^{ns}
جهت کاشت×تراکم×فاصله بین ردیف c×b×a	2	5.06*	0.12 ^{ns}	4.72 ^{ns}	914.01 ^{ns}	123.27 ^{ns}
خطا Error	20	0.93	0.06	8.73	2270.84	424.76
ضریب تغییرات CV%	-	6.91	1.83	11.64	13.91	7.81

*, ** و ns به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی داری

*, ** and ns: Significant at 5 and 1% probability levels respectively and not significant

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثرات جهت کاشت، فاصله ردیف و تراکم بر صفات مورد بررسی ذرت

Table 7-Mean comparison of the effects of planting direction, row distance and density on the studied traits of corn

تیمارها Treatments	سطوح عامل‌ها یا آزمایشی Levels of experiment factor	طول بلال Ear length (cm)	تعداد ردیف دانه Kernel rows	تعداد دانه در ردیف Kernels per row	تعداد کل دانه Total number of Kernels	وزن هزار دانه 1000- kernel weight (gr)
جهت کاشت Row direction	NS	14.12 ^a	13.80 ^a	24.88 ^a	333.64 ^a	270.97 ^a
	EW	13.83 ^a	13.55 ^a	25.88 ^a	351.42 ^a	256.73 ^a
	LSD (0.05)	1.28	0.56	1.88	28.66	22.74
فاصله ردیف Row distance	35 cm	14.03 ^a	13.66 ^a	25.38 ^a	350.43 ^a	265.21 ^a
	70 cm	13.92 ^a	13.68 ^a	25.38 ^a	334.63 ^a	262.49 ^a
	LSD (0.05)	0.67	0.17	2.05	33.13	14.33
تراکم Density	7.5	14.36 ^a	13.90 ^a	27.10 ^a	364.67 ^a	279.26 ^a
	10	14.23 ^a	13.73 ^a	25.93 ^a	351.23 ^{ab}	264.88 ^{ab}
	12.5	13.35 ^b	13.40 ^b	23.13 ^b	311.70 ^b	247.42 ^b
	LSD (0.05)	0.82	0.21	2.51	40.58	17.55

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۵٪، آزمون PLSD دارای تفاوت معنی داری نیستند.

Means that have common alphabetic in each trait do not significant difference at level%5 base on PLSD test.

تعداد ردیف دانه در بلال از فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر و در جهت کاشت شمالی جنوبی و کم‌ترین میزان آن از فاصله ردیف

اثر متقابل جهت کاشت و فاصله بین ردیف نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۶، شکل ۵)؛ بیش‌ترین

متر مربع، ۱۷ درصد بیش تر از تراکم ۱۲/۵ بوته در متر مربع بود. طی تحقیقی بیش ترین تعداد دانه در ردیف بلال در تراکم ۵ بوته در متر مربع و کم ترین آن در تراکم ۸ بوته در متر مربع به دست آمد (Salehi, 2005).

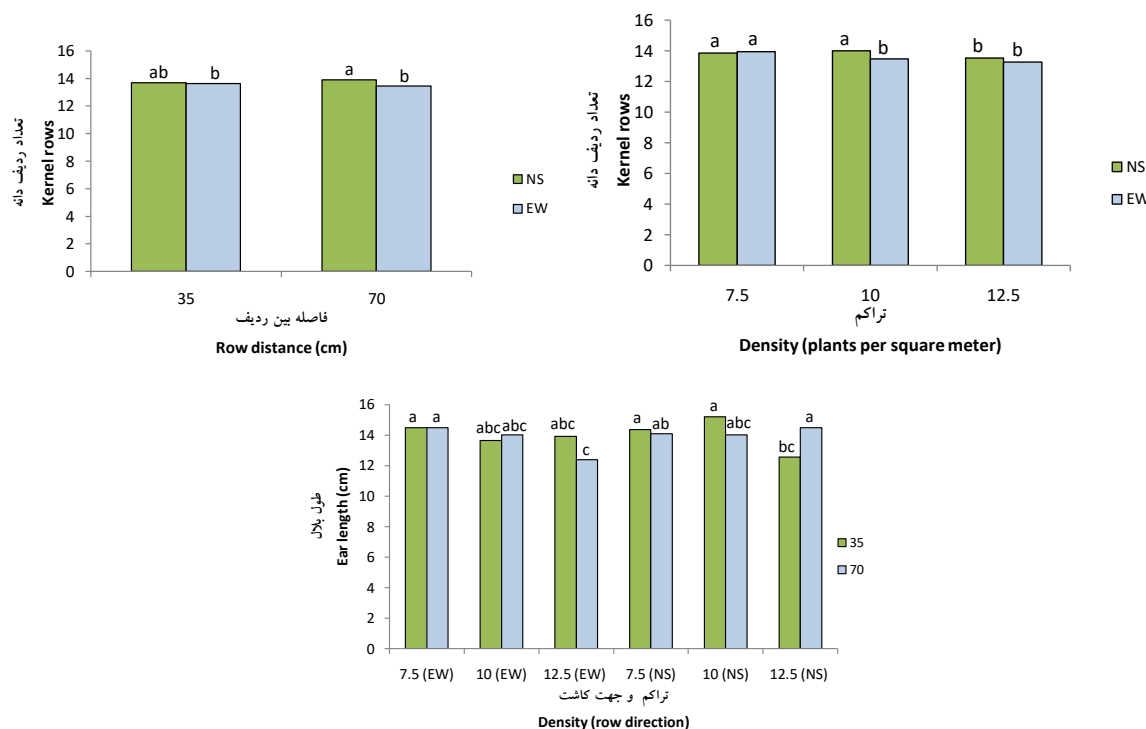
تعداد کل دانه در بلال

تعداد دانه در بلال یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در ذرت است که بسیار تحت تأثیر تراکم بوته قرار می گیرد. بیش ترین تعداد دانه در بلال مربوط به تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع بود (جدول ۷). با افزایش تراکم بوته از ۷/۵ به ۱۲/۵ بوته در هکتار، تعداد دانه در بلال به طور معنی داری از ۳۶۴/۶۷ به ۳۱۱/۷۰ دانه در بلال کاهش یافت (۱۷ درصد) (جدول ۷). کاهش تعداد دانه در بلال می تواند به دلیل کاهش دریافت نور جهت فتوسنتز مطلوب و عقیمی دانه ها به ویژه در نوک انتهایی بلال در تراکم های بالا باشد. تعداد دانه در بلال تحت تأثیر جهت کاشت و فاصله بین ردیف قرار نگرفت (جدول ۶).

۷۰ سانتی متر و در جهت کاشت شرقی غربی بدست آمد. شرایط نوری بهتر در جهت کاشت شمالی جنوبی می تواند منجر به رشد قوی تر بلال شود. افزایش دسترسی به نور معمولاً از فعالیت فتوسنتزی بیشتر پشتیبانی می کند که برای توسعه دانه ها و آرایش آن ها بر روی بلال بسیار مهم است (Hydar, 2018).

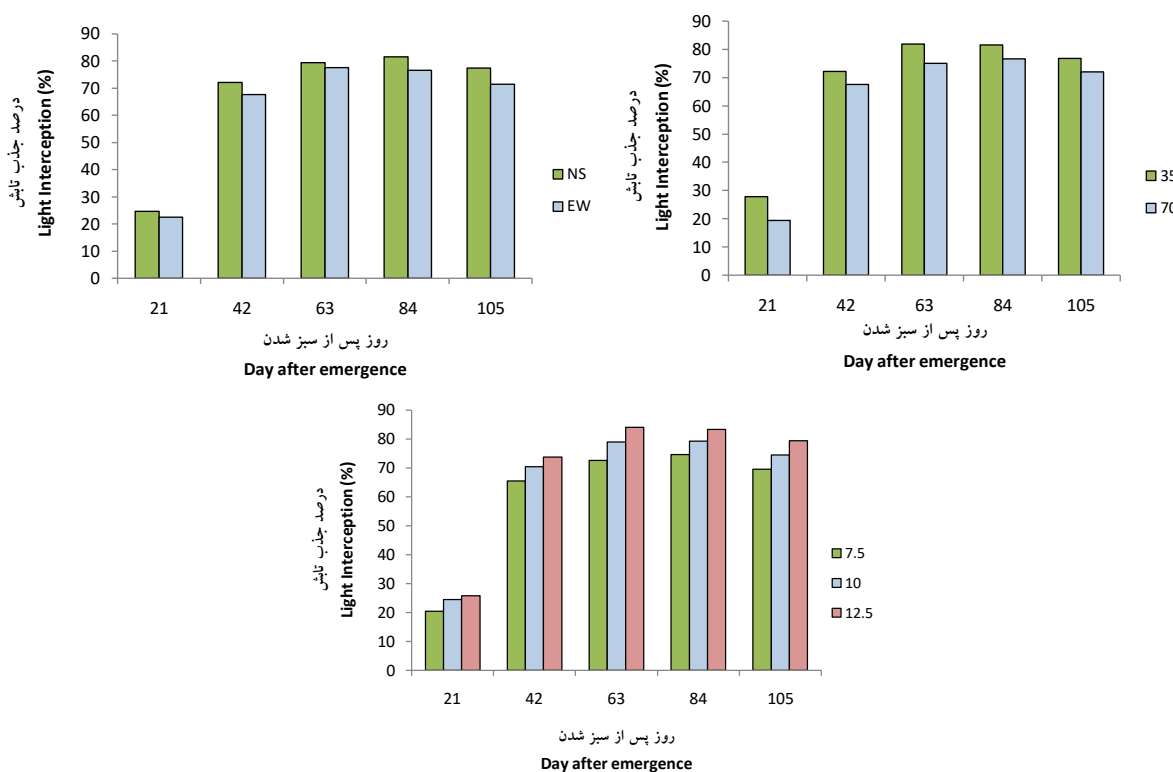
تعداد دانه در ردیف بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تراکم به طور معنی داری بر تعداد دانه در ردیف تأثیر داشت (جدول ۶) و بیش ترین مقدار تعداد دانه در ردیف بلال (۲۷/۱۰) در تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع به دست آمد (جدول ۷). تأثیر جهت کاشت و فاصله بین ردیف و نیز اثرات متقابل بر این شاخص معنی دار نگردید. در مرحله ای که تعداد دانه در ردیف بلال تعیین می شود رقابت بین مقاصد فیزیولوژیک برای مواد پرورده شدید می باشد، در نتیجه با کاهش فاصله بین بوته ها این رقابت شدیدتر شده و تعداد کمتری از گلچه های هر بلال بارور شده و تعداد دانه کمتری ایجاد می شود. تعداد دانه در ردیف بلال در تراکم ۷/۵ بوته در



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل جهت کاشت و تراکم، اثر متقابل جهت کاشت و فاصله بین ردیف و اثرات متقابل جهت کاشت، تراکم و فاصله بین ردیف بر صفات مورد اندازه گیری ذرت

Figure 5- Mean comparison of the interaction effect of planting row direction and density, the interaction effect of planting row direction and row distance on the measured traits of corn



شکل ۶- درصد جذب تشعشع برای دو جهت کاشت (شمالی جنوبی و شرقی غربی)، دو فاصله بین ردیف (۳۵ و ۷۰ سانتی متر) و سه تراکم (۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ بوته در متر مربع)

Figure 6- Light interception (%) for two planting row directions (north-south and east-west), two row distance (35 and 70 cm) and three densities (7.5, 10 and 12.5 plants per square meter)

(جدول ۶). بیشترین مقدار این شاخص از تراکم ۷/۵ بوته در مترمربع (۲۷۹/۲۶ گرم) بدست آمد که ۱۲ درصد بیش تر از تراکم ۱۲/۵ بوته در مترمربع بود (جدول ۷). طی تحقیقی با افزایش تراکم از ۶ به ۸ بوته در متر مربع، به ازاء هر یک بوته در متر مربع ذرت، وزن هزار دانه ذرت ۰/۶۵ گرم کاهش یافت (Cloninger et al., 1975).

درصد جذب تشعشع

بررسی مقدار درصد جذب تشعشع نشان داد جهت کاشت شمالی جنوبی در تمامی مراحل اندازه گیری از جذب تشعشع بیش تری برخوردار بود (شکل ۶). همچنین با کمتر شدن فاصله بین ردیف های کاشت درصد جذب تشعشع افزایش یافت به طوری که ۲۱ روز پس از سبز شدن درصد جذب تشعشع در فاصله ردیف ۳۵ سانتی متر، ۴۲ درصد بیشتر از فاصله ردیف ۷۰ سانتی متر بود (شکل ۶). با افزایش تراکم کاشت، درصد جذب تشعشع نیز افزایش یافت (شکل ۶). مطالعات نشان داده اند که جذب نور در ردیف های شمالی جنوبی نسبت به ردیف های

عملکرد تک بوته با افزایش تعداد بوته در واحد سطح کاهش می یابد. کاهش فضای تغذیه ای گیاه باعث می شود که حجم خاک کمتری در اختیار آن گیاه قرار گیرد و موجب کاهش میزان آب و مواد غذایی قابل دسترس برای گیاه می شود. همچنین با افزایش تراکم، تعداد دانه در ردیف و تعداد کل دانه در بلال به طور معنی داری کاهش یافت؛ به طور کلی، افزایش تراکم بوته در واحد سطح و افزایش سایه اندازی ناشی از آن، باعث کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تعداد دانه در بلال می گردد (Eskandarnajad et al., 2013). در واقع با افزایش رقابت بین بوته ها به علت نزدیکی آن ها به یکدیگر، نور دریافتی به بوته ها کاهش یافته و از این طریق ظهور کاکل به تعویق می افتد. این مهم موجب کاهش زمان مناسب برای گرده افشانی شده و کاهش تعداد دانه ها و افزایش عقبی دانه ها را در پی دارد.

وزن هزار دانه

تجزیه آماری داده های جمع آوری شده حاکی از آن است که وزن هزار دانه به طور معنی داری تحت تأثیر تراکم قرار گرفت

نتیجه گیری کلی

به طور خلاصه، نتایج این پژوهش نشان داد که جهت کاشت شمالی جنوبی در منطقه بیرجند موجب برتری ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و درصد جذب تشعشع نسبت به جهت کاشت شرقی غربی گردید. فاصله ردیف‌های کم نسبت به فاصله ردیف‌های معمول موجب افزایش شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و درصد جذب تشعشع گردید. تراکم کم موجب افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد از جمله طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد کل دانه و وزن هزار دانه شد. با افزایش تراکم بوته‌ها، میزان جذب نور نیز افزایش یافت؛ که این امر به دلیل افزایش تعداد برگ‌ها و سطح برگ در واحد سطح است که باعث می‌شود گیاهان بیشتر از تابش نور بهره‌برداری کنند. در مجموع با توجه به نتایج این تحقیق شرایط نوری بهتر در جهت کاشت شمالی جنوبی منجر به رشد بهتر بوته‌های ذرت شد.

شرقی غربی به میزان ۱۰ تا ۲۳ درصد بیشتر است، بسته به فصل و شرایط جوی این افزایش جذب نور می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر رشد و تولید گیاهان داشته باشد (Sarlikoti *et al.*, 2011). مطالعات نشان داده‌اند گیاهانی که در فاصله ردیف‌های نزدیک‌تر (مانند ۱۵ سانتی‌متر) کاشته شده‌اند، بسته شدن کانوپی آنها ۲ تا ۳ روز زودتر صورت گرفت و با افزایش درصد جذب تشعشع، عملکرد بهتری نسبت به گیاهانی که در فاصله‌های بیشتر (مانند ۳۰ سانتی‌متر) کاشته شده‌اند، داشتند (Johnson and Hanson, 2003).

مطالعات نشان داده‌اند که با افزایش تراکم بوته‌ها، میزان جذب نور نیز افزایش می‌یابد. این امر به دلیل افزایش تعداد برگ‌ها و سطح برگ در یک واحد سطح است که باعث می‌شود گیاهان بیشتر از تابش نور بهره‌برداری کنند؛ در واقع اعمال تراکم‌های کمتر موجب هدر روی بخشی از نور از فضای پوشش نیافته سطح زمین می‌شود (Majd nasiri and Ahmadi, 2005).

References

- Andrade, F.H., Calvino, P., Cirilo, A. and Barbieri, P., 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal*, 94(5), pp.975–980. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.9750>
- Azadgoleh, M.A.E. and Kazemi, Z., 2007. A study of the planting pattern and density effects on yield and physiological growth parameters in two corn cultivars (*Zea mays L.*). *Ecology Environment and Conservation*, 13(3), pp.467–472.
- Balkcom, K.S., Satterwhite, J.L., Arriaga, F.J., Price, A.J. and Van Santen, E., 2011. Conventional and glyphosate-resistant maize yields across plant densities in single- and twin-row configurations. *Field Crops Research*, 120(3), pp.330–337. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.10.013>
- Barkhi, A., Rashed-Mohassel, M.H., Nasiri-Mahallati, M., Hosseini, S.M. and Moazzen, Sh., 2009. Effect of planting pattern and plant density on growth, yield and yield components of maize (*Zea may L.*) in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(1), pp.67-81. [In Persian].
- Bazrafshan, F., Fathi, G., Siadat, S.A., Ayenehband, A. and Alami-Saeed, K., 2005. Effects of planting pattern and plant density on yield and yield components of sweet corn. *Iranian Journal of Crop Science*, 28(3), pp.117-126. [In Persian].
- Biaziegr, P.S. and Glover, D.V., 1980. Effect of Reducing Plant Population on Yield and Kernel Characteristics of Sugary-2 and Normal Maize. *Crop Science*, 20(4), pp.444–447. <https://doi.org/10.2135/cropsci1980.0011183x002000040005x>

- Chin Choy, E.W. and Kanemasu, E.T., 1974. Energy balance comparisons of wide and narrow row spacings in sorghum. *Agronomy Journal*, 66(1), pp.98–100. <https://doi.org/10.2134/agronj1974.00021962006600010027x>
- Cloninger, F.D., Horrocks, R.D. and Zuber, M.S., 1975. Effect of harvest date, plant density and hybrid on corn grain quality. *Agronomy Journal*, 67(5), pp.693–695. <https://doi.org/10.2134/agronj1975.00021962006700050028x>
- Damavandi, A. and Haghshenas, S., 2022. Windbreak construction methods around agricultural fields. Tehran: Agricultural Research Education and Extension Organization. [In Persian].
- De Herralde, F., Biel, C. and Savé, R., 2003. Leaf photosynthesis in eight almond tree cultivars. *Biologia Plantarum*, 46(4), pp.557–561. <https://doi.org/10.1023/a:1024867612478>
- Dehghanpour, Z., 2014. Instructions for planting, growing and harvesting corn. Karaj: Seed and Plant Improvement Institute. [In Persian].
- Duncan, S. and Schapaugh, W., 1993. Row orientation and planting pattern of relay intercropped soybean and wheat. *Journal of Production Agriculture*, 6(3), pp.360–364. <https://doi.org/10.2134/jpa1993.0360>
- El-Hendawy, S.E., Abd El-Lattief, E.A., Ahmed, M.S. and Schmidhalter, U., 2008. Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. *Agricultural Water Management*, 95(7), pp.836–844. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.02.008>
- Elmore, R.W., Marx, D.B., Klein, R.G. and Abendroth, L.J., 2005. Wind effect on corn leaf azimuth. *Crop Science*, 45(6), pp.2598–2604. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0586>
- Eskandarnejad, S., Khavari, S., Bakhtiari, S. and Heidarian, A.R., 2013. Effect of row spacing and plant density on yield and yield components of Sweet corn (*Zea mays* L. Saccharata) varieties. *Advanced Crop Science*, 3(1), pp.81–88.
- Foroghi, A., Gherkhlo, J. and Ghaderifar, F., 2013. Row spacing and common cocklebur interference effect on grain yield and its components of two sesame cultivars in Gorgan. *Crop Production*, 6(2), pp.101–116. [In Persian].
- Ge, X., Chen, Y., Wang, Y., Wang, B., Chao, Q., Yu, Y., Gong, X., Hao, Y., Li, L., Jiang, Y. and Lv, G.Y., 2022. Photosynthetic mechanism of high yield under an improved wide–narrow row planting pattern in maize. *Photosynthetica*, 60(3), pp.465–475. <https://doi.org/10.32615/ps.2022.032>
- Giacosa, S., Marengo, F., Guidoni, S., Rolle, L. and Hunter, J.J., 2015. Anthocyanin yield and skin softening during maceration, as affected by vineyard row orientation and grape ripeness of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz. *Food Chemistry*, 174, pp.8–15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.155>
- Gozubenli, H., 2010. Influence of planting patterns and plant density on the performance of maize hybrids in the eastern Mediterranean conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(4), pp.556–560.
- Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W. and Martínez de Toda, F., 2021. Strategies in vineyard establishment to face global warming in viticulture: A mini review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(4), pp.1261–1269. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10813>

- Hosseini, P., Rahimian Mashhadi, H. and Alizadeh, H., 2011. Competition of Red Root Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with Two Soybean (*Glycine max*) Cultivars under Sole and Intercropping Systems - Light Absorption, Soybean Growth Indices. *Iranian Journal of Weed Science*, 7, pp.25–35. [In Persian].
- Hosseinzadeh, M.h., Esfahani, M., Rabiei, M. and Rabiei, B., 2008. Effect of row spacing on light interception, grain yield and growth indices of rapeseed (*Brassica napus L.*) cultivars as second crop following rice. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(3), pp.281-302. [In Persian].
- Hunter, J.J., Volschenk, C.G. and Booyse, M., 2017. Vineyard row orientation and grape ripeness level effects on vegetative and reproductive growth characteristics of *Vitis vinifera L.* cv. Shiraz/101-14 Mgt. *European Journal of Agronomy*, 84, pp.47–57. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.12.004>
- Hydar, L., 2018. The effect of row direction on the productivity traits of some sweet corn genotypes (*Zea mays L. saccharata. sturt.*) *Syrian Journal of Agricultural Research*, 6(3), pp.31-43. [In Arabic].
- Johnson, B.L. and Hanson, B.K., 2003. Row-spacing interactions on spring canola performance in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 95(3), pp.703-708. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.7030>
- Larson, W.E. and Hanway, J.J., 1977. Corn and Corn Improvement. Corn production. In: G. F. Sprague, ed. pp.625—669. American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI.
- Lawson, A.N., Van Acker, R.C. and Friesen, L.F., 2006. Emergence timing of volunteer canola in spring wheat fields in Manitoba. *Weed Science*, 54(5), pp.873–882. <https://doi.org/10.1614/ws-05-169.I.1>
- Li, J., Xie, R.Z., Wang, K.R., Hou, P., Ming, B., Zhang, G.Q., Liu, G.Z., Wu, M., Yang, Z.S. and Li, S.K., 2018. Response of canopy structure, light interception and grain yield to plant density in maize. *The Journal of Agricultural Science*, 156(6), pp.785–794. <https://doi.org/10.1017/s0021859618000692>
- Liu, S.Q., Wang, Y., Song, F.B., Qi, X.N., Li, X.N. and Zhu, X.C., 2017. Responses of leaf architecture traits and yield in maize to different row orientation and planting patterns in northeast China. *Romanian Agricultural Research*, 34, pp.1–12.
- Lu, Y., Zhang, X., Chen, S., Shao, L., Sun, H. and Niu, J., 2017. Increasing the planting uniformity improves the yield of summer maize. *Agronomy Journal*, 109(4), pp.1463–1475. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.12.0718>
- Luqman, L., Hussain, Z., Ilyas, M., Khan, I.A. and Bakht, T., 2020. Influence of sowing orientation and intercropping of chilies on onion yield and its associated weeds in Peshawar, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 52(1), pp.95–100. [https://doi.org/10.30848/pjb2020-1\(6\)](https://doi.org/10.30848/pjb2020-1(6))
- Maddonni, G.A. and Otegui, M.E., 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Research*, 48(1), pp.81–87. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(96\)00035-4](https://doi.org/10.1016/0378-4290(96)00035-4)
- Majd Nasiri, B. and Ahmadi, M.R., 2005. Effect of planting season and density on light distribution and interception in canopy in different safflower (*Carthamus tinctorious L.*) genotypes. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 36(1), pp.63-73. [In Persian].

- Maldera, F., Carone, V., Castellarnau, I.I., Vivaldi, G.A. and Camposeo, S., 2023. Available PAR, growth and yield of a super high-density almond orchard are influenced by different row orientations. *Agronomy*, 13(3), pp.874. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030874>
- Naik, M.R., Hemalatha, S., Reddy, A.P.K., Madhuri, K.V.N., Umamahesh, V. and Rakesh, S., 2022. Efficient Need Based Nitrogen Management in *Rabi* Maize (*Zea mays* L.) using Leaf Colour Chart Under Varied Planting Density. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 13(6), pp.586-594. <https://doi.org/10.23910/1.2022.2881a>
- Novak, L. and Ransom, J., 2018. Factors impacting corn (*Zea mays* L.) establishment and the role of uniform establishment on yield. *Agricultural Sciences*, 9(10), pp.1317–1336. <https://doi.org/10.4236/as.2018.910092>
- Piao, L., Qi, H., Li, C.F., Zhao, M., 2016. Optimized tillage practices and row spacing to improve grain yield and matter transport efficiency in intensive spring maize. *Field Crops Research*, 198, pp.258–268. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.012>
- Piao, L., Zhang, S., Yan, J., Xiang, T., Chen, Y., Li, M. and Gu, W., 2022. Contribution of fertilizer, density and row spacing practices for maize yield and efficiency enhancement in northeast china. *Plants*, 11(21), pp.2985. <https://doi.org/10.3390/plants11212985>
- Sarlikioti, V., De Visser, P.H.B. and Marcelis, L.F.M., 2011. Exploring the spatial distribution of light interception and photosynthesis of canopies by means of a functional–structural plant model. *Annals of Botany*, 107(5), pp.875–883. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr006>
- Salehi, B., 2005. Effect of row spacing and plant density on grain yield and yield components in maize (cv. Sc 704) in Miyaneh. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 6(4), pp.383-394. [In Persian].
- Shakarami, G. and Rafiee, M., 2009. Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 5(1), pp.69-73.
- Shapiro, C.A. and Wortmann, C.S., 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. *Agronomy Journal*, 98(3), pp.529-535. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0137>
- Souza, C.R.D., Mota, R.V.D., Silva, C.P.C., Raimundo, R.H.P. and Peregrino, I., 2019. Row orientation effects on Syrah grape vine performance during winter growing season. *Revista Ceres*, 66(3), pp.184–190. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201966030004>
- Tian, C., Han, J., Li, J., Zhen, G., Liu, Y., Lu, Y., ... and Wang, Y., 2019. Effects of row direction and row spacing on maize leaf senescence. *Plos one*, 14(4), e0215330. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215330>
- Turget, I., Duncan, A., Bilgili, U. and Acikgoz, E., 2005. Alternative row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids. *Agronomy Journal*, 20, pp.146–151. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.2004.00146.x>
- Widdicombe, W.D. and Thelen, K.D., 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 94(5), pp.1020–1023. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1020>