مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۲، ۱۴۰۰ (ص ۱۲۶-۱۱۱)

Iranian Journal of Weed Science
Vol 17, No 2, 2021 (111-126)
DOI: 10.22092/IJWS.2020.127596.1347

زمان بحرانی قطع پس از میوه‌دهی برای پیشگیری از جوانه‌زنی بذر کاتوس (*Cynanchum acutum*)

ساسان عبدالهی لرستانی[۱]، مصطفی اویسی*[۲]، حسن علیزاده[۲]، حمید رحیمیان مشهدی[۲]

۱- دانش آموخته دکترای علوم علف‌های‌هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران، ۲- به‌ترتیب دانشیار، استاد و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹)

چکیده

علف‌هرز کاتوس (*Cynanchum acutum* L.) در سال‌های اخیر، مزارع نیشکر را به‌شدت مورد تهاجم قرار داده است. شناخت رفتار جوانه‌زنی بذر این علف‌هرز، موجب بهره‌مندی از زمان بهینه برای مبارزه با آن می‌شود. در این پژوهش، میزان جوانه‌زنی بذرهای کاتوس طی پنج نوبت قطع میوه، هر دو هفته یک بار و طی ۱۴ تا ۷۰ روز پس از میوه‌دهی در پنج سطح دمایی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس، در موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر در سال ۱۳۹۶ مطالعه شد. نتایج نشان داد که بذر کاتوس تا روز ۱۴ پس از میوه‌دهی، قادر به جوانه‌زنی نبود. از روز ۴۲ پس از میوه‌دهی به بعد، سرعت جوانه‌زنی روند افزایشی پیدا کرد و در ۵۶ روز پس از میوه‌دهی به بیشترین مقدار خود یعنی ۱۹٫۷۰ بذر در روز رسید. در همین زمان، بیشترین جوانه‌زنی بذرهای کاتوس در دمای نزدیک به ۳۰ درجه سلسیوس و برابر با ۹۷ درصد بدست آمد. با برازش مدل دو تکه‌ای به داده‌های سرعت جوانه‌زنی، دمای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی بذرهای رسیده به‌ترتیب برابر با ۱۸٫۱، ۳۲٫۶، و ۵۷ درجه سلسیوس به‌دست آمد. بذرهای حاصل از قطع میوه طی ۲۸ و ۴۲ روز پس از میوه‌دهی، نیازمند دمای بالاتری برای جوانه‌زنی بودند که با افزایش روزهای پس از تشکیل تا رسیدگی کامل میوه، با روند کاهشی همراه شد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، باید برنامه‌ریزی مناسب برای استفاده از روش قطع اندام‌های هوایی به‌عنوان یک راهکار مدیریتی و حداکثر تا هفته دوم پس از میوه‌دهی کاتوس صورت گیرد تا از تولید بذرهایی با توانایی جوانه‌زنی جلوگیری شود.

کلمات کلیدی: دمای کاردینال، رسیدگی بذر، سرعت جوانه‌زنی، علف‌هرز چندساله، مدل دو تکه‌ای.

Critical time of cutting after fruit development to prevent germination of Swallow wort (*Cynanchum acutum*) seeds

Sasan Abdolahi Lorestani, Mostafa Oveisi*, Hassan Alizadeh, and Hamid Rahimian Mashhadi
Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Iran.
(Received: September 15, 2019 - Accepted: February 8, 2020)

ABSTRACT

Swallow-wort (*Cynanchum acutum*) has aggressively infested sugarcane fields in the recent years. Understanding seed germination behavior of this weed will save time to control. In this investigation, germination of seeds was studied at five fruit cutting time with two weeks intervals at 14 to 70 days after fruiting (DAF) at five temperature levels (10, 20, 30, 40 and 50°C) in Sugarcane research and Training Institute in 2017. The results showed that swallow-wort seeds were not able to germinate until the 14 DAF. From the 42 DAF, germination rate showed increasing trend and reached its highest value (19.70 seeds per day) at 56 DAF. At the same time, the highest germination of swallow-wort seeds was 97% at temperature of approximately 30°C. Fitting the segmented model to the germination rate data, the minimum, optimum and maximum germination temperature of mature seeds were 18.1, 32.6, and 57°C, respectively. Seeds from fruit at 28 and 42 DAF required higher temperature to germination that showed decreasing trend with increasing the days from formation to complete ripened fruit. Based on the results of this study, it is necessary to plan to use different control methods such as removal of the above ground organs as a management strategy and up to the second week after swallow-wort fruiting, to prevent seeds production with germination ability.
Keywords: Cardinal temperature, germination rate, perennial weed, seed maturity, segmented model.

* Corresponding author E-mail moveisi@ut.ac.ir

مقدمه

کاتوس یا علف خرس (*Cynanchum acutum* L.)، علف‌هرزی متعلق به تیره استبرق[۱] و زیر تیره سینانکوئیده[۲]است. بیشتر گونه‌های این تیره در مناطق گرمسیری جهان رشد می‌کنند. جنس سینانکوم در جهان دارای بیش از ٦۰ گونه است که اغلب آن‌ها در آمریکا و آمریکای جنوبی پراکنده می‌باشند (Chittendon *et al.*, 2000; Pandey, 2004). گونه‌های این جنس دارای توانمندی‌هایی از جمله قدرت رقابت بالا برای کسب انرژی خورشید، سایه‌اندازی، و قابلیت دگرآسیبی هستند (Lawlor, 2003). کاتوس گیاهی علفی، چندساله، پیچنده، و برخوردار از ریشه‌هایی قوی و ساقه‌ای بالا رونده است که توسط بذر و جوانه‌های روی ریشه تولید نسل می‌کند و تکثیر می‌یابد (Soteres & Murray, 1982). اولین بار وجود کاتوس از دشت مغان گزارش شد و به خسارت آن به‌عنوان یکی از علف‌های‌هرز مزارع گندم، جو و پنبه اشاره شده است و به‌دنبال آن، حضور این گونه از دیگر مناطق کشور مانند استان‌های گلستان، گیلان، آذربایجان، اصفهان، یزد، خوزستان، سیستان و بلوچستان، خراسان، تهران و قزوین گزارش شد. به احتمال فراوان این علف‌هرز از مرزهای شمالی ایران (کشورهایی مانند اوکراین وآذربایجان) وارد ایران شده است. با توجه به توانایی جابجایی بذرهای کاتوس از طریق باد و آب، به‌نظر می‌رسد عامل اصلی پراکنش، و آلودگی سریع این علف‌هرز در کشور، بذر باشد (Mighani *et al.*, 2015).

یکی از اهداف اولیه مدیریت علف‌های‌هرز، جلوگیری از گسترش آن‌ها به‌وسیله مهار تولید و پراکندگی بذر می‌باشد تا فشار علف‌های‌هرز در فصل‌های رشد آینده کاهش یابد. بسیاری از گونه‌های‌هرز، به تولید تعداد زیاد بذر سازگار شده‌اند که رهایی تعداد اندکی از آن‌ها از مهار، می‌تواند به مشکلات ناشی از حضور علف‌های‌هرز اضافه نمایند (Blubaugh *et al.*, 2016). در مدیریت علف‌های‌هرز، قطع اندام‌های گیاه با استفاده از موور، دیسک و غیره، یک روش پیشنهادی برای مهار برخی از آن‌ها پیش از تولید بذر می‌باشد، با وجود این، همچنان ورود بذرهای زیستا به بانک بذر خاک مشاهده می‌شود (Singh *et al.*, 2006). بنابراین اطلاع از زیست‌شناسی علف‌های‌هرز، کلید توسعه برنامه‌های مبارزه موفق است. زمان‌بندی مناسب برای اثربخشی اکثر گزینه‌های مبارزه مانند روش قطع، و آتش زدن، برای به حداقل رساندن تولید بذر، بسیار اهمیت دارد (Thomsen *et al.* 1994). گاهی بذرهای نارس روی گیاه مادری، پس از قطع کردن نیز به پس‌رسی ادامه می‌دهند و به بلوغ می‌رسند. با توجه به این مهم، زیستایی و جوانه‌زنی بذر تعدادی از گونه‌های‌هرز پس از قطع اندام‌های زایشی آن‌ها، توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (Hay *et al.*, 1997; Martinkova & Honěk, 2010; Kordbacheh, *et al.*, 2014; Milakovic *et al.*, 2016; Lommen *et al.*, 2018).

برای دست‌یابی به بهترین زمان مهار علف‌های‌هرز، تعیین مرحله‌ای از رشد که طی آن قطع اندام‌های هوایی موجب جلوگیری از بلوغ بذر روی گیاه می‌شود، ضروری است (Liebman & Gallanth, 1997). در بعضی گونه‌ها، فرآیندهای دوره بلوغ بذر منجر به کسب توانایی جوانه‌زنی، بسیار پیشتر از بلوغ فیزیولوژیک می‌شود (Samarah *et al.*, 2003). با وجودی که بذرهای نابالغ می‌توانند نقش مهمی در غلبه بر خواب پوسته سخت ایفا نمایند، اطلاعات

[۱] Asclepiadaceae
[۲] Cynanchoideae

اندکی درباره تأثیر مرحله بلوغ بر جوانه‌زنی بذر گزارش شده است (Roh *et al.*, 2004; Yogeesha *et al.*, 2005).

بررسی کردبچه و همکاران (Kordbacheh, *et al.*, 2014) در مورد تأثیر روش‌ها و زمان‌های مختلف قطع اندام‌ها بر زیستایی بذر علف‌هرز گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medic.)، نشان داد که در تمام این روش‌ها، زیستایی بذر با افزایش سن (با گذشت روزهای پس از گل‌دهی) بیشتر شد به طوری‌که زیستایی اولیه و کامل به‌ترتیب در کپسول‌هایی به رنگ سبز روشن و سبز مایل به زرد مشاهده شد. بنابراین لازم است که قطع گاوپنبه در مزرعه، ۱۱ روز پس از گل‌دهی صورت گیرد تا از ورود بذر زیستا به بانک بذر خاک جلوگیری شود. میلاکوویچ و همکاران (Milakovic *et al.*, 2016)، اثر چهار زمان مختلف قطع (پیش و پس از تشکیل) گل‌آذین علف‌هرز آمبروزیا (*Ambrosia artemisiifolia* L.) را بر جوانه‌زنی و بانک بذر خاک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان بانک بذر خاک در سال ۲۰۱۲ برای تیمار شاهد (بدون قطع)، به سه برابر میزان آن پیش از انجام آزمایش در سال ۲۰۰۹ رسید. میزان بانک بذر در تیمار دو نوبت قطع در ماه اوت و سپتامبر، تیمار سه نوبت قطع در ماه ژوئن، جولای، و سپتامبر و تیمار سه نوبت قطع در ماه ژوئن، اوت و سپتامبر در سال ۲۰۱۲، به‌ترتیب تا ۸۰، ٦۰ و ٤٥ درصد نسبت به سال ۲۰۰۹ با کاهش همراه شد. بنابراین عملیات قطع می‌تواند به‌عنوان یک روش مبارزه پایدار و سازگار با محیط در نظر گرفته شود. لومن و همکاران (Lommen *et al.*, 2018) نیز در بررسی خود دریافتند که عمل قطع در زمان‌های مختلف می‌تواند موجب کاهش نرخ رشد جمعیت اصلی در مقایسه با شاهد (بدون قطع)، از طریق کاهش ارتفاع گیاه و زیستایی بذرهای علف‌هرز آمبروزیا شود به‌طوری‌که قطع در ماه اوت، کلید زمانی مبارزه با این علف‌هرز در جلوگیری از تولید بذر و افزایش جمعیت آن است. این پژوهشگرها بیان داشتند که علاوه بر تکرار عمل قطع، تعیین زمان قطع نیز از اهمیت برخوردار است. قطع علف‌هرز سلمه‌تره در پنج تاریخ مختلف (سه، ۱۳، ۲۳، ۳۳ و ٤۳ روز پس از گل‌دهی) نشان داد که بذرهای تولید شده این علف‌هرز در ۱۳ روز پس از گل‌دهی، دارای زیستایی کمتری نسبت به دیگر مراحل رشد بود و در ۲۳ روز پس از گل‌دهی به بیشترین مقدار خود رسید (Kordbacheh, *et al.*, 2013). در یک پژوهش دیگر، اثر کپسول‌های جدا شده بر ویژگی‌های کیفی بذر گل انگشتانه (*Digitalis purpurea* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داده شد که بذرهای حاصل از کپسول‌های جدا شده، توانایی جوانه‌زنی در هنگام برداشت را دارند. در نتیجه، جداسازی کپسول‌های در حال توسعه این گیاه باید تا ۲۰ روز پیش از آن صورت پذیرد (Hay *et al.*, 1997). نتایج یک مطالعه نشان داد که بذرهای آماده برای پراکنش گونه‌ای قاصدک (*Taraxacum officinale* agg.)، از توانایی جوانه‌زنی همزمان برخوردارند؛ اگرچه پیش از آن به‌تقریب زنده هستند. میانگین جوانه‌زنی بذرهای در حال رسیدن، و به طور کامل رسیده‌ی این گونه، به‌ترتیب برابر ١٦ و ٩٤ درصد به‌دست آمد (Martinkova & Honěk, 2010). جولی و همکاران (Joley *et al.*, 1992)، در بررسی‌های خود روی علف‌هرز گل‌گندم (*Centaurea solstitialis* L.)، به یک افزایش قابل توجه در میزان جوانه‌زنی بذرها، از ٦٧ تا ٩٨ درصد یک ماه پس از برداشت فندقه‌های دفن شده در عمق پنج سانتی‌متر یا نگهداری شده در شرایط آزمایشگاهی

اشاره کردند و بیان کردند که این گونه ممکن است دارای یک دوره پس‌رسی باشد. با این وجود بنفیلد و همکاران (Benefield *et al.*, 2001) در تحقیقات خود نشان دادند که بذرهای حاصل از فندقه‌های جدا شده از علف‌هرز گل‌گندم، از مکانیسم خواب یا یک دوره‌ی پس‌رسی قابل توجه اکولوژیکی برخوردار نیستند و اشاره می‌کنند که برای جلوگیری از تولید بذر، توجه به زمان‌بندی عملیات مبارزه طی آغاز مرحله گل‌دهی بسیار مهم خواهد بود. اسمیت و همکاران (Smith *et al.*, 2014)، با بررسی بذر هفت‌بند (*Polygonum perfoliatum* L. H. Gross) نشان دادند که در ابتدای تولید بذر در اواسط ماه اوت، ۳۵ درصد از بذرهای حاصل از میوه‌های نابالغ، زنده بودند و در اواخر ماه سپتامبر، به بیشترین مقدار خود یعنی ۸٤ درصد رسید. بنابراین مبارزه فیزیکی و شیمیایی باید پیش از آن‌که هر گونه میوه نابالغ سبز رنگ تولید شود، صورت گیرد و نباید تنها به پیش از ظهور میوه بالغ محدود شود. نتایج یک پژوهش در خصوص گیاه خون‌فام (*Lythrum salicaria* L.) نیز نشان داد که اولین ظهور بذرهای قابل جوانه‌زنی در گل‌آذین‌های تازه برداشت شده، در اوایل ماه اوت یعنی ۲۷ روز پس از گرده افشانی رخ داد. این زمان به‌عنوان یک نقطه قابل اطمینان جهت انجام قطع مؤثر در نظر گرفته می‌شود (Klips & Peñalosa, 2003). بررسی اسبروسی و همکاران (Sbrussi *et al.*, 2014) در مورد اثر قطع در پنج مرحله مختلف از رشد و نمو میوه بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی بذر گونه‌ای از عروسک پشت پرده (*Physalis peruviana* L.) نشان داد که بیشترین میزان جوانه‌زنی (۸۹٪)، طی ٤۰ روز پس از میوه‌دهی (در حالتی که میوه و کالیکس به‌ترتیب به رنگ سبز روشن و سبز بودند) به‌دست آمد. یافته‌های گریستا و همکاران (Gresta *et al.*, 2007) در مورد بذر سه گونه یونجه (*Medicago* spp.) نشان داد که میزان جوانه‌زنی در بذرهای نابالغ دارای پوسته، در اندک زمانی پس از برداشت (۳۰ روز پس از گرده افشانی) و در دمای ۱۰ درجه سلسیوس به ۹۰ درصد رسید.

عوامل گوناگون محیطی مانند نور و دما بر فرآیند جوانه‌زنی و خواب بذر تأثیر می‌گذارند (Meyer & Allen, 2009). دما همچنین بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای بدون خواب اثر گذار است (Kebreab & Murdoch, 2000). سه دمای اصلی برای پاسخ بذر به دما عبارتند از دمای کمینه (پایه)، و بیشینه (سقف) که به‌ترتیب در دماهای پایین‌تر، و بالاتر از آن‌ها، عمل جوانه‌زنی متوقف می‌شود و در دمای بهینه (مطلوب) که در آن، مراحل جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان ممکن رخ می‌دهد، و سرعت جوانه‌زنی در بیشترین میزان خود است (Alvarado & Bradford, 2002). سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما تا دمای مطلوب جوانه‌زنی، افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد (Akram Ghaderi, 2008). تأثیر دماهای ثابت و متناوب بر جوانه‌زنی بذر علف‌های‌هرز نیز متفاوت است. برای نمونه، بذر علف‌هرز *Scoparia dulcis*، در روشنایی و دمای متناوب، سریع‌تر از دماهای ثابت، جوانه‌زنی داشت (Jain & Singh, 1989). این در حالی است که بذر کهورک (*Prosopis farcta* L.) در دمای ثابت، جوانه‌زنی بهتری از دمای متناوب داشت (Ghaffarri *et al.*, 2015). با وجود این، نوسانات دمایی، تغییری در افزایش جوانه‌زنی بذر کاتوس ایجاد نکرد (Pahlevani *et al.*, 2007).

انواعی از توابع ریاضی برای به‌دست آوردن دماهای اصلی و بیان رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Shafii & Price, 2001; Jame & Cutforth, 2004; Hardegree, 2006; Soltani *et*

al., 2006) توابعی از جمله دوتکه‌ای، بتا و دندان‌مانند برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها نسبت به دما مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Soltani *et al.*, 2006; Akram-Ghaderi, 2008; Soltani *et al.*, 2008; Kamkar *et al.*, 2012). مهار موفقیت آمیز یک گونه می‌تواند با شناخت و پاسخ آن به عوامل محیطی مرتبط باشد. از آن‌جا که علف‌هرز کاتوس در سال‌های اخیر در مزارع نیشکر به‌صورت تهاجمی ظاهر شده است، ضرورت دارد با توجه به شرایط کشت نیشکر، جنبه‌های زیستی آن مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر زمان‌های مختلف قطع میوه بر جوانه‌زنی بذر، و نیز تعیین دوره‌ی بهینه قطع میوه به‌منظور جلوگیری از پراکنش بذرهای دارای توانایی جوانه‌زنی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه بخش علف‌های‌هرز موسسه تحقیقات و آموزش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی، در سال ۱۳۹۶ به اجرا درآمد.

جمع‌آوری بذر

برای جمع‌آوری بذرها از هنگام تشکیل اولیه میوه تا رسیدگی کامل آن، چهار وضعیت ظاهری بر اساس تغییر رنگ میوه و بذر به‌ترتیب به‌صورت سبز تیره و سبز روشن مایل به زرد، سبز مایل به زرد و زرد روشن، زرد مایل به قهوه‌ای و قهوه‌ای روشن و قهوه‌ای و قهوه‌ای تیره در نظر گرفته شد. ارزیابی‌ها در پنج نوبت با جمع‌آوری بذرها از مزرعه در تاریخ پنجم آبان ماه ۱۳۹٦، یعنی ١٤ روز پس از تشکیل میوه کاتوس (نوبت اول قطع) شروع شد و این روند هر دو هفته یک بار، تا رسیدگی کامل میوه (میوه شکاف‌دار و آماده پراکنش) در دوم دی ماه همان سال، یعنی ۷۰ روز پس از میوه‌دهی (نوبت پنجم قطع) ادامه یافت. میوه‌ها از محل اتصال دمگل روی بوته جدا شدند و پس از قرارگیری درون پاکت‌های کاغذی، به آزمایشگاه منتقل شدند. مشخصات محل جمع‌آوری میوه‌ها در زمان‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ – مشخصات آب و هوایی و جغرافیایی محل جمع‌آوری علف‌هرز کاتوس (*Cynanchum acutum* L.) در زمان‌های مختلف برداشت میوه.

Table 1. Environmental and geographic characteristics of the locations, where *Cynanchum acutum* L. seeds were collected at different times of fruits harvesting.

Location	Date of fruit Harvesting	Mean temperature (˚c)	Amount of precipitation (mm)	Latitude	Longitude	Elevation (m)
Salman Farsi Agro-industry Co.	Oct 27, 2017	26.8	0	59´07˝N°30	26´19˝E°48	7
	Nov 11, 2017	22.4	0			
	Nov 25, 2017	13.8	1			
	Dec 09, 2017	11.5	7.1			
	Dec 23, 2017	16.3	0			

آزمایش بذر

ابتدا میوه‌های جمع‌آوری شده در شرایط محیط طبیعی، در آزمایشگاه از پاکت خارج و بذرها از میوه جدا شدند. در هر نوبت، بذرها در پنج سطح دمایی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤٠ و ۵۰ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی مداوم مورد آزمایش قرار گرفتند. پیش از آزمایش، کاغذهای واتمن به‌عنوان بستر بذر در اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت دو ساعت استریل شدند. ابتدا بذرها به مدت دو دقیقه با هیپوکلریت سدیم پنج درصد ضد عفونی و سپس به مدت سه دقیق با آب مقطر شست و شو شدند (Baziar *et al.*, 2015; Mousavi *et al.*, 2017). تعداد

۲۵ بذر (اکوتیپ منطقه) در هر پتری‌دیش با قطر نه سانتی‌متر، روی دو لایه کاغذ صافی قرار داده شد و پنج میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. برای جلوگیری از تبخیر و کاهش رطوبت، دور پتری‌دیش‌ها به‌وسیله پارافیلم مسدود شد و سپس به ژرمیناتور انتقال داده شدند (Ahmadvand *et al.*, 2018). در طول مدت آزمایش و در صورت نیاز، به پتری‌دیش‌ها مقداری آب افزوده می‌شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده بعد از ۲٤ ساعت به‌صورت روزانه آغاز شد و تا ۱٤ روز ادامه یافت. معیار بذر جوانه زده، مشاهده ریشه‌چه به اندازه بیش از دو میلی‌متر بود (Battla *et al.*, 2009). برای جلوگیری از آلودگی میکروبی، بذور جوانه زده از پتری‌دیش‌ها خارج شدند. پیش از اجرای آزمایش، کلیه ژرمیناتورها کالیبره شدند و طی دوره آزمایش، نوسان دمایی دستگاه‌ها در بازه‌ی ۱± درجه سلسیوس بود.

تجزیه داده‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دما (۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درجه سلسیوس) و زمان قطع میوه (در پنج نوبت از هنگام تشکیل اولیه میوه تا رسیدگی کامل آن) بودند. تجزیه واریانس داده‌ها (ANOVA) با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد صورت گرفت. پس از اتمام آزمایش، ویژگی‌هایی همچون درصد جوانه‌زنی، و سرعت جوانه‌زنی تعیین شدند. درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ بدست آمد (Camberato & Mccarty, 1999):

$$GP = \Sigma n / N \times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، N: تعداد بذر کشت شده و n: بذرهای جوانه زده می‌باشد. همچنین سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب از رابطه ۲ و ۳ محاسبه شد (Maguire, 1962):

$$GR = \sum_{i=1}^{n} \frac{ni}{di} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، N: تعداد کل بذرهای کشت شده، ni: بذرهای جوانه زده در هر شمارش و di: تعداد روز تا شمارش iام می‌باشد. برای توصیف بیشینه سرعت جوانه‌زنی بذرها در برابر زمان، از مدل گوسین سه پارامتره (Boyd *et al*., 2006; Hosseini *et al*., 2011; Farzan *et al*., 2016; Mousavi *et al*., 2017) استفاده شد (رابطه ۳):

$$GR = a*\exp(-0.5*((x-x_{GR})/b)^2 \qquad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن: GR: سرعت جوانه‌زنی نهایی، a: مجانب بالای منحنی یا بیشینه سرعت جوانه‌زنی، X: زمان (زمان قطع)، X_{GR}: زمانی که طی آن بیشینه سرعت جوانه‌زنی به‌دست می‌آید و b: شیب منحنی در نقطه X_{50} می‌باشد. برای بررسی روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی بذرها نسبت به سطوح مختلف دمایی در هر یک از زمان‌های متفاوت قطع میوه کاتوس، از مدل خطوط متقاطع[1] یا دو تکه‌ای[2] استفاده شد (رابطه ٤) (Soltani *et al*. 2006).

$$f(T) = (T - Tb)/(To - Tb) \text{ if } Tb < T \leq To \qquad \text{رابطه (٤)}$$
$$f(T) = 1- (T - To) /(Tc - To) \text{ If } To < T \leq Tc$$
$$f(T) = 0 \text{ if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

در این رابطه، T: دمای محیط (دمای مورد آزمایش)، T_b: دمای کمینه، T_o: دمای بهینه و T_c: دمای بیشینه است. برازش مدل‌ها توسط نرم افزار سیگماپلات ۱۲ (Sigma Plot 12) صورت گرفت و بخش زیرین منحنی دو تکه‌ای به مفهوم سطح خواب و جوانه‌زنی بذر در نظر گرفته شد (Soltani *et al.*, 2006). برای دستیابی به تخمینی از انتگرال زیر منحنی، از ضریب

[1] Intersected lines Model (ISL)
[2] Segmented

جوانه‌زنی[1](شاخص بیداری)[2]با استفاده از رابطه زیر استفاده شد (Baziar *et al.*, 2015):

$$GC(AI) = (T_c - T_b) \times R_{max\ (T_O)} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن، GC: ضریب جوانه‌زنی، شاخصی برای جوانه‌زنی در دامنه دمایی بررسی شده، T_c: دمای بیشینه، T_b: دمای کمینه و R_{max}: بیشینه سرعت جوانه‌زنی در دمای بهینه (T_o) می‌باشد. ارزیابی برازش مدل توسط شاخص میانگین مربعات ریشه‌ی خطا[3] (RMSE) و ضریب تبیین یا دقت اندازه گیری[4](R^2 adj) رابطه‌های ٦، و ٧ استفاده شد:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Pi-Oi)^2}}{n} \qquad \text{رابطه (٦)}$$

$$R^2adj = 1 - \frac{\sum(O_i-P_i)^2}{\sum(O_i-\bar{Q})^2} \qquad \text{رابطه (٧)}$$

که در این دو معادله، Oi و Pi: به‌ترتیب مقادیر اندازه گیری شده و پیش‌بینی شده و $\bar{Q}$: میانگین مشاهدات می‌باشد. هر چه RMSE کوچکتر و R^2 adj به یک نزدیک‌تر باشد، نشانگر دقت بیشتر آزمایش می‌باشد.

نتایج و بحث

تأثیر مراحل رسیدگی میوه روی گیاه مادری بر قابلیت جوانه‌زنی بذر

نتایج حاصل از آزمایش بذرهای مربوط به نوبت اول قطع (١٤ روز پس از میوه‌دهی) که طی آن پوشش خارجی میوه دارای رنگ سبز تیره و خارج نمودن بذر نیازمند ایجاد شکاف در میوه بود، نشان داد که هیچ یک از بذرهای کاتوس، قابلیت جوانه‌زنی در سطوح دمایی مورد آزمایش از خود نشان ندادند. نتایج یک پژوهش نشان داد که بذرهای گاوپنبه حاصل از اولین مرحله رسیدگی، برابر با دو تا شش روز پس از گل‌دهی، فاقد جوانه‌زنی بودند و زیستایی در مرحله دوم رسیدگی یعنی ٧ تا ١٣ روز پس از گل‌دهی مشاهده شد (Kordbacheh *et al.*, 2013). همچنین زیستایی بذرهای گل انگشتانه تا ٢٠ روز پس از گل‌دهی مشاهده نشد (Hay *et al.*, 1997). اعمال عملیات قطع، زیستایی گل‌ها و بذرهای نارس را کاهش می‌دهد که این تغییر در رسیدگی بذر را می‌توان به معنی تغییر در کیفیت بذر در نظر گرفت (Lommen *et al.*, 2018). در نوبت دوم قطع میوه (نزدیک به ٣٠ روز پس از میوه‌دهی)، پوشش میوه و بذر به رنگ زرد تغییر کرد. در چنین شرایطی برای اولین بار، قابلیت جوانه‌زنی (در سطوح تحت آزمایش ٣٠ درجه سلسیوس به بالا) در بذرهای کاتوس مشاهده شد، گرچه میانگین کل جوانه‌زنی، کم (حدود ٧٪) بود. اسبروسی و همکاران (Sbrussi *et al.*, 2014) دریافتند که بذرهای نابالغ گونه‌ای عروسک پشت‌پرده (*Physalis peruviana* L.)، جوانه‌زنی داشتند، گرچه میزان آن به اندازه بذرهایی که به‌صورت فیزیولوژیکی رسیدند نبود. ٤٢ روز پس از میوه‌دهی و پس از آن که با تغییر رنگ میوه و بذر به قهوه‌ای همراه شد، جوانه‌زنی روندی افزایشی داشت به‌طوری که در ٥٦ و ٧٠ روز پس از تشکیل میوه، به بیشترین میزان خود رسید. نتایج یک بررسی در مورد اثر تغییرات مرحله رشد و نمو بر کیفیت بذر گونه‌ای شبدر *Trifolium ambiguum* M.Bieb. نشان داد که توانایی جوانه‌زنی، ابتدا در ٢٢ روز پس از گرده افشانی مشاهده شد و در ٢٨ روز پس از گرده افشانی، بیشتر بذرها قادر به جوانه‌زنی بودند اما توانایی همه بذرها برای جوانه‌زنی تا ٤٢ روز پس از گرده افشانی مشاهده نشد (Hay *et al.*, 2010). به‌طور نظری این امکان وجود دارد که درصد بذرهای قابل جوانه‌زنی

[1] Germination Coefficient
[2] Awakeness Index
[3] Root Mean of Squares of Error
[4] Coefficient of determination

در طی دوره رسیدگی افزایش یابد و هنگامی که بذرها به وزن خشک نهایی خود دست می‌یابند، به بیشترین میزان خود برسد. این امر تنها در گونه‌هایی که خواب در آن‌ها وجود ندارد اتفاق می‌افتد. همچنین تغییر رنگ یا دیگر تغییرات ظاهری در بذر یا ساختار میوه می‌تواند یک شاخص عالی ریختی از رسیدگی فیزیولوژیک باشد. برای نمونه، این نوع رسیدگی به‌میزان زیادی با رنگ زرد در میوه زردآلوی گرمسیری (*Dovyalis caffra* L.) همراه بود (Bareke, 2018).

تأثیر دما بر جوانه‌زنی بذر

اثر سطوح مختلف دما و زمان قطع میوه و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر جوانه‌زنی بذرهای کاتوس در سطح یک درصد معنی‌دار بود (نتایج تجزیه واریانس ارائه نشده است).ارزیابی بذرهای کاتوس بلافاصله پس از هر نوبت قطع میوه، برای سطوح دمایی آزمایش انجام شد و دماهای اصلی (کاردینال) کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی محاسبه و تعیین شدند. نتایج نشان داد که بذرهای جمع‌آوری شده ١٤ روز پس از میوه‌دهی، در هیچیک از سطوح دمایی مورد آزمایش، دارای قابلیت جوانه‌زنی نبودند (جدول ۲). نتایج یک بررسی نشان داد که هیچ‌گونه جوانه‌زنی در قطع زود هنگام میوه *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench تا ۱۲ روز پس از گل‌دهی صورت نگرفت و تنها پس از این مرحله بود که جوانه‌زنی شروع شد. جوانه‌زنی ضعیف بذرهای حاصل از قطع زود هنگام میوه می‌تواند ناشی از نسبت بیشتر بذرهای نابالغ نسبت به بالغ باشد، چرا که بذرها، زیستایی و بنیه خود را هنگامی کسب می‌کنند که توسعه و تسهیم مناسب جنین و آندوسپرم (٢٦ روز پس از گل‌دهی) پایان یافته باشد (Barnwal *et al.*, 2017). از این‌رو این احتمال وجود دارد که بذرهای کاتوس طی این مدت، به‌دلیل آن‌که جنین در وضعیت نارس قرار داشته است و برای بالغ شدن نیازمند زمان بیشتری می‌باشد، از قابلیت جوانه‌زنی برخوردار نباشند.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده مدل دو تکه‌ای برازش داده شده به داده‌های دمای کاردینال بذرهای کاتوس (*Cynanchum acutum*) در نوبت‌های مختلف قطع (روزهای پس از میوه‌دهی).

Table 2. Estimated parameters of segmented model fitted to cardinal temperature data of Swallow wort (*Cynanchum acutum*) seeds at different cutting time (days after fruiting).

Cutting Time (Days after fruiting)	Tb*±SE	To** ± SE	Tc***± SE	Rmax****±SE	RMSE	R^2 (adj.)
14	-	-	-	-	-	-
28	24.54±0.008	42.0±0.01	53.16±0.01	0.38±0.01	0.05	0.86
42	23.50±0.17	31.32±0.34	55.8±2.14	5.44±0.4	0.56	0.92
56	18.11±0.86	32.58±1.03	57.00±2.23	19.67±1.25	1.95	0.90
70	18.71±0.80	34.68±0.90	55.77±1.57	13.16±0.66	1.17	0.93

*: دمای کمینه، **: دمای بهینه، ***: دمای بیشینه، ****: حداکثر سرعت جوانه‌زنی

*Minimum temperature, **Optimum temperature, ***Maximum temperature, ****Maximum germination rate.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقادیر دماهای کمینه و بهینه برای جوانه‌زنی بذر در زمان‌های مختلف قطع میوه، نسبت به دمای بیشینه، نوسانات بیشتری داشته است. این روند طی ۲۸ و ٤۲ روز پس از تشکیل میوه (به‌ترتیب نوبت دوم و سوم قطع میوه) در مقایسه با دیگر نوبت‌های قطع چشمگیرتر است. جوانه‌زنی بذر کاتوس از ۲۸ روز پس از میوه‌دهی مشاهده شد و تا آخرین نوبت برداشت، یعنی ۷۰ روز پس از میوه‌دهی ادامه داشت. ارزیابی دماهای اصلی نشان می‌دهد که با افزایش زمان پس از میوه‌دهی تا رسیدگی کامل میوه، دمای کمینه مورد نیاز جوانه‌زنی به‌تدریج روند کاهشی داشته است به‌طوری که در ٤۲ و ۷۰ روز پس از میوه‌دهی به‌ترتیب از ۲۳٫۵ به ۱۸٫۷ درجه سلسیوس رسید (جدول ۲). به نظر می‌رسد با

گذشت زمان از شروع تشکیل میوه به بعد، واکنش به دمای محیط در بذر برای دمای کمینه روند کاهشی می‌یابد و به دمای پایه واقعی خود نزدیک می‌شود. این روند در خصوص دمای بهینه جوانه‌زنی نیز مشاهده شد، به‌طوری که با رسیدگی تدریجی میوه، رو به کاهش گذاشت و در برداشت نهایی یعنی ۷۰ روز پس از میوه‌دهی، دمای بهینه به ۳۵ درجه سلسیوس نزدیک شد (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهند که بذرهای کاتوس از نزدیک به روز ۲۸ پس از میوه‌دهی که در این هنگام دارای ظاهری نارس بود، قابلیت جوانه‌زنی داشتند، گرچه نیازمند دمای کمینه و بهینه بالاتری نسبت به دوره پس از رسیدگی میوه و بذر کامل رسیده، بودند. بررسی بذرهای نابالغ برداشت شده یونجه (*Medicago orbicularis*) نشان داد که دارای میزان جوانه‌زنی به نسبت بالایی (۶۵ درصد) بین دمای پنج تا ۱۵ درجه سلسیوس بودند (Gresta *et al*., 2007).

حداکثر سرعت جوانه‌زنی (R_{max}) بذرهای برداشت شده در ۲۸ روز پس از میوه‌دهی، از سایر تیمارها کمتر بود و با افزایش دوره رسیدگی میوه، این روند افزایش نشان داد، به‌طوری که ۷۰ روز پس از میوه‌دهی، به بیشترین مقدار خود رسید (جدول ۲). میانگین کل درصد جوانه‌زنی بذرها برای ۲۸ روز پس از میوه‌دهی، ۷٫۳ درصد به‌دست آمد. بالاترین میانگین جوانه‌زنی در این روز در دمای ۴۰ درجه سلسیوس رخ داد و برابر با ۱۳ درصد بود. بر اساس خروجی مدل دو تکه‌ای، دمای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی بذرهای برداشت شده در ۲۸ روز پس از میوه‌دهی به‌ترتیب برابر ۲۴٫۵، ۴۲، و ۵۳٫۲ درجه سلسیوس تعیین شد (جدول ۲). میانگین کل درصد جوانه‌زنی برای ۴۲ روز پس از میوه‌دهی برابر ۴۰ درصد بود و بیشترین میانگین جوانه‌زنی با ۵۲ درصد، در دمای ۴۰ درجه سلسیوس حاصل به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرها در نوبت سوم قطع همانند نوبت دوم، در دمای بالاتر و در محدوده دمای ۴۰ درجه سلسیوس صورت گرفت. بر اساس این مدل، دمای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی برای بذرهای برداشت شده در ۴۲ روز پس از میوه‌دهی، به‌ترتیب برابر با ۲۳٫۵، ۳۱٫۳، و ۵۵٫۸ درجه سلسیوس به‌دست آمد (جدول ۲).

با افزایش مدت زمان پس از تشکیل میوه، بذرها قابلیت بیشتری برای جوانه‌زنی در دمای بهینه پایین‌تر نشان دادند، به‌طوری که میانگین درصد جوانه‌زنی کل در ۵۶ روز پس از میوه‌دهی، ۶۹ درصد و بیشترین میانگین جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، ۹۷ درصد بود. بر این اساس و در نوبت چهارم قطع میوه، بذر برای رسیدن به بیشترین درصد جوانه‌زنی، به دمای محیطی کمتری نیاز داشت و در محدوده دمای ۳۰ درجه سلسیوس به آن دست پیدا کرد. به‌طور کلی، جوانه‌زنی در دماهای بالا باعث می‌شود تا علف‌های‌هرز از اثر علف‌کش‌های پیش‌رویشی در اوایل بهار، در امان بمانند (Pahlavani *et al*., 2007).

بر اساس خروجی مدل، دمای کمینه، بهینه، و بیشینه جوانه‌زنی بذرهای برداشت شده در ۵۶ روز پس از میوه‌دهی به‌ترتیب برابر با ۱۸٫۱، ۳۲٫۶ و ۵۷ درجه سلسیوس به‌دست آمد (جدول ۲). نوبت پنجم برداشت میوه با باز شدن شکاف روی آن همزمان بود، به‌طوری که بذرها قادر بودند که باجریان باد در محیط منتشر شوند. میانگین کل درصد جوانه‌زنی در ۷۰ روز پس از میوه‌دهی، ۵۹٫۵ درصد و بیشترین میانگین جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سلسیوس، ۸۷ درصد بود. البته میانگین بیشترین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی نسبت به نوبت برداشت قبلی، تا حدودی با کاهش همراه شد (نتایج نشان داده نشده است). نتایج

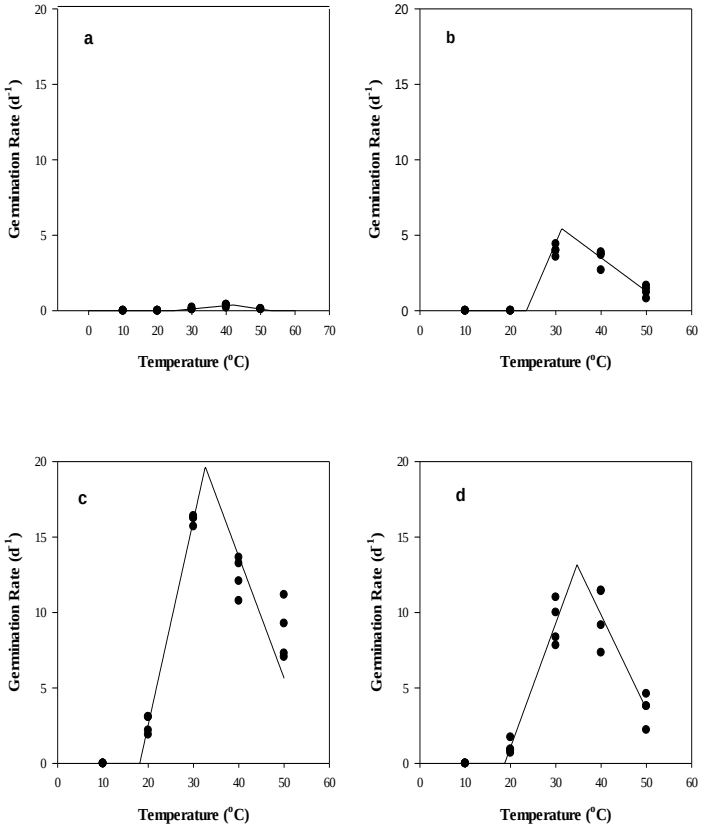
یک پژوهش در خصوص گل انگشتانه (*Digitalis purpurea*) نشان داد که حداکثر جوانه‌زنی بذرها، ۳۲ روز پس از گل‌دهی به‌دست آمد. با افزایش زمان قطع میوه پس از شروع گل‌دهی، میزان جوانه‌زنی افزایش یافت، به‌طوری که ۲۸ روز پس از گل‌دهی، به ۸٤ درصد رسید. در نتیجه، جداسازی کپسول‌های در حال توسعه از محل اتصال به ساقه گل دهنده و نگهداری آن‌ها تحت شرایط برابر با کپسول‌های باقی مانده روی بوته مادری، منجر به توسعه قابلیت جوانه‌زنی، مقاومت به پسابش، و طول عمر، با وجود توقف تجمع ماده خشک در بذر شد (Hay *et al*., 1997).

ارزیابی شرایط آب و هوایی محل جمع‌آوری بذر نشان می‌دهد که ویژگی‌های آب و هوایی و به‌خصوص دمای محیط طی نوبت‌های مختلف قطع میوه، با برخی تغییرات همراه بود (جدول ۱). گزارشات مختلف نشان داده است که اثرات محیطی القا شده به گیاه مادری می‌تواند بر بذرهایی که در فصول مختلف بالغ و رسیده‌اند اثر گذرد، به‌صورتی که نیازهای دمایی و نوری متفاوتی در طی جوانه‌زنی داشته باشند (El-Keblawy, 2017)؛ ممکن است که این نوسانات دمایی بر جوانه‌زنی بذرهای کاتوس تأثیر گذار بوده باشند. بر اساس خروجی مدل دو تکه‌ای، دمای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی بذرهای برداشت شده در ۷۰ روز پس از میوه‌دهی، به ترتیب ۱۸٫۷، ۳٤٫۷، و ۵۵٫۸ درجه سلسیوس بود (جدول ۲).

همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، بذرهای کاتوس از هنگام تشکیل تا رسیدگی کامل میوه قادر به جوانه‌زنی در درجه حرارت ۱۰ درجه سلسیوس نیستند (شکل ۱، a, b, c و d). نتایج پژوهش پهلوانی و همکاران (Pahlavani *et al*., 2008) در مورد بذر کاتوس و در دمای ثابت نشان داد که بذرها، خواب ذاتی ندارند؛ با وجود این، در دماهای ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس، جوانه نمی‌زند و کمینه دمای ۱۷ درجه سلسیوس برای جوانه‌زنی بذر کاتوس لازم است. آزمایش‌ها نشان داده است که دمای کمینه جوانه‌زنی *Asclepias syriaca*، ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس است. همچنین بذر *Ampelamus albidus* پس از برداشت خواب ندارد و دمای کمینه و بهینه برای جوانه‌زنی بذر آن، به‌ترتیب ۱۵ و ۳۰ درجه سلسیوس است (Pahlavani *et al*., 2007). داده‌های سرعت جوانه‌زنی بذرهای کاتوس به‌خوبی با استفاده از مدل دو تکه‌ای برازش یافت و دماهای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی در هر یک از نوبت‌های قطع میوه کاتوس به‌دست آمد. جوانه‌زنی علف‌هرز شاهی خاکستری (*Cardaria draba* L.) توسط میرطاهری (Mirtaheri, 2015) و با استفاده از مدل‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی این گیاه نیز همانند اغلب علف‌های‌هرز، از مدل مثلثی (دو تکه‌ای) پیروی می‌کند. بر اساس برآورد مدل دو تکه‌ای، ۲۸ روز پس از میوه‌دهی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای نزدیک به ٤۲ درجه سلسیوس و برابر با ۰٫۳۸ بذر در روز بود (جدول ۲).

با افزایش دما در محدوده ۲۵ تا ٤۲ درجه سلسیوس، سرعت جوانه‌زنی به‌صورت خطی افزایش و پس از آن با کاهش همراه شد، به‌طوری که در دمای ۵۳٫۲ درجه سلسیوس به صفر رسید (شکل 1a). در ٤۲ روز پس از میوه‌دهی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی برابر با ۵٫٤۲ بذر در روز و در دمای ۳۱٫٤ درجه سلسیوس بود. با افزایش دما، سرعت جوانه‌زنی به‌صورت خطی در محدوده ۲۳٫٦ تا ۳۱٫٤ افزایش و از آن پس کاهش نشان داد (شکل 1b). با ادامه ارزیابی بذرها در نوبت چهارم برداشت یعنی ۵٦ روز پس از میوه‌دهی، مشاهده شد که دمای کاردینال پایه (کمینه) برای جوانه‌زنی کاهش یافت و به نزدیک ۱۸ درجه

سلسیوس رسید. بر اساس خروجی مدل دو تکه‌ای، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در این زمان با افزایش همراه شد و به ۱۹٫٦ بذر در روز در دمای ۳۲٫۷ درجه سلسیوس رسید. سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما در محدوده ۱۸٫۱ تا ۳۲٫۷ درجه سلسیوس، به‌صورت خطی افزایش و پس از آن با کاهش همراه شد (شکل 1c). ارزیابی وضعیت جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده در نوبت آخر قطع میوه، یعنی ۷۰ روز پس از میوه‌دهی که همزمان با باز شدن تدریجی غلاف‌های حاوی بذرهای رسیده روی گیاه مادر و آمادگی بذرها برای پراکنش بود، نشان داد که دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذرها، نزدیک به ۳۵ درجه سلسیوس بود. بر اساس این مدل، بیشترین سرعت جوانه‌زنی ۱۳٫۲ بذر در روز و در دمای ۳٤٫۷ درجه سلسیوس بود. سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما در محدوده ۱۸٫۷ تا ۳٤٫۷ درجه سلسیوس به‌صورت خطی افزایش و پس از آن تا دمای ۵۵٫۸ درجه سلسیوس با کاهش همراه شد (شکل 1d).



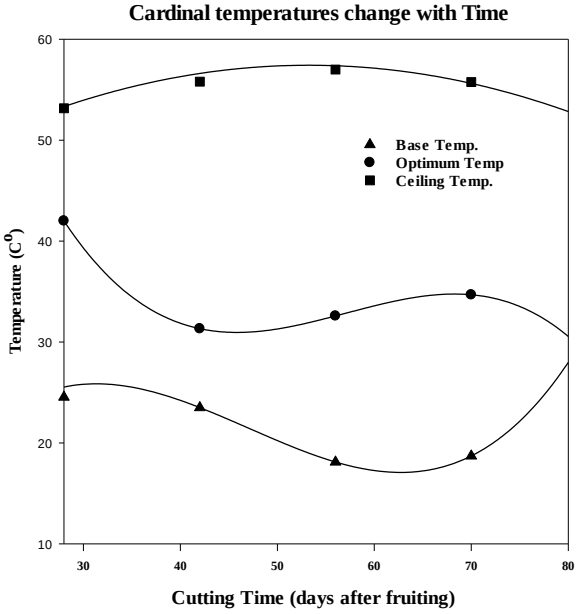
شکل ۱- معادله دو تکه‌ای برازش داده شده به روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی بذر کاتوس (*Cynanchum acutum*)، تحت تأثیر سطوح مختلف دما در زمان‌های متفاوت قطع پس از تشکیل میوه؛ a) روز ۲۸ ، b) روز ٤۲، c) روز ٥٦، d) ۷۰ روز.

Figure 1. Segmented model fitted to germination rate changes of wallow-wort (*Cynanchum acutum*) seeds under different temperature levels at different fruit cutting days ; a)28, b)42, c)56 and d)70 days.

تغییرات دماهای اصلی جوانه‌زنی بذر کاتوس تحت تأثیر زمان متفاوت قطع میوه

روند تغییرات دماهای اصلی کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی بذور کاتوس تحت تأثیر زمان‌های متفاوت برداشت میوه در شکل ۲ نشان داده شده است. با گذشت مدت زمان نزدیک به ۳۰ روز پس از تشکیل میوه روی بوته‌های مادری، بذرهای کاتوس قابلیت جوانه‌زنی را پیدا کردند، گرچه برای جوانه‌زنی به دمای کمینه نزدیک به ۲۵ درجه سلسیوس نیاز بود. با طی شدن مراحل رسیدگی و بلوغ بیشتر بذرها که

به‌طور کلی با کاهش میزان رطوبت در بذرها همراه است، روند کاهش دمای پایه ادامه یافت و به نزدیک ۱۸ درجه سلسیوس رسید. ارزیابی جوانه‌زنی در نوبت‌های مختلف قطع تا رسیدگی کامل بذرها در نزدیکی ۷۰ روز پس از تشکیل میوه نشان می‌دهد که دمای بهینه برای جوانه‌زنی بذرهای کاتوس در محدوده ۳۰ درجه سلسیوس بود. داده‌های هواشناسی در طی مدت تشکیل تا رسیدگی میوه و بذر کاتوس نشان می‌دهد که دمای میانگین محیط به‌طور پیوسته با کاهش همراه بوده است (جدول ۱). این امر ممکن است بر دماهای کاردینال، به‌خصوص دمای بهینه جوانه‌زنی تأثیر گذارد، به‌طوری‌که تحت چنین شرایطی، بذرها نیازمند برخورداری از دامنه درجه حرارت بالاتر برای رسیدن به جوانه‌زنی مطلوب باشند.

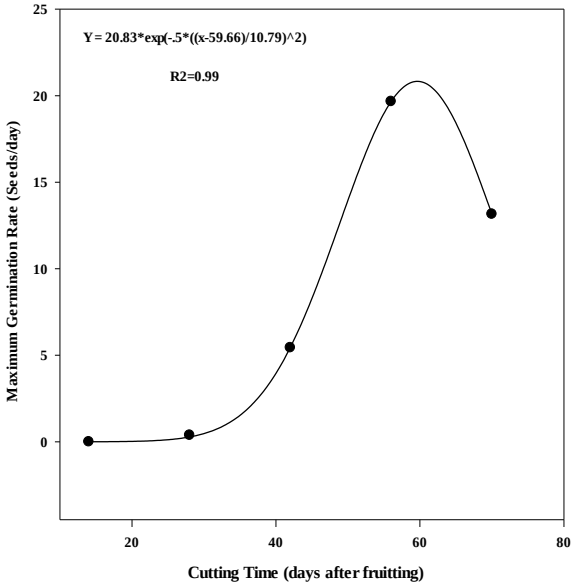


شکل ۲- اثر زمان قطع میوه بر دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذور علف‌هرز کاتوس (*Cynanchum acutum*)

Figure 2. Effect of fruit cutting time on cardinal temperatures of swallow-wort (*Cynanchum acutum*) seeds germination.

تغییرات سرعت جوانه‌زنی بذر در زمان‌های مختلف قطع میوه

شکل ۳ روند تغییرات حداکثر سرعت جوانه‌زنی (R_{max}) بذرهای کاتوس با گذشت زمان، از زمان تشکیل میوه تا رسیدگی کامل آن را نشان می‌دهد. بر این اساس، با افزایش تعداد روزهای پس از تشکیل میوه، R_{max} به‌تدریج رو به فزونی گذاشت و نزدیک به ٦۰ روز پس از تشکیل میوه (نوبت چهارم قطع)، به بیشترین میزان خود رسید. حداکثر سرعت جوانه‌زنی بذر در ۷۰ روز پس از تشکیل میوه نسبت به ٥٦ روز پس از تشکیل آن، تا حدودی با کاهش همراه بود. به نظر می‌رسد که شرایط محیطی، کمی پیش از آن‌که میوه به‌طور کامل رسیده باشد و آماده پراکنش بذرها شود، بر جوانه‌زنی و پویایی بذر کاتوس تأثیر گذار بوده است. بر اساس تابع گوسین سه پارامتره برازش داده شده به داده‌ها، حداکثر سرعت جوانه‌زنی، ۲۲٫٦ بذر در روز بود که ۵۱ روز پس از میوه‌دهی به‌دست آمد (شکل۳).

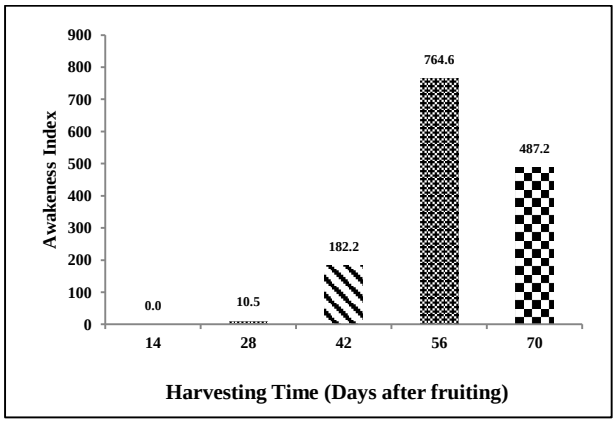


شکل ۳- اثر زمان برداشت بر تغییرات حداکثر سرعت جوانه‌زنی(Rmax) بذرهای علف‌هرز کاتوس (*Cynanchum acutum*).

Figure 3. Effect of cutting time on the changes of maximum germination rate (Rmax) of swallow-wort (*Cynanchum acutum* L.) seeds.

ارزیابی شاخص بیداری

شاخص بیداری نشان داد که با افزایش زمان پس از میوه‌دهی کاتوس، سطح جوانه‌زنی برای بذرها در سطوح دمایی مورد آزمایش افزایش یافت به‌طوری‌که در دامنه وسیع‌تری از دما قابلیت جوانه‌زنی داشتند (شکل ٤).



شکل ٤- اثر زمان برداشت (روزهای پس از تشکیل میوه) بر شاخص بیداری بذرهای علف‌هرز کاتوس (*Cynanchum acutum*).
DAF: روزهای پس از برداشت

Figure 4. Effect of harvesting time on awakeness index of swallow-wort (*Cynanchum acutum*) seeds. DAF= days after fruiting

بر این اساس، بیشترین شاخص بیداری برای بذور کاتوس، ٥٦ و ۷۰ روز پس از میوه‌دهی (به‌طوری که با قطع در نوبت‌های دوم و سوم، اختلاف قابل توجهی داشت) به‌دست آمد (شکل ٤). میزان شاخص بیداری برای قطع در ۷۰ روز پس از میوه‌دهی نسبت به بذرهای حاصل از میوه‌های قطع شده در ٥٦ روز پس از میوه‌دهی، با کاهش (نزدیک به ٣٦ درصد) همراه شد. این تفاوت در شاخص بیداری می‌تواند ناشی از

تأثیر شرایط محیطی و نوسانات درجه حرارت بر میوه و بذر، در فاصله بین نوبت‌های قطع روی گیاه مادری (جدول۱) بوده باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، بذرهای کاتوس طی دو تا سه هفته‌ی اول پس از تشکیل میوه، قابلیت جوانه‌زنی نداشتند، اما اولین نشانه‌های جوانه‌زنی در بذرها، به‌تدریج از این مرحله به بعد مشاهده شد. رنگ پوشش بیرونی میوه و بذرهای درون آن در این مرحله، به‌ترتیب سبز تیره و سبز روشن مایل به زرد است. با افزایش مدت زمان پس از تشکیل میوه که با تغییر رنگ تدریجی پوشش ظاهری میوه و بذر کاتوس همراه بود، ویژگی‌های مورد ارزیابی جوانه‌زنی بذرها فزونی یافت و در مراحل پایانی رسیدگی که همراه با باز شدن شکاف میوه، آزاد شدن بذرها و قابلیت پراکنش آن‌ها در محیط بود، به بیشترین میزان خود رسید. این زمان، مصادف با اوایل دی ماه در مناطق نیشکرکاری خوزستان می‌باشد. علف‌هرز کاتوس از اوایل شهریورماه به‌تدریج وارد مرحله گل‌دهی می‌شود. بذرهای کاتوس حاصل از میوه‌هایی که در طی مهرماه تا اوایل آبان ماه تشکیل می‌شوند، دارای قابلیت جوانه‌زنی است. با توجه به این‌که میانگین درجه حرارت محیط در منطقه طی ماه‌های مهر و آبان، به‌ترتیب به ۲٦ و ۲۲ درجه سلسیوس می‌رسد و بر مبنای نتایج این پژوهش، قطع اندام‌های هوایی کاتوس باید تا پیش از هفته دوم پس از تشکیل میوه صورت گیرد و از طرفی تحت شرایط آب و هوایی مناطق زیر کشت نیشکر در خوزستان، در اواسط فصل بهار، میانگین دمای روزانه به حدود ۳۰ درجه سلسیوس می‌رسد، این امر می‌تواند در افزایش جوانه‌زنی بذر کاتوس و ایجاد آلودگی‌های جدید در مزارع داشت نیشکر مؤثر واقع شود. تعیین دمای بهینه جوانه‌زنی بذر می‌تواند در تشخیص زمان بکارگیری روش‌های مبارزه (شیمیایی یا مکانیکی) متناسب با شرایط مزارع نیشکر برای مهار کاتوس نقش مهمی داشته باشد. زمان استفاده از گزینه قطع اندام‌های (هوایی یا زیرزمینی) علف‌هرز نیز از مواردی است که لازم است به آن توجه کافی شود. بنابراین باید با قطع بوته‌های کاتوس، از پراکنش و یا ورود بذرهای زیستا به بانک بذر خاک جلوگیری شود. همچنین کاهش بانک بذر خاک سبب می‌شود تا با افزایش دمای محیط به بالای ۲۰ درجه سلسیوس از اوایل فروردین ماه، میزان بذر کمتری برای جوانه‌زنی، رشد و استقرار اولیه گیاهچه‌های ناشی از رویش بذر کاتوس در مزارع نیشکر وجود داشته باشد. بنابراین بکارگیری روش‌های مختلف مبارزه به‌منظور جلوگیری از ورود این علف‌هرز به مناطق غیرآلوده و یا گسترش بیشتر آن، دارای اهمیت بسیار است و می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریتی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Ahmadvand, G., Dehghan Banadaki, M. Alimoradi, J. Goudarzi, S. and Ardalani, S. 2018. Reaction of Germination and Seedling Growth of Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) to Salinity and Drought Stress. Iranian J. of Seed Res. 4(2): 23-35. (In Persian with English summary).

Akram-Ghaderi, F. 2008. The study of seed quality development, germination, longevity and deterioration in some medicinal plants: medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo. Convar*. var. *styriaca*), cumin blank (*Nigella sativa* L.) and borago (*Borago officinalis* L.). Ph.D. Thesis, Gorgon University of Agricultural Science and Natural Resources 180 Pp. (In Persian).

Alvarado, V. and Bradford, K.J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant Cell Environ. 25: 1061-1069.

Bareke, T. 2018. Biology of seed development and germination physiology. Adv Plants Agric Res. 8(4): 336-346.

Barnwal, A.K., Pal, A.K., Tiwari, A., Pal, S. and Singh, A.K. 2017. Effect of picking stages on fruit and seed development in Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), cultivars Kashi Pragati and Kashi Kranti. Int. J. Agric. Environ. and Biotech. 10(6): 695-701.

Batlla, D., Grundy, A., Dent, K.C., Clay, H.A., and Finch-Savage, W.E. (2009). A quantitative analysis of temperature-dependent dormancy changes in *Polygonum aviculare* seeds. Weed Res. 49(4): 428-438.

Baziar, S., Vazan, S. Najafe, H. and Oveisi, M. 2015. Changes in seed dormancy in soil after seed rain of *Datura stramonium*. Iranian J. Weed Sci. 10(2): 167-175. (In Persian with English summary).

Benefield, C.B., DiTomaso, J.M., Kyser, G.B. and Tschohl, A. 2001. Reproductive biology of yellow starthistle: maximizing late-season control. Weed Sci. 49(1): 83-90.

Blubaugh, C.K. and Kaplan, I. 2016. Invertebrate seed predators reduce weed emergence following seed rain. Weed Sci. 64: 80–86.

Boyd, N.S. and Brennan, E.B. 2006. Burning nettle, common purslane, and rye response to a clove oil herbicide. Weed Technol. 20: 646–650.

Camberato, J. and Mccarty, B. 1999. Irrigation water quality, part I. salinity, South Carolina Turfgrass Foundation New, 6(2): 6-8.

Chittendon, F.V., Komarov, L. and Gery-Wilson, C. 2000. Plants for a future. http://www.pfaf.org.

El-Keblawy, A., Shabana, H.A., Navarro, T. and Soliman, S. 2017. Effect of maturation time on dormancy and germination of *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) seeds from the Arabian hyper-arid deserts. BMC plant biol. 17(1): 263-272

Farzan, S., Yaghoubi, B., Asghari, J., Rabiee, B. and Mohammadvand, E. 2016. Effects of flooding and application time of thiobencarb herbicide efficacy in paddy rice. Elect. J. Plant Prod. 8(4): 1-23 (In Persian with English summary).

Ghaffarri, R., Meighani, F. and Salimi, H. 2015. Germination ecophysiolology of mesquite weed (*Prosopis farcta* L.). J. Nova Biol. Rep. 1: 23-33.

Gresta, F., Avola, G., Anastasi, U. and Miano, V. 2007. Effect of maturation stage, storage time and temperature on seed germination of Medicago species. Seed Sci. Technol. 35: 698-708.

Hardegree, S.P. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and subpopulation-specific regression. Ann. Bot. 97: 1115–1125.

Hay, F.R., Probert, R.J. and Coomber, S.A. 1997. Development of desiccation tolerance and longevity in seeds from detached capsules of foxglove (*Digitalis purpurea* L.). Ann. Bot. 79(4): 419-427.

Hay, F.R., Smith, R.D. Ellis, R.H. and Butler, L.H. 2010. Developmental changes in the germinability, desiccation tolerance, hardseededness, and longevity of individual seeds of *Trifolium ambiguum*. Ann. Bot. 105(6): 1035-1052.

Hosseini, P., Rahimian Mashhadi, H. and Alizadeh, H. 2011. Competition of red root pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with two soybean (*Glysine max*) cultivars under sole and intercropping systems 2- Light absorption, soybean growth indices. Iranian J. Weed Sci. 10: 25-35. (In Persian with English summary).

Jame, Y.W. and Cutforth, H.W. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. Agric. For. Meteorol. 124: 207-218.

Jain, R. and Singh, M. 1989. Factors affecting goatweed (*Scoparia dulcis*) seed germination. Weed Sci. 37:766-770.

Joley, D.B., Maddox, D.M., Supkoff, D.M., and Mayfield, A. 1992. Dynamics of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) achenes in field and laboratory. Weed Sci. 40(2): 190-194.

Kamkar, B., Jami Al-Ahmadi, M., Mahdavi-Damghani, A. and Villalobos, F.J. 2012. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds germinate using non-linear regression models. Indust. Crops Product. 35: 192-198. (In Persian with English summary).

Kebreab, E. and Murdoch, A.J. 2000. The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanche aegyptiaca* seeds. Seed Sci. Res. 10: 127–133.

Klips, R.A. and Peñalosa, J. 2003. The timing of seed fall, innate dormancy, and ambient temperature in *Lythrum salicaria*. Aquatic Bot. 75(1): 1-7.

Kordbacheh, F., Rahimian Mashhadi, H., Alizadeh, H., Mohler, C.L., and Di Tommaso, A. 2013. Effects of cutting method and timing on viability of seeds produced by two annual weed species. Proceedings of the 5th Iranian Weed Sci Congress. August 26, Karaj, Iran. (In Persian with English summary).

Kordbacheh, F., Rahimian Mashhadi, H., Alizadeh, H., Oveisi, M. and Tavakol Afshari, R. 2014. Investigating the effect of cutting methods at different developmental stages on seed viability of *Abutilon theophrasti*. Iranian J. Weed Sci. 10(1):47-60. (In Persian with English summary).

Lawlor, F. M. 2003. The swallowworts. N.Y. Forest Owner. 41:14–15.

Liebman, M., Gallandt, E.R. and Jackson, L.E. 1997. Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions. Ecol. agric. 1: 291-343.

Lommen, S.T.E., Jongejans, E., Leitsch-Vitalos, M., Tokarska-Guzik, B., Zalai, M., Müller-Schärer, H. and Karrer, G. 2018. Time to cut: Population models reveal how to mow invasive common ragweed cost-effectively. NeoBiota. 39: 53-78.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. Crop Sci. 2(2):176-177.

Martinkova, Z. and Honěk, A. 2010. Effect of desiccation temperature on viability of immature dandelion (*Taraxacum agg*.) seeds dried in mowed inflorescences. Plant Soil Environ. 56(12): 580-583.

Meyer, S.E. and Allen, P.S. 2009. Predicting seed dormancy loss and germination timing for *Bromus tectorum* in a semi-arid environment using hydrothermal time models. Seed Sci. Res. 19(4): 225-239.

Mighani, F., Najafi, H. and Mirvakili, S.M. 2015. Biology and management of swallow-wort (*Cynanchum acutum*). Iranian Ins. Plant Prot. 28 Pp. (In Persian).

Milakovic, I. and Karrer, G. 2016. The influence of mowing regime on the soil seed bank of the invasive plant *Ambrosia artemisiifolia* L. NeoBiota. 28: 39-49

Mirtaheri, S.M. 2015. Investigation of biology of hoary cress (*Cardaria draba* L) against some edaphic. Iranian J. Weed Res. 7(2):.35-42. (In Persian with English summary).

Mousavi, S.K., Ghanbari, A., Ghorbani, R. and Baghestani Meybodi, A. 2017. The effect of temperature on germination and emergence of wild wheat (*Triticum boeoticum* Boiss) and wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch). Iranian J. Weed Sci. 13(1):11-28. (In Persian with English summary).

Pahlevani, A.H., Maighany, F., Rashed, M.H., Baghestani, M.A., Nassiri, M. and Ale-ebrahim, M.T. 2007. Seed germination behavior of swallow wort (*Cynanchum acutum*). Iranian J. Field Crops Res. 5(1): 47-52. (In Persian with English summary).

Pahlevani, A.H., Rashed, M.H and Ghorbani, R. 2008. Effects of environmental factors on germination and emergence of swallowwort. Weed Technol. 22: 303-308. (In Persian with English summary).

Pandey, B.P. 2004. A Text Book of Botany Angiosperms (texonomy, anatomy, embryology including tissue culture and economic botany) published by S. Chand & Company Ltd. Pp.212-214.

Roh, M.S., Bentz, J., Wang, P., Li, E. and Koshioka, M. 2004. Maturity and temperature stratification affect the germination of *Styrax japonicus* seeds. J. Hortic. Sci Biotec. 79: 645-651.

Samarah, N.H., Allataifeh, N., Turk, M.A. and Tawaha, A.M. 2003. Effect of maturity stage on germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). New Zealand J. Agric. Res. 46: 347-354.

Sbrussi, C.A.G., Zucareli, C., Prando, A.M. and Silva, B.V.D.A.B. 2014. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. Revista Ciência Agronômica. 45(3):543-549.

Shafii, B. and Price, W. J. 2001. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. J. Agric. Biol. Environ. Statis. 6: 356-366. (In Persian with English summary).

Singh, H.P., Batish, D.R. and Kohli, R. K. 2006. Handbook of Sustainable Weed Management. Haworth Press. Inc. 892 Pp.

Smith, J.R., Hough-Goldstein, J. and Lake, E.C. 2014. Variable Seed Viability of Mile-a- Minute Weed (Devil's Tearthumb, *Persicaria perfoliata*). Invasive Plant Sci. Manag. 7(1):107-112.

Soltani, A.M., Robertson, J. Trabi, B. Yousefi, M. and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea (*Cicer arietinum*) as affected by temperature and sowing depth. Agric. Forest Meteorol. 138: 156- 67.

Soltani, E., Akramghaderi, F. and Soltani, A. 2008. Applications of germination modeling on the response to temperature and water potential in seed science research. 1st Seed Sci. and Technol. 13 and 14 Nov. Gorgan, Iran. (In Persian with English summary).

Soteres, J.K. and Murray, D.S. 1982. Root distribution and reproductive biology of Honeyvine milkweed (*Cynanchum laeve*). Weed Sci. 30: 158-163.

Thomsen, C.D., Vayssieres, M. and Williams, W.A. 1994. Grazing and mowing management of yellow starthistle. Proc. Calif. Weed Conf. 46:228–230.

Yogeesha, H.S., Shivananda, T.N. and Bhanuprakash, K. 2005. Effect of seed maturity, seed moisture and various pre-treatments on seed germination of annatto (*Bixa Orellana* L.). Seed Sci. Technol. 33: 97-104.