Archive of SID.ir

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 2, Summer 2021 (41-49)
DOI: 10.22059/IJFCS.2020.303866.654725

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰ (ص۴۹-۴۱)

پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف کینوا (*Chenopodiumquinoa*) به تاریخ کاشت از نظر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در شهرستان گرمسار

فرزانه فاضلی[۱]، غلامعلی اکبری*[۲]، غلامعباس اکبری[۲]، علی نادری عارفی[۳] و فاطمه بناکاشانی[۴]
۱و۲و۴- به‌ترتیب دانشجو، دانشیار واستادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۵)

چکیده

به‌منظور بررسی امکان تولید گیاه کینوا در منطقه گرمسار، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان گرمسار انجام شد. در این آزمایش، فاکتور اول، تاریخ کاشت در سه سطح ۱۵ اسفند، یک و ۱۵ فروردین و فاکتور دوم، سه ژنوتیپ کینوا (Q26، Q29 و Titicaca) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تاریخ کاشت برای کلیه صفات مورد بررسی، بجز شاخص برداشت معنی‌دار بود. همچنین، ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی بجز طول خوشه با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. رقم Titicaca در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، بالاترین عملکرد را داشت (۲۲۷۶ کیلوگرم در هکتار). با تاخیر در کاشت بهاره، میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاهش یافت. تاریخ کشت ۱۵ فروردین، باعث کاهش قابل توجه کلیه صفات مورد بررسی به‌ویژه عملکرد (کاهش حدود ۵۰ درصد) نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر شد. نتایج همبستگی ساده فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که عملکرد دانه در هکتار، بیشترین همبستگی را با عملکرد در بوته (۰/۸۷۷) و سپس به‌ترتیب با شاخص سطح برگ (۰/۸۳۲)، وزن خوشه (۰/۸۱۵) و تعداد شاخه در بوته (۰/۷۴۵) داشت.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد دانه، کینوا، کشت بهاره.

Response of different quinoa (*Chenopodiumquinoa*) genotypes to planting date in terms of morphological traits, yield and yield components in Garmsar region

Farzane Fazeli[1], Gholam Ali Akbari *[2], Gholam Abbas Akbari [2], Ali Naderi Arefi [3], Fateme Benakashani[4]
1,2,4. Department of Agriculture and Plant Breeding, Aburaihan Campus of University of Tehran,
3. Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin
(Received: June 8, 2020- Accepted: August 26, 2020)

ABSTRACT

In order to investigate the possibility of quinoa producing in Garmsar, Iran, a factorial experiment conducted in randomized complete block design with three replications in 2018-2019 growing season at Garmsar Agricultural Research Station. The factors were planting date at three levels (March 6th, April 1st and April 6th) and the three genotypes of quinoa (Q26, Q29 and Titicaca). Results showed that the effect of planting date was significant for all studied traits except the harvest index. Also, all studied traits were significantly different in all genotypes. Titicaca planted on March 6th had the highest yield (2276 kg.ha-1).The grain yield and yield components decreased with the delaying the planting date. Compared to early plantings, Latest date, April 6th, led to reduction of all traits, especially grain yield (about 50%). The results of simple phenotypic correlation between the studied traits showed that grain yield per hectare had the highest correlation with plant yield (0.877) and then with leaf area index (0.832), panicle weight (0.815) and number of branches per plant (0.745) that was significant at the 1% probability level.

Keywords: Harvest index, planting date, quinoa, seed yield, spring planting.

* Corresponding author E-mail: gakbari@ut.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر و در بعد جهانی، تغییرات محیطی در برخی مناطق به سطح بحرانی رسیده است و تهدیدی جدی برای عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. از طرفی، افزایش جمعیت و نیاز به غذای بیش‌تر، فشار مضاعفی بر محیط زیست، خصوصا منابع آب و اکوسیستم‌های زراعی وارد می‌کند. افزایش گازهای گلخانه‌ای، موجب افزایش گرمایش جهانی شده است و دانشمندان اعتقاد دارند که این تحولات، موجب تغییرات آب و هوایی، طول فصول، شدت و الگوی بارش می‌شود و تولید محصولات استراتژیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، بهترین راهکار، سازگاری با شرایط موجود از طریق معرفی گیاهانی با نیاز آبی کم، مقاوم به تنش شوری و سازگار به تغییرات اقلیمی جدید است.

یکی از گیاهانی که امروزه به علت تغییرات شرایط موجود مورد توجه قرار گرفته است، گیاه کینوا می‌باشد (Salehi & Dehghani, 2018). کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی دو لپه‌ای، آلوتتراپلوئید (2n=4x=36)، از خانواده تاج خروس، سه کربنه و هالوفیت اختیاری است که جزو گروه شبه غلات دسته بندی می‌شود (Adolf, *et al.*, 2012). بسته به رقم و اقلیم، طول دوره زندگی این گیاه، بین ۱۰۰ تا ۲۴۰ روز است. تنوع بالای کینوا از نظر مقاومت به تنش شوری و خشکی موجب شده است که این گیاه، سازگاری وسیعی به شرایط مختلف اقلیمی داشته باشد (Bhargava, *et al.*, 2007). کینوا یک گیاه غالبا خود گرده‌افشان است و میزان دگرگرده‌افشانی در آن، بین ۱۰تا ۱۷ درصد است (Gomez & Pando, 2015).

کینوا حدود ۵۰۰۰ سال در منطقه آند کشت شده است (Martinez, *et al.*, 2015) و بیش‌ترین سطح زیر کشت این گیاه در بولیوی (۱۰۰ هزار هکتار)، بیش‌تر در جنوب کشور و نزدیک نمک‌زارها است (Garcia, *et al.*, 2015). این گیاه به عنوان یک گیاه جدید در نقاط مختلف مانند اروپا، آمریکای شمالی، آفریقا، پاکستان، چین، امارات و هند با موفقیت کشت شده است (FAO, 2013).

کینوا بدون گلوتن است و غذای مناسبی برای افراد مبتلا به اختلال خودایمنی روده باریک (سلیاک) است و دانه کامل آن به دلیل کم بودن شاخص گلیسمیک، از دیابت نوع ۲ جلوگیری می‌کند و می‌تواند جایگزین غلات معمول در رژیم غذایی افراد دیابتی شود. میزان پروتئین دانه این گیاه بین ۱۳/۸۱ تا ۲۱/۹ درصد است و تنها گیاهی است که کل آمینواسیدهای ضروری بدن را تامین می‌کند (FAO, 2011). تعادل آمینواسیدهای کینوا بهتر از گندم، جو و سویا است. کینوا سرشار از ویتامین E و امگا سه است. میزان سدیم آن پایین‌تر و پروتئین و مواد معدنی آن به مراتب بالاتر از گندم، جو و ذرت است. دانه این گیاه با داشتن میزان قابل توجهی آهن و اسیدفولیک، غذای مناسبی برای افرادی است که دسترسی کمی به پروتئین حیوانی دارند و ناچارند پروتئین مورد نیاز خود را از منابع گیاهی تامین کنند. کینوا غنی از لیزین و اسیدهای آمینه سولفوردار است؛ درحالی‌که پروتئین غلات از لحاظ این آمینواسیدها کمبود دارد. آرد کینوا به دلیل این که در هنگام ترکیب با آرد گندم یا پودر ذرت، به عنوان توسعه دهنده نشاسته عمل می‌کند در تولید بیسکوئیت، نان و غذاهای فرآوری شده استفاده می‌شود. میزان روغن کینوا (۱/۸ تا ۹/۵ درصد) بالاتر از ذرت (سه-چهار درصد) است. ۷۰ درصد روغن کینوا، غیراشباع و ۵۵ تا ۶۳ درصد آن امگا سه، لینولئیک و لینولنیک اسید است (Vega-G-lvez,*et al.*, 2010).

تعیین تاریخ کاشت مناسب، از مهم‌ترین عملیات زراعی برای بهبود درصد سبز و دستیابی به بیشینه عملکرد در این گیاه است. تاریخ کشت مناسب کینوا، بستگی زیادی به دو عامل اقلیم و رقم دارد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کینوا در تاریخ‌های مختلف کاشت سبز می‌شود، ولی حساس‌ترین مرحله رشدی کینوا به تاریخ کاشت، مرحله گرده افشانی است. تاریخ کاشت کینوا در مناطق مختلف باید طوری تنظیم شود که در مرحله گرده افشانی، میانگین دمای هوا ۲۵-۱۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

درجه سانتی‌گراد باشد. در صورت کم‌تر یا بیش‌تر بودن میانگین دما از ۲۰ درجه سانتی‌گراد، عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Salehi & Dehghani, 2018). درحالی‌که حساسیت ژنوتیپ‌های مناسب برای عرض‌های جغرافیایی بالا (کشورهای اروپایی و آمریکا) به طول روز باید کمتر باشد، کینوا در کشورهای دانمارک، ایتالیا و ترکیه به‌صورت بهاره کشت می‌شود، به‌طوری‌که در این مناطق در زمان رسیدگی کینوا، طول روز ۱۶-۱۵ ساعت است (Razzaghi, 2011, Bazile *et al*., 2013, Lavini *et al*., 2014). اختلاف در پاسخ ژنوتیپ‌های موجود در ژرم‌پلاسم کینوا به تاریخ کاشت تحت شرایط مختلف امری واضح و روشن است. در بسیاری از کشورها، عملکرد کینوا تحت شرایط مختلف آب و هوایی و با توجه به تاریخ کاشت، متفاوت بوده است (Awadalla & Morsy, 2017). به دلیل تنوع اقلیمی ایران، یکی از موارد قابل توجه، بررسی اثر تاریخ کاشت به‌عنوان مهم‌ترین عامل موثر در سازگاری و افزایش عملکرد گیاه کینوا است؛ بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تعیین تاریخ کاشت و ژنوتیپ مناسب کینوا در شهرستان گرمسار و به دنبال آن بررسی شاخص‌های رشد و عملکرد صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی شامل بذرهای سه ژنوتیپ گیاه جدید کینوا (جدول ۱) که زودرس بودند و در آزمایشات مقدماتی ایستگاه، مناسب تشخیص داده شدند و همچنین دارای تنوع رسیدگی و عملکرد بودند، از موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج تهیه شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان گرمسار، با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی‌متر و ارتفاع ۸۵۰ متر از سطح دریا و دارای اقلیم گرم و خشک انجام شد. فاکتور اول شامل سه سطح تاریخ کشت (۱۵ اسفند ۱۳۹۷، یک و ۱۵ فروردین ۱۳۹۸) و فاکتور دوم، سه ژنوتیپ کینوا (Q26، Q29 و Titicaca) بود. پیش از انجام آزمایش، از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تعیین شد. خاک مزرعه دارای بافت سیلتی لومی با اسیدیته ۸/۵ و هدایت الکتریکی ۷/۴ دسی زیمنس بر متر بود. پس از عملیات معمول برای آماده سازی کشت از قبیل شخم، دیسک و فاروئر، عملیات کود دهی زمین انجام شد. کشت به‌صورت دستی و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و در دو طرف پشته انجام شد. پس از سبز شدن و با تنک کردن تنک بوته‌های اضافهفاصله بوته های روی ردیف هشت سانتیمتر شد. هر کرت متشکل از چهار ردیف کشت به طول هشت متر بود. بین دو کرت، یک پشته نکاشت گذاشته شد و فاصله تکرارها از هم، یک متر در نظر گرفته شد.

جدول ۱- اطلاعات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در آزمایش

Table1. Information of the studied Genotypes in the experiment

Genotype name	Origin	Year of entry / production	Source
TITICACA	Denmark	2016	Final Report Quinoa TCP
CHILE 2011-FAO (Q26)	FAO	2013	Final Report Quinoa TCP
CHILE 2011-FAO (Q29)	FAO	2013	Final Report Quinoa TCP

با توجه به نیاز پایین کینوا به تغذیه کودی و نتیجه آزمایش خاک، در ابتدای غنچه‌دهی و اوایل گل‌دهی، از کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به میزان ۱۰ کیلو در هکتار به‌صورت کود آبیاری استفاده شد تا با توجه به دوره رویشی کوتاه کینوا، اسیدیته ۷/۴۲ و هدایت الکتریکی ۱۱/۷، جذب عناصر غذایی بهتر انجام شود (جدول ۲). آبیاری به‌صورت نشتی و در چهار نوبت در مراحل جوانه‌زنی، استقرار اولیه، اوایل گل‌دهی و پر شدن دانه انجام شد.

کاشت با دست در تاریخ‌های یاد شده انجام شد و مبارزه با علف‌های‌هرز در طول فصل رشد در مواقع

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

لازم به‌صورت وجین دستی انجام شد. صفاتی که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت شامل شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول و وزن خوشه، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته و در هکتار، عملکرد زیستی و شاخص برداشت بود. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، نمونه‌برداری از مرحله سه برگی بوته‌ها، به فواصل هر ۲۰ روز یک بار انجام گرفت. در نمونه‌برداری، دو ردیف کناری به عنوان اثر حاشیه حذف و دو خط وسط هر کرت برای تعیین عملکرد، دست نخورده باقی ماند. سطح برگ بوته‌های انتخابی، توسط دستگاه سطح برگ سنج (Leaf Area Meter) اندازه‌گیری شد و سپس به سطح مورد نظر تعمیم داده شد. همچنین پس از تعیین شاخص سطح برگ، نمونه بوته‌های گرفته شده به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شد تا در محاسبه سایر شاخص‌های رشد مورد استفاده قرار گیرد. پس از رشد کامل گیاهان و رسیدگی فیزیولوژیک و پس از حذف اثر حاشیه، یک مترمربع از هر کرت انتخاب شد و تعداد بوته‌های موجود در آن شمارش شد. برای تعیین عملکرد زیستی، پس از حذف حاشیه، کل بوته‌های موجود در هر کرت برداشت و توزین شد. سپس خوشه‌ها از اندام‌های رویشی جدا شدند و به‌صورت دستی کوبیده شدند. پس از بوجاری، دانه تمیر شده، وزن شد و با تعمیم آن به هکتار، عملکرد دانه محاسبه شد. وزن هزار دانه با استفاده از دستگاه بذر شمار دیجیتال مدل شوپن تعیین شد. برای تعیین عملکرد زیستی، کل بوته‌های برداشت شده وزن شدند و عملکرد زیستی مشخص شد. شاخص برداشت با تقسیم عملکرد اقتصادی به زیستی محاسبه شد.

جدول ۲- نتایج آزمون خاک

Table 2. Soil test results

Type of analysis	Test Method	Numbers read
PH	Total saturation	7.24
T.N.V %	Titration	29.86
O.C %	Vocalic black	0.97
Total N %	kjeldahl	0.1
P(ava) (p.p.m)	Olsen	7
K(ava) p.p.m	Flame photometer	327.4
Clay %	Hydrometer	35
Silt %	Hydrometer	44
Sand %	Hydrometer	21
Texture	Hydrometer	loom
Fe (p.p.m)	Atomic	4.88
Zn (p.p.m)	Atomic	1.04
Cu (p.p.m)	Atomic	1.4
Mn (p.p.m)	Atomic	10.8
B (p.p.m)	Azotemia H	1
Ec (Ds/m)	Saturated extract	11.7

پس از یادداشت‌برداری و جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌هابا استفاده از نرم‌افزار MINITAB بررسی شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 20)، همبستگی ساده بر اساس ضرایب پیرسون و اسپیرمن، تجزیه واریانس داده‌های نرمال شده و مقایسه میانگین داده‌های اصلی با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تاثیر تاریخ کاشت برای تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین تاثیر ژنوتیپ بر تمامی صفات مورد بررسی بجز طول خوشه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت × ژنوتیپ (جدول ۴)، تنها برای صفات وزن خوشه، عملکرد دانه در بوته، عملکرد دانه در هکتار و عملکرد زیستی معنی‌دار بود.

ژنوتیپ

نتایج حاصل از مقایسه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نشان داد که دو ژنوتیپ Q26 و Q29 در بسیاری از صفات از جمله وزن و تعداد شاخه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در بوته اختلاف معنی‌دار داشتند، اما در

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

صفاتی مانند شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، عملکرد دانه در هکتار و عملکرد زیستی، ژنوتیپ Q26 نسبت به ژنوتیپ Q29 برتری نشان داد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کینوا

Table 3. Variance analysis of the effect of planting date and genotype on the measured traits of quinoa

S.O.V	df	MS									
		LAI	Height	Panicle length	Panicle weight	Branch per plant	1000 grain weight	Plant yield	Yield per hectare	Biological yield	HI
Block	2	0.002 ns	88.25 ns	0.33 ns	14.77 ns	1.148 ns	0.001 ns	0.101 ns	1377.7ns	40695.4 ns	4.05 ns
Planting date	2	**1.54	2973.37**	290.11**	6341.7**	20.59**	4.3**	71.98**	2625544**	13657**	4.93 ns
Genotype	2	**0.46	**1300.48	3.44 ns	2592.4**	2.71*	0.099**	38.98**	48454.4**	1097585**	322.24**
Planting date×genotype	4	0.008 ns	11.03 ns	2.22 ns	112.55*	0.259 ns	0.014 ns	5.62**	39005.5**	158073*	6.12 ns
Error	16	0.007	17.46	0.958	31.361	0.606	0.005	0.261	3894.44	48380.2	9.027
CV	-	10.8	6.3	11.5	7.5	21.3	11.3	9.2	34.5	22.5	12.8

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار ب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non significant and significantly different at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه در گیاه کینوا

Table 4. Mean comparison of the interaction effects of planting date×Genotype for the studied traits in the quinoa plant

Planting date	Genotype	Panicle weight(gr)	Yield per plant(gr)	Yield per hectar(kg)	Biological yield(kg)
March 6th	Titicaca	156.67 a	14.16 a	2276 a	4460.3 ab
	Q26	121.6 bc	8.58 c	1850 c	4706 a
	Q29	11c	8.33 c	1606 d	4236.6 bc
April 1st	Titicaca	129.33 b	11.23 b	2000 b	3973 c
	Q26	100 d	7.24 d	1590 d	4073 bc
	Q29	96.67 d	7.1 d	1200 e	3005.3 d
April 6th	Titicaca	90 d	5.5 e	1050 f	2260.6 e
	Q26	57.67 e	4.6 f	843 g	2139.3 e
	Q29	69 e	4.3 f	683 h	1760.7 f

درهرستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه، بر مبنای آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد،دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

In each column, means with non similar letters have significant difference based on the Duncan test at p<0.01.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه در گیاه کینوا

Table 5. Mean comparison of the simple effects of genotype for the studied traits in quinoa

Genotype	LAI	Plant (cm)height	Panicle weight (gr/plant)	Number of branches per plant	1000-grain weight (gr)	Yield per plant (gr)	Yield per hectar(kg)	Biological Yield(kg)
Titicaca	3.88 a	91.67 c	125.33 a	15.33 a	2.6 a	10.3 a	1775 a	3564 a
Q26	3.51 b	114.89 a	99.11 b	14.44 b	2.02 b	6.8 b	1427 b	3639 a
Q29	3.15 c	108.67 b	93.56 b	14.33 b	1.99 b	6.59 b	1163 c	3000 b

درهرستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه، بر مبنای آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد،دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

In each column, means with non similar letters have significant difference based on the Duncan test at p<0.01.

بررسی تغییرات شاخص سطح برگ نشان داد که بیش‌ترین میزان شاخص سطح برگ، به رقم Titicaca (۳/۸۸) تعلق داشت و پس از آن، ژنوتیپ‌های Q26 و Q29 به‌ترتیب با شاخص سطح برگ ۳/۵۱ و ۳/۱۵

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

قرار داشتند (جدول ۳) که حاکی از برتری حدود ۱۴ درصدی آن نسبت به Q26 و حدود ۱۹ درصد نسبت به Q29 بود. نتایج پژوهشی که Shirinnejad *et al* (2018) برای بررسی سازگاری ارقام مختلف کینوا در تاریخ‌های کشت مختلف و اثرات آن‌ها بر شاخص‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی انجام دادند نشان داد که شاخص سطح برگ در رقم Sajama بیشترین و در ژنوتیپ Q29 کمترین میزان بوده است. چنین تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ و خصوصیات رویشی می‌تواند منجر به تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف شود (Bhargava *et al*. 2007; Pulvento*et al*. 2010; Gonzales *et al*. 2012; McClelland Dyck 2012; Amer *et al*. 2014 and).

بررسی وزن هزار دانه نشان داد که رقم Titicaca دارای وزن هزار دانه بالاتری (۲/۶ گرم) نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بود و پس از آن، ژنوتیپ‌های Q26 و Q29 به‌ترتیب با وزن هزار دانه ۲/۰۲ و ۱/۹۹ گرم قرار داشتند(جدول ۵). تغییرات وزن هزار دانه با شاخص سطح برگ هماهنگی داشت و احتمالا بالا بودن شاخص سطح برگ در برتری حدود ۱۸ درصدی Titicaca نسبت به دو ژنوتیپ دیگر موثر بوده است. گزارش شده است که با افزایش زودرسی، تعداد خوشه در گل‌آذین اصلی کاهش می‌یابد؛ در نتیجه مواد پرورده بیشتری در اختیار دانه‌های این خوشه‌ها قرار می‌گیرد که موجب همبستگی مثبت این کاهش با وزن هزار دانه می‌شود (Seifati *et al*.,2015). رقم Titicaca از رقم‌های زودرس کینوا می‌باشد که در پژوهش حاضر نیز حدود پنج روز زودتر سایر از ژنوتیپ‌های دیگر رسید که این زودرسی می‌تواند در افزایش وزن هزاردانه آن موثر باشد. از نظر فنوتیپی، رقم Titicacaدارای ارتفاع کمتر، با تعداد شاخه و وزن خوشه بیشتر نسبت به دو ژنوتیپ دیگر می‌باشد. یکی از روش‌های ارزیابی میزان و درجه ارتباط بین صفات، تعیین ضرایب همبستگی بین آن‌ها می‌باشد. نتایج همبستگی ساده فنوتیپی بین صفات مورد مطالعه (جدول ۶) نشان داد که عملکرد دانه در هکتار، بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد در بوته (۰/۸۷۷) و سپس به‌ترتیب با شاخص سطح برگ (۰/۸۳۲)، وزن خوشه (۰/۸۱۵) و تعدادشاخه در بوته (۰/۷۴۵) داشت که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. با توجه به برتری رقم Titicaca از نظر این صفات، برتری عملکرد این رقم، ناشی از صفات رویشی مناسب بود. تنها صفت ارتفاع بوته، دارای همبستگی منفی با شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد بود که نشان می‌دهد، با افزایش ارتفاع بوته، شاخص برداشت کاهش می‌یابد.

در عمل نیز با افزایش ارتفاع، حجم اندام‌های رویشی افزایش می‌یابد که باعث کاهش نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی یا شاخص برداشت می‌شود.

جدول ۶- ضرایب همبستگی فنوتیپی ساده بین صفات مورد بررسی در گیاه کینوا

Table 6. Simple phenotypic correlation coefficient between the studied traits in the quinoa plant

characteristics	LAI	plant height	Panicle length	Panicle weight	Number of branches per plant	Weight of a thousand seeds	Yield per plant	Yield per hector	Biological Yield	HI
LAI	1	0.435*	0.739**	0.825**	0.751**	0.828**	0.819**	0.832**	0.834**	0.527**
Height plant		1	0.775**	0.403**	0.563**	0.719**	0.320ns	0.505*	0.765**	-0.401*
Panicle length			1	0.728**	0.518**	0.734**	0.650**	0.605**	0.781**	0.099ns
Panicle weight				1	0.732**	0.873**	0.860**	0.815**	0.726**	0.575**
Number of branches per plant					1	0.661*	0.792**	0.745**	0.812**	0.335ns
Weight of a thousand seeds						1	0.834**	0.823**	0.818**	0.243ns
Yield per plant							1	0.877**	0.766**	0.618**
Yield per hector								1	0.814**	0.504**
Biological Yield									1	0.128ns
HI										1

LAI: شاخص سطح برگ؛ HI: شاخص برداشت. * و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح آماری پنج و یک درصد.

LAI: Leaf Area Index, HI: Harvest Index. *and **: significant at 5% and 1%, of probability levels, respectively.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تاریخ کاشت

اثر تاریخ کاشت بر کلیه صفات مورد بررسی، به‌غیر از شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۳)، به‌طوری‌که کشت در ۱۵ اسفند، از نظر وزن خوشه (۱۵۶/۶۷گرم)، عملکرد تک بوته (۱۴/۱۶گرم)، عملکرد دانه در هکتار (۲۲۷۶ کیلوگرم) و عملکرد زیستی (۴۴۶۰ کیلوگرم در هکتار)، بر کشت در اول و پانزدهم فروردین برتری داشت (جدول ۴). پاسخ ژنوتیپ‌ها به تاریخ کاشت از نظر نوع صفت مورد بررسی متفاوت بود؛ به طور مثال، ژنوتیپ Titicaca با وجود برتری از نظر بیشتر صفات، از عملکرد زیستی کمتری نسبت به Q26 در تاریخ کشت اول فروردین برخوردار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده، بیشترین عملکرد در هکتار به کشت ۱۵ اسفند و رقم Titicaca و پس از آن کشت اول فروردین و رقم Titicaca تعلق داشت که نشان دهنده سازگاری و پتانسیل عملکرد بالای این رقم نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بود. با تاخیر در کاشت، سهم اندام رویشی گیاه (غنای منبع و حامی تولید اندام زایشی بیشتر) کاهش می‌یابد که نتیجه آن، کاهش عملکرد، وزن هزار دانه و عملکرد زیستی بود. با توجه به این‌که کینوا، گیاهی حساس به طول روز می‌باشد، با تاخیر در کاشت، گیاه در کمترین میزان رشد رویشی، وارد فاز زایشی شد و عملکرد اقتصادی مطلوبی به‌دست نیامد (جدول ۴).

با مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۷) مشخص شد که از بین تاریخ‌های کشت مورد بررسی، کشت در ۱۵ فروردین، منجر به کاهش قابل توجه در کلیه صفات مورد بررسی شد. نتیجه این تاخیر یک ماهه نسبت به تاریخ کاشت اول، به‌صورت کاهش شدید عملکرد از ۱۹۱۱ به ۸۵۸ کیلوگرم در هکتار (افت عملکرد به میزان ۱۰۵۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده تاریخ کاشت بر صفات مورد مطالعه در گیاه کینوا

Table 7. Mean comparison of the simple effect of planting date on the studied traits in quinoa

Planting date	LAI	Plant height(cm)	Panicle length(cm)	Panicle weight(gr)	Number of branches per plant	1000-grain weight(gr)	Yield per plant(gr)	Yield per hector(kg)	Biological Yield(kg)
March 6th	3.90a	120.67a	26a	131.11a	15.8a	2.63a	10.36a	1911a	4467a
April 1st	3.8a	109.44b	25a	108.67b	15.2a	2.32b	8.52b	1596b	3684b
April 6th	3.1b	85.11c	17b	78.22c	13b	1.3c	4.81c	858c	2053c

درهرستون، میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه، بر مبنای آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد،دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

In each column, means with non similar letters have significant difference based on the Duncan test at $p<0.01$.

چنین کاهش عملکردی، بیان‌گر اهمیت پرهیز از تاخیر در کشت این رقم‌های زودرس کینوا می‌باشد. این نتایج با یافته‌های Salehi *et al.* (2017) مطابقت داشت که گزارش نمودند، اثر تاریخ کاشت بر تمامی صفات مورد بررسی کینوا معنی‌دار بود و با تاخیر در کاشت بهاره، عملکرد، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و زیست توده اندام هوایی کاهش پیدا کرد. به‌طورکلی، گیاه کینوا طی دوره پر شدن دانه، به دمای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و یا پایین حساس بود. در دمای بالا، بنیه گرده و تعداد گل کاهش می‌یابد (Morrison & Stewart, 2000) و بیشتر ژنوتیپ‌های کینوا در دمای بالای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بذر تولید نمی‌کنند (Hirich *et al.*, 2014). در آزمایشی که Tavusi & Sepahvand (2014) روی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد سه ژنوتیپ کینوا در خوزستان انجام دادند دریافتند که عامل تاریخ کاشت، بر عملکرد و بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه کینوا اثر معنی‌دار داشته است و بالاترین عملکرد (۲/۴ تن در هکتار) در تاریخ ۱۰ مهرماه را تولید شد. ژنوتیپ‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری در میزان عملکرد تولیدی داشتند، به‌طوری‌که ژنوتیپ *Sajama* *Iranshahr* و *Santa Maria* در تولید، برتر بودند؛ همچنین تاخیر در کاشت، موجب تاخیر در بروز مراحل فنولوژیکی شد Robert *et al.*, (2014) در بررسی اثر تاریخ کاشت و فاصله ردیف در گیاه کینوا به این نتیجه دست یافتند که تاخیر در کاشت، باعث کاهش میزان عملکرد کینوا

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

شد، به گونه‌ای که میزان عملکرد کینوا به علت تاخیر در کاشت از ماه اردیبهشت تا اواخر تیر، ۵۰ درصد کاهش پیدا یافت. در رابطه با اثر کشت دیر و افزایش طول روز بر مراحل رویشی کینوا، گزارش شده است که تاخیر در کشت، باعث تاخیر در گل‌دهی و کاهش دوره پر شدن دانه می‌شود که می‌تواند در کاهش عملکرد موثر باشد (Garcia-Parra *et al.*, 2020). در این رابطه گزارش شده است که بیشترین افت عملکرد، در بالاترین طول روز و بالاترین دما اتفاق افتاد. میانگین و بیشینه دمای روزانه در آرژانتین و منطقه Harrow تا هفت درجه سانتی‌گراد در تاریخ کاشت‌های دیر اواخر تیر و اوایل مرداد افزایش داشت (Bertero *et al.*, 2003). هم‌زمانی افزایش طول روز و افزایش دمای منطقه، به ویژه به علت افزایش سریع دما، اثر منفی این پارمترهای اقلیمی را بر رشد و نمو و عملکرد کینوا تشدید می‌کند که این موضوع، نیازمند بررسی بیشتر است. در شرایط آب و هوایی توشکا (مصر)، بررسی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا نشان داد که اثر تاریخ کاشت پاییزه بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد در ابتدای ماه آبان نسبت به ابتدای ماه مهر به‌دست آمد (Awadalla & Morsy, 2017). در مورد اثر تاریخ کاشت بر عملکرد کینوا گزارشات متعددی وجود دارد (Bertero *et al.*, 2000; Bertero; 2003; Abdel Nour & Hayam, 2011; Amer *et al.*, 2014) که بعضا حاکی از اختلاف قابل توجه ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و سایر صفات می‌باشد، به‌طوری‌که ژنوتیپ Kvlsra-2 بیشترین تعداد شاخه در بوته و بیشترین تعداد برگ در بوته را در هر دو فصل کشت داشته است. بنابراین و با توجه به احتمال گسترش آزادسازی رقم‌های جدید در کشور، بررسی پاسخ آنها به عوامل اقلیمی ضرورت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

رشد و نمو و تولید کینوا، تحت تاثیر ژنوتیپ و تاریخ کاشت قرار دارد و با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه گرمسار، تاخیر در کاشت بهاره، باعث کاهش عملکرد دانه شد؛ بنابراین بهترین زمان کاشت کینوا در منطقه گرمسار، اواسط اسفندماه می‌باشد. در کشت دیر و پس از آغاز بهار، به دلیل هم‌زمانی مرحله گرده‌افشانی و پر شدن دانه با دمای بالا و رطوبت نسبی پایین هوا، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد، کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت. رقم Titicaca با توجه به عملکرد بالاتر و زودرس‌تر بودن نسبت به دو ژنوتیپ Q26 و Q29، برای کشت در منطقه گرمسار مناسب بود و با تاخیر در کاشت (یک فروردین)، این رقم نسبت به دو ژنوتیپ دیگر، کاهش عملکرد کمتری را نشان داد.

REFERENCES

1. Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F. & Jacobsen, S. E., (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant Soil*, 357, 117-129.
2. Awadalla, A. &Morsy, A. S. M. (2017). Influence of planting dates and nitrogen fertilization on the performance of quinoa genotypes under toshka conditions. *Egyptian Journal of Agronomy,* 1, 27-40.
3. Amer, S., Hassan, M., Ehsanullah, Shakeel, A. A., Mohsin, T. & Aziz, R. (2014). Growth and development of *Chenopodium quinoa* genotypes at different sowing dates. *Journal of Agricultural Research,* 52(4), 535-546.
4. Abdel, N., Nadya, A. R. & Hayam S. A. f. (2011). Influence of sowing date and nitrogen fertilization on yield and its components in some bread wheat genotypes. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 89(4), 1413-1433.
5. Bertero, H. D., King, R. W. & Hall, A. J. (2000). Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Australian Journal of Plant Physiology* 27, 349 356.
6. Bertero, H. D. (2003). Response of development processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild). *Food Review International,* 19, 87-97.
7. Bhargava A, Shukla, S. & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—an Indian Perspective. *Indian Crop Production*, 23, 73–87.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

8. Bazile, D., Fuentes, F. & Mujica, A., (2013). Historical perspectives and domestication of quinoa. In: Bhargava, A., Srivastava, S. (eds.), *Quinoa: Botany, Production and Uses*. (pp. 16-35.). CABI Publisher, Wallingford, UK.
9. Food and Agriculture Organization. (2011). *Quinoa; an acient crop to contribute to world food security in FAO*. 63p.from http://www.fao.org.
10. Garcia, M., Condori, B. & Castillo, C.D. (2015). Agro ecological and agronomic cultural practices of quinoa in South America. In: Murphy, K., Matanguihan J. (eds.). Quinoa: *Improvement and Sustainable Production*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 25-46.
11. Garcia-Parra, M., Zurita-Silva, A., Stechauner-Rohringer, R., Roa-Acosta, D. & Jacobsen, S. E. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its relationship with agro climatic characteristics: A Colombian perspective. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *80*(2), 290-302.
12. Gomez-Pando, L. R., Alvarez-Castro, R. & de la Barra, E. (2010). Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Wild: a promising crop. *Journal of Agronomy and Crop Science,* 196, 391-396.
13. Gonzalez, J. A., Y. Konishi, M. Bruno, M. Valoy & Prado, F. E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodiumquinoa*) cultivars from two different agro ecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 92(6), 12–29. v92.
14. Hirich, A., Choukr-Allah, R. & Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa in Morocco–Effect of sowing dates on development and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200, 371-377.
15. Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., İncekaya, Ç. Metin Sezen, S., Qadir, M. & Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa's potential in the Mediterranean region. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 200, 344-360.
16. Morrison, M. J. & Stewart, D. W. (2002). Heat stress during flowering in summer Brassica. *Crop Science*, 42, 797-803.
17. Martinez, E. A., Alnayef, M., Marotti, I., Bosi, S. & Biondi, S. (2015). Beyond the ionic and osmotic response to salinity in *Chenopodium quinoa*: functional elements of successful halophytism. *Functional Plant Biology*, 38: 1-14.
18. McClelland, D. & Dyck, E. (2012). *Quinoa trial for northeast upland farms*. (Annual Report). Sustainable Agriculture Research and Education. Retrieved Aug 11, 2016, from https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1177805.
19. Shirinnejad, R. Torabogiglu, M. &Mahmudi, F. (2018). Investigating the compatibility of quinoa cultivars in different planting dates and their effects on morphological, physiological and biochemical indicators. *The Second International Conference and the Sixth National Conference on Organic and Conventional Agriculture*. (In Persian)
20. Salehi, M. & Dehghani, F. (2017). *Quinoa, a quasi-grain suitable for saline water sources*. (1thEd). National Salt Research. (In Persian)
21. Salehi, M., Soltani, V. & Dehghani, F. (2019). Influence of planting date on phonological stages and yield of quinoa seeds in saline conditions. *Journal of Environmental Stress in Agricultural Sciences*, 3, 923-932. (In Persian)
22. Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., D'Andria, R., Iafelice, G. & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two *Chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in south Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 196. 407–11.
23. Razzaghi, F., Ahmadi, S. H., Jensen, C. R., Jacobsen, S. E. & Andersen, M. N. (2011). The salt tolerance of quinoa measured under field conditions. *International Congress on Irrigation and Drainage*, 15-23 October, Tehran, Iran.
24. Robert, E., Kristen, O. & Eric, R. (2014). Optimal planting date, row width, and critical weed-free period for grain amaranth and quinoa grown in Ontario, Canada. *Journal NRC Research Press*, 360-367.
25. Tavusi, M. & Sepahvand, N. (2014). Effect of planting date on yield and phonological and morphological characteristics of different genotypes of the new quinoa plant in Khuzestan. *The First International Congress and the 13th Iranian Genetics Congress*. (In Persian)
26. Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. & Martinez, E.A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa Wild*.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.

Archive of SID.ir