"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲
(ص ۶۳-۴۱)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of Seed Science and Technology
Vol.: 12, No.: 3, Autumn 2023
(pp: 41-63)
DOI: 10.22092/ijsst.2023.361177.1470
Research Article

تأثیر زمان برداشت بذر بر شاخص‌های سبز شدن، خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

ماهرخ بلندی[1]، پریسا شیخ زاده مصدق[2*]، سعید خماری[2]، ناصر زارع[2]، جابر شریفی[3]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل ایران
۲. استادیار دانشگاه محقق اردبیلی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مراحل مختلف رسیدگی بذر در زمان برداشت، بر شاخص‌های سبز شدن، خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکردی گاوزبان اروپایی، از بذرهای پایهٔ مادری استفاده شد و آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمار آزمایشی مراحل مختلف رسیدگی بذرهای بوته‌های مادری در زمان برداشت بود که در سه زمان (۲۳، ۳۲ و ۳۸ روز بعد از گلدهی) از بوته‌های مادری برداشت شدند. نتایج نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر از بوته‌های مادری بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده (شاخص‌های سبز شدن، رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل، متابولیت‌های ثانویه، عملکرد و اجزای عملکرد دانه) معنی‌دار بود. بذرهای حاصل از مرحله دوم برداشت بذر (۳۲ روز بعد از گلدهی)، به‌دلیل رسیدگی مطلوب، با افزایش در صد و سرعت سبز شدن، بهبود رشد و استقرار سریع بوته‌ها، افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل و تشکیل تراکم مطلوب بوته در مزرعه، نسبت به دو توده بذرهای حاصل از مراحل اول و سوم برداشت بذر، بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد گل، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و سایر اجزای عملکرد دانه داشت. بیشترین میزان فنل و فلاونوئید در زمان کاشت بذرهای با زمان برداشت ۳۸ روز بعد از گلدهی مشاهده شد که با توده بذرهای حاصل از مرحله اول برداشت بذر اختلاف معنی‌دار نشان نداد. کاشت بذرهای نارس با زمان برداشت ۲۳ روز بعد از گلدهی، بیشترین میزان آنتوسیانین را در برگ گاوزبان اروپایی نشان داد. استفاده از بذرهای با کیفیت بالا حاصل از زمان برداشت مناسب ، علاوه بر برتری گیاه در تمامی مراحل رشد و نمو، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نیز شد.

واژگان کلیدی: بوته‌ی مادری، رسیدگی بذر، زمان برداشت، عملکرد دانه، گاوزبان اروپایی

The effect of seed harvesting time on emergence indices, physiological characteristics, yield and yield components of borage (*Borago officinalis* L.)

M. Bolandi[1], P. Sheikhzadeh Mosaddegh[2*], S. Khomari[2], N. Zare[2], J. Sharifi[3]

1. Ph.D Student, Plant Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil Iran
2. Assistant Professor, University of Mohaghegh Ardabili, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3. Assistant Professor of Research, Agricultural and Natural Resources Research Center, Ardabil, Ardabil, Iran
(Received: Jan. 12, 2023 – Accepted: Mar. 13, 2023)

Abstract

To investigate the effect of different stages of seed maturity at the time of harvest, on emergence indices, physiological and functional characteristics of borage, the seeds of maternal plant were used and an experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications at the University of Mohaghegh Ardabili. The experimental treatment was the different stages of maturation of the seeds of the maternal plants at the time of harvesting, which were harvested from the maternal plants at three times (23, 32 and 38 days after flowering). The results showed that the effect of maturation stages at the time of seed harvesting from maternal plants on all measured traits (emergence indices, photosynthetic pigments of chlorophyll, secondary metabolites and grain yield components) was significant. The seeds obtained from the second stage of seed harvesting (32 days after flowering), due to the favorable maturation of seeds, with an increase in the percentage and rate of germination, improvement in the growth and rapid establishment of the plants, an increase in the amount of photosynthetic pigments of chlorophyll and the formation of a favorable plant density in the field, compared to the two masses of seeds obtained from the first and third stages of seed harvesting, had the greatest effect on increasing flower yield, grain yield, 1000-seed weight and other components of Grain yield. The highest amount of phenol and flavonoid was observed at the time of planting the seeds with harvest time 38 days after flowering, which did not show a significant difference with the mass of seeds obtained from the first stage of seed harvesting. The planting of immature seeds with the harvesting time of 23 days after flowering showed the highest amount of anthocyanin in borage leaves. The use of high quality seeds from the right harvest time, in addition to the superiority of the plant in all stages of growth and development, also increased the yield and yield components.

Key words: Borage, Grain yield, Harvesting time, Maternal plant, Seed maturity

* Email: sheikhzadehmp@gmail.com

مقدمه

امروزه با توجه به اثرات نامطلوب داروهای شیمیایی، نیاز به تولید گیاهان دارویی روز به روز در حال افزایش است که این موضوع باعث گسترش روزافزون مطالعات در زمینه افزایش کشت و تولید این گیاهان دارویی در واحد سطح شده است (Taghizadehtabari *et al*., 2021).

گاوزبان اروپایی با نام علمی (*Borago officinalis* L.) گیاهی دارویی از تیره گاوزبان، علفی و یک ساله می‌باشد و ارتفاع آن بین ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر متغیر می باشد (Naghdi Badi *et al*., 2012). خانواده بورژیناسه دارای خاصیت ضدباکتریایی می‌باشد و حاوی مواد موسیلاژی، تانن، آسکوربیک اسید، بتاکاروتن‌ها، نیاسین، ریبوفلاوین، تیامین، ترکیبات فنولی و نیز مقدار کمی آلکالوئید است (Miceli *et al*., 2019). روغن موجود در دانه گاوزبان اروپایی (۲۷-۳۷ درصد) حاوی مقدار زیادی اسیدچرب اشباع نشده امگا ۶ است که به‌عنوان مکمل‌های غذایی و دارویی برای درمان بیماری‌های قلبی، اگزما، دیابت، ورم مفاصل و بیماری اماس استفاده می‌شود (EL Hafid *et al*., 2002).

از آن جایی که گاوزبان ارو پایی عادت رشدی نامحدود دارد و بذرهایی با کیفیت فیزیولوژیکی متفاوت تولید می‌کنند (hasanvand *et al*., 2018). یکی از مسائل مهم در تولید بذر این گیاه، کیفیت و بنیهٔ بالای آن در زمان برداشت است. استفاده از بذرهای با کیفیت بالا به‌خصوص در شرایط نامساعد محیطی نقش مهمی در افزایش عملکرد نهایی گیاهان دارد، زیرا بذرهای با کیفیت بالا، درصد جوانه‌زنی و به‌تبع آن، درصد ظهور گیاهچه بالایی دارند. بنابراین، گیاهچه‌ها سریع‌تر در مزرعه استقرار پیدا می‌کنند و بوته‌های نیرومندتری تولید می‌کنند. از طرفی، بوته‌های به‌دست آمده از بذرهای با کیفیت، دارای سرعت رشد بیشتر هستند که به‌طور مستقیم بر عملکرد گیاهان تأثیر دارد (Eskandari, 2015; Ghassemi Goleza *et al*., 2011).

یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر کیفیت بذر، زمان برداشت بذر می‌باشد. زمان نامناسب برداشت بذر، به‌دلیل افزایش نشست مواد از پوسته بذرها موجب تولید بذور با کیفیت پایین می‌شود (Shakerian *et al*., 2019). برداشت زودهنگام بذر به‌دلیل نارس بودن بذرها، سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی، افزایش نشت مواد و کامل نشدن اندوخته‌های غذایی بذرها می‌شود (Ghassemi Golezani and Mazloomi Oskooyi, 2008b)، از طرفی تأخیر در برداشت بذر نیز باعث کاهش درصد و سرعت سبز شدن، بنیه و توان زنده‌مانی بذر و افزایش تخریب ساختار غشاء و نشست مواد از بذر به‌دلیل فرسودگی بذر می‌شود (Karimi Arpanahi *et al*., 2017). کاهش کیفیت بذر، بنیه و قابلیت زنده‌مانی بذر، طی مرحله بعد از رسیدگی و قبل از برداشت را فرسایش مزرعه‌ای می‌گویند (Bhatia *et al*., 2010). این نوع فرسایش در دوره بین حصول رسیدگی فیزیولوژیکی تا زمان برداشت در مزرعه اتفاق می‌افتد، که دلیل اصلی آن قرار گرفتن بذر در مقابل شرایط نامطلوب محیطی می‌باشد (Oskouei *et al*., 2014).

رسیدگی در زمان برداشت نیز عامل مؤثر دیگر بر کیفیت بذور می‌باشد بنابراین، تعیین بهترین و مناسب‌ترین مرحله برداشت بذور به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد تولیدی و بذرهایی با کیفیت بالا از اهمیت زیادی برخوردار است (Chegeni *et al*., 2016)، چرا که بذور حاصل از برداشت‌های زودهنگام، به‌دلیل عدم تکامل ساختارهای ضروری بذر، توانایی نگهداری آب و املاح محلول را نداشته و این امر باعث می‌شود که به‌جز فقر غذایی در بذور، صدمات قابل توجهی به ظاهر فیزیکی آن‌ها وارد شود و بذرها ریز و چروکیده شوند. کاهش قوه زیست، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه از ویژگی‌های بارز بذور نارس به‌شمار می‌آید (Ghassemi Golezani *et al*., 2011)، از طرفی برداشت دیرهنگام بذر نیز علاوه بر خطر ریزش بذرها، ممکن است به دو طریق کیفیت بذور تولیدی را تحت‌تأثیر قرار دهند،

اول این که به‌دنبال بارندگی‌های اتفاقی، بذوری که فاقد خواب هستند روی گیاه مادری جوانه بزنند و در نتیجه ارزش بذری خود را از دست بدهند دوم آن‌که با شروع فرسودگی، قدرت بذور و قوه زیست آن‌ها کاهش یابد (Wang *et al*., 2008).

با این‌که گیاهان در حال رشد در مزرعه معمولا تحت تأثیر عوامل یکسانی هستند، اما شرایط محیطی متغیر در طول نمو بذر روی گیاه مادری، سبب تفاوت در کیفیت بذرها می‌شود، به‌عنوان مثال دوره‌های طولانی زمان گلدهی و تشکیل بذر، تفاوت سنی بین بذرهای گیاه را افزایش داده و در نتیجه موجب تفاوت کیفیت بذرهای یک بوته با یکدیگر می‌شود (Muasya *et al*., 2006). بنابراین برای نشان دادن زمان رسیدگی فیزیولوژیک و زمان برداشت در گیاهان مختلف از شاخص‌های مختلفی مانند میزان ماده خشک بذر، رطوبت بذر، تغییرات رنگ کپسول یا میوه، شاخص هدایت الکتریکی، درجه روز رشد و روز پس از گل‌دهی استفاده می‌شود (Farzaneh *et al*., 2016). محققان بیان داشتند، بذرهایی که روی گیاه مادری در حال نمو هستند، زمانی که به حداکثر وزن خشک خود می‌رسند، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی هستند و در این مرحله قدرت حیات بذر به حداکثر خود می‌رسد (Davodi *et al*., 2012). هارینگتون (Harrington, 1972) گزارش کرد که در زمان رسیدگی فیزیولوژیک علاوه بر حداکثر وزن خشک بذر، حداکثر کیفیت بذر (حداکثر درصد جوانه‌زنی) نیز اتفاق می‌افتد.

محققان در بررسی تغییرات کیفیت بذر در طی نمو و رسیدگی بذر و تاثیر زمان برداشت بذر در سویا (*Glycine Max* (L) Merrill) (Isaac *et al*., 2016) ارقام ذرت (Rahbari *et al*., 2022) چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) (Farzaneh *et al*., 2016) کلزا (*Brassica napus* L.) (Hashemi *et al*., 2009) لوبیا چشم بلبلی (Eskandari, 2015) کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Bakhshandeh *et al*., 2011) بیان کردند، برداشت زودتر از موعد بذر به‌صورت نارس با کاهش کیفیت و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و برداشت با تأخیر بذر نیز با افزایش ریزش و فرسودگی بذر، موجب کاهش درصد و سرعت سبز شدن و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها شد و در نتیجه موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان در مزرعه شد.

در گیاه گاوزبان اروپایی استفاده از بذور با کیفیت بالا برای جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار مطلوب گیاهچه در مزرعه به‌منظور تولید عملکرد مطلوب امری ضروری است. زیرا جوانه‌زنی و سبز شدن بذر این گیاه در شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی ضعیف می‌باشد (Khooshehkar and Shekari, 2012; Mahmoudi *et al*., 2019). از طرفی به‌علت طولانی بودن دوره گلدهی این گیاه، بذرهایی با دوره‌های نموی مختلف بر روی ساقه‌های جانبی این گیاه تشکیل می‌شوند، به‌طوری که در زمان تشکیل بذرهای جدید در قسمت انتهای ساقه‌های جانبی گیاه، ممکن است بذرهای اولیه در قسمت پایین ساقه‌ها خشک شده و بذرها شروع به ریزش کنند. بنابراین اگر در این گیاه عمل برداشت خیلی زودتر انجام شود، کیفیت بذرهای کل بوته به‌دلیل برداشت بذرهای نارس کاهش و در صورت تأخیر در برداشت به‌دلیل ریزش و فرسودگی بذر و تغذیه حشرات، علاوه بر کاهش کیفیت بذر منجر به کاهش عملکرد بذرها شود. بنابراین تعیین زمان دقیق رسیدگی و برداشت بذر برای رسیدن به حداکثر عملکرد و تولید بذرهایی با کیفیت بالا در گاوزبان امری ضروری می‌باشد و این آزمایش با هدف، بررسی تأثیر مراحل مختلف رسیدگی بذر در زمان برداشت از پایه مادری، بر شاخص‌های سبز شدن، خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تأثیر مراحل مختلف رسیدگی بذر در زمان برداشت، بر شاخص‌های سبز شدن، خصوصیات

فیزیولوژیکی و عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی، از بذرهای پایه مادری استفاده شد و آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات دانشگاه محقق اردبیلی واقع در روستای بابلان (با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۷ اجرا شد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طول آزمایش در جدول ۱ و شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی در جدول ۲ ارائه شده است. تیمار آزمایشی مراحل مختلف رسیدگی بذرهای بوته‌های مادری در زمان برداشت بود که در سه زمان (۲۳، ۳۲ و ۳۸ روز بعد از گلدهی) از بوته‌های مادری برداشت شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical properties of the farm soil

سال رشد Growing year	بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک pH	ماده آلی خاک Soil organic matter (g dm^{-3})	شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity (dS/m^{-1})	روی Zn^{2+}	پتاسیم K^{+}	فسفر P	آهک CaO	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	نیتروژن کل Total Nitrogen	عصاره اشباع base saturation
					میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg kg^{-1})				درصد (%)				
۱۳۹۶ 2017	لومی شنی Sand loam	7.8	11.2	0.34	18	214	7.2	0.08	28	43	29	14.2	40
۱۳۹۷ 2018	لومی loam	7.9	10.3	0.68	19	220	8.9	0.06	35	42	23	14.5	48

جدول۲- اطلاعات اقلیمی محل انجام آزمایش (اردبیل- ایران)

Table 2- Climatic information of the experimental site (Ardabil, Iran)

سال Year	۱۳۹۶ 2017		۱۳۹۷ 2018	
	میانگین دما Mean temperature (◦C)	میانگین بارندگی Precipitation (mm)	میانگین دما Mean temperature (◦C)	میانگین بارندگی Precipitation (mm)
فروردین April	8	59.6	9	9.3
اردیبهشت May	15	29.7	12.3	60.3
خرداد June	17	14.2	16.8	28.2
تیر July	19.6	2.2	21.5	3.9
مرداد August	19.8	1.2	20.3	0.9
شهریور September	18.5	6.4	17.5	7.3

نحوه بذرگیری از بوته‌های مادری

به‌این منظور در سال ۱۳۹۶ آزمایشی روی بوته‌های مادری گاوزبان اروپایی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی، گیاهان دارویی سامیان اردبیل، واقع در ۱۵ کیلومتری جاده اردبیل - مشگین‌شهر با مختصات ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۸ درجه و ۲۳ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا انجام گرفت. خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در جدول ۱ و شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی در جدول ۲ ارائه شده است. بذرهای گاوزبان اروپایی (توده هشتگرد) از شرکت پاکان بذر اصفهان (سال تولید ۱۳۹۴) تهیه شدند.

در این آزمایش، بعد از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک‌زنی، تسطیح زمین با ماله) کرت‌بندی زمین انجام گرفت. هر کرت آزمایشی به‌طول ۳/۵ متر و با ۱۴ خط کاشت به‌فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و با تراکم ۱۴ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد و بذرهای گاوزبان اروپایی در اوایل بهار (۸اردیبهشت) ۱۳۹۶ در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر و با فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف به‌صورت دستی کاشته شدند. اولین آبیاری بعد از کشت بذرها انجام شد و پس از آن برحسب نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی (در صورت بارندگی و سردی هوا در ماه‌های اول کشت، آبیاری با تأخیر انجام می‌گرفت) در ماه‌های اول به‌فاصله هر ۷ روز یک‌بار و در ماه‌های آخر به‌فاصله هر ۱۰ روزیک‌بار انجام گرفت و علف‌های هرز مزرعه در طول فصل رشد چندین بار به روش دستی وجین شدند.

پس از گلدهی (زمان گلدهی هنگامی در نظر گرفته شد که حداقل ۵۰ درصد بوته‌ها در هر کرت به گل رفته بودند) و تشکیل دانه، طی ۹ مرحله پر شدن دانه، نمونه‌برداری از بذرها، به‌فاصله هر سه روز یک‌بار از بوته‌های مادری انجام گرفت. در هر برداشت، ساقه‌های گل‌دهنده ۵ بوته به‌طور تصادفی برداشت شده و به‌مدت ۱۰ روز در دمای اتاق و شرایط تاریک خشک و بذر آنها جدا شد (لازم به ذکر است به‌دلیل عدم همزمانی رسیدن بذرهای گاوزبان اروپایی و ریزش شدید بذرها پس از رسیدگی، قبل از زمان برداشت بذرها (در مرحله رویشی)، در زیر بوته‌های گاوزبان کیسه‌های پلاستیکی به‌منظور جمع‌آوری بذرهای ریخته شده پهن شده بود و بذرهای پراکنده شده در زیر بوته‌ها در هر مرحله از زمان برداشت نیز جمع‌آوری می‌شد) و در سال اول (۱۳۹۶) صفات کیفی بذر در این ۹ مرحله از زمان برداشت، مورد ارزیابی قرار گرفت و بذرهای حاصل از سه مرحله برداشت بذر، شامل: زمان برداشت اول (۲۳ روز بعد از گلدهی و ۱۰۳ روز بعد از کاشت با ۱۰۸۲/۸ درجه- روز رشد، به‌صورت نارس در مرحله خمیری)، زمان برداشت دوم (۳۲ روز بعد از گلدهی و ۱۱۲ روز بعد از کاشت با ۱۱۹۱/۷۵ درجه- روز رشد، به‌صورت بذور رسیده، با مرحله فنولوژیکی رسیدگی فیزیولوژیکی) و زمان برداشت سوم (۳۸ روز بعد از گلدهی و ۱۱۸ روز بعد از کاشت با ۱۲۶۹/۱۵ درجه- روز رشد، در مرحله رسیدگی برداشت)، با توجه به چگونگی کیفیت آن‌ها انتخاب و در یخچالی با دمای مثبت ۴ درجه سانتی‌گراد (برای کشت در بهار سال ۱۳۹۷) نگهداری شدند.

آزمایش مزرعه‌ای در سال دوم

توده بذرهای حاصل از سه مرحله برداشت بذر از پایه مادری، شامل بذور برداشت شده در زمان ۲۳، ۳۲ روز و ۳۸ روز بعد از گلدهی، (که به‌ترتیب در مراحل اواسط پر شدن دانه، پر شدن کامل دانه و مرحله پس از پر شدن کامل دانه قرار داشتند) بعد از آماده‌سازی زمین، در کرت‌هایی با ۵ خط کاشت و با طول ۳/۵ متر، با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بذرهای کاشته شده روی خطوط، ۱۵ سانتی‌متر، در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر در ۲۴ اردیبهشت سال ۱۳۹۷ در مزعه کشت شدند. اولین آبیاری بعد از کشت بذرها انجام شد و پس از آن برحسب نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی (در صورت

بارندگی و سردی هوا در ماه‌های اول کشت، آبیاری با تأخیر انجام می‌گرفت) در ماه‌های اول به‌فاصله هر ۷ روز یک‌بار و در ماه‌های آخر به‌فاصله هر ۱۰ روزیک‌بار انجام گرفت. این مرحله از آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد تجزیه قرار گرفت.

تعیین درجه روز رشد

براساس اطلاعات هواشناسی استان اردبیل، مقادیر واحد حرارتی درجه- روز رشد با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

$$GDD= \sum\{Tmax+Tmin/2\}-Tb \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این رابطه GDD درجه- روز رشد، Tmax حداکثر دمای روزانه، Tmin حداقل دمای روزانه و Tb دمای پایه بود. دمای پایه گاوزبان اوپایی ۸ درجه سانتی‌گراد بود (Derikvandi *et al.*, 2014). سپس درجه- روز رشد تجمعی اندازه‌گیری شد (Omid Beige, 2009).

تعیین صفات مرفولوژیک و عملکردی

جهت تعیین سرعت سبز شدن از روش (Maguire, 1962)، متوسط زمان سبز شدن از روش (Ellis and Robert, 1981) و متوسط سبز شدن روزانه با استفاده از روش (Hunter *et al.*, 1984) استفاده شد (معادله ۲، ۳ و ۴).

$$ER = \sum_{i=1}^{n} Si/Di \qquad \text{معادله (۲)}$$

ER: سرعت سبز شدن، S_i: تعداد بذرهای سبز شده در هر شمارش، D_i: تعداد روز تا شمارش n ام، n: دفعات شمارش

$$MDE = \frac{EP}{D} \qquad \text{معادله (۳)}$$

MET: متوسط زمان سبز شدن، D: تعداد روزهای سپری شده از شروع آزمایش، n: تعداد بذرهای سبز شده در روز،

$$MET = \frac{\sum D.n}{\sum n} \qquad \text{معادله (۴)}$$

MDE: متوسط سبز شدن روزانه، EP: درصد سبز شدن

برای تعیین عملکرد گل، در مرحله گلدهی کامل بوته‌ها، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، گل‌های واقع در یک مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت شدند. برداشت گل‌ها در سه نوبت انجام گرفت و در نهایت مجموع برداشت در سه مرحله به‌عنوان عملکرد گل در نظر گرفته شد.

بعد از اتمام فصل رشد و رسیدگی نهایی بوته‌ها در اوایل شهریور (۱۳۹۷/۰۶/۰۵، ۱۰۵ روز پس از کاشت با ۱۱۶۸/۲۵ درجه- روز رشد)، از هر واحد آزمایشی پنج بوته به‌طور تصادفی برداشت شده و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه گل‌دار، تعداد میوه در بوته، تعداد دانه در واحد سطح و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شدند. در مرحله رسیدگی نهایی، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های واقع در یک مترمربع از هر واحد آزمایشی برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح تعیین گردید.

تعیین رنگیزه های فتوسنتزی کلروفیل و متابولیت‌های ثانویه

جهت تعیین مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی و متابولیت‌های ثانویه، ده روز قبل از برداشت نهایی بوته‌ها، نمونه‌هایی از برگ‌های جوان تهیه شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ‌ها، ۰/۱گرم از بافت برگی تازه با استون ۸۰ درصد سائیده شد و به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفوژ (Centurion Scientific Ltd, Model 2041 series, Mode in United Kingdom) شد. جذب نوری در طول موج های ۶۴۵، ۴۷۰ و ۶۶۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد و مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها طبق معادله‌های زیر محاسبه شدند (Arnon, 1967) (معادله‌های ۵، ۶، ۷ و ۸). به‌منظور

استخراج متابولیت‌های ثانویه نیز، ۰/۱ گرم از نمونه گیاهی را درون هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۹۹:۱) کاملا سائیده و عصاره به‌دست آمده درون لوله‌های آزمایش ریخته شد و به مدت ۷۲ ساعت در تاریکی با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و محلول رویی جدا سازی شد. عصاره گیاهی به‌دست آمده جهت اندازه‌گیری متابولیت‌های فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و میزان فنل با استفاده از روش (Al-Farsi *et al*., 2005)، و بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر برگ، فلاونوئید کل نمونه‌ها بر اساس منحنی استاندارد کوئرستین و با استفاده از روش (Anjum *et al*., 2017)، بر حسب میلی‌گرم کوئرستین برگرم وزن تر برگ و آنتوسیانین با استفاده از روش (Sopari, 2015)، بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر برگ، سنجیده شدند. (لازم به‌ذکر است، نمونه‌های برگ جوان بعد از برداشت، تا زمان اندازه‌گیری صفات در فریزر ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند).

معادله (۵)

$$\text{Chlorophyll a (mg/g)} = (12.71*A663 - 2.69*A645)\ /10$$

معادله (۶)

$$\text{Chlorophyll b (mg/g)} = (22.09*A645 - 4.68*A663)\ /10$$

معادله (۷)

$$\text{Chlorophyll t (mg/g)} = \text{chlorophyll a} + \text{chlorophyll b}$$

معادله (۸)

$$\text{Carotenoids (mg/g)} = ((100*A470) - (0.327*Chla) - (10.4*Chlb))\ /229$$

در این آزمایش، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver 9.1) صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های سبز شدن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر گاوزبان اروپایی از پایه مادری در سطح احتمال یک درصد بر کلیه شاخص‌های سبز شدن بذر (درصد و سرعت سبز شدن، متوسط سبز شدن روزانه و متوسط زمان سبز شدن) معنی‌دار بود.

با توجه به نتایج، برداشت بذر در زمان نامناسب از پایه مادری، موجب کاهش شاخص‌های سبز شدن بذر گاوزبان اروپایی شد. (شکل ۱). با توجه به نتایج درصد و سرعت سبز شدن و متوسط سبز شدن روزانه، در بذرهای حاصل از مرحله دوم برداشت بذر از پایه مادری (۳۲ روز بعد از گلدهی) بیشتر از سایر زمان‌های برداشت بذر بود، که در این مرحله شاهد، کمترین زمان لازم جهت سبز شدن بذرها نیز بودیم (شکل ۱a,b,c,d). از آن‌جایی‌که در این مرحله رسیدگی بذر گاوزبان اروپایی کامل شده بود، کیفیت بذرها بالا رفته و موجب افزایش درصد و سرعت سبز شدن و کاهش میانگین زمان سبز شدن بذرهای گاوزبان اروپایی شد. رسیدگی در زمان برداشت بذر از عوامل مؤثر بر کیفیت فیزیکی و بنیه بذر می‌باشد (Rokhfrooz *et al*., 2020). در بذرهای رسیده حاصل از مرحله دوم برداشت، کاهش غلظت مواد بازدارنده جوانه‌زنی، افزایش تجمع ذخایر غذایی و بهبود کیفیت فیزیولوژیکی بذر (تجمع سیتوکنین کافی در بذر) سبب افزایش درصد و سرعت سبز شدن و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذرها شد (Karimi Arpanahi *et al*., 2017). بین مرحله اول برداشت بذر (۲۳ روز بعد گلدهی) و مرحله سوم برداشت (۳۸ روز بعد از گلدهی) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های سبز شدن بذر مشاهده

نشـد (شـکل ۱). به‌نظر می‌رسـد که سـبز، چروکیده و کوچک بودن بـذر، نـارس بودن جنین و کم بودن اندوخته‌های غذایی بذرهای حاصل از مرحله اول برداشت بذر، به‌دلیل برداشت زودتر از موعد، سبب کاهش درصد و سرعت سبز شدن و افزایش متوسط زمان سبز شدن بذرها شـد، زیرا برداشـت زودهنگام بذر سـبب افزایش میزان بذرهای نابالغ، کاهش انرژی و توان رشدی بذرها می شود (Karimi Arpanahi *et al*., 2017). کاهش شـاخص‌های سبز شدن، در مرحله سوم برداشت (۳۸ روز بعد از گلدهی) نیز به‌دلیل شروع فرآیندهای بیو شیمیایی فرسودگی بعد از رسـیدگی فیزیولوژیکی بـذر بود کـه منجر بـه کـاهش فعـالیـت‌هـای آنزیم‌هـای پروتئولیتیـک و محتوای کربوهیدرات بذرها شد و وقفه‌ای که در شروع فرآیندهای جوانه‌زنی در بذرهای فرسـوده ایجاد شـد، موجب کاهش سرعت سبز شدن و افزایش متوسط زمان سبز شدن بذرها گردید (Moori *et al*., 2018). فرسودگی از طریق افزایش تنفس و کاهش پروتئین‌های بنیادی (Saadat *et al*., 2021) که در کیفیت بذر نقش دارند، موجب کاهش کیفیت دانه و در نهایت کاهش شـاخص‌های سـبز شـدن و رشـدی بـذور گـاوزبـان اروپـایـی گـردیـد (Sheikhzadeh Mosaddegh *et al*., 2020). کاهش کیفیت بذر در برداشت زودهنگام و دیرهنگام بذر سویا (*Glycine Max* (L) Merrill) (Isaac *et al*., 2016)، کلزا (Elias and Copeland, 2001) و گـنـدم (Davodi *et al*., 2012) موجب کاهش شـاخص‌های سـبز شـدن شـد که با نتایج تحقیقات ما هم‌خوانی داشتند.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر، در سطح احتمال پنج درصد بر میزان کلروفیل a، کلروفیل کل و در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل b و کاروتنوئید معنی‌دار بود.

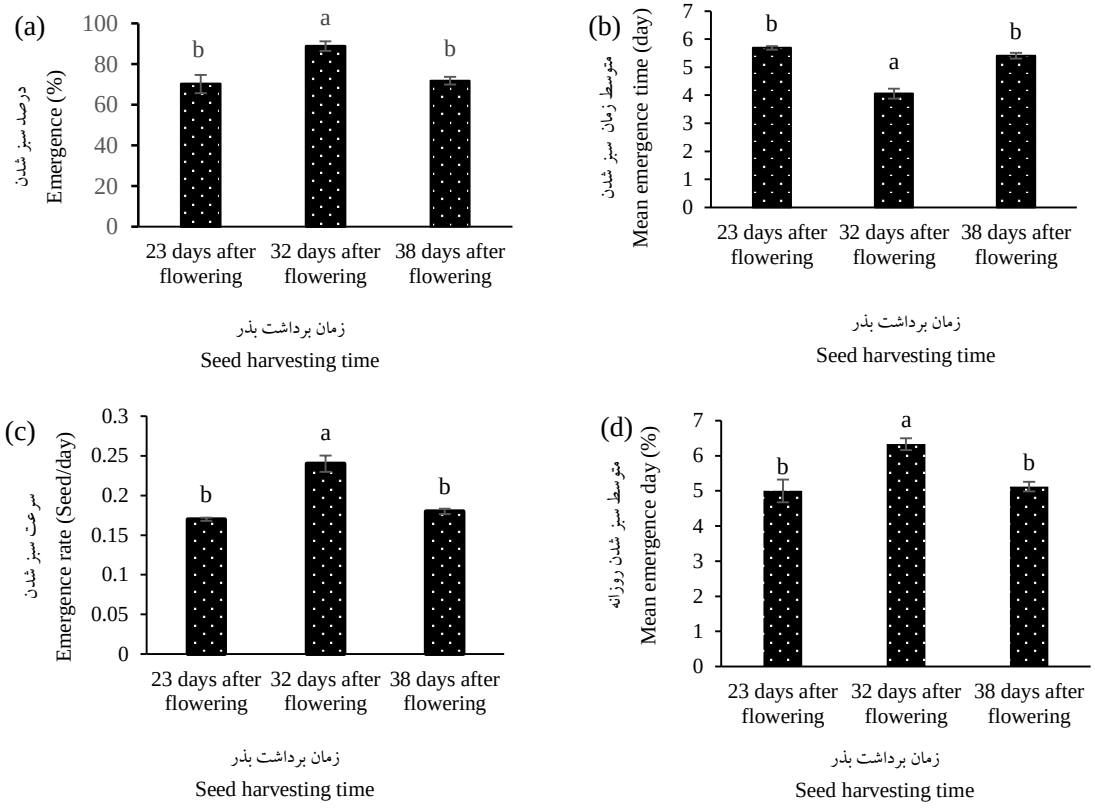
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر شاخص‌های سبز شدن بذور گاوزبان اروپایی

Table 3- Analysis of variance for the effect of maturation stages at the time of seed harvesting on emergence indices of borage seeds

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares			
		درصد سبز شدن Emergence percentage	متوسط زمان سبز شدن Mean emergence time	سرعت سبز شدن Emergence rate	متوسط سبز شدن روزانه Mean daily emergence
بلوک Block	2	54.52ns	0.047ns	0.0001ns	0.27ns
زمان برداشت Harvesting time	2	319.28**	2.28**	0.0045**	1.61**
خطای آزمایشی Error	4	16.84	0.046	0.0001	0.08
ضریب تغییرات C.V %	-	5.33	4.24	5.25	5.43

ns و ** : به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

ns and ** : non significant and significant at 1% probability, respectively



شکل ۱- اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر درصد سبز شدن (الف)، متوسط مدت سبز شدن (ب)، سرعت سبز شدن (ج) و متوسط سبز شدن روزانه (د) بذر گاوزبان اروپایی

Figure 1- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on emergence percentage (a), mean emergence time (b), emergence rate (c) and mean emergence day (d) in borage seeds

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ گاوزبان اروپایی

Table 4- Analysis of variance for the effect of maturation stages at the time of seed harvesting on the photosynthetic pigments of borage leaf

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Chlorophyll T	کاروتنوئید Carotenoids	فنل Phenol	فلاونوئید Flavonoid	آنتوسیانین Anthocyanin
بلوک Block	2	0.068ns	0.0020ns	0.051ns	0.0017ns	0.003ns	8.56ns	0.60ns
زمان برداشت Harvesting time	2	0.173*	0.0080**	0.256*	0.0505**	0.027*	54.02*	5.71**
خطای آزمایشی Error	4	0.023	0.0004	0.028	0.0013	0.002	5.84	0.20
ضریب تغییرات C.V %	-	11.70	3.16	8.39	6.50	5.71	2.54	6.50

ns ، ** و * : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and * : non significant and significant at 1% and 5% probability, respectively

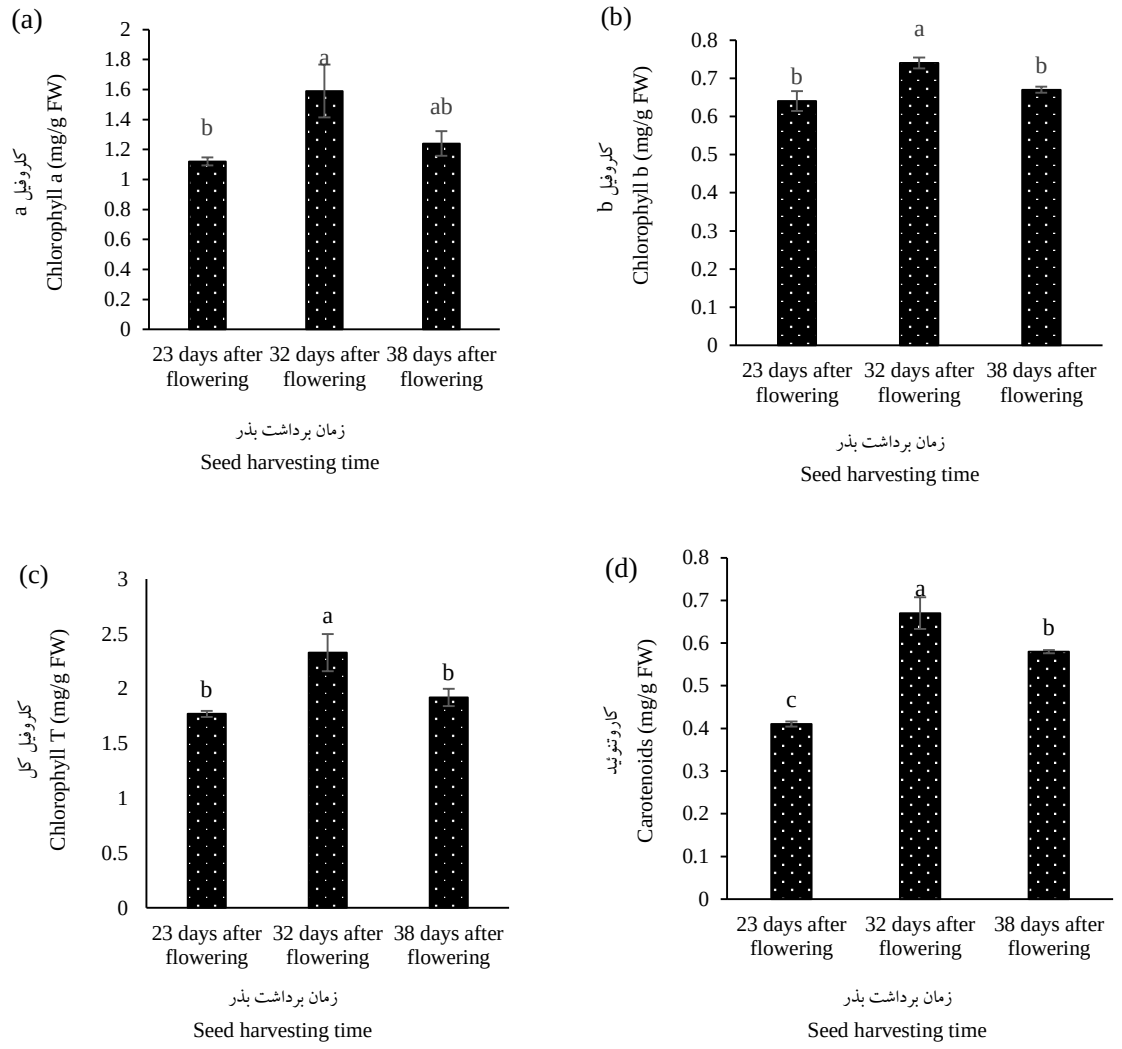
کاهش کیفیت بذر (کاهش سرعت سبز شدن، شکل ۱c و افزایش متوسط زمان سبز شدن، شکل ۱b) گاوزبان، به‌دلیل برداشت بذر در زمان نامناسب و عدم رسیدگی کامل بذر ها، باعث کاهش چشمگیری در میزان رنگیزه های فتوسنتزی برگ‌های گاوزبان اروپایی شد (شکل ۲). با توجه به نتایج، بیشترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ گاوزبان در زمان کاشت بذور مرحله دوم برداشت بذر (۳۲ روز بعد از گلدهی) مشاهده شد که در مقایسه با مراحل اول و سوم برداشت، به‌ترتیب موجب افزایش ۴۲ و ۲۸ درصدی کلروفیل a، ۱۶ و ۱۰ درصدی کلروفیل b و ۳۲ و ۲۱ درصدی کلروفیل کل برگ شد (شکل ۲a,b,c). با این‌که میزان کلروفیل a در مرحله دوم برداشت بیشتر از مرحله سوم بود ولی از نظر آماری بین این دو مرحله از زمان برداشت، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۲a). افزایش در میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند به‌دلیل بهبود سرعت سبز شدن (شکل ۱c) بذرهای رسیده در مرحله دوم برداشت با شد، بدیهی ا ست که افزایش سرعت سبز شدن و کاهش مدت سبز شدن (شکل ۱b)، موجب استقرار سریع گیاهچه‌ها، افزایش رشد رویشی و افزایش سطح برگ در مزرعه شد (Shekari *et al.*, 2010)، که در نتیجه منجر به افزایش محتوای رنگیزه‌های فتو سنتزی و میزان فتو سنتز در برگ گاوزبان اروپایی شد. کمترین میزان کلروفیل‌ها در مرحله اول برداشت مشاهده شد که با مرحله سوم اختلاف معنی‌دار نشان نداند (شکل ۲). نارس و کوچک بودن بذرها در مرحله اول برداشت و فرسودگی و کاهش بنیه بذر ناشی از تأخیر در زمان برداشت سوم بذر، دلیل کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ گاوزبان اروپایی شد. محققان گزارش کردند، با افزایش قدرت و کیفیت بذر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهچه‌های تولید شده افزایش می‌یابد (Nouri Feli *et al.*, 2022). کاروتنوئیدها از جمله سیستم‌های دفاعی هستند که با بلوغ برگ‌ها، جایگزین سیستم دفاعی آنتوسیانین برگ های جوان می‌شوند (Chaparzadeh *et al.*, 2013) و با پخش کردن انرژی برانگیخته اضافی به‌صورت گرما، محافظ دستگاه فتوسنتزی گیاهان می‌باشند (Heshmati *et al.*, 2021). بیشترین میزان کاروتنوئید در زمان کشت بذر حاصل از مرحله دوم برداشت بذر به‌دست آمد و در مقایسه با مرحله اول و سوم برداشت بذر، به‌ترتیب موجب افزایش ۶۳ و ۱۵/۵ درصدی در میزان کاروتنوئید برگ گاوزبان اروپایی شد (شکل ۲d). به‌نظر می‌رسد که نارس بودن جنین و کم بودن اندوخته‌های غذایی بذرهای حاصل از مرحله اول برداشت بذر، سبب کاهش سرعت سبز شدن (شکل ۱c)، افزایش متوسط زمان سبز شدن مزرعه (شکل ۱b)، (Davodi *et al.*, 2012) و کاهش شاخص سطح برگ گیاهان حاصل از این بذور می‌شود که نتیجه آن، کاهش سطح فتوسنتزی و کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی بوته‌های حاصل می‌باشد. محققان، کاهش کیفیت بذر ناشی از زمان برداشت نامناسب را به سرعت سبز شدن پایین این بذرها نسبت دادند که موجب تولید گیاهچه‌های ضعیف با تعداد برگ کمتر و محتوای کلروفیل کمتر در برگ‌ها می‌شود که در نهایت منجر به کاهش رنگیزه‌های کلروفیلی a، b و کل در گیاهچه‌های حاصل از این بذور می‌شود (Ghassemi Golezani *et al.*, 2008a; Sheikhzadeh Mosaddegh *et al.*, 2012).

متابولیت‌های ثانویه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر میزان فنل و فلاونوئید برگ گاوزبان در سطح احتمال پنج در صد و بر میزان آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

با توجه به نتایج، کاشت بذور با کیفیت پایین (کاهش سرعت سبز شدن، شکل ۱c و افزایش متو سط زمان سبز شدن، شکل ۱b) باعث افزایش میزان متابولیت‌های ثانویه در برگ گاوزبان اروپایی شد. ترکیبات فنلی گروه بزرگی از ترکیبات فعال زیستی در گیاهان شامل فلاونوئیدها، تانن‌ها و آنتوسیانین می‌باشند که خواص آنتی‌اکسیدانی،

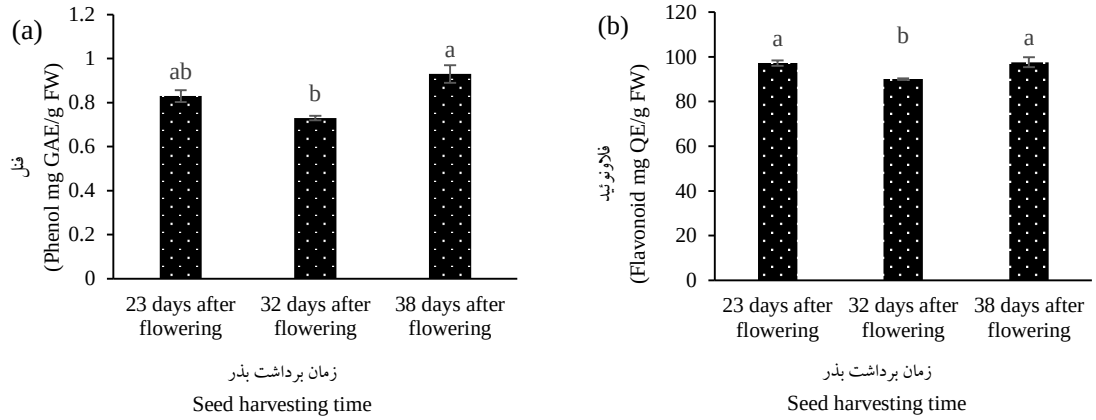
آنتی‌میکروبی، ضـــدالتهاب و ضـــدتغذیه‌ای در مقابله با پاتوژن‌ها و آفات دارد که موجب تحمل تنش‌های زیســتی در گیاهان می شود (Mafakheri *et al*., 2020). با توجه به نتایج، بیشترین میزان فنل (۰/۹۳ میلی گرم گالیک ا سید در گرم وزن تر برگ) در زمان کاشــت توده بذرهای حاصــل از مرحله ســوم برداشــت بذر از پایهٔ مادری (۳۸ روز بعد از گلدهی) مشــاهده شــد و با توده بذرهای نارس حاصــل از مرحله اول از ز مان برداشـــت (۲۳ روز بعد از گلدهی) اختلاف معنی‌دار نشـــان نداد و به‌ترتیب نســـبت به توده بذرهای رسیده حاصل از مرحله دوم برداشت بذر (۳۲ روز بعد از گلدهی) موجب افزایش ۲۷ و ۱۴ درصــدی در میزان فنل کل برگ گاوزبان اروپایی شد (شکل ۳a). کاشت توده بذرهای حاصــل از مراحل اول و ســوم برداشــت بذر از پایه مــادری، بیشــترین میزان فلاونوئیــد را در برگ گــاوزبــان اروپایی نشان داد و نسبت به توده بذرهای حا صل از مرحله دوم بــرداشـــت، مــوجــب افــزایــش ۸ درصـــدی در میـــزان فـــلاونوئید کـــل در بـــرگ شـــدند (شکـــل ۳b).



شکل ۲- اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر میزان کلروفیل a (الف)، کلروفیل b شکل (ب)، کلرفیل کل (ج) و کاروتنوئید (د) برگ گاوزبان اروپایی

Figure 2- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on chlorophyll a (a), chlorophyll b (b), total chlorophyll (c) and carotenoids (d) in borage leaf

نتایج نشان داد، بیشترین میزان آنتوسیانین (۸/۳۸ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) در زمان کشت توده بذرهای نارس حاصل از مرحله اول برداشت بذر به‌دست آمد و نسبت به توده بذرهای رسیده حاصل از مرحله دوم برداشت، موجب افزایش ۴۹ در صدی در میزان آنتوسیانین در برگ گاوزبان اروپایی شد (شکل 4a). کمترین میزان فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین در زمان کشت توده بذرهای رسیده حاصل از مرحله دوم برداشت بذر مشاهده شد (شکل 4a، ۳). از آن‌جایی که برای گیاهان حاصل از توده بذرهای رسیده مرحله دوم، شرایط رشدی خوبی فراهم بود، گیاه نیازی به تولید این ترکیبات فنولیک ندید. محققان در بررسی میزان فنل کل در گیاه کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* Var. *Styriaca*) اظهار کردند، تیمارهایی که از نظر عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها در سطح پایین با شند، مقدار فنل کل بوته در آن تیمار بیشتر می‌شود، در واقع نوعی رابطه عکس بین عملکرد دانه با مقدار فنل موجود در گیاه وجود دارد (Mohammadi *et al*., 2020)، که مربوط به تأثیرپذیری بیشتر بوته‌های ضعیف از تنش‌های محیطی در دوران رشد می‌باشد، زیرا افزایش میزان این ترکیبات فنلی در گیاه به‌عنوان یکی از نشانگرهای بیوشیمیایی دفاعی گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌باشد، این نتایج با نتایج تحقیق ما هم‌خوانی داشت. افزایش میزان آنتوسیانین برگ در زمان کشت بذور با کیفیت پایین کلزا در تحقیقات (Moayeri *et al*., 2022) گزارش شد. لاچمن و همکاران (Lachman *et al*., 2003) بیان کردند زوال بذر و کیفیت پایین بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) موجب افزایش سطوح مواد فنلی در گیاه شد.



شکل ۳- اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر میزان فنل (الف) و فلاونوئید (ب) برگ گاوزبان اروپایی

Figure 3- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on the phenol (a) and flavonoid (b) in borage leaf

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۵).

با توجه به نتایج، برداشت بذر از پایه مادری در زمان نامناسب، به‌دلیل کاهش کیفیت (کاهش سرعت سبز شدن، شکل 1c و افزایش متوسط زمان سبز شدن، شکل 1b) و بنیه بذر، موجب کاهش طول گیاهچه‌های حاصل از این بذرها شد. بیشترین ارتفاع بوته گاوزبان اروپایی (۱۱۰/۱۶ سانتی‌متر) در زمان کاشت بذرهای حاصل از مرحله دوم برداشت (۳۲ روز بعد از گلدهی) مشاهده شد، که نسبت به مراحل اول و سوم برداشت بذر، به‌ترتیب موجب افزایش

۲۳ و ۲۶ درصدی در ارتفاع بوته‌ها شد (شکل 4b). از آن‌جایی که زمان برداشت بذر یکی از مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار بر کیفیت بذر می‌باشد، برداشت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی بذر، فرصت بیشتری برای تجمع مواد ذخیره‌ای و کاهش مواد بازدارنده رشد در اختیار دانه قرار می‌دهد، بنابراین موجب بهبود کیفیت، قدرت جوانه‌زنی و رشد بذر جهت کشت در سال آینده می‌شود (Shakerian *et al*., 2019).

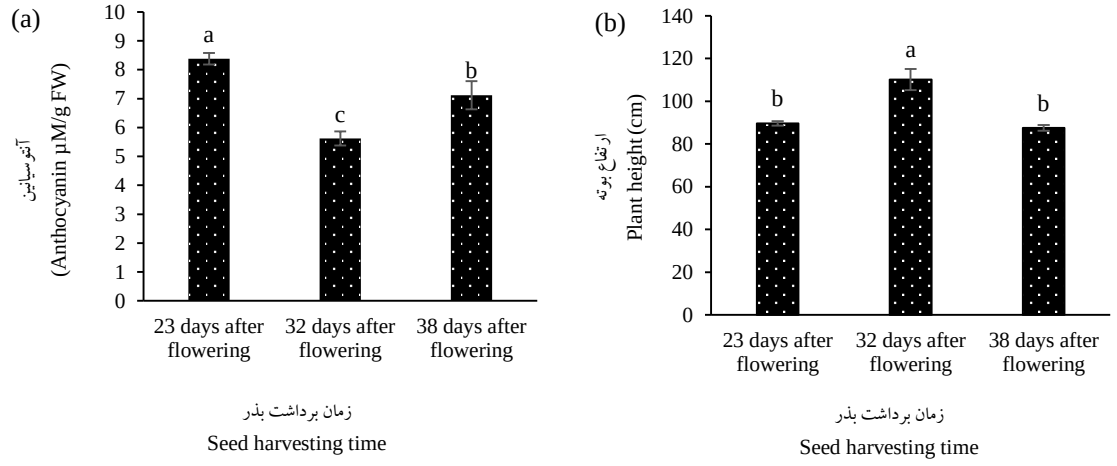
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی

Table 5- Analysis of variance for the effect of maturation stages at the time of seed harvesting on yield and yield components of borage

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه گل‌دار Flowering branches per plant	تعداد میوه Number of fruit per plant	تعداد دانه Grains per unit area	عملکرد گل Flower yield	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	48.77ns	471.13*	3584.38ns	199571.10ns	1.37ns	2.54ns	141.19ns
زمان برداشت Harvesting time	2	469.36**	468.82*	27918.52*	6786378.57**	12.91**	10.41**	2593.29**
خطای آزمایشی Error	4	16.31	57.53	2943.48	542089.69	0.54	0.76	140.22
ضریب تغییرات C.V %	-	4.21	11.29	7.63	13.75	10.37	5.31	12.40

ns ، ** و * : به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and * : non significant and significant at 1% and 5% probability, respectively



شکل ۴- اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر میزان آنتوسیانین (الف) و ارتفاع بوته (ب)، گاوزبان اروپایی

Figure 4- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on anthocyanin content (a) and plant height (b), in borage plant

در این پژوهش، کیفیت مناسب بذر در مرحله دوم برداشت، به‌دلیل رسیدگی فیزیولوژیکی، منجر به جوانه‌زنی مطلوب و افزایش قدرت رشد گیاهچه‌ها و به‌دنبال آن افزایش طول گیاهچه‌های گاوزبان شد. از آن‌جایی که ارتفاع بوته‌های حاصل از توده بذر با کیفیت بالا (بذور حاصل از مرحله دوم برداشت) بیشتر از گیاهان حاصل از بذور نارس (بذور حاصل از مرحله اول برداشت) و بذور حاصل از مرحله سوم برداشت بود، این برتری را می‌توان به سرعت و درصد سبز شدن (شکل 1a,c) بالای گیاهچه‌های حاصل از این بذور، نسبت داد. زیرا تراکم بالای گیاهان حاصل از بذرهای رسیده و با کیفیت بالا، باعث افزایش رقابت گیاهان برای دریافت نور بیشتر و افزایش ارتفاع آن‌ها می‌شود (Asadi Danalo *et al.*, 2014). کمترین ارتفاع بوته (۸۷/۵ سانتی‌متر) در زمان کشت بذرهای حاصل از مرحله سوم برداشت (۳۸ روز بعد از گلدهی) به‌دست آمد که با مرحله اول برداشت (۲۳ روز بعد از گلدهی) اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل 4b). ربیعی و همکاران (Rabiei *et al.*, 2018) بیان کردند، در برداشت‌های ابتدایی به‌دلیل ریز و نارس بودن بذرها و کمبود اندوخته‌های غذایی بذرها، طول گیاهچه‌های بارهنگ کبیر (*Plantago major* L.) کاهش یافت. در بذور با کیفیت پایین کلزا (*Brassica napus*) (Balouchi *et al.*, 2013) و گاوزبان اروپایی (Sheikhzadeh Mosaddegh *et al.*, 2020) نیز، کیفیت پایین بذر، منجر به جوانه‌زنی نامطلوب و کاهش قدرت رشد و طول گیاهچه‌های حاصل از این بذور گردید. فرزانه و همکاران (Farzaneh *et al.*, 2016) در مطالعه تأثیر کیفیت بذر چغندرقند بر ارتفاع بوته، گزارش کردند، بذرهایی که دارای درصد سبز شدن کمتر و جوانه‌زنی آن‌ها کند و غیریکنواخت باشد، بوته‌های حاصل از این بذرها نیز رشد اولیه کند و ارتفاع کوچک‌تری خواهند داشت.

تعداد شاخه‌های گل‌دار

نتایج نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر تعداد شاخه‌های گل‌دار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

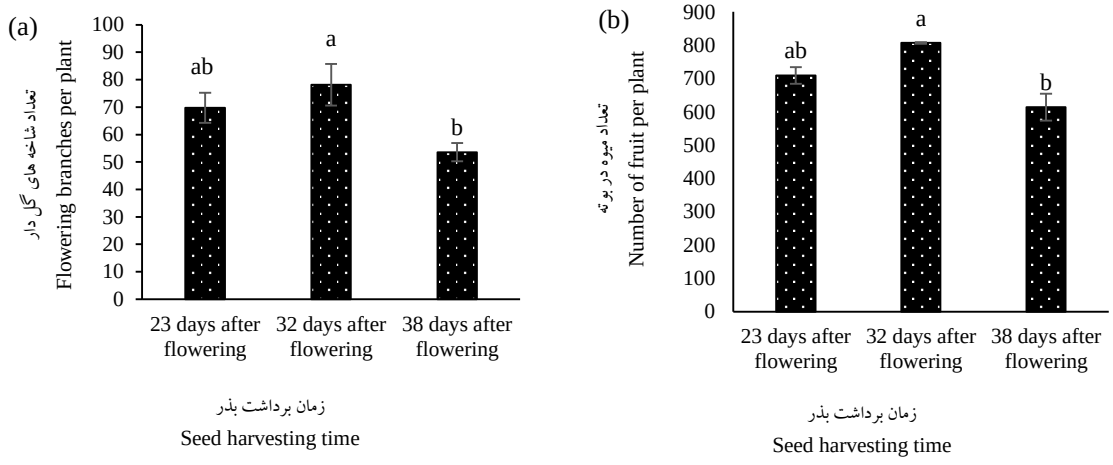
با توجه به نتایج، کاهش بنیهٔ بذر، به‌دلیل برداشت زودتر و دیرتر از رسیدگی فیزیولوژیکی بذر از پایه مادری، باعث کاهش معنی‌دار در تعداد شاخه‌های گل‌دار بذرهای حاصل شد، زیرا قدرت بذر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در اکثر گیاهان در بالاترین مقدار می‌باشد (Balouchi *et al.*, 2013). نتایج نشان داد، بیشترین تعداد شاخه‌های گل‌دار (۷۸/۱۶) در زمان کاشت بذرهای حاصل از مرحله دوم برداشت بذر (۳۲ روز بعد از گلدهی) به‌دلیل رسیدگی کامل بذر به‌دست آمد و با مرحله سوم برداشت بذر (۳۸ روز بعد از گلدهی) اختلاف معنی‌دار نشان داد و در مقایسه با آن، باعث افزایش ۴۶ درصدی تعداد شاخه‌های گل‌دار شد (شکل 5a). این برتری گیاهان حاصل از بذور مرحله دوم برداشت، را می‌توان به سرعت سبز شدن (شکل 1c) بالا و استقرار سریع گیاهچه‌های قوی حاصل از این بذور مرتبط دانست. برداشت بذر در مرحله ابتدایی از پایه مادری (۲۳ روز بعد از گلدهی) با این‌که باعث کاهش تعداد شاخه‌های گل‌دار شد ولی نسبت به مرحله دوم برداشت بذر اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل 5a). از آن‌جایی که درصد جوانه‌زنی در بذور نارس پایین بوده و تراکم بوته در مزرعه کمتر شده، دسترسی بوته‌ها به منابع موجود بیشتر شده و امکان تولید تعداد بیشتر شاخه‌های گل‌دار برای هر بوته وجود دارد (Asadi Danalo *et al.*, 2014). برداشت بذر از پایه مادری در زمان ۳۸ روز بعد از گلدهی نیز، به‌دلیل کاهش قدرت و کیفیت بذر (کاهش سرعت سبز شدن، شکل 1c و افزایش متوسط زمان سبز شدن، شکل 1b)، موجب کاهش تعداد شاخه‌های گل‌دار در بوته‌های حاصل از این بذور شد (شکل 5a). کیفیت پایین بذر، به صورت گیاهچه‌های ضعیف حاصل از این بذرها آشکار می‌شود که کاهش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده را در پی خواهد داشت که با نتایج کریمی آرپناهی (Karimi Arpanahi *et al.*, 2017)

در بررسی تأثیر زمان برداشت بذر بر کیفیت بذر باقالا (*Vicia faba* L.) هم‌خوانی داشت.

تعداد میوه در بوته

نتایج نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر از پایه مادری بر تعداد میوه در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

با توجه به نتایج، برداشت بذرهای با کیفیت بالا (افزایش سرعت سبز شدن، شکل ۱c و کاهش متوسط زمان سبز شدن، شکل ۱b) در مرحله رسیدگی کامل از پایه مادری گاوزبان اروپایی و کشت آن‌ها باعث افزایش تعداد میوه در بوته شد. بیشترین تعداد میوه در بوته، در زمان کشت بذرهای حاصل از مرحله دوم برداشت بذر (۳۲ روز بعد از گلدهی)، به‌دست آمد که می‌تواند به‌دلیل بلوغ کامل بذر و به بیشینه رسیدن تجمع ذخایر غذایی در بذرهای حاصل باشد (شکل ۵b). از دلایل اصلی دیگر بالا بودن تعداد میوه در بوته در مرحله دوم برداشت در مقایسه با دو توده بذری حاصل از مراحل اول و سوم برداشت، تعداد شاخه‌های گل‌دار (شکل ۵a) بیشتر بود. در واقع سبز شدن سریع، استقرار گیاهان قوی و کارآیی متابولیسمی بالاتر (مانند فتوسنتز و انتقال مواد غذایی) (Asadi Danalo *et al*., 2014) از عواملی بودند که در نهایت منجر به تولید میوه بیشتر در این گیاه شد و موجب افزایش ۱۴ و ۳۱ درصدی تعداد میوه در بوته نسبت به زمان کاشت بذرهای حاصل از مراحل اول و سوم برداشت شد. کمترین تعداد میوه در بوته در زمان کاشت بذرهای حاصل از مرحله سوم برداشت مشاهده شد که با مرحله اول برداشت بذر اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۵b). در طی دوران رسیدگی و نمو بذر، کیفیت دانه ممکن است به‌دلیل فرسودگی بذر کاهش یابد که دلیل آن می‌تواند کاهش محتوای رطوبت بذر و صدمات بیوشیمیایی بافت‌ها باشد (Shakerian *et al*., 2019).



شکل ۵- اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر تعداد شاخه‌های گل‌دار (الف) و تعداد میوه در بوته (ب)

Figure 5- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on the flowering branches (a) and the number of fruits per plant (b) in borage plant

بذرهایی که در زمان ابتدایی قبل از رسیدن کامل بذر، به‌صورت نارس و نابالغ برداشت می‌شوند و در شرایط مطلوب هوا خشک می شوند، بذرها به‌دلیل خشک شدن آهسته به وزن شان افزوده می شود و در نتیجه قابلیت سبز شدن آنها بهبود می یابد (Karimi Arpanahi *et al*., 2017)، احتمالا به این دلیل بوده که تعداد میوه در بوته در

زمان کاشت بذرهای حاصل از مرحله اول با تعداد میوه در بوته در زمان کاشت بذرهای مرحله دوم برداشت، اختلاف معنی‌دار نشان نداد. طی زوال بذر، استقرار بوته در مزرعه ضعیف شده، گیاه قادر به تأمین نیاز کربن و نیتروژن گل و میوه‌های تولید شده نخواهد بود، از آن‌جایی که با گذشت زمان این نیازها افزایش می‌یابد، انتقال مواد فتوسنتزی از بخش رویشی گیاه به بخش زایشی افزایش یافته، موجب پیری زودهنگام بافت‌های رویشی می‌شود که متعاقب آن موجب کاهش تعداد میوه و دانه در بوته می‌شود (Parsa and Bagheri, 2008). محققان اظهار کردند، کیفیت پایین بذر به‌دلیل آسیب غشا و افزایش نشت الکترولیت، موجب کاهش درصد سبز شدن و بنیه و کیفیت بذر شد که کاهش این صفات نیز موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد بذر کلزا گردید (Moayeri *et al*., 2022).

تعداد دانه در واحد سطح

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در واحد سطح معنی‌دار شد (جدول ۵).

با توجه به نتایج، کاهش قدرت و کیفیت بذر (کاهش سرعت سبز شدن، شکل ۱c و افزایش متوسط زمان سبز شدن، شکل ۱b) به‌دلیل برداشت زودتر و دیرتر از رسیدگی کامل بذر موجب کاهش معنی‌دار در تعداد دانه در واحد سطح شد. بیشترین تعداد دانه در واحد سطح در زمان کشت توده بذر حاصل از مرحله دوم برداشت (۳۲ روز بعد از گلدهی) به‌دست آمد و با توده بذر حاصل از مراحل اول و سوم برداشت بذر، اختلاف معنی‌دار نشان داد و در مقایسه با آن‌ها، به‌ترتیب موجب افزایش ۳۶ و ۷۵ درصدی در تعداد دانه در واحد سطح شد (شکل ۶a). این برتری گیاهان حاصل از توده بذرهای مرحله دوم برداشت را، می‌توان به درصد و سرعت سبز شدن (شکل ۱a,c) و تعداد شاخه‌های گل‌دار و تعداد میوه در بوته (شکل ۵a,b) بیشتر مرتبط دانست. محققان اظهار کردند، کاشت بذرهای با کیفیت بالای عدس (*Lens culinaris* Medik) می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد مزرعه‌ای این گیاه را از طریق افزایش درصد و سرعت سبز شدن و بهبود استقرار گیاهچه افزایش دهد (Asadi Danalo *et al*., 2014). کریمی آرپناهی و همکاران (Karimi Arpanahi *et al*., 2017) در بذرهای باقلا (*Vicia Faba* L.)، فرزانه و همکاران (Farzaneh *et al*., 2016) در بذرهای چغندرقند گزارش کردند، کاشت بذرهایی که قبل از رسیدگی کامل برداشت می‌شوند، به‌دلیل ریز و نابالغ بودن بذر، ناکافی بودن تجمع مواد ذخیره‌ای در مرحله پر شدن دانه و کیفیت پایین بذر، از قدرت جوانه‌زنی پایین برخوردار ند و از آن‌جایی که در این بذرها رشد اولیه و استقرار بوته‌ها ضعیف می‌باشد، موجب عدم یکنواختی تراکم بوته در مزرعه و کاهش جذب تشعشع خورشیدی و در نهایت افت عملکرد و اجزای عملکرد خواهد شد. کمترین تعداد دانه در واحد سطح در زمان کاشت بذر حاصل از مرحله سوم برداشت (۳۸ روز بعد از گلدهی) مشاهده شد که با مرحله اول برداشت (۲۳ روز بعد از گلدهی) اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل ۶a). قدرت پایین بذر ناشی از تأخیر در برداشت و زوال بذر، به‌دلیل کاهش درصد گیاهچه‌های سبز شده در مزرعه، موجب کاهش تراکم گیاهی مطلوب در واحد سطح می‌شود، از طرفی سرعت رشد پایین این بذرها نسبت به بذور با بنیه بالا، باعث کاهش توان تولیدی این بذرها شده و در نهایت منجر به کاهش تعداد دانه در واحد سطح می‌شود (Taji *et al*., 2014).

عملکرد گل

بر اساس نتایج مندرج در (جدول ۵)، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر عملکرد گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

با توجه به نتایج، کاشت توده بذرهای با قوهٔ نامیه و بنیهٔ پایین، موجب کاهش عملکرد گل در بوته‌های حاصل از این بذرها شد. محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh *et al*., 2018) بیان کردند، استقرار

سریع بوته‌ها در توده‌های بذری با بنیهٔ بالا، منجر به تولید گیاهچه‌های قوی با عملکرد بیشتر می‌شود. مرحله دوم برداشت بذر (۳۲ روز بعد از گلدهی) از بوته مادری، به‌دلیل رسیدگی و بلوغ کامل بذر، باعث افزایش (۹/۴۴ گرم در مترمربع) معنی‌دار در عملکرد گل شد و نسبت به توده بذرهای مراحل اول و سوم برداشت (۲۳ و ۳۸ روز بعد از گلدهی) به‌ترتیب موجب افزایش ۷۲/۵ و ۴۷ در صدی در عملکرد گل گردید (شکل ۶b). برتری بذور در مرحله دوم، می‌تواند به‌دلیل اندوخته غذایی بیشتر در بذرها باشد که به رشد گیاهچه‌ها در اوایل رشد و استقرار اولیه کمک کرده و موجب تولید گیاهچه‌ها قوی‌تر می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد گل در گیاه می‌شود که این نتایج، با نتایج تحقیقات محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh *et al*., 2018) در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* .L) مطابقت دارد. مطالعات نشان می‌دهد که قدرت اولیه و کیفیت بالای بذر در بسته شدن سریع پوشش گیاهی نقش مهمی دارد که می‌تواند بر عملکرد گل در گیاه هم مؤثر باشد. بذرهای رسیده، گیاهچه‌های با سطح برگ بیشتر و توسعه یافته‌تر تولید می‌کنند که موجب افزایش عملکرد در گیاه می‌شود (Ajam Nouruzi *et al*., 2011). کمترین عملکرد گل در زمان کاشت توده بذرهای مرحله اول برداشت مشاهده شد که با بذرهای مرحله سوم برداشت، اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل ۶b). بذور نارس، ریز و چروکیده، گیاهچه‌های ضعیف‌تر با سطح برگ کمتر تولید می‌کنند که باعث می شود مواد فتو سنتزی کمتری در هنگام رشد زایشی به گل و دانه برسد (Ajam Nouruzi *et al*., 2011). فرسودگی بذر در صورت تأخیر در برداشت، حتی روی بوته مادری نیز اتفاق می‌افتد یا در صورت ریزش، به‌دلیل شکستگی و ترک‌خوردگی موجب زوال بذر می‌گردد و منجر به کاهش قوهٔ نامیه و کیفیت بذر، کاهش درصد و سرعت سبز شدن و استقرار گیاهچه، افزایش حساسیت به تنش‌های محیطی و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Ellis and Robert, 1980; Sheikhzadeh Mosaddegh *et al*., 2020). محققان بیان کردند، بذور با کیفیت پایین در ذرت، تعداد روزهای ظهور گلدهی اندام نر کمتری نسبت به بذور با کیفیت بالا داشتند (Esmaeilzadeh *et al*., 2009).

وزن هزاردانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

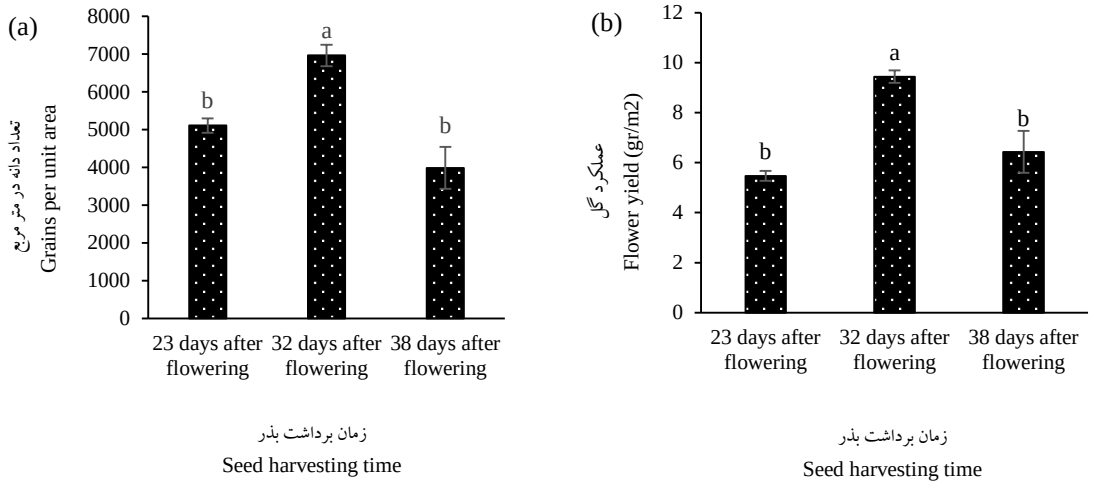
با توجه به نتایج، کیفیت پایین بذر (کاهش سرعت سبز شدن، شکل ۱c و افزایش متوسط زمان سبز شدن، شکل ۱b) در زمان برداشت نامناسب بذر از پایهٔ مادری، منجر به کاهش وزن هزاردانه در بوته‌های حاصل از این توده‌های بذری شد. بیشترین وزن هزار دانه (۱۸/۵۸ گرم) در زمان کاشت توده بذرهای حاصل از مرحله دوم برداشت (۳۲ روز بعد از گلدهی)، به‌دلیل بلوغ، رسیدگی مطلوب و کیفیت بالای بذر به‌دست آمد که با مراحل اول و سوم برداشت بذر، اختلاف معنی‌دار نشان داد و به‌ترتیب نسبت به آن‌ها موجب افزایش ۲۲ و ۲۰ درصدی وزن هزاردانه شد (شکل ۷a). وزن دانه از مهمترین اجزای عملکرد دانه بوده و هرگونه افزایش در وزن هزاردانه بر عملکرد دانه نیز مؤثر می‌باشد که محتوای مواد انتقال‌یافته و تجمع یافته در بخش های مختلف دانه را نشان می‌دهد (Parsa and Bagheri, 2008). در بذور با کیفیت بالا، زیاد بودن وزن دانه موجب می‌گردد تا درصد و سرعت سبز شدن بذر افزایش یابد و تعداد بوته‌های بیشتری تا زمان برداشت حفظ گردد که در نتیجه بر عملکرد نهایی دانه نیز مؤثر می‌باشد (Eisvand *et al*., 2014). وزن هزار دانه تا زمان رسیدن کامل دانه‌ها روند افزایشی دارد که این به‌معنای ذخیره بیشتر مواد غذایی در بذر و در نتیجه کیفیت بالای آن می‌باشد (Karimi Arpanahi *et al*., 2017). کمترین وزن هزاردانه در زمان کاشت بذرهای حاصل از مرحله اول برداشت بذر به‌دست آمد که اختلاف

معنی‌داری با مرحله سوم برداشت بذر نداشت (شکل ۷a). در بذور نارس، کم بودن وزن هزاردانه ممکن است به‌دلیل قوۀ نامیه، بنیه و کیفیت پایین بذر باشد. این صفت در مراحل اولیۀ رشد، به‌مقدار مواد فتوسنتزی سنتز شده و از طرف دیگر به ظرفیت بذرها برای ذخیره‌سازی جنین بستگی دارد (Eisvand *et al*., 2014). بذرهای با کیفیت پایین، علاوه بر تأثیر منفی که بر درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و قدرت بذر در زمان استقرار گیاه دارد، در سایر مراحل رویشی و زایشی نیز تأثیرگذار می‌باشد که احتمالا به‌دلایلی از جمله، ضعیف بودن گیاهان حاصل از بذور زوال یافته، تغییر تراکم گیاهی و آرایش فضایی بوته‌ها و یا مشکلات بیوشیمیایی وارد شده بر جنین باشد (Ajam Nouruzi *et al*., 2011). کاهش وزن هزاردانه در بذور با کیفیت پایین در مطالعات (Eisvand *et al*., 2014) در لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) (Lack *et al*., 2013) و در گندم گزارش شده است.

عملکرد دانه

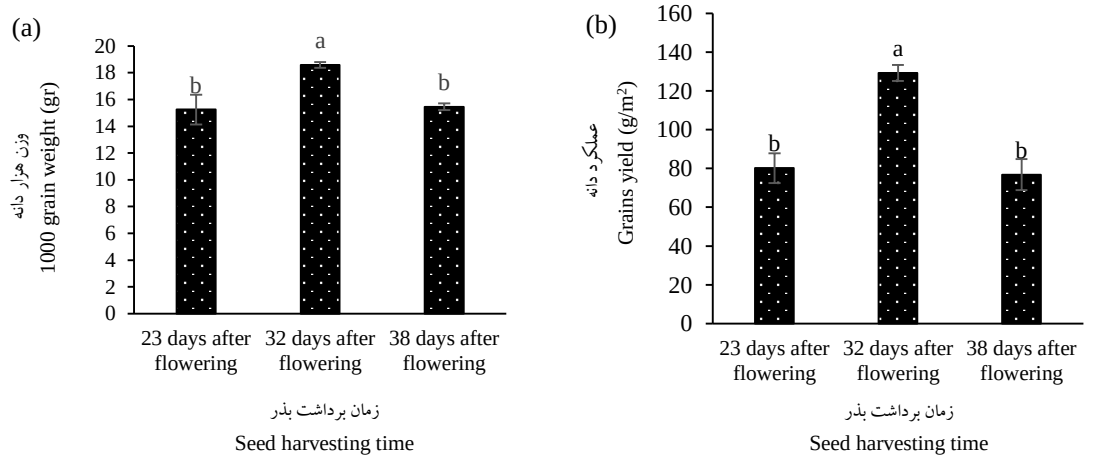
با توجه به نتایج (جدول ۵)، اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر از پایۀ مادری بر عملکرد دانه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج این تحقیق نشان داد، برداشت بذر گاوزبان اروپایی قبل و بعد از موعد رسیدگی کامل بذر و کاشت آن‌ها، باعث کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه شد. بیشترین عملکرد دانه از بذرهای با کیفیت بالا (با افزایش سرعت سبز شدن، شکل ۱c و کاهش متوسط زمان سبز شدن، شکل ۱b) در بذور حاصل از مرحله برداشت ۳۲ روز بعد از گلدهی به‌دست آمد و در مقایسه با مراحل برداشت اول و سوم بذر اختلاف معنی‌دار نشان داد و به‌ترتیب نسبت به آن‌ها منجر به افزایش ۶۱ و ۶۸ درصدی عملکرد دانه شد (شکل ۷b). درصد و سرعت سبز شدن بالا (شکل ۱a,c) و یکنواخت و کامل بذرهای رسیده حاصل از مرحله دوم برداشت بذر، باعث استقرار و رشد اولیه سریع بوته‌ها شد و با تشکیل سریع پوشش گیاهی و تراکم مطلوب بوته‌ای و دریافت نور بیشتر، باعث افزایش عملکرد دانه گردید که با نتایج (Balouchi *et al*., 2013) در گیاه کلزا (*Brassica napus*) مطابقت دارد. از آن‌جایی که عملکرد دانه، تحت تأثیر اجزای عملکرد می‌باشد، بنابراین عواملی که باعث تغییر در اجزای عملکرد شود منجر به تغییر در عملکرد دانه نیز می‌شود که مهمترین عامل تأثیرگذار، کیفیت بذر می‌باشد (Eisvand *et al*., 2014). کمترین عملکرد دانه در کاشت بذرهای مرحله سوم برداشت، به‌دست آمد که از نظر میزان عملکرد دانه با مرحله اول برداشت اختلاف معنی‌دار نشان نداد (شکل ۷b). محققان گزارش کردند، استفاده از بذور با کیفیت پایین حاصل از زمان برداشت نامناسب در کلزا، می‌تواند سرعت و درصد جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها را کاهش دهد و موجب استقرار نامطلوب و ضعیف گیاهچه‌ها و تراکم کم گیاهی در مزرعه شود که در نهایت تراکم کم بوته منجر به کاهش عملکرد دانه در کلزا شود (Sheikhzadeh Mosaddegh *et al*., 2012). در بررسی ارتباط قدرت و کیفیت بذر با رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) گزارش شده است، که کاهش عملکرد دانه در بذور با کیفیت پایین، می‌تواند ناشی از سبز نشدن گیاهچه، کاهش تراکم بوته و رابطه بین تراکم و عملکرد باشد (Rouzrokh *et al*., 2002). بنابراین به‌منظور به‌دست آوردن عملکرد مطلوب لازم است یک بوته به‌خوبی در زمین استقرار پیدا کند و دارای بنیۀ قوی باشد. افزایش عملکرد بذر در صورت استفاده از بذور با کیفیت و بنیۀ بالا در تحقیقات (Mohammadzad *et al*., 2018) در لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) (Esmaeilzadeh *et al*., 2009) و در ذرت گزارش شده است.



شکل ۶- اثر مراحل رسیدگی در زمان برداشت بذر بر تعداد دانه (در مترمربع) (الف) و عملکرد گل (گرم در مترمربع) (ب)

Figure 6- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on the number of grain (grains per unit area), (a) and flower yield (gr/m^2) (b)



شکل ۷- اثر رسیدگی در زمان برداشت بذر بر وزن هزاردانه (گرم) (الف) و عملکرد دانه (گرم در متر مربع) (ب)

Figure 7- The effect of maturation stages at the time of seed harvesting on 1000 grain weight (gr), (a) and grain yield (gr/m^2), (b)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد، کاشت توده بذرهای با مرحله برداشت ۳۲ روز بعد از گلدهی از پایهٔ مادری، به‌دلیل رسیدگی کامل و کیفیت مطلوب بذر، از طریق بهبود شاخص‌های سبز شدن، افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و بهبود خصوصیات رشدی و زراعی این گیاه دارویی، موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن شد. برداشت زود هنگام بذور (۲۳ روز بعد از گلدهی) از پایهٔ مادری به‌دلیل عدم رسیدگی و نارس بودن

جنین و برداشت دیر هنگام (۳۸ روز بعد از گلدهی) از پایهٔ مادری به‌دلیل ریزش و زوال بذر، منجر به کاهش قدرت وکیفیت بذر (کاهش سرعت سبز شدن و افزایش متوسط زمان سبز شدن)، کاهش کلیه پارامترهای زراعی اندازه‌گیری شده در مزرعه (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های گل‌دهنده و تعداد میوه در بوته و غیره) و کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (میزان کلروفیل و کاروتنوئید) در برگ گاوزبان اروپایی و در نتیجه عملکرد بذر آن شدند. کاشت توده بذرهای رسیده با مرحله برداشت ۳۲ روز بعد از گلدهی (مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی)، با بهبود سبز شدن و استقرار سریع گیاهچه‌های گاوزبان اروپایی در مزرعه، موجب دستیابی به تراکم مطلوب بوته در واحد سطح شد و از این طریق سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن شد. بنابراین نتایج به‌دست آمده از این تحقیق تأیید می‌کند که مراحل نمو و رسیدگی بذر گاوزبان اروپایی بر روی پایهٔ مادری، کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و کاشت بذرهای با کیفیت و بنیهٔ بالا، علاوه بر برتری گیاه در طول مراحل رشد و نمو، موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گاوزبان اروپایی می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود، قبل از کشت، آزمون‌های تعیین کیفیت بر روی بذرها انجام گیرد و در صورت پایین بودن کیفیت بذر (نارس و فرسوده بودن)، از بذور بیشتری برای کاشت در واحد سطح استفاده شود تا خسارت ناشی از کیفیت پایین بذر بر شاخص‌های سبز شدن و به‌دنبال آن تراکم بوته در مزرعه و عملکرد بوته جبران شود.

منابع

Reference

Ajam Nouruzi, H., A. Sadeghnezhad, and G.H. Gazanchian. 2011. Effect of seed size and seed deterioration on yield and yield components of dryland wheat in saline region of Gorgan. New Findings Agric. 6(1): 49-57. (In Persian)

Al-Farsi, M., C. Alasalvar, A. Morris, M. Baron, and F. Shahidi. 2005. Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. J. Agric. Food Chem. 53(19): 7592-7599. Doi: 10.1021/jf050579q

Anjum, S., B.H. Abbasi, and C. Hano. 2017. Trends in accumulation of pharmacologically important antioxidant-secondary metabolites in callus cultures of (*Linum usitatissimum* L.). J. Plant Biotechnol. 129 (1): 73-87. Doi: 10.1007/s11240-016-1158-3

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23:112-121.

Asadi Danalo, A., K. Ghassemi-Golezani, J. Shafagh-Kalvanagh, and J. Bakhshy. 2014. Effects of seed quality and water deficit on performance of lentil (*Lens culinaris* Medik). J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 24(1): 83-94. (In Persian, with English Abstract)

Bakhshandeh, E., R. Ghadiryan, and F. Ghaderifar. 2011. Changes in seed quality during seed development and maturation in four cultivars sesame (*Sesamum indicum* L.). J. Plant Prod. 18(2):1-24. (In Persian, with English Abstract)

Balouchi, H.R., F. Bagheri, R. M. Kayednezami Movahedi Dehnavi, and A.R. Yadavi. 2013. Effect of seed aging on germination and seedling growth indices in three cultivars of (*Brassica napus* L.). J. Plant Res. 26(4):397- 411. (In Persian, with English Abstract)

Bhatia, V. S., S. Yadav, K. Jumrani, and K. N. Guruprasad. 2010. Field deterioration of soybean seed: Role of oxidative stress and antioxidant defense mechanism. J. Plant Biol. 32(2): 179-190.

Chaparzadeh, N., L. Rahimpourshafaii, M. Dolati, and A. Barzegar. 2013. Age dependent changes of pigments in Rosa hybrid. J. Plant Res. 26(3): 281-289. (In Persian, with English Abstract)

Chegeni, H., M. Goldani, A.H. Shirani Rad, and M. Kafi. 2016. Effect of accelerated aging on germination indices of promising lines of canola (*Brasica napus* L.). J. Crop Breed. 8(19): 209-216. (In Persian, with English Abstract)

Davodi, S., T. Mir Mahmoudi, and N. Khalili Aghdam. 2012. Determination of the optimum time of seed harvesting in some wheat cultivars. J. Seed Res. (Seed Sci. Technol. J.) 2(4): 33-43.

Derikvandi, M., M. Mahmudi Surstanti, M. Chehrazi, and A. A. Jafari. 2014. Study of phenological traits of some populations and cultivars of borage (*Borago officinalis* L.) in Ahvaz climate. Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. 23 August 2014, Hamedan, Iran. (In Persian)

Eisvand, H.R., A. Dousti, N. Majnoun Hosseini, and A.A. Pour Babaie. 2014. Effects of PGPR bacteria and seed ageing on improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and yield components. Iran. J. Field Crop Sci. 45(2): 277-285. Doi: 10.22059/ijfcs.2014.51906. (In Persian)

EL Hafid, R.E., S.F. Blade, and Y. Hoyano. 2002. Seeding date and nitrogen fertilization effect on the performance of borage (*Borago officinalis* L.). Ind. Crops. Prod. 16: 193-199. Doi: 10.1016/S0926-6690(02)00047-X

Elias, S.G. and L.O. Copeland. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agro. J. 93(5):1054-1058. Doi: 10.2134/agronj2001.9351054x

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. Pp 605-635. *In* P.D. Hebblethwaite (ed.). Seed Production. Butterworths, London.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.

Eskandari, H. 2015. Determine the best time to harvest of high quality seed from mother plant in cow pea cultivar Kamran under Khuzestan weather conditions. Iran. J. Seed Sci. Res. 2(2): 41-48. (In Persian, with English Abstract)

Esmaeilzadeh, J., S. Aharizad, A. Dabbagh Mohammadi Nasab, and A. Shafaati Koohestani. 2009. Effect of seed deterioration on agronomic traits and grain yield of two corn hybrids. J. Agric Sci. Sustain. Prod. 19(2): 119-126. (In Persian, with English Abstract)

Farzaneh, F., B. Kamkar, F. Ghaderifar, M.A. Chegini. 2016. Study of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) monogerm hybrids seed quality changes during fruit development and maturation. J. Plant Prod. 22(3): 78-103.

Ghassemi Golezani, K., S. Khomari, M. Valizadeh, and H. Alyari. 2008a. Changes in chlorophyll content and fluorescence of leaves of winter rapeseed affected by seedling vigor and cold acclimation duration. J. Food Agric. Environ. 7: 196-199.

Ghassemi Golezani, K. and R. Mazloomi Oskooyi. 2008b. Effect of water supply on seed quality development in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Int. J. Plant Prod. 2: 117-124. Doi: 10.22069/ijpp.2012.604

Ghassemi Golezani, K., Z. Tajbakhsh, and Y. Raey. 2011. Seed development and quality in maize cultivars. Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca. 39(1): 178-182. Doi: 10.15835/nbha3915713

Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. Pp 145-245. *In* T.T. Kozlowski (ed.). Seed Biology, Insects, and Seed Collection, Storage, Testing and Certification, Academic Press, New York. Doi: 10.1016/B978-0-12-395605-7.50009-0

Hasanvand, H., S.A. Siadat, A.M. Bakhshandeh, M.R. Moradi Telavat, and A. poshtdar. 2018. Effect of sowing dates and plant densities on flower yield and some important agronomical characteristics of European borage. J. Plant Prod. 25(1): 73-86. (In Persian). Doi: 10.22069/jopp.2018.13770.2233

Hashemi, S.M.R., J. Asghari, M. Esfahani, and M. Rabiei. 2009. The effect of harvesting time on seed germination indices and seedling growth of six rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. J. Crops Improv. 11(2): 75-82. (In Persian, with English Abstract)

Heshmati, S., G.A. Akbari, E. Soltani, M. Amini, K. Fathi Amirkhiz, and k. Maleki. 2021. Study the photosynthetic pigments and phenolic compounds of safflower in response to foliar application of melatonin under water deficit condition. J. Plant proc. func. 10 (41): 279-294. (In Persian, with English Abstract)

Hunter, E.A., C.A. Glasbey, and R.E.L. Naylor. 1984. The analysis of data from germination tests. J. Agric. Sci. 102 (1): 207 -213. Doi: 10.1017/S0021859600041642

Isaac, O. T., B.K. Banful, S. Amoah, S. Apuri, and E.A. Seweh. 2016. Effect of harvesting stages on seed quality characteristics of three soybean (*Glycine Max* (L) Merrill) varieties. J. Sci. Eng Res. 3(4): 326-333.

Karimi Arpanahi, E., A. Moradi, and M. Movahhedi Dehnavi. 2017. The effect of harvesting time and drying method on seed physiological quality, soluble sugars content of faba bean seeds (*Vicia faba* L.) cultivar Shami. Iran. J. Field Crop Sci. 48(2): 493-506. (In Persian, with English Abstract). Doi: 10.22059/ijfcs.2017.208122.654120

Khooshehkar, H., and F. Shekari. 2012. Effect of seed treatment with salicylic acid on some seedling characteristics of borage. J. Crop Ecophysiol. 6(1): 69-78.

Lachman, J., J. Dudjak, G.K.M. Ors, and V. Pivec. 2003. Effect of accelerated ageing on the content and composition of polyphenolic complex of wheat (*Triticum aestivum* L.) grains. J. Plant. Soil Environ. 49(1): 1-7. Doi: 10.17221/4081-PSE

Lack, S., R. Danaiee Far, and M. Sharafizadeh. 2013. Investigation of seed aging and plant density effect on yield and yield components of wheat (cv. Chamran) in Khouzestan climate conditions. J. Plant Physiol. 5 (17):77-87. (In Persian)

Mafakheri, N., M. Pouresmael, C. Mansourifar, and K.S. Asilan. 2020. Physiological and biochemical traits variability in cicer species. J. Plant Res. 33(1): 1-15. Dor: 20.1001.1.23832592.1399.33.1.1.1. (In Persian, with English Abstract)

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176-177. Doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Mahmoudi, F., P. Sheikhzadeh Mosaddegh, N. Zare, and B. Esmaielpour. 2019. Improvement of seed germination, growth and biochemical characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. Iranian J. Plant Biol. 11(1): 23-42. Doi: 10.22108/ijpb.2019.111889.1104. (In Persian, with English Abstract)

Miceli, C., A. Moncada, F. Vetrano, F. Danna, and A. Miceli. 2019. Suitability of *Borago officinalis* for minimal processing as fresh-cut Produce. Horticulturae 5: 4. 66. Doi: 10.3390/horticulturae5040066

Moayeri, S., M. Baradaran Firozabadi, M. Gholipoor, and M. Heydari. 2022. The effect of seed pretreatment with B group vitamins on some canola agronomical and physiological traits in seed deterioration conditions. J. Plant Proc. Func. 11(47): 95-108. Dor: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.21.0. (In Persian, with English Abstract)

Mohammadi, S.M.A., K.H. Hemmati, and S.H. Hosseini. 2020. Effect of organic fertilizer application on quantitative and qualitative performance of pumpkin skin (*Cucurbita pepo* Var. *Styriaca*). J. Plant Prod. 27(3):37-53. Doi: 10.22069/jopp.2020.16183.2466. (In Persian)

Mohammadzadeh. S., N. Asadi, H. Majnoun Hosseini Moghadam, and M. Jamali. 2018. Effects of artificial seed ageing on germination indices, seedling establishment and yield of two red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Iran. J. Seed Sci. Technol. 7(2):75-94. Doi: 10.22034/ijsst.2019.109547.1065. (In Persian, with English Abstract)

Moori, S., H.R. Eisvand, A. Ismaili, and S.H. Sasani. 2018. Effects of seed preparation with gibberellic acid and brassinosteroid on germination indices and physiological traits after accelerated aging. Iranian J. Seed Sci. Technol. 7(2): 183-193. Doi: 10.22034/ijsst.2019.110640.1091. (In Persian, with English Abstract)

Muasya, R. M., W. J. M. Lommen, E. O. Auma, and P. C. Struik. 2006. Relationship between variation in quality of individual seeds and bulk seed quality in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed lots. Netherlands J. Agric Sci. 54 (1): 5-16. Doi: 10.1016/S1573-5214(06)80001-1

Naghdi Badi, H., Z. Zainali Mobarakeh, H. Omidi, and S. Reza Zadeh. 2012. Morphologic, agronomic and phytochemical changes in borage (*Borago officinalis* L.) as effected by chemical and biofertilizers. J. Med. Plants. 9: 145-156.

Nouri Feli, B., H.R. Eisvand, N. Akbari, and D. Goodarzi. 2022. Effect of zinc and boron application on wheat mother plant under heat stress on cell membrane integrity of the produced seed and physiological quality of seedling. Iran. J. Seed Res. 8(2): 1-19. Doi: 10.52547/yujs.8.2.1. (In Persian, with English Abstract)

Omid Beige, R. 2009. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Oskouei, B., E. Majidi Heravan, A. Hamidi, F. Moradi, and A. Moghadam. 2014. Effect of planting date on yield and germination indices of different shapes of hybrid maize seeds (*Zea mays* L. cv. Single cross 704). Int. J. Biosci. 5(12): 512-517. Doi: 10.12692/ijb/5.12.512-517

Parsa, M. and A. Bagheri A. 2008. Pulses. Mashhad University Press.

Rabiei, A.R., A. Nezami, G. Morteza, M. Khajeh Hosseini, and M, Nasiri Mahallati. 2018. Effect of harvesting time on quantity and quality characteristics of common plantain (*Plantago major* L.) seeds. Iran. J. Seed Sci. Res. 5(2): 37-46. Doi: 10.22124/jms.2018.2909. (In Persian, with English Abstract)

Rahbari, K., M. Madandoust, F. Mohajeri, and M.R. Owji. 2022. Investigating different seed moisture at harvesting time on germination indices of corn varieties based on the standard and aging acceleration test conditions. Iranian J. Seed Sci. Technol. 11(1): 73-84. Doi: 10.22092/ijsst.2021.353200.1380. (In Persian, with English Abstract)

Rokhfrooz, P., M. Farzam, and M. KhajeHoseini. 2020. Determination the best harvesting time and storage condition on seed germination of *Krashninkovia ceratoide*s in Neyshabur Seed Production Station, Iran. Iran. J. Range. Desert Res. 27(1): 75-83. Doi: 10.22092/ijrdr.2020.121349. (In Persian, with English Abstract)

Rouzrokh, M., K. Ghasemi Golezani, and A. Javanshir. 2002. Relationship between seed vigour and field performance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Seed Plant. 18(2): 156-169.

Saadat, T., H. Alidoost, and M. Sedghi. 2021. Effect of priming on the germination of rice seeds of different vigor. J. Seed Res. 10(4): 65-73. Dor: 20.1001.1.22520961.1399.10.37.7.5 (In Persian, with English Abstract)

Shakerian, M., M. Alavifazel, and M. Mojaddam. 2019. The effect of harvesting time on germination characteristics and some antioxidant pro perties of different wheat varieties. J. Plant Prod Sci. 9(1): 56-65. (In Persian)

Sheikhzadeh Mosaddegh, P., K. Ghassemi Golezani, M.R. Shakiba. A. Mohamadi, and S. Nasrollahzadeh. 2012. Evaluation of changes in seed quality and comparison of growth and yield of plants from differentially matured seed of winter oilseed rape in response to water deficit. Ph.D. Thesis. Univ. Tabriz. Iran. (In Persian)

Sheikhzadeh Mosaddegh, P., H. Shafiyar, S. Khomari, and H.R. Mohammad Doost. 2020. Improvement of seed germination, growth and biochemistry characteristic of borage seedling from deteriorated seeds under salinity stress using ascorbic acid pretreatment. Iran. J. Seed Sci. Technol. 8(2): 155-171. Doi: 10.22034/ijsst.2019.121037.1177. (In Persian, with English Abstract)

Shekari, F., R. Baljani, J. Saba, K. Afsahi, and F. Shekari. 2010. Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage plants (*Borago officinalis*) seedlings. J. New Agric. Sci. 6(18): 47-53. (In Persian)

Sopari, H. 2015. Analisa stabilitas zat warna pada ekstrak kulit buah naga merah menggunakan spektrofotometer (analysis pigment stability on red dragon fruit skin extracts using spectrophotometer). M.Sc. Thesis. Univ. Diponegoro, Indonesia.

Taghizadehtabari, Z., H. Asghari, H. Abbasdokht, and E. Babakhanzadeh. 2021. Effects of biochar and salicylic acid on some characteristics of (*Borago officinalis* L.) in water deficit condition. J. Plant Prod. 28(1): 93-113. Doi: 10.22069/jopp.2021.17250.2599. (In Persian, with English Abstract)

Taji, M., A. Rahmi Karizaki, and K. Daneshmand Khosravi. 2014. Effect of seed aging on morphological characteristics of sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.). J. Appl Res. Plant Ecophysiol. 1(4): 19-30.

Wang, Y., C. Mu, Y. Hou, and X. Li. 2008. Optimum harvest time of *Vicia cracca* in relation to high seed quality during pod development. Crop Sci. 48: 709-715. Doi: 10.2135/cropsci2007.04.0211sc.