

ارزیابی مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت و مطالعه صفات فنولوژیکی و مدل سازی استقرار گیاهچه سه رقم کینوا (*Chenopodium quinoa*)

آرش مامدی^{۱*}، رضا توکل افشاری^۲

۱. دانشجوی دکتری علوم و تکنولوژی بذر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲. استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴)

چکیده

کینوا (*Chenopodium quinoa*) یک محصول شبه غله‌ای با پتانسیل کشت بالا در ایران است. کینوا گیاهی است که به دلیل ارزش غذایی بسیار بالای دانه، توسط سازمان خوار و بار جهانی با شیر خشک مقایسه شده است. این تحقیق به منظور ارزیابی خواب بذر و مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت سه رقم کینوا انجام گرفت. سه رقم کینوا در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهران کشت گردید و صفات فنولوژیکی ثبت شد. دو آزمون خواب بذر و جوانه‌زنی روی خوشه به روش کلارک در شرایط حرارتی ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه بذر دانشگاه تهران انجام شدند. نتایج این آزمایش تنوع معنی‌داری را بین رقم‌ها در ارتباط با صفات زمان رسیدگی کامل، خواب بذر و میزان جوانه‌زنی روی خوشه نشان داد. نتایج نشان داد که دو رقم Titicaca و Santamaria به ترتیب کمترین و بیشترین نمره جوانه‌زنی روی خوشه داشتند. نتایج نشان داد که گیاه کینوا در مناطقی که ریسک جوانه‌زنی قبل از برداشت زیاد است، قابلیت کشت بالایی دارد.

کلمات کلیدی: جوانه‌زنی قبل از برداشت، خواب بذر، کینوا و رقم

Evaluation of pre-harvest sprouting resistance and study of seedling establishment modeling and phenological characteristics in three cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

A. Mamedi¹, R. Tavakkol Afshari^{2*}

1. Ph.D Student Of Seed Science and Technology, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran
2. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: Oct. 17, 2016 – Accepted: Mar. 4, 2017)

Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a grain-like crop which has a high grown potential in Iran. Due to its seed have high nutritional value, therefore, compared to milk nutrition by the FAO. This study aims to determine the seed dormancy and pre-harvest sprouting three cultivars of quinoa. This plant was planted in a randomized complete block design at the research farm of university of Tehran and, phenological traits were recorded. Then the related studies such as seed dormancy and pre-harvest evaluation resistance were conducted in two 15 and 25°C constant temperatures in seed laboratory. The results shown that there is significant genetic variation for pre-harvest sprouting and other traits. The results demonstrate that Titicaca and Santamaria have lowest and highest germination in cluster, respectively. Also, Titicaca cultivar related to the other cultivars have had high percentage of seed dormancy. The results shown that it is possible to handle the quinoa crop in such areas which have frequent risk of PHS.

Keywords: Sprouting, Seed Dormancy, Quinoa, cultivar.

* Email: tavakolafshari@ferdowsi.um.ac.ir

طور معمول از بین این مشکلات، جوانه‌زنی قبل از برداشت معمول‌ترین پدیده است که در مناطق وسیعی از دنیا اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که باعث کاهش عملکرد، کیفیت بذر و باعث کاهش معنی‌داری در تولید بذر در کل جهان می‌شود (Kermode, 2005). پدیده جوانه‌زنی دانه‌ها بر روی گیاه مادری در مزرعه، قبل از مرحله برداشت را جوانه‌زنی قبل از برداشت (Sprouting) می‌نامند. این پدیده ناشی از شرایط آب و هوایی نامساعد مثل بارندگی طولانی مدت و رطوبت و درجه حرارت بالا در طول دوره بلوغ دانه و دوره برداشت می‌باشد. طبق گفته (Diana et al., 2011)، این پدیده فقط هنگامی اتفاق می‌افتد که یک دانه بالغ شده و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک را پشت سر گذاشته باشد، که این مرحله می‌تواند در بین ارقام متفاوت کینوا، در زمان‌های مختلفی صورت بگیرد.

خواب بذر به عنوان شرایط درونی بذر تعریف شده است که حتی در شرایط مناسب رطوبتی و دمایی مانع جوانه‌زنی بذر می‌شود (Benech-Arnold et al., 2000). بذوری که خواب کمتری دارند نسبت به بذور حاوی خواب زیاد، در طیف وسیعی از شرایط محیطی جوانه می‌زنند (Vegis, 1964). فاکتورهای زیادی می‌توانند در ایجاد مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت موثر باشد و بسیاری از محققین علت اصلی بروز پدیده جوانه‌زنی قبل از برداشت را در گونه‌های مختلف زراعی، کوتاه شدن دوره خواب ژنوتیپ‌های اصلاح شده می‌دانند (Sorrells et al., 2002). گزارش شده است که بین مقاومت به جوانه‌زنی و خواب اولیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد و ژنوتیپ‌هایی که به جوانه‌زنی قبل از برداشت حساس می‌باشند، دوره خواب کوتاهی دارند (Li et al., 2003).

بیشتر مناطق ساحلی شامل کشور ایران شور می‌باشد. کینوا به عنوان یک گیاه هالوفیت (شور پسند)، قابلیت کشت در مناطق شور را دارد. ولی در شمال کشور شرایط محیطی موجب جوانه‌زنی بیشتر محصولات زراعی قبل از

مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa*) از تیره *Chenopodiaceae* می‌باشد. این گیاه بومی کوه‌های آند در بولیوی، شیلی و پرو است که سازگاری وسیعی دارد و مهمترین تولیدکنندگان این گیاه بولیوی، پرو و اکوادور است (Vega-Gálvez et al., 2010). این گیاه مقاومت قابل ملاحظه‌ای در برابر طیف وسیعی از تنش‌های غیر زنده از قبیل سرما، شوری و آبی از خود نشان می‌دهد و هم‌چنین به خوبی قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای دارد (Jacobsen et al., 2009). در حال حاضر به دلیل کیفیت بالای محصولات دانه‌ای گیاه کینوا و پتانسیل تولیدی بالای آن در شرایط سخت در بیشتر مناطق جهان مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Gomez-Pando, 2013). با توجه به اینکه سرشار از پروتئین است، جایگزینی عالی برای برنج (*Oryza Sativa*) محسوب می‌شود و پروتئین موجود در کینوا از معدود پروتئین‌های غیر حیوانی است که از نظر کمی و کیفی بهتر از دانه‌ی دیگر غلات است و میزان پروتئین آن دو برابر گندم (*Triticum aestivum*) می‌باشد (Ceccato et al., 2011). تقاضای دانه کینوا در آمریکا، اروپا و آسیا در حال رشد است، بنابراین این نیاز باعث شده است که کینوا به عنوان محصول استراتژی در بیشتر مناطق غیر بومی مورد کشت و کار قرار گیرد. به هر حال اکثر ارقام تجاری کینوا خواب ندارد که توسعه کشت کینوا را در مناطق غیر بومی محدود کرده است (Ceccato et al., 2011). پس همانند گونه‌های دیگر انتخاب ارقامی از کینوا که خواب بیشتری دارند، کشت کینوا را در بیشتر مناطق (مناطق که شرایط محیطی اغلب باعث جوانه‌زنی روی خوشه قبل از برداشت می‌شود) گسترش می‌دهد.

هنگام معرفی محصول زراعی به یک منطقه جدید ممکن است حامی یک سری مشکلات از قبیل ناسازگاری بین ژنوتیپ و شرایط محیطی باشد (Ceccato et al., 2011). به

برداشت می‌گردد که همین امر باعث کاهش کیفیت محصولات دانه‌ای می‌شود. از طرفی، زمان رسیدگی کامل کینوا در فصل پاییز می‌باشد که هم‌زمان با بارندگی‌های پاییزی می‌باشد. بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین میزان خواب بذر کینوا هنگام رسیدگی و بررسی تفاوت سطح خواب بذر بین سه رقم کینوا برای معرفی رقم متحمل‌تر به جوانه‌زنی قبل از برداشت می‌باشد. هم‌چنین بررسی صفات فنولوژیکی و پیش‌بینی استقرار گیاهچه‌ی کینوا در مزرعه از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش

به منظور بررسی صفات فنولوژیکی آزمایشی با هدف تعیین تعداد روز رشدی هر کدام از مراحل نمو سه رقم کینوا (Sajama, Santamaria و Titicaca) در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا) به صورت طرح بلوک کاملاً تصادفی در نیمه دوم مردادماه سال ۱۳۹۳ انجام شد. بذرها از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. هر کرت شامل چهار ردیف بود که طول هر ردیف ۵ متر و فاصله بین ردیف‌ها و روی ردیف‌ها به ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هیچ نوع کود و علف‌کشی مصرف نشد. در طول فصل رشد هر هفته دوبار آبیاری از نوع بارانی انجام شد. در طی فصل رشد تعداد روز رشدی صفات فنولوژیکی ۵۰ درصد ظهور گیاهچه، ۵۰ درصد خوشه‌دهی، گلدهی و تاریخ رسیدگی کامل ثبت شد.

به منظور مطالعه مقاومت به جوانه‌زنی روی خوشه قبل از برداشت بین سه رقم کینوا تعداد ۱۰ خوشه سالم از هر کرت انتخاب شد و به مدت سه ساعت در داخل آب مقطر خیسانده شد. بعد از آن خوشه‌های خیسانده شده در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی در دو ژرمیناتور تحت شرایط رطوبتی ۱۰۰ درصد با دماهای ثابت ۱۵ و ۲۵ درجه

سانتی‌گراد جهت برآورد اثر درجه حرارت بر خواب بذر قرار گرفتند. پس از هفت روز خوشه‌ها از داخل ژرمیناتور خارج و جوانه‌زنی روی خوشه به روش نمره جوانه‌زنی که توسط (Clark *et al.*, 1994) پیشنهاد گردیده، اندازه‌گیری انجام شد.

در ادامه به منظور بررسی تفاوت سطح خواب بذر بین سه رقم ابتدا ۵۰ عدد بذر از هر رقم در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بر روی کاغذ صافی در داخل پتری قرار داده شدند. میزان ۵ میلی‌متر آب مقطر در داخل هر پتری اضافه شد و پتری‌ها در داخل ژرمیناتورها، در شرایط تاریکی و دماهای ثابت ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. هدف از انتخاب این دو دمای پایین و بالا این بود که تأثیر دمای بالا و پایین بر خواب بذر هم مورد بررسی قرار بگیرد. پس از ۷۲ ساعت پتری‌ها از داخل ژرمیناتورها خارج شدند و تعداد بذور جوانه‌زده شمارش گردید. برای محاسبه درصد خواب بذر از معادله یک استفاده شد که N تعداد بذور جوانه‌زده می‌باشد (Clark *et al.*, 1994):

$$1. \text{درصد خواب بذر} = \frac{2 \times (50 - N)}{100}$$

برای مطالعه پیش‌بینی ظهور گیاهچه بذور سه رقم کینوا آزمایشی به صورت طرح بلوک کاملاً تصادفی در نزدیک ایستگاه هواشناسی همان مزرعه (شهر کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا) کشت گردید. هر کرت شامل سه ردیف بود که طول هر ردیف یک متر و فاصله بین ردیف‌ها و روی ردیف‌ها به ترتیب ۱۰ و ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بعد از کشت بذرها در عمق سه سانتی متری خاک، تعداد گیاهچه‌های استقرار یافته هر روز مورد شمارش قرار گرفت. برای تعیین مقدار درجه روز رشد (GDD) مورد نیاز استقرار گیاهچه، کمترین و بیشترین دمای سه سانتی متری عمق خاک همان روز از اداره هواشناسی برآورد گردید. درجه روز رشد (GDD) استقرار گیاهچه با روش دوم تعیین گردید (Gonzalez *et al.*, 2009):

مقدار GDD تجمعی (که بر اساس بیشترین و کمترین دمای خاک در عمق سه سانتی متری به دست آمد)، k (بیشترین درصد گیاهچه‌های ظاهر شده)، a (شیب)، m (نشان دهنده درصد مشخصی از ظهور گیاهچه می‌باشد (که به عنوان مثال ۵۰ درصد ظهور گیاهچه در مزرعه) و برای برازش این مدل از برنامه سیگماپلات مدل یازده و برای تجزیه واریانس از برنامه SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ویژگی‌های فنولوژی سه رقم مورد مطالعه در جدول یک نشان داد که ارقام از لحاظ تعداد روز تا رسیدگی کامل، مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت و خواب بذر هنگام رسیدگی کامل (در سطح یک درصد) با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند، اما اختلاف در صفات دیگر از جمله: تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی به حدی نبود که از نظر آماری قابل تفکیک باشند (جدول ۱).

$$2. GDD = [(T_{max} - T_{min}) \cdot 2] - T_b$$

که در این فرمول T_{max} (بالا ترین دمای خاک)، T_{min} (کمترین دمای خاک) و T_b (دمای پایه) است. دو صفت میانگین زمان ظهور گیاهچه (MET) و سرعت سبز شدن (ERI) به ترتیب با روش‌های ۳ و ۴ تعیین گردید (Gonzalez *et al.*, 2009):

$$3. MET = \frac{N_1 t_1 + \dots + N_n t_n}{N_1 + \dots + N_n}$$

$$4. ERI = \frac{N_1 + \dots + N_n}{MET}$$

که در این معادله N (تعداد گیاهچه‌های جدید سبز شده در روز) و t (مقدار GDD مربوط به همان روز می‌باشد) و n (تعداد مرحله‌های نمونه برداری است). برای پیش بینی زمان ظهور گیاهچه سه رقم بذر کینوا از مدل رگرسیونی چند پارامتره لجستیک (Logistic) استفاده گردید که توابع آن به صورت زیر می‌باشد (Gonzalez *et al.*, 2009):

$$5. y = \frac{k}{1 + \exp(-a(x-m))}$$

که در این مدل y نشان دهنده درصد تجمعی گیاهچه‌های سبز شده است (همان پیش بینی است)، x

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فنولوژیکی و جوانه‌زنی سه رقم کینوا

Table 1- Variance analysis of characteristic traits and germination of three cultivar of quinoa

منابع تغییرات S.O.V	تکرار Repetition	میانگین مربعات (MS)						
		زمان ظهور گیاهچه (۵۰ درصد) Time of emergence	زمان خوشه‌دهی و گلدهی (۵۰ درصد) Time of flowering	زمان رسیدگی (روز) Time of mature	خواب بذر (15°C) Seed dormancy	خواب بذر (25°C) Seed dormancy	نمره جوانه‌زنی (15°C) Germination score	نمره جوانه‌زنی (25°C) Germination score
تکرار Repetition	2	0.38 ^{ns}	0.44 ^{ns}	2.27 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.44 ^{ns}
رقم Cultivar	2	0.33 ^{ns}	1.44 ^{ns}	6.77 ^{**}	0.21 ^{**}	0.20 ^{**}	10.33 ^{**}	8.44 ^{**}
خطا Error	4	1.16	2.27	1864.11	0.0029	0.007	0.83	0.11
ضریب تغییرات (CV %)		27	5.41	1.34	7.83	14.66	16.1	4.42

صفات فنولوژی و زمان رسیدگی

ظهور مراحل فنولوژیکی در هر گیاه از عوامل محیطی و ژنتیکی ناشی می‌شود و برای شناسایی قابلیت سازگاری یک محصول زراعی در منطقه جدید لازم است که ظهور پدیده‌های زیستی ثبت و مورد مطالعه قرار گیرند. در آن صورت می‌توان برای کشت و تولید انبوه برنامه‌ریزی کرد. تفاوت معنی‌دار بین ارقام نشان دهنده تنوع ژنتیکی کافی می‌باشد (جدول ۱) و این از لحاظ انتخاب زودرس و یا دیررس ارقام برای تطابق با محیط رشد لازم می‌باشد که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. مثلاً ارقام زودرس و یا دیررس برای ممانعت از همزمانی مرحله رسیدگی بذر با فصل مرطوب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به جدول (۲) دیده می‌شود که رقم Titicaca نسبت به دو رقم Sajama و Santamaria طول دوره رشد کمتری دارد به طوری که با میانگین دوره رشدی ۹۰ روز دارای تاریخ رسیدگی فیزیولوژیکی زودتری نسبت به سایر رقم‌ها می‌باشد. ولی دو رقم Sajama و Santamaria با میانگین دوره رشدی ۱۲۰ روز دارای حداکثر تاریخ رسیدگی فیزیولوژیکی بودند که هر دو رقم تفاوت معنی‌داری با Titicaca داشتند. مقایسه میانگین بین سه رقم نشان داد که میانگین تعداد روز برای دو صفت ۵۰ درصد سبز شدن و ۵۰ درصد گلدهی برای هر سه رقم برابر و به ترتیب برابر با ۴ و ۲۸ روز بود. (Veronica Rodrigues, 2001) گزارش کردند که بین دو صفت جوانه‌زنی قبل از برداشت و زمان خوشه‌دهی همبستگی معنی‌داری وجود ندارد. درجه حرارت و رطوبت متفاوت در طول تاریخ رسیدگی سبب ایجاد تنوع زیادی در سطوح خواب‌های بذر درون یک وارته می‌شود و این تنوع در سطح خواب و این تنوع در سطوح خواب سبب تفاوت در استعداد بذرها برای تحمل جوانه‌زنی قبل از برداشت می‌شود (Tekanashi, 1980). اگر بذر در طول دوره رسیدگی در شرایط محیطی مختلف قرار گیرد، درصد خواب آن‌ها به دلیل تغییر در میزان سنتر ABA متفاوت می‌شود و در نتیجه درصد پیش جوانه‌زنی

آنها نیز تغییر می‌کند (Walker-Simmons, 1987).

خواب بذر

نتایج حاصل نشان می‌دهد که از نظر درصد خواب بذر تفاوت بسیار معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بین رقم‌ها وجود داشت (جدول ۱) و این نشان دهنده وجود تنوع کافی ژنتیکی بین ارقام می‌باشد. در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد هر سه رقم درصد خواب بالاتر از ۵۰ درصد را نشان دادند و رقم Titicaca نیز خواب بالایی داشت. کمترین درصد خواب بذر در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به دو رقم Sajama و Santamaria با درصد خواب ۵۴ و ۵۲ بود که تفاوت معنی‌داری با رقم Titicaca داشتند و رقم Titicaca با درصد خواب ۱۰۰ بود. ولی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رقم Titicaca خواب بالاتر از ۵۰ درصد را نشان داد. کمترین درصد خواب بذر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مربوط به دو رقم Sajama و Santamaria با درصد ۴۴ و ۴۰ بود که تفاوت معنی‌داری با رقم Titicaca داشتند و رقم Titicaca با درصد خواب ۸۷ بود. گزارش شده که عوامل بسیاری در جوانه‌زنی قبل از برداشت دخیل هستند. اما علت اصلی بروز این پدیده از بین رفتن خواب بذر (کاهش شدت خواب بذر) می‌باشد (Li et al., 2003). همچنین در مطالعات دیگر گزارش شده که کاهش خواب بذر در شرایط بارانی و مرطوب سبب جوانه‌زنی قبل از برداشت می‌شود (Li et al., 2003). با مطالعه‌ای که بر روی وارته جو BW373 انجام شده بود، گزارش شده که این وارته در هنگام رسیدگی دارای میزان خواب کمتری می‌باشد که این سبب جوانه‌زنی روی خوشه می‌شود (Gomez et al., 2005). نتایج حاصل از تجزیه‌های آماری نشان می‌دهد که از نظر نمره جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین ارقام وجود دارد (جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار نمره جوانه‌زنی مربوط به رقم Titicaca با میانگین ۳/۶۶

خاص را افزایش می‌دهد. طبق جدول ۲ نتایج نشان می‌دهد که بین نمره جوانه‌زنی و درصد خواب بذر همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری وجود دارد.

با افزایش میزان سطح خواب بذر در هنگام رسیدگی، جوانه‌زنی روی خوشه کاهش یافت. پس می‌توان نتیجه گرفت هر چه درصد خواب بذر بیشتر باشد، جوانه‌زنی قبل از برداشت کمتر می‌شود که این با نتایج (Li et al., 2003)، (Derera, 1990) و (Romagosa et al., 2001) یکسان می‌باشد. Romagosa در سال (2001) گزارش کرد که بین جوانه‌زنی روی خوشه و خواب بذر همبستگی منفی وجود دارد. کلیه نتایج بیان کننده این است که هر رقمی که در هنگام رسیدگی خواب بذر بیشتری داشته باشد به پدیده جوانه‌زنی قبل از برداشت مقاوم‌تر می‌باشد.

می‌باشد که با رقم Santamaria تفاوت معنی‌داری را داشت. ولی دو رقم Sajama و Santamaria با میانگین‌های نمره جوانه‌زنی ۶ و ۷/۳۳ بالاترین نمره جوانه‌زنی را دارا بودند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نمره جوانه‌زنی از کمتر به بیشتر به ترتیب ارقام Titicaca، Sajama و Santamaria بودند، به طوری که Titicac کمترین و Santamaria بیشترین نمره جوانه‌زنی داشتند. نتایج نشان داد تنوع نسبتاً مطلوبی بین رقم‌ها به لحاظ نمره جوانه‌زنی وجود دارد و به گفته (Clark, 1994) نمره جوانه‌زنی معیاری از میزان مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت محسوب می‌شود و این صفت می‌تواند در گزینش رقم به لحاظ مقاومت به جوانه‌زنی قبل از برداشت مورد استفاده قرار گیرد و این تنوع بین رقم‌ها کارایی مربوط به گزینش و معرفی رقم‌های سازگار با محیط

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات فنولوژیکی و جوانه‌زنی سه رقم کینوا

Table 2- Mean comparison of phonological traits and germination for three cultivar of quinoa

رقم cultivars	زمان ظهور گیاهچه (۵۰درصد) Time of emergence	زمان خوشه‌دهی و گلدهی (۵۰درصد) Time of flowering	زمان رسیدگی (روز) Time of mature	خواب بذر (15°C) Seed dormancy	خواب بذر (25°C) Seed dormancy	نمره جوانه‌زنی (15°C) Germinati on score	نمره جوانه‌زنی (25°C) Germinati on score
Titicaca	4 ^a	27.66 ^a	83.33 ^b	1 ^a	0.87 ^a	3.66 ^b	5.66 ^c
Sajama	3.66 ^a	27.33 ^a	127 ^a	0.54 ^b	0.44 ^b	6 ^{ab}	7.66 ^b
Santamaria	4.33 ^a	28.66 ^a	126 ^a	0.52 ^b	0.40 ^b	7.33 ^a	9 ^a

میانگین‌هایی که در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

سرعت استقرار گیاهچه

ظهور گیاهچه (ERI) و تعداد کل گیاهچه‌های ظهور یافته (seedlings) را نشان می‌دهد. تعداد گیاهچه‌های ظهور یافته رقم Titicaca (۹۴ درصد) بیشتر از دو رقم Sajama (۹۲ درصد) و Santamaria (۸۴ درصد) بود. سرعت ظهور گیاهچه رقم Titicac برابر (۰/۸۸)، Sajama (۰/۷) و Santamaria (۰/۶) بود. پس می‌توان نتیجه گرفت که دو رقم Titicaca و Sajama به علت سرعت بالای ظهور گیاهچه و استقرار نسبت به تنش‌ها متحمل خواهند بود.

سبز شدن جوانه‌زنی یکی از مراحل مهم فنولوژیکی در گیاهان است. کاهش درصد و سرعت سبز شدن موجب استقرار ضعیف و عدم پوشش مناسب زمین خواهد شد که بر عملکرد نهایی اثر منفی می‌گذارد. عوامل زیادی مانند قدرت بذر، نوع رقم و انبارداری بر زمان سبز شدن تأثیر دارند. زمان ظهور گیاهچه سه رقم کینوا با استفاده از مدل لجستیک مورد مطالعه قرار گرفت. جدول (۴) میانگین زمان ظهور گیاهچه (MGT)، شاخص سرعت

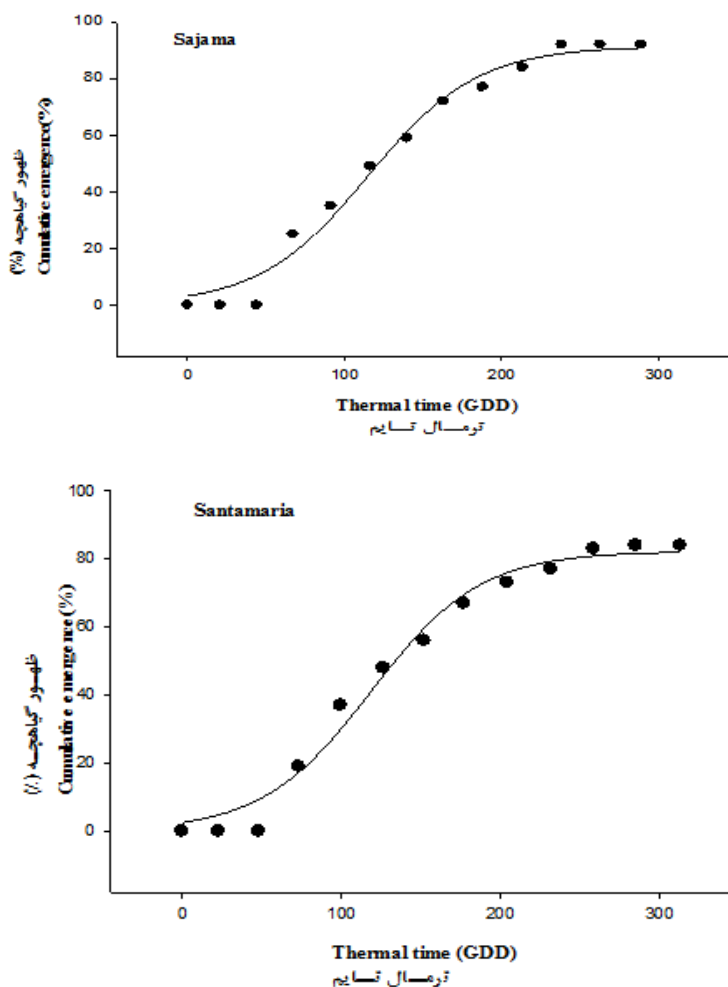
جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص های سبز شدن سه رقم کینوا در مزرعه

Table 3- Mean comparison of emergence of three cultivar of quinoa

رقم cultivars	گیاهچه seedlings	میانگین زمان ظهور گیاهچه MET(GDD)	سرعت ظهور گیاهچه ERI(GDD)
Sajama	٪92 ^b	131.35 ^b	0.7 ^b
Santamaria	٪84 ^c	139.52 ^a	0.6 ^c
Titicaca	٪94 ^a	105.77 ^c	0.88 ^a

بیولوژیکی هستند. در این مطالعه برای پیش بینی روند سبز شدن سه رقم کینوا از مدل لجستیک استفاده گردید که در این روش سبز شدن تجمعی در مقابل زمان حرارتی مورد برازش قرار گرفت (شکل ۱).

بعضی محققان به توصیف و پیش بینی سبز شدن با استفاده از مدل های رگرسیونی پرداخته‌اند. امتیاز این توابع این است که پارامترهای این مدل‌ها مانند دماهای کاردینال و سرعت ذاتی جوانه‌زنی و سبز شدن دارای مفاهیم



شکل ۱- درصد سبز شدن تجمعی مشاهده شده (علامه) و پیش بینی شده (خطوط) در مقابل زمان حرارتی برای سه رقم کینوا با برازش مدل لجستیک بر اساس پارامترهای جدول (۴).

Figure 1- Cumulative emergence progress curves of three cultivar of quinoa. Predicted (lines) vs. observed (symbols) emergence the line were fitted by logistic model.

درصد گیاهچه ترمال تایم کمتری نیاز داشت. به دلیل نیاز کمتر ظهور گیاهچه رقم Titicaca به ترمال تایم، سرعت استقرار گیاهچه و جوانه‌زنی بیشتری داشت (Gonzalez *et al.*, 2008). برای پیش بینی سبز شدن بذر علف‌های هرز مزرعه ذرت از مدل لجستیک استفاده کردند.

مقدار GDD مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی سه رقم Titicac، Sajama و Santamaria بترتیب برابر ۹۱/۰۸، ۱۱۵/۰۸ و ۱۱۸/۷۲ درجه سانتی‌گراد بر حسب روز پیش بینی شد. نتایج نشان داد که ترمال تایم مورد نیاز برای استقرار گیاهچه در بین ارقام متفاوت بود. به طوری که رقم Titicaca برای استقرار ۵۰

جدول ۴- پارامترهای تخمین زده شده با استفاده از مدل لجستیک بر اساس ترمال تایم مورد نیاز برای سبز شدن کینوا

Table 4- Parameter estimates by Logistic model to fit emergence progress curves at different quinoa cultivars.

ارقام cultivars	ضریب ثابت k	ضریب ثابت b	دمای مورد نیاز GDD to reach 50% (CE)	ضریب تبیین R2
Sajama	91.39	0.028	115.08	0.98
Santamaria	82.21	0.029	118.72	0.98
Titicaca	94.05	0.057	91.08	0.99

بذرهای گیاه کینوا هنگام رسیدگی روی پایه مادری دارای خواب می‌باشند و میزان سطح خواب بین ارقام مختلف کینوا متفاوت بود. بر این اساس رقم Titicaca به عنوان یک رقم متحمل به جوانه‌زنی قبل از برداشت (Sprouting) معرفی می‌شود.

نتیجه گیری کلی

می‌توان نتیجه گرفت که از کینوا به عنوان یک محصول زراعی مقاوم به جوانه‌زنی قبل از برداشت (Sprouting) در بیشتر مناطقی که شرایط محیطی برای احتمال وقوع این پدیده زیاد است، استفاده کرد. همچنین،

Reference

منابع

- Bhargava, A., S. Shukla, and D. Ohri, 2006.** (*Chenopodium quinoa*)—an Indian perspective. *Ind. Crops Prod.* 23: 73-87.
- Ceccato, D.V., H. Daniel Bertero, and H. Batlla, 2011.** Environmental control of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: two potential genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. *Seed Sci. Res.* 21: 133-141.
- Clark, J.M., R.M. Depauw, J. Grant Mcleod and T.N. McCaig, 1994.** Variation for pre-harvest sprouting resistance in durum wheat. *Crop Sci.* 34: 1632-1635.
- Dorado, J., E. Sousa and I.M. Calha, 2009.** Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Res.* 49: 251-260.
- Gomes, B., H. Asevedo and A.C. Lopez, 2005.** Relationships among malt ferment ability and malt quality parameters under the influence of barley B-amylase heat stable allele. *Funct. Integr. Genomics.* 4: 57-62.
- Gomez-Pando, L.R. and A. Eguluz-de la Barra, 2013.** Developing genetic variability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) with gamma radiation for use in breeding programs. *Am. J. Sci.* 4: 7-18
- Jacobsen, S.E., F. Liu and C.R. Jensen, 2009.** Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Sci. Hortic.* 122: 281-287.

- Kermode, A, 2005.** Role of abscisic acid in seed dormancy. *J. Plant Growth Regul.* 24: 319–344.
- Li, C. D., A. Tarr, R.C.M. Lance, S. Harasymow, J. Uhlmann, S. Westcot, R. Appels, 2003.** A major QTL controlling seed dormancy and pre-harvest sprouting grain α -amylase in two-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Crop. Pasture Sci.* 54: 1303-1313.
- Rodríguez, M.V, N. Margineda, J.F. González-Martín, P. Insausti and R.L. Benech-Arnold, 2001.** Predicting preharvest sprouting susceptibility in barley. *Agron. J.* 93: 1071-1079.
- Romagosa, I., D. Prada, M.A. Moralejo, A. Sopena, P. Muñoz, A.M. Casas and J.L. Molina-Cano, 2001.** Dormancy, ABA content and sensitivity of a barley mutant to ABA application during seed development and after ripening. *J. Exp. Bot.* 52: 1499-1506.
- Ruales, J., and B.M. Nair, 1993.** Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food. Chem.* 48: 131-136.
- Sorrells. M, 2002.** Quality traits of pre-harvest sprouting tolerance (PHS). *J. Am. Soc. chem.* 62: 156-167.
- Tekanashi. N, 1980.** Effects of environments factors during seed formation on pre-harvest sprouting. *Cereal Res.* 8: 175-183.
- Trethowan, R.M, 1995.** Evaluation and selection of bread wheat (*Triticum aestivum*L.) for pre-harvest sprouting tolerance. *Aust. J. Agric. Res.* 46: 463-474.
- Vega-Gálvez, A., M. Miranda, J. Vergara, E. Uribe, L. Puente, and E.A. Martínez, 2010.** Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *J. Sci. Agric.* 90: 2541-2547.
- Walker-Simmons, M. 1987.** ABA levels and sensitivity in developing wheat embryos of sprouting resistant and susceptible cultivars. *Plant physiol.* 84: 61-66.

