نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۳(۶۳)، پاییز ۱۴۰۱، صفحه ۴۳۴-۴۱۱

**مقاله پژوهشی** DOI: 10.30495/JCEP.2022.1928721.1797

# تغییرات شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) تحت تاثیر تاریخ و شیوه کاشت در اهواز

**مهرنوش گلابی[۱]، شهرام لک[۱*]، عبدالعلی گیلانی[۱و۲]، مجتبی علوی فاضل[۱] و اصلان اگدرنژاد[۳]**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱۲**

## چکیده

مهم‌ترین مؤلفه سازگار با تنوع اقلیمی در زراعت، تاریخ کاشت است که بیشترین تأثیر را بر خصوصیات فنولوژیکی گیاه دارد و بر اساس رقم و آب و هوای هر منطقه تعیین می‌گردد. به‌همین منظور، این تحقیق با هدف تعیین امکان کاشت نشایی ارقام مختلف کینوا در تاریخ کاشت‌های مختلف در شرایط آب و هوایی اهواز انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸ اجرا گردید. تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (۳۰ مهر، ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ آبان ماه)، روش کاشت (نشاکاری و مستقیم) به‌عنوان عامل فرعی و ارقام کینوا (Giza1، Q26 و Titicaca) به‌عنوان عامل فرعی‌فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش شاخص‌های رشدی (۲۲، ۳۹ و ۲۶ درصد به‌ترتیب شاخص سطح برگ، ماده خشک و سرعت رشد محصول)، روز تا گلدهی (۲۱ درصد) و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد پانیکول در بوته (۴۲ درصد)، تعداد دانه در پانیکول(۲۶ درصد) و وزن هزار دانه (۲۱ درصد)، عملکرد دانه (۶۳ درصد) و شاخص برداشت (۵۴ درصد) در کینوا شد. بالاترین مقدار این صفات مربوط به تاریخ کاشت ۳۰ مهر بود و کاشت نشایی در تاریخ کاشت‌های زود هنگام نسبت به کاشت مستقیم بذر ضعیف‌تر، ولی در تاریخ کاشت تاخیری بهتر از کشت مستقیم بوده و موجب کاهش تاثیرات منفی کشت تاخیری شد. در بین ارقام مورد مطالعه رقم Q26 از نظر مؤلفه‌های آنالیز رشد شامل شاخص سطح برگ (۴/۸۷)، ماده خشک (۶۳۷/۲ گرم در مترمربع) و سرعت رشد محصول (۱۸/۵۸ گرم در مترمربع در روز) و اجزای عملکرد شامل تعداد پانیکول در بوته (۹/۷۲) و وزن هزار دانه (۴/۸۱ گرم) و عملکرد دانه (۱۸۱۳ کیلوگرم در هکتار) بالاتر از دو رقم دیگر بود. بالاترین عملکرد دانه (۳۰۵۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم Q26 در تاریخ کاشت ۳۰ مهر و کاشت به‌صورت مستقیم (۳۱۴۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن (۷۶۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم Titicaca در تاریخ کاشت ۲۰ و ۳۰ آبان بود. به‌طورکلی، مشاهده شد که تاریخ کاشت اوایل پاییز به‌علت طولانی‌تر بودن دوره رشد و همچنین اجتناب از گرمای انتهای فصل، مناسب کشت ارقام مختلف کینوا در خوزستان بوده و نشاکاری در این تاریخ کاشت‌ها از نظر عملکرد نسبت به کشت بذر مزیت چندانی نداشت، ولی در تاریخ کاشت‌های تاخیری موجب کاهش تاثیرات منفی گردید.

**واژگان کلیدی**: عملکرد دانه، کشت تاخیری، کینوا، نشاکاری، وزن هزار دانه.

**۱- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.**

**۲- بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. اهواز، ایران.**

**۳- گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران**

**نگارنده‌ی مسئول** sh.lack@yahoo.com

## مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) از تیره‌ی Amaranthaceae گیاهی یک‌ساله، بومی کوه‌های آند در بولیوی، شیلی و پرو است که معمولاً به‌منظور دانه کشت می‌شود، ولی از برگ‌های جوان آن به‌عنوان سبزی تازه نیز استفاده می‌شود. دانه کینوا یک شبه غله با ارزش غذایی بالا که بسیار خوش هضم است و یک منبع غنی از پروتئین، آهن، منیزیم، فیبر، فسفر و ویتامین $B_2$ می‌باشد. اهمیت غذایی کینوا مربوط به‌ترکیب کامل اسیدهای آمینه، کلسیم، فسفر و آهن بالا و سدیم پایین است (Fathi and Kardoni, 2020). پروتئین کینوا از نظر کمیت و کیفیت بهتر از دانه غلات متداول بوده و تعادل اسیدآمینه‌ای مطلوب‌تری برای تغذیه انسان و دام نسبت به گندم دارد (Sepahvand *et al.,* 2010). کینوا در آمریکا برای تولید آرد، سوپ، تهیه غذا و سالاد استفاده می‌شود (Small, 2013). کینوا در سال‌های اخیر به‌دلیل ویژگی استثنایی و توانایی رشد در شرایط آب و هوایی سخت به‌عنوان یک محصول بالقوه جهت افزایش ثبات غذایی در سراسر جهان شناخته شده است (Aalehi and Dehghani, 2017). تغییر آب و هوای ایران به سمت گرم، خشک و شور شدن تدریجی خاک‌های کشور از یک سو و تحمل بالای کینوا در مقابل خشکی و شوری از سوی دیگر، بیانگر منطقی برای استفاده از کینوا به‌عنوان یک گیاه مناسب برای رسیدن به کشاورزی پایدار، تغذیه مناسب و تولید صنعتی است (Sepahvand *et al.,* 2010).

مهم‌ترین مؤلفه سازگار با تنوع اقلیمی در زراعت، مسأله زمان کاشت است که نسبت به سایر تیمارهای زراعی، بیشترین تأثیر را بر خصوصیات فنولوژیکی گیاه زراعی می‌گذارد. تاریخ کاشت بر اساس رقم و آب و هوای منطقه تعیین می‌گردد (Ehteshami *et al.,* 2015). نتایج مطالعه زارعی سیاه‌بیدی و همکاران (Zareei Siahbidi *et al.*, 2021) نیز اهمیت تاریخ کاشت و انتخاب ارقام مناسب با توجه به شرایط آب و هوایی هر منطقه را به خوبی نشان داد. زمان کاشت گیاه در هر منطقه به شرایط اقلیمی منطقه به‌ویژه دما، رطوبت و طول روز وابسته است. زمان کاشت گیاهان زراعی بر اساس مطابقت دمای محیط با دمای مطلوب هر یک از مراحل فنولوژیک رشد و همچنین عدم مصادف شدن مراحل حساس رشد با تنش‌های محیطی تعیین می‌شود (Kirland and Johnson, 2000). گیاه کینوا در اوایل رشد به دمای حدود ۲۵ درجه سلسیوس و طول روز ۱۲ ساعت روشنایی نیازمند است، ولی برای مراحل زایشی و رسیدگی با توجه به رقم، طول روز کوتاه (حدود ۸ ساعت) و دماهای پایین مطلوب می‌باشد (Sepahvand and Sheikh, 2011). صمدزاده و همکاران (Samadzadeh *et al.,* 2020) در تحقیقی جهت بررسی امکان تولید کینوا در شرایط اقلیمی خراسان جنوبی گزارش کردند که اثرات تاریخ و تراکم کاشت و اثر متقابل آنها بر وزن خشک بوته، تعداد شاخه جانبی در گیاه، عملکرد زیستی، تعداد پانیکول در گیاه، طول و وزن پانیکول، تعداد دانه در گیاه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. با این وجود، عملکرد دانه در این تیمار نیز با عملکرد واقعی گیاه تفاوت زیادی داشت. طاووسی و سپهوند (Tavosi and Sepahvand, 2014) بیان داشتند که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد پانیکول و تعداد دانه در پانیکول در کینوا دارد. قرینه و همکاران (Gharineh *et al.,* 2019) نیز در بررسی اثر تاریخ کاشت کینوا گزارش کردند که اثر تاریخ کاشت و

آبیاری بر تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول معنی‌دار بود. یافته‌های ایشان نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۲۵ آبان و ۲۵ آذر ماه بود. سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.,* 2020) در بررسی اثر تاریخ کاشت و کود نیتروژن بر کینوا در شرایط اقلیمی اهواز گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۸۶۵۷ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۲۰ مهر و در سطح ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که با تاریخ کشت اول مهر تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به اینکه تولید و تجمع ماده خشک با عملکرد دانه رابطه نزدیکی دارد، تاریخ کشت مناسب می‌تواند تضمینی برای افزایش عملکرد دانه باشد، به این دلیل که مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها منتقل و تأخیر در کاشت تأثیر زیادی بر تقسیم ماده خشک گیاهی به دانه دارد و باعث کاهش کارآیی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌شود (Estakhr and Choukan, 2006). در مناطقی که شرایط مزرعه برای کشت مستقیم مناسب نیست، یا فصل رویشی خیلی کوتاه است، پرورش نشاء در خزانه و انتقال آن به مزرعه روش جایگزینی می‌باشد که اجازه رشد نشاء در شرایط خوب و کنترل شده را فراهم نموده و دوره رشد محصول در مزرعه را کوتاه می‌کند (Ghorbani *et al.,* 2015). نشاکاری باعث یکنواختی مزرعه و همچنین به خاطر عدم توقف رشد نشاء پس از انتقال به مزرعه، موجب رسیدن به شاخص سطح برگ مطلوب در زمان کوتاه‌تر می‌شود. انتقال نشاء به مزرعه ممکن است موجب تغییر در روند رشد، آسیب به ریشه و تنش آبی و مواد غذایی شود. برخی محققین گزارش کردند بهبود شرایط رشد مانند افزایش بهره‌وری نور از عواملی هستند که باعث افزایش تولید کمی و کیفی دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه در نشاءکاری نسبت به کاشت مستقیم شد (Jafari, 2020). یکی از عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد در نشاءکاری می‌تواند به دلیل کوتاه بودن طول دوره رشد در زمین اصلی و گلدهی زودتر نسبت به کشت مستقیم باشد. در پژوهش دیگر با مقایسه دو روش کشت مستقیم و نشاءکاری ذرت گزارش شد که کشت مستقیم و نشاءهای با سن ۱۴ و ۲۱ روز عملکرد مشابهی را تولید کردند؛ اما نشاءکاری موجب زودرسی محصول نسبت به کشت مستقیم شد که این امر می‌تواند به فرار محصولات از خطرات طبیعی مانند طوفان و باران کمک کند (Badran, 2001). همچنین، مشخص شد که نشاکاری کینوا در تاریخ کاشت‌های آوریل در واشنگتن تاثیر منفی داشته، ولی در تاریخ کاشت می ماه بهتر از کاشت مستقیم بذر عمل نموده و عملکرد بالاتری به‌دست آمد (Ludvigson *et al.,* 2019). دائو و همکاران (Dao *et al.,* 2020) در بررسی روش‌های مختلف کاشت کینوا گزارش نمودند که کشت سنتی بذر در برخی ارقام به خصوص رقم Titicaca و Puno بهتر از نشاکاری عمل کرده و عملکرد بالاتری تولید کردند.

با توجه به اهمیت کینوا در مناطق مختلف ایران و ضرورت مطالعه بر جنبه‌های افزایش میزان کارآمدی این گیاه در استفاده از منابع، این مطالعه به‌منظور بررسی تاثیر شیوه‌های مختلف کاشت ارقام این گیاه با هدف افزایش دامنه کاشت آن در شرایط اهواز به‌اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۹- ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در

شهرستان اهواز با مشخصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا اجرا شد. با توجه به آمار هواشناسی ۱۰ سال ایستگاه سینوپتیک، متوسط بارندگی سالیانه اهواز ۲۴۰ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت سالیانه ۲۵/۳ درجه سلسیوس، می‌باشد. اطلاعات هواشناسی سال‌های اجرای آزمایش در جدول ۱ نشان داده شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی در چهار سطح (۳۰ مهر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ آبان ماه)، روش کاشت (نشاکاری و مستقیم) در عامل فرعی و ارقام کینوا (Giza1، Q26 و Titicaca) در عامل فرعی‌فرعی در نظر گرفته شدند. در این مطالعه با توجه به تاریخ کاشت و تاریخ برداشت و تغییرات دما در طول فصل رشد تاریخ کاشت‌ها ۳۰ مهر تا ۳۰ آبان بر اساس درجه روز رشد به ترتیب معادل ۹۵۰ تا۱۲۰۰، ۸۵۰ تا۱۰۵۰، ۸۴۰ تا۱۰۱۰ و ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه-روز رشد بود. عملیات خاک‌ورزی مزرعه در اواخر شهریور ماه قبل از کاشت انجام گرفت و نمونه برداری جهت آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک صورت گرفت (جدول ۲). کود پایه براساس آزمون خاک و نیاز گیاه، با میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاس و فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در نیمه دوم مهر داده شد. نحوه کاشت به‌صورت جوی و پشته با فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر، فاصله نشاها روی ردیف و فاصله بذرها در کاشت مستقیم روی ردیف ۵ سانتی‌متر، عمق کاشت ۲ سانتی‌متر بود و هر کرت دارای ۵ خط کاشت به طول ۴ متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱ متر، فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شدند.

در روش نشاکاری یک ماه قبل از هر تاریخ کاشت مستقیم در سینی نشاء حاوی خاک برگ، بذر هر یک از ارقام کشت شد و پس از یک ماه نشاء و هم‌زمان با کاشت مستقیم به زمین اصلی منتقل شدند. لازم به ذکر است که عملیات داشت شامل تأمین نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد به‌صورت نشتی، همچنین کنترل علف‌های هرز به صورت دستی (وجین) و کنترل آفات و بیماری‌ها به‌صورت شیمیایی و با استفاده از حشره‌کش پروتئوس انجام شد. در این مطالعه شاخص‌های رشد (شاخص سطح برگ (LAI)، تجمع ماده خشک (DMT)، سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR)، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد روز تا گلدهی، اجزای عملکرد (تعداد پانیکول در واحد سطح، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزار دانه)، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند.

برای برآورد شاخص‌های رشد از مقادیر وزن خشک اندام هوایی و سطح برگ به‌دست آمده در واحد سطح برای هر تیمار در هر مرحله نمونه‌برداری استفاده شد. نمونه‌برداری هر ۱۴ روز یک بار صورت گرفت. برای تعیین تغییرات شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی به ترتیب از روابط زیر استفاده گردید (Javadi *et al.*, 2006). در روابط زیر LA سطح برگ، W وزن خشک، T زمان نمونه‌برداری و GA سطح زمین (مترمربع) می‌باشد.

رابطه ۱: $LAI= (LA/GA)$

رابطه ۲: $CGR= (W_2-W_1)/(T_2-T_1)$

رابطه ۳: $RGR=(LnW_2-LnW_1)/(T_2-T_1)$

**عملکرد و اجزای عملکرد**

برای اندازه‌گیری تعداد پانیکول در واحد سطح، از دو خط میانی هر کرت دو متر برداشت شده و تعداد کل پانیکول‌های برداشت شده در واحد سطح شمارش و به‌عنوان تعداد پانیکول در مترمربع در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در پانیکول به‌طور کاملاً تصادفی ۱۰ پانیکول انتخاب و کل دانه‌ها، شمارش و تعداد دانه در پانیکول محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز از وزن ۲ مجموعه‌ی ۵۰۰ تایی بذر میانگین گرفته شد و دو برابر مقدار به‌دست آمده به‌عنوان وزن هزار دانه مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد زیستی، در مرحله رسیدگی و بعد از حذف ۰/۵ متر ابتدا و انتهای خطوط میانی در سطحی معادل یک مترمربع برداشت انجام گرفت. عملیات برداشت در تاریخ کاشت ۳۰ مهر و ۱۰ آبان در سال اول در ۱۰تا ۱۵ اسفند و در سال دوم در ۱۰ تا ۱۵ بهمن (بستگی به رقم) و در تاریخ کاشت ۲۰ و ۳۰ آبان در سال اول در ۵ تا ۱۰ فروردین و در سال دوم در ۱ تا ۵ اسفند صورت گرفت. پس از خرمن‌کوبی، دانه از کاه جدا گردیده و پس از توزین عملکرد دانه با رطوبت ۱۲درصد برحسب کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. عملکرد زیستی نیز از مجموع عملکرد دانه و وزن کاه و کلش به‌دست آمد. جهت خشک‌کردن کاه و کلش نیز از آون تهویه‌دار با درجه حرارت ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد. شاخص برداشت نیز با تقسیم عملکرد اقتصادی بر عملکرد زیستی و ضرب در ۱۰۰ محاسبه شد.

تجزیه واریانس و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### شاخص‌های رشد

نتایج تجزیه مرکب مربوط به بیشترین شاخص‌های رشد شامل (بالاترین شاخص سطح برگ ($LAI_{max}$)، بالاترین سرعت رشد ($CGR_{max}$)، بالاترین ماده خشک ($DMT_{max}$) و بالاترین سرعت رشد نسبی ($RGR_{max}$) در ۱۲۰ روز بعد از کاشت نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ تحت تأثیر سال، تاریخ کاشت، رقم و اثرات متقابل تاریخ کشت × روش کاشت و تاریخ کاشت × رقم و روش کاشت ×رقم بودند. سرعت رشد محصول نیز تنها تحت تاثیر سال و رقم بود ولی سرعت رشد نسبی تحت تاثیر تاریخ کشت × روش کاشت و تاریخ کاشت × رقم و روش کاشت × رقم قرار گرفت (جدول ۳). همچنین، مشخص شد که بالاترین ماده خشک نیز علاوه بر اثرات اصلی و دوگانه تحت تأثیر اثرات چهارگانه سال× تاریخ کاشت× روش کاشت× رقم بود (جدول ۳). مشخص شد که شاخص‌های رشد محصول در سال اول بالاتر از سال دوم بود و شاخص سطح برگ در تاریخ کشت ۳۰ مهر و ۱۰ آبان بهتر از سه تاریخ کشت بعدی بود. همچنین، کشت مستقیم بذر سرعت رشد محصول بهتری داشته و رقم Q26 توانسته عملکرد بهتری در این شاخص‌ها داشته باشد (جدول ۴).

روند تغییرات شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی تحت تاثیر اثرات متقابل تاریخ کاشت × روش کاشت نشان داد، شیب تغییرات سطح برگ در تاریخ کاشت ۳۰ مهر و کاشت مستقیم بذر به شدت افزایشی بوده که این تغییرات در مورد تاریخ ۱۰ آبان نیز مشابه و با شدت کمتری

بوده ولی در تاریخ کاشت ۲۰ و ۳۰ آبان ماه روند به شدت تغییر می‌کند. در مورد کاشت نشایی نیز روند تغییرات سطح برگ افزایشی ولی شیب و منحنی تغییرات کمتر از کاشت مستقیم بود. بالاترین شاخص سطح برگ نیز در هر دو روش کاشت در محدوده ۱۶۰۰ درجه-روز رشد به ثبت رسید. روند تغییرات سرعت رشد نسبی نیز مشخص نمود در هر دو روش کاشت، بالاترین میزان رشد نسبی در محدوده ۶۸۰ تا ۷۰۰ درجه-روز رشد اتفاق می‌افتد و بین تاریخ کاشت ۳۰ مهر و بقیه تاریخ کاشت‌ها اختلاف قابل توجهی در هر دو روش کاشت وجود دارد (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین آنها در بالاترین میزان نشان داد در تاریخ کاشت اول و دوم، کاشت مستقیم بذر بهتر از نشاءکاری عمل کرده و شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی بالاتری به‌خود اختصاص دادند، ولی با تاخیر در کاشت تا اواخر آبان تاثیرات نشاءکاری بیشتر از بذر بود. بالاترین شاخص سطح برگ (۵/۶۵) و بالاترین سرعت رشد نسبی (۰/۰۷۴ گرم در گرم در روز) مربوط به کاشت در تاریخ مهرماه و کاشت مستقیم بذر بود. کمترین مقادیر این صفات نیز مربوط به تاریخ کاشت ۲۰ و ۳۰ آبان و کاشت مستقیم بذر بوده که در مقایسه با تاریخ کاشت مهر و کاشت مستقیم به‌ترتیب ۳۹ درصد و ۴۰ درصد افت داشتند (جدول ۵). روند تغییرات این صفات تحت تاثیر تاریخ کاشت و رقم نیز نشان داد در هر سه رقم مورد مطالعه روند مشابه بوده ولی در رقم Q26 هم شیب تغییرات شدیدتر و هم مقدار بالاتر بود. همچنین، در رقم Giza1 از نظر شاخص سطح برگ در رقم Titicaca از نظر سرعت رشد نسبی اختلاف بین تاریخ کاشت‌ها کمتر بود (شکل ۲). همچنین، مشخص شد که در هر سه رقم مورد مطالعه بالاترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی مربوط به تاریخ کشت اول (۳۰ مهر) بود و رقم Q26 بالاترین مقادیر این دو صفت (۵/۸ در مورد شاخص سطح برگ و ۰/۰۷۳ گرم در گرم در روز در مورد سرعت رشد نسبی) را در مقایسه با دو رقم دیگر به خود اختصاص داد (جدول ۶).

اثر متقابل روش کاشت در رقم نیز نشان داد در هر سه رقم مورد بررسی کاشت بذر شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی بهتر را موجب شد که بالاترین مقدار این شاخص‌ها مربوط به رقم Q26 با میانگین‌های ۵/۶۲ و ۰/۰۷۲ گرم در گرم در روز بود (جدول ۷).

نتایج مربوط به تغییرات ماده خشک تحت تأثیر اثرات متقابل چهارگانه نیز در جدول ۸ نشان داد، در هر دو سال و در هر سه رقم مورد مطالعه بالاترین ماده خشک مربوط به تاریخ کشت اول یا تاریخ کشت ۳۰ مهرماه و کاشت بذر به‌صورت مستقیم بود. در سال نخست، وزن خشک تجمع یافته در ارقام Giza1، Q26 و Titicaca به‌ترتیب در حدود ۹۲۴، ۹۳۷ و ۸۵۴ گرم در مترمربع بوده که این صفت در رقم Giza1 در سال دوم بدون تغییر، در رقم Titicaca افزایش ۶ درصد و در رقم Q26 کاهش ۴ درصد نشان داد. کمترین ماده خشک تجمع یافته در این سه رقم و در هر دو سال نیز مربوط به تاریخ کشت ۲۰ آبان و کشت به‌صورت مستقیم بود که در مقایسه با تاریخ کشت اول و کشت به‌صورت مستقیم به‌ترتیب ۵۳، ۵۳ و ۴۲ درصد در سال اول و ۵۰، ۴۷ و ۵۱ درصد در سال دوم کاهش نشان دادند (جدول ۸). روند تغییرات ماده خشک در درجه-روزهای مختلف بعد از کاشت نیز نشان داد که در کینوا در هر سه رقم مورد مطالعه، گیاه بعد از دریافت در حدود ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه – روز به بالاترین میزان

ماده خشک دست پیدا نموده و بعد از این مقدار تغییرات ماده خشک اندک می‌باشد. همچنین، مشخص شد که در تمام تیمارهای مورد بررسی در درجه روز رشدهای کمتر از ۱۳۰۰ درجه –روز رشد گیاه پایین بوده و بعد از دریافت این مقدار انرژی رشد گیاه به شدت افزایش پیدا می‌کند به طوری که در درجه روز رشدهای ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ بالاترین میزان رشد در گیاه مشاهده شد (شکل ۳). حسینی و همکاران (Hossini *et al.,* 2020) نیز در مطالعه خود مشاهده کردند که تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش شاخص‌های رشد در گیاه کینوا شد. در پژوهش دیگری در هند شاخص‌های رشد رویشی کینوا به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت، به‌طوری‌که کاشت زودهنگام نسبت به تأخیری موجب بهبود رشد رویشی گیاه شد. این تفاوت‌ها به تغییر در میزان دما، نور و بارندگی در زمان‌های مختلف کاشت نسبت داده شد (Hirich *et al.,* 2014). علت افزایش سریع و مناسب‌تر شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت‌های اواخر مهر نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت را می‌توان به وجود دمای مساعدتر برای رشد برگ‌ها و بهره‌برداری بهتر از پتانسیل محیط نسبت داد. کاهش میزان درجه-روز رشد (GDD) در تاریخ کاشت‌های تاخیری (با توجه به این‌که بیشترین درجه روز رشد مربوط به ماه‌های اول کاشت می‌باشد) از علت‌های کاهش این شاخص‌ها در این مطالعه می‌باشد (جدول ۱). همچنین، عدم کشت در تاریخ کاشت مناسب سبب می‌شود گیاه نتواند از پتانسیل محیط به‌خوبی استفاده نماید و سطح برگ کافی جهت دریافت تشعشع تولید کند. این امر موجب کاهش سطح برگ و به دنبال آن ماده خشک کمتری تولید کند (Hossini *et al.,* 2020).

در مطالعه حاضر نیز توسعه‌ی کند سطح برگ، در تاریخ کاشت‌های تأخیری با کاشت نشایی تا حدودی جبران شد، ولی کاشت نشایی نتوانست تأثیرات کاشت تأخیری را به‌طور کامل جبران کند. همچنین، کاشت نشایی در تاریخ کاشت بهینه ضعیف‌تر از کاشت مستقیم بذر بود. درکشت تأخیری، گیاه فرصت کافی جهت استفاده از امکانات محیط و درجه-روز رشد مناسب را ندارد و قادر نخواهد بود عملکردی در حد مطلوب تولید نماید (Estakhr and Choukan, 2006). همچنین، تأثیرات منفی نشاکاری در تاریخ کاشت بهینه نیز به شوک محیطی وارد شده به گیاهچه‌ها و صرف زمان جهت سازگار شدن نشاء در زمین نسبت داده می‌شود. در مطالعات متعددی عملکرد ضعیف نشاء در مقایسه با بذر گزارش شده است (Dao *et al.,* 2020; Ludvigson *et al.,* 2019). نشاءکاری از طریق زودرسی محصول می‌تواند موجب کاهش فرصت زمان لازم برای رشد رویشی و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه در خاک شده و از این طریق رشد رویشی را کاهش دهد (Badran, 2001). عملکرد ماده خشک مستقیماً با مقدار تشعشع جذب شده به‌وسیله برگ‌های گیاه در مدت زمان کاشت تا برداشت ارتباط دارد و تأخیر در تاریخ کاشت تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد (Weeden, 2000). دمای مطلوب طی دوره رشد و نمو گیاه منجر به جوانه‌زنی زود، سریع و یکنواخت بذر می‌شود و در نتیجه باعث سبز شدن مطلوب و رشد اولیه سریع در گیاهان می‌گردد و این امر به نوبه خود باعث دریافت بیشتر تشعشع خورشیدی و رشد و توسعه بیشتر برگ‌ها و در نهایت افزایش سرعت رشد و تجمع مواد فتوسنتزی بیشتر می‌شود (Chimenti and

Hall, 2002) همچنین، در تاریخ کاشت اواخر مهر و اوایل آبان شاید دما مناسب استقرار نشاء در مزرعه فراهم نبوده و این امر موجب کاهش کارایی نشاکاری در تاریخ کاشت اول باشد. همچنین، مشخص شد دمای بالا سبب بهبود سرعت فتوسنتز گیاه کینوا شـد. آنها دریافتند که کینوا در پاسخ به درجه حرارت بالا دارای انعطاف‌پذیری بالایی است (Hinojosa *et al.,* 2019).

**تعداد روز تا گلدهی**

اثر سال، تاریخ کاشت، روش کاشت، رقم، تاریخ کاشت×رقم، روش کاشت×رقم و تاریخ کاشت× روش کاشت× رقم بر تعداد روز تا گلدهی کینوا معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که با تأخیر در کاشت از دوره رشد رویشی گیاه در هر سه رقم کاسته شده و نشاکاری نیز موجب کوتاه‌تر شدن این دور در هر سه رقم در تاریخ کاشت‌های اول و افزایش آن در تاریخ کاشت‌های تاخیری شد. بالاترین دوره رشد یا تعداد روز تا گلدهی مربوط به رقم Q26 در تاریخ کشت ۳۰ مهر (۷۹/۹ روز) و کاشت به‌صورت مستقیم بذر بود. کشت نشاء در این تاریخ کاشت و در این رقم موجب کاهش ۱۲/۲ روز تعداد روز تا گلدهی شد، ولی تأثیرات این تیمار در مورد ارقام Giza1 و Titicaca در حدود ۱۱/۸ و ۷/۶ روز بود. تأخیر در کاشت تا ۲۰ آبان موجب به حداقل رسیدن تعداد روز تا گلدهی شد و این تأثیرات در نشاکاری نیز کمتر شد. تأخیر کاشت تا ۲۰ آبان به‌ترتیب موجب کاهش ۲۴/۹ و ۲۴/۱ و ۲۱ روز در تعداد روز تا گلدهی در ارقام Giza1، Q26 و Titicaca در کاشت مستقیم بذر شد (جدول ۸).

همسو با یافته‌های این تحقیق صالحی و همکاران (Salehi *et al.,* 2019) نیز در بررسی گیاه کینوا تحت تأثیر تاریخ کاشت‌های متفاوت گزارش کردند که زمان تا گلدهی در تاریخ‌های کاشت مورد بررسی متفاوت و از ۵۶ تا ۷۷ روز بود و اختلاف تاریخ‌های کاشت برای شروع گلدهی ۲۱ روز بود. کینوا از معدود گیاهانی است که تا حدی به سرما متحمل بوده و میزان تحمل به سرمای آن تا حد زیادی به‌دوره سرما، مرحله رشدی، واریته، رطوبت نسبی و شرایط اقلیم بستگی دارد (Garcia *et al.,* 2015). بیشتر ژنوتیپ‌های کینوا حساس به طول روز هستند. حساسیت به طول روز نقش مهمی در سازگاری گیاه به شرایط محیطی دارد. این حساسیت به فتوپریود موجب می‌شود گیاه قبل از شروع سرما و تنش خشکی آخر فصل چرخه زندگی خود را کامل کند (Bertero, 2003)؛ بنابراین افزایش طول روز، طول دوره رشد رویشی را طولانی کرد، ولی در همه طول روزها گیاه وارد فاز گلدهی می‌شد؛ و تأخیر در تاریخ کاشت موجب مواجه شدن گیاه با طول روزهای کوتاه‌تر شده و این امر موجب زودرس‌تر شدن گیاه می‌شود. گیاهانی که دارای واکنش کمی به فتوپریود هستند درجه-روز رشد مورد نیاز آنها تحت تأثیر طول روز قرار می‌گیرد (Bertero, 2003). به نظر می‌رسد که وجود گرما در اواخر فصل رشد و تمایل گیاه به اتمام چرخه زندگی خود و عدم برخورد آن با عوامل نامساعد محیطی دلیل کاهش طول روز تا گلدهی به هنگام تأخیر در کاشت باشد. درواقع یک مکانیزم فیزیولوژیک در گیاهان زراعی سبب می‌شود که گیاهان، حفظ بقاء و ادامه نسل خود را بر ادامه رشد و تولید بیشتر ترجیح دهند. در این مطالعه، در تاریخ کاشت‌های تأخیری نشاکاری توانست تا حدودی به‌عنوان جبران‌کننده کوتاه شدن فصل رشد عمل نموده و از این طریق روز تا گلدهی را در مقایسه

با کاشت مستقیم جبران نماید. ولی در تاریخ کاشت به‌موقع این روش موجب زودرسی محصول و کاهش دوره رویشی در گیاه می‌شود (Badran, 2001) که علت آن افزایش مدت زمان قرار گرفتن بوته‌ها در درجه-روز رشد بالا در ماه‌های اول فصل کاشت می‌باشد (جدول ۱). افزایش روز تا گلدهی در کینوا در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Dao *et al.,* 2020).

**اجزای عملکرد**

نتایج مربوط به تجزیه مرکب اجزای عملکرد دانه از قبیل تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه نشان داد، اثر تاریخ کاشت بر تعداد پانیکول در بوته، تعداد دانه در پانیکول و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول و تاریخ کاشت ×روش کاشت ×سال و روش کاشت ×رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بودند. همچنین، اثر سال × رقم، بر تمام اجزا (به‌جز وزن هزار دانه) معنی‌دار بود ولی برهمکنش سال ×روش کاشت و سال× تاریخ کاشت تنها بر وزن هزار دانه اثرگذار بودند (جدول ۳). نتایج اثرات تاریخ کاشت × رقم نشان داد تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش اجزای عملکرد دانه (تعداد پانیکول در بوته و تعداد دانه در پانیکول) ارقام کینوا شد. بالاترین اجزای عملکرد مربوط به رقم Q26 و تاریخ کاشت ۳۰ مهر و کمترین مقدار نیز از تاریخ کاشت ۲۰ آبان مشاهده شد که در مقایسه با تاریخ کاشت ۳۰ مهر به‌ترتیب موجب کاهش ۴۴، ۳۹، و ۴۶ درصدی تعداد پانیکول در بوته و ۲۷، ۳۰ و ۳۸ درصدی تعداد دانه در پانیکول در ارقام Giza1، Q26 و Titicaca شد (جدول ۶). اثر متقابل روش کاشت در رقم نیز در مورد تعداد پانیکول در بوته مشخص نمود در هر سه رقم مورد بررسی کاشت بذر تعداد پانیکول در بوته بالاتری نسبت به کاشت نشایی را به خود اختصاص داد (جدول ۷).

هم‌راستا با یافته‌های این پژوهش، طاووسی و سپهوند (Tavosi and Sepahvand, 2014) و سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.,* 2020) گزارش نمودند، تأخیر در تاریخ کاشت، موجب کاهش معنی‌دار تعداد پانیکول در گیاه و تعداد دانه در پانیکول کینوا گردید. دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر تعداد دانه‌ها است. طبق گزارش طاووسی و سپهوند (Tavosi and Sepahvand, 2014) تأخیر در کاشت در کینوا به‌دلیل افزایش میانگین دمای هوا در مرحله گلدهی و کاهش طول دوره تشکیل دانه‌ها، تعداد دانه در بوته ارقام کینوا کاهش یافت. مصادف شدن مراحل گلدهی، گرده‌افشانی و پر شدن دانه با تنش گرمای انتهای فصل باعث کاهش عملکرد دانه در اثر کاهش تعداد دانه می‌شود. به‌طورکلی، گیاه کینوا طی دوره پر شدن دانه به دمای بالا (بالای ۲۰ درجه سلسیوس) و یا پایین حساس بود. در دمای بالا بنیه گرده و تعداد گل‌ها کاهش (Morrison and Stewart, 2002) و بیشتر ژنوتیپ کینوا در دمای بالای ۳۵ درجه سلسیوس بذر تولید نمی‌کنند (Hirich *et al.,* 2014). همچنین، کاهش درجه-روز رشد دریافتی در اثر تاخیر در کاشت موجب کاهش توان گیاه در تامین اسمولیت‌های لازم برای تشکیل و پرشدن دانه می‌شود. طبق برخی گزارش‌ها، واکنش کینوا به نشاکاری به رقم بستگی دارد و در برخی ارقام بهبود اجزای عملکرد و در برخی ارقام کاهش عملکرد را موجب شد (Dao *et al.,* 2020). نقش مثبت نشاکاری در تاریخ کاشت‌های تأخیری در کینوا نیز گزارش شده است (Ludvigson *et al.,* 2019).

مقایسه میانگین اثرات تاریخ کاشت× روش کاشت × سال در مورد وزن هزار دانه نیز نشان داد، در هر دو سال زراعی بالاترین وزن هزار دانه (در سال اول با میانگین ۳/۲۷ گرم و در سال دوم با میانگین ۳/۱۹ گرم) مربوط به تاریخ کاشت دوم (۱۰ آبان) و کاشت بذر به‌صورت مستقیم بود. کمترین وزن هزار دانه در هر دو سال از تاریخ کشت آخر یا ۳۰ آبان و کاشت نشایی با میانگین‌های ۱/۶۸ و ۱/۶۹ گرم در سال اول و دوم به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین مشخص شد که از نظر وزن هزار دانه رقم Q26 در مقام اول، رقم Giza1 در مقام دوم و Titicaca در مقام آخر قرار دارد (جدول ۴).

طبق تحقیقات صورت گرفته سرعت و دوره پر شدن دانه مهم‌ترین عوامل تعیین کننده وزن دانه می‌باشند (Alvaro *et al.,* 2008). قرینه و همکاران (Gharineh *et al.,* 2019) گزارش کردند، تأثیر تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار و بیشترین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۲۵ آبان مشاهده شد. در این مورد صالحی و همکاران (Salehi *et al.,* 2019) بیان نمودند که کینوا به طول روز حساس می‌باشند و در مرحله گرده‌افشانی و پر شدن دانه میزان حساسیت به طول روز بیشتر از سایر مراحل رشدی می‌باشد که این حساسیت بسته به ژنوتیپ متفاوت می‌باشد. تأخیر در تاریخ کاشت تا ۲۰ آبان موجب افزایش وزن هزار دانه در کینوا شده ولی در تاریخ کاشت ۳۰ آبان مجدداً از وزن هزار دانه کاسته شد. دلیل این مورد می‌تواند به کاهش تعداد دانه در بوته در اثر تأخیر در کاشت مربوط بوده که کاهش تعداد دانه در پانیکول باعث افزایش وزن دانه به‌علت افزایش تسهیم مواد فتوسنتزی به هر یک از دانه‌ها موجب افزایش وزن دانه‌ها می‌شود (Saeidi *et al.,* 2020)؛ همچنین در تاریخ کاشت ۳۰ آبان به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش شدید درجه-روز رشد دریافتی، فرصت کافی جهت پر شدن دانه نبود و وزن دانه مجدد افت نشان داد. در مطالعات دیگر نیز گزارش شد، بین وزن دانه و تعداد دانه رابطه عکس وجود دارد و با کاهش تعداد دانه، وزن دانه‌ها بیشتر می‌شود (Jafari-Haghighi, 2009). طاووسی و سپهوند (Tavosi and Sepahvand, 2014) گزارش کردند با به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، کاهش میزان تجمع ماده خشک کل در تاریخ‌های دیرهنگام و در مواجه با تنش گرمایی آخر فصل رخ خواهد داد و تأخیر در کاشت از طریق کاهش طول دوره‌های رشد، درجه-روز رشد دریافتی و نمو در اثر دماهای بالا، باعث کاهش طول تولید ماده خشک و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه می‌گردد. نتایج تغییرات ماده خشک نیز تایید کننده کاهش ماده خشک تجمع یافته و همچنین کاهش دوره روز تا گلدهی نیز تایید کننده کوتاه شدن دوره رشد رویشی در تاریخ کشت‌های تأخیری است که همه این عوامل موجب کاهش وزن هزار دانه شد. بین ارقام مختلف کینوا از نظر وزن هزار دانه تفاوت وجود داشته و رنج تغییرات وزن دانه بین ۳/۲ تا ۵/۲ گرم گزارش شد (Bagheri, 2018). نتایج متفاوت نشاکاری در ارقام مختلف کینوا نیز گزارش شده است، به‌طوری‌که موجب افزایش وزن هزار دانه در رقم Titicaca و کاهش آن در ارقام Puno و Pasankalla شد (Dao *et al.,* 2020).

**عملکرد دانه**

نتایج مربوط به عملکرد دانه کینوا نشان داد که این صفت علاوه بر اثرات اصلی تحت تأثیر اثرات متقابل سال × تاریخ کاشت، سال × روش کاشت، تاریخ کاشت × روش کاشت، سال × تاریخ

کاشت × روش کاشت، تاریخ کاشت × رقم و سال × روش کاشت × رقم قرار گرفت (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت × روش کاشت × سال نشان داد، عملکرد در سال اول بالاتر از سال دوم بود و در هر دو سال زراعی تاریخ کاشت ۳۰ مهر و کاشت مستقیم بذر بالاترین عملکرد دانه را موجب شد. در تاریخ کشت ۳۰ مهر و کاشت مستقیم بذر عملکرد کینوا در حدود ۳۱۴۸ و ۲۸۷۳ کیلوگرم در هکتار بوده که با تغییر سیستم کاشت به نشایی عملکرد در این دو سال در حدود ۱۴ و ۴۳ درصد و با تأخیر کاشت به ۲۰ آبان، افت ۶۷ و ۶۸ درصد نشان داد (جدول ۵). اثر متقابل تاریخ کاشت در رقم نیز نشان داد که در هر سه رقم بالاترین عملکرد دانه مربوط (۲۵۳۸، ۳۰۵۸ و ۲۱۵۸ کیلوگرم در هکتار در ارقام Giza1، Q26 و Titicaca) به تاریخ کاشت ۳۰ مهر و کمترین عملکرد دانه (۹۲۳، ۱۱۰۹ و ۷۶۹ کیلوگرم در هکتار در ارقام Giza1، Q26 و Titicaca) مربوط به تاریخ کاشت ۲۰ آبان بود (جدول ۶). اثر متقابل روش کاشت در رقم در سال نیز مشخص نمود که در هر دو سال زراعی و در هر دو رقم کاشت بذر عملکرد بالاتری را سبب شد و همچنین در هر دو سال بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم Q26 با میانگین‌های ۱۸۱۸ و ۲۰۷۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۷).

قرینه و همکاران (Gharineh *et al.,* 2019) و سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.,* 2020) تأثیر تاریخ کاشت را بر عملکرد دانه معنی‌دار گزارش کردند. آنها بیان داشتند که تأخیر در کاشت سبب مقارن شدن دوره گلدهی و گرده‌افشانی با تنش گرمایی آخر فصل در خوزستان شده و در نتیجه تعداد دانه کاهش و عملکرد دانه نیز به‌تبع آن کاهش می‌یابد. ایشان همبستگی معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد پانیکول و تعداد دانه در بوته را مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. همچنین، در این مطالعه نیز مشاهده شد در تاریخ کاشت ۲۰ آبان عملکرد کمتری نسبت به ۳۰ آبان وجود دارد که علت آن را می‌توان به مصادف بودن مرحله گلدهی گیاه با تغییرات جوی از قبیل بارندگی بیشتر و افزایش میزان تبخیر و تعرق نسبت داد (جدول ۱). طهماسبی و کردی (Tahmasebi and Kordi 2001) نیز گزارش کردند که تأخیر در کاشت بذر باعث کاهش عملکرد در پنبه، کاهش تعداد غوزه در بوته و کاهش شاخه‌های رویشی در بوته می‌شود. همچنین، کاشت نشایی در مقایسه با کاشت مستقیم بذر باعث تولید شاخه‌های زایشی بیشتری گردید. طبق گزارش‌های صورت گرفته عملکرد دانه تابع رشد مناسب قسمت‌های مختلف گیاه، میزان گلدهی و میزان باروری گل‌ها، نمو بذر و تجمع مواد تولید در دانه می‌باشد (Majidian, 2008)؛ بنابراین این تاریخ کاشت با تأثیر گذاشتن بر هر یک از موارد بیان شده می‌تواند موجب تأثیرگذاری بر عملکرد دانه شود. در تاریخ کاشت اول به‌دلیل بالاتر بودن طول پانیکول، شاخص سطح برگ و سرعت رشد بیشتر، نور و درجه-روز رشد بیشتری توسط گیاه دریافت می‌شود و در نتیجه به علت فتوسنتز بیشتر عملکرد دانه نیز بالاتر است. علت کاهش عملکرد دانه در اثر تاریخ کاشت نیز به‌دلیل مواجه شدن مرحله گلدهی و گرده‌افشانی گیاه با دمای بالا انتهای فصل، بالا بودن دمای شب و افزایش تنفس باشد. کاهش عملکرد دانه در اثر تأخیر در کاشت نیز در مطالعه دیگر گزارش شده است (Bakhshandeh *et al.,* 2015). گزارش شده است که کینوا در دوره پر شدن دانه، به دمای بالاتر از ۲۵ درجه سلسیوس و کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس حساس است و دمای

خارج از این محدوده به‌شدت باعث کاهش عملکرد می‌شود (Aalehi and Dehghani, 2017). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد، با تاخیر از تاریخ کاشت اول، درجه-روز رشد دریافتی در هر ماه کاسته شده که این امر به شدت بر میزان تولید در این گیاه می‌تواند تاثیر داشته باشد (جدول ۱). محققان دیگری نیز بیان داشتند که دمای بالا در طی مرحله پر شدن دانه خصوصاً در فتوپریودهای طولانی، اثر منفی بر عملکرد دانه دارد (Nurse *et al.*, 2016). تأثیرات منفی نشاکاری در تاریخ کاشت‌های اول و مثبت در تاریخ کاشت‌های تأخیری در کینوا نیز گزارش شده است (Ludvigson *et al.*, 2019). تأثیرات متفاوت نشاکاری بر روی ارقام مختلف نیز گزارش شده است (Dao *et al.*, 2020). نشاکاری می‌تواند از طرق تغییر طول دوره رشد گیاه (افزایش دوره رشد در تاریخ کاشت تأخیر و زودرسی محصول در تاریخ کاشت‌ها زودهنگام) بر میزان رشد و عملکرد گیاه تأثیر داشته باشد و همچنین نشاکاری با تغییر دوره گلدهی و گرده‌افشانی گیاه می‌تواند تأثیرات تنش‌ها و افزایش دمایی انتهای فصل را تغییر نموده و بر عملکرد دانه تأثیر بگذارد.

**شاخص برداشت**

نتایج مربوط شاخص برداشت کینوا نشان داد که این صفت علاوه بر اثرات اصلی سال و رقم، تحت تأثیر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه سال، تاریخ کاشت، رقم و روش کاشت قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مربوط به شاخص برداشت نیز نشان داد در هر دو سال، تاریخ کشت ۳۰ مهر بالاترین کارآیی و تاریخ کاشت ۲۰ آبان پایین‌ترین کارآیی را از نظر شاخص برداشت به خود اختصاص داد. مشخص شد در هر دو سال و در تاریخ کاشت‌های اولیه، کاشت مستقیم بهتر از نشایی عمل کرده است و شاخص برداشت بالاتری نشان داد، ولی در تاریخ کاشت‌های تأخیری نشاکاری تا حدودی توانست تأثیرات منفی تأخیر در کاشت را جبران نمایید (جدول ۵). همچنین، در هر سه رقم در هر دو سال زراعی تاریخ کاشت ۳۰ مهر بالاترین شاخص برداشت را موجب شده که در رقم Q26 این شاخص (۳۰/۵ و ۳۸/۸ درصد به‌ترتیب در سال اول و دوم) بالاتر از دو رقم دیگر بود (جدول۶). اثر متقابل تاریخ کاشت × روش کاشت × رقم نیز مشخص نمود که بالاترین شاخص برداشت مربوط به تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه و کشت مستقیم بذر در رقم Q26 بود که در حدود ۴۱/۸ درصد شاخص برداشت تولید نمود. همچنین، مشخص شد کمترین شاخص برداشت از تاریخ کاشت ۲۰ آبان و کاشت بذر و رقم زودرس Titicaca با میانگین ۱۲/۳ درصد حاصل شد (جدول ۸). شاخص برداشت نشان‌دهنده کارآیی توزیع ماده فتوسنتزی در بین اندام‌های مختلف گیاه است و بنابراین شاخصی از توانایی گیاه برای اختصاص منابع به ساختارهای رویشی و زایشی است (Carrotero *et al.*, 2010). در پژوهشی شاخص برداشت رقم Titicaca بسته به سال و تاریخ کاشت بین ۴۲ تا ۵۷ درصد و رقم Regalona۳۰ درصد گزارش شده است (Lavini *et al.*, 2014). دلیل اصلی تفاوت شاخص برداشت در مطالعه مذکور و تحقیق کنونی به بالا بودن عملکرد دانه کینوا در آزمایش ذکر شده بر می‌گردد (Lavini *et al.*, 2014). کاهش شاخص برداشت در اثر تأخیر در کاشت کینوا در مطالعه سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2020) و صمدزاده و همکاران (Samadzadeh *et al.*, 2020) نیز گزارش شده است. نتایج محققان دیگری نیز نشان داد که شاخص برداشت به شدت

تحت تأثیر تاریخ کاشت می‌باشد (Hirich *et al.*, 2014). مشخص شد که شاخص برداشت تحت تأثیر تاریخ کاشت و ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد و در تاریخ‌های کاشت تأخیری به دلیل کوتاه شدن دوره رشد گیاه و عدم کافی بودن سطح کانوپی برای فتوسنتز و پر کردن دانه عملکرد دانه و شاخص برداشت شدیداً کاهش یافت (Mustafa and Temel, 2018). تأخیر در کاشت تأثیر زیادی بر تقسیم ماده خشک گیاهی به دانه دارد و باعث کاهش کارآیی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و کاهش شاخص برداشت می‌شود.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که تاریخ کاشت تأثیر قابل‌توجه بر شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه دارد و در بین تاریخ‌های کاشت، کاشت در اواخر مهر (۳۰ مهر) بالاترین میزان رشد و عملکرد و اجزای عملکرد دانه را نشان داد و تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش میزان تولید کینوا شد. در بین ارقام مورد مطالعه رقم Q26 بالاترین میزان رشد و عملکرد را به خود اختصاص داد و همواره در هر دو سال مورد مطالعه و در تمام تاریخ کاشت‌ها بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داد. همچنین، مشخص شد کاشت نشایی در تاریخ کاشت ۳۰ مهر و ۱۰ آبان دارای تأثیر منفی بوده، ولی در تاریخ کاشت‌های تأخیری ۲۰ و ۳۰ آبان بهتر از کشت مستقیم بذر عمل کرده و موجب کاهش تأثیرات منفی تأخیر در کاشت در این گیاه شد. به‌طورکلی، کاشت در تاریخ کاشت ۳۰ مهرماه و رقم Q26 به‌صورت کاشت مستقیم در شرایط استان خوزستان قابل توصیه می‌باشد و کاشت نشایی نمی‌تواند تمام تاثیرات منفی تاخیر در تاریخ کاشت را جبران نماید.

**جدول ۱**- پارامترهای هواشناسی طی مدت اجرای آزمایش در دو سال زراعی ۹۷ و ۹۸

**Table 1**- Meteorology parameter long coincided experiment in two years 2018 and 2019

| Months | ماه | میانگین دمای Mean temperature(◦C) | | درجه روز – رشد GDD | | بارندگی Rainfall (mm) | | تبخیر Evaporation (mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 |
| Oct | مهر | 28.3 | 29.2 | 666 | 639 | 37.8 | 62.5 | 194.9 | 169.2 |
| Nov | آبان | 19.4 | 18.9 | 357 | 372 | 37.8 | 37.0 | 74.7 | 83.1 |
| Dec | آذر | 15.3 | 14.4 | 222 | 249 | 20.5 | 119.2 | 44.7 | 46.0 |
| Jan | دی | 14.2 | 13.4 | 192 | 216 | 45.1 | 31.0 | 49.5 | 63.2 |
| Feb | بهمن | 15.5 | 15.7 | 261 | 255 | 13.8 | 21.5 | 71.9 | 85.4 |

**جدول ۲**- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های ۹۷ و ۹۸

**Table 2**- Some physical and chemical properties of the test site soil in 2018 and 2019

| سال Years | عمق Depth (cm) | شوری Salinity ($dS.m^{-1}$) | اسیدیته pH | کربن آلی C (%) | نیتروژن N ($mg.kg^{-1}$) | فسفر P ($mg.kg^{-1}$) | پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$) | رس Clay (%) | سیلت Silt (%) | شن Sand (%) | بافت خاک Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2018 | 0-30 | 5.4 | 9.7 | 0.58 | 0.058 | 10.5 | 245 | 22 | 30 | 48 | lomy |
| 2019 | 30-60 | 4.4 | 8 | 0.53 | 0.053 | 11.2 | 265 | 24 | 30 | 46 | lomy |

**جدول ۳**- تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا تحت تأثیر تاریخ کاشت، روش کاشت و ژنوتیپ در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 3- Combined analysis of variance growth index, yield and yield component of quinoa under the influence of planting date, method and genotype in 2018 - 2019

| Source of Variation<br>منابع تغییر | درجه آزادی<br>df | شاخص سطح برگ<br>$LAI_{max}$ | ماده خشک<br>$DMT_{max}$ | سرعت رشد محصول<br>$CGR_{max}$ | سرعت رشد نسبی<br>$RGR_{max}$ | تعداد روز تا گلدهی<br>Flowering |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year(Y) | 1 | 44.79$^{**}$ | 544.39$^{*}$ | 380.19$^{*}$ | 0.00001$^{ns}$ | 46.02$^{**}$ |
| بلوک (سال) Y (R) | 6 | 2.36 | 71.52 | 39.94 | 0.00099 | 1.05 |
| تاریخ کاشت Data planting(D) | 3 | 41.69$^{*}$ | 740393$^{ns}$ | 359.94$^{ns}$ | 0.00072$^{ns}$ | 1968.3$^{**}$ |
| Y×D | 3 | 1.54$^{ns}$ | 687911$^{**}$ | 43.14$^{ns}$ | 0.00017$^{ns}$ | 0.26$^{ns}$ |
| خطای اصلی D×R(Y) | 18 | 1.61 | 28.29 | 28.90 | 0.00080 | 3.15 |
| روش کاشت planting method (S) | 1 | 4.40$^{ns}$ | 903723$^{**}$ | 103.64$^{ns}$ | 0.00002$^{ns}$ | 2685.0$^{*}$ |
| Y×S | 1 | 6.16$^{ns}$ | 13.28$^{ns}$ | 7.96$^{ns}$ | 0.00029$^{ns}$ | 1.33$^{ns}$ |
| D×S | 3 | 19.26$^{**}$ | 102005$^{ns}$ | 79.32$^{ns}$ | 0.00102$^{*}$ | 55.56$^{**}$ |
| Y×D×S | 3 | 0.20$^{ns}$ | 67985$^{**}$ | 14.07$^{ns}$ | 0.00011$^{ns}$ | 0.76$^{ns}$ |
| خطای فرعی S×R(YD) | 24 | 1.58 | 61.89 | 31.90 | 0.00046 | 3.22 |
| رقم Cultivar (C) | 2 | 14.81$^{*}$ | 6540.22$^{**}$ | 25.88$^{*}$ | 0.00067$^{ns}$ | 502.3$^{**}$ |
| Y×C | 2 | 0.31$^{ns}$ | 11.70$^{ns}$ | 0.46$^{ns}$ | 0.00018$^{ns}$ | 3.08$^{ns}$ |
| D×C | 6 | 6.56$^{*}$ | 1647$^{ns}$ | 32.93$^{ns}$ | 0.00153$^{*}$ | 11.83$^{**}$ |
| S×C | 2 | 3.90$^{*}$ | 31474$^{**}$ | 18.64$^{ns}$ | 0.00154$^{*}$ | 40.08$^{**}$ |
| Y×D×C | 6 | 0.98$^{ns}$ | 3941$^{**}$ | 18.87$^{ns}$ | 0.00024$^{ns}$ | 0.99$^{ns}$ |
| Y×S×C | 2 | 0.04$^{ns}$ | 0.22$^{ns}$ | 4.12$^{ns}$ | 0.00005$^{ns}$ | 0.40$^{ns}$ |
| D×S×C | 6 | 2.90$^{ns}$ | 3662$^{ns}$ | 7.40$^{ns}$ | 0.00072$^{ns}$ | 20.04$^{**}$ |
| Y×D×S×C | 6 | 1.01$^{ns}$ | 1909$^{**}$ | 18.30$^{ns}$ | 0.00016$^{ns}$ | 0.70$^{ns}$ |
| خطای باقی‌مانده Error 2 | 96 | 1.39 | 63.71 | 12.70 | 0.00081 | 3.41 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 17.84 | 1.27 | 19.91 | 24.73 | 2.87 |

$^{ns}$، $^{*}$ و $^{**}$ به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** mean non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

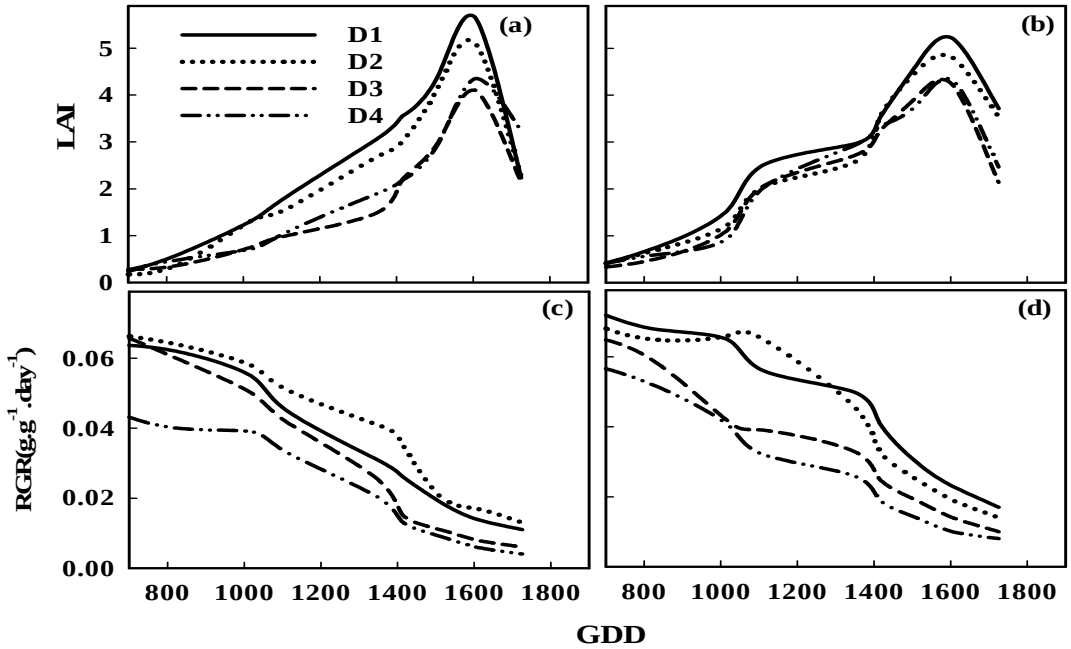
**ادامه جدول ۳-**

**Table 3**- Continued

| Source of Variation<br>منابع تغییر | درجه آزادی<br>df | تعداد پانیکول در بوته<br>Number panicle per plant | تعداد دانه در پانیکول<br>Number grain per panicle | وزن هزار دانه<br>1000 grain weight | عملکرد دانه<br>Grain yield | شاخص برداشت<br>Harvest index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year(Y) | 1 | 0.08$^{ns}$ | 0.70$^{ns}$ | 0.0001$^{ns}$ | 130860$^{ns}$ | 114.15$^{**}$ |
| بلوک (سال) Y (R) | 6 | 3.26 | 4.89 | 0.003 | 30679 | 4.20 |
| تاریخ کاشت Data planting(D) | 3 | 229.61$^{**}$ | 73.88$^{*}$ | 8.949$^{ns}$ | 27098063$^{*}$ | 2391.36$^{ns}$ |
| Y×D | 3 | 1.81$^{ns}$ | 2.99$^{ns}$ | 3.757$^{**}$ | 2450949$^{**}$ | 609.73$^{**}$ |
| خطای اصلی D×R(Y) | 18 | 4.93 | 12.62 | 0.010 | 5753 | 0.83 |
| روش کاشت planting method (S) | 1 | 341.33$^{ns}$ | 240.89$^{ns}$ | 0.237$^{ns}$ | 1033007$^{ns}$ | 214.80$^{ns}$ |
| Y×S | 1 | 4.08$^{ns}$ | 7.43$^{ns}$ | 3.013$^{**}$ | 1974248$^{**}$ | 181.35$^{**}$ |
| D×S | 3 | 3.72$^{ns}$ | 23.94$^{ns}$ | 3.600$^{ns}$ | 2507576$^{ns}$ | 820.38$^{**}$ |
| Y×D×S | 3 | 1.47$^{ns}$ | 4.99$^{ns}$ | 2.465$^{**}$ | 2351352$^{**}$ | 26.32$^{**}$ |
| خطای فرعی S×R(YD) | 24 | 1.96 | 5.65 | 0.016 | 8977 | 1.23 |
| رقم Cultivar (C) | 2 | 185.77$^{ns}$ | 67.41$^{ns}$ | 2.757$^{**}$ | 5708246$^{**}$ | 820.06$^{**}$ |
| Y×C | 2 | 11.40$^{*}$ | 28.37$^{*}$ | 0.001$^{ns}$ | 5260$^{ns}$ | 0.38$^{ns}$ |
| D×C | 6 | 24.72$^{**}$ | 37.05$^{*}$ | 0.024$^{ns}$ | 233601$^{**}$ | 17.58$^{ns}$ |
| S×C | 2 | 27.52$^{*}$ | 4.97$^{ns}$ | 0.002$^{ns}$ | 100307$^{ns}$ | 2.02$^{ns}$ |
| Y×D×C | 6 | 2.62$^{ns}$ | 7.08$^{ns}$ | 0.011$^{ns}$ | 12407$^{ns}$ | 18.79$^{**}$ |
| Y×S×C | 2 | 0.40$^{ns}$ | 9.42$^{ns}$ | 0.033$^{ns}$ | 51494$^{*}$ | 11.53$^{**}$ |
| D×S×C | 6 | 6.74$^{ns}$ | 5.98$^{ns}$ | 0.013$^{ns}$ | 73464$^{ns}$ | 19.26$^{*}$ |
| Y×D×S×C | 6 | 2.45$^{ns}$ | 6.77$^{ns}$ | 0.013$^{ns}$ | 24530$^{ns}$ | 3.06$^{ns}$ |
| خطای باقی‌مانده Error 2 | 96 | 2.78 | 7.15 | 0.013 | 14594 | 1.69 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 20.41 | 13.8 | 5.08 | 8.0 | 6.00 |

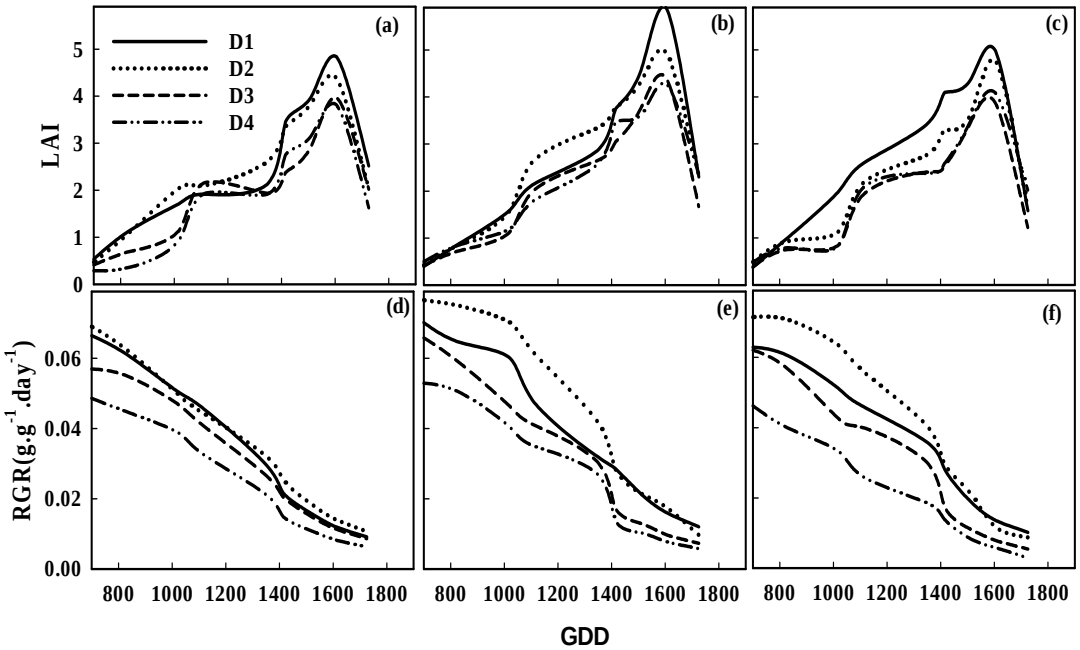
$^{ns}$، $^{*}$ و $^{**}$ به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** mean non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively




**شکل ۱**- روند تغییرات شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی کینوا در درجه-روزهای مختلف تحت تأثیر تاریخ کاشت × روش کاشت

**Figure 1**- Trend LAI and RGR of quinoa under GDD influenced by data and method planting

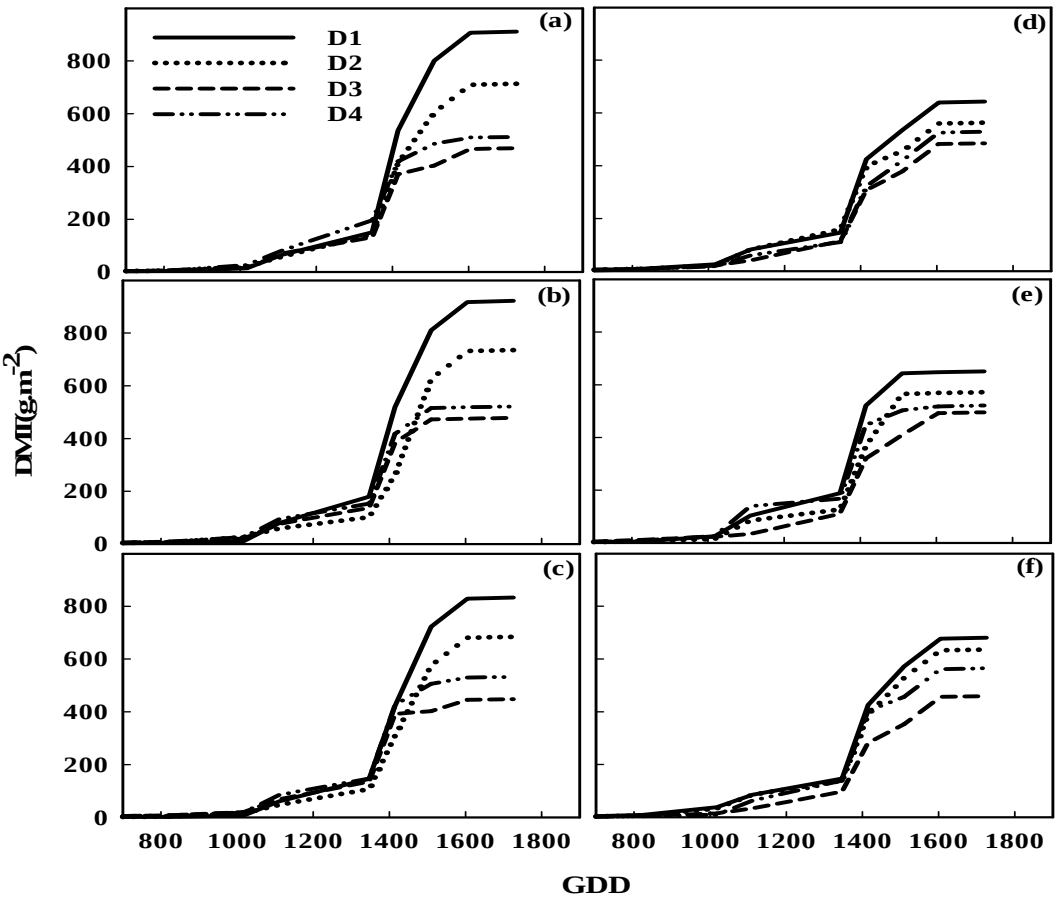



**شکل ۲**- روند تغییرات شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی محصول کینوا در زمان‌های بعد از کاشت تحت تأثیر تاریخ کاشت × رقم

**Figure 2** - Trend LAI and RGR quinoa under time after planting influenced by data planting × cultivar.

$D_1$؛ ۳۰ مهر، $D_2$؛ ۱۰ آبان، $D_3$؛ ۲۰ آبان و $D_4$؛ ۳۰ آبان، a و c: کاشت مستقیم و b و d: کاشت نشاء.

$D_1$; 22 Oct, $D_2$; 1 Nov, $D_3$; 11 Nov. and $D_4$; 21 Nov., a - c: seed, b - d: Transplanting




**شکل ۳**- روند تغییرات ماده خشک کینوا در درجه – روز مختلف تحت تأثیر تاریخ کاشت× روش کاشت ×رقم

**Figure** 3 – Trend dry matter quinoa under time after planting influenced by data ×method planting, ×cultivar

$D_1$؛ ۳۰مهر، $D_2$؛ ۱۰ آبان، $D_3$؛ ۲۰ آبان و $D_4$؛ ۳۰ آبان. a - d؛ رقم Giza1، b - e؛ رقم Q26، c - f؛ رقم Titicaca و نمودارهای سمت راست کشت نشا و سمت چپ کاشت بذر

D1; 22 Oct, D2; 1 Nov, D3; 11 Nov. and D4; 21 Nov., a - d: Giza1, b - e: Q26, c - f: Titicaca cultivar and right plots are Transplanting and left plots are seed planting.

**جدول ۴**- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا تحت تأثیر سال، تاریخ کاشت، روش کاشت و ژنوتیپ

**Table 4 -** Comparison of mean growth index, yield and yield component of quinoa under the influence of year, planting date, method and genotype

| تیمار Treatment | سطح Level | شاخص سطح برگ $LAI_{max}$ | ماده خشک $DMT_{max}$ ($g.m^{-2}$) | سرعت رشد محصول $CGR_{max}$ ($g.m^{-2}.day$) | تعداد روز تا گلدهی Flowering | تعداد پانیکول در بوته Number panicle per plant | تعداد دانه در پانیکول Number grain per panicle | وزن هزار دانه 1000grain weight (g) | عملکرد دانه Grain yield ($kg.h^{-1}$) | شاخص برداشت Harvest index (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | 2018 | 4.97[a] | 629.2[a] | 19.31[a] | 64.84[a] | - | - | - | - | 22.5[a] |
| | 2019 | 4.29[b] | 625.8[b] | 16.49[b] | 63.86[b] | - | - | - | - | 20.9[b] |
| تاریخ کاشت Data planting | ۳۰ مهر 22.Oct | 5.23[a] | - | - | 71.52[a] | 11.33[a] | 426.9[a] | - | 2585.2[a] | - |
| | ۱۰ آبان 1 Nov | 5.16[a] | - | - | 66.88[b] | 7.88[b] | 397.7[b] | - | 1445.3[b] | - |
| | ۲۰ آبان 11 Nov. | 4.08[b] | - | - | 62.54[c] | 6.50[d] | 315.8[d] | - | 934.3[d] | - |
| | ۳۰ آبان 21 Nov. | 4.06[b] | - | - | 56.48[d] | 6.96[c] | 378.2[c] | - | 1060.4[c] | - |
| روش کاشت Planting method | نشاء Transplanting | - | 558.9[b] | - | 60.61[b] | - | - | - | - | - |
| | بذر Seed | - | 696.1[a] | - | 68.09[a] | - | - | - | - | - |
| رقم Cultivar | Giza1 | 4.78[a] | 628.3[ab] | 17.32[a] | 65.53[b] | - | - | 4.45[b] | 1487.7[b] | 21.71[b] |
| | Q26 | 4.87[a] | 637.2[a] | 18.58[a] | 66.38[a] | - | - | 4.81[a] | 1813.8[a] | 25.26[a] |
| | Titicaca | 4.25[b] | 617.0[b] | 17.79[a] | 61.16[c] | - | - | 3.98[c] | 1217.3[c] | 18.10[c] |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The different letters in each column indicate a significant difference by Duncan's test at the 5% level.

**جدول ۵**- نتایج مقایسه میانگین شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی محصول تحت تأثیر تاریخ کاشت × روش کاشت و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تاثیر تاریخ کاشت × روش کاشت × سال

**Table 5-** Results of comparison of the mean of $LAI_{max}$ and $RGR_{max}$ influenced by planting date × method and wiehgt 1000 grain, grain yiled and harvest index influenced by planting date ×cultivar ×year

| تاریخ کاشت Planting date | روش کاشت Planting method | شاخص سطح برگ $LAI_{max}$ | سرعت رشد نسبی $RGR_{max}$ ($g.g^{-2}.day$) | وزن هزار دانه 1000 grain weight (g) | | عملکرد دانه Grain yield ($kg.h^{-1}$) | | شاخص برداشت Harvest index (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 |
| ۳۰ مهر 22.Oct | نشاء Transplanting | 5.21[b] | 0.064[cd] | 1.70[e] | 2.15[c] | 2700.6[b] | 1618.1[c] | 30.22[b] | 17.48[cd] |
| | بذر Seed | 5.65[a] | 0.074[a] | 2.19[c] | 3.00[b] | 3148.7[a] | 2873.2[a] | 40.53[a] | 34.72[a] |
| ۱۰ آبان 1.Oct | نشاء Transplanting | 4.80[cd] | 0.067[bc] | 3.03[b] | 1.85[de] | 967.3[d] | 1214.8[d] | 21.51[c] | 19.28[bc] |
| | بذر Seed | 5.11[bc] | 0.069[ab] | 3.27[a] | 3.19[a] | 1532.2[c] | 2066.7[b] | 29.30[b] | 21.21[b] |
| ۲۰ آبان 11 Nov. | نشاء Transplanting | 4.22[ef] | 0.067[bc] | 2.11[c] | 2.12[c] | 895.4[d] | 926.2[e] | 10.97[e] | 18.80[bc] |
| | بذر Seed | 4.10[f] | 0.066[bc] | 1.90[d] | 2.01[cd] | 867.3[d] | 924.7[e] | 11.98[e] | 16.88[d] |
| ۳۰ آبان 21 Nov. | نشاء Transplanting | 4.35[de] | 0.058[d] | 1.78[de] | 1.65[f] | 1128.6[d] | 1199.0[d] | 19.99[cd] | 21.00[b] |
| | بذر Seed | 4.39[de] | 0.044[e] | 1.68[e] | 1.69[ef] | 1019.0[d] | 1018.8[de] | 17.17[d] | 19.01[bc] |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The different letters in each column indicate a significant difference by Duncan's test at the 5% level.

**جدول ۶**- نتایج مقایسه میانگین شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی محصول، اجزای عملکرد دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت × رقم و شاخص برداشت تحت تاثیر تاریخ کاشت × رقم× سال

**Table 6**- Results of comparison of the mean of $LAI_{max}$, $RGR_{max,}$ yield component, grain yield influenced by planting date × method and harvest index influenced by planting date ×cultivar× year

| تاریخ کاشت Planting date | رقم Cultivar | شاخص سطح برگ $LAI_{max}$ | سرعت رشد نسبی $RGR_{max}$ ($g.g^{-1}.day$) | تعداد پانیکول در بوته Number panicle per plant | تعداد دانه در پانیکول Number grain per panicle | عملکرد دانه Grain yield ($kg.h^{-1}$) | شاخص برداشت Harvest index (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 2018 | 2019 |
| ۳۰ مهر 22.Oct | Giza1 | $4.83^{bc}$ | $0.068^{bc}$ | $11.13^{ab}$ | $435.9^{b}$ | $2538.5^{ab}$ | $26.4^{ab}$ | $34.8^{ab}$ |
| | Q26 | $5.88^{a}$ | $0.073^{ab}$ | $13.88^{a}$ | $499.8^{a}$ | $3058.6^{a}$ | $30.5^{a}$ | $38.8^{a}$ |
| | Titicaca | $4.97^{b}$ | $0.063^{bcd}$ | $9.00^{bc}$ | $454.9^{b}$ | $2158.3^{b}$ | $21.4^{bc}$ | $32.6^{b}$ |
| ۱۰ آبان 1. Nov | Giza1 | $4.39^{cd}$ | $0.071^{ab}$ | $6.50^{cd}$ | $375.7^{cd}$ | $1455.7^{cd}$ | $20.2^{bc}$ | $26.8^{bc}$ |
| | Q26 | $4.93^{b}$ | $0.077^{a}$ | $8.75^{bc}$ | $425.3^{b}$ | $1762.9^{c}$ | $23.7^{b}$ | $30.8^{b}$ |
| | Titicaca | $4.76^{bc}$ | $0.071^{ab}$ | $5.63^{de}$ | $333.6^{de}$ | $1117.2^{de}$ | $16.8^{cd}$ | $18.6^{d}$ |
| ۲۰ آبان 11 Nov. | Giza1 | $3.96^{ef}$ | $0.057^{cde}$ | $6.25^{cd}$ | $317.9^{ef}$ | $923.3^{ef}$ | $17.0^{cd}$ | $10.8^{e}$ |
| | Q26 | $4.39^{cd}$ | $0.068^{bc}$ | $8.38^{bc}$ | $348.3^{de}$ | $1109.8^{de}$ | $20.6^{bc}$ | $12.2^{e}$ |
| | Titicaca | $3.87^{f}$ | $0.063^{bcd}$ | $4.88^{e}$ | $281.1^{f}$ | $769.9^{f}$ | $14.3^{d}$ | $8.5^{e}$ |
| ۳۰ آبان 21 Nov. | Giza1 | $3.81^{f}$ | $0.050^{de}$ | $7.63^{cd}$ | $326.1^{de}$ | $1033.5^{de}$ | $19.9^{bc}$ | $17.7^{d}$ |
| | Q26 | $4.27^{de}$ | $0.053^{de}$ | $10.13^{ab}$ | $455.7^{b}$ | $1323.8^{cd}$ | $23.6^{b}$ | $22.0^{cd}$ |
| | Titicaca | $4.08^{ef}$ | $0.049^{e}$ | $5.88^{de}$ | $330.2^{de}$ | $824.1^{ef}$ | $16.6^{cd}$ | $16.0^{de}$ |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The different letters in each column indicate a significant difference by Duncan's test at the 5% level.

**جدول ۷**- نتایج مقایسه میانگین شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی محصول و تعداد پانیکول در بوته تحت تأثیر روش کاشت × رقم و عملکرد دانه تحت تاثیر روش کاشت × رقم× سال

**Table 7**- Results of comparison of the mean of $LAI_{max}$, $RGR_{max,}$ and number panicle per plan influenced by planting method × cultivar and grain yield influenced by planting method ×cultivar× year

| روش کاشت planting method | رقم Cultivar | شاخص سطح برگ $LAI_{max}$ | سرعت رشد نسبی $RGR_{max}$ ($g.g^{-1}.day$) | تعداد پانیکول در بوته Number panicle per plant | عملکرد دانه Grain yield ($kg.h^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 2018 | 2019 |
| نشاء Transplanting | Giza1 | $5.31^{b}$ | $0.061^{b}$ | $6.88^{cd}$ | $1441.4^{bc}$ | $1342.0^{cd}$ |
| | Q26 | $5.61^{a}$ | $0.066^{b}$ | $7.88^{bc}$ | $1776.3^{ab}$ | $1587.2^{bc}$ |
| | Titicaca | $4.56^{c}$ | $0.057^{c}$ | $5.75^{d}$ | $1138.8^{c}$ | $1143.7^{d}$ |
| بذر Seed | Giza1 | $5.47^{ab}$ | $0.063^{b}$ | $10.00^{ab}$ | $1480.1^{bc}$ | $1687.5^{b}$ |
| | Q26 | $5.66^{a}$ | $0.072^{a}$ | $11.56^{a}$ | $1818.0^{a}$ | $2073.6^{a}$ |
| | Titicaca | $5.15^{b}$ | $0.062^{b}$ | $6.94^{cd}$ | $1226.5^{c}$ | $1360.3^{cd}$ |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The different letters in each column indicate a significant difference by Duncan's test at the 5% level.

**جدول ۸**- مقایسه میانگین عملکرد و برخی اجزای عملکرد، تحت تأثیر تاریخ کاشت ×روش کاشت ×رقم و ماده خشک تحت تأثیر اثر متقابل چهارگانه تاریخ کاشت × روش کاشت × رقم × سال

**Table 8-** Results of comparison of the mean of yield and some yield component under the influence of three effects, planting date × method ×cultivar and dry matter ($DMT_{max}$) under the influence of the four-way interactions of planting date × method × cultivar × year

| تاریخ کاشت planting date | روش کاشت Planting method | رقم Cultivar | ماده خشک $DMT_{max}$ ($g.m^{-2}$) 2018 | ماده خشک $DMT_{max}$ ($g.m^{-2}$) 2019 | تعداد روز تا گلدهی Flowering | شاخص برداشت Harvest Index (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۳۰ مهر 22.Oct | نشاء Transplanting | Giza1 | $695.2^{g}$ | $853.0^{c}$ | $65.7^{ef}$ | $22.80^{ef}$ |
| | | Q26 | $702.6^{g}$ | $898.1^{b}$ | $67.7^{d}$ | $27.41^{cd}$ |
| | | Titicaca | $784.9^{f}$ | $812.3^{d}$ | $65.2^{fg}$ | $21.34^{e-h}$ |
| | بذر Seed | Giza1 | $924.2^{b}$ | $924.7^{a}$ | $77.6^{b}$ | $38.43^{a}$ |
| | | Q26 | $937.0^{a}$ | $933.0^{a}$ | $79.8^{a}$ | $41.80^{a}$ |
| | | Titicaca | $854.0^{d}$ | $906.4^{b}$ | $72.8^{c}$ | $32.64^{b}$ |
| ۱۰ آبان 1. Nov | نشاء Transplanting | Giza1 | $593.7^{h}$ | $591.0^{g}$ | $65.0^{fg}$ | $20.34^{e-i}$ |
| | | Q26 | $604.2^{h}$ | $599.3^{g}$ | $64.0^{gh}$ | $24.03^{de}$ |
| | | Titicaca | $578.3^{i}$ | $575.8^{h}$ | $60.5^{k}$ | $16.82^{ijk}$ |
| | بذر Seed | Giza1 | $902.6^{c}$ | $692.0^{f}$ | $72.7^{c}$ | $26.70^{cd}$ |
| | | Q26 | $910.9^{c}$ | $783.2^{e}$ | $72.0^{c}$ | $30.46^{bc}$ |
| | | Titicaca | $816.6^{e}$ | $700.3^{f}$ | $67.0^{de}$ | $18.60^{g-j}$ |
| ۲۰ آبان 11 Nov. | نشاء Transplanting | Giza1 | $533.5^{j}$ | $524.5^{i}$ | $61.8^{ijk}$ | $15.06^{jkl}$ |
| | | Q26 | $538.3^{j}$ | $532.7^{i}$ | $62.7^{hi}$ | $18.08^{g-k}$ |
| | | Titicaca | $515.2^{k}$ | $512.2^{j}$ | $53.8^{m}$ | $12.51^{l}$ |
| | بذر Seed | Giza1 | $443.7^{qr}$ | $431.4^{p}$ | $52.7^{mn}$ | $14.74^{l}$ |
| | | Q26 | $488.0^{lm}$ | $486.2^{k}$ | $55.7^{l}$ | $16.74^{kl}$ |
| | | Titicaca | $434.3^{r}$ | $439.6^{op}$ | $51.8^{n}$ | $12.31^{l}$ |
| ۳۰ آبان 21 Nov. | نشاء Transplanting | Giza1 | $485.6^{m}$ | $484.5^{kl}$ | $62.5^{hi}$ | $17.54^{ijk}$ |
| | | Q26 | $498.3^{l}$ | $492.8^{k}$ | $60.6^{jk}$ | $21.88^{efg}$ |
| | | Titicaca | $460.8^{op}$ | $456.2^{n}$ | $55.6^{l}$ | $14.85^{jkl}$ |
| | بذر Seed | Giza1 | $470.2^{no}$ | $468.2^{m}$ | $64.0^{gh}$ | $20.08^{f-i}$ |
| | | Q26 | $480.0^{mn}$ | $476.4^{lm}$ | $66.2^{fg}$ | $23.68^{def}$ |
| | | Titicaca | $449.1^{pq}$ | $446.7^{o}$ | $62.2^{ij}$ | $17.74^{ijk}$ |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار توسط آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

The different letters in each column indicate a significant difference by Duncan's test at the 5% level

## References منابع مورد استفاده


- Aalehi, M., and F. Dehghani. 2017. Quinoa: Pseudo-cereals suitable for saline water. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Amouzesh Keshavari Press. 32p. (In Persian).
- Alvaro, F., J. Isidro, D. Villegas, and L.F. Garcia Del Moral. 2008. Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in mediterranean durum wheat. *Agronomy Journal.* 100: 361-370.
- Badran, M.S.S. 2001. Effect of transplanting and seedling age on grain yield and its components of some maize cultivars. *Alexandria Journal Agriculture Research*. 46(2): 47–56.
- Bagheri, M. 2018. Quinoa cultivation. Ministry of Agriculture Press. Tehran, Iran. (In Persian)
- Bakhshandeh, A.M., A. Shengari, M.H. Gharine, and Gh. Fathi. 2015. Effect of delay in planting and nitrogen levels on grain yield of morphological traits and chlorophyll index of rapeseed under weather conditions of Ahwaz. *Journal Agriculture Research.* 1: 69-73. (In Persian)
- Bertero, H. 2003. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*. 19: 87-97.
- Carrotero, R., R.A. Serrago, M.O. Bancal, A.E. Perello, and D.J. Miralles. 2010. Absorbed radiotion and radiation use efficiency as effected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *Field Crops Research*. 116: 184-195.
- Chimenti, C.A., and A.S. Hall. 2002. Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. *Field Crops Research*. 72(3):177-184.
- Dao, A., J. Alvar-Beltr, A. Gnanda, A. Guira, L. Nebie, and J. Sanou. 2020. Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal Agriculture Research.* 16(9):1325-1333.
- Ehteshami, M.R., A. Tehrani, and B. Samadi. 2015. Effect of planting date on some phenological, morphological characteristics, yield and yield components of five rapeseed cultivars. *Applied Field Crops Research*. 28(4): 111-120. (In Persian).
- Estakhr, A., and R. Choukan. 2006. Effects of planting date and density of female parent B73 on hybrid seed production of KSC704 in Fars province. *Seed and Plant Improvement Journal*. 22(2):167-183. (In Persian).
- Fathi, A., and F. Kardoni, 2020. The importance of quinoa (*Quinoa Chenopodium* willd.) cultivation in developing countries: a review. *Cercetări Agronomice în Moldova*. 3(183): 337-356
- Garcia, M., B. Condori, and C.D. Castillo. 2015. Agroecological and agronomic cultural practices of quinoa in South America. In: Murphy, K., J. Matanguihan. (eds.), and Quinoa*:* Improvement and Sustainable Production. John Wiley and Sons, Inc. pp. 25-46
- Gharineh, M.H., M. Bakhshandeh, B. Andarzian, and M. Shirali. 2019. Investigation

of the effect of planting date and irrigation regimes on morphological characteristics and yield of Chenopodium quinova Willd. In Khuzestan climate. *Iranian Journal of Crop Science*. 50(3):149-156. (In Persian).

- Ghorbani, H., M. Barmaki, and Y. Khirizade. 2015. Study of potato mini-tube yield in direct cultivation and transplanting. *Science Technology Greenhouse Cultivation*. 6 (22): 121-132. (In Persian).
- Hinojosa, L., J.B. Matanguihan, and K.M. Murphy. 2019. Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and seed yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 205: 33-45.
- Hirich, A., R. ChoukrAllah, and S.E. Jacobsen. 2014. Quinoa in morocco effect of sowing dates on development and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 200: 371-377.
- Hossini, H., A. Rahmi-karizki, and A. Biaban. 2020. Evaluation of changes in physiological growth and yield indices of *Chenopodium quinoa* Willd under the influence of different planting dates. *Journal of Crop Production*. 3 (2):99-116. (In Persian)
- Jafari, H. 2020. Investigation of cotton transplanting and pyramid cultivation in increasing water use efficiency (Case study of North Khorasan province). *Journal of Irrigation and Water Engineering*.11(42): 224-237. (In Persian)
- Jafari-Haghighi, B. 2009. A study on the relationship between grain yield and its components at suitable seed density in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) using path analysis. *Plant Ecophysiology.* 1(2):14-25. (In Persian).
- Javadi, H., M.H. Rashed Mohasel, Gh.R. Zamani, E. Azari Nasr Abadi, and Gh.R. Musavi. 2006. Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 4: 253-265. (In Persian).
- Kirland, K.G., and E.N. Johnson. 2000. Alternative seeding dates affect Canola (*Brassica napus*) yield and quality. *Canadian Journal of Plant Science*. 80(4): 713-719.
- Lavini, A., C. Pulvento, R. Andria, M. Riccardi, R. Choukr-Allah, O. Belhabib, A. Yazar, C. Incekaya, S. Metin Sezen, M. Qadir, and S.E. Jacobsen. 2014. Quinoa's potential in the mediterranean region. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 200: 344-360.
- Ludvigson, K., J.P. Reganold, and K. Murphy. 2019. Sustainable intensification of quinoa production in peri-urban environments in western Washington state utilizing transplant vs. direct-seed methods. *International Journal of Agriculture Natural Research*. 46(2): 100-112.
- Majidian, M. 2008. Effects of nitrogen fertilizer, manure and water stress in agro systems during different growth stages on quantities and qualitative agronomic characteristics of corn (*Zea mays* L.) Ph.D. Thesis. Tarbiat Modaress University, Tehran, Iran. (In Persian).
- Morrison, M.J., and D.W. Stewart. 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. *Crop Science.* 42: 797-803

- Mustafa, T.A.N., and S. Temel. 2018. Performance of some quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in different climate conditions. *Turkish Journal of Field Crops*. 23(2): 180-186
- Nurse, R.E., K. Obeid, and E.R. Page. 2016. Optimal planting date, row width, and critical weed-free period for grain amaranth and quinoa grown in Ontario, Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 96: 360-366.
- Saeidi, S., A. Siadat, A. Mushatati, M.R. Moradi Telavat, and N.A. Sepahvand. 2020. Effect of planting time and amount of nitrogen fertilizer on growth, grain yield and nitrogen use efficiency of Chenopodium quinoa Willd in Ahvaz. *Iranian Journal of Crop Science*. 21(4):354-367. (In Persian).
- Salehi, M., V. Soltani, and F. Dehghani. 2019. The effect of planting date on phenological stages and yield of quinoa seed (*Chenopodium quinoa* Willd) in saline conditions. *Environmental Stresses Agriculture Science.* 12(3): 923-932. (In Persian).
- Samadzadeh, A.R., Gh. Zamani, and H.R. Falahi. 2020. Feasibility study of new quinoa production in climatic conditions of South Khorasan under the influence of planting date and planting density. *Journal of Agriculture Applied Research*. 33 (1):82-104. (In Persian).
- Sepahvand, N.A., and F. Sheikh. 2011. Familiarity with the new quinoa plant. National Conference on Natural Products and Medicinal Plants. 4-5 Oct. Bojnourd. (In Persian).
- Sepahvand, N.A., M. Tavazoa, and M. Kohbazi. 2010. Quinoa valuable plant for alimentary security and adaptation agricultural in Iran. 11th National Iranian Crop Science Congress. 24-26 Jul. Tehran. (In Persian)
- Small, E. 2013. Quinoa is the United Nations' featured crop of 2013 bad for biodiversity? Biodiversity. 14(3): 169-179.
- Tahmasebi, S.Z., and M. Kordi. 2001. Evaluation of cotton transplanting in saline soils. 10th Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy. 2: 26-37.
- Tavosi, M., and N.A. Sepahvand. 2014. Effect of planting date on yield and phenological and morphological characteristics of different genotypes of new quinoa in Khuzestan. The First International Congress and the 13th Iranian Genetics Congress, Tehran. https://civilica.com/doc/328023. (In Persian).
- Weeden, B.R. 2000. Potential of sugar beet on the Atherton tableland. Rural industries research and Development Corporation. 102 p.
- Zareei Siahbidi, A., A. Rezaeizad, A. Asgari, and A.H. Shirani Rad. 2021. Evaluation of the response of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars to delay sowing dates. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15(2): 251-264.

**Research Article** DOI:10.30495/JCEP.202201911931.1721

# Growth Index, Yield and Yield Components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Cultivars Affected by Date and Method of Planting at Ahvaz Region

**Mehrnoosh Golabi[1], Shahram Lak[1*], Abdolali Gilani[1, 2], Mojtaba Alavi Fazel[1] and Aslan Egdernezhad[3]**

*Received: May 2021 , Revised: 27 June 2021, Accepted: 3 July 2021*

## Abstract

The most important component compatible with climatic diversity in agriculture is the planting date, which has the greatest impact on the phenological characteristics of the plant. Planting date is determined based on cultivar and climate of each region. In order this study was conducted to investigate the effect of seed and transplanting method on yield and yield components of quinoa cultivars in different planting dates in Ahvaz climatic conditions. The experiment as a split split plot in a randomized complete block design with four replications in crop years 2018-2019 and 2019-2020. Planting date was taken as the main factor in four levels (22 October, 1 November, 11 November and 21 November) and sub factor including planting method (transplanting and seed planting) and sub-sub factor also Quinoa cultivars (Giza1, Q26 and Titicaca). The results showed that delay in planting date reduced growth index (22, 39 and 26% LAI, DM and CGR recpectively), days to flowering (21%) and grain yield components (number of panicles per plant (42%), number grain per panicle (26%) and 1000-grain weight (21%)), grain yield (63%) and harvest index (54%) in quinoa. The highest value of these traits was related to the date of first sowing (October 22) and it was also found that transplanting in early sowing date is weaker than seed sowing but in late sowing date is better than seed sowing and reduces the negative effects of late sowing. Among the studied cultivars, Q26 cultivar was more acceptable in terms of growth rate (LAI (4.87), DMT (637.3 g. $m^{-2}$), CGR (18.58 g. $m^{-2}$.day) and yield components (number of panicles per plant (9.72) and 1000-grain weight (4.81 g)) and grain yield (1813 kg. $h^{-1}$) than the other two cultivars. The highest grain yield (3058 kg.$ha^{-1}$) belonged to Q26 cultivar on 30 October planting and 22 October planting and seed sowing (3148 kg.$ha^{-1}$) and the lowest grain yield (769 kg.$ha^{-1}$) belonged to Titicaca cultivar on 11 and 21 November planting. In general, it was observed that the sowing date in early autumn was suitable for planting different cultivars of quinoa in Khuzestan province due to the longer growing season and Transplantation at this date of sowing did not have much advantage in terms of yield compared to seed sowing, but in the date of delayed sowing reduces the negative effects.

**Key words**: Delayed sowing, Grain yield, 1000-seed weight, Transplantation, Quinoa.

1- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Department of Seed and Plant Improvement Research, Khuzestan Agricultural and Natural Resources and Extension Center, AREEO, Ahvaz, Iran.
3- Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
**Corresponding Author: sh.lack@yahoo.com*