



اثر تاریخ کشت بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت بیوشیمیایی بذر در ژنوتیپ‌های مختلف کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd)

حسن نصیری اوانکی^۱، سید محمدرضا احتشامی^{۲*}، محمود باقری^۳

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
 ۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
 ۳. عضو هیأت علمی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
 (تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹)

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کشت بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت بیوشیمیایی بذر در ژنوتیپ‌های مختلف کینوا، آزمایشی در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی و زیست فناوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. بذور سه ژنوتیپ T، Rosada و Q29 در شش تاریخ کشت ۱۵ دی، ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند، ۱۵ فروردین، ۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت شدند. بذور برداشت شده از تیمارهای موجود در مزرعه به منظور بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی و بیه بذر به آزمایشگاه منتقل شده و صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی و وزنی بیه بذر و هدایت الکتریکی محلول بذر و صفات بیوشیمیایی محتوی پروتئین محلول، محتوی مالون‌دی‌آلدنید، فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز، کاتالاز و پراکسیداز اندازه‌گیری شد. اثر متقابل دو عامل بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، تعداد گیاهچه غیرعادی، فعالیت آنزیم‌های آلفا‌آمیلاز، کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیداز و محتوی پروتئین محلول، محتوی مالون‌دی‌آلدنید و هدایت الکتریکی محلول بذر معنی‌دار شد. بیشترین تعداد گیاهچه غیرطبیعی در ژنوتیپ Rosada در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد در ژنوتیپ Titicaca در اردیبهشت بود. سه تاریخ کشت دی، بهمن و اسفند در ژنوتیپ Q29 بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز و بالاترین تعداد گیاهچه غیرعادی را نشان دادند. هدایت الکتریکی محلول بذر، محتوی مالون‌دی‌آلدنید و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیداز در ژنوتیپ Q29 بالاتر از دو ژنوتیپ دیگر بود.

کلمات کلیدی: مالون دی آلدنید، پروتئین، آنتی‌اکسیدان، کینوا، جوانه‌زنی

Effect of planting date on germination indices and biochemical activity of seed in different genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

H. Nasiri Avanaki¹, S.M.R. Ehteshami^{2*}, M. Bagheri³

1. Ph.D student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Faculty member, Seedling and Seed Breeding Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: Jul. 31, 2023 – Accepted: Aug. 20, 2023)

Abstract

In order to investigate the effect of planting date on germination characteristics and biochemical activity of seed in different quinoa genotypes, an experiment was conducted in the Research Laboratory of Seed Physiology and Biotechnology of the Faculty of Agricultural Sciences at University of Guilan in 2019. The experiment was performed as a split plot in the form of a Randomized Complete Block Design in three replications. The seeds of three genotypes T, R and Q29 were planted on six planting dates: 15 January, 15 February, 15 March, 15 February, 15 May and 15 June in the research farm of Karaj Seedling and Seed Breeding Research Institute. The harvested seeds from the treatments available in the field were transferred to the laboratory in order to investigate seed germination characteristics and vigour, and were measured germination percentage and rate, length and weight of the seedling, length and weight index of the seed vigour, electrical conductivity of the seed solution, and biochemical characteristics of soluble protein content, malondialdehyde content, alpha amylase, catalase and peroxidase enzyme activity. The interaction of two factors was significant on germination percentage, germination rate, number of abnormal seedlings, activity of alpha-amylase, catalase, peroxidase and superoxide dismutase enzymes, soluble protein content, malondialdehyde content and electrical conductivity of seed solution. The number of abnormal seedlings was highest in Rosada genotype in April, May and June and in Titicaca genotype was in May. The three planting dates of 15 January, 15 February, 15 March in Q29 genotype showed the highest percentage, germination rate, alpha-amylase enzyme activity and the highest number of abnormal seedlings. Electrical conductivity of the seed solution and malondialdehyde content in Q29 genotype were higher than the other two genotypes.

Key words: Anti-oxidant; Germination; Malondialdehyde; Protein; Quinoa

* Email: smrehteshami@yahoo.com

مقدمه

می‌توان، شرایط محیطی دوره نمو را کنترل کرده و کیفیت بذرهای تولیدی را تضمین کرد. تاریخ‌های مختلف کاشت از طریق به حداقل رساندن اثرات منفی تنش‌های غیرزیستی بر گیاهان، نقش عمده‌ای در عملکرد کمی و کیفی و نیز ظرفیت جوانه‌زنی بذر تولیدی خواهند داشت، زیرا درجه حرارت، تابش و طول روز در دوره گل‌دهی و نمو بذر با تغییر تاریخ کشت، تغییر خواهد کرد (Mirshekari et al., 2013). گوستا و همکاران (Gusta et al., 2004) گزارش کردند که تاریخ کاشت کیفیت و بنیه بذر تولیدی در کلزا را تغییر داده و در نتیجه بنیه گیاهچه و عملکرد گیاه در نسل بعدی را تغییر می‌دهند. در نخود فرنگی گزارش شده است که تاریخ کاشت بر بنیه بذر اثرگذار بوده و بذرهای کاشته شده در ماه نوامبر که دوره رسیدگی آن‌ها در ماه ژانویه اتفاق افتاده، نسبت به بذر کاشته شده در ماه دسامبر با دوره رسیدگی در ماه فوریه، شرایط محیطی متفاوتی (دما، بارندگی و رطوبت نسبی) را تجربه کرده و بنیه و عملکرد در مزرعه متفاوتی را از خود نشان دادند، از این روی با تعیین تاریخ کشت مناسب می‌توان با جلوگیری از برخورد دوره رسیدگی بذر با شرایط نامناسب آب و هوایی جلوگیری کرده و بذر با کیفیت‌تری را برداشت کرد (Castillo et al., 1994). افت بنیه بذر با نشت املاح از بذر و تجمع بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن در بذر همراه می‌باشد (Swami et al., 2016). محافظت در برابر گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز صورت گرفته و اختلال در آن‌ها عوامل کلیدی در از دست دادن بنیه بذر محسوب می‌شود (Sahu et al., 2017). در پنبه کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان همسو با کاهش بنیه بذر، ناشی از تاخیر در کاشت و کاهش اندازه بذر گزارش شده است (Wang et al., 2019). به منظور دستیابی به حداکثر ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و جوانه‌زنی بذر لازم که برداشت بذر در مرحله رسیدگی کامل و در شرایط محیطی مناسب صورت گیرد تا بیشترین قدرت بذر مشاهده شود

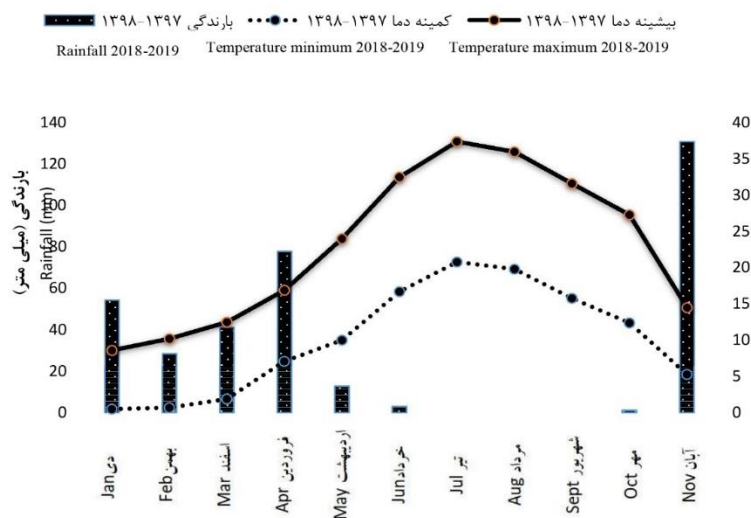
کینوا (*Chenopodium quinoa Willd*) یک محصول غذایی بسیار مغذی با کیفیت پروتئین فوق‌العاده و محتوی بالا از ویتامین‌ها و مواد معدنی و گلو تن پایین می‌باشد. این گیاه از محصولات غذایی اصلی در کوه‌های آند بوده، اما در سال‌های اخیر علاقه‌مندی به این گیاه در ایالات متحده، اروپا و آسیا افزایش یافته است. از این گیاه می‌توان در پخت و پز، خوراک دام، علوفه سبز، صنایع غذایی مانند تولید ماکارونی و کلوچه، استفاده صنعتی از نشاسته، پروتئین و ساپونین استفاده کرده (Jacobsen, 2003) و پتانسیل بالایی برای کشت به‌عنوان گیاه جدید در سراسر دنیا دارد (Hirich et al., 2014). علاوه بر این کینوا به عنوان گیاه مقاوم به خشکی و شوری، توانایی عملکرد بالا در شرایط تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و شوری را دارا می‌باشد (Rezzouk et al., 2020). برای رسیدن به عملکرد بالا در همه گونه‌های گیاهی، نیازمند استفاده از بذر با کیفیت می‌باشیم (Zhu et al., 2015). بنیه بذر، ویژگی مهمی از کیفیت بذر بوده که برای توصیف عملکرد بذر در مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل جوانه‌زنی قابل قبول و یکنواخت بذر، رشد گیاهچه، قابلیت ظهور در شرایط نامساعد محیطی و حفظ این خصوصیات پس از انبارداری می‌باشد (Finch-savakg and Bassel, 2016). این ویژگی فیزیولوژیک در بذر را می‌توان با تعداد بذرهای جوانه‌زده در آزمایش جوانه‌زنی و وزن یا طول نهایی گیاهچه‌ها ارزیابی کرد. این صفت به‌طور مستقیم تحت تاثیر زمینه ژنتیکی گیاه و شرایط محیطی حین نمو بذر قرار می‌گیرد (Sun et al., 2007). در این بین شاید از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر بنیه بذر بتوان تاریخ کاشت را معرفی کرد، چون عوامل محیطی به‌ویژه دما و رطوبت حین نمو بذر و رسیدگی از طریق تاریخ کاشت تغییر می‌کند (Gorzin et al., 2015). با انتخاب تاریخ کشت مناسب

(Shakerian *et al.*, 2019). بذرهایی که دارای بنیه قوی باشند، قابلیت بالایی در تحمل تنش‌های محیطی دارند و با داشتن درصد بالایی از جوانه‌زنی قادرند گیاهچه‌های قوی‌تری نیز تولید کنند، بنابراین هدف در تولید بذر گیاهان زراعی رسیدن به بذر با بنیه بالاتر می‌باشد. با توجه به گیاه کینوا و ارزش غذایی آن و اهمیت بذر با کیفیت، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت گیاه مادری و ژنوتیپ بر بنیه بذرهای تولید در کینوا، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی اثر تاریخ کشت و ژنوتیپ بر قدرت جوانه‌زنی و بنیه بذر در گیاه کینوا در سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی و زیست فناوری بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان اجرا

شد. آزمایش به صورت کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. بذور سه ژنوتیپ T، Rosada و Q29 (دلیل انتخاب این ژنوتیپ‌ها تفاوت آنها در تاریخ رسیدگی می‌باشد، به طوری که ژنوتیپ T زودرس، ژنوتیپ Q29 متوسط رس و ژنوتیپ R دیررس می‌باشند و این تفاوت در رسیدگی به همراه تاریخ کاشت‌های مختلف، باعث ظهور گل در زمان‌های مختلف و ارزیابی بهتر این گیاه در منطقه کرج می‌شد) در شش تاریخ کشت ۱۵ دی، ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند، ۱۵ فروردین، ۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج کشت شدند. خصوصیات خاک مزرعه مطالعاتی، و اطلاعات هواشناسی سال انجام آزمایش به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است. همچنین مشخصات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است.



شکل ۱- میانگین دمای ماهانه و میزان بارش تجمعی طی فصل رشد در منطقه کرج

Figure 1- Average monthly temperature and cumulative rainfall during the growing season in Karaj region

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of the location of the experiment

خواص خاک Soil properties	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته pH	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg/Kg)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg/Kg)	نیترژن کل (درصد) N (%)	بافت Texture
	4.31	7.7	0.58	274	14.45	0.51	لومی Loamy

جدول ۲ - نام ژنوتیپ، منشا پیدایش و شناسه سه ژنوتیپ مورد مطالعه کینوا

Table 2- Genotype name, origin and identifier of the ten studied quinoa genotypes

ردیف Row	شناسه ID	سال ورود/ تولید Year of entry/production	منشا Origin	منبع Reference
1	Titicaca	2002	دانمارک-دانشگاه کپنهاگ Denmark-University of Copenhagen	Final Repot Quinoa TCP
2	CHILE 2011- FAO (Q29)	2013	FAO	Final Repot Quinoa TCP
3	Rozada	2006	Peru	FAO

n = تعداد بذرهای جوانه زده در روز آخر، N = تعداد کل بذرهای کشت شده

$$\text{Germhnation rate} = \sum Gi/di \quad (\text{رابطه ۲})$$

Gi = تعداد بذرهای جوانه زده عادی و di روز شمارش شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه نیز با استفاده از درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه ای و روابط زیر محاسبه گردیدند (Abdual baki and Anderson, 1973).

$$\text{رابطه ۳)} = \text{شاخص بنیه طولی گیاهچه}$$

$$\text{طول گیاهچه (سانتی متر)} \times \text{درصد جوانه زنی}$$

$$\text{رابطه ۴)} = \text{شاخص بنیه وزنی گیاهچه}$$

$$\text{وزن خشک (گرم)} \times \text{درصد جوانه زنی}$$

برای انجام آزمون هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج در چهار تکرار استفاده گردید. برای این منظور ۵۰ بذر از هر تیمار انتخاب و با ترازوی دقیق توزین شد. ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش ظرف های حاوی ۲۵۰ سی سی آب دو بار تقطیر در انکوباتور در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس ظروف خارج شدند و بذور وزن شده به آن ها افزوده و کاملاً تکان داده شدند. در ادامه نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس با دستگاه هدایت سنج EC محلول ها خوانش شد و هدایت الکتریکی هر نمونه بر حسب میکروزیمنس بر سانتی متر و رابطه زیر گزارش شد

بذور برداشت شده از تیمارهای موجود در مزرعه به منظور بررسی ویژگی های جوانه زنی و بنیه بذر به آزمایشگاه منتقل شده و صفات درصد و سرعت جوانه زنی، طول و وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی و وزنی بنیه بذر و هدایت الکتریکی محلول بذر و صفات بیوشیمیایی محتوی پروتئین محلول، محتوی مالون دی آلدئید، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، کاتالاز و پراکسیداز اندازه گیری و گزارش شد. در ابتدای این پژوهش به منظور انجام آزمون جوانه زنی استاندارد، تعداد ۲۵ بذر یکنواخت بر روی کاغذ صافی در پتری دیش با فاصله مشخص قرار داده شدند. پتری دیش ها به مدت ۷ روز در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. از شروع آزمایش هر روز تعداد بذرهای جوانه زده با معیار طول ریشه چه ۲ میلی متر شمارش و یادداشت شدند. جهت ضد عفونی بذرها از محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۳ دقیقه استفاده شده و سپس ۲ تا ۳ بار با آب مقطر شسته شدند. در روز آخر آزمایش (ثابت شدن جوانه زنی) طول ریشه چه و ساقه چه در ده گیاهچه جوانه زده اندازه گیری شد. سپس وزن تر ریشه چه و ساقه چه در همه گیاهچه های جوانه زده با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال اندازه گیری شد. پس از آن، وزن خشک آن ها پس از خشک کردن به وسیله آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت با استفاده از ترازوی دقیق مشخص شده و وزن خشک گیاهچه محاسبه شد. درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی به ترتیب از رابطه ۱ و ۲ محاسبه شدند (Maguire, 1962).

$$GP = \frac{n}{N} \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

(Farooq et al., 2005).

(رابطه ۵)

$$\frac{\text{شاهد EC-محلول}}{\text{وزن بذر (گرم)}}$$

جهت سنجش محتوی پروتئین محلول و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از ۰/۵ گرم بذر توسط محلول تریس یک مولار (Tris-HCl) با pH=۶/۸ عصاره‌گیری شده و در یخچال با دمای ۷۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. جهت اندازه‌گیری محتوی پروتئین محلول از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، به ترتیب به روش‌های (Abeles and Biles, 1991) و (Aebi, 1984) انجام گرفته و بر اساس واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین (Unit mg⁻¹ protein) گزارش شد. برای اندازه‌گیری محتوی مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از تری کروبوکسیلیک اسید (TCA) ۲۰ درصد حاوی ۰/۵ درصد تیوباریتوریک اسید (TBA) اندازه‌گیری شد (Heath and Packer, 1968). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز از محلول DNS (دی‌نیتروسالیسیلیک اسید) و بذرهای جوانه‌دار شده در ۲۵ درجه سلسیوس و بافر فسفات استفاده گردید (Liliana and Lozano, 2002). پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS Version 9.2 انجام گرفت. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

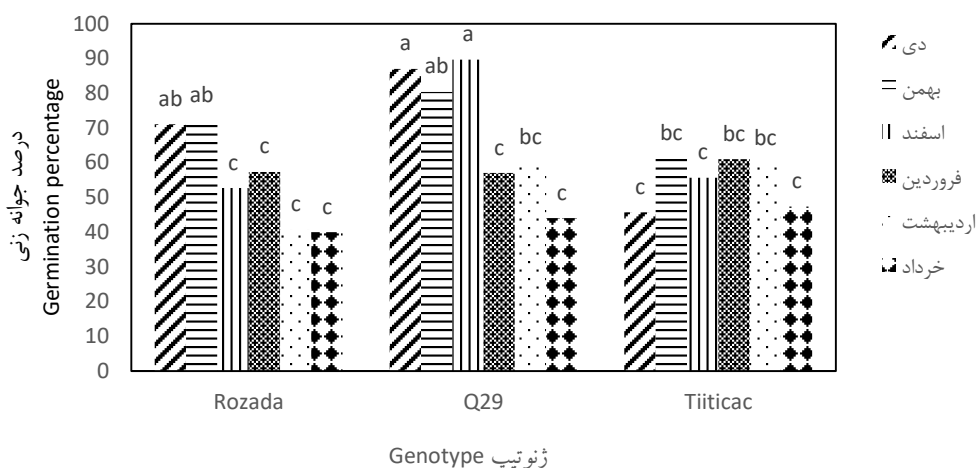
بر اساس نتایج جدول تجزیه وایانس، اثر متقابل دو عامل ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر درصد جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج بررسی داده‌ها، نشان داد که بذرهای برداشت‌شده از ماه‌های دی، بهمن و اسفند در ژنوتیپ Q29 درصد جوانه‌زنی مشابهی داشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما بذرهای برداشت‌شده از سه ماه فروردین،

اردیبهشت و خرداد از این ژنوتیپ، جوانه‌زنی کم‌تری نشان دادند. بالاتر بودن درصد جوانه‌زنی از بذرهای برداشت‌شده در دو ماه اول مطالعه در ژنوتیپ Rozada نیز مشاهده شد، اما ژنوتیپ Titicaca در دی ماه جوانه‌زنی پایینی را نشان داده و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی از این ژنوتیپ در دی‌ماه ثبت شد (شکل ۲). جوانه‌زنی بذر از مهم‌ترین مراحل چرخه زندگی گیاه بوده و جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذر، از عوامل کلیدی تعیین‌کننده عملکرد محصولات کشاورزی هستند. هم عوامل درونی گیاهان و هم عوامل محیطی حین نمو در تنظیم جوانه‌زنی بذر نقش دارند (Bentsink and Koornneef, 2008; Graeber et al., 2012; Shu et al., 2013, 2016b).

مطالعات محدودی تاثیر شرایط محیطی رشد گیاه مادری، بر جوانه‌زنی بذرها در نسل بعد را بررسی کرده‌اند (Wijewardan et al., 2019; Chen et al., 2020). چن و همکاران (Chen et al., 2014) اهمیت دمای محیط حین نمو در آرابیدوپسیس را گزارش کردند و بیان کردند که دمای بهینه در این دوره از رشد گیاه، سبب جوانه‌زنی سریع‌تر، رشد سریع‌تر ریشه، زیست‌توده برگ بیش‌تر و حتی افزایش تولید بذر در نتاج خواهد شد. این اثر در مورد تفاوت قدرت جوانه‌زنی گیاه *Brassica oleracea* در بذر نسل بعدی، ناشی از تفاوت شرایط محیطی حین نمو گیاه مادری نیز گزارش شده است (Awan et al., 2018). در این پژوهش تاخیر در کاشت سبب کاهش قدرت جوانه‌زنی بذر کینوا شد. اثر تاریخ کاشت بهینه بر افزایش قدرت جوانه‌زنی بذر سویا در نسل بعدی توسط ناویا و همکاران (Navya et al., 2022) نیز گزارش شده است که ناشی از همزمانی دوره نمو بذر با آب و هوای مطلوب بود. اهمیت تاریخ کاشت در گیاهان به دلیل برخورد دوره رشد زایشی و نمو دانه گیاه به شرایط محیطی مطلوب در دوره رشد گیاه مادر ارتباط دارد. پاسخ ژنوتیپ‌های کینوا به تاریخ کشت در مطالعه Salehi et al., (2019) نیز آمده است. این افراد بیان کردند دما در دوره پر شدن دانه در

کشت متفاوت کشت شده بودند، نیز گزارش شده است (Koca and Canavar, 2014). این نتایج، انتخاب رقم از نظر عملکرد کمی و کیفی دانه در تاریخ های کاشت دیر هنگام را بسیار حائز اهمیت می کند، زیرا می تواند در پاسخ رشد رویشی و زایشی گیاهان اثر گذار باشد.

کشت کینوا اهمیت زیادی داشته و بر اندازه بذر نیز موثر است. در پژوهش حاضر مشاهده شد که ژنوتیپ Q29 جوانه زنی بالایی داشته و در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر، تاخیر در کاشت سبب افت کم تر درصد جوانه زنی در آن شد. مشابه این نتایج در ارقام مختلف ذرت که در دو تاریخ



شکل ۲- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر درصد جوانه زنی بذور

Figure 2- Interactive effect of Genotype×Planting date on seeds germination percentage

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر صفات کمی بذر کینوا

Table 3- Variance analysis of genotype and planting date on seed quantitative characteristics of quinoa

میانگین مربعات Means of Squares							
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	گیاچه غیر عادی Abnormal seedlings	سرعت جوانه زنی Germination rate	طول گیاچه Seedling length	وزن خشک گیاچه Seedling dry weight	شاخص طولی بینه گیاچه Length index of seedling vigor	شاخص وزنی بینه گیاچه Weight index of seedling vigor
تکرار Block	2	1.9*	0.0001 ^{ns}	2.2 ^{ns}	9.6×107 ^{ns}	37266.3 ^{ns}	0.01 ^{ns}
تاریخ کاشت Planting date	5	3**	0.0001 ^{ns}	0.7 ^{ns}	5.9×107 ^{ns}	68954 ^{ns}	0.03*
خطای عامل اول (بلوک در تاریخ کاشت) First Factor Error (Genotype×Planting date)	10	0.4	0.00004	1.1	0.0000004	31059.1	0.007
ژنوتیپ Genotype	2	8.2*	0.0005**	11.7**	0.0002**	233904.9**	0.2**
ژنوتیپ در تاریخ کاشت Genotype×Planting date	10	7.1**	0.0003**	1.8 ^{ns}	0.000003**	34795.2 ^{ns}	0.03**
خطای عامل دوم Second Factor Error	24	1.7	0.00004	1.3	0.0000006	19223	0.007
ضریب تغییرات (درصد) CV%		34.1	11.4	12.7	17.2	25.1	29.9

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

**، * and ^{ns} Significant at the probability level of 1%, 5% and non-significant, respectively

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ و تاریخ کاشت بر صفات بیوشیمیایی بذر کینوا

Table 4- Variance analysis of genotype and planting date on seed biochemical characteristics of quinoa

میانگین مربعات Means of Squares							
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز α -amylase enzyme activity	محتوی پروتئین محلول Protein solution content	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme activity	محتوی مالون دی آلدئید Malondialdehyde content	هدایت الکتریکی محلول بذر Electrical conductivity of seed solution
تکرار Block	2	0.0005 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	4.6×10 ^{-10ns}	2318 ^{ns}
تاریخ کاشت Planting date	5	0.007 ^{**}	0.4 ^{**}	0.002 ^{**}	0.012 ^{**}	5.4×10 ^{-9**}	1195.1 [*]
خطای عامل اول (بلوک در تاریخ کاشت) First Factor Error (Genotype×Planting date)	10	0.0009	0.01	0.0002	0.002	1.4×10 ⁻¹⁰	319.4
ژنوتیپ Genotype	2	0.017 ^{**}	4.7 ^{**}	0.024 ^{**}	0.101 ^{**}	1.4×10 ^{-10ns}	16117.2 ^{**}
ژنوتیپ در تاریخ کاشت Genotype×Planting date	10	0.003 ^{**}	1.3 ^{**}	0.008 ^{**}	0.015 ^{**}	1.4×10 ^{-9**}	5054.3 ^{**}
خطای عامل دوم Second Factor Error	24	0.0007	0.014	0.0002	0.001	1.4×10 ^{-10ns}	456.3
ضریب تغییرات (درصد) CV%		17.5	4.4	20.5	12.6	14.2	15.8

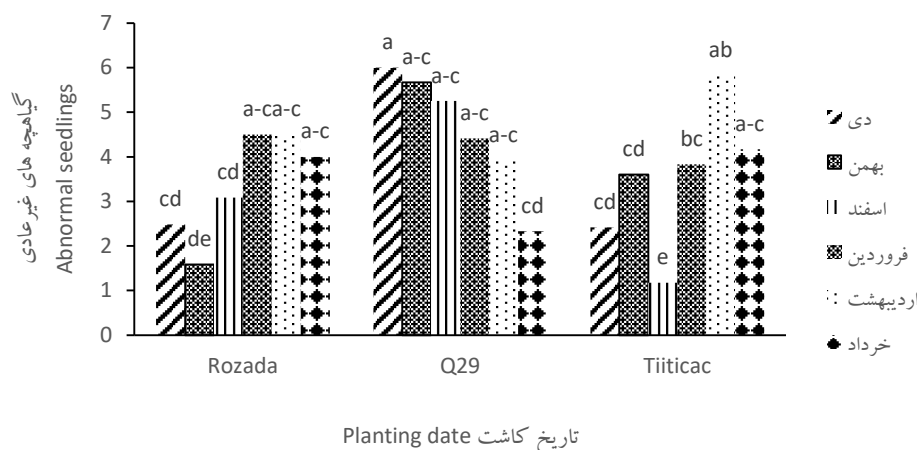
^{**}, ^{*} و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

^{**}, ^{*} and ^{ns} Significant at the probability level of 1%, 5% and non-significant, respectively

گیاهچه‌های غیر عادی

کمترین تعداد گیاهچه غیر عادی را در این ژنوتیپ نشان داد. نتایج در ژنوتیپ Rosada نشان داد که تعداد گیاهچه‌های غیر عادی از بذور حاصل از سه ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد بیشینه بوده و در یک گروه آماری قرار گرفتند. در ژنوتیپ Titicaca بیشترین مقدار این صفت در بذور حاصل از ماه اردیبهشت مشاهده شد (شکل ۳). تفاوت تعداد گیاهچه‌های غیر عادی کینوا، در ژنوتیپ‌های مختلف در مطالعه Ahmadpour *et al.*, (2021) نیز مشاهده شد. در پژوهش این افراد که جوانه‌زنی ده ژنوتیپ کینوا را بررسی کرده بودند، مشاهده شد که دو ژنوتیپ Q29 و Titicaca، تعداد گیاهچه غیر عادی بالایی بین ژنوتیپ‌ها ثبت کردند.

تعداد گیاهچه‌های عادی و غیر عادی معیارهایی مناسب برای ارزیابی کیفیت بذر محسوب می‌شوند، به طوری که تعداد کم‌تر گیاهچه‌های غیر عادی معیاری از بالا بودن کیفیت جوانه‌زنی بذر محسوب می‌شوند. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل دو عامل مورد مطالعه بر تعداد گیاهچه‌های غیر عادی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). نتایج بررسی داده‌ها، نشان داد که بذورهای برداشت‌شده از ماه‌های دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت در ژنوتیپ Q29 تعداد گیاهچه‌های غیر عادی مشابهی داشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما بذورهای برداشت‌شده از ماه خرداد مقدار



شکل ۳- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر تعداد گیاهچه‌های غیرعادی بذور

Figure 3- Interactive effect of Genotype×Planting date on seeds abnormal seedlings number

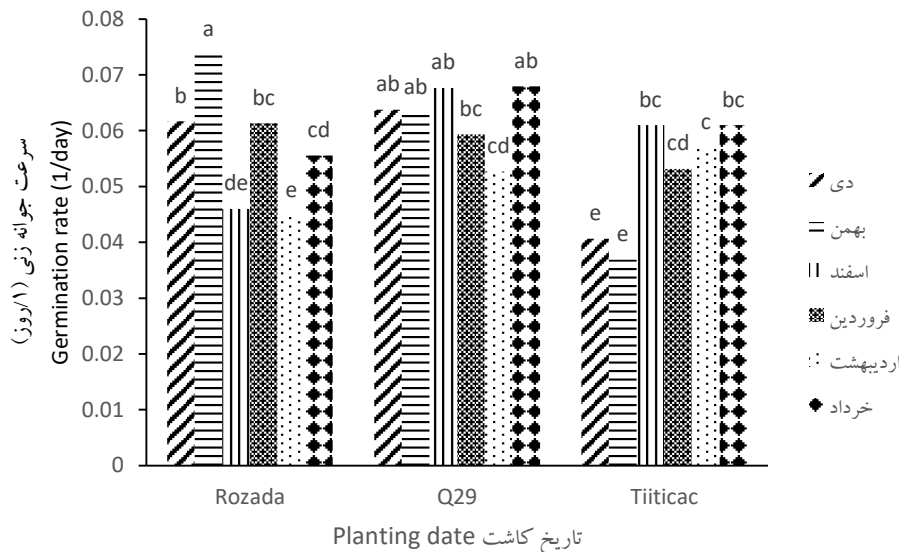
می‌باشند (Fenner, 1991).

سرعت جوانه‌زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس در این مطالعه نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر سرعت جوانه‌زنی بذور حاصل از مزرعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه داده‌ها در این صفت نشان داد که پاسخ سه ژنوتیپ به تغییرات تاریخ کاشت گیاه مادری متفاوت بود. شدت کاهش سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ Q29، با تاخیر در کاشت، کم‌تر بود و با دو ژنوتیپ دیگر تفاوت داشت که احتمالاً ناشی از منسایه‌های متفاوت این ژنوتیپ‌ها باشد (شکل ۴).

سرعت جوانه‌زنی متفاوت بین ژنوتیپ‌های کینوا توسط سیلسپور (Seisipoor, 2021) و جمالی و همکاران (Jamali et al., 2016) نیز پیش‌تر گزارش شده است. گزارش شده است که ژنوتیپ‌هایی با کارایی استفاده از ذخیره بذر بالاتر، بنیه بالاتری داشته و بدون در نظر گرفتن وزن بذر، سریع‌تر جوانه زده و گیاهچه‌هایی با ماده خشک بالاتر تولید می‌کنند (Andrade et al., 2019). شکل، اندازه بذر و داشتن اندوخته غذایی بیش‌تر در بذر نیز از علل جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذور در ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان گزارش شده است (Tabakovic et al., 2020).

با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، می‌توان اثر منفی بسیاری از تنش‌های غیرزیستی و زیستی بر گیاه را کاهش داده و عملکرد، کیفیت و جوانه‌زنی بذور در نسل بعد را بهبود داد (Cantarero et al., 2000). تاریخ کشت مختلف می‌تواند دوره نمو بذور را با عوامل محیطی مختلف از جمله دما و رطوبت را تغییر داده و کیفیت جوانه‌زنی بذور را تغییر دهد. در سویا گزارش شده است که رسیدگی بذر در دمای بالا، کیفیت بذر تولیدی را کاهش داده و در نتیجه تعداد گیاهچه غیرعادی بالاتری در نتیجه استحکام کمتر ساختار غشا و عدم رسیدگی بذور مشاهده شد (Pasandideh et al., 2014). در کینوا، تاریخ کشت، دما و فتوپریود حین نمو بذر روی گیاه مادری را تغییر داده و این عوامل به‌شدت بر میزان خواب و جوانه‌زنی بذور این گیاه اثرگذار هستند (Ceccato et al., 2015; Ceccato et al., 2011). تاثیر شرایط رشدی گیاه مادری بر کیفیت جوانه‌زنی بذرهای نتاج هم در گیاهان اهلی و هم وحشی مشاهده شده است. جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای بالاتر به عوامل محیطی این دوره از جمله درجه حرارت، طول روز، شرایط نوری، رطوبت و سطوح نیتروژن در گیاه مادری بستگی داشته که این اثرات احتمالاً نتیجه تغییر در کمیت، تحرک یا فعالیت عوامل رشدی مانند هورمون‌ها



شکل ۴- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر سرعت جوانه‌زنی بذر

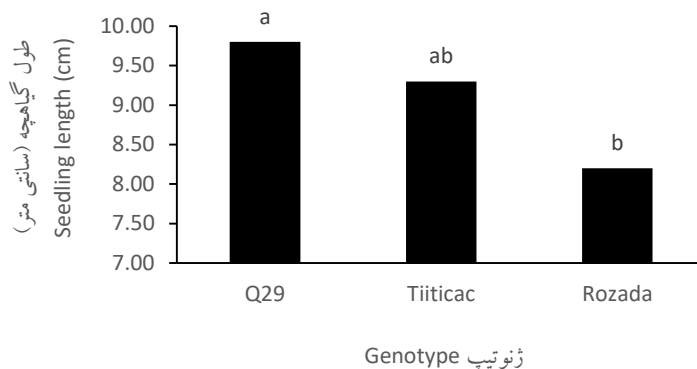
Figure 4- Interactive effect of Genotype×Planting date on seeds germination rate

به بذر شاهد داشته و از سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی کم‌تری نیز برخوردار بودند. بذر دارای سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی پایین، بر ظهور گیاهچه در مزرعه اثر سوء گذاشته و همچنین در رقابت با علف‌های هرز ضعیف عمل کرده و در شرایط مختلف محیطی، عملکرد قابل قبولی از خود نشان نمی‌دهند (He et al., 2018).

طول و وزن خشک گیاهچه

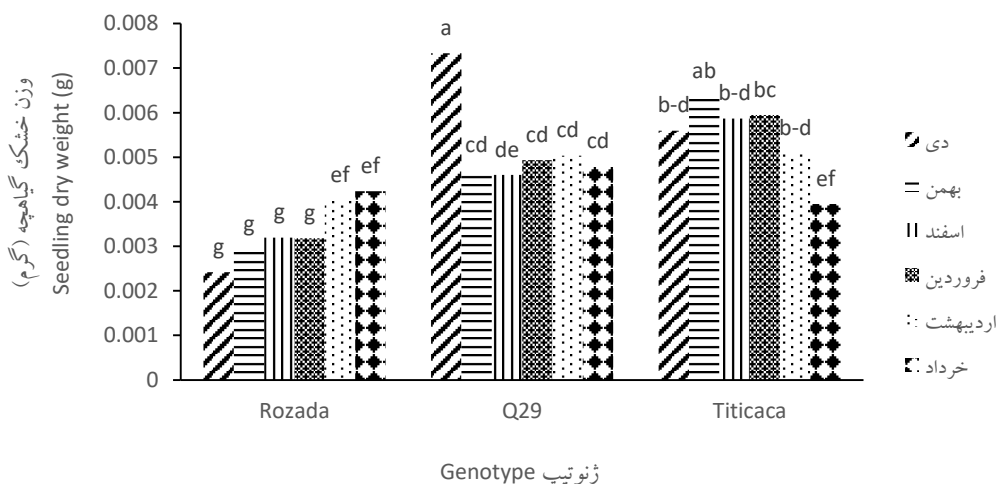
بررسی داده‌ها نشان داد که اثر ساده ژنوتیپ بر طول گیاهچه و اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کشت بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که دو ژنوتیپ Q29 و Titicaca طول گیاهچه بالاتری داشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). تفاوت در طول گیاهچه کینوا در آزمون جوانه‌زنی در مطالعه کرمی و همکاران (Karami et al., 2000) نیز گزارش شده است که می‌تواند ناشی از منشاها جغرافیایی متفاوتی باشد که بذر ژنوتیپ‌های مختلف از آن منشا گرفته‌اند (جدول ۲).

بررسی داده‌های سرعت جوانه‌زنی نشان داد که در ژنوتیپ Q29، بذر حاصل از تاریخ‌های کشت دی، بهمن، اسفند و خرداد، سرعت جوانه‌زنی بالاتری در مقایسه با تاریخ کشت فروردین و اردیبهشت داشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. در ژنوتیپ Rosada، دو تاریخ کشت اسفند و اردیبهشت، سرعت جوانه‌زنی کم‌تری در مقایسه با دیگر تاریخ‌های کشت نشان دادند، درحالی‌که در ژنوتیپ Titicaca، بذر حاصل از دو ماه دی و بهمن سرعت جوانه‌زنی کم‌تری داشتند (شکل ۴). گزارش شده است که، دما در کل دوره رشد گیاه مادر دارای اهمیت بسیار زیادی بوده و می‌تواند بر سرعت جوانه‌زنی نتایج اثر مستقیم بگذارد (Penfield and MacGregor, 2017). رستگار و همکاران (Rastegar et al., 2018) نیز کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر در بادام‌زمینی را با تاخیر در کاشت گیاه مادر گزارش کرده و بیان کردند که با تاخیر در کاشت طول دوره رشد بذر کوتاه شده و مصادف شدن این دوره با دماهای خنک موجب تولید غلاف‌های کوچک‌تر و کم‌وزن‌تری می‌شود که ۵۰ درصد جوانه‌زنی کم‌تری را نسبت



شکل ۵- اثر ساده ژنوتیپ بر طول گیاهچه

Figure 5- Effect of Genotype on seedling length



شکل ۶- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر وزن خشک گیاهچه

Figure 6- Interactive effect of Genotype×Planting date on seedling dry weight

کشت کرده و بذور را در مرحله رسیدگی کامل برداشت کردند. درصد و سرعت ظهور گیاهچه و همچنین طول و وزن خشک ریشه چه، ساقه چه و کل گیاهچه بذور برداشت شده در شرایط آزمایشگاه و گلخانه مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که طول و وزن خشک ریشه چه و ساقه چه در بذور به دست آمده از تاریخهای کاشت به موقع، کم تر از کشت های تاخیری بود. در سال انجام آزمایش در پژوهش این افراد، بذور به دست آمده از کاشت تاخیری (اواخر خرداد و اوایل تیر) نسبت به بذور

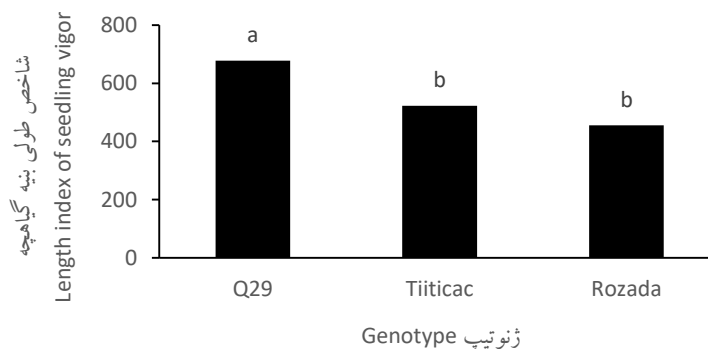
بررسی داده های وزن خشک گیاهچه نشان داد که بذور برداشت شده ژنوتیپ Rosada از دو تاریخ کاشت اردیبهشت و خردادماه، وزن خشک گیاهچه بالاتری را نشان داد، در حالی که در ژنوتیپ Q29، بذورهای تاریخ کشت دی ماه و در ژنوتیپ Titicaca بذورهای حاصل از ماه بهمن، بالاترین مقدار این صفت را نشان دادند (شکل ۶). قادری فر و همکاران (Ghaderifar *et al.*, 2005) در بررسی تاریخ کشت بر بنیه بذر سویا، سه رقم ویلامز، اس.آر.اف و پرشینگ را در تاریخهای مختلف در مزرعه

مشابه‌ای نشان داده و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۷). تفاوت در بنیه بذر ارقام مختلف گیاهان توسط محققین مختلف گزارش شده است (Avci *et al.*, 2017; Munir *et al.*, 2011). آگراوال (Agrawal, 1995)، بنیه بذر را ویژگی مهم در کیفیت بذر گزارش کرد که علاوه بر عوامل محیطی از ژنتیک نیز تاثیر می‌پذیرد. وجود تنوع ژنتیکی در بنیه بذر برنج (Okelola, 2007) و کینوا (Ahmadpour *et al.*, 2021) نیز گزارش شده است. بنیه بذر ویژگی مهمی است که بر استقرار گیاهچه، رشد و بهره‌وری محصول تأثیرگذار است. هر عاملی اعم از زنده یا غیرزنده که بر بنیه و زنده ماندنی بذر در طول نمو تأثیر منفی بگذارد، عواقب نامطلوبی بر تولید محصول در نسل بعدی خواهد داشت، به ویژه زمانی که بذرها تحت شرایط نامساعد محیطی مانند آماده‌سازی ضعیف بستر بذر، دمای پایین، رطوبت بیش از حد یا ناکافی، آفات و علف‌های هرز کشت شوند (Sawan *et al.*, 2009).

تاریخ‌های کاشت زودتر (فروردین و اردیبهشت) در شرایط محیطی گرگان با شرایط مساعدتر محیطی روبرو شده و دارای بنیه گیاهچه بالاتری بودند که اهمیت شرایط محیطی دوره نمو بذر را نشان می‌دهد. واضح است ویژگی‌های ژنتیکی، شرایط محیطی حین نمو و شرایط انبار بر بنیه بذر گیاهان اثرگذار بوده و بذر دارای بنیه متفاوت، جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای متفاوتی نیز از خود نشان می‌دهند (Finch-savakg *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2007).

شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ساده ژنوتیپ بر شاخص طولی بنیه گیاهچه و اثر متقابل دو عامل مورد مطالعه بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه معنی‌دار شدند (جدول ۲-۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رقم Q29 بالاترین مقدار شاخص طولی بنیه گیاهچه را نشان داد، در حالی که بذر حاصل از دو ژنوتیپ دیگر، شاخص طولی بنیه گیاهچه



شکل ۷- اثر ساده ژنوتیپ بر شاخص طولی بنیه گیاهچه

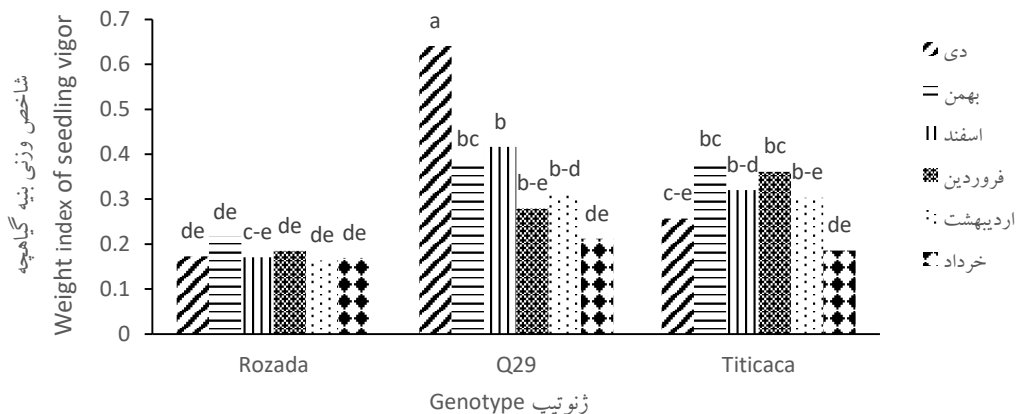
Figure 7- Effect of Genotype on length index of seedling vigor

در حالی که شاخص وزنی بنیه گیاهچه در ژنوتیپ Rozada در تمامی تاریخ‌های کشت به هم نزدیک بوده و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۸). کاهش بنیه گیاهچه ناشی از تاخیر در کاشت در نخودفرنگی و کتان (Siddique and Wright, 2004)، کلزا (Rashid *et al.*, 2017) و برنج نیز گزارش شده است.

بررسی داده‌های شاخص طولی بنیه گیاهچه نیز نشان داد که ژنوتیپ Q29، بالاترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه را در تاریخ کشت دی‌ماه نشان داده، در حالی که ژنوتیپ Rosada کم‌ترین مقدار این صفت را در تاریخ کشت اردیبهشت نشان داد. کاهش بنیه گیاهچه در کشت‌های تاخیری در ژنوتیپ Q29 و Titicaca مشاهده شد،

در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد که همراه با کاهش رشد گیاهچه، به عنوان دو عامل موثر بر شاخص بنيه گیاهچه، کاهش این صفت را موجب شدند (Wang *et al.*, 2020). کاهش قدرت بذر در کشت‌های تاخیری همراه با کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها نیز گزارش شده است. باید اذعان شود که وجود ارتباط بین ویژگی‌های بیوشیمیایی و بنيه بذر در گیاهان اثبات شده است (Randhir and Shetty, 2003). شرایط محیطی دوره نمو در وضعیت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی که در مرحله پس‌آیدگی برای کسب تحمل به خشک شدن ضروری هستند، نقش دارد (Angelovici *et al.*, 2010). کشت بذر در تاریخ کشت دیر هنگام و تاخیر در کاشت این دوره را با دمای نامناسب مواجه کرده و سبب کاهش فعالیت آنزیم‌ها و کاهش بنيه بذر تولیدی می‌شود. گزارش شده است که وقوع دمای نامناسب در این مرحله از رشد گیاه، می‌تواند فعالیت آنزیم‌ها را مهار کند (Wang *et al.*, 2019). اگرچه رابطه بین سازوکارهای حذف رادیکال آزاد و بنيه گیاهچه نامشخص است، اما پذیرفته شده است که تنش اکسیداتیو ناشی از تجمع ROS منجر به از دست دادن زنده‌مانی بذر می‌شود، بنابراین یک سازوکار آنتی‌اکسیدانی موثر، پیش‌نیاز رسیدن به بذر با یک بنيه قوی در نظر گرفته می‌شود (Bailey, 2004).

در دو گونه نخود فرنگی و کتان گزارش شده است که همراه با تاخیر در کاشت، کاهش بنيه گیاهچه همراه با کاهش عملکرد بذر گزارش شد که ناشی از تفاوت در شرایط محیطی است که بین اولین گلدهی و برداشت، طول دوره پر شدن دانه، گیاه مادر تجربه کرده و وزن هزار دانه و غلظت چربی، کربوهیدرات محلول در آب، محتوی پروتئین و نشاسته در دانه‌ها را تغییر می‌دهد که تغییر این عوامل ناشی از تاریخ کاشت متفاوت می‌تواند از علل بالقوه تفاوت در بنيه گیاهچه‌ها باشد (Siddique and Wright, 2004). شرایط محیطی که بذر در آن تولید می‌شود و حتی روش برداشت بر حفظ قدرت و زنده‌مانی و ظرفیت جوانه‌زنی بذر اثر مستقیم دارد (Kundu *et al.*, 2016). در برنج گزارش شده است که تاریخ کاشت متفاوت، گیاه مادر را با دماهای متفاوتی در دوره پر شدن دانه مواجه کرده و سرعت و مدت پر شدن دانه را تغییر می‌دهد که این موارد درصد جوانه‌زنی و شاخص بنيه گیاهچه را تغییر می‌دهد. در این گیاهان بذرهایی که به دلیل بروز دمای نامناسب حین نمو گیاه مادر، سرعت پر شدن بذر پایین و یا مدت پر شدن دانه طولانی را پشت سر می‌گذارند، نسبت به بذرهایی با سرعت پر شدن بذر بالا و مدت پر شدن بذر کوتاه، ۱۱/۹ و ۲۲/۷ درصد، افت را به ترتیب در درصد جوانه‌زنی و شاخص بنيه گیاهچه نشان دادند. کاهش در صد جوانه‌زنی ناشی از تاخیر در کاشت



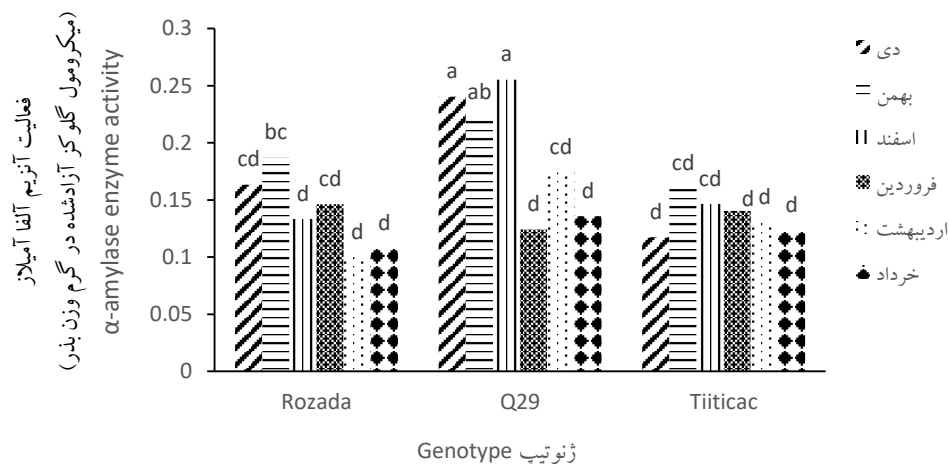
شکل ۸- اثر ساده ژنوتیپ بر شاخص وزنی بنيه گیاهچه

Figure 8- Effect of Genotype on weight index of seedling vigor

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

همان‌طور که نتایج جدول ۴ نشان داد، اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر فعالیت آلفا آنزیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بررسی داده‌ها در مطالعه حاضر نشان داد که فعالیت این آنزیم در ژنوتیپ Q29 در سه تاریخ کاشت دی، بهمن و اسفند همسو با درصد جوانه‌زنی بذور (شکل ۲) بالا بوده و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۹). بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آنزیم

آلفا آمیلاز به ترتیب از ژنوتیپ Q29 در تاریخ کاشت اسفند و ژنوتیپ Rosada در تاریخ کاشت اردیبهشت معادل ۰/۲۵۵ و ۰/۰۰۱ میکرومول گلوکز آزاد شده در گرم وزن بذر ثبت شد (شکل ۹). به‌طور کلی می‌توان گفت که در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از فعالیت آنزیمی بذرها، همسو با تاخیر در کاشت کاسته شد. تغییر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و جوانه‌زنی می‌تواند ناشی از تفاوت در بنیه بذر باشد.



شکل ۹- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

Figure 9- Interactive effect of Genotype×Planting date on α-amylase enzyme activity

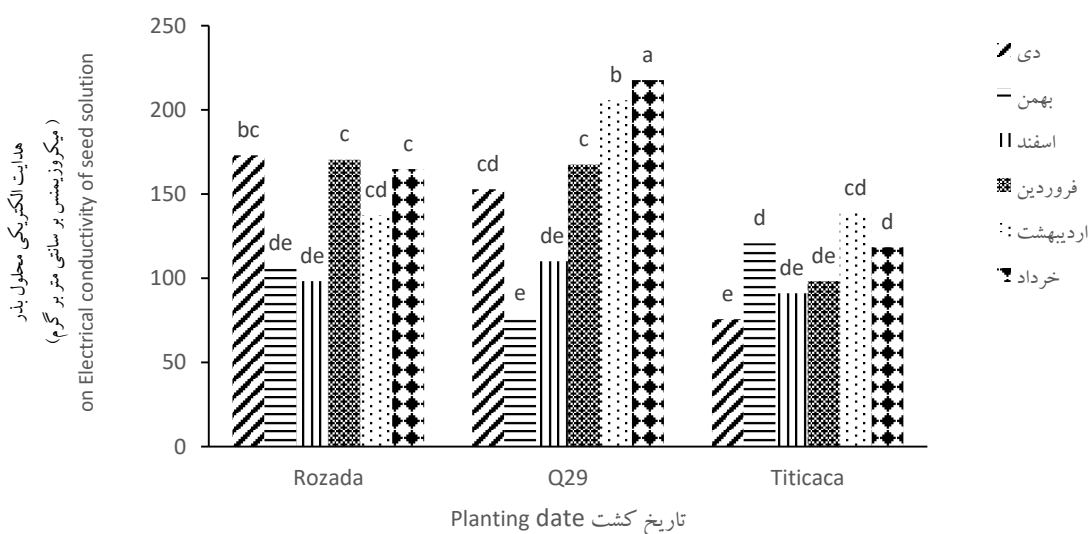
است. آنزیم آلفا آمیلاز جزو آنزیم‌های هیدرولیتیک بوده که در تجزیه ذخایر نشاسته‌ای حین جوانه‌زنی بذور، نقش مهمی ایفا می‌کند. این آنزیم از طریق تحریک هورمون جیبرلین سنتز می‌گردد. با افزایش فعالیت این آنزیم، مواد ذخیره‌ای به ساکارز و گلوکز تبدیل شده و به جنین انتقال می‌یابند و موجب رشد جنین شده و در نتیجه جوانه‌زنی و رشد گیاهچه افزایش می‌یابد (Parera and Cantliffe, 1994). تفاوت در فعالیت آنزیمی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در پژوهش احمدپور و همکاران (Ahmadpour et al., 2021) نیز گزارش شده است. در مطالعه این افراد فعالیت آنزیم در دو ژنوتیپ Q29 و Titicaca مشابه بوده و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

در پژوهش ناویا و همکاران (Navya et al., 2019) در گیاه سویا گزارش شد که بنیه بذور تولیدی در همه ارقام که در تاریخ کاشت بهینه (۱۵ دسامبر) کشت شده بودند بالا بوده و ناشی از شرایط آب و هوایی مناسب در طول دوره نمو بذر حاصل شد که تولید بذر با کیفیت را تسهیل کرد. رحمان و همکاران (Rahman et al., 2013) نیز گزارش کردند که رعایت زمان بهینه کاشت، سبب تولید بذور با بنیه بالا و کیفیت جوانه‌زنی بیشینه خواهد شد. این بذور جوانه‌زنی بیش‌تر را به دلیل شرایط آب و هوایی مطلوب در طول نمو بذر نشان می‌دهند (Avilla et al., 2003) که با محتوی پروتئین‌های محلول و فعالیت آنزیمی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه بیشینه در این بذور همراه

هدایت الکتریکی محلول بذر

آزمون هدایت الکتریکی بذر، می‌تواند تخمین خوبی از جوانه‌زنی و بنیه بذر ارائه دهد. بررسی داده‌های نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر هدایت الکتریکی محلول بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که به‌طور کلی، با تاخیر در کاشت هدایت الکتریکی محلول

بذر افزوده شد. در دو ژنوتیپ Q29 و Rosada، بذر حاصل از تاریخ کاشت دی، فروردین، اردیبهشت و خرداد هدایت الکتریکی محلول بذر بیش‌تری نشان دادند، در ژنوتیپ Titicaca، بالاترین مقدار این صفت در ماه‌های بهمن، اردیبهشت و خرداد ثبت شد که در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر هدایت الکتریکی محلول بذر

Figure 10- Interactive effect of Genotype×Planting date on Electrical conductivity of seed solution

مقدار این صفت در بذور برداشت شده از اردیبهشت و خرداد نسبتاً در مقایسه با دیگر ماه‌ها بیش‌تر بود (شکل ۱۰). نتایج مشابهی در ارقام مختلف گندم که در تاریخ‌های کاشت مختلف مورد بررسی قرار گرفتند، نیز گزارش شده است (Gul et al., 2012). نشت بیشتر املاح یا آزاد شدن الکترولیت‌ها و افزایش مقدار EC در کاشت تاخیری گندم، ناشی از بنیه کم توسط خان و همکاران (Khan et al., 2010) نیز گزارش شده است. در مطالعه گول و همکاران (Gul et al., 2012)، بیش‌ترین جوانه‌زنی، بذر در کاشت ۲۴ اکتبر ثبت شد، اما کم‌ترین مقدار جوانه‌زنی نیز در کاشت تاخیری به‌دست آمد. تاخیر در کاشت سبب افزایش EC دانه گندم شده، درحالی‌که بذور در کاشت

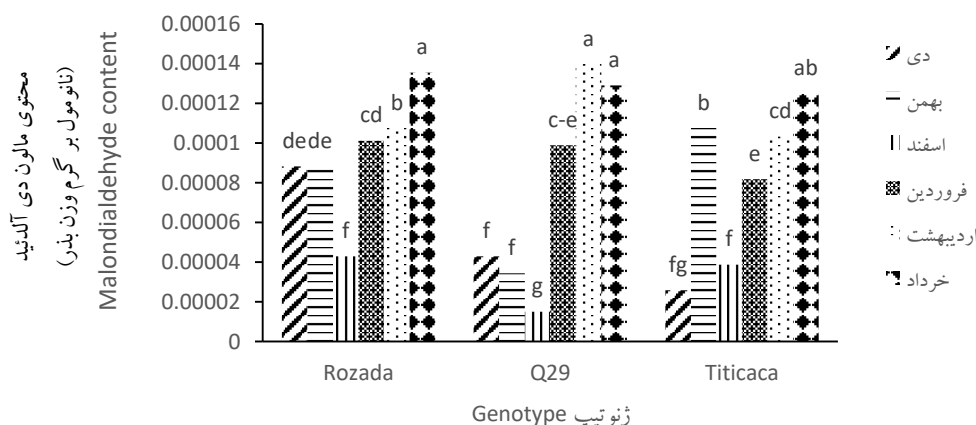
سلامت غشای سلول می‌تواند برای ارزیابی قدرت بذر استفاده شود. در آب قرار دادن بذوری که غشای آن‌ها آسیب‌دیده باشند، موجب نشت محتویات سلول به داخل آب شده که به‌طور مستقیم نشت این الکترولیت‌ها با آزمون هدایت الکتریکی سنجیده می‌شود. بذرهایی با نشت الکترولیت بیش‌تر، قدرت کم‌تری از بذرهایی با نشت الکترولیت کم‌تر دارند (Bam et al., 2006; Milosevic et al, 2010). ارتباط بین قدرت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه بذور با هدایت الکتریکی محلول بذر در سویا (Gorzin et al., 2005) و لوبیا (Muasya et al., 2002) گزارش شده است. در پژوهش حاضر، افزایش هدایت الکتریکی بذور ناشی از تاخیر در کاشت مشهود بود و

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین محتوی مالون‌دی‌آلدئید بذر در هر دو ژنوتیپ Titicaca و Rosada در تاریخ کشت خرداد ماه و در ژنوتیپ Q29 در تاریخ کشت بهمن ماه ثبت شد. ژنوتیپ Q29 محتوی مالون‌دی‌آلدئید بذر کم‌تری را در سه تاریخ کشت اول نشان داد، در حالی که در سه تاریخ کشت فروردین، اردیبهشت و خرداد، سطح محتوی مالون‌دی‌آلدئید بذر در این ژنوتیپ و همچنین دو ژنوتیپ Rosada و Titicaca بالا بود (شکل ۱۱). امیر یوسفی و همکاران (AmirYousefi *et al.*, 2021) نیز تفاوت در تولید مالون‌دی‌آلدئید بذر در ژنوتیپ‌های مختلف کینوا را گزارش کردند.

به‌موقع، EC کم‌تری داشتند. تاخیر در کاشت، منجر به کاهش قدرت بذر شده که آندوسپرم کوچک‌تر و وزن کم‌تر بذر را از دلایل اصلی تاخیر در کاشت برای کاهش قدرت بذر و افزایش EC گزارش کردند.

محتوی مالون‌دی‌آلدئید

با توجه به این که مالون‌دی‌آلدئید، محصول اصلی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد، سنجش محتوی مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان روشی برای بررسی میزان صدمات غشا در نظر گرفته می‌شود (Ghalkhani *et al.*, 2020). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر محتوی مالون‌دی‌آلدئید بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).



شکل ۱۱- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر محتوی مالون دی‌آلدئید

Figure 11- Interactive effect of Genotype×Planting date on Malondialdehyde content

(Ebony *et al.*, 2019). این بذور قدرت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای پایینی نیز نشان می‌دهند. در پژوهش حاضر تاخیر در کاشت احتمالاً با کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز، افزایش محتوی مالون‌دی‌آلدئید را موجب شده است. این تغییرات به بنیه بذر کم‌تر در نتیجه همزمانی دوره نمو و پر شدن دانه با شرایط آب و هوایی نامناسب بوده که کیفیت بذر تولیدی را تحت الشعاع قرار داده است. بذور با بنیه بالا با سنتز

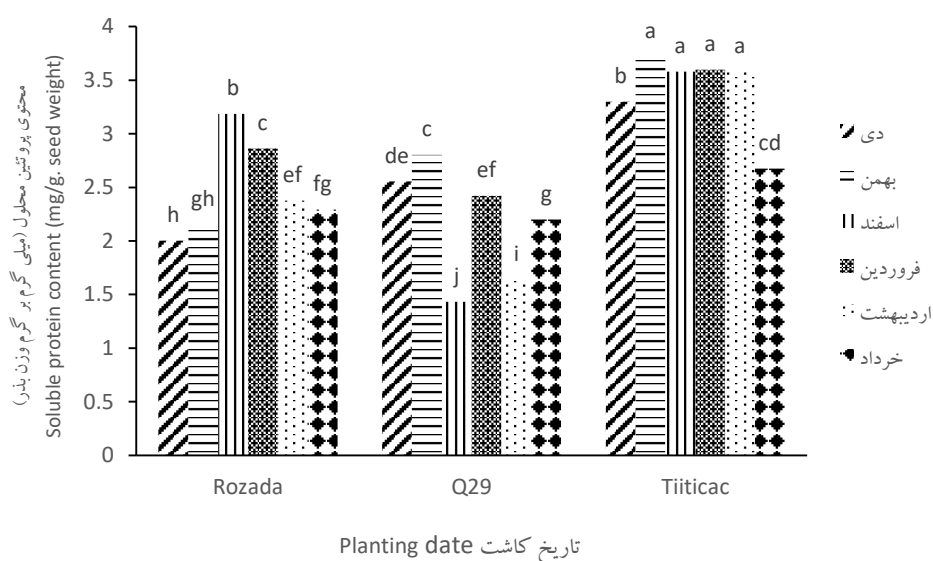
رادیکال‌های آزاد موجود در سلول‌ها باعث صدمه به لیپیدها و اسیدهای چرب غشا شده و رادیکال‌های لیپید و پراکسی و هیدروپراکسی تولید می‌کنند، این رادیکال‌های تولید شده می‌توانند به واکنش‌های اکسیداسیون لیپیدها (اسیدهای چرب) سرعت بخشند (Ding *et al.*, 2019). بذور با بنیه پایین‌تر، محتوی MDA بالاتر داشته و آسیب در غشای پلاسمایی، از دست دادن یکپارچگی غشا را به دنبال تغییر در ترکیب فسفولیپید خود نشان می‌دهند

محتوی پروتئین محلول بذر در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). محتوی پروتئین محلول در تمامی تاریخ‌های کاشت در ژنوتیپ Titicaca بالاتر از دو ژنوتیپ دیگر بود. بالاترین مقدار این صفت در تاریخ کشت بهمن و رقم Titicaca معادل ۳/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن بذر مشاهده شد که با تاریخ کشت اسفند، فروردین و اردیبهشت در این رقم تفاوت معنی دار نشان نداده و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱۲).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از خسارت به غشای سلولی جلوگیری کرده، سبب پایداری بیشتر غشای سلولی شده و محتوی مالون‌دی‌آلدئید کم‌تری را نیز تولید می‌کنند (Ghalkhani et al., 2020).

محتوی پروتئین محلول

نتایج جدول تجزیه واریانس در سال اول مطالعه نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر شاخص



شکل ۱۲- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر محتوی پروتئین محلول

Figure 12- Interactive effect of Genotype×Planting date on protein solution content

می‌کنند، هم کمیت و هم کیفیت بذور تولیدی را تغییر می‌دهند. وقوع دمای بالا و یا تنش رطوبتی که اغلب با تاخیر در کاشت همراه است، در مقایسه با دمای بهینه هوا، کاهش سرعت فتوسنتز و کاهش اندازه بذر را موجب شده، همچنین بر تولید قندها، پروتئین‌ها و دیگر متابولیت‌های بذر اثر می‌گذارد (Hu and Wiatrak, 2012).

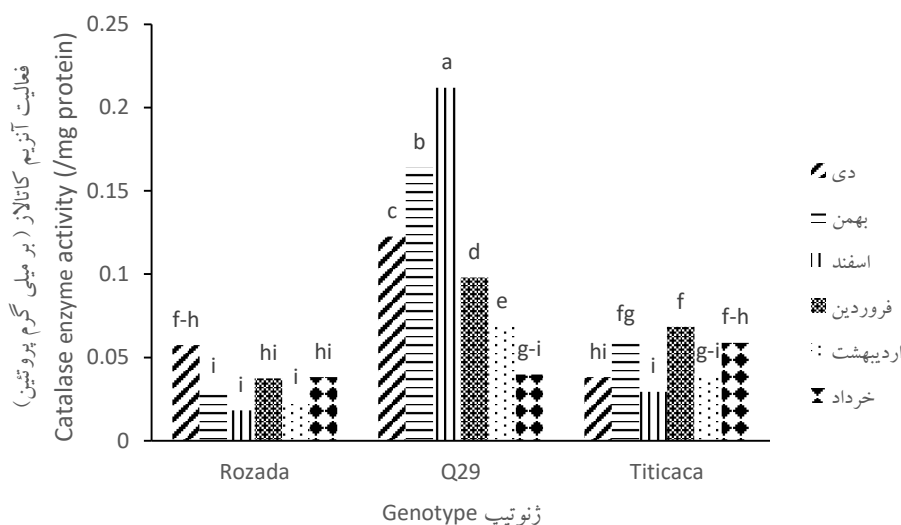
فعالیت آنزیم کاتالاز

کاتالاز آنزیمی است که در تمام موجودات زنده از جمله سلول‌های گیاهی، جانوری و میکروارگانیسم‌های هوازی یافت شده و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های

بذرهای با قوه نامیه بالاتر محتوی پروتئین محلول بیش‌تری داشته و قدرت جوانه‌زنی بالاتری نیز نشان می‌دهند. در پژوهش‌های شیدائی و همکاران (Sheidai et al., 2020) در سویا نیز گزارش شده است که بین بذرهای با قوه نامیه اولیه متفاوت، تفاوت معنی‌داری از نظر محتوی پروتئین محلول و محتوی قندهای محلول مشاهده شد. تاثیر تاریخ کاشت بر کیفیت بذرهای تولیدی در سویا گزارش شده است. کشت در دمای بهینه با تغییر محتوی روغن و پروتئین بر کیفیت بذر اثرگذار بود. دو عامل درجه حرارت و رطوبت که با تاریخ کاشت تغییر

ژنوتیپ Rosada و در تاریخ کشت اسفند ثبت شد (شکل ۱۳). بررسی بین ژنوتیپ‌ها نیز نشان داد که بذور ژنوتیپ Q29 همسو با جوانه‌زنی بالا، فعالیت آنزیم کاتالاز بالایی نیز نشان دادند (شکل ۱۳)، در حالی که دو ژنوتیپ دیگر فعالیت آنزیم کاتالاز در آن‌ها در مقایسه با Q29 کم بود (شکل ۱۳).

آنتی‌اکسیدانی با تجزیه H_2O_2 به آب و اکسیژن نقش مهمی در کاهش پراکسید هیدروژن دارد (Kibinza *et al.*, 2011). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر فعالیت آنزیم کاتالاز بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بالاترین فعالیت آنزیم در ژنوتیپ Q29 و تاریخ کشت اسفند مشاهده شد، در حالی که کم‌ترین فعالیت آنزیم در



شکل ۱۳- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر فعالیت آنزیم کاتالاز

Figure 13- Interactive effect of Genotype×Planting date on Catalase enzyme activity

همکاران (Wang *et al.*, 2019) همبستگی بالایی فعالیت آنزیم پراکسیداز را با بنیه بذر گزارش کرده و بیان کردند که تاخیر در کاشت، در ارقام مختلف پنبه فعالیت آنزیم پراکسیداز را کاهش می‌دهد. علت کاهش فعالیت آنزیم با کاهش بنیه بذر ناشی از برخورد زمان رسیدگی با دماهای نامناسب و کاهش اندازه دانه و نیز وقوع تنش اکسیداتیو و آسیب به غشاها گزارش شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی موثر به عنوان پیش‌نیاز برای به‌رسیدن به بذر با بنیه بالا در نظر گرفته می‌شود، هر چند که ارتباط بین سازوکارهای حذف رادیکال آزاد و بنیه بذر نامشخص می‌باشد. در پژوهش حاضر فعالیت آنزیم پراکسیداز در ژنوتیپ Titicaca پایین‌تر از دو ژنوتیپ دیگر بود (شکل ۱۴).

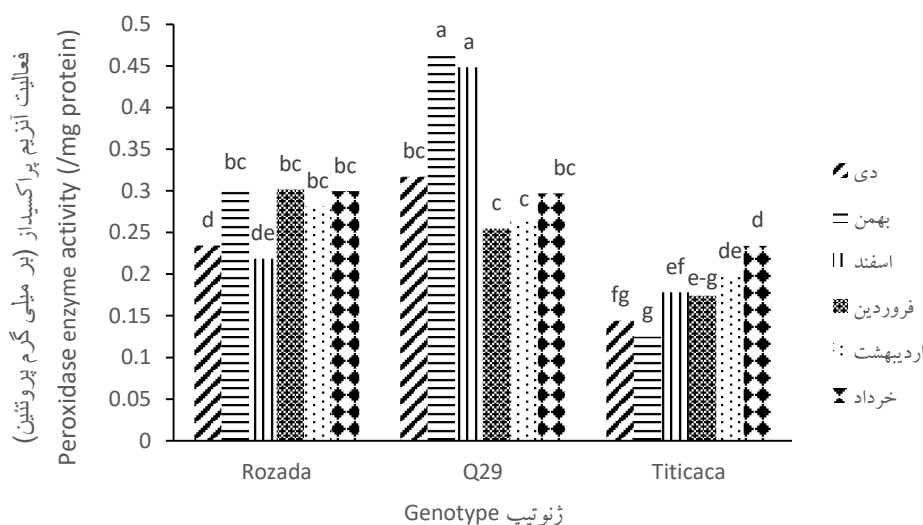
موفقیت در جوانه‌زنی بذرها به شدت به سازوکارهای آنتی‌اکسیدان که در طول جوانه‌زنی عمل می‌کنند، وابسته است (Yao *et al.*, 2012). کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان توجیهی بر علت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و کاهش بنیه در بذرهای با کیفیت پایین است (Tilebeni and Golpaygani, 2011).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر فعالیت آنزیم پراکسیداز بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). فعالیت این آنزیم در سه تاریخ کشت اول در ژنوتیپ Q29 بیش‌تر از دو ژنوتیپ دیگر بود (شکل ۱۴). وانگ و

و HD 2865 نشان داد که HD 2815، HDR-77 فعالیت کاشت‌های دیررس نسبت به PBW 343، PBW 175 و PBW 175 و CAT، APX، SOD و POX نسبتاً بالاتری را در HD 2865 نشان دادند، که با افزایش شاخص آسیب غشایی در تیمارهای تاخیر در کاشت همراه بود (Almeselmani *et al.*, 2006).

توکل افشار و همکاران (Tavakkol Afshar *et al.*, 2019) نیز در ارقام کلزا گزارش کردند که ارقام دارای بنیه بالاتر جوانه‌زنی بیش‌تر همراه با افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را در مراحل اولیه جوانه‌زنی نشان می‌دهند. در گندم، بررسی اثر تاریخ کشت و تنش گرمایی بر فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی در پنج ژنوتیپ HD 2815، HDR-77، PBW 175، PBW 343



شکل ۱۴- اثر متقابل ژنوتیپ در تاریخ کاشت بر فعالیت آنزیم پراکسیداز

Figure 14- Interactive effect of Genotype×Planting date on Peroxidase enzyme activity

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت توجهی بر علت کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و کاهش بنیه در بذرهای با کیفیت پایین می‌باشد. به نظر می‌رسد دو عامل درجه حرارت و رطوبت که با تاریخ کشت تغییر می‌کنند، هم‌کمیت و هم‌کیفیت بذور تولیدی را تغییر می‌دهند. وقوع دمای بالا و یا تنش رطوبتی که اغلب با تاخیر در کاشت همراه است، در مقایسه با دمای بهینه هوا، کاهش سرعت فتوسنتز و کاهش اندازه بذر را موجب شده، همچنین بر تولید قندها، پروتئین‌ها و دیگر متابولیت‌های بذر اثرگذار است.

نتیجه‌گیری کلی

دوره نمو و رسیدگی برای تولید بذر با بنیه بالا دارای اهمیت است. کاهش بنیه بذر در اثر رشد و نمو گیاه مادر در شرایط محیطی نامناسب قابل پیش‌بینی است. در صورت تولید بذر با کیفیت، قدرت جوانه‌زنی بذور در نسل بعد تضمین شده و عملکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز و سوپراکسیددیسمو تاز بذر نیز حین جوانه‌زنی بالا خواهد بود. موفقیت در جوانه‌زنی بذر ها به‌شدت به مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانت که در طول جوانه‌زنی عمل می‌کنند، وابسته است. کاهش فعالیت

فیزیولوژی و زیست فناوری بذر دانشکده علوم کشاورزی
دانشگاه گیلان تشکر و قدردانی می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت معنوی آزمایشگاه تحقیقاتی

Reference

منابع

- Agrawal, R.L. 1995.** Seed Technology. 2th Edition oxford and IBH publishing, New Delhi, India.
- Almeselmani, M., P.S. Deshmukh, R.K. Sairam, S.R. Kushwaha, and T.P. Singh. 2006.** Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. *Plant Sci.* 171(3): 382-388. DOI: 10.1016/j.plantsci.2006.04.009.
- Andrade, G.C.D. C.M.M. Coelho, and M.S. Padilha. 2019.** Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. *Seed Sci.* 41 (4): 488-497. DOI: 10.1590/2317-1545v41n4227354.
- Angelovici, R., G. Galili, A.R. Fernie, and A. Fait. 2010.** Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. *Trends Plant Sci.* 15(4): 211-218. DOI: 10.1016/j.tplants.2010.01.003.
- Avila, M.R., A.L. Braccini, I.S. Motta, C.A. Scapim, and M.C.L. Braccini. 2003.** Sowing seasons and quality of soybean seeds. *Sci. Agric.* 60(2): 245-252. DOI:10.1590/S0103-90162003000200007.
- Avci, S., O. İleri, and M. Demirkaya. 2017.** Determination of genotypic variation among sorghum cultivars for seed vigor, salt and drought stress. *J. Agric. Sci.* 23(3): 335-343. DOI: 10.15832/ankutbd.447645.
- Bailly, C., J. Leymarie, A. Lehner, S. Rousseau, D. Come, and F. Corbineau. 2004.** Catalase activity and expression in developing sunflower seeds as related to drying. *J. Exp. Bot.* 55(396): 475-483. DOI: 10.1093/jxb/erh050.
- Bam, R., F. Kumaga, K. Ofori, and E. Asiedu. 2006.** Germination, vigour and dehydrogenase activity of naturally aged rice (*Oryza sativa* L.) seeds soaked in potassium and phosphorus salts. *Asian J. Plant Sci.* 5(6): 948-955. DOI: 10.3923/ajps.2006.948.955.
- Bhargava, A., and S. Srivastava, 2013.** QUINOA Botany, Production and Uses. CABI, Wallingford, U.K.
- Cantarero, M.G., S.F. Lague, and O.J. Rubiolo. 2000.** Effects of sowing date and plant density on grain number and yield of a maize hybrid in the central region of Cordoba, Argentina. *J. Agric. Sci.* 17: 3-10.
- Castillo, A.G., J.G. Hampton, and P. Coolbear. 1994.** Effect of sowing date and harvest timing on seed vigour in garden pea (*Pisum sativum* L.). *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 22(1): 91-95. DOI:10.1080/01140671.1994.9513810.
- Ceccato, D.V., H.D. Bertero, and D. Batlla. 2011.** Environmental control of dormancy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: Two potential genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. *Seed Sci. Res.* 21: 133-141. DOI:10.1017/S096025851100002X.
- Ceccato, D.V., H.D. Bertero, D. Batlla, and B. Galati. 2015.** Structural aspects of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*): Importance and possible action mechanisms of the seed coat. *Seed Sci. Res.* 25: 267-275. DOI: 10.1017/S096025851500015X.
- Ding, Y., X. Bai, Z. Ye, L. Ma, and L. Liang. 2019.** Toxicological responses of Fe₃O₄ nanoparticles on *Eichhornia crassipes* and associated plant transportation. *Sci. Total Environ.* 671: 558-567. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.344.
- Fenner, M. 1991.** The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Sci. Res.* 1: 75-84. DOI: 10.1017/S0960258500000696.
- Finch-Savage, W.E., and G.W. Bassel. 2016.** Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *J. Exp. Bot.* 67(3): 567-591. DOI: 10.1093/jxb/erv490.
- Galwey, N.W. 1995.** Quinoa and relatives. In *Evolution of crop plants* (pp. 41-46). Longman, Harlow, UK.

- Gandarillas, H. 1979.** Genética y origen. Pp 45-64. In M. Tapia(ed.). Quinoa y Kañiwa:cultivos andinos. CIID, Bogota, Colombia.
- Ghalkhani, E., H. Hassanpour, and V. Niknam. 2020.** Sinusoidal vibration alleviates salt stress by induction of antioxidative enzymes and anatomical changes in *Mentha pulegium*. Acta Physiol. Plant. 42(3): 39-42. DOI:10.1007/s11738-020-3017-4.
- Gul, H., A.Z. Khan, B. Saeed, S. Nigar, A. Said, and S. Khan Khalil. 2012.** Determination of seed quality tests of wheat varieties under the response of different sowing dates and nitrogen fertilization. Pak. J. Nutr. 11(1): 34-37. DOI:10.3923/pjn.2012.34.37.
- Gusta, L.V., E.N. Johnson, N.T. Nesbitt, and K.J. Kirkland. 2004.** Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. Can. J. Plant Sci. 84(2): 463-471. DOI:10.4141/P03-100.
- He, Y., J. Cheng, Y. He, B. Yang, Y. Cheng, C. Yang, H. Zhang, and Z. Wang. 2018.** Influence of isopropylmalate synthase OsIPMS1 on seed vigour associated with amino acid and energy metabolism in rice. Plant Biotechnol. J. 17: 332–337. DOI: 10.1111/pbi.12979.
- Hirich, A., R. Choukr-Allah, and S-E. Jacobsen. 2014.** Quinoa in Morocco – Effect of sowing dates on development and yield. J. Agron. Crop Sci. 200(5): 371-377. DOI:10.1111/jac.12071.
- Hu, M., and P. Wiatrak. 2012.** Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality: Review. Agron. J. 104(3): 785-790. DOI: 10.2134/agronj2011.0382.
- Jacobsen, S-E. 2003.** The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev. Int. 19(1-2): 167-177. DOI:10.1081/FRI-120018883.
- Khan, A.Z., P. Shah, F. Mohd, H. Khan Amanullah, S. Parveen, S. Nigar, S.K. Khalil, and M. Zubair. 2010.** Vigor test used to rank seed lot quality and predict field emergence in wheat. Pak. J. Bot. 42: 3147- 3155.
- Kibinza, S., J. Bazin, C. Bailly, J.M. Farrant, F. Corbineau, and H. El-Maarouf-Bouteau. 2011.** Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. Plant Sci. 181(3): 309-315. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.06.003.
- Koca, Y.O., and O. Canavar. 2014.** The effect of sowing date on yield and yield components and seed quality of corn (*Zea mays* L.). Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LVII: 227-231. DOI: 10.22034.CAJPSI.2021.02.06.
- Kundu, P.K., T.S. Roy, Md.S. Hossain Khan, K. Parvin, and H.E.M. Khairul Mazed. 2016.** Effect of sowing date on yield and seed quality of soybean. J. Agric. Ecol. Res. Int. 9(4): 1-7. DOI: 10.9734/JAERI/2016/29301.
- Milosevic, M., M. Vujakovic, and D. Karagic. 2010.** Vigour tests as indicators of seed viability. Genet. 42(1): 103-118. DOI: 10.2298/GENSR1001103M.
- Mirshekari, M., N. Majnounhosseini, R. Amiri, A. Moslehi, and O.R. Zandvakili. 2013.** Effects of sowing date and irrigation treatment on safflower seed quality. J. Agric. Sci. Technol. 15: 505-515.
- Muasya, R.M., W.J.M. Lommen, and P.C. Struik. 2002.** Differences in development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops and pod fractions within a crop: II. Seed viability and vigour. Field Crops Res. 7: 79–89. DOI:10.1016/S0378-4290(02)00014-X.
- Munir, H., S.M.A. Basra, M.A. Cheema, and A. Wahid. 2011.** Phenotypic flexibility in exotic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm for seedling vigor and viability. Pak. J. Agric. Sci. 48(4): 255-261.
- Okelola, F.S., M.A. Adebisi, O.B. Kehinde, and A.M. Oluwole. 2007.** Genotypic and phenotypic variability for seed vigour traits and seed yield in West African rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Am. J. Sci. 3: 34- 41.
- Penfield, S., and D.R. MacGregor. 2017.** Effects of environmental variation during seed production on seed dormancy and germination. J. Exp. Bot. 68(4): 819–825. DOI: 10.1093/jxb/erw436.
- Qun, S., J.H. Wang, and B.Q. Sun. 2007.** Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. Agric. Sci. China. 6(9): 1060-1066. DOI:10.1016/S1671-2927(07)60147-3.
- Rahman, M.M., M.M. Rahman, and M.M. Hussain. 2013.** Effect of sowing date on germination and vigour of soybean (*Glycine max* L.) seeds. The Agriculturist. 11(1): 67-75.

- Randhir, R., and K. Shetty. 2003.** Light-mediated fava bean (*Vicia faba*) response to phytochemical and protein elicitors and consequences on nutraceutical enhancement and seed vigour. *Process Biochem.* 38(6): 945-952. DOI:10.1016/S0032-9592(02)00219-4.
- Rashid, M., J.G. Hampton, J. Trethewey, and M.P. Rolston. 2017.** Effect of sowing date on forage rape seed quality. *Agron. New Zealand.* 47: 55-64.
- Rezzouk, F.Z., M.A. Shahid, S.A. Elouafi, B. Zhou, J.L. Araus, and M.D. Serret. 2020.** Agronomic performance of irrigated quinoa in desert areas: Comparing different approaches for early assessment of salinity stress. *Agric. Water Manage.* 204: 106. DOI:10.1016/j.agwat.2020.106205.
- Rosa, M., M. Hilal, J.A. González, and F.E. Prado. 2004.** Changes in soluble carbohydrates and related enzymes induced by low temperature during early developmental stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings. *J. Plant Physiol.* 161(6): 683-689. DOI: 10.1078/0176-1617-01257.
- Sahu, B., A.K. Sahu, S.R. Chennareddy, A. Soni, and S.C. Naithani. 2017.** Insights on germinability and desiccation tolerance in developing neem seeds (*Azadirachta indica*): role of AOS, antioxidative enzymes and dehydrin-like protein. *Plant Physiol. Biochem.* 112: 64-73. DOI: 10.1016/j.plaphy.2016.12.022.
- Sawan, Z.M., A.H. Fahmy, and S.E. Yousef. 2009.** Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. *Acta Ecol. Sin.* 29(2): 116-123. DOI: 10.1016/j.chnaes.2009.05.008.
- Siddique, A.B., and D. Wright. 2004.** Effects of date of sowing on seed yield, seed germination and vigour of peas and flax. *Seed Sci. Technol.* 32(2): 455-472. DOI:10.15258/sst.2004.32.2.16.
- Swami, S., S. Yadav, S.K. Yadav, A. Dahuja, and D.K. Yadava. 2016.** Imbibition behaviour and germination response in conventional and quality of Indian mustard (*Brassica juncea*) seeds. *Indian J. Agric. Sci.* 86(12): 1625-29. DOI:10.56093/ijas.v86i12.65652.
- Tabakovic, M., M. Simic, R. Stanisavljevic, M. Milivojevic, M. Secanski, and D. Postic. 2020.** Effects of shape and size of hybrid maize seed on germination and vigour of different genotypes. *Chil. J. Agr. Res.* 80 (3): 381-392. DOI:10.4067/S0718-58392020000300381.
- Tilebeni, H.G., and A. Golpayegani. 2011.** Effect of seed ageing on physiological and biochemical changes in rice seed (*Oryza sativa* L.). *Int. J. Agric. Sci.* 1(3): 138-143.
- Wang, L., W. Hu, R. Zahoor, X. Yang, Y. Wang, Z. Zhou, and Y. Meng. 2019.** Cool temperature caused by late planting affects seed vigor via altering kernel biomass and antioxidant metabolism in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Res.* 236: 145-154. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.04.002.
- Wang, X., H. Zheng, Q. Tang, Q. Chen, and W. Mo. 2020.** Seed fling under different temperatures improves the seed vigor of hybrid rice (*Oryza sativa* L.) via starch accumulation and structure. *Sci. Rep.* 10: 563. DOI:10.1038/s41598-020-57518-5.
- Yao, Z., L. Liu, F. Gao, C. Rampitsch, D.M. Reinecke, J.A. Ozga, and B.T. Ayele. 2012.** Developmental and seed aging mediated regulation of antioxidative genes and differential expression of proteins during pre- and post-germinative phases in pea. *J. Plant Physiol.* 169: 1477-1488. DOI: 10.1016/j.jplph.2012.06.001
- Zhu, L.W., D.D. Cao, Q.J. Hu, Y.J. Guan, W.M. Hu, A. Nawaz, and J. Hu. 2015.** Physiological changes and sHSPs genes relative transcription in relation to the acquisition of seed germination during maturation of hybrid rice seed. *J. Sci. Food Agric.* 96: 1764-1771. DOI: 10.1002/jsfa.7283.

