علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هفتم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۹ (۵۰۴ - ۴۹۱)

DOI: 10.22124/JMS.2020.4645

تنوع ژنتیکی نمو فیزیولوژیک بذر طی رسیدگی در برخی از اکوتیپ‌های زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

سهیلا فقیهی[۱]، سید محمد مهدی مرتضویان*[۲]، الیاس سلطانی[۳]، غلامعلی اکبری[۲]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۸

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی نمو فیزیولوژیک بذر در ۱۴ اکوتیپ زیره سبز ایرانی و یک ژنوتیپ هندی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران اجرا شد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اکوتیپ‌ها از نظر صفات وزن تر و خشک بذر در زمان قبل از برداشت و موقع برداشت، درصد رطوبت بذر قبل از زمان برداشت، حداکثر درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارند که نشان‌دهنده وجود تنوع بین ۱۵ اکوتیپ مورد مطالعه از نظر صفات مذکور است. اکوتیپ‌ها از نظر طول بذر و اندازه جنین، همچنین نسبت طول جنین به بذر تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشتند. فاکتورهای مورد بررسی برای آزمون جوانه‌زنی شامل ۱۵ اکوتیپ و دما در سه سطح (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس) بود. اثر دما روی درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها نیز در دمای ۱۵ درجه سلسیوس اتفاق افتاد. همچنین، اثر متقابل دما و اکوتیپ در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. از میان اکوتیپ‌ها، اکوتیپ "کوهبنان" برای اکثر صفات مورد مطالعه بیش‌ترین مقدار را دارا بود. بنابراین اکوتیپ مذکور به‌عنوان بهترین اکوتیپ از نظر صفات مرتبط با جوانه‌زنی معرفی می‌شود و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی و به‌زراعی از آن استفاده نمود. اکوتیپ‌های "چت" و "حیدرآباد هند" نیز برای اکثر صفات کم‌ترین مقدار را داشتند.

واژه‌های کلیدی: اندازه جنین، جوانه‌زنی، دما

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: mortazavian@ut.ac.ir

مقدمه

بذر یک رابطه زنده بین والدین و نتاج بوده و عامل اصلی انتشار گیاه از یک محیط به محیط دیگر می‌باشد که سبب تداوم نسل‌ها و حفظ ذخایر ژنتیکی می‌شود (Nasiri, 2016). به عبارت دیگر، بذر نتیجه نهایی فعالیت‌های یک نسل گیاه و آغازی برای نسل جدید می‌باشد (Ghaderifar and Soltani, 2010). بذور مربوط به گیاهان مختلف به‌منظور تأمین غذای انسان و حیوانات، تولید دارو، ساخت لوازم آرایشی و بهداشتی و سایر نیازهای بشر کشت می‌شوند. بذر جایگاهی مهم در سیر زندگی گیاهان دارد، لذا شناخت بهتر بذر و تشکیل آن الزامی است و این شناخت، نیازمند داشتن اطلاعاتی در مورد نمو بذر است (Ghaderifar and Soltani, 2010).

نمو بذرها طی سه مرحله اتفاق می‌افتد. در مرحله اول (مرحله تقسیم سلولی سریع)، وزن بذر چندان تغییر نمی‌کند و به آرامی به وزن خشک آن افزوده می‌شود و حدوداً به پنج درصد وزن نهایی می‌رسد. این دوره به‌دلیل آن‌که تقسیم سلولی در آن انجام می‌شود، از اهمیت خاصی برخوردار است. در مرحله دوم (مرحله ساخت مواد ذخیره‌ای) بیش از ۹۰ درصد وزن بذر تشکیل می‌شود، به‌همین دلیل به این مرحله، دوره پرشدن مؤثر بذر می‌گویند (Soltani and Rezaei, 1999). مرحله سوم نمو، مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نام دارد. برای تعیین نمو فیزیولوژیک و برداشت در گیاهان مختلف از شاخص‌های کمی مانند مقدار رطوبت بذر، درصد جوانه‌زنی، اندازه بذر و جنین استفاده می‌شود. اولین بار در سال ۱۹۵۰ رسیدگی فیزیولوژیک توسط شاو و لومیس به‌عنوان وقوع حداکثر ماده خشک در بذر در حال نمو تعریف شد (Egli, 1998). همزمانِ با روند تجمع ماده خشک طی نمو بذر، رطوبت بذر کاهش می‌یابد (Tekrony, 2003). بر اساس تحقیقات رستگار و همکاران (Rastegar *et al*., 2016) بر روی بادام‌زمینی، رطوبت بذر طی پیشرفت مراحل نموی و افزایش تجمع ذخایر در بذر این گیاه کاهش یافت و زمان رسیدن به حداقل رطوبت تقریباً همزمان با رسیدن به حداکثر تجمع ماده خشک بود، به‌طوری‌که رطوبت بذرها به‌طور متوسط از ۷۰ درصد در فاز اولیه نمو به حدود ۳۰ درصد در انتهای فاز تجمع ذخایر کاهش یافت. بنابراین نمو و رسیدگی بذر با کاهش کلی رطوبت بذر همراه است، به‌طوری‌که در بذرهای نارس نسبت به بذرهای بالغ، رطوبت بذر در بالاترین میزان خود می‌باشد. مقدار رطوبت بذر همزمان با رسیدگی فیزیولوژیک برای سویا (Fraser *et al*., 1982)، ذرت (Rezvani *et al*., 2017; Egli and Tekrony, 1997)، هیبریدهای مونوزرم چغندرقند (Farzaneh *et al*., 2015)، گندم (Schnyder and Baum, 1992; Calderini *et al*., 2000) و آفتاب‌گردان (Rondanini *et al*., 2007) تعیین شده است.

طی نمو، بذر قابلیت جوانه‌زنی نیز پیدا می‌کند و این توانایی از گونه‌ای به گونه دیگر تغییر می‌کند و به عواملی از جمله رطوبت، نور، ساختار پوششی بذر و دما بستگی دارد. در این میان درجه حرارت تأثیر قابل توجهی بر جوانه‌زنی و ویژگی‌های آن از جمله درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور دارد (Ranjbar *et al*., 2013). طی نمو همزمان با کاهش در میزان رطوبت بذر، روند جوانه‌زنی در بذور مربوط به گونه‌های ریکال‌سیترانت کاهش پیدا می‌کند اما در بذر گونه‌های ارتودکس از این نظر تنوع وجود دارد به‌طوری‌که در برخی گونه‌ها جوانه‌زنی کاهش و در برخی دیگر افزایش پیدا می‌کند. اسپراگو (Sprague, 1996) در مطالعات خود بر روی ذرت (*Zea mays* L.) این چنین نتیجه گرفت که اگر بذر نارس پس از برداشت سریعاً کاشت شود، تغییرات زیادی در زمان جوانه‌زنی دیده می‌شود و با کاهش در محتوای رطوبتی بذر آن، درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. در اکثر گونه‌های گیاهان زراعی بذر مدت زمان طولانی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک قابلیت جوانه‌زنی پیدا می‌کند، در حالی‌که در بعضی دیگر از گیاهان زراعی بذرها قبل یا بعد از رسیدگی فیزیولوژیک به حداکثر درصد جوانه‌زنی می‌رسند (Samarah and Abu-Yahya, 2008). مک‌دونالد و کاپلند (MacDonald and Copeland, 1997)، شروع قابلیت جوانه‌زنی بذر را در ذرت زمانی بیان کردند که محتوای رطوبتی بذر به حدود ۳۰ درصد رسیده باشد. به‌طورکلی تا زمانی‌که بذر حداقل مراحل اندام‌زایی از لحاظ نمو جنین‌زایی لازم را سپری نکند، جوانه‌زنی حتی در شرایط مساعد رخ نمی‌دهد (Bowles, 1992).

نمو فیزیولوژیک بذر به شکل قابل توجهی به‌عنوان یک مرحله مهم رشد پذیرفته می‌شود به دلیل این که نشان‌دهنده پایان رشد فعال گیاه است (Boot *et al*., 1994) و حصول آن یک ویژگی ژنتیکی است که تحت

تأثیر عوامل محیطی مختلف قرار می‌گیرد (Mahesha *et al.*, 2001). لذا در گونه‌ها، ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف ممکن است از نظر نمو فیزیولوژیک تنوع وجود داشته باشد. از طرفی یکی از روش‌های متداول انتخاب گیاهان زراعی، گزینش جمعیت‌های مطلوب از بین جوامع دارای تنوع ژنتیکی است. بنابراین آگاهی از تنوع جمعیت‌ها، نخستین گام در جهت پیشبرد برنامه‌های اصلاحی می‌باشد. به عبارت دیگر پیشرفت در اصلاح نباتات به وجود تنوع بستگی دارد چرا که انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از درون جمعیت‌های یکنواخت امکان پذیر نیست. علیرغم این‌که زیره سبز (از تیره چتریان) در ایران از تنوع ژنتیکی بالایی برخوردار می‌باشد و تاکنون در چند مورد تنوع ژنتیکی آن از طریق نشانگرهای مولکولی (Ebrahimiyan *et al.*, 2017; Pezhmanmehr *et al.*, 2010) و با استفاده از صفات فیزیولوژیک (Kazemi *et al.*, 2014) بررسی شده است، اما اطلاعاتی مبنی بر وجود تنوع ژنتیکی از لحاظ اندازه جنین و نیز مراحل مختلف نمو این گیاه به ویژه نمو فیزیولوژیک در دسترس نیست. بر این اساس، هدف از این پژوهش بررسی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های زیره سبز از نظر اندازه جنین و پارامترهای نمو فیزیولوژیک بذر می‌باشد. با بررسی صفاتی مانند وزن خشک و محتوای رطوبتی بذر، اندازه جنین و بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی قبل و زمان برداشت می‌توان وجود یا عدم وجود تنوع را بررسی کرد و در برنامه‌های به‌نژادی و به‌زراعی به‌عنوان مثال معرفی اکوتیپ‌هایی با میزان خفتگی کم‌تر به کشاورز، از آن‌ها بهره جست.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی نمو فیزیولوژیک بذر طی رسیدگی در ۱۴ اکوتیپ ایرانی زیره سبز و یک ژنوتیپ خارجی، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در پاکدشت انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. اکوتیپ‌ها از بانک بذر پردیس ابوریحان حاصل از مطالعات قبلی تهیه شد که ۱۴ تا از ژنوتیپ‌ها دارای مبدأ ایرانی (جدول ۱) و ژنوتیپ "حیدرآباد هند" به‌عنوان اکوتیپ خارجی در نظر گرفته شد.

جدول ۱- مشخصات اکوتیپ‌های زیره سبز ایرانی

Table 1. Characteristics of Iranian cumin ecotypes

نمونه/ کد Sample / Code	جمعیت Population	شهرستان/ اکوتیپ Ecotype / City	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude
3	Fars (فارس)	Sivand (سیوند)	1706	52° 55′ E	30° 4′ N
5	Yazd (یزد)	Ardakan (اردکان)	1011	53° 57′ E	32° 21′ N
6	Yazd (یزد)	Bafq (بافق)	992	55° 24′ E	31° 36′ N
12	Golestan (گلستان)	Chat (چت)	490	54° 30′ E	36° 48′ N
13	Golestan (گلستان)	Gonbad (گنبد)	38	55° 9′ E	37° 14′ N
18	Kerman (کرمان)	Kooh-banan (کوهبنان)	1990	56° 16′ E	31° 24′ N
21	Kerman (کرمان)	Rafsanjan (رفسنجان)	1541	55° 59′ E	30° 21′ N
24	Southern-Khorasan (خراسان جنوبی)	Qaen (قائن)	1440	59° 10′ E	33° 44′ N
28	Southern-Khorasan (خراسان جنوبی)	Darmian (درمیان)	1521	60° 7′ E	33° 2′ N
33	Esfahan (اصفهان)	Khansar (خوانسار)	2047	50° 19′ E	33° 17′ N
35	Semnan (سمنان)	Shahmirzad (شهمیرزاد)	2102	53° 19′ E	35° 46′ N
37	Semnan (سمنان)	Ivanaki (ایوانکی)	1080	52° 4′ E	35° 20′ N
42	Northern- Khorasan (خراسان شمالی)	Maneh (مانه)	675	56° 44′ E	37° 39′ N
48	Khorasan-Razavi (خراسان رضوی)	Taybad (تایباد)	805	60° 47′ E	34° 44′ N

از نظر جغرافیایی، پاکدشت در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا واقع شده است. از نظر اقلیم، این منطقه جزء مناطق گرم و نیمه-خشک به‌شمار می‌آید و بارندگی‌ها به‌طور عمده در دو فصل پاییز و زمستان صورت می‌گیرد. پس از مساعدشدن

شرایط کشت، عملیات آماده‌سازی زمین در اسفند ۹۶ ۱۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت حدود ۲-۱ سانتی‌متر کشت شد. فاصله‌ی پشته‌ها از هم ۷۰ سانتی‌متر و فاصله هر بلوک با بلوک مجاور ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که روی هر پشته دو ردیف کشت شد (فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر). عملیات زراعی معمول مانند آبیاری در اوایل رشد چهار روز یک‌بار و نزدیک به انتهای رشد با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم انجام شد (Safari *et al*., 2015; Kazemi *et al*., 2017). همچنین مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. بذرها از چتر اصلی انتخاب شدند و نمونه‌برداری از دو ردیف میانی پس از حذف اثر حاشیه در دو مرحله (۱۸ روز قبل از برداشت نهایی و زمان برداشت نهایی) صورت گرفت.

تعیین سرعت رشد، وزن خشک و درصد رطوبت بذر

بعد از هر مرحله نمونه‌برداری، بلافاصله نمونه‌ها برای تعیین محتوای رطوبت بذر (درصد) به آزمایشگاه منتقل شدند. ۲۰ عدد بذر از هر پاکت به‌صورت تصادفی جدا و با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. برای خشک کردن بذرها از آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس استفاده شد (Darvishi-Zeidabadi *et al*., 2015). پس از ۷۲ ساعت، وزن خشک هر نمونه توسط ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. برای تعیین درصد رطوبت بذر (بر مبنای وزن تر) از رابطه زیر استفاده شد (MacDonald and Copeland, 1997):

$$SMC = (W - D / W) \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه، SMC: درصد رطوبت بذر، W: وزن تر و D: وزن خشک بذر می‌باشد.

برای محاسبه‌ی سرعت رشد بذر از رابطه زیر استفاده گردید:

$$GGR = (D_2 - D_1) / (t_2 - t_1) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

GGR: سرعت رشد بذر (گرم/ روز)، D_1 و D_2: وزن خشک بذر به‌ترتیب در نمونه‌گیری اول و دوم (گرم)، t_1 و t_2: زمان نمونه‌گیری اول و دوم (بر حسب روز) می‌باشد.

بررسی طول بذر و جنین

این آزمایش در آزمایشگاه سیتوژنتیک گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان انجام شد. هر اکوتیپ شامل چهار تکرار بود که برای هر مرحله عکس‌برداری، از هر تکرار به‌طور تصادفی پنج عدد بذر انتخاب شد و روی کاغذ صافی داخل پتری‌دیش‌های صورت گرفت و سپس هر اکوتیپ در ۴ ردیف به طول استریل به قطر هشت سانتی‌متر قرار داده شد. جهت سهولت در جداسازی جنین، به‌میزان لازم به پتری‌دیش‌ها آب مقطر افزوده شد و تا زمان عکس‌برداری، داخل ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۶ ساعت نگهداری شدند. برای تعیین طول بذر و جنین از دستگاه استریومیکروسکوپ استفاده گردید. برای این‌کار، بذر زیر میکروسکوپ قرار گرفت و با تنظیمات خاص، طول آن مشخص و از آن عکس گرفته شد. جهت استخراج جنین، نوک بذر توسط اسکالپل برش داده شد به گونه‌ای که جنین آسیب نبیند و سپس با پنس به آرامی در قسمت انتها به سمت نوک بذر فشار وارد شد تا جنین خارج گشت و از آن عکس گرفته شد. واحد اندازه‌گیری طول، میکرومتر و با بزرگنمایی ۱۰۰۰ در نظر گرفته شد.

درصد جوانه‌زنی قبل و زمان برداشت

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۱۵ اکوتیپ زیره سبز و دما در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سلسیوس بود. برای آزمون جوانه‌زنی در هر دو مرحله از نمونه‌برداری، ۳۰ عدد بذر به‌صورت تصادفی انتخاب شد و روی کاغذهای صافی داخل پتری‌دیش‌های استریل به قطر هشت سانتی‌متر کشت داده شد. هر پتری‌دیش به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. جهت حفظ سلامت بذور هنگام جوانه‌زنی، محلولی از قارچ‌کش کاربوکسین تیرام با غلظت یک در هزار تهیه شد. محلول تهیه شده به‌مدت ۱۵ دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار داده شد تا کاملاً حل شود. سپس شش سی‌سی از محلول به هر پتری‌دیش اضافه گردید و نمونه‌ها داخل انکوباتور با دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سلسیوس و ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. شمارش بذور جوانه‌زده سه روز یک‌بار انجام شد. بعد از ۲۴ روز، چنانچه به‌مدت شش روز متوالی جوانه‌زنی صورت نگرفت، شمارش بیش‌تر انجام نشد (Habibzadeh-Zarandi *et al*., 2017).

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی (R10، R30 و R50) از برنامه Germin استفاده گردید (Soltani *et al*., 2013).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel صورت گرفت و برای مقایسه میانگین

داده‌ها از آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ استفاده شد. در ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی از تبدیل داده جذری استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعیین سرعت رشد، وزن خشک و درصد رطوبت بذر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که در مرحله‌ی اول و دوم نمونه‌برداری یعنی قبل از برداشت و ضمن برای سرعت رشد بذر، درصد جوانه‌زنی و سرعت تا زمان برداشت، اکوتیپ‌ها از لحاظ وزن تر و خشک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ از خود نشان دادند. قبل از زمان برداشت، اکوتیپ‌ها از لحاظ درصد رطوبت با هم تفاوت معنی‌داری داشتند اما در زمان برداشت تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ مشاهده نشد. اکوتیپ اثر معنی‌داری روی سرعت رشد بذر در سطح احتمال ۰/۰۵ نداشت (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس سرعت رشد، وزن تر، وزن خشک و درصد رطوبت بذر

Table 2. Analysis of variance of growth rate, wet weight, dry weight and moisture content of seed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares (MS)						
			قبل از زمان برداشت Before harvest time			زمان برداشت Harvest time		
		سرعت رشد بذر Grain growth rate (gr/day)	درصد رطوبت Moisture Content	وزن خشک Dry weight (gr)	وزن تر Wet weight (gr)	درصد رطوبت Moisture Content	وزن خشک Dry weight (gr)	وزن تر Wet weight (gr)
تکرار Rep	3	2.918	26.8	0.000017	0.00001	18.5	0.000016	0.000008
اکوتیپ Ecotype	14	7.548 ns	49.9*	0.000071*	0.000072	9.7ns	0.00007	0.00007
خطا Error	42	7.078	17.6	0.000019	0.000021	5.29	0.000017	0.000018
ضریب تغییرات(%)C.V.		0.0037	18.1	14.7	11.9	27.2	13.1	12.4

* و ns به‌ترتیب در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*and ns significantly at $p < 0.05$ and non-significan respectively.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر دو مرحله از نمونه‌برداری بیش‌ترین وزن خشک و کم‌ترین درصد رطوبت بذر به اکوتیپ سیوند و کم‌ترین وزن خشک و بیش‌ترین درصد رطوبت بذر به اکوتیپ درمیان اختصاص داشت. قبل از برداشت، اکوتیپ گنبد (۰/۰۴۶۲ گرم) و سیوند (۰/۰۴۶۰ گرم) و در زمان برداشت نیز سیوند (۰/۰۴۳۰ گرم) بیش‌ترین میزان وزن تر را به خود اختصاص دادند.

در مرحله ۱۸ روز قبل از زمان برداشت نهایی، کم‌ترین مقدار وزن تر به اکوتیپ چت از استان گلستان (۰/۰۳۲۷ گرم) و در زمان برداشت نیز به اکوتیپ درمیان (۰/۰۲۹۷ گرم) و چت (۰/۰۲۹۵ گرم) مربوط بود. به‌طورکلی پس از رسیدن به نمو فیزیولوژیک، در همه اکوتیپ‌ها تغییر در وزن بذر چندان قابل توجه نبود و درصد رطوبت نیز نزدیک به سه برابر کاهش یافت (جدول ۳). دلیل تداوم تجمع ذخایر پس از رسیدن به حداقل رطوبت (زمان برداشت) را می‌توان به شرایط اقلیمی انتهای فصل و وجود رطوبت کافی برای انتقال مواد غذایی به بذر در حال نمو مرتبط دانست (Rastegar *et al*., 2016). اما به‌طورکلی با پیشرفت مراحل نموی و افزایش تجمع ذخایر در بذر، رطوبت کاهش می‌یابد و زمان رسیدن به حداقل رطوبت تقریباً همزمان با رسیدن به حداکثر تجمع ماده خشک است که این موضوع در اکوتیپ سیوند نسبت به بقیه اکوتیپ‌ها بیش‌تر مشاهده شد. نتایج به دست‌آمده با نتایج حاصل از تحقیقات ندوا و نیکلوا (Nedeva and Nikolova, 1999) در بذر گندم و منندز و همکاران (Menendez *et al*., 2019) در بذر کلزا مطابقت دارد. طی این مرحله، بیش‌تر بذرها آب خود را از دست می‌دهند تا مواد ذخیره‌ای جایگزین آب در بذر شود.

رستگار و همکاران (Rastegar *et al*., 2016) جهت ارزیابی کسب تحمل به پسابیدگی در بذرهای در حال نمو بادام زمینی مشاهده کردند که در طول نمو رطوبت بذر به‌طور متوسط به نصف کاهش یافت و در مراحل اولیه نمو، بذرها محتوای رطوبتی بالاتری نسبت به بذرهای بالغ داشتند. همچنین بر اساس یافته‌های ندوا و نیکلوا (Nedeva and Nikolova, 1999)، درصد رطوبت بذر در مراحل مختلف نمو بیش‌ترین ارتباط را با مراحل نمو فیزیولوژیک بذر دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن تر، وزن خشک و درصد رطوبت بذر در زمان برداشت و قبل از زمان برداشت در ۱۵ اکوتیپ زیره سبز

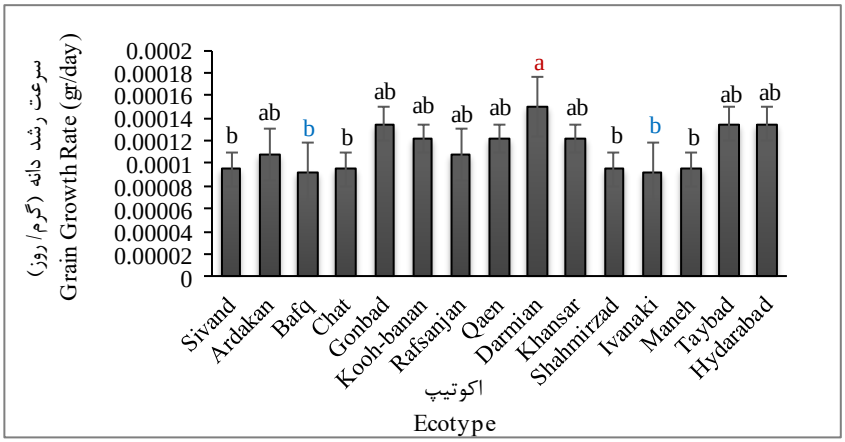
Table 3. Comparison of mean wet weight, dry weight and moisture content of the seed at the harvest time and before harvest time in 15 ecotypes of cumin

اکوتیپ Ecotype		قبل از زمان برداشت Before harvest time			زمان برداشت Harvest time		
		درصد رطوبت Moisture Content	وزن خشک Dry weight (gr)	وزن تر Wet weight (gr)	درصد رطوبت Moisture Content	وزن خشک Dry weight (gr)	وزن تر Wet weight (gr)
Sivand	سیوند	16.150e	0.0387a	0.0406ab	5/994e	0/0405a	0.0430a
Ardakan	اردکان	18.264de	0.0325bc	0.0397a-e	6/888de	0/0345bc	0.0370abc
Bafq	بافق	23.999a-d	0.0307b-	0.0405a-d	9/814ad	0/0325b-e	0.0360b-e
Chat	چت	23.569a-d	0.0250e	0.0327f	9/176a-e	0/0267e	0.0295f
Gonbd	گنبد	24.476abc	0.0350ab	0.0462a	8/008a-e	0/0375ab	0.0407ab
Kooh-bnan	کوهبنان	24.207a-d	0.0315bcd	0.0415abc	10/638abc	0/0337bcd	0.0377abc
Rafsanjan	رفسنجان	28.235ab	0.0262def	0.0365c-f	8/128a-e	0/0282def	0.0307def
Qaen	قائن	23.099bcd	0.0282c-f	0.0367c-f	6/964de	0/0305c-f	0.0327c-f
Darmian	درمیان	29.180a	0/0237f	0.0335ef	11/018a	0/0265f	0.0297f
Khansar	خوانسار	20.745cde	0.0297b-f	0.0375c-f	7/188de	0/0320b-f	0.0345c-f
Shahmirzad	شهمیرزاد	26.867a	0/0250ef	0.0342def	10/779ab	0/0267ef	0.0300ef
Ivanaki	ایوانکی	23.826a-d	0.0255def	0.0332ef	8/496a-e	0/0272ef	0.0297f
Maneh	مانه	20.039cde	0.0332abc	0.0415abc	7/379cde	0/035abc	0.0377abc
Taybad	تایباد	20.862cde	0.0312bcd	0.0395b-c	7/532b-e	0/0337bcd	0.0365bcd
Hydarabad	حیدرآباد	24.061a-d	0.0287c-f	0.0377c-f	8/756a-e	0/0312c-f	0.0342c-f

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حروف مشترک‌اند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with same letter in each column are not significantly different.

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین سرعت رشد بذر، بیش‌ترین مقدار سرعت رشد بذر به اکوتیپ درمیان (۰/۰۰۰۱۵۰ گرم در روز) و کم‌ترین مقدار آن به اکوتیپ‌های ایوانکی و بافق (۰/۰۰۰۰۰۹۲ گرم در روز) مربوط بود. همچنین اکوتیپ‌های چت، سیوند، شهمیرزاد و مانه (با مقدار اختلاف جزئی ۰/۰۰۰۰۰۰۳) با اکوتیپ‌های بافق و ایوانکی از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین سرعت رشد بذر در ۱۵ اکوتیپ زیره سبز

Figure 1. Comparison of mean seed growth rate in 15 ecotypes of cumin

بررسی طول بذر و جنین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس طول بذر و جنین نشان داد که در هر دو مرحله از نمونه‌برداری، اکوتیپ‌ها از نظر طول بذر و جنین و مشخصه نسبت طول جنین به طول بذر با هم تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ نداشتند (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس طول بذر، طول جنین و نسبت طول جنین به طول بذر در زمان برداشت و قبل از زمان برداشت
Table 4. Analysis of variance of seed length, embryo length and the ratio of embryo length to seed length at the harvest time and bifore harvest time

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares (MS)					
		قبل از زمان برداشت Bifore harvest time			زمان برداشت Harvest time		
		طول جنین Embryo length (µm)	طول بذر Seed length (µm)	نسبت طول جنین به طول بذر Embryo length / Seed length	طول جنین Embryo length (µm)	طول بذر Seed length (µm)	نسبت طول جنین به طول بذر Embryo length / Seed length
تکرار Rep	3	80317.4	293704.7	0.0021	298663.8	21566.03	0.0118
اکوتیپ Ecotype	14	138191^{ns}	614947.8 ^{ns}	0.0034 ^{ns}	176665.9 ^{ns}	3149894^{ns}	0.0038 ^{ns}
خطا Error	42	112637.96	247933.37	0.0033	107239.8	126766.3	0.0037
ضریب تغییرات(%).C.V		25.3	9.063	23.821	23.1	6.9	22.221

ns معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ نمی‌باشد.

non-significan at $p < 0.05$. :ns

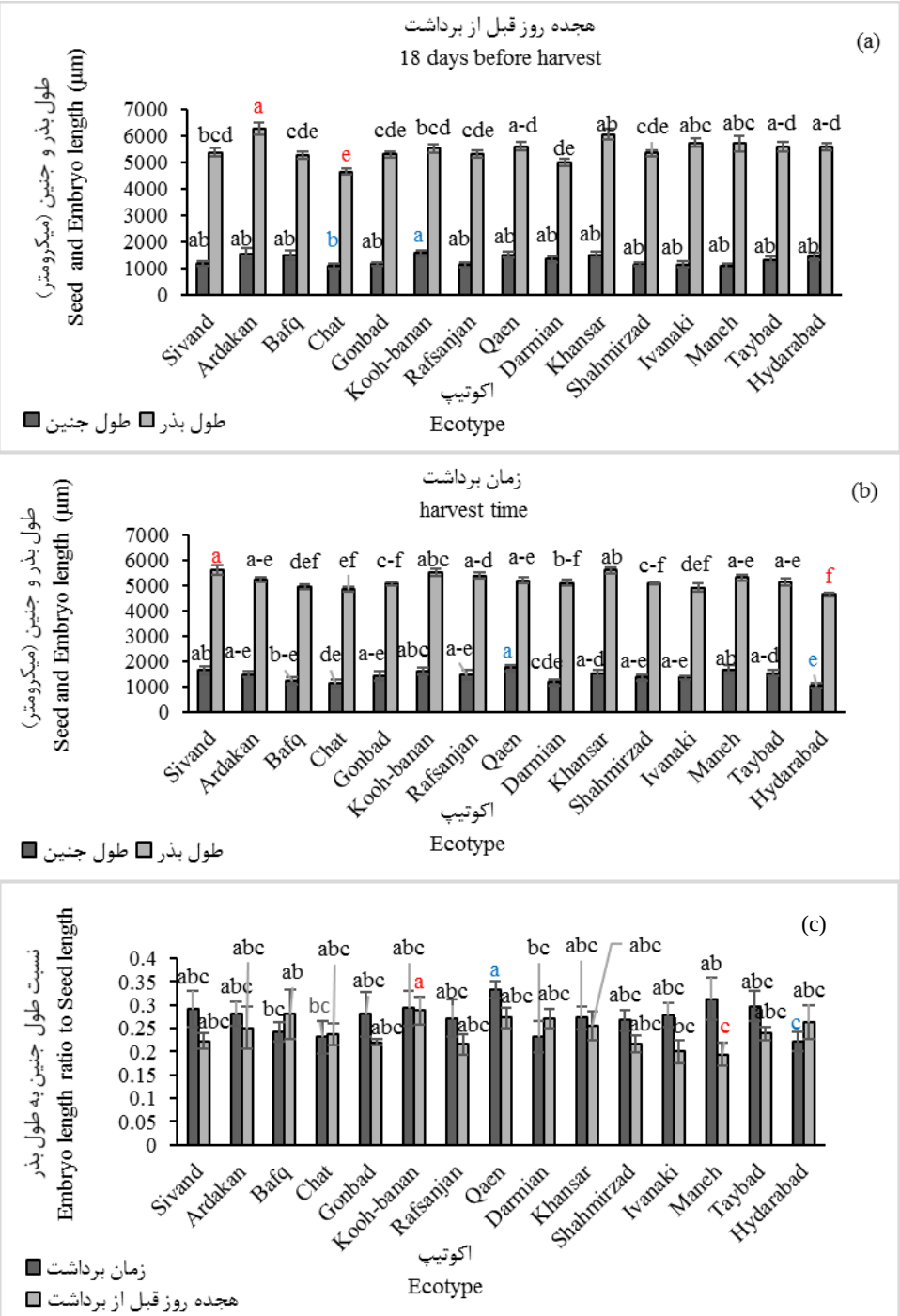
بر اساس نتایج، بیش‌ترین مقدار برای طول بذر قبل از برداشت به اکوتیپ اردکان یزد (۶۲۵۸/۲ میکرومتر) و در زمان برداشت به سیوند (۵۶۰۹/۹ میکرومتر) مربوط بود. همچنین، کم‌ترین طول بذر و طول جنین قبل از برداشت به‌ترتیب با مقدار ۴۶۵۹ و ۱۰۹۶/۳ میکرومتر به اکوتیپ چت از استان گلستان اختصاص داشت. بیش‌ترین مقدار برای طول جنین و نسبت طول جنین به بذر قبل از برداشت به اکوتیپ کوهبنان کرمان و در زمان برداشت به قائن خراسان جنوبی تعلق گرفت. همچنین، کم‌ترین مقدار برای نسبت طول جنین به بذر قبل از برداشت مربوط به اکوتیپ مانه از استان خراسان شمالی بود. کم‌ترین مقدار برای هر سه صفت در زمان برداشت به اکوتیپ حیدرآباد اختصاص داشت. طول جنین در بذرهای مربوط به قبل از برداشت از ۱۰۹۶/۳ تا ۱۵۷۷/۶ میکرومتر و در بذرهای مربوط به زمان برداشت از ۱۰۲۸/۱ تا ۱۷۲۹/۳ میکرومتر متغیر بود (شکل ۲).

جنین بذر مدتی پس از گلدهی از نظر مورفولوژیک می‌رسد و بذرها قابلیت حیات و تولید گیاهچه را به‌دست می‌آورند. اندازه جنین بیش‌تر از اندازه بذر در جوانه‌زنی و استقرار گیاه تأثیر دارد. زمانی‌که نسبت طول جنین به طول بذر در یک اکوتیپ نسبت به بقیه بیش‌تر باشد (به یک نزدیک باشد) یعنی به نسبت دیگر اکوتیپ‌ها رشد و نمو خوبی داشته است و این موضوع به توانایی بذر در جوانه‌زنی کمک شایانی می‌کند. شکل (۳) نمونه‌ای از طول بذر و جنین در زیره سبز را نشان می‌دهد.

درصد جوانه‌زنی بذور قبل و زمان برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه‌زنی حاکی از آن بود که اکوتیپ‌ها با هم از نظر درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری داشتند اما از نظر سرعت تا ۳۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ مشاهده نشد. بر اساس نتایج، دما اثر معنی‌داری روی صفات مورد بررسی در سطح ۰/۰۵ داشت، اما اثر متقابل اکوتیپ و دما برای هیچ کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۵).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسات میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی در دماهای مختلف، بالاترین درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در زمان برداشت در دمای ۱۵ درجه سلسیوس اتفاق افتاد. این مشاهده نشان می‌دهد که بهترین دما برای جوانه‌زنی اکوتیپ‌های بررسی‌شده دمای ۱۵ و بعد از آن دمای ۱۰ درجه سلسیوس می‌باشد (جدول ۶). نتایج تحقیق حاضر با پروتکل انجمن بین‌المللی آزمون بذر که دمای متناوب ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس را برای جوانه‌زنی زیره سبز پیشنهاد کرده است، مطابقت ندارد که احتمالاً به‌دلیل تفاوت ژنتیکی اکوتیپ‌های بومی ایران با بذور مورد آزمایش ISTA باشد. ریچادوری (Raychaudhuri, 1992) دمای ۲۶-۹ درجه سلسیوس را به‌عنوان مناسب‌ترین محدوده دمایی برای جوانه‌زنی زیره سبز گزارش کرد. خوش‌خوی و بنیان‌پور (Khosh-Khui and Bonyanpour, 2006) گزارش کردند که دمای ایده‌آل برای جوانه‌زنی بذور زیره سبز ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس است و حداکثر درصد جوانه‌زنی (۹۶/۲۵ درصد) در دمای ۱۵ درجه سلسیوس اتفاق افتاد.

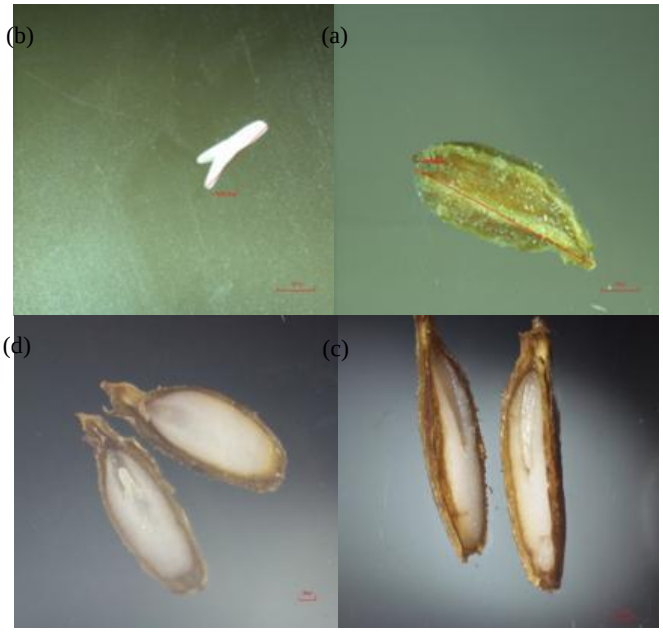


شکل ۲- مقایسات میانگین طول بذر و جنین در ۱۸ روز قبل از برداشت (a) و زمان برداشت (b) و نسبت طول جنین به طول بذر در دو زمان نمونه‌برداری (c) برای ۱۵ اکوتیپ زیره سبز

Figure 2. Comparison of mean seed length and embryo length at 18 days before harvest (a) and harvest time (b), and the ratio of embryo length to seed length at two sampling times (c) for 15 ecotypes of cumin

حبیب‌زاده زرندی و همکاران (Habibzadeh-Zarandi *et al.*, 2017) با ارزیابی برخی مدل‌های رگرسیونی غیر خطی برای توصیف سرعت جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال بذر چهار اکوتیپ زیره سبز نسبت به دما نشان دادند که جوانه‌زنی بذر زیره سبز در دماهای پائین (کم‌تر از ۲۰ درجه سلسیوس) با بالاترین سرعت و درصد انجام می‌شود. با توجه به گزارش‌های مذکور جوانه‌زنی زیره سبز بین محدوده دمایی ۲۵-۱۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد و بسته به اکوتیپ و شرایط اقلیمی، دمای جوانه‌زنی آن بین این بازه تغییر می‌کند و در نهایت درصد جوانه‌زنی متفاوت خواهد بود. قاسمی (Ghasemi, 2011) اثر رژیم‌های مختلف دمایی ثابت

(پنج تا ۲۰ درجه سلسیوس) و متغیر (پنج و ۱۵ درجه سلسیوس) بر جوانه‌زنی پنج اکوتیپ زیره سیاه (*Bunium persicum*) متعلق به مناطق مختلف ایران را بررسی کرد. بر اساس نتایج آن، در همه اکوتیپ‌ها دمای ۲۰ درجه سلسیوس مانع از جوانه‌زنی شده و بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی نیز در دمای متغیر و در محدوده دمایی ۱۵-۱۰ درجه سلسیوس رخ داد که مشابه شرایط طبیعی در اوایل بهار است.



شکل ۳- تصاویر مربوط به طول بذر (a)، طول جنین (b)، برش عرضی (c) و برش طولی (d) بذر زیره سبز

Figure 3. Images of seed length (a), embryo length (b), latitudinal cutting (c) and longitudinal cutting (d) of cumin seed

جدول ۵- تجزیه واریانس درصد و سرعت جوانه‌زنی زیره سبز در زمان برداشت برای اکوتیپ، دما و اثرمتقابل آن‌ها

Table 5. Analysis of variance of percentage and the rate of germination of cumin at the harvest time for ecotype, temperature and their interaction

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	Mean Squares (MS) میانگین مربعات			
		جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 50% (germination day^{-1})	سرعت تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 30% (germination day^{-1})	سرعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 10% germination (day^{-1})
Ecotype (E) اکوتیپ	14	8.956 *	0.0005 ns	0.0016 ns	0.0039 *
Temperature (T) دما	2	79.347 *	0.0087 *	0.0173 *	0.0167 *
E×T	28	2.143 ns	0.0005 ns	0.0006 ns	0.0007 ns
Error خطا	135	3.348	0.0005	0.0009	0.0014
C.V.(%) ضریب تغییرات		3 513	3.154	4.118	4.935

* و ns به‌ترتیب در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار و غیر معنی‌دار می‌باشد.

*and ns significantly at $p < 0.05$ and non-significan respectively.

رنجبر و همکاران (Ranjbar *et al*., 2013) با ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی و دماهای کاردینال گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgar*) نشان دادند که جوانه‌زنی این گیاه در گستره دمایی ۱۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد و بالاترین درصد جوانه‌زنی نیز مربوط به دمای ۱۵ درجه سلسیوس بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. دما یکی از عواملی است که بر درصد و سرعت جوانه‌زنی مؤثر است. حداکثر جوانه‌زنی در گیاهان، در دامنه خاصی از دماها رخ می‌دهد و در پائین‌تر و بالاتر از آن، درصد جوانه‌زنی به‌طور ناگهانی کاهش پیدا می‌کند. همچنین سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما تا دمای مطلوب جوانه‌زنی، افزایش و بعد از آن کاهش پیدا می‌کند (Kebreab and Murdoch, 2000). مطالعه تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در

چندین گونه از خانواده نعناییان (Hardegree, 2006) و رازیانه (Ranjbar *et al*., 2013) اثر افزایش دما را بر کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی نشان داده است.

جدول ۶- مقایسات میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی زیره سبز در سه دما برای نمونه‌های زمان برداشت

Table 6. Comparison of mean percentag and the rate of germination of cumin in three temperatures for Samples of harvest time

دما Temperature	درصد جوانه‌زنی maximum germination percentage (Gmax)	سرعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 50% germination (R50)	سرعت تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 30% germination (R30)	سرعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 10% germination (R10)
10	44/833 a	0/0264 a	0/0542 b	0/093 b
15	49/500 a	0/0375 a	0/0819 a	0/135 a
20	25/333 b	0/0027 b	0/0311 c	0/089 b

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حروف مشترک‌اند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with same letter in each column are not significantly different.

لازم به ذکر است که در مرحله اول نمونه‌برداری یعنی قبل از زمان برداشت، در هیچ یک از اکوتیپ‌ها در دماهای مختلف جوانه‌زنی صورت نگرفت. این نشان می‌دهد که هنوز بذرها قابلیت جوانه‌زنی پیدا نکرده‌اند. تمایز جنین و عدم وجود خفتگی در بذر عامل مهم در انتقال از فاز نموی به فاز جوانه‌زنی می‌باشد. بعضی از بذرها قادرند تنها چند روز پس از باروری و خیلی زودتر از زمان معمول برداشت توانایی جوانه‌زنی را کسب کنند (Bewely and Black, 2014). رستگار و همکاران (Rastegar *et al*., 2016) طی تحقیقات خود روی بادام زمینی دریافتند که بذرهای تازه برداشت‌شده مدتی پس از گلدهی قابلیت جوانه‌زنی به دست می‌آورندT اما درصد جوانه‌زنی بذرها بسیار پائین (۸-۲ درصد) است. بنابراین با افزایش و پیشرفت رسیدگی بذر، به‌تدریج قوه نامیه بذر افزایش پیدا می‌کند. از طرفی برخی دیگر از بذرها در خواب بوده و قبل از انجام فرایند جوانه‌زنی نیازمند سپری‌کردن یک دوره استراحت طولانی یا نمو بیش‌تر هستند که این موضوع در مورد زیره سبز صدق می‌کند. سامارا و همکاران (Samarah *et al*., 2003) با مطالعات خود روی ماش به این نتیجه رسیدند که جوانه‌زنی در بذرهای تازه برداشت‌شده کم‌تر است. آن‌ها دلیل عدم جوانه‌زنی در بذرهای تازه برداشت‌شده را به وجود خفتگی در بذرها نسبت دادند که بر اساس یافته‌های آن‌ها خفتگی بذر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به حداکثر می‌رسد. سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2019) به‌منظور تعیین نوع خفتگی در اکوتیپ‌های مختلف زیره سبز دریافتند که خفتگی در بذر این گیاه از نوع مورفوفیزیولوژیک ساده سطحی (Non-deep simple morphophysiological dormancy) می‌باشد و از این نظر در بین اکوتیپ‌ها تنوع زیادی وجود دارد و طی پس‌رسی و استراتیفیکاسیون سرد میزان آن کاهش پیدا می‌کند.

مقایسات میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی برای اکوتیپ‌های مختلف در زمان برداشت نشان داد که اکوتیپ کوهبنان استان کرمان از حیث کلیه صفات مورد بررسی بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. درصد جوانه‌زنی هنگام برداشت برای اکوتیپ کوهبنان ۵۲/۷۷۸ درصد بود. کم‌ترین مقدار درصد و سرعت جوانه‌زنی نیز به اکوتیپ خارجی یعنی حیدرآباد و بعد از آن به اکوتیپ چت اختصاص داشت. درصد جوانه‌زنی برای اکوتیپ حیدرآباد، ۱۹/۴۴۴ درصد بود (جدول ۷).

نتیجه‌گیری کلی

بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ‌ها در دمای ۱۵ درجه سسیوس رخ داد که دمایی مشابه با شرایط طبیعی در اوایل بهار است. نتایج تحقیق حاضر با پروتکل انجمن بین‌المللی آزمون بذر که دمای متناوب ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس را برای جوانه‌زنی زیره سبز پیشنهاد کرده است، مطابقت ندارد که احتمالاً به‌دلیل تفاوت ژنتیکی اکوتیپ‌های بومی ایران با بذور مورد آزمایش ISTA باشد. از میان اکوتیپ‌ها نیز اکوتیپ کوهبنان برای اکثر صفات مورد مطالعه به جز چند مورد بیش‌ترین مقدار را دارا بود.

جدول ۷- مقایسات میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی ۱۵ اکوتیپ زیره سبز در زمان برداشت

Table 7. Comparison of mean percentage and the rate of germination of 15 ecotypes of cumin at the harvest time

اکوتیپ Ecotype		جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 50% germination (day^{-1})	سرعت تا ۳۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 30% germination (day^{-1})	سرعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی Rate to 10% germination (day^{-1})
Sivand	سیوند	46/667 ab	0/0184 bc	0/0701 ab	0/109 ab
Ardakan	اردکان	42/778 ab	0/0296 abc	0/0595 abc	0/099 abc
Bafq	بافق	39/167 abc	0/0199 bc	0/0632 abc	0/119 ab
Chat	چت	25/833 cd	0/0097 bc	0/0295 cd	0/059 cd
Gonbd	گنبد	36/667 bc	0/0184 bc	0/0607 abc	0/118 ab
Kooh-bnan	کوهبنان	52/778 a	0/0482 a	0/0870 a	0/144 a
Rafsanjan	رفسنجان	45/833 ab	0/0258 abc	0/0681 ab	0/130 ab
Qaen	قائن	40/833 ab	0/0202 bc	0/0496 a-d	0/114 ab
Darmian	درمیان	42/778 ab	0/0145 bc	0/0495 a-d	0/103 abc
Khansar	خوانسار	35/556 bc	0/0230 abc	0/0490 bcd	0/099 abc
Shahmirzad	شهمیرزاد	46/944 ab	0/0266 abc	0/0651 abc	0/126 ab
Ivanaki	ایوانکی	37/222 abc	0/0148 bc	0/0410 bcd	0/084 bc
Maneh	مانه	44/444 ab	0/0331 ab	0/0610 abc	0/121 ab
Taybad	تایباد	41/389 ab	0/0256 abc	0/0173 d	0/122 ab
Hydarabad	حیدرآباد	19/444 d	0/0057 c	0/0657 abc	0/037 d

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حروف مشترک‌اند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

بنابراین این اکوتیپ به‌عنوان بهترین اکوتیپ معرفی می‌شود و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی و به‌زراعی از آن استفاده نمود. اکوتیپ‌های چت و حیدرآباد هند نیز برای اکثر صفات کمترین مقدار را داشتند. با توجه به نتایج آزمایش‌ها، اکوتیپ‌ها از نظر صفات وزن تر و خشک در دو زمان قبل و موقع برداشت، درصد رطوبت قبل از زمان برداشت، حداکثر درصد جوانه‌زنی و سرعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری از خود نشان دادند که نشان‌دهنده‌ی وجود تنوع بین ۱۵ اکوتیپ مورد مطالعه است و امکان انتخاب از بین اکوتیپ‌ها برای صفات مذکور را فراهم می‌سازد. بنابراین پیشرفت در اصلاح نباتات به وجود تنوع بستگی دارد چرا که انتخاب ژنوتیپ‌های برتر از درون جمعیت‌های یکنواخت امکان پذیر نیست. به همین دلیل در شروع یک برنامه‌ی به‌نژادی، آگاهی از میزان تنوع ژنتیکی صفات به اصلاح ارقام و اکوتیپ‌های برتر کمک می‌کند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران قدردانی می‌گردد.

منابع

Bewely, J.D. and Black, M. 2014. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: 1 development, germination and growth. Springer. (**Book**)

Boot, K.J., Bennett, J.M., Sinclair, T.R. and Paulsen, G.M. 1994. Physiology and determination of crop yield. American Society of Agronomy. (**Book**)

Bowles, D.J. 1992. Embryogenesis. In: Marshall, C. and J Grace(ed). Fruit and seed production, Aspect of development, environmental physiology and ecology. Cambridge University Press. pp: 27-75. **(Book)**

Calderini, D.F., Abeledo, L.G. and Slafer, G.A. 2000. Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter. Agronomy Journal, 92: 895-901. (**Journal**)

Darvishi-Zeidabadi, D., Jalali-Javaran, M., Dehghani, H., Rashidi-Monfared, S. and Baghizadeh, A. 2015. The effect of different combinations of hormonal treatments on breaking Seed Dormancy in Different Ecotypes of black zira (*Bunium persicum*). Iranian Journal of Seed Science and Research, 2(1): 55-67. (In Persian)(**Journal**)

Ebrahimiyan, M., Ebrahimi, M., Mortazavian, S.M.M. and Ramshini, H. 2017. The structure and genetic diversity of Iranian cumin populations (*Cuminum cyminum* L.) using SCoT molecular markers. Modern Genetics Quarterly, 12(2): 285-292. (In Persian)(**Journal**)

Egli, D.B. 1998. Seed biology and yield of grain crops. CAB international, Wallingford, UK. (**Book**)

Egli, D.B. and Tekrony, M.D. 1997. Species differences in seed water status during seed maturation and germination. Seed Science Reserch, 7(1): 3-11. (**Journal**)

Farzaneh, S., Kamkar, B., Ghaderifar, F. and Chegini, M.A. 2015. Investigation of seed quality changes during development and seed maturity in sugar beet monogerm hybrids. Journal of Crop Production Research, 22(3): 79-104. (In Persian)(**Journal**)

Fraser, J., Egli, D.B. and Leggett, J.E. 1982. Pod and seed development in soybean cultivars with differences in seed size. Agronomy Jouranl 74(1): 81-85. (**Journal**)

Ghaderifar, F. and Soltani, A. 2010. Seed control and certification. Publications University of Mashhad. 200 p. (In Persian)(**Book**)

Ghasemi, M. 2011. The effect of different temperatures on seed germination and seed dormancy failure of Cumin ecotypes (*Bunium persicum*). Second National Conference on Seed Science and Technology, Islamic Azad University, Mashhad Branch. (In Persian)(**Conference**)

Habibzadeh-Zarandi, M., Allahdadi, I., Khalaj, H. and Labbafi, M.R. 2017. Application of nonlinear regression models for prediction of cardinal temperatures in seed germination of various cumin (*Cuminum cyminum*) ecotypes. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(1): 79-88. (In Persian)(**Journal**)

Hardegree, S. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and subpopulation specific regression. Annals of Botany, 97(6): 1115-1125. (**Journal**)

Kazemi, H., Mortazavian, S.M.M. and Ghorbani-Javid, M. 2017. Physiological responses of cumin (*Cuminum cyminum* L.) to water deficit stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 48 (2): 1099-1113. (In Persian)(**Journal**)

Kazemi, H., Mortazavian, S.M.M., Abaszadeh, B., Ghorbani-Javid, M. and Mohammadi-nezhad, Gh. 2014. Genetic diversity of cumin ecotypes using physiological characteristics. First International Congress and 13th Iranian Genetic Congress. (In Persian)(**Conference**)

Kebreab, E. and Murdoch, A.J. 2000. The effect of water stress on the temprature range for germination of Orobanche aegyptiaca seeds. Seed Science Research, 10(2): 127-133. (**Journal**)

Khosh-Khui, M. and Bonyanpour, A.R. 2006. Effects of some variables on seed germination and seedling growth of cumin (*Cuminum cyminum* L.). International Journal of Agricultural Research, 1(1): 20-24. (**Journal**)

MacDonald, M.B. and Copeland, L. 1997. Seed production, principles and practices. Chapman and Hall Publishing. pp: 749. **(Book)**

Mahesha, C.R., Channaveeraswami, A.S., Kurdikeri, M.B., Shekhargouda, M. and Merwade, M.N. 2001. Seed maturation studies in sunflower genotypes. Seed Research, 29(1): 95-97. (**Journal**)

Menendez, Y.C., Botto, J.F., Gomez, N.V., Miralles, D.J. and Rondanini, D.P. 2019. Physiological maturity as a function of seed and pod water concentration in spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Field Crops Research, 23(1): 1-9. (**Journal**)

Nasiri, M. 2016. Investigation of seed deterioration of pine (*pinus* Spp.) in active storage of natural resources gene bank of Iran. Journal of Plant Research, 29(3): 619-627. (In Persian)(**Journal**)

Nedeva, D. and Nikolova, A. 1999. Fresh and dry weight changes and germination capacity of natural premature desiccated developing wheat seeds. Plant Physiology, 25(1-2): 3-15. (**Journal**)

Pezhmanmehr, M., Hassani, M.E., Fakhr-Tabatabaie, S.M. and Hadian, J. 2010. Evaluation of genetic diversity and differentiation of some *Bunium Persicum* (Boiss) populations using RAPD markers. Environmental Sciences, 7(2): 63-76. (In Persian)(**Journal**)

Ranjbar, F., Kuchiki, A., Nasiri.Mahallati, M. and KamaYestani, N. 2013. Evaluation of germination characteristics and cardinal temperatures of fennel (*Foeniculum vulgar*). Journal of Seed Research, 3(3): 61-68. (In Persian)(**Journal**)

Rastegar, Z., Ghaderifar, F., Sadeghipour, H.R. and Zainali, A. 2016. Estimation of sustainability in emerging panuts. Crop Production Publication, 9(1): 89-108. (In Persian)(**Journal**)

Raychaudhuri, S.P. 1992. Recent advances in medicinal aromatic and spice crops (volume-1) today and tomarrows printer publisher-New Delhi. (**Book**)

Rezvani, E., Ghaderifar, F., Hamidi, A. and Soltani, E. 2017. Evaluation of various indicators related to physiological maturity, harvest time and highest seed quality determination in hybrid maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(2): 83-95. (In Persian)(**Journal**)

Rondanini, D.P., Savin, R. and Hall, A.J. 2007. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. European Journal of Agronomy, 26(3): 295-309. (**Journal**)

Safari, B., Mortazavian, S.M.M., Sadat-Noori, S.A. and Foghi, B. 2015. Effect of water stress on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes. Journal of Plant Physiology and Breeding, 5(2): 51-61. (**Journal**)

Samarah, N.H. and Abu-Yahya, A. 2008. Effect of maturity stage of winter- and spring-sown chickpea (*Cicer arietinum* L.) on germination and vigour of the harvested seeds. Seed Science and Technology, 36(1): 177-190. (**Journal**)

Samarah, N.H., Allataifeh, N., Turk, M. and Tawaha, A.R. 2003. Effect of maturity stage on germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of bitter vetch (*vicia ervilia* L.). New Zealand. Journal of Agricultural Research, 46(4): 347-354. (**Journal**)

Schnyder, H. and Baum, U. 1992. Growth of the grain of wheat (*Triticum aestivum* L.). the relationship between water content and dry matter accumulation. European Journal of Agronomy, 1(2): 51-57. (**Journal**)

Soltani, A. and Rezaei, A. 1999. The speed and durability of grain filling in sorghum. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, 13(1): 17-22. (In Persian)(**Journal**)

Soltani, E., Mortazavian, S.M.M., Faghihi, S. and Akbari, G.A. 2019. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Cuminum cyminum* L. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 100222. (**Journal**)

Sprague, G.F. 1996. The relation of moisture content and time of harvest to germination of immature corn. Lowa Agriculture Experiment Station Research Bulltein, 101: 112-145. (**Journal**)

Tekrony, D.M. 2003. Precision is an essential component in seed vigor testing. Seed Science and Technology, 31(2): 435-447. (**Journal**)

Genetic variation of seed physiological development during maturity in some of cumin ecotypes (*Cuminum cyminum* L.)

Sohyla Faghihi[1], Seyed Mmohammad Mehdi Mortazavian[2*], Elias Soltani[3], Gholam Ali Akbari[2]

Received: January 11, 2020 Accepted: January 28, 2020

Abstract

In order to investigate the genetic variation of seed physiological development in 14 ecotypes of Iranian cumin and one Indian genotype, an experiment was conducted in a completely randomized block design with four replications in the research farm of callege of Aburaihan, University of Tehran. Results analysis of variance showed that ecotypes had significant difference at 5% probability level for characteristics of wet and dry weight of seed at before harvest time and harvest time, seed moisture content before harvest time, maximum germination percentage and rate to 10% of germination, that it indicates the diversity among the 15 ecotypes for these characteristics. Ecotypes did not have significantly different at the 5% level for seed length and embryo size, also the ratio of embryo length to seed length. Factors investigated for germination test included 15 ecotypes and temperatures at three levels (10, 15 and 20 °C). The effect of temperature on germination percentage and rate to 10, 30 and 50% of germination was significant at 5% level and the most percentage and the rate of germination of ecotypes occurred at temperature of 15 °C. Also, the interaction between temperature and ecotype was not significant at 5% level. Among the ecotypes, the "Kooh-banan" ecotype had the highest value for most of the studied characteristics. Therefore, this ecotype is recognized as the best ecotype for characteristics related to germination and it can be used in breeding and farming programs. "Chat" and "Hydarabad" ecotypes had the lowest values for most characteristics.

Key words: Embryo size; Germination; Temperature

How to cite this article

Faghihi, S., Mortazavian, S.M.M., Soltani, E. and Akbari, Gh.A. 2021. Genetic variation of seed physiological development during maturity in some of cumin ecotypes (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(4): 491-504. (In Persian)(**Journal)**

DOI: 10.22124/JMS.2020.4645

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc Student of Plant Breeding, Department of Crop Science and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Crop Science and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Crop Science and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Tehran, Iran

*Corresponding author: mortazavian@ut.ac.ir