



تأثیر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و کود نیتروژن بر عملکرد، غلظت و ترکیب نشاسته و روغن دانه ذرت

مریم رحیمی جهانگیرلو^۱، غلامعباس اکبری^{۲*}، ایرج الهادادی^۳، سعید صوفی‌زاده^۴، دیوید پارسنز^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۳. استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۴. استادیار، گروه کشاورزی بوم‌شناختی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۵. استاد، گروه تحقیقات کشاورزی شمال سوئد، دانشگاه علوم کشاورزی سوئد (SLU)، اومئو، سوئد.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۶

چکیده

مطالعات انجام‌شده برای ارزیابی کیفیت ذرت دانه‌ای به دلیل کاربردهای فراوان آن در صنایع غذایی، خوراک دام و تولید اتانول قابل‌توجه هستند. بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی غلظت و ترکیبات نشاسته و روغن در دانه ذرت در پاسخ به ارقام مختلف (KSC704 و KSC260)، تاریخ کاشت (۳۱ خردادماه و ۳۱ تیرماه)، فواصل آبیاری (۱۲ روزه و ۶ روزه) و میزان کود نیتروژن (صفر و ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به صورت مدل آماری استریپ-پلات فاکتوریل در سال ۱۳۹۷ در منطقه پاکدشت انجام شد. نتایج پیشنهاد نمود کاربرد نیتروژن، عملکرد دانه را به میزان یک تن در هکتار افزایش داد. به علاوه، عملکرد دانه در رقم KSC260 از رقم KSC704 به میزان ۰/۹۶ تن در هکتار بالاتر بود. از میان عوامل موردبررسی، کلیه متغیرهای کیفی جز استتاریک‌اسید، تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و نیتروژن قرار گرفتند. کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری کم‌تر موجب کاهش میزان روغن و اسیدهای چرب پالمیتیک‌اسید، اولئیک‌اسید، لینولئیک‌اسید و لینولنیک‌اسید گردید. در شرایط آبیاری کم‌تر، کاربرد نیتروژن تأثیری در افزایش غلظت نشاسته و آمیلوپکتین نداشت. میزان استتاریک‌اسید در تیمارهای حاوی نیتروژن به میزان ۰/۱۰۵ گرم در کیلوگرم کم‌تر بود. به نظر می‌رسد تعادل میان میزان آبیاری و نیتروژن در بهبود ویژگی‌های کیفی روغن و نشاسته دانه ذرت مهم است.

کلیدواژه‌ها: آمیلوپکتین، آمیلوز، اسید چرب، کیفیت دانه.

Effect of Irrigation, Planting Date, Cultivar and Nitrogen on Yield and Concentration and Composition of Starch and Oil of Dent Maize Grain

Maryam Rahimi Jahangirlou¹, Gholam.Abbas Akbari^{2*}, Iraj Alahdadi³, Saeid Soufizadeh⁴, David Parsons⁵

1. Ph.D. Candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

3. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

4. Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G. C., Tehran, Iran

5. Professor, Department of Agricultural Research for Northern Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Umeå, Sweden.

Received: January 16, 2020

Accepted: August 23, 2020

Abstract

Studies to assess quality of dent maize grain are noteworthy because of its wide use as food, feed and ethanol production. This study aimed to evaluate the concentration and composition of starch and oil in maize grain in response to different cultivars (KSC704 and KSC260), planting dates (20 June and 21 July), irrigation (12-day and 6-day intervals) and nitrogen (0 and 184 kg N ha⁻¹) rate as the strip-plot factorial statistical model during the 2018 growing season in Pakdasht county of Iran. The results suggested that nitrogen application increased grain yield by one tonnes ha⁻¹. In addition, KSC260 had higher grain yield than KSC704 by 0.96 tonnes ha⁻¹. All compositional variables except stearic acid were affected by the interaction effect of irrigation and nitrogen rate. In low irrigated treatments, nitrogen application reduced the amount of oil, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid. In low irrigated conditions, nitrogen application had no effect on increasing the concentration of starch and amylopectin. The use of nitrogen fertilizer reduced the amount of stearic acid by 0.05 g kg⁻¹. In conclusion, the balance between irrigation and nitrogen utilization seems to be important for improving the oil and starch properties of maize grain.

Keywords: Amylopectin, amylose, fatty acid, grain quality.

۱. مقدمه

امروزه علاوه بر عملکرد، کیفیت و ترکیب دانه غلات در بازار جهانی مورد توجه ویژه قرار گرفته است (Butts- Wilmsmeyer *et al.*, 2019). در ایران هم پژوهش‌های مختلفی به موضوع کیفیت دانه در برخی غلات از جمله گندم (Amiri *et al.*, 2018) و برنج (Zahedi *et al.*, 2019) پرداخته‌اند. ذرت دندان‌اسبی یا دندان‌های (Zea mays var. indentata) گیاهی است که به دلیل کاربردهای متنوع از جمله خوراک دام، مصرف انسان و تولید اتانول، اهمیت فراوان دارد (Darrah *et al.*, 2019). دانه بالغ ذرت دندان‌های به‌طور عمده از ترکیبات ذخیره‌ای شامل ۶۰ تا ۷۲ درصد نشاسته، ۸ تا ۱۱ درصد پروتئین و ۴ تا ۶ درصد روغن تشکیل شده است (Darrah *et al.*, 2019).

نشاسته به‌عنوان یک کربوهیدرات پیچیده، منبع اصلی انرژی برای سلول‌های انسان و حیوانات پرورشی به‌شمار می‌رود (Chavez-Murillo *et al.*, 2019). آمیلوز و آمیلوپکتین دو جزء اصلی تشکیل‌دهنده نشاسته و پلیمرهای اصلی ذخیره‌کننده گلوکز در نشاسته هستند (Moran, 2018). ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نشاسته می‌تواند به‌وسیله تغییر در نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین تغییر کنند و معمولاً میزان آمیلوز بالاتر با قابلیت هضم کم‌تر یا تشکیل نشاسته مقاوم رابطه معنی‌داری دارد (Regina *et al.*, 2012). در جیره غذایی دام و طیور، آمیلوز در مقایسه با آمیلوپکتین به‌دلیل ساختار فیزیکی فشرده، به سختی هضم می‌شود (Copeland *et al.*, 2009).

روغن ذرت به‌عنوان منبع انرژی (پس از نشاسته) از نظر میزان و محتوای اسیدهای چرب در مولکول‌های تری‌گلیسیرید اسید (TGA)^۱، به‌ویژه اسیدهای چرب غیراشباع، قابل هضم و ضروری اهمیت دارد (Dhungana *et al.*, 2017). عوامل مختلفی بر غلظت روغن و ترکیب

آن اثرگذار هستند و معمولاً غلظت روغن توسط تخصیص کربن به دانه، و محتوای آن توسط عوامل محیطی، مدیریت می‌شود (Aguirrezábal *et al.*, 2015). از سوی دیگر، اثرات دما بر تثبیت کربن و تنفس نوری می‌تواند در غلظت و ترکیب روغن دانه منعکس شود (Peng *et al.*, 2020).

امروزه، بهبود ارزش غذایی گیاهان زراعی از طریق روش‌های ژنتیکی و زراعی بجای استفاده از مکمل‌های شیمیایی، یکی از اهداف اصلی مدیریت زیست‌محیطی و اقتصادی پایدار است. در این راستا غنی‌سازی زیستی^۲ یا زیست‌غنی‌سازی^۳ محصولات کشاورزی که هدف آن تنها بهبود کیفیت گیاهان می‌باشد، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Govindaraj *et al.*, 2019). در بخش زراعی، عوامل مختلفی بر عملکرد و کیفیت گیاهان تأثیر دارند که همه این عوامل در سه دسته ژنتیک، محیط و مدیریت قرار می‌گیرند. در دانه‌های گیاهی، اگرچه میزان و محتوای صفات کیفی هم‌چون نشاسته و روغن به مقدار زیادی تحت تأثیر ژنتیک هستند، اما اثر فعالیت‌های زراعی نیز مهم و مؤثر است. در میان عوامل مدیریتی، میزان آبیاری و نیتروژن (Stephen *et al.*, 2002; Duarte *et al.*, 2015; Aguirrezábal *et al.*, 2005) و در میان عوامل محیطی، دما از طریق تغییر در سال، مکان و تاریخ‌های کاشت (Aguirrezábal *et al.*, 2015) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت دانه غلات شناسایی شده‌اند، اما در مورد گیاه ذرت، با توجه به دانش ما، برای درک بیش‌تر این اثرات، پژوهش‌های بیش‌تری لازم است.

بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی غلظت و ترکیب نشاسته و روغن دانه ذرت به‌عنوان تابعی از گروه رسیدگی، تاریخ کاشت، میزان آبیاری و کود نیتروژن انجام

2. Bio-fortification
3. Biological Fortification

1. TriacylGlyceride Acid

(۳۱ خردادماه و ۳۱ تیرماه) به‌طور تصادفی به هر یک از نوارها اختصاص یافت. با عبور دو نهر فرعی از نوارها، هریک از آن‌ها به سه قسمت تقسیم شدند، بدین ترتیب دوازده واحد آزمایشی ایجاد شد. سپس چهار ترکیب تیماری رقم (KSC704 و KSC260) و سطوح نیتروژن (بدون کود و ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار) به‌طور تصادفی در زیرواحدهای آزمایشی توزیع شد. بنابراین به‌طورکلی، ۱۲ واحد آزمایشی^۲ شامل ۴۸ زیرواحد آزمایشی^۳ از سه تکرار حاصل شد.

براساس فرضیه پژوهش حاضر، سطوح عوامل تعیین‌شده جهت ایجاد تغییرات قابل‌ملاحظه در متغیرهای آزمایش، با فواصل زیاد در نظر گرفته شدند. هر زیرواحد آزمایشی شامل شش ردیف کشت به طول شش متر با تراکم توصیه‌شده حدود شش و هشت محصول در مترمربع برای رقم KSC704 و KSC260 بود. رژیم آبیاری با فواصل شش روز و میزان نیتروژن ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) به‌عنوان شرایط رشدی بدون تنش براساس شرایط آب‌وهوایی، نتایج آزمایش خاک و مدیریت متداول در منطقه در نظر گرفته شدند.

از روش آبیاری جوی پشته جهت آبیاری بوته‌های ذرت استفاده شد. بدین منظور عرض جوی و پشته به‌ترتیب ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر و عمق آن ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. براساس اندازه جریان آب (۱/۳ لیتر/ثانیه) آبیاری هر واحد آزمایشی در هر بار به نحوی انجام شد که سطح پشته‌ها به‌طور کامل خیس شود و در هر بار آبیاری حدود ۸۰۰ لیتر آب به هر واحد آزمایشی به مساحت تقریبی ۱۶ مترمربع (طول ردیف ۴ متر × فاصله بین ردیف ۰/۷ متر × ۶ ردیف) اختصاص یافت.

شده است تا اولاً عامل یا عوامل مؤثر بر هر یک از متغیرهای موردبررسی شناسایی شود، ثانیاً اطلاعات اولیه در مورد تغییرات متغیرهای کیفی مورد مطالعه نسبت به یکدیگر جمع‌آوری شود. در نهایت، این اطلاعات می‌توانند دانش مفیدی را برای ارائه دستورالعمل‌هایی برای پژوهش‌های آینده در راستای بهبود کیفیت نشاسته و روغن دانه ذرت پیشنهاد دهد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. آزمایش‌های زراعی

آزمایش‌های مزرعه‌ای پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی مهندسی کشاورزی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در منطقه پاکدشت - دشت شمال ورامین (35.4669° N, 51.6861° E) در سال ۱۳۹۷ انجام پذیرفت. یک هفته پیش از شروع مطالعه، خاک آزمایشی از دو لایه خاک برای تجزیه و تحلیل خواص فیزیکی و شیمیایی گرفته شد که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است. براساس نتایج، نوع خاک رسی - لومی تشخیص داده شد. همچنین در تفسیر کیفی ویژگی‌های شیمیایی خاک برای گیاه ذرت، باید بیان نمود که خاک محل اجرای آزمایش از جمله خاک‌های کمی شور، با اسیدیته بالا، آهکی با میزان فسفر زیاد، پتاسیم مطلوب، کربن آلی، نیتروژن، نیترات، آمونیوم، روی، مس، منگنز متوسط و آهن کم می‌باشد.

پس از انجام نمونه‌برداری از خاک، آزمایش حاضر به‌صورت استریپ - پلات فاکتوریل^۱ در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بدین منظور زمین در نظرگرفته‌شده برای اعمال رژیم‌های آبیاری (فواصل ۱۲ روزه و ۶ روزه) به دو بخش تقسیم شد و هر بخش به دو نوار عریض به طول ۲۴ متر تقسیم شد. دو تاریخ کاشت

2. Plot
3. Subplot

1. Factorial strip-plot

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک آزمایشی (عمق ۰-۶۰ سانتی متر).

خصوصیات شیمیایی							خصوصیات فیزیکی							عمق خاک Cm	
Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	N (%)	OC (%)	TNV (%)	pH mv	EC (dS/m)	BD (gr/cm ³)	شن سیلت ماسه (%)	شن (%)		
۷/۳۲	۱/۱۱	۱/۴۳	۶/۲۳	۴۵۳	۹۰/۱۷	۰/۱۲	۱/۰۹	۲۰/۷۵	۷/۷۸	۵/۶۴	۱/۶۵	۲۸	۵۰	۲۲	۰-۳۰
۴/۲۵	۰/۷۸	۰/۳۸	۴/۵۷	۴۲۱	۵۶/۰۳	۰/۰۵	۰/۴۳	۱۹/۷۵	۷/۷۲	۵/۸۶	۱/۷۴	۲۹	۴۷	۲۴	۳۰-۶۰

انتخاب شدند تا اثر گروه رسیدگی بر ویژگی های کیفی دانه ذرت مورد بررسی قرار گیرد.

۲.۲. نمونه برداری و آزمایش های کیفی

هر یک از ارقام مورد مطالعه پس از رسیدن به مرحله بلوغ فیزیولوژیک (R6) براساس استاندارد هانوی (Hanway, 1966) برداشت شدند. معیار رسیدن بوته ها به مرحله بلوغ فیزیولوژیک، تشکیل لایه سیاه در محل اتصال دانه به محور بلال در ۹۰ درصد دانه های یک بلال در بیش از ۵۰ درصد بوته های علامت گذاری شده بود. دوره رشد رقم KSC704 در هر دو تاریخ کاشت حدود ۱۴۰ روز و رقم KSC260 حدود ۱۲۰ روز بطول انجامید. درجه روز رشد (GDD)^۱ رقم KSC704 در تاریخ کاشت اول و دوم به ترتیب ۲۴۲۴ و ۱۸۳۹ و رقم KSC260 به ترتیب ۲۳۱۱ و ۱۷۹۶ درجه سلسیوس محاسبه شد. به منظور تعیین عملکرد دانه، ۱۵ بوته از هر واحد برداشت شد. پس از تعیین عملکرد، دانه ها در دمای ۶۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند و سپس با آسیاب، نمونه های همگنی جهت انجام آزمایش های کیفی آماده شد. نمونه ها تا شروع تجزیه های کیفی در یخچال با دمای 5 ± 1 نگهداری شدند.

در آزمایشگاه مقدار نشاسته، آمیلوز و آمیلوپکتین با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Italy-BEL V-M5)

در مجموع در کل دوره رشد، رقم KSC704 در هر دو تاریخ در رژیم آبیاری ۶ روز یکبار ۹۰۰۰ و در رژیم آبیاری ۱۲ روز یکبار حدود ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار آب دریافت نمود، درحالی که در رقم KSC260، این اعداد به ترتیب ۸۰۰۰ و ۵۰۰۰ مترمکعب بود. سازمان غذا و خواروبار جهانی در سال ۲۰۱۷، نیاز آبی ارقام دیررس ذرت را در مناطق خشک و نیمه خشک، حدود ۷۰۰۰ الی ۸۰۰۰ مترمکعب تخمین زده است (Faostat, 2017). درحالی که نیاز آبی ارقام زودرس کم تر می باشد. بر این اساس، در پژوهش های مختلف، مقادیر بیش تر از این بازه به عنوان سطوح بهینه آبیاری و مقادیر کم تر به عنوان سطوح کم آبیاری یا تحت تنش در نظر گرفته شده اند (Rong & Xuefeng, 2011; Fernández García *et al.*, 2020). کود اوره به صورت سرک در دو مرحله (یک دوم پیش از کاشت، و یک دوم در مرحله چهار تا شش برگی ذرت) استفاده شد. نهر اصلی جهت ورود آب آبیاری بالای کرت ها و نهرهای فرعی برای خروج آب اضافی و کنترل جریان آب حاوی نیتروژن ایجاد شد. دو تاریخ کاشت با توجه به در نظر گرفتن دوره ای بلندمدت از تغییرات میانگین دمای روزانه منطقه مورد آزمایش، به نحوی در نظر گرفته شدند که اختلاف دما در دوره پرشدن دانه ذرت وجود داشته باشد. همچنین رقم KSC704 به عنوان متداول ترین رقم مورد کشت در ایران از گروه دیررس و رقم KSC260 به عنوان رقم زودرس

1. Growing degree days

۳. نتایج و بحث

پس از بررسی مقادیر معنی داری آماری (P -value) هر صفت، اثرات اصلی تیمارهای مورد بررسی در جدول (۲) و کلیه اثرات متقابل معنی دار در شکل (۱) ترسیم شده‌اند.

۳.۱. عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت و آبیاری بر عملکرد دانه ذرت معنی دار نبود، درحالی‌که رقم و کود نیتروژن به‌طور معنی داری عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). کاربرد نیتروژن عملکرد دانه را به میزان یک تن در هکتار افزایش داد. علاوه بر این، عملکرد دانه در رقم KSC260 از رقم KSC704 به میزان ۰/۹۶ تن در هکتار بیش‌تر بود. افزایش عملکرد دانه ذرت با کاربرد کود نیتروژن نسبت به تیمار بدون کود، قابل‌انتظار است. بدیهی است که در شرایط بدون تنش آب و نیتروژن به‌دلیل عدم محدودیت در تولید مواد فتوسنتزی و استفاده از حداکثر ظرفیت دانه، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Ercoli *et al.*, 2009; Saeidi & Abdoli, 2018). اما بالاتر بودن عملکرد دانه در رقم KSC260 نسبت به رقم KS704 را می‌توان به دو بلاله‌بودن اکثر بوته‌ها در رقم KSC260 نسبت داد، درحالی‌که بوته‌های KSC704 اکثراً یا تک‌بلاله بودند و یا تنها تعداد اندکی از دانه‌های بلال ثانویه پر شده بودند. گزارش شده است که متفاوت بودن فراوانی بوته‌های دو یا چند بلاله در ارقام ذرت می‌تواند به دلایل ژنتیکی یا تنش‌های محیطی باشد (Liu *et al.*, 2004; Nafziger, 1996). معمولاً بلال‌های ثانویه در ذرت بی‌ثمر هستند یا تنها قدرت تولید ۵ تا ۱۰ درصد از دانه‌های بلال اولیه را دارند. با این‌حال با بهبود پتانسیل‌های ژنتیکی در ارقام جدید و یا کاهش تنش‌ها در طول تابستان، بلال ثانویه می‌تواند مقدار قابل‌توجهی از

تنظیم‌شده در طیف ۵۱۰ نانومتر مطابق با روش Megazyme (Megazyme, 2016) محاسبه شد. استخراج روغن با استفاده از دستگاه سوکسله به‌مدت تقریبی چهار ساعت با حلال هگزان با نسبت جامد به حلال یک به هفت (m/v) انجام شد (Carrillo *et al.*, 2017). به‌منظور اندازه‌گیری پروفیل اسیدهای چرب، استرهای متیل اسید چرب (FAME)^۱ با استفاده از روش AOAC 996.06 سنتز شدند (AOAC, 2016). پس از هیدرولیز و فیلتر روغن، عصاره به دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) (مدل USA-Varian-CPSILL88) مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) ستون موئین (مدل USA-RTX-2330-Restek) از جنس سیلیکای ذوب‌شده از نوع فاز پیوندی (طول ستون ۱۰۰ متر، قطر داخلی ستون ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فیلم ۲۵۰ میکرومتر) تزریق شد. فاز متحرک، نیتروژن، زمان ۲۸/۸ دقیقه، دمای هیتر محفظه تزریق ۲۷۰ درجه سلسیوس و دمای هیتر ردیاب ۲۶۰ درجه سلسیوس بود.

پس از تزریق نمونه به دستگاه کروماتوگرافی گازی و انجام تنظیمات، منحنی رسم شده و زمان بازداری مربوط به هر اسید چرب با منحنی مربوط به اسید چرب استاندارد و زمان بازداری آن مقایسه شد و نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در نمونه موردآزمایش مشخص گردید.

۳.۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از رویه PROC MIXED مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (SAS Institute, 2003). مدل آماری در نظر گرفته‌شده شامل اثرات ثابت آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و نیتروژن و کلیه اثرات متقابل آن‌ها و اثرات تصادفی آبیاری × تاریخ کاشت و آبیاری × تاریخ کاشت × بلوک است. از آزمون آماری توکی ($P \leq 0/05$) برای بررسی اختلاف میان تیمارها استفاده شد.

1. Fatty Acid Methyl Esters

خوبی برخوردار است و این رقم عملکرد دانه مطلوبی را در مقایسه با گروه‌های ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کسب نموده است (Rahimi Jahangirlou et al., 2017). با وجود بالاتر بودن عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری بیشتر و هم‌چنین تاریخ کاشت متداول، این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. با این حال، بدیهی است که آبیاری بیشتر از طریق بهبود شرایط رشد و فتوسنتز و تاریخ کاشت زود هنگام با فراهم آوردن دوره رشد طولانی‌تر، موجب بهبود عملکرد دانه در گیاه ذرت می‌گردد (Maresma et al., 2019).

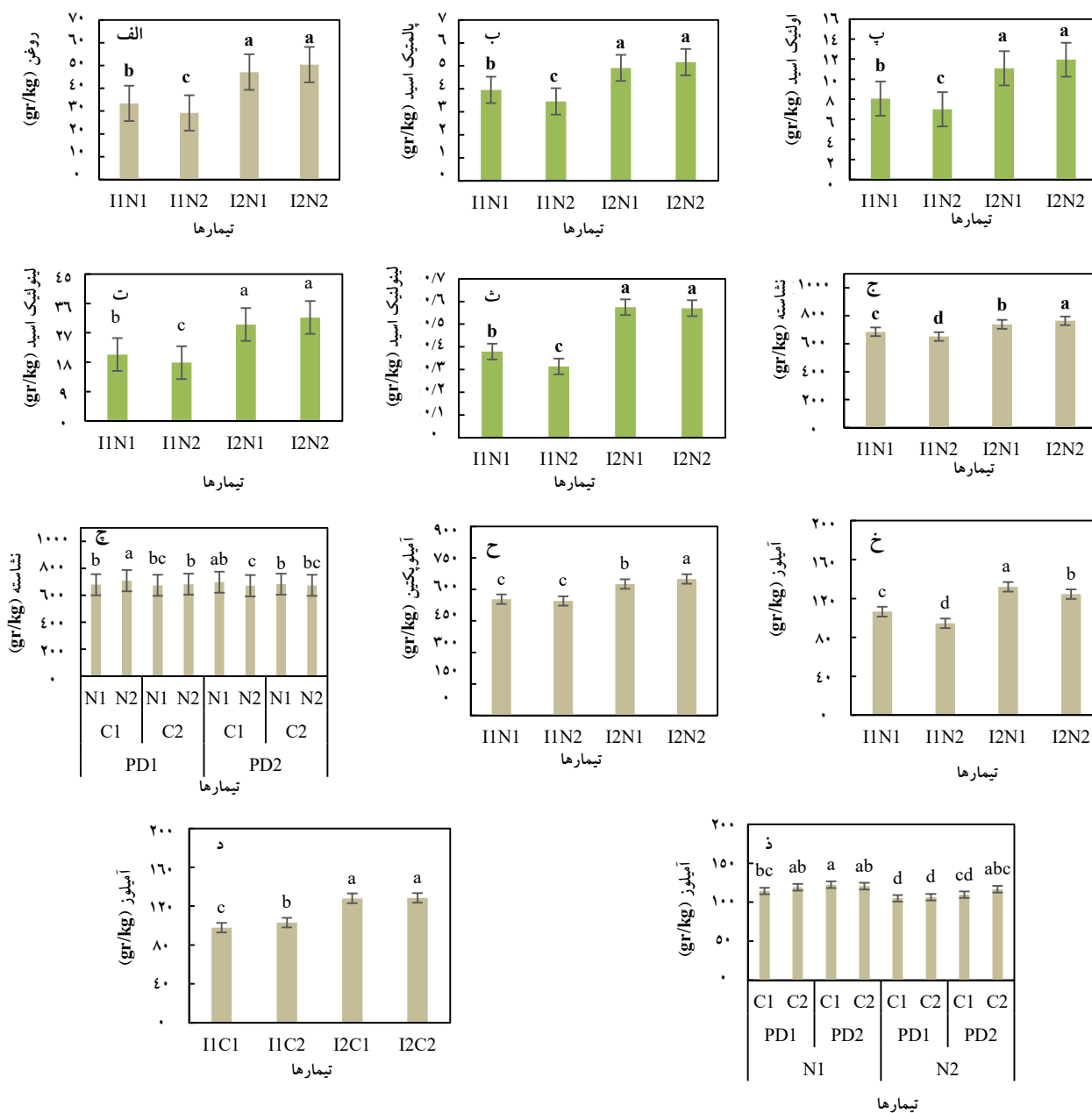
عملکرد دانه را به خود اختصاص دهد (Liu et al., 2004; Nafziger, 1996). از سویی دیگر با توجه به کوتاه‌بودن فصل رشد در کشت دوم، به نظر می‌رسد ارقام زودرس می‌توانند عملکرد دانه بهتری را داشته باشند و شاید همین مسأله دلیل استقبال کشاورزان از کشت رقم KSC704 بیش‌تر به‌منظور برداشت علوفه باشد تا دانه. گزارش شده است استفاده از ارقام زودرس ذرت از جمله عوامل بهبود عملکرد دانه در کشت‌های دوم و تابستانه می‌باشد (Nafziger, 2009)، لازم به ذکر است که رقم KSC260 از ارقام اصلاح‌شده جدیدی می‌باشد که از پتانسیل‌های

جدول ۲. حداقل میانگین مربعات (Least squares means)، مقادیر معناداری آماری (P-value) و خطای استاندارد (SEM) عملکرد دانه ذرت، غلظت و ترکیب روغن (پالمیتیک‌اسید، استئاریک‌اسید، اولئیک‌اسید، لینولئیک‌اسید و لینولنیک‌اسید)، غلظت نشاسته و ترکیب آن (آمیلوپکتین و آمیلوز) در پاسخ به اثر اصلی تیمارهای آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و کود نیتروژن در سال ۱۳۹۷

تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه (Kg ha ⁻¹)	نشاسته	پالمیتیک‌اسید	اولئیک‌اسید	لینولئیک‌اسید	لینولنیک‌اسید	آمیلوپکتین	آمیلوپکتین	آمیلوپکتین	آمیلوپکتین
I1	۱۰۷۸	۳۱،۳۰	۳،۷۰	۰،۵۲	۷،۵۳	۱۹،۱۰	۰،۳۴	۶۶۹	۵۴۹	۱۰۰
I2	۱۳۱۹	۴۸،۷۰	۵،۰۳	۰،۷۱	۱۱،۵۰	۳۰،۶۱	۰،۵۷	۷۵۰	۶۳۷	۱۲۸
P-value	۰،۱۶۵	۰،۰۶۷	۰،۰۷۹	۰،۱۰۸	۰،۰۶۹	۰،۰۶۴	۰،۰۳۵	۰،۰۵۶	۰،۰۴۳	۰،۰۳۴
SEM	۰،۶۳۹	۰،۱۸۶	۰،۱۶۸	۰،۰۳۱	۰،۴۳۳	۱،۱۷۶	۰،۰۱۲	۰،۷۳۱	۶،۰۰۰	۱،۵۰۹
P1	۱۴۰۲	۴۳،۰۰	۴،۷۴	۰،۶۷	۱۰،۲۰	۲۶،۷۳	۰،۴۸	۷۰۵	۵۹۴	۱۱۱
P2	۹۹۴	۳۷،۰۰	۳،۹۹	۰،۵۶	۸،۸۴	۲۲،۹۸	۰،۴۳	۷۱۳	۵۹۲	۱۱۷
P-value	۰،۰۹۹	۰،۱۹۰	۰،۱۴۰	۰،۱۶۳	۰،۱۹۶	۰،۱۹۳	۰،۱۴۳	۰،۰۵۹	۰،۷۵۶	۰،۱۵۳
SEM	۰،۶۳۹	۰،۱۸۶	۰،۱۶۸	۰،۰۳۱	۰،۴۳۳	۱،۱۷۶	۰،۰۱۲	۰،۷۳۱	۶،۰۰۰	۱،۵۰۹
C1	۱۱۵۰	۴۰،۰۰	۴،۳۹	۰،۶۲	۹،۵۰	۲۴،۸۱	۰،۴۵	۷۱۰	۵۹۳	۱۱۲
C2	۱۲۴۶	۴۰،۰۰	۴،۳۵	۰،۶۱	۹،۰۵۴	۲۴،۹۰	۰،۴۶	۷۰۸	۵۹۳	۱۱۵
P-value	۰،۰۰۱<	۰،۹۵۴	۰،۷۰۶	۰،۶۹۷	۰،۸۸۸	۰،۸۸۴	۰،۶۳۴	۰،۶۲۸	۰،۸۹۴	۰،۰۱۴
SEM	۰،۲۴۵	۰،۱۰۲	۰،۱۱۸	۰،۰۲۲	۰،۲۵۵	۰،۶۲۶	۰،۰۱۴	۰،۳۸۹	۳،۷۵۸	۱،۰۹۴
N1	۱۱۴۸	۴۰،۲۰	۴،۴۳	۰،۶۴	۹،۵۷	۲۴،۹۳	۰،۴۷	۷۱۱	۵۸۹	۱۱۹
N2	۱۲۴۸	۳۹،۸۰	۴،۳۱	۰،۵۹	۹،۴۷	۲۴،۷۷	۰،۴۴	۷۰۷	۵۹۷	۱۰۹
P-value	۰،۰۰۱<	۰،۶۲۹	۰،۲۹۳	۰،۰۴۱	۰،۶۹۹	۰،۸۰۰	۰،۰۲۱	۰،۳۱۵	۰،۰۴۸	۰،۰۰۱<
SEM	۰،۲۴۵	۰،۱۰۲	۰،۱۱۸	۰،۰۲۲	۰،۲۵۵	۰،۶۲۶	۰،۰۱۴	۰،۳۸۹	۳،۷۵۸	۱،۰۹۴

I1، آبیاری با فواصل ۱۲ روزه؛ I2، آبیاری با فواصل ۶ روزه؛ PD1، تاریخ کاشت ۳۱ خرداد؛ PD2، تاریخ کاشت ۳۱ تیر؛ C1، رقم KSC704؛ C2، رقم KSC260؛ N1، بدون کود نیتروژن؛ N2، ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار.

تأثیر آبیاری، تاریخ کاشت، رقم و کود نیتروژن بر عملکرد، غلظت و ترکیب نشاسته و روغن دانه ذرت



شکل ۱. حداقل میانگین مربعات (Least squares means) میزان روغن (الف)، پالمتیک اسید (ب)، اولئیک اسید (پ)، لینولئیک اسید (ت) و لینولئیک اسید (ث) در پاسخ به اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژن؛ نشاسته در پاسخ به اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژن (ج)، تاریخ کاشت، رقم و کود نیتروژن (چ)؛ آمیلوپکتین در پاسخ به اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژن (ح)؛ آمیلوز در پاسخ به اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژن (خ)، آبیاری و رقم (د)، و کود نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم (ذ). I1، آبیاری با فواصل ۱۲ روزه؛ I2، آبیاری با فواصل ۶ روزه؛ PD1، تاریخ کاشت ۳۱ خرداد؛ PD2، تاریخ کاشت ۳۱ تیر؛ C1، رقم KSC704؛ C2، رقم KSC260؛ N1، بدون کود نیتروژن؛ N2، ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون از شکل‌های الف تا ذ، مطابق آزمون توکی بدون تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند. خطوط عمودی در هر ستون نشان‌دهنده فاصله اطمینان (CI) در سطح ۹۵٪ می‌باشند.

۳.۲. غلظت و ترکیب روغن

اثر تاریخ کاشت و رقم بر غلظت روغن معنی دار نبود، اما این صفت تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن قرار گرفت (شکل ۱- الف). در تیمار آبیاری کم تر، کاربرد نیتروژن موجب کاهش روغن شد اما در تیمار آبیاری بیش تر، اثر نیتروژن بر میزان روغن معنادار نبود. به علاوه، غلظت روغن در هر دو سطح میزان کود نیتروژن در آبیاری بیش تر، بالاتر از سطوح نیتروژن در آبیاری کم تر بود (۵۰/۳۶ و ۴۷/۰۸ گرم/کیلوگرم ماده خشک). گزارش شده است که عوامل محیطی هم چون خشکی و کود نیتروژن در طول پرشدن دانه به دلیل تأثیر بر سرعت و مدت سنتز کربن و نیتروژن، به شدت بر میزان تجمع نشاسته، روغن یا پروتئین در بذر تأثیرگذار هستند (Ghassemi-Golezani et al., 2016). تنش خشکی از طریق اختصاص آسمیلاتها به فرایندهای حیاتی سلول و کاهش سنتز ترکیبات ثانویه موجب کاهش روغن می گردد (García-Caparrós et al., 2019; Kleinwächter et al., 2015). اما جذب نیتروژن در شرایط کم آبیاری کاهش می یابد (Geesing et al., 2014). کاربرد کود نیتروژن در شرایط کم آبیاری، با افزایش پروتئین و کاهش روغن دانه همراه است (Taylor & Roscrow, 1990).

مشابه روغن، اثر تاریخ کاشت و رقم بر هیچ یک از اسیدهای چرب معنی دار نبود. با این حال، کلیه اسیدهای چرب روغن جز استئاریک اسید تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن قرار گرفتند. در پالمیتیک اسید (شکل ۱- ب) اولئیک اسید (شکل ۱- پ) لینولئیک اسید (شکل ۱- ت) و لینولنیک اسید (شکل ۱- ث)، در تیمار آبیاری کم تر، کاربرد نیتروژن موجب کاهش اسیدهای چرب ذکر شده گردید، اما در تیمار آبیاری بیش تر، نیتروژن اثر معنی داری بر میزان اسیدهای چرب نداشت. به علاوه، میزان پالمیتیک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید و

لینولنیک اسید در هر دو سطح میزان کود نیتروژن در آبیاری بیش تر، بالاتر از سطوح نیتروژن در آبیاری کم تر بود. کم ترین میزان پالمیتیک اسید (۳/۴۵ گرم/کیلوگرم)، اولئیک اسید (۷/۰۰ گرم/کیلوگرم)، لینولئیک اسید (۱۷/۸۷ گرم/کیلوگرم) و لینولنیک اسید (۰/۳۱ گرم/کیلوگرم) در تیمارهای با آبیاری کم تر و حاوی نیتروژن مشاهده شد. نتایج این آزمایش تأیید کرد که غلظت روغن و ترکیب آن در دانه های گیاهی به میزان زیادی تحت تأثیر اثرات متقابل آبیاری و میزان کود نیتروژن قرار دارد (Aguirrezábal et al., 2015). پژوهش گران بیان نموده اند غلظت و ترکیب روغن دانه به شدت توسط تنش خشکی طی پرشدن دانه تحت تأثیر قرار می گیرد (Aslam et al., 2009). طی تنش خشکی و نیتروژن، به واسطه وقوع فرایند اکسیداسیون، نسبت اسیدهای چرب روغن تغییر می یابد (Branch, 2009). اکسیداسیون اسید چرب فرایندی است که در طی آن مولکولهای اسید چرب در میتوکندری تجزیه و استیل کوآ تولید می شود (Kumari et al., 2018). با کاهش روغن و اسیدهای چرب اشباع در شرایط تنش خشکی، اسیدهای چرب غیر اشباع نیز کاهش می یابند چرا که اسیدهای چرب غیر اشباع در انتهای فصل از اسیدهای چرب اشباع سنتز می شوند (Bellaloui et al., 2015). کاهش دو اسید چرب اولئیک اسید و لینولئیک اسید تحت تأثیر تنش خشکی در گیاه سویا در برخی پژوهش ها گزارش شده است (Bellaloui et al., 2013; Lee et al., 2008). با این حال، نتایج به دست آمده در بخش پالمیتیک اسید و لینولئیک اسید با نتایج آزمایش Kaplan et al. (2017) مطابقت نداشت. این نویسندگان به بررسی اثر سه سطح تیمار آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) و نیتروژن (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر میزان و ترکیب روغن دانه ذرت پرداختند. نتایج آنان نشان داد اگرچه غلظت روغن

آبیاری بیشتر، کاربرد نیتروژن غلظت نشاسته را افزایش داد، درحالی‌که در آبیاری کم‌تر، کاربرد نیتروژن غلظت نشاسته را کاهش داد. به‌علاوه میزان نشاسته در تیمار آبیاری بیشتر و حاوی نیتروژن در بالاترین مقدار بود (۷۶۳/۴۷ گرم/کیلوگرم). نتایج مشابهی در گندم (Wang *et al.*, 2008) و ذرت (Kaplan *et al.*, 2019) گزارش شده است. در آزمایش Kaplan *et al.* (2019) تأثیر سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تخلیه) و میزان کود نیتروژن (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر میزان نشاسته موردبررسی قرار گرفت. این نویسندگان بیان نمودند تجمع نشاسته در شرایط آبیاری ۵۰ درصد تخلیه و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر ترکیب‌های تیماری بالاتر بود.

هم‌چنین نتایج نشان داد در تاریخ کاشت متداول، KSC704 در شرایط کاربرد نیتروژن و در تاریخ کاشت دیرهنگام KSC704 در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بیش‌ترین غلظت نشاسته را داشته‌اند (۷۰۸ و ۶۹۷ گرم/کیلوگرم). به‌عبارت دیگر، در تاریخ کاشت متداول، کاربرد نیتروژن باعث افزایش غلظت نشاسته در رقم KSC704 و در تاریخ کاشت دیرهنگام، کاربرد نیتروژن باعث کاهش غلظت نشاسته در این رقم شد. درحالی‌که در هیچ‌یک از تاریخ‌های کاشت، غلظت نشاسته در رقم KSC260 بین سطوح مختلف نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت. پژوهش‌های کمی به بررسی اثر هم‌زمان تاریخ کاشت، رقم و کود نیتروژن بر غلظت نشاسته در دانه ذرت پرداخته‌اند. با این‌حال در حوزه اثرات هر یک از عوامل ذکرشده، به‌طور جداگانه بر نشاسته دانه ذرت، نتایج متفاوتی گزارش شده است. به‌عنوان مثال عدم تأثیر کود نیتروژن بر میزان نشاسته دانه ذرت (Wang *et al.*, 2020) و کاهش میزان نشاسته دانه ذرت با افزایش مصرف کود نیتروژن (Holou & Kindomihou, 2011) در

با افزایش آبیاری و کود نیتروژن به‌طور خطی افزایش یافت، اما میزان پالمیتیک‌اسید و لینولئیک‌اسید در آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بیش‌تر بود.

هم‌چنین، نتایج نشان داد با کاربرد کود نیتروژن، میزان استتاریک‌اسید ۰/۰۵ گرم در کیلوگرم کاهش یافت (جدول ۲). این نتیجه با نتایج آزمایش Kiani *et al.* (2016) مطابقت داشت. این پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان استتاریک‌اسید در روغن آفتابگردان کاهش می‌یابد. هم‌چنین کاهش پالمیتیک‌اسید و استتاریک‌اسید در روغن آفتابگردان تحت تأثیر استفاده بیش‌تر از کود سرک در انتهای فصل گزارش شده است (Li *et al.*, 2017). درباره مکانیسم این اثر در مقالات، گزارشی یافت نشد. با این‌حال، کاهش میزان اسیدهای چرب اشباع در گیاه سویا به‌دلیل اثرات چند بعدی^۱ عنصر نیتروژن بر دانه گزارش شده است (Sharifi *et al.*, 2017). اگرچه در این آزمایش، تاریخ کاشت اثر معنی‌داری را بر غلظت و ترکیب روغن دانه در ذرت نداشت، اما اثر معنی‌دار آن بر غلظت و ترکیب روغن در برخی پژوهش‌ها، به‌عنوان عامل مهمی در نظر گرفته شده است. به‌عنوان مثال، نتایج آزمایشی در آفتابگردان نشان داده است که فعالیت Oleate desaturase، آنزیم درگیر در اشباع اسیدهای چرب دانه‌های روغنی تحت تأثیر قرار گرفتن در معرض دمای بیش‌تر به‌واسطه تغییر در تاریخ‌های کاشت افزایش می‌یابد (Martinez-Rivas *et al.*, 2003).

۳.۳. غلظت و ترکیب نشاسته

نتایج نشان داد که غلظت نشاسته دانه ذرت تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن (شکل ۱-ج)، و تاریخ کاشت، رقم و کود نیتروژن (شکل ۱-چ) قرار گرفت. در

1. Multidimensional effects

ایفا می‌کند و بیشترین فعالیت را در شرایط بدون تنش دارد (Burton et al., 2002). در پژوهشی دیگر، به بررسی اثر میزان کود نیتروژن بر متابولیسم نشاسته در واریته‌های مختلف برنج در شرایط آبیاری مطلوب پرداخته شد و نتایج آن نشان داد که کمبود نیتروژن با کاهش فعالیت آنزیم DBA موجب کاهش آمیلوپکتین و نشاسته می‌شود (Hirano et al., 2005).

نتایج نشان داد که میزان آمیلوز دانه ذرت تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن (شکل ۱-خ)، آبیاری و رقم (شکل ۱-د)، و نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم (شکل ۱-ذ) قرار گرفت. در هر سطح از تیمار آبیاری، کاربرد کود نیتروژن باعث کاهش میزان آمیلوز شد. همچنین بالاترین میزان آمیلوز دانه در تیمار آبیاری بیش‌تر و بدون کود نیتروژن مشاهده شد (۹۴/۴۶ گرم/کیلوگرم). در آبیاری زیاد، رقم اثر معنی‌داری بر میزان آمیلوز نداشت، درحالی‌که در تیمار آبیاری کم‌تر میزان آمیلوز در رقم KSC704 کم‌تر از رقم KSC260 بود (۹۷/۸۶ گرم/کیلوگرم) (شکل ۱-د). همچنین نتایج نشان داد در کلیه سطوح تاریخ کاشت و کود نیتروژن، بین ارقام ذرت از نظر میزان آمیلوز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۱-ذ). علاوه بر این، KSC260 در تاریخ کاشت متداول و در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن، هر دو رقم در تاریخ کاشت دیر هنگام و عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم KSC260 در تاریخ کاشت دیر هنگام و در شرایط کاربرد کود نیتروژن بیش‌ترین میزان آمیلوز را داشتند (شکل ۱-ذ). نتایج اثرات متقابل مشاهده شده میان کود نیتروژن و سایر عوامل، تا حدودی قابل تفسیر است. به طوری‌که در تیمارهای حاوی نیتروژن، اغلب میزان آمیلوز کم‌تری مشاهده شده است. در این زمینه پژوهش‌های زیادی اشاره کرده‌اند که افزایش مصرف کود نیتروژن، اغلب موجب کاهش آمیلوز در دانه می‌گردد (Song et al., 2012; Zhu et al., 2017; Cao et al., 2019). مطالعات عمیق‌تر نشان داده‌اند در اندوسپرم دانه

برخی پژوهش‌ها گزارش شده است. از علت‌های کاهش نشاسته تحت تأثیر مصرف زیاد کود نیتروژن، روابط متقابل نشاسته و پروتئین در دانه عنوان شده است (Taylor & Roscrow, 1990; Uribelarrea et al., 2004). در واقع مصرف زیاد کود نیتروژن، باعث تحریک بیش‌تر سنتز پروتئین در دانه می‌شود (Uribelarrea et al., 2004; Taylor & Roscrow, 1990). همچنین اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر میزان نشاسته ذرت آردی در آزمایش دیگری گزارش شده است (Abdala et al., 2018). در این راستا بیان شده است اکثر ارقام مورد بررسی، نشاسته بیش‌تری را در تاریخ کاشت‌های دیر هنگام داشتند (Abdala et al., 2018).

میزان آمیلوپکتین دانه ذرت تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن (شکل یک-ح) قرار گرفت. در سطح آبیاری بیش‌تر، کاربرد کود نیتروژن میزان آمیلوپکتین را افزایش داد، درحالی‌که در آبیاری کم‌تر، کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر میزان آمیلوپکتین نداشت. به علاوه میزان آمیلوپکتین در تیمار آبیاری بیش‌تر و حاوی نیتروژن در بالاترین مقدار بود (۶۴۹/۷۳ گرم/کیلوگرم). به طور مشابه گزارش شده است در مقایسه با تیمار بدون آبیاری، آبیاری در تیمارهای حاوی کود نیتروژن به طور قابل توجهی میزان نشاسته و آمیلوپکتین گندم زمستانه را افزایش داد (Wang et al., 2008). مطالعات عمیق در حوزه آنزیمی نشان می‌دهد فعالیت هر دو نوع آنزیم شاخه‌زدای نشاسته (DBE)، پولولاناز^۲ و ایزوآمیلاناز^۳ که پیوند 6,α-1-گلوکوزیدیک^۴ را در آمیلوپکتین هیدرولیز می‌کنند (Dinges et al., 2003) در شرایط کمبود آب و نیتروژن کاهش می‌یابد. علاوه بر این، پذیرفته شده است که DBE نقش مهمی در سنتز نشاسته

1. Starch Debranching Enzyme
2. Pullulanase
3. Isoamylase
4. α-1,6-glucosidic

معنی دار عملکرد دانه ذرت تابستانه در منطقه پاکدشت شد. به نظر می‌رسد به منظور برداشت دانه، با توجه به کوتاه بودن فصل رشد و شرایط آب‌وهوایی منطقه، استفاده از ارقام با دوره رشد کوتاه‌تر نسبت به ارقام دیررس، ارجحیت دارد. با این حال، از نظر اغلب متغیرهای کیفی، تفاوت معنی‌داری میان دو رقم KSC704 و KSC260 وجود نداشت. هم‌چنین، پاسخ متغیرهای کیفی دانه در پاسخ به تیمارهای مورد بررسی متفاوت از عملکرد دانه بود و اغلب تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن قرار گرفت. به‌علاوه، تاریخ کاشت و رقم از طریق اثرات متقابل با سایر فاکتورها میزان نشاسته و آمیلوز را تحت تأثیر قرار دادند. به‌طور خلاصه، نتایج این پژوهش پیشنهاد کرد که کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری کم‌تر موجب کاهش میزان روغن و اسیدهای چرب پالمیتیک‌اسید، اولئیک‌اسید، لینولئیک‌اسید و لینولنیک‌اسید شد. هم‌چنین در شرایط آبیاری کم‌تر، کاربرد نیتروژن تأثیری در افزایش غلظت نشاسته و آمیلوپکتین نداشت. هم‌چنین کاربرد کود نیتروژن موجب کاهش اسیدچرب استئاریک‌اسید در روغن شد. از این رو، به نظر می‌رسد تعادل میان میزان مصرف آب و کود نیتروژن در بهبود ویژگی‌های روغن و نشاسته دانه ذرت مهم است. پیشنهاد می‌شود بسته به هدف کشت، در این باره پژوهش‌های بیش‌تر با در نظر گرفتن سطوح بیش‌تر از عوامل مورد بررسی، به‌ویژه در رابطه با میزان آبیاری و کود نیتروژن انجام گیرد.

۵. تشکر و قدردانی

از زحمات جناب آقای مهندس کوچکی و کلیه افرادی که ما را در اجرای این آزمایش کمک نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

غللات دو نوع گرانول نشاسته‌ای وجود دارند؛ نوع A و نوع B (Shinde et al., 2003). در مقایسه با گرانول نشاسته‌ای نوع B، نوع A حاوی محتوای آمیلوز بالاتری هستند (Zhu et al., 2017). با مطالعه بر ساختار نشاسته دانه سورگوم تحت تیمار نیتروژن گزارش شده است که افزایش کود نیتروژن موجب کاهش گرانول نشاسته‌ای نوع A می‌شود (Kaufman et al., 2013)، که این نتیجه می‌تواند دلیل کاهش محتوای آمیلوز را به هنگام کاربرد بالای کود نیتروژن توضیح دهد. به‌علاوه گزارش شده است میزان آمیلوز با افزایش آبیاری در تیمارهای بدون کود افزایش می‌یابد و رابطه منفی معنی‌داری میان مصرف کود نیتروژن و آمیلوز وجود دارد (Wang et al., 2008). نتایج مطالعه‌ای نشان داده است که با افزایش آبیاری از صفر تا ۲۲۵ میلی‌لیتر به دلیل افزایش کل ماده خشک تولیدی در دانه، میزان نشاسته، آمیلوز و آمیلوپکتین دانه افزایش می‌یابد اما نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین کاهش می‌یابد (Wang et al., 2003).

در تأیید نتایج پژوهش حاضر، پژوهش‌گران اظهار داشته‌اند که در گندم کاربرد کود نیتروژن از صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم/هکتار موجب افزایش نشاسته کل و کاهش نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین می‌شود (Wang et al., 2003). به‌طور کلی، در یک محدوده مشخص محتوای آمیلوز با کیفیت خوراکی و پخت‌وپز نشاسته ارتباط منفی دارد (Chen et al., 2012; Wei et al., 2014). نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین در نشاسته با کیفیت رابطه دارد. به‌عنوان مثال در رابطه با گندم، میزان آمیلوپکتین بالاتر موجب تولید رشته‌های یک‌دست، صاف با چسبندگی و ویسکوزیته بالا و هم‌چنین طعم بهتر در نودل می‌شود (Wang et al., 2008).

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و استفاده از رقم KSC260 موجب افزایش

۷. منابع

- Abdala, L. J., Gambin, B. L., & Borrás, L. (2018). Sowing date and maize grain quality for dry milling. *European Journal of Agronomy*, 92, 1-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.013>
- Aguirrezábal, L., Martre, P., Pereyra-Irujo, G., Echarte, M. M., & Izquierdo, N. (2015). Improving grain quality: ecophysiological and modeling tools to develop management and breeding strategies (2th ed., Vol. 2, pp. 423-465). *Crop physiology*. Massachusetts: Academic Press. Doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374431-9.00016-5>
- Amiri, R., Sasani, S., Jalali-Honarmand, S., Rasaei, A., Seifolapour, B., & Bahraminejad, S. (2018). Genetic diversity of bread wheat genotypes in Iran for some nutritional value and baking quality traits. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(1), 147-157. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0481-4>
- Aslam, M., Maqbool, M. A., & Cengiz, R. (2015). Effects of drought on Maize. In *Drought stress in maize (Zea mays L.)* (pp. 5-17). Springer, Cham.
- Bellaloui, N., Mengistu, A., & Kassem, M. A. (2013). Effects of genetics and environment on fatty acid stability in soybean seed. *Food and Nutrition Sciences*, 4(09), 165-175. Doi: <https://doi.org/10.4236/fns.2013.49A1024>
- Branch, K. (2009). Effect of super absorbent application on antioxidant enzyme activities in Canola (*Brassica napus* L.) cultivars under water stress conditions. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(3), 215-223.
- Burton, R.A., Jenner, H., Carrangis, L., Fahy, B., Fincher, G.B., Hylton, C., Laurie, D.A., Parker, M., Waite, D., van Wegen, S., Verhoeven, T., & Denyer, K. (2002). Starch granule initiation and growth are altered in barley mutants that lack isoamylase activity. *Plant Journal*. 31, 97-112. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313x.2002.01339.x>
- Butts-Wilmsmeyer, C.J., Seebauer, J.R., Singleton, L., & Below, F. E. (2019). Weather during key growth stages explains grain quality and yield of maize. *Agronomy*, 9(1), 16. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy9010016>
- Cao, X., Sun, H., Wang, C., Ren, X., Liu, H., & Zhang, Z. (2019). Effects of late-stage nitrogen fertilizer application on the starch structure and cooking quality of rice. *Journal of the science of food and agriculture*, 98(6), 2332-2340. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8723>
- Carrillo, W., Carpio, C., Morales, D., Vilcacundo, E., Alvarez, M., & Silva, M. (2017). Content of fatty acids in corn (*Zea mays* L.) oil from Ecuador. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10, 150-153. Doi: <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i8.18786>
- Chavez-Murillo, C. E., Orona-Padilla, J. L., & de la Rosa Millan, J. (2019). Physicochemical, functional properties and ATR-FTIR digestion analysis of thermally treated starches isolated from black and bayo beans. *Starch*, 71(3-4), 1800250. Doi: <https://doi.org/10.1002/star.201800250>
- Chen, G.X., Zhen, S.M., Liu, Y.L., Yan, X., Zhang, M., & Yan, Y.M. (2017). In vivo phosphoproteome characterization reveals key starch granule-binding phosphoproteins involved in wheat water-deficit response. *BMC plant biology*, 17(1), 168.
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., & Tang, M. C. (2009). Form and functionality of starch. *Food hydrocolloids*, 23(6), 1527-1534. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.09.016>
- Darrah, L. L., McMullen, M. D., & Zuber, M. S. (2019). Breeding, Genetics and Seed Corn Production. In *Corn* (pp. 19-41). AACC International Press. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00002-4>
- Dhungana, S. K., Kulkarni, K. P., Kim, M., Ha, B. K., Kang, S., Song, J. T., ... & Lee, J. D. (2017). Environmental stability and correlation of soybean seed starch with protein and oil contents. *Plant Breeding and Biotechnology*, 5(4), 293-303. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00002-4>
- Dinges, J.R., Colleoni, C., James, M.G., & Myers, A.M. (2003). Mutational analysis of the pullulanase-type debranching enzyme in maize indicates multiple functions in starch metabolism. *Plant Cell* 15, 666-680. <https://doi.org/10.1105/tpc.007575>
- Duarte, A. P., Mason, S. C., Jackson, D. S., & de C Kiehl, J. (2005). Grain quality of Brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level. *Crop science*, 45(5), 1958-1964. Doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0587>
- Ercoli, L., Masoni, A., Mariotti, M., & Arduini, I. (2009). Accumulation of dry matter and nitrogen in durum wheat during grain filling as affected by temperature and nitrogen rate. *Italian Journal of Agronomy*; 1: 3-13. <https://doi.org/10.4081/ija.2009.1.3>
- FAOSTAT. (2017). Statistical databases and datasets of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>.
- Fernández-García, S., Represas-Represas, C., Ruano-Raviña, A., Botana-Rial, M., Mouronte-Roibás, C., Ramos-Hernández, C., & Villar, A. F. (2020). Predictores sociales y clínicos asociados con estancia hospitalaria prolongada en pacientes con agudización grave de EPOC. *Revista Clínica Española*, 220(2), 79-85. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rce.2019.05.003>

- Geesing, D., Diacono, M., & Schmidhalter, U. (2014). Site-specific effects of variable water supply and nitrogen fertilisation on winter wheat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(4), 509-523. Doi: <https://doi.org/10.1002/jpln.201300215>
- Ghassemi-Golezani, K., Heydari, S., & Dalil, B. (2016). Changes in seed oil and protein contents of maize cultivars at different positions on the ear in response to water limitation. *Acta agriculturae Slovenica*, 107(2), 311-319. Doi: <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2016.107.2.05>
- Govindaraj, M., Rai, K. N., Cherian, B., Pfeiffer, W. H., Kanatti, A., & Shivade, H. (2019). Breeding Biofortified Pearl Millet Varieties and Hybrids to Enhance Millet Markets for Human Nutrition. *Agriculture*, 9(5), 106. Doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture9050106>.
- Hanway, J. J. (1966). How a corn plant develops. Iowa State Univ. *Coop. Extension Serv. Spec. Rep*, 48, 1-17.
- Hirano, T., Saito, Y., Ushimaru, H., & Michiyama, H. (2005). The effect of the amount of nitrogen fertilizer on starch metabolism in leaf sheath of japonica and indica rice varieties during the heading period. *Plant production science*, 8(2), 122-130. <https://doi.org/10.1626/pp.s.8.122>
- Holou, R. A. Y., & Kindomihou, V. (2011). Impact of nitrogen fertilization on the oil, protein, starch, and ethanol yield of corn (*Zea mays* L.) grown for biofuel production. *Journal of Life Sciences*, 5, 1013-1021.
- Kaplan, M., Kale, H., Karaman, K., & Unlukara, A. (2017). Influence of different irrigation and nitrogen levels on crude oil and fatty acid composition of maize (*Zea mays* L.). *Grasas y Aceites*, 68(3), 1-6. Doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0222171>
- Kaplan, M., Karaman, K., Kardes, Y. M., & Kale, H. (2019). Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer. *Food chemistry*, 283, 375-380. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.029>
- Kaufman, R. C., Wilson, J. D., Bean, S. R., Presley, D. R., Blanco-Canqui, H., & Mikha, M. (2013). Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(24), 5715-5719. Doi: <https://doi.org/10.1021/jf401179n>.
- Kumari, A., & Parida, A. K. (2018). Metabolomics and network analysis reveal the potential metabolites and biological pathways involved in salinity tolerance of the halophyte *Salvadora persica*. *Environmental and Experimental Botany*, 148, 85-99. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.12.021>
- Lee, J. D., Oliva, M. L., Sleper, D. A., & Shannon, J. G. (2008). Irrigation has little effect on unsaturated fatty acid content in soya bean seed oil within genotypes differing in fatty acid profile. *Journal of agronomy and crop science*, 194(4), 320-324. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00315.x>
- Li, L., Teng, M., Liu, Y., Qu, Y., Zhang, Y., Lin, F., & Wang, D. (2017). Anti-gouty arthritis and antihyperuricemia effects of sunflower (*Helianthus annuus*) head extract in gouty and hyperuricemia animal models. *BioMed research international*, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5852076>
- Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G., & Deen, W. (2004). Within-row plant spacing variability does not affect corn yield. *Agronomy Journal*, 96(1), 275-280. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.2750>
- Maresma, A., Ballesta, A., Santiveri, F., & Lloveras, J. (2019). Sowing date affects maize development and yield in irrigated Mediterranean Environments. *Agriculture*, 9(3), 67. Doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture9030067>
- Martínez-Rivas, J. M., Sánchez-García, A., Sicardo, M. D., García-Díaz, M. T., & Mancha, M. (2003). Oxygen-independent temperature regulation of the microsomal oleate desaturase (FAD2) activity in developing sunflower (*Helianthus annuus*) seeds. *Physiologia Plantarum*, 117(2), 179-185. Doi: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00039.x>
- Megazyme (2016) Amylose/Amylopectin. Assay Procedure for Measurement of Amylose and Amylopectin of Starch. 11 p. <http://www.megazyme.com>
- Nafziger, E. (2009). Corn. Illinois Agronomy Handbook. Urbana, USA: Crop Science Extension and Outreach.
- Peng, L. P., Men, S. Q., Liu, Z. A., Tong, N. N., Imran, M., & Shu, Q. Y. (2020). Fatty Acid Composition, Phytochemistry, Antioxidant Activity on Seed Coat and Kernel of *Paeonia ostii* from Main Geographic Production Areas. *Foods*, 9(1), 30. Doi: <https://doi.org/10.3390/foods9010030>
- Rahimi Jahangirlou, M., Kambouzia, J., Soufizadeh, S. Z., & Rezayi, E. M. (2017). Investigation of grain yield and some related traits in different maize cultivars (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Plant Ecophysiology*, 10(35), 15-166.

- Regina, A., Blazek, J., Gilbert, E., Flanagan, B. M., Gidley, M. J., Cavanagh, C., Morell, M. K. (2012). Differential effects of genetically distinct mechanisms of elevating amylose on barley starch characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 89(3), 979-991. Doi: <https://doi.org/10.1016/j>
- Rong, Y., & Xuefeng, W. (2011). Effects of nitrogen fertilizer and irrigation rate on nitrate present in the profile of a sandy farmland in Northwest China. *Procedia Environmental Sciences*, 11, 726-732.
- Saeidi, M., & Abdoli, M. (2018). Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables, and some physiological traits of wheat cultivars. *Agricultural Science and Technology*; 17: 885-898.
- SAS Institute. (2003). The SAS system. v. 9.1. SAS Inst., Cary, NC.
- Sharifi, R.S., Namvar, A., & Sharifi, R.S. (2017). Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(4), 236-243. Doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000400003>
- Shinde, S.V., Nelosen, J.E., & Huber, K.C. (2003). Soft wheat starch pasting behavior in relation to A- and B-type granule content and composition. *Cereal Chemistry*, 80, 91-98. Doi: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.1.91>
- Song, Y. J., Choi, I. Y., Sharma, P. K., & Kang, C. H. (2012). Effect of different nitrogen doses on the storage proteins and palatability of rice grains of primary and secondary rachis branches. *Plant Production Science*, 15(4), 253-257. Doi: <https://doi.org/10.1626/pp.s.15.253>
- Mason, S.C., & D'croz-Mason, N.E. (2002). Agronomic Practices Influence Maize Grain Quality, *Journal of Crop Production*, 5(1-2), 75-91, Doi: https://doi.org/10.1300/J144v05n01_04.
- Taylor, B.R., & Roscrow, J.C. (1990). Factors affecting the quality of wheat grain for distilling in Northern Scotland. *Aspects of Applied Biology*, (25), 183-191.
- Uribelarrea, M., Moose, S. P., & Below, F. E. (2007). Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. *Field Crops Research*, 100(1), 82-90. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.05.008>
- Wang, X., He, M., Li, F., Liu, Y., Zhang, H., & Liu, C. (2008). Coupling effects of irrigation and nitrogen fertilization on grain protein and starch quality of strong-gluten winter wheat. *Frontiers of Agriculture in China*, 2(3), 274-280. Doi: 10.1007/s11703-008-0048-.
- Wang, X., Liu, S., Yin, X., Bellaloui, N., Winings, J. H., Agyin-Birikorang, S., & Mengistu, A. (2020). Maize Grain Composition with Additions of NPK Briquette and Organically Enhanced N Fertilizer. *Agronomy*, 10(6), 852. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10060852>
- Wang, Y., Yu, Z., Li, S., & Yu, S. (2003). Activity of enzymes related to starch synthesis and their effect during the filling of winter wheat. *Zuo wu xue bao*, 29(1), 75-81. Doi: 10.1017/S0021859609008612
- Wei, H. Y., Wang, Y. J., Meng, T. Y., Ge, M. J., Zhang, H. C., Dai, Q. G., Huo, Z. Y., & Xu, K. (2014). Response of yield, quality and nitrogen use efficiency to nitrogen fertilizer from mechanical transplanting super japonica rice. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25, 488-496. (In Chinese). Doi: <https://doi.org/10.1094/24830250>.
- Zahedi, Z., Nabipour, A., & Ebrahimi, A. (2019). Effectiveness of molecular markers for improving grain quality in Iranian rice. *Journal of Plant Molecular Breeding*. 1 (31), 103-116. Doi: 10.22058/JPMB.2019.111567.1187
- Zhu, D. W., Zhang, H. C., Gou, B. W., Ke, X., Dai, Q. G., Wei, H. Y., & Huo, Z. Y. (2017). Effects of nitrogen level on yield and quality of japonica soft super rice. *Journal of integrative agriculture*, 16(5), 1018-1027. Doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61577-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61577-0)