University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 16, No. 1, 2026 (47-62)
Home page: https://cr.guilan.ac.ir/
pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115

Grain and forage yield response of two maize (*Zea mays* L.) cultivars to planting date and nitrogen management under different environmental conditions

Roghayeh Jamaeili[1], Mohsen Zavareh[2]✉ and Mohammad Rahmani[3]

1. Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran; 2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran; 3. Researcher, Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
✉ Corresponding author: mzavareh@guilan.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 13 January 2026
Revised: 2 March 2026
Accepted: 8 March 2026
Available online: 21 March 2026

Keywords:
Biomass
Grian yield
Planting date
Radiation
Temperature

Abstract

Introduction: Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important field crops worldwide and plays a critical role in food security due to its high genetic diversity, broad adaptability, substantial dry matter production, and favorable nutritional value. Because maize yield and productivity are strongly influenced by environmental conditions, genetic characteristics, and agronomic management, the adoption of region-specific management strategies is essential for achieving sustainable production. Accordingly, the present study aimed to optimize the production of two maize cultivars under contrasting environmental conditions in Guilan Province through the management of planting date and nitrogen fertilizer application.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a factorial split-plot design within a randomized complete block design (RCBD) with four replications at two locations, Rasht and Bandar Anzali, Guilan Province. Nitrogen fertilizer levels (0, 180, and 360 kg ha^{-1}, applied as urea) were assigned to main plots, while the factorial combination of two maize cultivars (KSC704 and Kousha) and three planting dates (May 26, June 16, and July 6) was allocated to subplots. Grain yield, biomass yield, and yield components were measured. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and stepwise regression analysis using SAS software.

Results and Discussion: Combined analysis revealed that the four-way interaction of planting date × nitrogen fertilizer × cultivar × location had significant effects on leaf area, ear dry weight, and biomass yield. In addition, the interaction of planting date × nitrogen fertilizer × cultivar significantly influenced the number of kernels per row and grain yield. The number of kernels per ear was significantly affected by the interactions of planting date × nitrogen fertilizer × cultivar and location × nitrogen fertilizer × cultivar. For 100-kernel weight, significant interactions were observed for location × planting date × cultivar and nitrogen fertilizer × planting date × cultivar, whereas the main effect of cultivar was significant for the number of rows per ear. Mean comparisons indicated that cultivar KSC704 consistently outperformed Kousha in terms of both grain and biomass production across all experimental conditions. The highest grain yield of KSC704 (10,579.55 kg ha^{-1}) was obtained at the May 26 planting date with the application of 360 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer, which was approximately 31% higher than the maximum grain yield achieved by cultivar Kousha. The highest biomass yield of KSC704 was jointly recorded at the May 26 and June 16 planting dates under 360 kg ha^{-1} nitrogen application in Bandar Anzali. Stepwise regression analysis showed that the number of kernels per ear, 100-kernel weight, and biomass yield together explained 97% of the variation in grain yield.

Conclusion: Given the significant superiority of cultivar KSC704 over Kousha, planting this cultivar on May 26 combined with the application of 360 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer is recommended to achieve maximum grain yield. However, when forage production is the primary objective, planting cultivar KSC704 in Bandar Anzali between May 26 and June 16 with 360 kg ha^{-1} nitrogen fertilizer represents the optimal management strategy.

Cite this article: Jamaeili, R., Zavareh, M., & Rahmani, M. (2026). Grain and forage yield response of two maize (*Zea mays* L.) cultivars to planting date and nitrogen management under different environmental conditions. *Cereal Research*, *16*(1), 47-62. doi: 10.22124/CR.2026.32918.1892.

© The Author(s) retain the copyright.
DOI: https://doi.org/10.22124/CR.2026.32918.1892 **Punlisher:** University of Guilan

تحقیقات غلات
دوره شانزدهم، شماره اول، ۱۴۰۵ (۶۲-۴۷)
Home page: https://cr.guilan.ac.ir/
شاپا چاپی: ۰۱۶۳-۲۲۵۲ شاپا الکترونیکی: ۶۱۱۵-۲۵۳۸

پاسخ عملکرد دانه و علوفه دو رقم ذرت (*Zea mays* L.) به تاریخ کاشت و مدیریت نیتروژن در شرایط محیطی متفاوت

رقیه جمائیلی[۱]، محسن زواره[۲] و محمد رحمانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ ۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران؛ ۳- پژوهشگر، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
نویسنده مسئول: mzavareh@guilan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۷
انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

واژه‌های کلیدی:
تابش
تاریخ کاشت
دما
زیست‌توده
عملکرد دانه

چکیده

مقدمه: ذرت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان، به‌دلیل تنوع ژنتیکی بالا، سازگاری گسترده، تولید ماده خشک زیاد و ارزش غذایی مطلوب، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی ایفا می‌کند. از آنجا که عملکرد و تولید ذرت به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی، ویژگی‌های ژنتیکی و مدیریت زراعی قرار دارند، به‌کارگیری راه‌کارهای مدیریتی متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه برای دستیابی به تولید پایدار ضروری است. پژوهش حاضر با هدف بهینه‌سازی تولید دو رقم ذرت در شرایط محیطی متفاوت استان گیلان از راه مدیریت تاریخ کاشت و کود نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه رشت و بندر انزلی اجرا شد. سطوح نیتروژن شامل صفر، ۱۸۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در کرت‌های اصلی و ترکیب دو رقم ذرت (KSC704 و کوشا) و سه تاریخ کاشت (پنج خرداد، ۲۶ خرداد و ۱۵ تیر) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفت. عملکرد دانه، زیست‌توده و اجزای عملکرد، اندازه‌گیری و داده‌ها به‌دست آمده با استفاده از تجزیه واریانس و رگرسیون گام‌به‌گام در نرم‌افزار SAS تحلیل شدند.

نتایج و بحث: نتایج تجزیه مرکب نشان داد که برهم‌کنش چهارگانه تاریخ کاشت، کود نیتروژن، رقم و منطقه اثر معنی‌داری بر سطح برگ، وزن خشک بلال و عملکرد زیست‌توده داشت. برهم‌کنش تاریخ کاشت×کود نیتروژن×رقم بر تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه نیز معنی‌دار بود. تعداد دانه در بلال تحت تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت×کود نیتروژن×رقم و منطقه×کود نیتروژن×رقم قرار گرفت. برای وزن صد دانه، برهم‌کنش منطقه×تاریخ کاشت×رقم و نیتروژن× تاریخ کاشت×رقم معنی‌دار بود، در حالی‌که اثر اصلی رقم بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار به‌دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم KSC704 در تمامی شرایط آزمایشی از توان بالاتری در تولید دانه و زیست‌توده نسبت به رقم کوشا برخوردار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه رقم KSC704 (۱۰۵۷۹٫۵۵ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در تاریخ کاشت پنج خرداد به‌دست آمد که حدود ۳۱ درصد بیش‌تر از بیشینه عملکرد دانه رقم کوشا بود. بیش‌ترین زیست‌توده رقم KSC704 نیز به‌طور مشترک در تاریخ‌های پنج و ۲۶ خرداد با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در منطقه بندر انزلی حاصل شد. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه و عملکرد زیست‌توده در مجموع ۹۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند.

نتیجه‌گیری: با توجه به برتری معنی‌دار رقم KSC704 نسبت به رقم کوشا، کاشت این رقم در تاریخ پنجم خرداد همراه با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن برای دستیابی به بیشینه عملکرد دانه توصیه می‌شود. با این‌حال، در صورت هدف‌گذاری تولید علوفه، کاشت رقم KSC704 در منطقه بندرانزلی طی بازه زمانی پنجم تا ۲۶ خرداد همراه با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزینه بهینه محسوب می‌شود.

نحوه استناد به این مقاله: جمائیلی، رقیه، زواره، محسن، و رحمانی، محمد. (۱۴۰۵). پاسخ عملکرد دانه و علوفه دو رقم ذرت (*Zea mays* L.) به تاریخ کاشت و مدیریت نیتروژن در شرایط محیطی متفاوت. *تحقیقات غلات*، *۱۶*(۱)، ۶۲-۴۷. doi: 10.22124/CR.2026.32918.1892

ناشر: دانشگاه گیلان

© حق چاپ برای نویسنده(گان) محفوظ است.

مقدمه

تامین پایدار دانه و علوفه نقش مهمی در تضمین امنیت غذایی ایفا می‌کند. در این میان، گیاه ذرت به‌دلیل گوناگونی رقم‌ها، تولید زیاد دانه و علوفه، قابلیت کشت مکانیزه و سازگاری مناسب به شرایط اقلیمی متفاوت، نقش ویژه و راهبردی در برقراری امنیت غذایی دارد (Poustini *et al*., 2005).

عملکرد دانه و زیست‌توده ذرت تحت تأثیر ژنتیک، محیط زیست، عوامل مدیریتی و برهمکنش میان آن‌ها قرار می‌گیرد (Shafaroodi *et al*., 2012). یکی از عوامل مدیریتی موثر بر عملکرد دانه و زیست‌توده، انتخاب درست تاریخ کاشت است (Santos *et al*., 2017) تاریخ کاشت از طریق عوامل محیطی موثر بر رشد و نمو گیاه همانند دما، تابش خورشیدی، ساعات آفتابی و طول روز (Guo *et al*., 2022) می‌تواند طول دوره رشد گیاه (رویشی و زایشی)، انباشت زیست‌توده، سرعت و مقدار توزیع ماده خشک به دانه و در نهایت عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار دهد (Hai-dong *et al*., 2016) پژوهش‌ها نشان داده است که در صورت کاشت ذرت در تاریخ مناسب، در کنار افزایش توان رقابتی آن در رویارویی با علف‌های هرز (Rebetzke *et al*., 2004)، رشد و دوام سطح برگ، گسترش سریع سایه‌انداز و فرآورده‌های فتوسنتزی نیز افزایش خواهد یافت که پیامد آن‌ها افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده خواهد بود (Fakorede & Mock, 1980). برای بررسی این موضوع، گائو و همکاران (Guo *et al*., 2022) با ارزیابی اثر سه تاریخ کاشت ۲۱ می، ۱۰ ژوئن و ۳۰ ژوئن بر عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید ذرت (ZD958 و XY335) در شمال چین اعلام کردند که در صورت کاشت ذرت در تاریخ‌های ۲۱ می (۳۱ اردیبهشت) و ۳۰ ژوئن (نهم تیر) می‌توان عملکرد دانه و زیست‌توده را به‌صورت چشم‌گیری افزایش داد. آن‌ها این نتیجه را به افزایش تعداد دانه و ماده خشک کل نسبت دادند.

نیتروژن به‌عنوان عنصر کلیدی مورد نیاز ذرت و یکی از مهم‌ترین مواد مغذی محدود کننده عملکرد آن در نظر گرفته می‌شود، زیرا این عنصر می‌تواند با تقسیم سلولی، رشد گیاه و سرعت فتوسنتز مرتبط باشد (Ashraf *et al*., 2016). پژوهش‌ها نشان داده است که کمبود نیتروژن با کاهش مقدار سبزینگی، کاهش جذب و بهره‌وری تابش و اختلال در سرعت رشد گیاه بر رشد رویشی و زایشی تاثیر منفی می‌گذارد و از این طریق باعث کاهش عملکرد دانه و مولفه‌های مرتبط با آن می‌شود (Uhart & Andrade, 1995; D'Andrea *et al*., 2009; Zhai *et al*., 2022). یکی از راه‌های تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه، عرضه آن به‌صورت کود است. تعیین مقدار بهینه کود نیتروژن مورد نیاز، از یک‌سو برای افزایش تولید دانه و زیست‌توده و از سوی دیگر برای کاهش خسارات زیست‌محیطی آن ضروری است (Asibi *et al*., 2019). در این راستا، عزیزی و همکاران (Azizi *et al*., 2022) با بررسی هم‌زمان اثر تاریخ‌های مختلف کاشت (نیمه اول خرداد، نیمه دوم خرداد و تیر) و کود نیتروژن (کم‌تر از ۳۰۰، ۳۰۰-۴۵۰ و بیش‌تر از ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) بر عملکرد علوفه گروه‌های مختلف رسیدگی ذرت علوفه‌ای (زودرس، میان‌رس و دیررس) اعلام کردند که در صورت کاشت ذرت در نیمه اول خرداد ماه و مصرف ۳۰۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، می‌توان عملکرد علوفه ذرت را تا ۲۲ درصد افزایش داد. در پژوهش دیگری اعلام شد که کاربرد کود نیتروژن تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، با کاهش تعداد روز از مرحله گرده‌افشانی تا پیدایش رشته‌های ابریشمی، عملکرد دانه ذرت را افزایش داد (D'Andrea *et al*., 2009). احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2018) نیز بیان کردند که افزایش مصرف کود نیتروزن از ۱۳۸ به ۴۸۳ کیلوگرم در هکتار با تاثیر مثبت بر سطح برگ، موجب افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده ذرت شد. تاثیر مثبت مصرف کود نیتروژن بر ویژگی‌هایی مانند سطح برگ، عملکرد زیست‌توده، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزاردانه در پژوهش‌های دیگر هم گزارش شده است (Watson, 1947; Ashraf *et al*., 2016; Ghobadi *et al*., 2019). انتخاب رقم مناسب برای کاشت به‌عنوان یکی دیگر از عوامل موثر بر افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده در نظر گرفته می‌شود. رقم‌ها و هیبریدها مختلف ذرت به‌دلیل ماهیت ژنتیکی متفاوت، از نظر طول دوره رشد، فاصله زمانی از پیدایش سیلک تا تاسل‌دهی، سطح برگ، سرعت رشد بلال، سرعت رشد گیاه، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک نسبت به‌هم متفاوت هستند (D'Andrea *et al*., 2009) پژوهش‌ها نشان داده است که رقم‌های دیررس به‌دلیل برخورداری از طول دوره رشد طولانی‌تر، ارتفاع بوته و سطح برگ بیش‌تری تولید می‌کنند. در نتیجه به‌دلیل دریافت بیش‌تر تابش خورشیدی، عملکرد دانه بیش‌تری تولید خواهند کرد (Bello *et al*., 2012). این موضوع در پژوهش متقی (Mottaghi, 2022) تایید شده است. این محقق با اجرای آزمایشی در همدان، واکنش

گروه‌های مختلف ذرت از نظر دوره رسیدگی شامل زودرس (KSC201، KSC260 و KSC400)، میان‌رس (KSC647 و KSC78) و دیررس (KSC703 و KSC704) را در چهار تاریخ کاشت (یک و ۲۰ خرداد، و ۱۰ و ۳۰ تیر) ارزیابی کرد. وی با اشاره به برتری رقم‌های دیررس (KSC703 و KSC704) از نظر تعداد برگ، قطر ساقه، طول فصل رشد، ارتفاع بوته و عملکرد علوفه تر و خشک، مناسب‌ترین تاریخ کاشت آن‌ها را اول خرداد اعلام کرد و این افزایش عملکرد را به شرایط دمایی مناسب در دوره رشد بلال نسبت داد. در پژوهش دیگری نیز اعلام شد که در کشت‌های تأخیری، به‌دلیل محدودیت منابع و کاهش سرعت فتوسنتز، کاشت رقم‌های دیررس ذرت (با دوره رشد طولانی‌تر) منجر به کاهش عملکرد دانه خواهد شد (Kamara *et al*., 2009).

با توجه به پتانسیل بالای ذرت برای کاشت در استان گیلان و نبود اطلاعات مدون کافی در ارتباط با شرایط مدیریتی- محیطی مختلف، پژوهش حاضر اجرا شد که هدف از آن بهینه‌سازی تولید دو رقم ذرت با مدیریت تاریخ کاشت و کود نیتروژن در دو شرایط محیطی متفاوت در استان گیلان بود.

مواد و روش‌ها

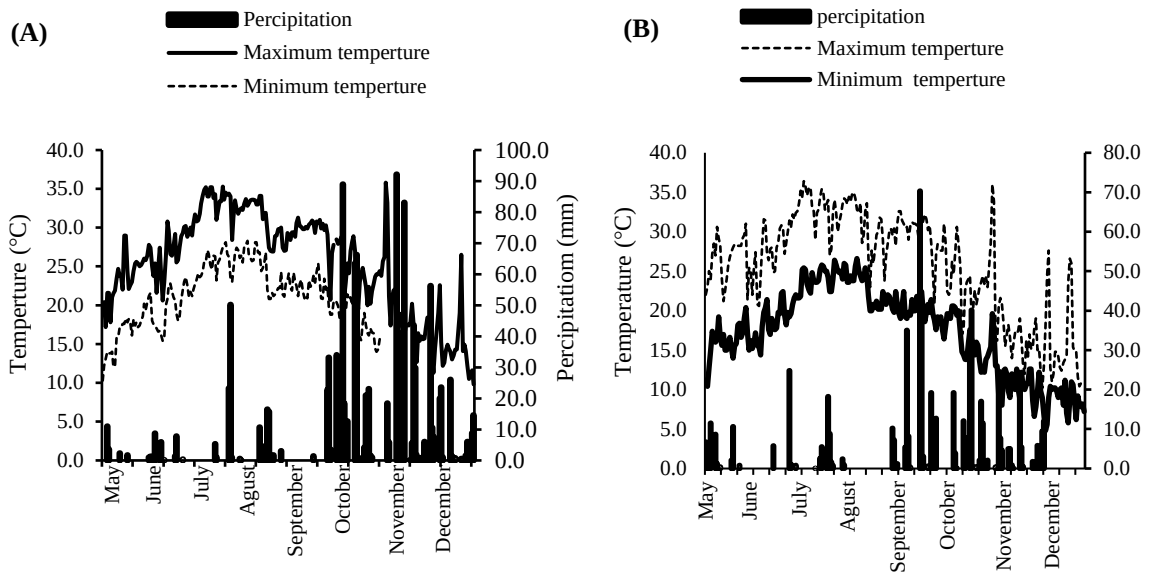
این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در دو منطقه از استان گیلان (بندر انزلی با مختصات ۳۴ درجه و ۸۴ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۲- متر از سطح دریا) و رشت (با مختصات ۳۷ درجه و ۷۹ دقیقه شمالی و ۴۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۷ متر از سطح دریای آزاد) به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌های مرکبی از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک هر دو منطقه تهیه و ویژگی‌های آن در آزمایشگاه خاکشناسی موسسه تحقیقات برنج کشور اندازه‌گیری شد (جدول ۱). اطلاعات هواشناسی دو منطقه مورد آزمایش شامل مقدار بارش، دمای بیشینه و کمینه، ساعت آفتابی و تابش خورشیدی در شکل‌های ۱-A و ۱-B و ۲-A و ۲-B) ارائه شده است.

کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح (صفر، ۱۸۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی و ترکیب سه تاریخ کاشت (پنج و ۲۶ خرداد و ۱۵ تیر) و دو رقم ذرت (KSC704 و کوشا) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. عملیات شخم در بهار با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و تسطیح خاک با استفاده از دو دیسک عمود بر هم انجام و سپس مزرعه کرت‌بندی شد. هر کرت دارای شش ردیف کاشت به‌طول چهار متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و بین بوته‌ها روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذرهای ذرت KSC704 و KSC201 (رقم کوشا) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج تهیه و به‌صورت خشکه‌کاری در عمق پنج سانتی‌متری خاک کشت شد. برای مبارزه با علف‌های هرز از وجین دستی (پس از سبزشدن) و علف‌کش انتخابی کروز (مرحله چهار برگی) استفاده شد. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار انجام شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. در پایان فصل رشد و هنگام تشکیل لایه سیاه در محل اتصال دانه به چوب بلال (در جمعیتی معادل ۷۰ درصد از کل بوته)، عملکرد دانه و زیست‌توده به‌ترتیب از مساحت یک و ۰,۳ مترمربع تعیین شد. برای تعیین اجزای عملکرد دانه، با رعایت اثر حاشیه، تعداد پنج بوته کنار هم از ردیف‌های میانی هر کرت برداشت شدند. سطح برگ با استفاده از دستگاه برگ‌سنج، تعیین شد. بلال بوته‌های برداشت شده برای تعیین تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف دانه در بلال استفاده شده و سپس برای تعیین وزن خشک دانه‌ها و چوب بلال به آون تهویه‌دار با دمای ۷۵ درجه سلسیوس منتقل و تا زمان خشک شدن و تثبیت وزن آن‌ها در آون نگهداری شدند. وزن خشک بلال و دانه‌ها با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰,۰۰۱ گرم (مدلR300S ساخت آلمان) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها و رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دو منطقه آزمایش (رشت و بندرانزلی)

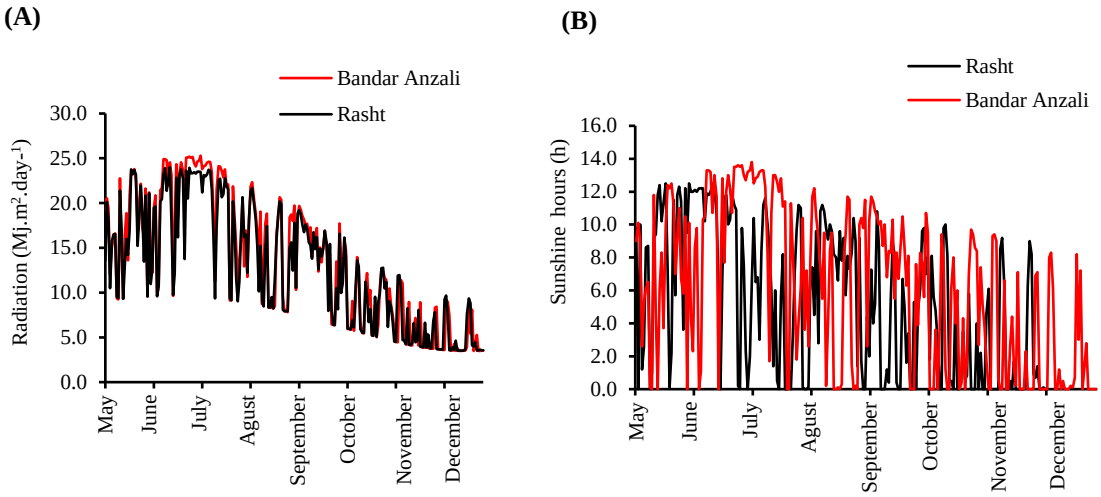
Table 1. Physical and chemical properties of soils in the two experimental locations (Rasht and Bandar Anzali)

Location	Depth (cm)	Soil texture	EC (ds/m)	pH (1:1)	C (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
Bandar Anzali	0-30	Loamy	2.1	5.88	2.58	0.23	118.4	780
Rasht	0-30	Loamy-Clay	0.77	5.63	1.97	0.162	209.9	400



شکل ۱- دمای بیشینه، کمینه و مقدار بارش در منطقه بندرانزلی (A) و رشت (B)

Figure 1. Maximum and minimum temperatures and precipitation in Bandar Anzali (A) and Rasht (B)



شکل ۲- تابش (A) و ساعت آفتابی (B) در دو منطقه رشت و بندر انزلی

Figure 2. Solar radiation (A) and sunshine hours (B) in Rasht and Bandar Anzali

نتایج و بحث

سطح برگ بوته در زمان رسیدگی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش مکان، کود نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم بر ویژگی سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که رقم KSC704 در مقایسه با رقم کوشا از توانایی بالاتری در تولید سطح برگ برخوردار بود. در رقم KSC704، بیش‌ترین سطح برگ با میانگین ۳۴۲۷٫۴۵ سانتی‌متر مربع در بوته در بندرانزلی و با کاشت آن در تاریخ پنج خرداد با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در حالی‌که بیش‌ترین سطح برگ رقم کوشا (با میانگین ۲۳۵۵٫۱۹ سانتی‌متر مربع در بوته) در منطقه انزلی و در تاریخ کاشت ۲۶ خرداد با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد که مقدار آن در مقایسه با بیشینه سطح برگ رقم KSC704 حدود ۳۱٫۲۸ درصد کم‌تر بود. کم‌ترین سطح برگ نیز به‌صورت مشترک در هر دو منطقه رشت (۳۲۵٫۲۶ سانتی متر مربع در بوته) و انزلی (۳۴۴٫۰۵ سانتی مربع در بوته) با کاشت رقم کوشا در تاریخ ۱۵ تیرماه و بدون مصرف کود نیتروژن مشاهده شد. افزایش

سطح برگ رقم KSC704 در مقایسه با رقم کوشا می‌تواند به طول دوره رشد بیش‌تر آن مرتبط باشد. از طرفی، با کاشت این رقم در منطقه انزلی در تاریخ پنج خرداد، دوره رشد آن با شرایط مطلوب محیطی به‌لحاظ دما (شکل ۱- A و B)، تابش خورشید و ساعت آفتابی (شکل ۲- A و B) متقارن شد. از سوی دیگر، با مصرف کود نیتروژن، در کنار افزایش اندازه سلول‌های برگ (Lieffering *et al.*, 1993)، بر حفظ سبزینگی آن تا دوره رسیدگی افزوده شد (Ottman & Welch, 1988). مارسما گالیندو و همکاران (Maresma Galindo *et al.*, 2019) با بررسی واکنش دو گروه رسیدگی متفاوت ذرت‌ها (FAO600 و FAO700) در پاسخ به سه تاریخ کاشت متفاوت شامل اواسط مارچ (۲۴ اسفند)، اواسط آپریل (۲۶ فروردین) و اواسط می (۲۵ اردیبهشت)، اعلام کردند که در صورت کاشت گروه رسیدگی FAO700 در اواسط می (اواسط اردیبهشت) می‌توان به بیشینه سطح برگ دست یافت. آن‌ها این نتیجه را به مناسب بودن دمای حاکم بر طول فصل رشد نسبت دادند.

تعداد ردیف دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده رقم بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار بود. بیش‌ترین تعداد ردیف با میانگین ۱۶ عدد در بلال‌های رقم KSC704 و کم‌ترین تعداد ردیف با میانگین ۱۴ ردیف در بلال‌های رقم کوشا ثبت شد (شکل ۳). گل‌شکوه و همکاران (Golshokooh *et al.*, 2011) نیز با بررسی هیبریدهای مختلف ذرت (SC-C-3261، SC-C-3381، SC4-S-3393 و KSC704) در خوزستان اعلام کردند که رقم KSC704 توانایی بیش‌تری در تشکیل تعداد ردیف دانه در بلال در مقایسه با سایر رقم‌ها دارد. تعداد ردیف دانه از تمایز مریستم‌ها طی رشد بلال شکل می‌گیرد و یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده عملکرد دانه است (An *et al.*, 2019) و کم‌تر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Golshokooh *et al.*, 2011). رقم‌های دیررس (KSC702) در مقایسه با گروه زودرس ذرت (KSC300) به‌دلیل دوره رشد طولانی‌تر، تعداد ردیف بیش‌تری در بلال تشکیل می‌دهند (Shiri *et al.*, 2016).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم بر ویژگی‌های مورد مطالعه در دو منطقه رشت و بندرانزلی.

Table 2. Analysis of variance (ANOVA) for the effects of nitrogen, planting date, and cultivar on the studied traits at Rasht and Bandar Anzali

Source of variation	df	Mean aquare							
		Leaf area at maturity	Row number per ear	Kernel number per row	Kernel number per ear	100-kernel weight	Grian yield	Ear dry weight	Biological yield
Location (L)	1	57545.09	0.001^{ns}	1.21^{ns}	328.21^{ns}	1.49^{ns}	1792.6^{ns}	3760.13**	257131942**
Error (a)	6	44071.40	0.001	0.50	129.66	0.57	101100.3	19.48	2501267
Nitrogen (N)	2	23228991.09**	0.001^{ns}	401.15**	93988.53**	113. **	66130279.2**	10819. 84**	1144193330**
Planting date (PD)	2	5129678.16**	0.001^{ns}	292.23**	64368.84**	419.46**	97818687**	**11663.74	665157599**
Cultivar (C)	1	2984436.63**	143.20**	8.58**	111433.56**	65.03**	66217419.5**	6480.14**	690489707**
L*N	4	362983.33**	0.001^{ns}	1.60^{ns}	2767.06**	20.09**	6536064.5**	29.40	388293^{ns}
PD*C	2	983998.92**	0.001^{ns}	32.21**	7106.38**	2.92*	6286572.3**	2192.69**	106471070**
N*PD	2	2674868.78**	0.001^{ns}	9.41**	8219.25**	27.68**	11046841.6**	372.16**	118731972**
Error (b)	12	41235.23	0.002	0.53	139.61	1.05	165121	5.59	488386
N*C	2	978620.98**	0.002^{ns}	18.64**	7106.38**	2.92*	6286572.3**	848.56**	101179100**
L*C	1	1016979.55**	0.001^{ns}	0.69^{ns}	186.32	1.39^{ns}	532046.7*	371.49**	6358521**
L*PD	2	2435794.15**	0.002^{ns}	8.74**	1437.19*	2.29^{ns}	498280.3**	485.46**	40522881**
L*N*C	2	301263.01**	0.002^{ns}	1.81^{ns}	570.21*	0.15^{ns}	239498.4^{ns}	100.79**	14886833**
L*N*P	4	191801.15**	0.001^{ns}	1.12^{ns}	297.68^{ns}	0.35^{ns}	53155.1^{ns}	78.69**	7730869**
L*PD*C	2	381197.35**	0.002^{ns}	0.78^{ns}	306.95^{ns}	7.78**	229441.6^{ns}	232.15**	13788507**
N*PD*C	4	589093.72**	0.001ns	35.22**	7723.44**	2.73*	4284903.5**	293.75**	51401948**
L*N*PD*C	4	230258.08**	0.004^{ns}	0.54^{ns}	175.85^{ns}	0.46^{ns}	97183^{ns}	**38.20	7838707**
Error	143	27822.27	0.001^{ns}	0.67^{ns}	143.03	0.87	119634.7^{ns}	12.33	494532
CV(%)	-	11.14	0.22	3.35	3.25	4.15	5.47	4.51	2.67

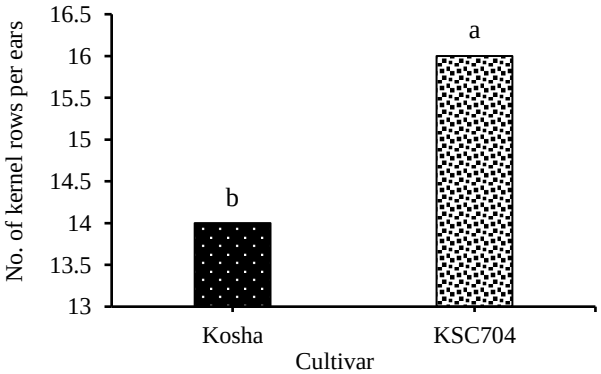
ns, * and ** Not-significant and significance at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- برهمکنش منطقه، نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم بر سطح برگ در زمان رسیدگی، ماده خشک بلال و عملکرد زیست‌توده ذرت

Table 3. Interaction effects of location, nitrogen fertilizer, planting date, and cultivar on leaf area at maturity, ear dry matter, and biological yield of maize

Location	Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Planting date (Month)	Leaf area at maturity ($cm^2 . plant^{-1}$)		Ear dry matter ($g.plant^{-1}$)		Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	
			KSC704	Kousha	KSC704	Kousha	KSC704	Kousha
Bandar anzali	Control	26 May	475.26f	539.92f	81.99d	60.99f	25986.83f	19431.91j
		16June	787.61ef	551.79f	75.61e	72.94e	24444fg	22009.41i
		6July	775.11ef	344.05fg	54.06g	52.86g	21639.66i	19321.83j
	180	26 May	2220.82bc	2161.06c	111.05b	81.22d	31013.16d	26501.58e
		16 June	2625.24b	2355.19b	117.70b	91.71c	33826.33c	31797.25d
		6July	1066.61e	658.31f	66.1f	69.51ef	25616.33f	24906.75f
	360	26 May	3427.45a	1651d	126.89a	80.56d	41106.08a	25616.33f
		16June	2720.32b	1934.26c	125.07 a	92.73c	41559.83a	31975.50d
		6 July	1240.35de	1039.21e	62.6f	68.8f	25580.83f	25580.83f
Rasht	Control	26 May	641.01f	745.45ef	64.01f	50.49g	18836.08jk	17396.58k
		16 June	656.36f	572.13f	64.9f	63.82f	21963.49h	20482.41i
		6July	930.07e	325.26g	43h	43.11h	24615.41h	18051.91k
	180	26 May	2098.34c	1390.64d	80.36d	71.89e	25674.91f	19218.33j
		16June	2542.56b	2116.45c	97.32c	91.78c	21963.49c	31330.91d
		6 July	1222.14fde	1671.05d	65.47f	66.38f	24615.41g	21963.49i
	360	26May	2332.77b	1509.58d	106.33b	71.05e	24615.41b	21963.49h
		16 June	2295.94bc	1952.46c	110.27b	84.4d	37400.91b	31585.66d
		6July	1466.74d	1824.23cd	68.43f	65.32f	23477.91h	22095.75i

§Means followed by at least one common letter within each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test (DMRT) at the 5% probability level.



شکل ۳- اثر رقم بر تعداد ردیف دانه در بلال‌های ذرت

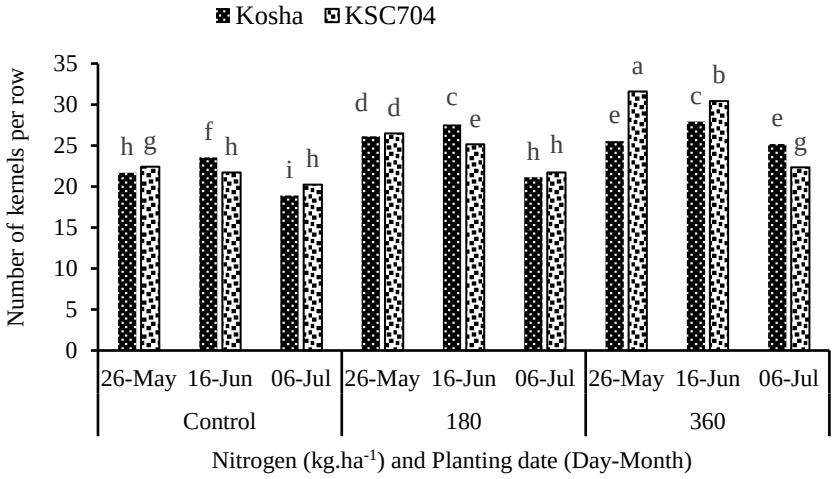
Figure 3. Effect of cultivar on the number of kernel rows per ears in maize

تعداد دانه در ردیف

یکی از ویژگی‌های موثر بر عملکرد دانه ذرت، تعداد دانه در ردیف‌های هر بلال است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان دادکه برهمکنش نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۴) نشان داد که در رقم KSC704، بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۳۱،۶۱ عدد مربوط به تاریخ کاشت پنج خرداد و مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود. در رقم کوشا، بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف مربوط به تاریخ کشت ۲۶

خرداد و مصرف ۱۸۰ (۲۷,۵۷ عدد در ردیف) یا ۳۶۰ (۲۷,۹۳ عدد در ردیف) کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود که کاهش ۱۹,۱ درصدی را در مقایسه با رقم KSC704 نشان می‌دهد. همچنین، یافته‌های مربوط به رقم کوشا نشان داد که افزایش مصرف کود از ۱۸۰ به ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کشت مناسب، اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در ریف‌های بلال نداشت. کم‌ترین تعداد دانه در ردیف (۱۸,۹۲) نیز با کاشت رقم کوشا در تاریخ ۱۵ تیر و عدم مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد.

دانکن و همکاران (Duncan *et al*., 1977) معتقدند که تعداد دانه ذرت از مقدار ساعات آفتابی حاکم بر طول دوره رشد گیاه تا زمان پیدایش سیلک تاثیر می‌پذیرد و در صورت کاهش ساعت آفتابی (۰,۰۶ ساعت) از تعداد دانه آن کاسته خواهد شد. از آنجا که در این پژوهش با تاخیر در کاشت از تاریخ پنج خرداد به ۱۵ تیر، از مقدار ساعت آفتابی کاسته شد (شکل ۲- A و B)، بنابراین می‌توان افزایش شدید تعداد دانه‌ها در ردیف در تاریخ کاشت پنج خرداد را به ساعت آفتابی نسبت داد. از سوی دیگر، مصرف کود نیتروژن با تاثیر مثبت بر کارایی فتوسنتز (Kovács & Vyn, 2017)، مقدار ماده خشک را به‌صورت معنی‌دار افزایش داد و در نتیجه به‌دلیل تخصیص بهینه زیست‌توده به بخش‌های زایشی، بر تعداد دانه افزوده شد (Tollenaar & Daynard, 1982; Pampana *et al*., 2009). دانگ و همکاران (Dong *et al*., 2024) اعلام کردند که با کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌توان تعداد دانه در ردیف را به‌صورت قابل توجهی افزایش داد.



شکل ۴- برهمکنش نیتروژن مصرفی و تاریخ کاشت بر تعداد دانه در ردیف‌های بلال دو رقم ذرت KSC704 و کوشا

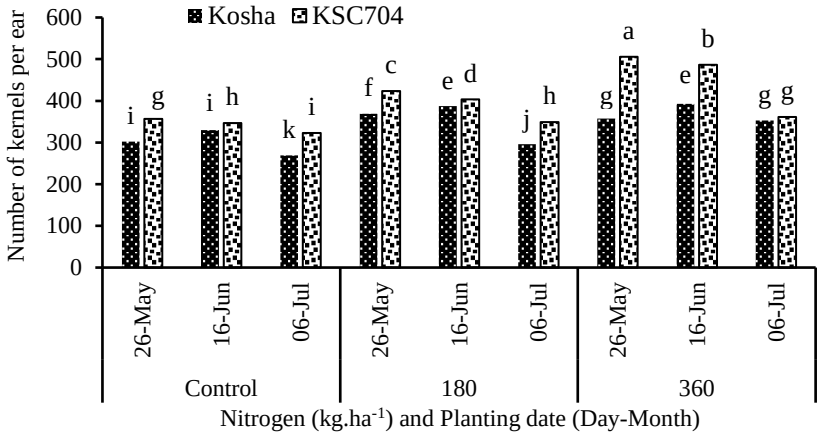
Figure 4. Interaction effects of nitrogen application and planting date on the number of kernels per row in two maize cultivars (KSC704 and Kousha)

تعداد دانه در بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش کود نیتروژن × تاریخ کاشت × رقم و همچنین برهمکنش منطقه × کود نیتروژن × رقم بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین کود نیتروژن × تاریخ کاشت × رقم (شکل ۵) نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در بلال (۵۰۵,۷۵ عدد) متعلق به رقم KSC704 در تاریخ کاشت پنج خرداد با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم نیتروزن در هکتار و کم‌ترین تعداد دانه (۲۶۹,۰۲ عدد در بلال) مربوط به رقم کوشا در تاریخ کاشت ۱۵ تیر و عدم مصرف کود نیتروژن بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منطقه × کود نیتروژن × رقم (شکل ۶) نیز نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۴۶۲,۰۶ عدد با کاشت رقم KSC704 در بندرانزلی و مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد و در مقابل، کم‌ترین تعداد دانه در بلال در رقم کوشا در هر دو منطقه رشت (۲۹۹,۸۶ عدد در بلال) و بندر انزلی (۳۰۰,۶۸ عدد در بلال) و بدون مصرف کود نیتروژن مشاهده شد (شکل ۶).

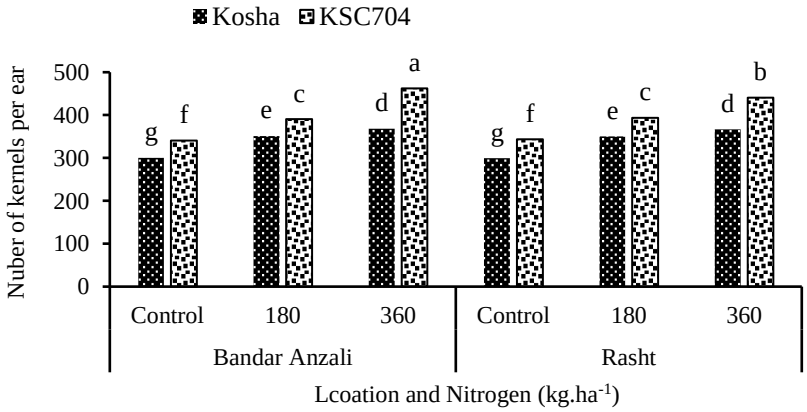
برتری رقم KSC704 در مقایسه با رقم کوشا از نظر تولید دانه در بلال می‌تواند به طول دوره رشد بیش‌تر آن مرتبط باشد. به‌عبارت دیگر، افزایش دوره رشد، سبب شد که فرصت کافی برای رشد بوته‌ها فراهم شده و در نتیجه با افزایش سطح برگ و افزایش دریافت تابش خورشیدی، تولید دانه هم زیادتر شود (Tollenaar & Daynard, 1982). بر پایه یافته‌های این آزمایش، تعداد دانه این رقم در تاریخ پنج خرداد به‌طور چشمگیری بیش‌تر از دو تاریخ

۲۶ و ۱۵ تیر بود که می‌تواند ناشی از دو عامل ساعات آفتابی و تابش خورشیدی ثبت شده از مرحله کاشت تا پیدایش سیلیک‌ها باشد که به‌عنوان دوره بحرانی در تشکیل دانه ذرت معرفی شده است (Borrás & Vitantonio-Mazzini, 2018). یافته‌های دانکن و همکاران (Duncan *et al*., 1977) و همچنین داده‌های هواشناسی مناطق آزمایش هم این نتایج را تایید می‌کنند. شکل‌های ۲- A و B نشان می‌دهند که با تاخیر در کاشت از تاریخ پنج خرداد به ۱۵ تیر، از میانگین ساعت آفتابی و تابش خورشیدی کاسته شده است. بنابراین، می‌توان گفت که با کاشت رقم KSC704 در تاریخ پنج خرداد به‌واسطه افزایش طول فصل رشد، بر مقدار ساعت آفتابی و تابش خورشیدی دریافت شده نیز افزوده شد که این موضوع افزایش تعداد دانه را به‌دنبال داشته است.



شکل ۵- برهمکنش نیتروژن مصرفی و تاریخ کاشت بر تعداد دانه در بلال دو رقم ذرت KSC704 و کوشا

Figure 5. Interaction effects of nitrogen application and planting date on the number of kernels per ear in two maize cultivars (KSC704 and Kosha)



شکل ۶- اثر نیتروژن مصرفی بر تعداد دانه در بلال دو رقم ذرت KSC704 و کوشا در دو منطقه رشت و بندرانزلی

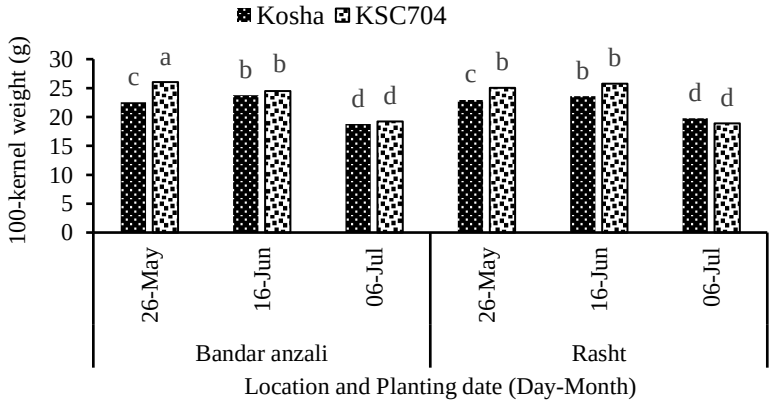
Figure 6. Effects of nitrogen application on the number of kernels per ear in two maize cultivars (KSC704 and Kosha) at Rasht and Bandar Anzali

وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که برهمکنش منطقه×تاریخ کاشت×رقم و نیز برهمکنش کود نیتروژن×تاریخ کاشت×رقم بر وزن صد دانه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین برهمکنش منطقه × تاریخ کاشت × رقم (شکل ۷) نشان داد که در هر دو منطقه رشت و بندرانزلی، با تاخیر در کاشت از تاریخ پنج خرداد به ۱۵ تیر از میانگین وزن صد دانه رقم KSC704 به‌ترتیب ۲۴,۵۸ (رشت) و ۲۶,۲۶ (بندر انزلی) درصد کاسته شد و مقدار آن در رشت از ۲۵,۰۶ به ۱۸,۹ گرم در بوته و در بندرانزلی از ۲۶,۰۴ به ۱۹,۲ گرم در بوته کاهش یافت. با این‌حال، واکنش رقم کوشا متفاوت بود، به این معنی‌که با تاخیر در زمان کاشت از تاریخ پنج به ۲۶ خرداد بر مقدار وزن صد دانه آن افزوده شد (۲,۸۷ و ۵,۵ درصد به‌ترتیب در رشت و بندرانزلی) و تغییر تاریخ کاشت از ۲۶ خرداد به ۱۵ تیر با تاثیر منفی بر وزن صد دانه، مقدار آن را در رشت از ۲۳,۶ به ۱۹,۷۵ گرم و در بندرانزلی از ۲۳,۷۷ به ۱۸,۷۸ گرم

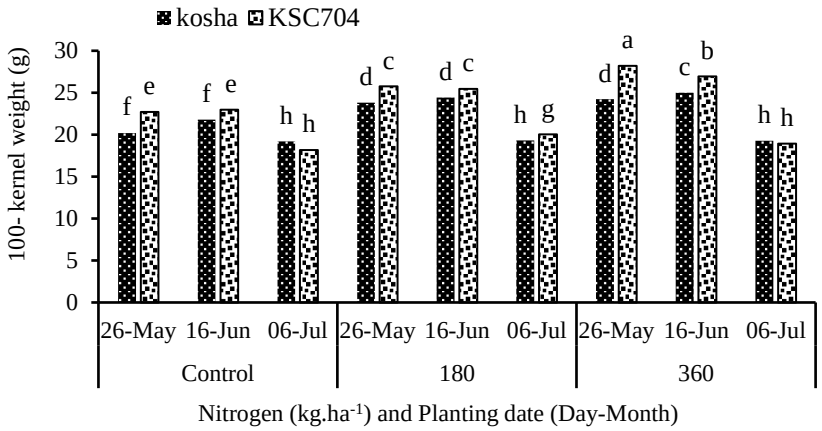
کاهش داد (شکل ۷). افزایش چشم‌گیر وزن صد دانه رقم KSC704 در تاریخ کاشت پنج خرداد در منطقه بندرانزلی را می‌توان به شرایط محیطی مناسب‌تر طی دوره رشد این رقم مرتبط دانست. شکل‌های ۱- A و B و ۲- A و B نشان می‌دهند که در هر دو منطقه رشت و انزلی، با تاخیر در کاشت از تاریخ پنج خرداد به ۱۵ تیر از میانگین دمای بیشینه و کمینه، تابش خورشیدی و ساعت آفتابی کاسته شده است. از طرفی، میانگین تابش خورشیدی و ساعت آفتابی حاکم بر طول دوره رشد رقم KSC704 در منطقه بندر انزلی در تاریخ کاشت پنج خرداد به‌ترتیب ۱۷,۷ مگاژول بر مترمربع در روز و ۸,۳ ساعت در روز و در رشت به‌ترتیب ۱۶,۶ مگاژول بر متر مربع در روز و ۷,۳ ساعت در روز بود که ۶,۲۱ و ۱۲,۰۴ درصد نسبت به رشت بیش‌تر بود. با توجه به نقش موثر تابش خورشیدی و ساعت آفتابی بر فتوسنتز و فرآیندهای مرتبط با آن (Ottman & Welch, 1988)، می‌توان افزایش وزن صد دانه در تاریخ کاشت پنج خرداد در منطقه بندرانزلی را به این دو مولفه محیطی نسبت داد. در تایید یافته‌های این پژوهش می‌توان به گزارش هایدونگ و همکاران (Hai-dong *et al*., 2016) اشاره کرد. این پژوهش‌گران اعلام کردند که در صورت کاهش ساعات آفتابی بعد از مرحله ابریشم‌دهی، تسهیم مواد پرورده به دانه ذرت کاهش می‌یابد که پیامد آن کاهش وزن هزار دانه خواهد بود. جعفری و همکاران (Jafari *et al*., 2024) نیز با اشاره به نقش موثر دما بر وزن هزار دانه گروه‌های مختلف رسیدگی ذرت در کرج بیان کردند که در صورت کاشت ذرت در تاریخ ۱۵ تیر، به‌دلیل تقارن دوره پرشدن دانه (اواسط مهر تا آبان) با دمای پایین از وزن هزار دانه کاسته خواهد شد که نتایج این پژوهش نیز موید این موضوع است.

مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت، کود نیتروژن و رقم (شکل ۸) نشان داد که رقم KSC704 در مقایسه با رقم کوشا توانایی بالاتری در تولید وزن صد دانه داشت. در رقم KSC704، بیش‌ترین وزن صد دانه با میانگین ۲۸,۲ گرم با کاشت آن در تاریخ پنج خرداد و مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد که مقدار آن در مقایسه با بیشینه وزن صد دانه رقم کوشا (۲۵,۰۱ گرم در تاریخ کاشت ۲۶ خرداد و مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن) ۱۱,۳۱ درصد بیش‌تر بود. کم‌ترین وزن صد دانه نیز با میانگین ۱۸,۱۵ گرم با کاشت رقم KSC704 در تاریخ ۱۵ تیر و بدون مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (۱۸,۹۴ گرم) نشان نداد. همچنین این مقدار تفاوت چشم‌گیری با وزن صد دانه ثبت شده توسط رقم کوشا در تاریخ ۱۵ تیر و کاربرد صفر (۱۹,۱۹ گرم)، ۱۸۰ (۱۹,۳۲ گرم) و ۳۶۰ (۱۹,۲۹ گرم) کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نداشت. تاثیر مثبت کود نیتروژن بر وزن هزار دانه می‌تواند از یک سو به نقش موثر آن در افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم (Chibane *et al*., 2021)، و از سوی دیگر کمک به حفظ سبزمانی برگ‌ها در دوره پر شدن دانه مرتبط باشد (Acciaresi *et al*., 2014)، که در نتیجه پیامد آن افزایش فتوسنتز و انتقال بیشتر مواد پرورده به دانه‌ها خواهد بود. در تایید این موضوع می‌توان به یافته‌های صدقی و همکاران (Sedghi *et al*., 2016) اشاره کرد. این پژوهش‌گران در گزارشی اعلام کردند که در صورت مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌توان وزن هزاردانه ذرت KSC404 را افزایش داد.



شکل ۷- اثر تاریخ کاشت بر وزن صد دانه دو رقم ذرت KSC704 و کوشا در دو منطقه رشت و بندر انزلی

Figure 7. Effect of planting date on 100-kernel weight of two maize cultivars (KSC704 and Kousha) at Rasht and Bandar Anzali



شکل ۸- اثر برهمکنش نیتروژن مصرفی و تاریخ کاشت بر وزن صد دانه دو رقم ذرت KSC704 و کوشا

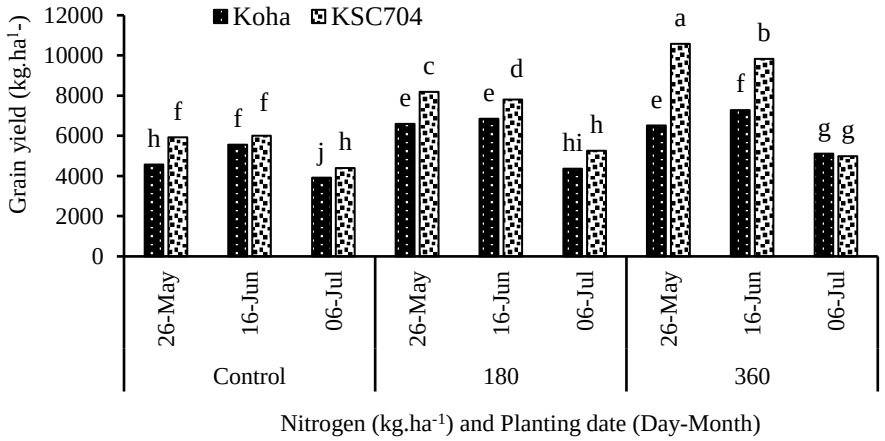
Figure 8. Interaction effects of nitrogen application and planting date on 100-kernel weight of two maize cultivars (KSC704 and Kousha)

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که کود نیتروژن × تاریخ کاشت × رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۹) نشان داد که رقم KSC704 در مقایسه با رقم کوشا از توانایی بالاتری در تولید دانه برخوردار بود. در رقم KSC704، بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۰۵۷۹٫۵۵کیلوگرم در هکتار با کاشت آن در تاریخ پنج خرداد و مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد که در مقایسه با بیشینه عملکرد دانه رقم کوشا (به‌صورت مشترک در تاریخ‌های ۵ و ۲۶ خرداد و مصرف ۱۸۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن) ۳۱ درصد بیش‌تر بود. کم‌ترین عملکرد دانه (۳۹۱۱٫۷۹ کیلوگرم در هکتار) نیز با کاشت رقم کوشا در تاریخ ۱۵ تیر بدون مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد. افزایش چشم‌گیر عملکرد دانه رقم KSC704 در نخستین تاریخ کاشت (پنج مرداد) را می‌توان به افزایش طول فصل رشد (Kaur *et al.*, 2012) و تاثیر مثبت آن بر مقدار فتوسنتز و تخصیص آن به دانه نسبت داد (Azizi *et al.*, 2022). از سوی دیگر، با کاشت رقم KSC704 در تاریخ پنج خرداد، هم‌نوایی مناسبی میان مراحل رشد و نمو ذرت با شرایط مطلوب محیطی به‌لحاظ تابش خورشیدی، ساعات آفتابی و دما برقرار شد. در کنار این موضوع، مصرف کود نیتروژن تا ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار، با افزایش سبزمانی برگ‌ها (Paponov *et al.*, 2005) و بهبود سرعت فتوسنتز در دوره پر شدن دانه (Echarte *et al.*, 2008) توانست نقش مثبت و معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه ایفا کند. یافته‌های تائو و همکاران (Tao *et al.*, 2014) نیز موید نتایج این پژوهش است. مولر و همکاران (Mueller *et al.*, 2019) معتقدند که عملکرد دانه از تعداد دانه و وزن هزار دانه تاثیر می‌پذیرد. در این پژوهش نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه ($r = 0.95^{**}$, $n = 72$) و همچنین وزن صد دانه ($r = 0.95^{**}$, $n = 72$) مشاهده شد. بنابراین می‌توان افزایش عملکرد دانه را به این دو مولفه نسبت داد. یافته مشابهی توسط هایدونگ و همکاران (Hai-dong *et al.*, 2016) گزارش شده است. این پژوهش‌گران کاهش عملکرد دانه ذرت را در کشت‌های تاخیری (۱۰ می برابر با ۱۵ اردیبهشت) به کاهش تعداد دانه نسبت دادند.

ماده خشک بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که برهمکنش منطقه، کود نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم بر ماده خشک بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین وزن ماده خشک بلال (۱۲۶٫۸۹ گرم در بوته) در منطقه بندرانزلی و با کاشت رقم KSC704 در تاریخ کاشت پنج خرداد به همراه مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با مقدار به‌دست آمده از تاریخ کاشت ۲۶ خرداد (۱۲۵٫۰۷ گرم در بوته) نشان نداد. کم‌ترین ماده خشک بلال نیز با کاشت رقم‌های KSC704 (۴۳ گرم در بوته) و کوشا (۴۳٫۱۱ گرم در بوته) در منطقه رشت و در تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد.



شکل ۹- برهمکنش نیتروژن مصرفی و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه دو رقم ذرت KSC704 و کوشا

Figure 9. Interaction effects of nitrogen application and planting date on grain yield of two maize cultivars (KSC704 and Kousha).

با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ماده خشک بلال با تعداد ردیف در بلال ($r=0.3^{*}$, n=72)، تعداد دانه در ردیف ($r=0.83^{**}$, n=72)، تعداد دانه در بوته ($r=0.87^{**}$, n=72) و وزن صد دانه ($r=0.82^{**}$, n=72)، می‌توان برتری رقم KSC704 را در مقایسه با رقم کوشا به این مولفه‌ها نسبت داد. از طرفی، افزایش ماده خشک بلال رقم KSC704 در تاریخ‌های کاشت پنج و ۲۶ خرداد در بندرانزلی در مقایسه با رشت می‌تواند با ساعات آفتابی بالاتر (Song & Jin, 2020) و تابش بیش‌تر (Pampana *et al*., 2009) در این منطقه مرتبط باشد (شکل ۲- A)، که به‌همراه مصرف کود نیتروژن (Wang *et al*., 2022) تسهیم بیش‌تر ماده خشک به دانه‌ها را به‌دنبال داشته است (Borrás & Vitantonio-Mazzini, 2018). جعفری و همکاران (Jafari *et al*., 2024) در گزارشی علت کاهش وزن خشک بلال در کشت تاخیری (۱۸ تیر) را به کاهش سبزمانی برگ‌ها و کوتاه شدن فصل رشد و همچنین انطباق مرحله تشکیل دانه با تابش و ساعات آفتابی کم‌تر و نیز انطباق مرحله پر شدن دانه با دمای کم‌تر در فصل پاییز مرتبط دانستند.

عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که برهمکنش منطقه، تاریخ کاشت، کود نیتروژن و رقم بر عملکرد زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳)، بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده با کاشت رقم KSC704 در تاریخ‌های پنج (۴۱۱۰۶,۰۸ کیلوگرم در هکتار) و ۲۶ خرداد (۴۱۵۵۹,۸۳ کیلوگرم در هکتار) به‌همراه مصرف ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در منطقه بندرانزلی به‌دست آمد. کم‌ترین عملکرد زیست‌توده نیز با کاشت رقم کوشا در تاریخ‌های پنج خرداد (۱۷۳۹۶,۵۸ کیلوگرم در هکتار) و ۱۵ تیر (۱۸۰۵۱,۹۱ کیلوگرم در هکتار) بدون مصرف کود نیتروژن در رشت به‌دست آمد.

با توجه به نقش موثر سطح برگ در دریافت تابش خورشیدی (Plénet *et al*., 2000) و تبدیل آن به ماده خشک (Swanson & Wilhelm, 1996)، افزایش قابل توجه زیست‌توده رقم KSC704 در مقایسه با رقم کوشا را می‌توان به افزایش این ویژگی نسبت داد ($r=0.81^{**}$, n=72). در واقع می‌توان اینگونه بیان کرد که با کاشت این رقم در بازه زمانی پنج تا ۲۶ خرداد، هم‌زمان با افزایش سطح برگ بر مقدار تابش خورشیدی رسیده (شکل ۲- A) نیز افزوده شد. بنابراین، افزایش قابل‌توجه سطح برگ تولیدی، زمینه را برای دریافت موثر بخش قابل‌توجهی از تابش خورشیدی رسیده را فراهم ساخت و در نهایت منجر به کارایی بالاتر در تبدیل تابش خورشیدی به زیست‌توده شد. در کنار این موضوع، کاربرد کود نیتروژن با حفظ سطح سبزینگی برگ‌ها (Zeinali *et al*., 2016)، موجب تداوم فعالیت فرآیند فتوسنتز و فراهمی طولانی‌تر و بیش‌تر مواد حاصل از آن برای گیاه شد که این امر، افزایش ماده خشک را به‌دنبال داشته است (Tollenaar & Daynard, 1982).

رگرسیون گام به گام

در این پژوهش از رگرسیون گام به گام برای تعیین متغیرهای موثر و با ارزش بر متغیر وابسته (عملکرد دانه) و تهیه مناسب‌ترین مدل برای توجیه تغییرات آن استفاده و

نتایج آن در جدول ۴ ارائه شد. نتایج نشان داد که نخستین ویژگی وارد شده به مدل، تعداد دانه در بوته بود که ۹۱ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. در مرحله دوم، وزن صد دانه وارد مدل شد که به‌همراه تعداد دانه در بوته در مجموع ۹۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در گام سوم، عملکرد زیست‌توده به مدل وارد شد که در مجموع این سه ویژگی، ۹۷ درصد از تغییرات کل عملکرد دانه را توجیه کردند. هر سه ویژگی وارد شده به مدل، بر عملکرد دانه تاثیر مثبت داشتند. مشابه یافته‌های این پژوهش، یزدان‌دوست همدانی و رضائی (Yazdandoost Hamadani & Rezaei, 2001) نیز تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه را به‌عنوان دو مولفه موثر بر عملکرد دانه ذرت برشمردند. امیری و همکاران (Amiri *et al*., 2009) نیز اعلام کردند که وزن هزار دانه می‌تواند عملکرد دانه را تا ۲۱,۵ درصد تحت تاثیر قرار دهد. در پژوهش دیگری عنوان شد که در صورت افزایش زیست‌توده در زمان شکل‌گیری دانه، عملکرد دانه افزایش خواهد یافت (Gardner *et al*., 1990).

جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه

Table 4. Results of stepwise regression analysis of grain yield

Variable	Regression coefficients				
	Intercept	X1	X2	X3	Adjusted R^2
Kernel number per ear (X1)	-4415.30	29.21	-	-	0.91
100- kernel weight (X2)	-6241.22	18.70	252.01	-	0.97
Biomass (X3)	-6113.14	17.53	249.12	0.46	0.97
Final model	Grain yield = -6113.14 + 17.53X1 + 249.12X2 + 0.46X3				

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این آزمایش نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت، کود نیتروژن و رقم قرار گرفت. در این پژوهش با کاشت رقم KSC704 در تاریخ پنج خرداد هم‌نوایی مناسبی میان شرایط محیطی (به‌لحاظ میانگین دمای بیشینه و کمینه، ساعت آفتابی و تابش خورشیدی) و مراحل رشد و نمو گیاه برقرار شد. این هم‌نوایی در ترکیب با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (۱۰۵۷۹,۵۵ کیلوگرم در هکتار) شد. عملکرد زیست‌توده تحت تاثیر برهمکنش منطقه، تاریخ کاشت، کود نیتروژن و رقم قرار گرفت. بیش‌ترین عمکرد زیست‌توده با کاشت رقم KSC704 در منطقه بندرانزلی در بازه زمانی پنج خرداد (۴۱۱۰۶,۰۸ کیلوگرم در هکتار) تا ۲۶ خرداد (۴۱۵۹۹,۸۲ کیلوگرم در هکتار) و با مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ثبت رسید. با توجه به یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در هر دو منطقه رشت و بندر انزلی، در صورت کاشت ذرت رقم KSC704 در تاریخ پنج خرداد و کاربرد ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌توان در حدود ۱۰۵۷۹ کیلوگرم در هکتار دانه برداشت کرد. با این‌حال، برای بهینه‌سازی تولید علوفه، کاشت ذرت KSC704 در منطقه بندر انزلی در بازه زمانی پنج تا ۲۶ خرداد به‌همراه مصرف ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن توصیه می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هر گونه روابط تجاری یا مالی که می‌تواند به‌عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

رعایت اخلاق در نشر

نویسندگان اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین، این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده است و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

اجازه انتشار مقاله

نویسندگان با چاپ این مقاله به‌صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

References

An, Y., Chen, L., Li, Y.-X., Li, C., Shi, Y., Song, Y., Zhang, D., Li, Y., & Wang, T. (2019). Candidate loci for the kernel row number in maize revealed by a combination of transcriptome analysis and regional association mapping. *BMC Plant Biology*, *19*, 1-12. doi: 10.1186/s12870-019-1811-1.

Ahmadi, M., Mondani, F., Khorramivafa, M., Mohamadi, Gh., & Shirkhani, A. (2018). The effect of nitrogen on radition and growth indices of maize hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(4), 885-900. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v15i4.57608.

Amiri, S., Noormohamadi, S., Jafari, A.A., & Chugan, R. (2009). Correlation, regression and path analysis for grain yield and yield components on early maturing hybrids of grain corn. *Journal of Plant Production*, *16*(2), 99-112. [In Persian]. dor: 20.1001.1.23222050.1388.16.2.7.4.

Acciaresi, H.A., Tambussi, E.A., Antonietta, M., Zuluaga, M.S., Andrade, F.H., & Guiamét, J.J. (2014). Carbon assimilation, leaf area dynamics, and grain yield in contemporary earlier-and later-senescing maize hybrids. *European Journal of Agronomy*, *59*, 29-38. doi: 10.1016/j.eja.2014.05.007.

Asibi, A.E., Chai, Q., & Coulter, J.A. (2019). Mechanisms of nitrogen use in maize. *Agronomy*, *9*(12), 775. doi: 10.3390/agronomy9120775.

Ashraf, U., Salim, M.N., Alam, S., Aqil, K., Shenggang, P., & Xiangru, T. (2016). Maize growth, yield formation and water-nitrogen usage in response to varied irrigation and nitrogen supply under semi-arid climate. *Turkish Journal of Field Crops*, *21*, 88-96. doi: 10.17557/tjfc.93898.

Azizi, F., Mahrokh, A., Ghotbi, V., Golzardi, F., Mofidian, S.M.A., Zamanian, M., Rahgoo, V., Torabi, M., & Soltani, E. (2022). Meta-analysis of some agronomic factors affected on decreasing forage maize yield in Iran. *Journal of Crops Improvement*, *24*(3), 793-805. [In Persian]. doi: 10.22059/jci.2021.326061.2570.

Bello, O., Abdulmaliq, S.Y., Ige, S.A., Mahamood, J., Oluleye, F., Azeez, M.A., & Afolabi, M. (2012). Evaluation of early and late/intermediate maize varieties for grain yield potential and adaptation to a southern guinea savanna agro-ecology of Nigeria. *International Journal of Plant Research*, *2*, 14- 21. doi: 10.5923/j.plant.20120202.03.

Borrás, L., & Vitantonio-Mazzini, L.N. (2018). Maize reproductive development and kernel set under limited plant growth environments. *Journal of Experimental Botany*, *69*, 3235-3243. doi: 10.1093/jxb/erx452.

Chibane, N., Caicedo, M., Martinez, S., Marcet, P., Revilla, P., & Ordás, B. (2021). Relationship between delayed leaf senescence (stay-green) and agronomic and physiological characters in maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, *11*(2), 276. doi: 10.3390/agronomy11020276.

D'Andrea, K.E., Otegui, M.E., Cirilo, A.G., & Eyherabide, G.H. (2009). Ecophysiological traits in maize hybrids and their parental inbred lines: Phenotyping of responses to contrasting nitrogen supply levels. *Field Crops Research*, *114*, 147-158. doi: 10.1016/j.fcr.2009.07.016.

Duncan, W., Shaver, D., & Williams, W. (1977). Sunlight and temperature effects on corn growth and yield. *California Agriculture*, *31*, 13-14.

Dong, X., Ren, Y., Shi, L., Bao, S., Chai, X., Li, Q., & Liao, L. (2024). Relationship between dry matter accumulation and maize yield in Southwest China. *Food & Energy Security*, *13*(4), 1-22. doi: 10.1002/fes3.566.

Echarte, L., Rothstein, S., & Tollenaar, M. (2008). The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. *Crop Science*, *48*(2), 656-665. doi: 10.2135/cropsci2007.06.0366.

Fakorede, M., & Mock, J. (1980). Growth analysis of maize variety hybrids obtained from two recurrent selection programmes for grain yield. *New Phytologist*, *85*, 393-408. doi: 10.1111/j.1469-8137.1980.tb03178.x.

Guo, D., Chen, C., Li, X., Wang, R., Ding, Z., Ma, W., Wang, X., Li, C., Zhao, M., Li, M., & Zhou, B. (2022). Adjusting sowing date improves the photosynthetic capacity and grain yield by optimizing temperature condition around flowering of summer maize in the North China Plain. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 934618. doi: 10.3389/fpls.2022.934618.

Gardner, F., McCloud, D., & Valle, R. (1990). Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. *Agronomy Journal*, *82*, 864-868. doi: 10.2134/agronj1990.00021962008200050003x.

Golshokooh, A., Barzegari, M., & Fotohi, F. (2011). The effect of planting date on the yield of three commercial corn hybrids in North Khuzestan. *Plant Production*, *33*(2), 55-69. [In Persian].

Ghobadi, R., Ghobadi, M., Jalali Honarmand, S., Farhadi, B., & Mondani, F. (2019). Study the correlation and path analysis yield and its related traits of maize under different water and nitrogen conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *17*(2), 275-289. [In Persian]. doi: 10.22067/gsc.v17i2.71772.

Hai-dong, L., Ji-quan, X., & Dong-wei, G. (2016). Efficacy of planting date adjustment as a cultivation strategy to cope with drought stress and increase rainfed maize yield and water-use efficiency. *Agricultural of Water Management*, *179*(1), 227-235. doi: 10.1016/j.agwat.2016.09.001.

Jafari, A., Bihamta, M.R., Moghbel, M., Sufizadeh, S., Bazgeer, S., & Karimi, M. (2024). Effect of planting date and cultivar on growth stages, morphological traits and growth indices of corn in Karaj city. *Journal of Crops Improvement*, *26*(1), 17-34. [In Persian]. doi: 10.22059/jci.2023.345619.2727.

Kovács, P., & Vyn, T.J. (2017). Relationships between ear-leaf nutrient concentrations at silking and corn biomass and grain yields at maturity. *Agronomy Journal*, *109*, 2898-2906. doi: 10.2134/agronj2017.02.0119.

Kamara, A.Y., Ekeleme, F., Chikoye, D., & Omoigui, L.O. (2009). Planting date and cultivar effects on grain yield in dryland corn production. *Agronomy Journal*, *101*(1), 91-98. doi: 10.2134/agronj2008.0090.

Kaur, A., Bedi, S., Gill, G., & Kumar, M. (2012). Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Maydica*, *57*, 75-82.

Lieffering, M., Andrews, M., & McKenzie, B. (1993). Effects of nitrogen on leaf growth of temperate cereals: A review. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*, *23*, 21-30.

Maresma Galindo, Á., Ballesta Remy, A., Santiveri Morata, P., & Lloveras Vilamanyà, J. (2019). Sowing date affects maize development and yield in irrigated Mediterranean environments. *Agriculture*, *9*(67), 1-10. doi: 10.3390/agriculture9030067.

Mottaghi, M .(2022). Investigating the effect of planting date on the quantitive and qualititive forage yield in maize hybrids of different maturity groups in Hamedan region. *Applied Research in Field Crops*, *35*(1), 88-112. [In Persian]. doi: 10.22092/aj.2022.358124.1597.

Mueller, S.M., Messina, C.D., & Vyn, T.J. (2019). The role of the exponential and linear phases of maize (*Zea mays* L.) ear growth for determination of kernel number and kernel weight. *European Journal of Agronomy*, *111*, 125939. doi: 10.1016/j.eja.2019.125939.

Ottman, M., & Welch, L. (1988). Supplemental radiation effects on senescence, plant nutrients, and yield of field-grown corn. *Agronomy Journal*, *80*, 619-626. doi: 10.2134/agronj1988.00021962008000040015x.

Paponov, I.A., Sambo, P., Erley, G.S.A., Presterl, T., Geiger, H.H., & Engels, C. (2005) Kernel set in maize genotypes differing in nitrogen use efficiency in response to resource availability around flowering. *Plant & Soil*, *272*, 101-110. doi: 10.1007/s11104-004-4210-8.

Plénet, D., Etchebest, S., Mollier, A., & Pellerin, S. (2000). Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. *Plant & Soil*, *223*, 119-132. doi: 10.1023/A:1004877111238.

Pampana, S., Ercoli, L., Masoni, A., & Arduini, I. (2009). Remobilization of dry matter and nitrogen in maize as affected by hybrid maturity class. *Italian Journal of Agronomy*, *4*, 39-46. doi: 10.4081/ija.2009.2.39.

Poustini, K., Siosemardeh, A., Zavareh, M., & Madah Hosinei, Sh. (2005). Crop yield, Physiology and Processes. Tehran University Press. pp. 217-252.

Rebetzke, G., Botwright, T., Moore, C., Richards, R., & Condon, A. (2004). Genotypic variation in specific leaf area for genetic improvement of early vigour in wheat. *Field Crops Research*, *88*, 179-189. doi: 10.1016/j.fcr.2004.01.007.

Santos, R.D., Boote, K.J., Sollenberger, L.E., Neves, A.L., Pereira, L.G., Scherer, C.B., & Gonçalves, L.C. (2017). Simulated optimum sowing date for forage pearl millet cultivars in multilocation trials in Brazilian semi-arid region. *Frontiers in Plant Science*, *8*, 2074. doi: 10.3389/fpls.2017.02074.

Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvast, G.A., & Dorri, H.R. (2012). Effect of sowing date and plant density ob grain yield and yield components in dry been (*Phaseolus volgaris* L.) landraces. *Journal of Agricultural Science & Suctainable Production*, *22*(3), 47-60. [In Persian].

Swanson, S., & Wilhelm, W. (1996). Planting date and residue rate effects on growth, partitioning, and yield of corn. *Agronomy Journal*, *88*, 205-210. doi: 10.2134/agronj1996.00021962008800020014x.

Sedghi, M., Nemati, A., Seeyd Sharifi, R., & Gholamhosseini, M. (2016). The effect of different levels of nitrogen fertilizer on yield and consumption efficiency of maize on different sowing dates in Ardabil. *Journal of Crop Production*, *9*(3), 45-65. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2016.9322.1725.

Song, L., & Jin, J. (2020). Effects of sunshine hours and daily maximum temperature declines and cultivar replacements on maize growth and yields. *Agronomy*, *10*(12), 1-21. doi: 10.3390/agronomy10121862.

Shiri, M.R., Moharramnejad, S., Hanifezadeh, M., & Bandehhagh, A. (2016). Evaluation of yield stability of maize (*Zea mays* L.) influenced by planting date in Moghan. *Journal of Agricultural Science & Sustainable Production*, *26*(2), 203-214. [In Persian].

Tao, H., Chen, P., Li, L., Liao, S., Wang, L., & Wang, P. (2014). Maintenance of crop growth through 30 days after silking contributes to achieving super-high yield of spring maize. *Plant Production Science*, *17*, 268-275. doi: 10.1626/pps.17.268.

Tollenaar, M., & Daynard, T. (1982). Effect of source-sink ratio on dry matter accumulation and leaf senesence of maize. *Canadian Journal of Plant Science*, *62*, 855-860. doi: 10.4141/cjps82-128.

Uhart, S.A., & Andrade, F.H. (1995). Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. *Crop science*, *35*, 1376-1383. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500050020x.

Zeinali, H., Nasabadi, S., Hosienzadeh, H., Chugan, R., & Sabokdast, M. (2016). Factor analysis in seed corn hybrid cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, *36*(4), 895-902. [In Persian].

Zhai, J., Zhang, G., Zhang, Y., Xu, W., Xie, R., Ming, B., Hou, P., Wang, K., Xue, J., & Li, S. (2022). Effect of the rate of nitrogen application on dry matter accumulation and yield formation of densely planted maize. *Sustainability*, *14*, 14940. doi: 10.3390/su142214940.

Wang, Z., Ma, B.-L., Li, Y., Li, R., Jia, Q., Yu, X., Sun, J., Hu, S., & Gao, J. (2022). Concurrent improvement in maize grain yield and nitrogen use efficiency by enhancing inherent soil productivity. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 790188. doi: 10.3389/fpls.2022.790188.

Watson, D.J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, *11*, 41-76. doi: 10.1111/j.1744-7348.1953.tb02364.x.

Yazdandoost Hamedani M., & Rezaei, A. (2001). A study of morphological and physiological basis of corn yield through path analysis. *Iranain Journal of Agricultural Science*, *32*(2), 671-680. [In Persian].