



دانشگاه گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶

<http://jopp.gau.ac.ir>

مطالعه واکنش جوانه‌زنی بذر گیاه فراموش‌شده منداب (*Eruca sativa* Mill.) به برخی عوامل محیطی

بتول نژادحسن^۱، ابراهیم زینلی^۲، *آسیه سیاهمرگویی^۳، فرشید قادری‌فر^۲ و الیاس سلطانی^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳استادیار گروه زراعت، دانشگاه تهران (پردیس ابوریحان) طبیعی گرگان، ^۴استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۵استادیار گروه زراعت، دانشگاه تهران (پردیس ابوریحان)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲

چکیده

سابقه و هدف: منداب (*Eruca sativa* Mill.) گیاهی یک‌ساله از خانواده Brassicaceae است که در محدوده وسیعی از بلوچستان تا کناره‌های دریای خزر می‌روید. اگرچه این گیاه در بعضی مناطق به‌عنوان یک علف‌هرز شناخته شده، ولی به‌دلیل کاربردهای گوناگون مانند استفاده‌های مختلف دارویی و علوفه‌ای و همچنین داشتن صفات با ارزش مانند رشد رویشی سریع، مقاومت عالی در برابر تنش زنده و غیرزنده و تنوع ژنتیکی به‌ویژه در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اهمیت مرحله جوانه‌زنی در موفقیت استقرار، دستیابی به تراکم مطلوب بوته و نقش عوامل محیطی بر آن، این آزمایش با هدف بررسی دما، پتانسیل آب، شوری، pH و عمق کاشت بر جوانه‌زنی و سبزشدن بذور منداب پاییزه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. آزمایش‌های اولیه نشان داد که بذور جمع‌آوری شده فاقد رکود بودند. به‌منظور بررسی اثر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر منداب، بذرها در انکوباتور در دماهای ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۳۸ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. تأثیر سطوح مختلف پتانسیل آب (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶- مگاپاسکال)، شوری (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ میلی‌مولار) و اسیدیته (۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹) در دمای مطلوب جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه و تأثیر عمق کاشت (۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ سانتی‌متر) بر سبزشدن منداب در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: جوانه‌زنی منداب در محدوده وسیعی از دماها اتفاق افتاد و دمای مطلوب جوانه‌زنی این گیاه ۳۰ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. نتایج نشان داد منداب از توانایی بالایی در تحمل پتانسیل آب و شوری برخوردار است. تنش خشکی و شوری که باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی این گیاه شد، به‌ترتیب ۱۳/۳۶- بار و ۲۶۷/۵۳ میلی‌مولار بود. حداکثر درصد جوانه‌زنی در محدوده اسیدیته ۷ به‌میزان ۹۸ درصد مشاهده شد و در اسیدیته‌های بالاتر و پایین‌تر از ۷، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: بیش‌ترین درصد سبزشدن (۹۵ درصد) در عمق ۲ سانتی‌متر مشاهده شد و با افزایش عمق کاشت از مقدار آن کاسته شد. به‌طورکلی نتایج بررسی حاضر نشان داد منداب پاییزه به سطوح مختلف دمای جوانه‌زنی، پتانسیل آب، شوری، اسیدیته و عمق کاشت واکنش نشان می‌دهد و از این پارامترها و روابط به‌دست آمده می‌توان برای پیش‌بینی زمان تا جوانه‌زنی و یا سبزشدن منداب در شرایط نرمال استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، براسیکاسه، جوانه‌زنی، خشکی، سبزشدن، شوری، عمق کاشت

* مسئول مکاتبه: siahmarguee@gau.ac.ir

مقدمه

نوسانات جوانه‌زنی تحت‌تأثیر عوامل محیطی از نظر بوم‌شناسی و از دیدگاه مدیریت زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است (۳). اثرات شرایط نامطلوب در طول دوره جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد گیاه، نسبت به سایر مراحل رشد مهم‌تر است زیرا این رویداد منجر به استقرار نامناسب و تراکم کم بوته و در نهایت کاهش عملکرد محصول می‌شود (۴ و ۱۱).

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که عوامل محیطی مانند دما، پتانسیل آب، شوری، pH و عمق کاشت بر جوانه‌زنی و سبزشدن بذور تأثیر می‌گذارند (۷، ۹، ۱۹، ۲۱ و ۳۵). سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) اثر دما بر خصوصیات جوانه‌زنی خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند درصد جوانه‌زنی خردل وحشی با افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در محدوده بین ۵۰ تا ۵۶ درصد تغییر داشت، ولی با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی به حدود ۳۳ درصد و در ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ۹ درصد رسید (۳۷). امیدی و همکاران (۲۰۰۹) اثر سطوح مختلف شوری و پتانسیل آب بر خصوصیات جوانه‌زنی کلزا (*Brassica napus* L.) را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد درصد جوانه‌زنی تا سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شاهد (آب‌مقطر) نداشت. آن‌ها نیز گزارش کردند درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب کاهش یافت به طوری‌که در پتانسیل آب ۱۲- مگاپاسکال هیچ بذر جوانه‌زده‌ای مشاهده نشد (۳۰). در بررسی واکنش اجزای جوانه‌زنی بذر به تنش شوری در کلزا، زینلی و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند، درصد جوانه‌زنی تا پتانسیل اسمزی ۰/۴- مگاپاسکال کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد (آب‌مقطر) رخ نداد اما در پتانسیل اسمزی ۰/۸- مگاپاسکال به ۱۹/۶ درصد کاهش یافت (۴۴). جمیل

و همکاران (۲۰۰۵) تحمل به شوری کلزا در مرحله جوانه‌زنی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی کلزا داشت و با افزایش سطوح شوری، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (۱۴). کافی و رحیمی (۲۰۱۰) اثر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی و شورپسند خرفه (*Portulaca oleracea* L.) را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد درصد جوانه‌زنی تا سطح شوری ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با شاهد (آب‌مقطر) نداشت ولی در سطح شوری ۳۵ دسی‌زیمنس بر متر به ۱۹ درصد کاهش یافت (۱۵). برخی از گونه‌های گیاهی به تغییرات pH حساسیت نداشته و pH عامل محدودکننده جوانه‌زنی آن‌ها نمی‌باشد (۳۲) این در حالی است که برخی پژوهش‌گران بیان داشتند تعدادی از گونه‌ها در pH اسیدی (۳۵) و تعدادی از گونه‌ها در pH قلیایی جوانه‌زنی بالایی دارند (۴۳). منان و نگوجیو (۲۰۰۶) در بذر خردل وحشی (*Brassica kaber*) حداکثر درصد سبزشدن (۸۴ درصد) را هنگامی که بذر در عمق سطحی خاک قرار داشت مشاهده کردند و همچنین گزارش نمودند که افزایش عمق کشت سبب کاهش درصد سبزشدن شد به طوری‌که در عمق ۵ سانتی‌متر درصد سبزشدن به ۴۴ درصد رسید (۲۳).

گیاه منداب حاوی مواد مؤثره دارویی ارزشمند بوده و دانه و برگ گیاه منداب در طب سنتی کاربرد زیادی دارند (۳۱). روغن دانه منداب در صنایع غذایی، بهداشتی، دارویی و در صنعت کاربردهای فراوان دارد (۲۶ و ۳۴). منداب از جمله گیاهانی است که پتانسیل بالایی جهت تعلیف دام دارد (۲۵). رشد رویشی بسیار زیاد، سرعت رشد زیاد، مقاومت فوق‌العاده در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده و همچنین تنوع ژنتیکی بالای منداب از دیگر دلایل توجه به این گیاه می‌باشد (۴۰). از آنجایی‌که این گیاه

دماهای ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۳۸ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. به دلیل بالا بودن سرعت جوانه‌زنی این گیاه، در طول آزمایش (۱۰ روز) شمارش بذرهاى جوانه‌زده در چند مرحله در طی هر روز انجام شد. معیار جوانه‌زنی، خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر بود. با استفاده از داده‌های به‌دست آمده منحنی پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان (ساعت) در همه تیمارهای دمایی ترسیم و زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50}) از طریق درون‌یابی برآورد گردید. معکوس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی ($1/D_{50}$) به‌عنوان سرعت جوانه‌زنی در نظر گرفته شد (۳۷). برای کمی‌سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای کاردینال پس از برازش مدل‌های مختلف و ارزیابی آنها، مدل ۵- پارامتره بتای (رابطه ۱) انتخاب و استفاده شد (۳۵).

(۱)

$$f(T) = [(T - T_b / T_o - T_b) * (T_c - T / T_c - T_b)^{(T_c - T_o / T_o - T_b)}]^\alpha / f_0$$

$$\text{if } T > T_b \text{ and } T < T_c$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

که در آن، T دمای متوسط روزانه (دمای آزمایش)، T_b دمای پایه، T_o دمای مطلوب، T_c دمای سقف بر حسب درجه سانتی‌گراد، f_0 حداقل زمان لازم برای جوانه‌زنی در دمای مطلوب و α متغیر شکل برای تابع است که انحنای تابع را تعیین می‌کند.

در این مطالعه اثر شوری و خشکی به روش زیر انجام گردید. برای ایجاد پتانسیل‌های مختلف شوری از NaCl و برای ایجاد پتانسیل‌های مختلف خشکی از پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ (۲۴) و برای شاهد از آب مقطر استفاده شد. سطوح تیمارهای شوری شامل ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰

یک منبع ژنتیکی غنی برای اصلاح دیگر گیاهان تیره شب‌بو به حساب می‌آید، پژوهش روی این گیاه می‌تواند منجر به دست آوردن ارقام بهتر منداب، اصلاح این گیاه، افزایش کیفیت و مقاومت و برتری محیطی گیاهان زراعی نزدیک به آن شود (۱).

علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های ارزشمند و پتانسیل‌های بالای منداب تاکنون مطالعات بسیار اندکی روی ویژگی‌های مختلف این گیاه از جمله بوم‌شناختی، فیزیولوژی، زیستی و اصلاحی آن انجام گرفته است. بنابراین این پژوهش به‌منظور مطالعه واکنش جوانه‌زنی منداب پاییزه به برخی عوامل محیطی در شرایط آزمایشگاه و گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تحقیقات بذر و گلخانه دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. بذرهاى منداب پاییزه در بهار سال ۱۳۹۲، از مزارع شهرستان بافت در استان یزد جمع‌آوری شد. بعد از بررسی‌های اولیه مشخص گردید که بذرهاى جمع‌آوری شده فاقد کمون بودند (جوانه‌زنی ۱۰۰ درصد بود).

به‌منظور بررسی اثر دما بر جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی (شامل دمای پایه، مطلوب و سقف)، از آزمون جوانه‌زنی در پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متر استفاده شد. به این منظور، ابتدا بذور هر یک از تیمارها به‌صورت جداگانه با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس ۲ تا ۳ بار با آب مقطر شسته شدند. آن‌گاه، در ۴ تکرار و در هر تکرار، ۵۰ عدد بذر از هر تیمار روی کاغذ صافی قرار داده شد و پتری‌دیش‌ها به انکوباتور در

گرفت. بدین منظور تعداد ۲۰ عدد بذر در گلدان‌هایی با ارتفاع ۲۰ و دهانه ۱۸ سانتی‌متری در عمق کشت‌های موردنظر کاشته شد. شمارش گیاهچه‌های سبز شده به صورت روزانه انجام شد.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده نیز از نرم‌افزارهای Excel و Sigma plot انجام شد.

نتایج و بحث

بذور منداب در دامنه وسیعی از دماها جوانه زدند. درصد جوانه‌زنی این گیاه در دمای ۲/۵ درجه سانتی‌گراد ۶۵/۵ درصد بود. با افزایش دما به ۵ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی به ۹۵ درصد افزایش یافت. جوانه‌زنی منداب در محدوده دمای ۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بین ۹۵ تا ۱۰۰ درصد بود. اما افزایش دما به ۳۸ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش قابل توجهی در جوانه‌زنی شد و آن را به ۵۹/۵ درصد رساند (شکل ۱). لطیفی و همکاران (۲۰۰۴) دمای پایه و مطلوب برای جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کانولا را به ترتیب ۰ تا ۴ و ۱۶ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. ایشان بیان کردند که دما بر همه اجزای جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری که دماهای کم‌تر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی شدند (۲۲). کاماها و مگویر (۲۰۱۰) دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی در دماهای غیرمطلوب را کاهش و یا ممانعت از فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه کاهش سرعت فرآیندهای زیستی لازم برای جوانه‌زنی در این دماها بیان نمودند (۱۷).

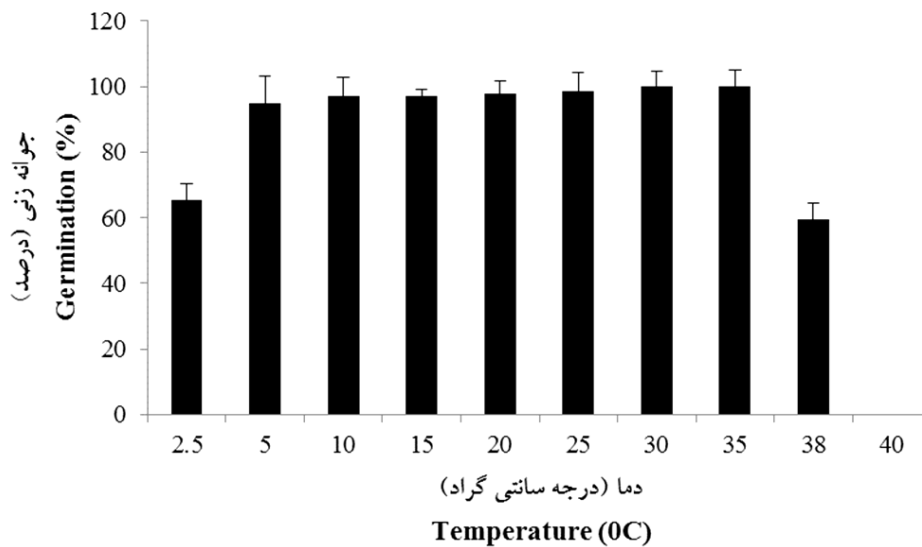
میلی‌مولار و سطوح تیمارهای خشکی شامل ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴ و ۱/۶ - مگاپاسکال بودند. ۴ تکرار ۵۰ بذر برای هر تیمار روی کاغذ صافی درون پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد (دمای مطلوب به دست آمده از آزمایش اول) قرار داده شدند. شمارش تعداد بذور جوانه‌زده طی چند نوبت در هر روز انجام شد و شمارش تا زمانی ادامه یافت که جوانه‌زنی به مدت ۳ روز متوالی متوقف ماند.

به منظور ارزیابی پتانسیل آب و شوری در کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر منداب، از مدل لجستیک سه پارامتری استفاده شد (رابطه ۲).

$$Y = G_{\max} / [1 + (X/X_{50})^b] \quad (2)$$

که در آن، Y درصد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت پلی‌اتیلن گلیکول یا نمک کلرید سدیم، G_{\max} حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_{50} غلظت نمک یا پتانسیل آب لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی و b نشانگر شیب کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش غلظت نمک یا کاهش پتانسیل آب می‌باشد (۷).

به منظور مطالعه اثرات pH بر جوانه‌زنی از روش ارائه شده توسط سوسکو و حسین (۲۰۰۸) استفاده شد (۳۸). در این روش، pH های ۳، ۴، ۵ و ۶ با استفاده از فتالات هیدروژن پتاسیم ۰/۱ مولار و محلول‌های با pH ۷، ۸ و ۹ به وسیله بوراکس ۲۵ میلی‌مولار آماده شدند. برای تنظیم pH های موردنظر بافرها، محلول‌های ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید و هیدروکلریک اسید مورد استفاده قرار گرفت. همچنین تأثیر چهار عمق کاشت ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ سانتی‌متر بر سبز شدن منداب مورد بررسی قرار

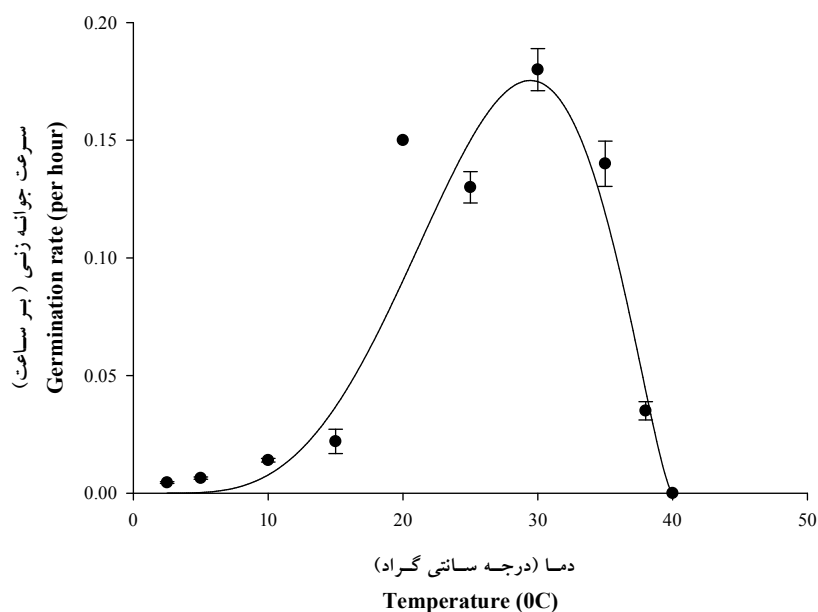


شکل ۱- حداکثر درصد جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*) در دماهای مختلف.

Figure 1. Maximum of germination percent of arugula (*Eruca sativa*) in different temperature.

تا ۲۰/۰۱ تا ۱۰/۹۴ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب از ۲۰/۰۱ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد و دمای سقف از ۳۶ تا ۳۷/۱۹ درجه سانتی‌گراد برای ارقام مختلف کلزای مورد ارزیابی در نوسان بود (۱۲). سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی خردل وحشی را با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی بتا تعیین نمودند (۳۷). نام‌برندگان دماهای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی را به ترتیب ۰/۲، ۲۲ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد برآورد نمودند. فولادی و همکاران (۲۰۱۵) دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) برای جوانه‌زنی خورجینک شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) را به ترتیب ۰/۷، ۳۵/۸ و ۴۵/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند (۸).

برای توصیف تغییرات سرعت جوانه‌زنی در برابر دما از مدل ۵- پارامتره بتای استفاده شد (شکل ۲). بر اساس این مدل دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای جوانه‌زنی بذر منداب به ترتیب ۰/۵۰، ۳۰/۵۵ و ۴۰/۰۰ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید. از این‌رو سایر آزمایش‌های انجام‌شده (به‌جز تأثیر عمق کاشت بر سبزشدن بذر منداب) در این دما مورد بررسی قرار گرفتند. تاکنون آزمایش‌های مختلفی در مورد تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بر روی گیاهان خانواده براسیکاسه انجام است. از جمله جعفری و همکاران (۲۰۱۱) دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی سه رقم کلزا (بدون گلبرگ، RGS003 و Syn3) را مورد مطالعه قرار دادند، دمای پایه از ۷/۸۹

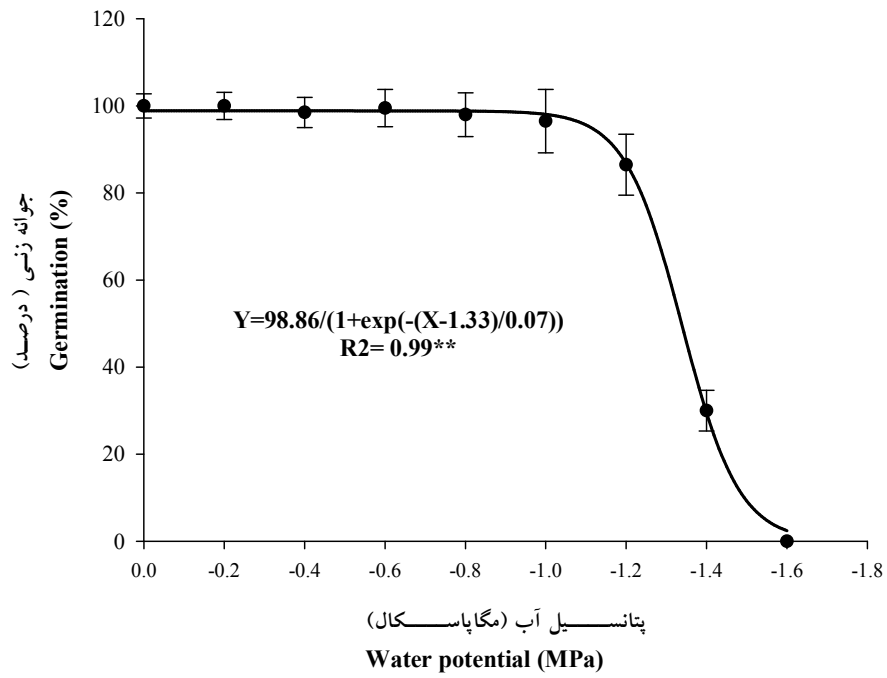


شکل ۲- اثر دما بر سرعت جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*) با استفاده از مدل بتای اصلی.
* سرعت جوانه‌زنی مشاهده‌شده در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در برازش مدل مورد استفاده قرار نگرفته است.

Figure 2. Effect of temperature on germination rate of arugula (*Eruca sativa*) by the original beta model (Germination rate that observed in 20 °C, is not used to fitting the graph).

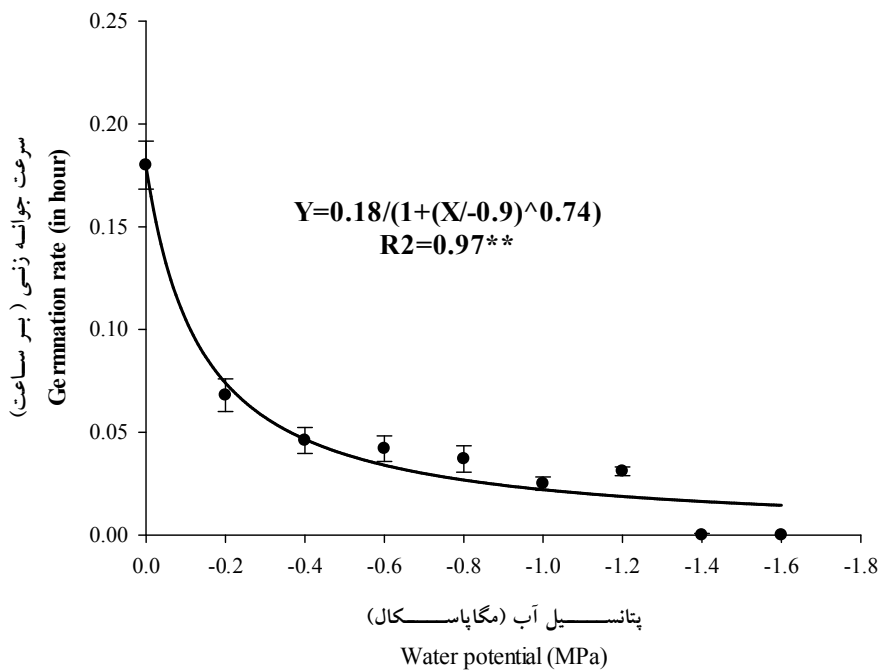
برای توصیف تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی منداب در برابر پتانسیل‌های مختلف آب از مدل لجستیک سه‌پارامتره استفاده شد (شکل‌های ۳ و ۴). نتایج نشان داد که منداب توانایی قابل‌توجهی در تحمل پتانسیل‌های پایین آب دارد. در این گیاه پتانسیل آب $-۱/۳۳$ مگاپاسکال باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی گردید. بر خلاف درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی این گیاه به پتانسیل‌های پایین آب حساس بود. سرعت جوانه‌زنی منداب در پتانسیل صفر معادل $۰/۱۸$ بذر در ساعت بود، اما پتانسیل آب به‌میزان $-۰/۹$ بار باعث کاهش ۵۰ درصدی سرعت جوانه‌زنی گردید. جماعتی سومارین و ذبیحی محمدیاری (۲۰۱۰) درصد جوانه‌زنی در کلزا (*Brassica napus*) را در پتانسیل‌های آب صفر، -۳ ، $-۴/۵$ ، -۶ و -۹ بار به‌ترتیب ۹۷، ۹۲، ۹۱/۵۵، ۹۵/۲ و ۶۹/۷۷ درصد گزارش کردند (۱۳). سلیمی (۲۰۱۱) در بررسی اثر پتانسیل اسمزی آب بر جوانه‌زنی خردل وحشی

(*Sinapis arvensis*) گزارش نمود؛ که بذور مورد بررسی در پتانسیل اسمزی صفر جوانه‌زنی بیشتری دارا بودند و با کاهش پتانسیل اسمزی آب، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (۳۳). یانگ و کوزنز (۱۹۹۹) پس از بررسی اثر سطوح خشکی بر جوانه‌زنی ترب وحشی (*Raphanus Raphanistrum*) گزارش نمودند؛ با کاهش پتانسیل آب از $-۰/۲$ به $-۰/۴$ مگاپاسکال درصد جوانه‌زنی از ۶۶ درصد به $۴۴/۸$ درصد کاهش یافت و در پتانسیل آب $-۰/۸$ مگاپاسکال به $۲/۴$ درصد رسید (۴۳). قادری‌فر و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی واکنش ۹ رقم شبدر زیرزمینی به تنش خشکی دریافتند که با افزایش تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و در پتانسیل خشکی -۸ بار جوانه‌زنی در همه ارقام به صفر رسید (۹). نام‌بردگان دریافتند که حساسیت سرعت جوانه‌زنی به تغییرات خشکی بیش‌تر از درصد جوانه‌زنی بود.



شکل ۳- حداکثر درصد جوانه‌زنی بذر منداب (*Eruca sativa*) در پتانسیل‌های مختلف آب.

Figure 3. Maximum of germination percent of arugula (*Eruca sativa*) in different water potential.

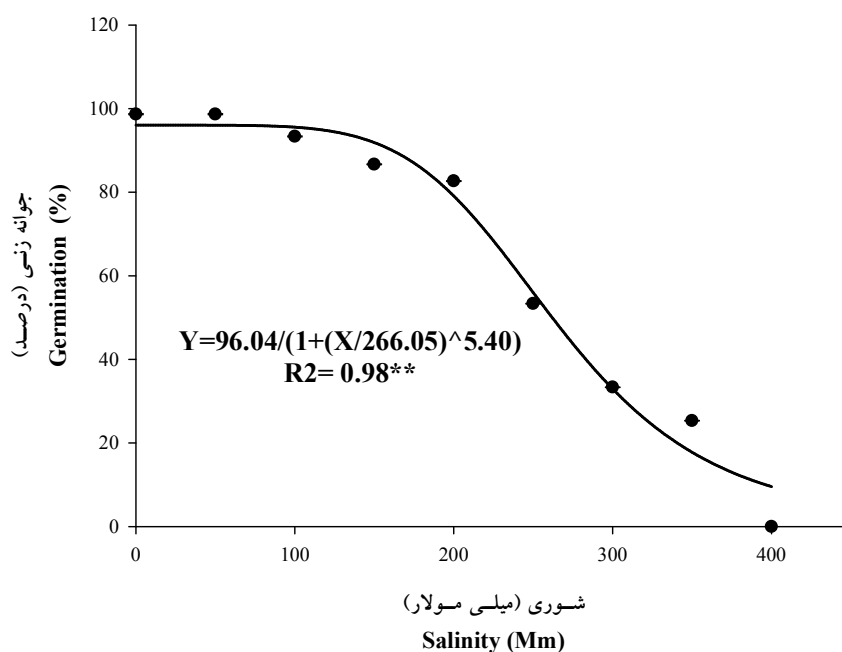


شکل ۴- اثر پتانسیل‌های مختلف آب بر سرعت جوانه‌زنی بذر منداب (*Eruca sativa*).

Figure 4. Effect of water potential on germination rate of arugula (*Eruca sativa*).

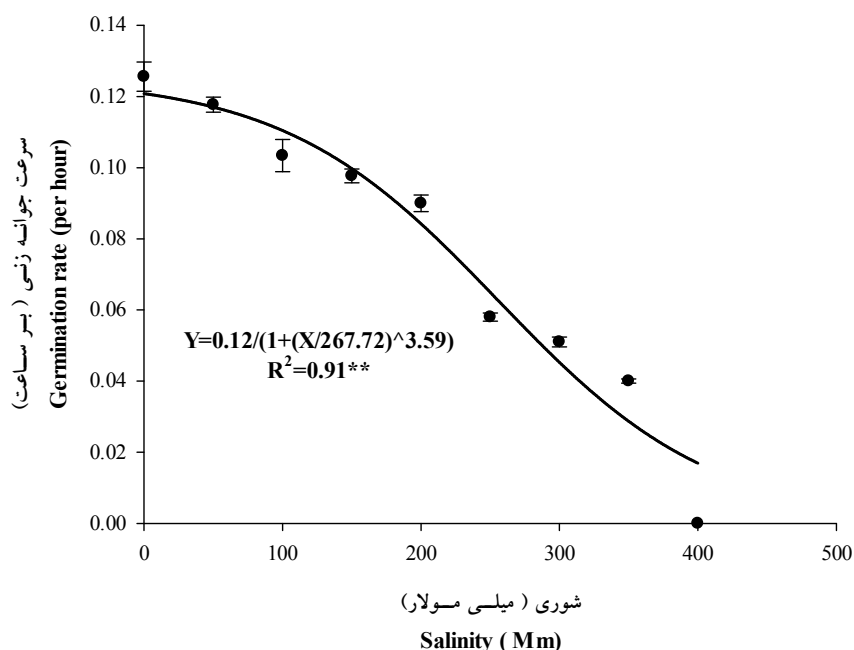
خصوصیات جوانه‌زنی رقم پارید کلزا گزارش کردند، درصد جوانه‌زنی این رقم در سطح شوری ۱۲ میلی‌موس بر سانتی‌متر، ۹۲ درصد است (۴۰). کافی و همکاران (۲۰۰۳) کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی کلزا را در سطح شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کردند (۱۶). چوهان و همکاران (۲۰۰۶) از بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی شلمی دریافتند؛ جوانه‌زنی بذور تا پتانسیل اسمزی ۸۰ میلی‌مولار ۶۰ درصد بود، اما با کاهش بیش‌تر پتانسیل اسمزی جوانه‌زنی به شدت کاهش یافت به طوری که در پتانسیل اسمزی ۱۶۰ میلی‌مولار به ۱۱ درصد کاهش یافت و هیچ بذری در پتانسیل اسمزی ۳۲۰ میلی‌مولار سبز نشد (۶). نظامی و همکاران (۲۰۰۹) آستانه سبز شدن گیاه کوشیا در شرایط تنش شوری کلرید سدیم، ۲۶ دسی‌زیمنس بر متر تعیین کردند (۲۷).

بررسی تغییرات درصد و سرعت جوانه‌زنی منداب در برابر غلظت‌های مختلف نمک NaCl با استفاده از مدل سه‌پارامتره لجستیک نشان داد که غلظتی از نمک NaCl که باعث کاهش ۵۰ درصد در درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌شود به ترتیب ۲۶۶/۰۵ و ۲۶۷/۷۲ میلی‌مولار می‌باشد. نکته قابل‌توجه این است که درصد و سرعت جوانه‌زنی منداب حساسیت مشابهی به شوری نشان می‌دهند (شکل‌های ۵ و ۶). این نتایج نشان می‌دهد که این گیاه قادر است در سطوح بالای شوری نیز در حد قابل‌توجهی جوانه بزند. این می‌تواند یک ویژگی مهم برای سازگاری در مناطق شور باشد. اکو و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که در اغلب گیاهان افزایش میزان شوری در مرحله جوانه‌زنی مانع جوانه زدن می‌شود (۲۹). ولدیانی و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثرات تنش شوری بر



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف نمک NaCl بر درصد جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*).

Figure 5. Effect of different concentration of NaCl on germination percent of arugula (*Eruca sativa*).



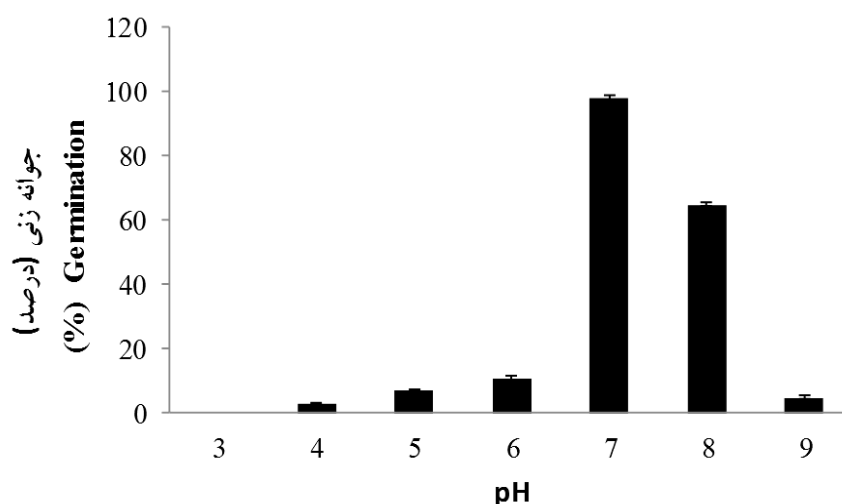
شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف نمک NaCl بر سرعت جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*).

Figure 6. Effect of different concentration of NaCl on germination rate of arugula (*Eruca sativa*).

Sonchus oleraceus) به تغییرات pH حساسیت نداشته و pH عامل محدودکننده جوانه‌زنی آنها نیست (۷ و ۴۱). چوهان و همکاران (۲۰۰۶) درصد جوانه‌زنی خردل آفریقایی (*Brassica tournefortii*) را در دامنه pHهای ۴ تا ۹ گزارش کردند و بیان کردند خردل آفریقایی به تغییرات pH حساسیت نداشته و pH عامل محدودکننده جوانه‌زنی بذر آن نیست (۵). زو و آهنس (۲۰۰۵) بیشترین درصد جوانه‌زنی تاجریزی را در محدوده pH ۶ تا ۸ گزارش کردند. در خارج از این دامنه جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد به طوری که در pH ۴ و ۹ به ترتیب ۳۱ و ۴۸ درصد جوانه‌زنی را گزارش کردند (۴۵). چوهان و همکاران (۲۰۰۶) درصد جوانه‌زنی شلمی (*Rapistrum rugosum*) را دامنه pHهای ۴ تا ۹ بالاتر از ۷۶ درصد گزارش کردند (۶). قادری‌فر و همکاران (۲۰۱۲) درصد جوانه‌زنی پایین بذور چاودار زراعی را در pH قلیایی گزارش کردند و بیان کردند که در این گیاه pH عامل محدودکننده جوانه‌زنی می‌باشد (۱۰).

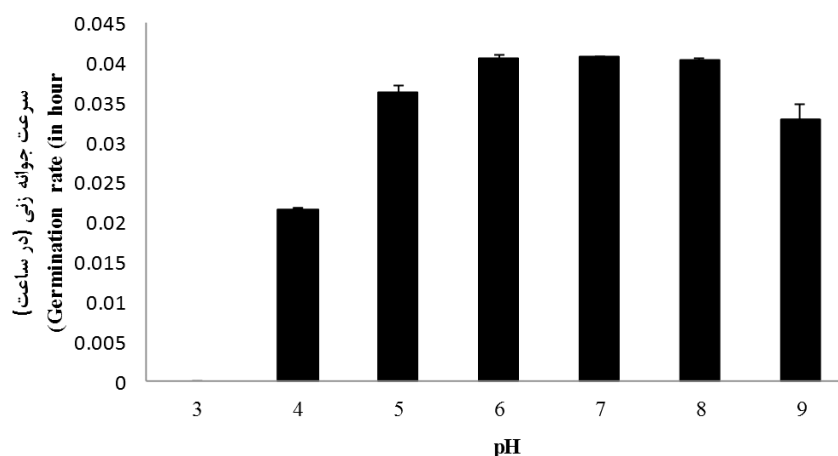
حداکثر درصد جوانه‌زنی بذور در pHهای ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ به ترتیب صفر، ۳، ۷، ۱۱، ۹۸، ۶۵ و ۵ درصد بود (شکل ۷). رابطه سرعت جوانه‌زنی با pH در شکل ۸ نشان داده شده است. با افزایش pH از ۳ به ۵ سرعت جوانه‌زنی از صفر به ۰/۰۳۶۴ (در ساعت) افزایش یافت و در دامنه pHهای ۶ تا ۸ به حداکثر خود (۰/۰۴۰۸ در ساعت) رسید و در pH=۹ سرعت جوانه‌زنی مجدداً به ۰/۰۳۲۸ (در ساعت) کاهش یافت. این نتایج بیانگر حساسیت بسیار زیاد درصد جوانه‌زنی به اسیدیته محیط است. همچنین نشان می‌دهد که اثر pH بر سرعت جوانه‌زنی کم‌تر از درصد جوانه‌زنی بوده، اما قابل توجه است.

درصد و سرعت پایین جوانه‌زنی در pH اسیدی و قلیایی بیانگر این مطلب است که pH عامل محدودکننده در جوانه‌زنی این گیاه می‌باشد. در مورد واکنش جوانه‌زنی بذور سایر گیاهان به pH گزارش‌های مختلفی وجود دارد. برخی از پژوهش‌گران بیان داشتند که برخی از گونه‌های علف‌هرز از جمله شیر تیغک



شکل ۷- اثر pH بر درصد جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*).

Figure 7. Effect of pH on germination percent of arugula (*Eruca Sativa*).



شکل ۸- اثر pH بر سرعت جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*).

Figure 8. Effect of pH on germination rate arugula (*Eruca Sativa*).

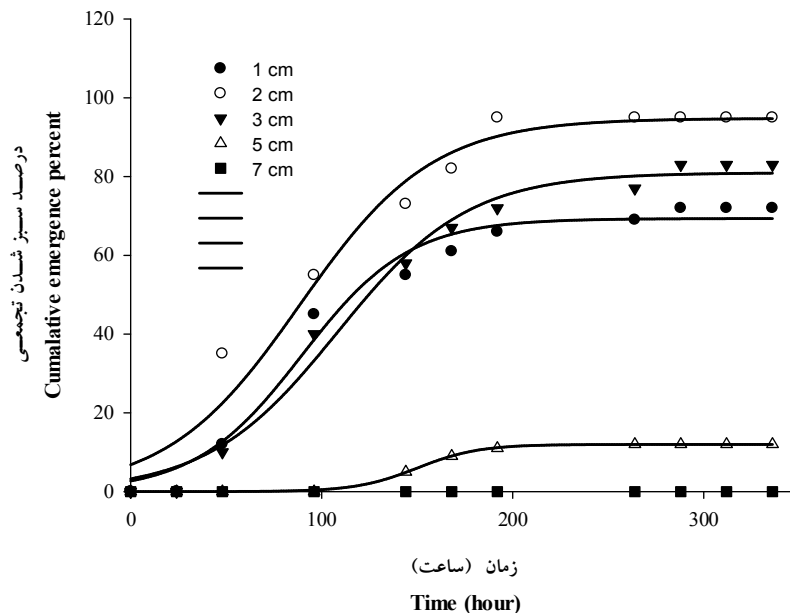
۱۲ درصد از گیاهچه‌ها قادر به سبز شدن بودند و هیچ گیاهچه‌ای از عمق ۷ سانتی‌متری خاک خارج نشد (شکل‌های ۹ و ۱۰). کاهش درصد سبز شدن در عمق‌های بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر می‌توان به این دلیل باشد که بذور ریز منداب دارای ذخایر انرژی ناکافی هستند و نمی‌توانند در عمق بیش‌تر از سانتی‌متر به خوبی سبز شوند، زیرا با افزایش عمق کاشت مقدار ذخایر بیش‌تری برای سبز شدن و خروج گیاهچه از خاک نیاز می‌باشد (۲). همچنین با افزایش عمق خاک

با افزایش عمق کاشت از ۱ تا ۲ سانتی‌متری حداکثر درصد سبز شدن روند افزایشی داشت و زمان تا رسیدن به آن کاهش یافت به طوری که در عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متری از سطح خاک بیش‌ترین درصد رویش گیاهچه به ترتیب ۷۲ و ۹۵ درصد و زمان رسیدن به آن ۲۸۸ و ۱۹۴ ساعت بود. با افزایش عمق کاشت به بیش‌تر از ۲ سانتی‌متر، درصد سبز شدن کاهش یافت. اگرچه در عمق کاشت ۳ سانتی‌متر، ۸۳ درصد سبز شدن ثبت گردید اما در عمق ۵ سانتی‌متری تنها

درصد) مشاهده شد، همچنین با افزایش عمق کاشت درصد سبز شدن کاهش یافت و در عمق ۵ سانتی متری هیچ بذری سبز نشد (۵). نودری نژاد و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش‌های خود روی گندم گزارش کردند که درصد سبز شدن گیاهچه با افزایش عمق کاشت ابتدا ثابت ماند و سپس کاهش یافت (۲۸).

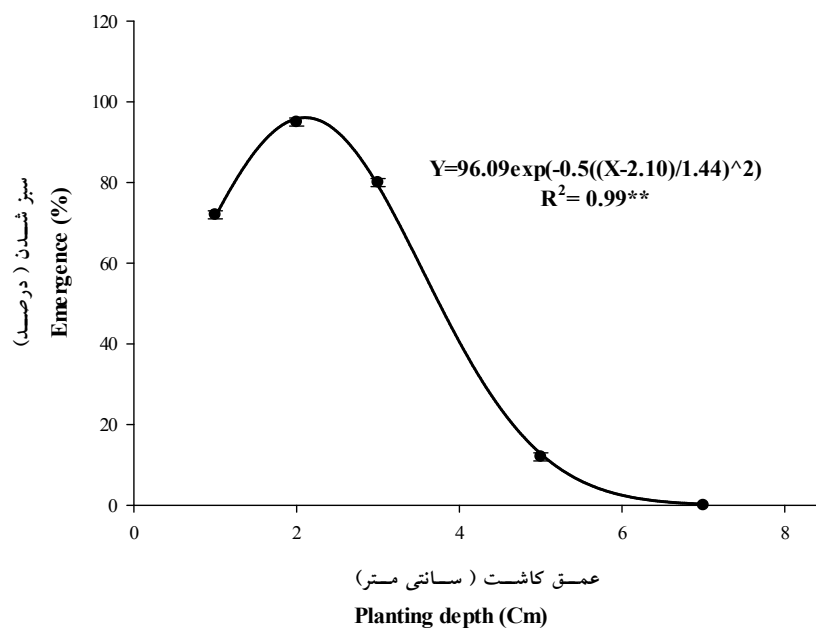
با افزایش عمق کاشت سبز شدن به تأخیر افتاد، طوری که بیشترین سرعت سبز شدن در عمق کاشت ۱ سانتی متر و بعد از ۴۸ ساعت و کمترین سرعت سبز شدن در عمق کاشت ۵ سانتی متر و بعد از ۱۴۴ ساعت مشاهده شد. در واقع با افزایش عمق کاشت از ۱ به ۵ سانتی متر، سبز شدن در حدود ۹۶ ساعت (۴ روز) به تأخیر افتاد. به طور کلی سرعت سبز شدن در اعماق ۱ و ۳ سانتی متر تفاوت زیادی با هم نداشتند اما با افزایش بیش تر عمق کاشت از سرعت جوانه زنی آن کاسته شد (شکل‌های ۹ و ۱۱). این نتایج با یافته‌های سایر پژوهش‌گران (۹، ۱۸، ۲۸) مطابقت داشت.

ممکن است به دلیل افزایش CO_2 حاصل از فعالیت زیستی خاک و هجوم عوامل بیماری‌زا در خاک، گیاهچه در معرض شرایط نامناسب برای رشد قرار گیرد که باعث کاهش درصد سبز شدن می‌گردد (۲۰). چوهان و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر عمق کشت بر بذر شلمی، بیشترین درصد سبز شدن (۶۰ درصد) را در عمق ۱ سانتی متری خاک مشاهده کردند و همچنین گزارش نمودند که افزایش عمق کشت سبب کاهش درصد سبز شدن شد و در عمق ۵ سانتی متر هیچ جوانه‌ای سبز نشد (۶). سلطانی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با بررسی عمق کاشت در کلزای خودرو و خردل وحشی نشان دادند که افزایش عمق کاشت موجب کاهش درصد سبز شدن می‌شود تا جایی که در عمق ۱۰ سانتی متر خاک درصد سبز شدن به صفر می‌رسد (۳۶). چوهان و همکاران (۲۰۰۶) اثر عمق کاشت بر سبز شدن بذر خردل آفریقایی را مورد آزمایش قرار دادند. نتایج نشان داد حداکثر درصد سبز شدن بذرهای این گیاه در عمق ۱ سانتی متر (۵۱



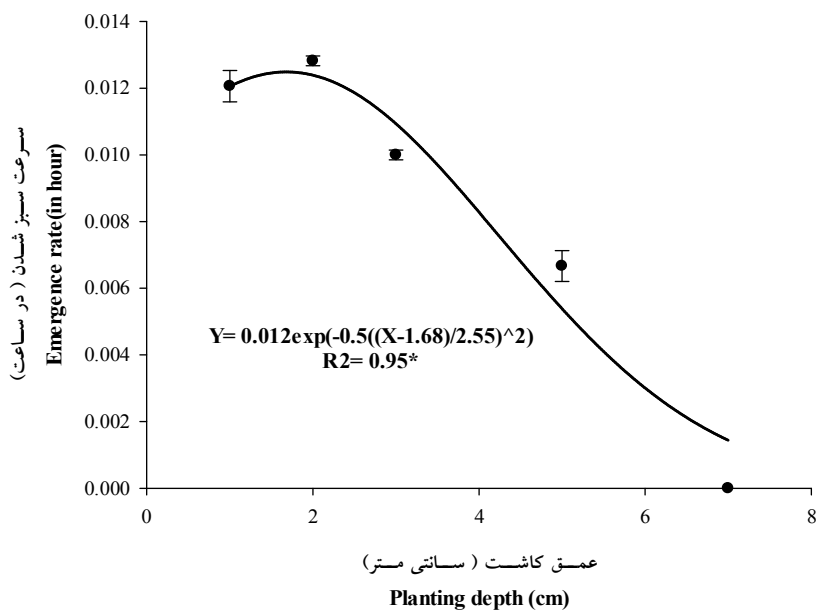
شکل ۹- درصد تجمعی سبز شدن منداب (*Eruca sativa*) در برابر زمان در عمق کاشت‌های مختلف.

Figure 9. Percentage of the cumulative emergence of arugula (*Eruca sativa*) at the time of planting depth.



شکل ۱۰- اثر اعماق مختلف کاشت بر درصد جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*).

Figure 10. Effect of different planting depth on germination percent of arugula (*Eruca sativa*).



شکل ۱۱- اثر اعماق مختلف کاشت بر درصد جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa*).

Figure 11. Effect of different planting depth on germination rate of arugula (*Eruca sativa*).

لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی آن ۵/۳۹ ساعت برآورد گردید. یافته‌های این مطالعه نشان داد که مرحله جوانه‌زنی این گیاه به خشکی و شوری مقاوم است و بین این دو، توانایی این گیاه در تحمل

نتیجه‌گیری

دماهای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی بذر منداب با استفاده از مدل ۵- پارامتره بتای ۰/۵-، ۳۰/۵۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و تعداد ساعات زیستی

بتانسیل‌های منفی آب قابل‌توجه است. همچنین نتایج بیانگر حساسیت بسیار زیاد جوانه‌زنی به تغییر اسیدیته بود؛ بیش‌ترین جوانه‌زنی در pH‌های خنثی رخ داد و با اسیدی و قلیایی شدن محیط درصد و سرعت جوانه‌زنی این گیاه کاهش یافت. سبز شدن این گیاه تحت‌تأثیر عمق کاشت قرار گرفت. زمانی که بذرها در عمق‌های ۱ تا ۳ سانتی‌متر خاک قرار گرفتند نسبت به عمق‌های پایین‌تر جوانه‌زنی بهتری داشتند که با توجه به کوچک بودن اندازه بذر منداب قابل انتظار می‌باشد.

منابع

1. Ataai Azimi, A., Delnavaz Hashemloyan, B. and Nasiriseemnani, Sh. 2010. Study of the relevance between shape diversity and salinity tolerance of arugula plant (*Eruca sativa*). J. Life Sci. (Islamic Azad University, Zanjan Branch), 10: 3. 85-97. (In Persian with English Abstract)
2. Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. New York: Academic Press. 212p.
3. Bradford, K.J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Sci. 50: 248-260.
4. Brar, G.S., Gomez, J.F., McMichael, B.L., Matches, A.G. and Taylor, H.M. 1991. Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. Agron. J. 83: 173-175.
5. Chauhan, B.S., Gill, G. and Preston, Ch. 2006. African mustard (*Brassica tournefortii*) germination in southern Australia. Weed Sci. 54: 891-897.
6. Chauhan, B.S., Gill, G. and Preston, Ch. 2006. Factors affecting turnipweed (*Rapistrum rugosum*) seed germination in southern Australia. Weed Sci. 54: 6. 1032-1036.
7. Chauhan, B.S., Gill, G. and Preston, C. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. Weed Sci. 54: 854-860.
8. Fuladi, S., Goldani, M., Ghorbani, R. and Kafi, M. 2015. The effect of temperature on seed germination and determine the temperature of Cardinal *Rapistrum rugosum*. J. Plant Prot. 29: 1. 72-78.
9. Ghaderifar, F., Galeshi, S. and Ahmadi, A. 2010. The effects of drought stress on germination and seedling growth 9 varieties of trifolium (*Trifolium subterraneum* L.). J. Iran Agric. Res. 8: 1. 61-68. (In Persian with English Abstract)
10. Ghaderifar, F., Alimagham, S.M., Rezaeimoghadam, H. and Haghighi, M. 2012. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Rye (*Secale cereale* L.) as a volunteer plant in wheat fields. J. Crop Prod. 5: 4. 121-133. (In Persian with English Summary)
11. Jacobsen, S.E. and Bach, A.P. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Seed Sci. Technol. 26: 515-523.
12. Jafari, N., Esfahani, M. and Saburi, A. 2011. Evaluation of non-linear regression models for describing germination rate of the three varieties of rapeseed to temperature. Iran. J. Field Crop Sci. 42: 4. 857-868.
13. JamaatiSomarin, S. and Zabihi Mahmoodabad Yari, A. 2010. Reaction of canola cultivars (*Brassica napus* L.) to water deficit on seed germination and seedling growth stage. World App. Sci. J. 10: 699-702.
14. Jamil, M., ChunLee, Ch., UrRehman, Sh., BaeLee, D., Ashraf, M. and ShikRha, E. 2005. Salinity (NaCl) tolerance of brassica species at germination and early seedling growth. Electronic Journal of Environment, Agric. Food Chem. 4: 4. 970-976.
15. Kafi, M. and Rahimi, Z. 2010. Investigation the effect of different salinity levels on germination characteristics of *Portulac aoleracea* L. Iran. J. Field Crops Res. 8: 4. 615-621. (In Persian with English Abstract)

16. Kafi, M., Kamkar, B. and Mahdavi-Damghani, A. 2003. Crop Responses to Environment. Edited by A.E. Hall. (Translated book), Ferdowsi University of Mashhad Press, 372p.
17. Kamaha, C. and Maguire, J.D. 1992. Effect of temperature on germination of six winter wheat cultivars. *Seed Sci. Technol.* 20: 181-185.
18. Khalili, N. 2012. Predicting barley (*Hordeum vulgare* L.) emergence. M.Sc. Thesis, Faculty of Plant, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Iran. (In Persian with English Abstract)
19. Khazai, H.R., Nezami, A., Eshghizadeh, H.R., Riyahiniya, Sh. and Shojai, K. 2012. Germination and seedling growth characteristics of genotypes of triticale (*Triticale hexaploide* Lart) affected by different potentials due to drought and salinity. *Iran. J. Field Crops Res.* 10: 1. 33-44. (In Persian with English Abstract)
20. Koger, C.H., Reddy, K.N. and Poston, D.H. 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence and survival of texas weed (*Caperonia palustris*). *Weed Sci.* 52: 989-995.
21. Lafond, G.P. and Baker, R.J. 1986. Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. *Crop Sci.* 26: 341-346.
22. Latifi, N., Soltani, A. and Espaner, D. 2010. The cannula germination response to temperature variation. *Iran. J. Agric. Sci.* 35: 2. 313-321.
23. Mennan, H. and Ngouajio, M. 2006. Seasonal cycles in germination and seedling emergence of summer and winter populations of catchweed bedstraw (*Galium aparine*) and wild mustard (*Brassica kaber*). *Weed Sci.* 54: 114-120.
24. Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914-916.
25. Mohamadi-Ruzbahani, M. and Abedi-Kupai, J. 2009. Assessing the application of hypere kimulator plants in monitoring soils infected with nickel. *J. Environ. Sci. Technol.* 11: 4. 449-457. (In Persian with English Abstract)
26. Morales, M. and Janick, J. 2002. Arugula: A promising specialty leaf vegetable. P 418-423, In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexan-dria, VA.
27. Nezami, A., Nabati, J., Kafi, M. and Mohseni-Bababdani, M. 2009. Evaluation of salt tolerance the emergence and seedling stage Kochia (*Kochia scoparia*). *J. Environ. Stress Crop Sci.* 1: 1. 69-76. (In Persian with English Abstract)
28. Nozari-Nejad, M., Zeinali, E., Soltani, A., Soltani, E. and Kamkar, B. 2012. Quantify wheat germination rate response to temperature and water potential. *J. Crop Prod.* 6: 4. 117-135. (In Persian with English Abstract)
29. Okcu, G., Kaya, M.D. and Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of Pea (*Pisum sativum* L.). *Turk. J. Agric. Forest.* 29: 237-242.
30. Omid, H., Khazaei, F., Hamzi-Alvanagh, S. and Heidari-Sharifabad, H. 2009. Improvement of seed germination traits in canola (*Brassica napus* L.) as affected by saline and drought stresses. *J. Plant Ecophysiol.* 3: 151-158.
31. Padulosi, S. 1995. The Rocket Genetic Resources Network. International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy.
32. Rao, N., Dong, L., Li, J. and Zhang, H. 2008. Influence of environmental factors on seed germination and emergence of American slough grass (*Beckmannia syzigachne*). *Weed Sci.* 55: 264-272.
33. Salimi, H. 2011. Effect of osmotic potential and soil moisture on seed germination and seedling emergence of different ecotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Iran. J. Weed Sci.* 7: 2. 89-94.
34. Samsam-Shariat, H. 2007. Selection of Medicinal Herbs. Mani Publishing, Isfahan. Iran.
35. Soltani, E., Galeshi, S., Kamkar, B. and Akramghaderi, F. 2008. Modeling seed aging effects on the response of germination to temperature in wheat. *Seed Sci. Biotechnol.* 2: 32-36.
36. Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F. and Zeinali, E. 2014. Quantification of seedling emergence of volunteer canola and wild mustard under various burial depths. *Iran. J. Seed Res.* 1: 1-10. (In Persian with English Abstract)

37. Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F. and Zeinali, E. 2013. Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. *J. Plant Prod.* 20: 1. 19-34. (In Persian with English Abstract)
38. Susko, D.J. and Hussein, Y. 2008. Factors affecting germination and emergence of dame's rocket (*Hesperis matronalis*). *Weed Sci.* 56: 389-393.
39. Valadiani, A., Hassanzadeh, A. and Tajbakhsh, M. 2005. Effects of salinity stress on seed germination and seedling growth of new and high yielding varieties winter canola (*Brassica napus* L.). *J. Pajouhesh & Sazandegi*, 66: 23-32.
40. Waldman, M. and Shevah, Y. 2000. Biological diversity, an overview. *Water, Air, Soil Pollution*, 123: 299-310.
41. Wang, R., Bai, Y. and Tanino, K. 2005. Germination of in treats seeds at reduced water potential: testing assumptions of hydrothermal time model. *Environ. Exp. Bot.* 53: 49-63.
42. Wei, S., Zhang, C., Li, X., Cui, H., Huang, H., Sui, B., Meng, Q. and Zhang, H. 2009. Factors affecting Buffalobur (*Solanum rostratum*) seed germination and seedling emergence. *Weed Sci.* 57: 521-525.
43. Young, K. and Cousens, R. 1999. Factors affecting the germination and emergence of wild radish (*Raphanus raphanistrum*) and their effect on management options. 12th ed, Australian Weeds Conference on Papers and Proceedings. Hobart, Tasmania, Australia, Pp: 179-182.
44. Zeinali, E., Soltani, A. and Galeshi, S. 2002. Response of germination components to salinity stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Iran. J. Agric. Sci.* 33: 1. 137-145. (In Persian with English Abstract)
45. Zhou, J., Deckard, E. and Ahrens, W.H. 2005. Factor affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. *Weed Sci.* 53: 41-45.

