Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 47, No 4, Winter 2017 (645-659)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.133729.653959

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵ (ص ۶۵۹-۶۴۵)

تأثیر پیش‌تیمار بذر بر سبز شدن و ویژگی‌های ریخت‌شناختی ریشهٔ کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت

محمدعلی ابوطالبیان[1*]، شهرام نظری[2] و فرید گل‌زردی[3]
۱ و ۲. استادیار و دانشجوی دکتری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳. استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۷/۱٦ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۲/۱۱)

چکیده

پیش‌تیمار (پرایمینگ) بذر یکی از روش‌های بسیار مؤثر در بهبود فرآیند جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در شرایط محیطی تنش‌زا است. به‌منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بر ویژگی‌های سبز شدن و رشد ریشهٔ سه رقم کلزا آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل پنج تاریخ کاشت با فاصله‌های ده روز و کرت‌های فرعی نیز شامل سه رقم کلزا و سطوح پیش‌تیمار بذر شامل پیش‌تیمار با آب، سولفات‌روی و بدون پیش‌تیمار بود. نتایج نشان داد بالاترین سرعت سبز شدن در رقم اُکاپی و پیش‌تیمار با سولفات‌روی بود که توانست به‌طور میانگین در همهٔ تاریخ‌های کاشت آن را ۳۲ درصد افزایش دهد. بیشترین وزن تر و خشک ریشه در هر سه رقم مربوط به نخستین تاریخ کاشت، ۱۵شهریور بود. تاریخ کاشت ۲٤ مهر توانست با پیش‌تیمار با آب (هیدروپرایمینگ) و پیش‌تیمار با سولفات‌روی به ترتیب ۷ و ۱۰ درصد در رقم اُکاپی، ۱۸ و ۲۳ درصد در رقم زرفام و ۳۲و ۳۵ درصد در رقم طلائیه نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار بذر آن‌ها سبب افزایش طول ریشه شود. حجم ریشهٔ رقم اُکاپی در تاریخ‌های ٤، ۱٤ و ۲٤ مهر به ترتیب ۳۸، ٦۱ و ۷۱ درصد در تیمار پیش‌تیمار با آب و به ترتیب ۵۱، ٦۷ و ٤۷ درصد با پیش‌تیمار با سولفات‌روی نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار برتری نشان داد. بالاترین سطح ریشه در تاریخ‌های ۱۵و ۲۵ شهریور در هر سه رقم تحت پیش‌تیمار با سولفات روی به دست آمد. باوجود کاهش قطر ریشه در اثر تأخیر کاشت ولی پیش‌تیمار بذر به‌خوبی توانست قطر ریشه را نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار بذر در همهٔ تاریخ‌های کاشت جبران کند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌تیمار با آب، حجم ریشه، سطح ریشه، سولفات روی.

The effect of seed priming on emergence and root morphological characteristics of canola at different sowing dates

Mohammad Ali Aboutalebian[1*], Shahram Nazari[2] and Farid Golzardi[3]
1, 2. Assistant Professor and Ph. D. Student, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran
3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(Received: Oct, 8, 2015 - Accepted: Mar, 1, 2016)

ABSTRACT

Seed priming is a method which is effective in improving germination and seedling establishment under stress conditions. To investigate the effects of seed priming on emergence and morphological characteristics of root of three canola cultivars, an experiment was arranged in a randomized complete block design in split plot with three replications. Main factors including five sowing dates with an interval of ten days and three canola cultivars and priming treatments including priming with water, zinc sulfate and control as sub plots were arranged in a factorial experiment. Results showed the highest emergence rate was achieved in Okapi by zinc sulfate priming with an average increase of 32 percent in all sowing dates. The most of the fresh and dry weight of three cultivars resulted from the first sowing date, 6 September. Sowing date October 16 under the hydropriming and primed with zinc sulfate increased root length by 7 and 10 percent in the Okapi, 18 and 23 percent in Zarfam and 32 and 35 percent in Talayeh compared with their controls, respectively. Root volume of Okapi on September 26, October 6 and 16, increased respectively 38, 61 and 71 percent in hydropriming and 51, 67 and 47 percent by priming with zinc sulfate compared with their control treatments. The highest root area on 6 and 16 September in all three cultivars was achieved by priming with zinc sulfate. Despite the decrease in root diameter of delay sowing date, priming treatments could increase root diameters compared with controls in each sowing date.

Keywords: Hydropriming, root volume, root area, Zinc sulfate.

* Corresponding author E-mail: aboutalebian@yahoo.com Tel: +98 8134424192

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کلزا یک گیاه باارزش دانهٔ روغنی است که در روند تحول تولید، جایگاه بالایی پیدا کرده است. به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۴ میلادی مقام دوم را در جهان پس از سویا با تولید ۶۴/۳ میلیون تن به خود اختصاص داده است (FAOSTAT, 2015). با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که امروزه بخش عمدهٔ آن از منابع خارجی تأمین می‌شود، گسترش کشت دانه‌های روغنی به‌ویژه کلزا اهمیت بسزایی دارد (Aghel & Zoghi, 2009). به دلیل برنامهٔ گسترش کشت کلزا در کشور و قرار گرفتن بخش‌هایی از اراضی زیرکشت این گیاه زراعی در تناوب با محصولات تابستانه مانند ذرت، به ناچار برخی اراضی خارج از دامنهٔ زمانی توصیه‌شده کشت می‌شوند. کلزا نیز از جمله گیاهانی است که به تاریخ کاشت حساسیت بسیار زیادی دارد (Roodi *et al*., 2010). درصورتی‌که کاشت، دیرتر از تاریخ مناسب انجام گیرد، بوته‌های سبزشده فرصت کافی برای رشد در دورهٔ پیش از یخبندان را نخواهند داشت و رشد کم بوته‌ها باعث آسیب سرما به مزرعه در این دوره می‌شود (Roodi *et al*., 2010).

سرما یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که اثرگذاری‌های آسیب‌رسان و زیان‌آوری روی مرحله‌های مختلف رشدی گیاه، ساختار اندام و فعالیت آن‌ها دارد (Kumar *et al*., 2010). کلزا به تنش سرما حساس بوده و گزارش شده است سرمازدگی تا ۷۰ درصد کاهش عملکرد را موجب می‌شود (Kumar, 1997). ولی اگر کلزا زمستان‌گذرانی خوبی داشته باشد می‌تواند دمای ۱۵- درجهٔ سلسیوس و حتی در صورت وجود پوشش برف تا ۲۰- درجهٔ سلسیوس را نیز تحمل کند، زیرا وجود لایهٔ برف همسان عایق گرمایی عمل کرده و از کاهش زیاد دمای سطح خاک جلوگیری می‌کند (Gusta & Connor, 1998). مقاومت به سرما در کلزا، یکی از مهم‌ترین عامل‌هایی است که سبب بقاء در زمستان می‌شود و درجهٔ مقاومت به سرما نیز به شرایط مورفو-فیزیولوژیک گیاه در زمستان بستگی دارد. اندام‌ها و بافت‌های مختلف کلزا از نظر مقاومت به تنش سرما و یخبندان نسبت به هم متفاوت هستند. بدون شک مهم‌ترین فرضیهٔ تحقیقاتی مقاومت به سرمازدگی در گیاهان، تخصیص مواد نورساختی (فتوسنتزی) در مرحله‌های اولیهٔ رشد به‌طور عمده به سمت ریشه است تا اندام‌های هوایی (Imran *et al*., 2013). وجود نظام ریشه‌ای قوی در کلزا، عامل موفقیت این گیاه در برابر همهٔ عامل‌های نامساعد از جمله سرما و همچنین استفاده از مواد غذایی نقاط مختلف خاک به شمار می‌آید (Ali *et al*., 1997). بررسی صفاتی مانند طول، وزن، سطح و حجم ریشه در واحد حجم خاک و روابط بین آن‌ها به منظور تعیین مقاومت کلزا به سرما ضروری است. در این ارتباط بیان شده است که گزینش برای بهبود بنیهٔ ریشه‌های اولیه یک صفت مهم برای اصلاح مقاومت به سرما است (Huang *et al*., 1991). Kerstin *et al*. (2009) بیان داشتند که حجم ریشه یک معیار مهم انتخاب برای مقاومت به سرما است و تأکید کردند که در گزینش برای بهبود تحمل به سرما از والدینی استفاده شود که حجم ریشهٔ بیشتری دارند. در پژوهشی روی کلزا عامل مهم در مقاومت به تنش سرما را افزایش طول ریشه عنوان شد (Ye *et al*., 2006). Solfjeld & Johnsen (2006) در تحقیقی وجود نظام ریشه‌ای قوی را مهم‌ترین عامل در مقاومت به دماهای پایین عنوان کردند. آنان همچنین شدت مقاومت به تنش سرما را با جذب عنصرهای غذایی خاک و افزایش غلظت کربوهیدرات‌های بافت ریشه مرتبط دانستند. طول ریشه را می‌توان پرکاربردترین ویژگی ریشه دانست زیرا طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین ویژگی برای محاسبهٔ جذب آب توسط گیاه است (Eshghizadeh *et al*., 2011). بنابراین گزارش‌ها مؤید این موضوع است که با تقویت صفات ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی) ریشه می‌توان آسیب ناشی از تأخیر کاشت و دماهای پایین را در کلزا کاهش داد. استفاده از روش پیش‌تیمار (پرایمینگ) بذر می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر در جبران عارضه‌های تأخیر کاشت و افزایش کیفیت بذر کلزا در شرایط نامساعد محیطی باشد (Demir Kaya *et al*., 2006). بذر پس از کاشت زمان شایان‌توجهی را صرف جذب آب می‌کند، پیش‌تیمار بذر با کاهش این زمان

www.SID.ir

Archive of SID

به کمینه، می‌تواند سرعت سبز شدن و خروج جوانه از خاک را تسریع کند (Singh *et al.*, 2014). گزارش‌های مختلف گویای آن است که پیش‌تیمار بذر باعث افزایش درصد، سرعت سبز شدن و همچنین موجب بهبود ویژگی‌های ریخت‌شناختی ریشه از جمله طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه می‌شود (Laware & Raskar, 2014; Imran *et al.*, 2013). Finch-Savage *et al.* (2004) در نتایج پژوهشی عنوان کردند پیش‌تیمار بذر ذرت با کاهش متوسط زمان سبز شدن موجب بهبود ویژگی‌های ریخت‌شناختی ریشه شد و توانست با جبران تأخیر کاشت سبب مقاومت به خشکی آخر فصل شود. پیش‌تیمار بذرها باعث بهبود در سرعت سبز شدن، استقرار سریع‌تر و رشد مطلوب ریشه سبب کاهش عوارض تأخیر در کاشت کلزای پاییزه می‌شود (Zheng *et al.*, 1998). Nikzad & Amooaghaie (2013) اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر گوجه‌فرنگی با کاهش زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شد، که می‌توان با این روش شاهد سبز شدن سریع بذرها در شرایط نامساعد محیطی مزرعه شد. توانایی پیش‌تیمار بذر برای بهبود ویژگی‌های سبز شدن و ریشه در دماهای پایین در مناطق سردسیری بسیار اهمیت دارد. در این قبیل شرایط، بذرهای پیش‌تیمارشده در کاشت‌های تأخیری هنگامی‌که رطوبت خاک برای سبز شدن بذر کافی باشد اثر مثبتی روی استقرار گیاه پیش از دوره‌های تنش‌زای زمستان دارد (Adegbuyi *et al.*, 1981).

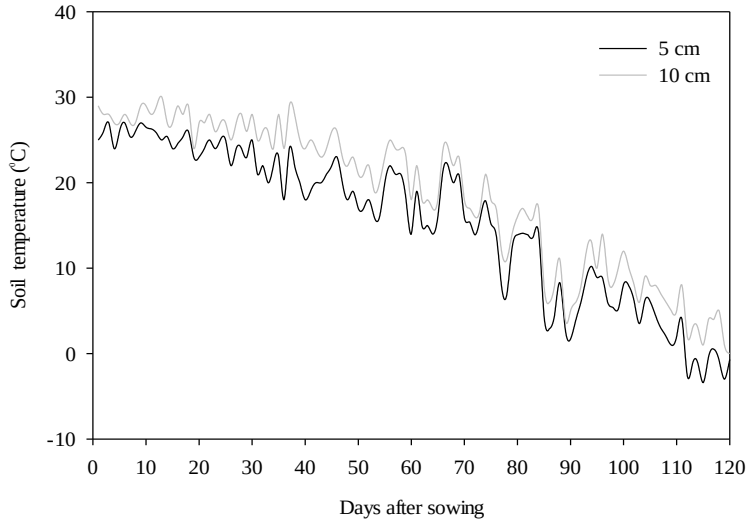
با توجه به قرار گرفتن کلزا در تناوب با گیاهان تابستانه که سبب کاشت این گیاه دانه روغنی در خارج از دامنهٔ زمانی توصیه‌شده می‌شود لذا، این بررسی باهدف ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت و پیش‌تیمار بذر در مزرعه بر ویژگی‌های سبز شدن و ویژگی‌های ریخت‌شناختی ریشهٔ سه رقم کلزا در منطقهٔ کرج اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بر ویژگی‌های سبز شدن و رشد ریخت‌شناختی ریشهٔ سه رقم کلزا، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج واقع در ماهدشت، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۶ دقیقهٔ طول شرقی به ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارندگی سالانه ۲۴۷/۳ میلی‌متر و بیشینه و کمینهٔ دمای سالانه به ترتیب ۲۶ و ۱/۲ درجهٔ سلسیوس تعیین شده است. اقلیم منطقه بر پایهٔ روش آمبرژهٔ نیمه خشک و معتدل است. بافت خاک از نوع لومی رسی، هدایت الکتریکی ۱/۱۷ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیتهٔ ۷/۵۲، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب به ترتیب ۱۳/۶ و ۲۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیتروژن ۰/۱ درصد و مادهٔ آلی خاک نیز ۰/۰۹ درصد بود. میانگین دمای دو عمق ۵ و ۱۰ سانتی‌متر خاک منطقه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود. این پژوهش، به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات)- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی تیمارهای تاریخ کاشت (۱۵ و ۲۵ شهریور و ۴، ۱۴ و ۲۴ مهرماه) و در کرت‌های فرعی رقم‌های کلزا (اُکاپی، زرفام و طلائیه) و تیمارها شامل بذرهای پیش‌تیمار با آب (هیدروپرایمینگ)، پیش‌تیمار با سولفات روی و بدون پیش‌تیمار بود. در تیمار پیش‌تیمار با آب در مزرعه، بذرها به مدت ده ساعت در آب معمولی و دمای معمول اتاق (۲۳ درجهٔ سلسیوس) و برای پیش‌تیمار با سولفات روی، بذرها به مدت ده ساعت در غلظت ۰/۰۳۵ گرم در لیتر خیسانده شدند و پس از قرار گرفتن روی حوله‌ای پارچه‌ای به مدت پنج ساعت و حذف رطوبت سطحی آن‌ها بی‌درنگ کشت شدند (Harris *et al.*, 2008). هر کرت فرعی شامل شش خط کشت به طول ۶ متر و فاصلهٔ خطوط ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عمق کاشت بذرها ۲ سانتی‌متر بود. در آغاز بذر بیشتری کشت شد و در مرحلهٔ دو تا چهار برگی بر پایهٔ تراکم هشتاد بوته در مترمربع تنک لازم انجام گرفت. بر پایهٔ آزمون خاک ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌صورت اوره در سه مرحله (۱/۳ هنگام کاشت، ۱/۳ آغاز ساقه‌دهی و ۱/۳ آغاز گلدهی) مصرف شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱. میانگین و میزان تغییرپذیری روزانهٔ دمای خاک در دو عمق ۵ و ۱۰ سانتی‌متری
Figure 1. Average and daily changes in soil temperature in depths of 5 and 10 cm

به منظور تعیین درصد و سرعت سبز شدن پس از آغاز سبز شدن با بازدید روزانه در هر کرت، گیاهچه‌های سبزشده در یک خط کاشت مشخص شمارش شد. برای محاسبهٔ درصد و سرعت سبز شدن بذرها از برنامهٔ Germin استفاده شد که این برنامه D10، D50 و D90 (یعنی مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا سبز شدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد بیشینهٔ خود برسد) را نیز محاسبه می‌کند. این برنامه فراسنجه‌های یادشده را برای هر کرت از راه درون‌یابی[1] منحنی افزایش سبز شدن در برابر زمان محاسبه می‌کند (Soltani & Madah, 2010). شمار ریشه‌های منشعب‌شده با ریشهٔ اصلی ده بوته از هر کرت در پایان مرحلهٔ روزت و پیش از آغاز به ساقه‌دهی شمارش و میانگین آن‌ها محاسبه شد. صفات مورد ارزیابی شامل وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و قطر ریشه بود. هنگام نمونه‌برداری از ریشه‌ها، با رعایت کمترین آسیب‌دیدگی، ریشه استخراج و سپس با استفاده از آب شستشو شدند. همچنین برای جداسازی ذرات خاک چسبیده به ریشه‌ها از محلول هگزامتافسفات سدیم استفاده شد (Jiriaie *et al.*, 2014). برای محاسبهٔ وزن خشک، پس از قرار دادن ریشه‌ها در دمای ۸۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. طول ریشهٔ اصلی با استفاده از خط‌کش میلی‌متری، حجم ریشه‌ها از راه غوطه‌ور ساختن ریشه در آب مقطر درون استوانهٔ مندرج با حجم ۱ لیتر اندازه‌گیری شد (Dargahi *et al.*, 2013). صفات سطح ریشه و قطر ریشه نیز اندازه‌گیری و ثبت شدند. برای اندازه‌گیری سطح ریشه از رابطهٔ زیر استفاده شد (Ganjali *et al.*, 2003):

$$\text{سطح ریشه} = ۲ \times (\text{حجم} \times \pi \times \text{طول})^{۰/۵}$$

تجزیهٔ واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Version 9.1) و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و پیش‌تیمار بذر و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۱). روند کلی اثر متقابل تاریخ کاشت و پیش‌تیمار بذر بر درصد سبز شدن نشان داد که پیش‌تیمار بذر سبب افزایش درصد سبز شدن نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۲). در این رابطه Latifzadeh *et al.* (2013) نیز اظهار داشتند پیش‌تیمارهای با پیش‌تیمار آب و سولفات روی در مقایسه با شاهد سبب افزایش درصد ظهور

1. Interpolation

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهچه‌های لوبیا شدند. Aboutalebian *et al.* (2012) نیز بیان داشتند پیش‌تیمار بذر گندم با محلول ۰/۲ درصد سولفات روی باعث افزایش درصد سبز شدن بذر به میزان ۲۴/۶ شد. به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز، ایزوسیترات لیاز و ۳-فسفوگلیسرید دهیدروژناز در بذرهای پیش‌تیمارشده (Varier *et al.*, 2010)، می‌تواند توجیهی بر بهبود ظهور گیاهچهٔ کلزا باشد. همچنین نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که تأخیر در کاشت از ۱۵ شهریور تا ۲۴ مهر سبب کاهش درصد سبز شدن می‌شود (شکل ۲). به‌احتمال کاهش درصد سبز شدن با فاصله گرفتن از تاریخ ۱۵ شهریور را می‌توان به کاهش دما (شکل ۱) و در نتیجه افزایش فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) در شرایط تنش سرما نسبت داد. بالاترین درصد سبز شدن بذر در تاریخ ۱۵ شهریور در پیش‌تیمارهای آب و سولفات روی به‌ترتیب با ۸۸/۴۵ و ۹۱/۵ درصد مشاهده شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با پیش‌تیمار بذر در تاریخ ۲۵ شهریور نداشت (شکل ۲). در تاریخ‌های کاشت ۴، ۱۴ و ۲۴ مهرماه پیش‌تیمارهای بذر با آب و سولفات روی توانست حدود ۱۷ تا ۲۱ درصد باعث افزایش درصد سبز شدن نسبت به تیمار شاهد در هر سه رقم شود (شکل ۲). Fageria (2011) افزایش درصد سبز شدن با پیش‌تیمار بذر را به دلیل افزایش سرعت فعال‌سازی آنزیم‌های کربونیک انهیدراز، مالیک دهیدروژناز، گلوتامات دهیدروژناز و الکل دهیدروژناز نسبت داد. Singh *et al.* (2014) با بررسی بذرهای پیش‌تیمارشده در شرایط تأخیر کاشت به مدت پنج روز در لوبیا چشم‌بلبلی بیان داشتند که پیش‌تیمار بذر با نیترات پتاسیم (غلظت ۱ درصد و مدت‌زمان ده ساعت) و آب (ده ساعت) توانست درصد سبز شدن را به ترتیب ۲۵ و ۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بهبود ببخشد.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های سبز شدن رقم‌های کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت با تیمارهای پیش‌تیمار بذر

Table 1. Analysis of variance (mean squares) for emergence characteristics of canola cultivars under different sowing dates and seed priming treatments

Source of variation	d.f	ER	EP	D10	D50	D90
Block	2	16.85	0.00006	0.008	0.011	0.018
Sowing date (SD)	4	2336.85 **	0.01562 **	90.34 **	12.11 **	10.91 **
Error (a)	8	18.04	0.00029	0.65	0.16	0.11
Cultivars (C)	2	433.78 n.s	0.00028 n.s	0.91 *	0.17 n.s	7.47 **
Priming (P)	2	2530.94 **	0.03 **	36.98 **	46.26 **	57.24 **
SD × C	8	16.84 n.s	0.00017 n.s	0.91 **	0.23 **	0.13 n.s
SD × P	8	44.58 **	0.00324 **	1.34 **	3.18 **	1.46 **
C × P	4	20.28 n.s	0.00032 *	2.29 **	0.62 **	0.66 **
SD × C × P	16	8.16 n.s	0.00019 *	0.71 **	0.21 **	0.23 **
Error	80	8.51	0.00011	0.21	0.075	0.079

* و ** معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ER و EP= سرعت سبز شدن و درصد سبز شدن، T0، T50 و T90= روز تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن

* and ** Significance at 0.05 and 0.01 probability level; ER and EP= emergence rate and emergence percentage; T0, T50 and T90= time to 10, 50 and 90% emergence.

سرعت سبز شدن

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و پیش‌تیمار بذر بر سرعت سبز شدن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج بیانگر آن است که با تأخیر کاشت از ۱۵ شهریور تا ۲۴ مهرماه در هر سه رقم مورد بررسی و در هر سه سطح پیش‌تیمار بذر سرعت سبز شدن کاهش داشت (جدول۳). Mottaghi *et al.* (2014) نیز با بررسی سرعت سبز شدن ده رقم کلزا بیان داشتند که در کاشت معمول مقادیر ضریب سرعت سبز شدن نسبت به کاشت تأخیری بالاتر بود. دلیل کاهش سرعت سبز شدن در تأخیر کاشت به‌احتمال‌زیاد به دلیل روبه‌رو شدن با شرایط نامساعد محیطی از جمله سرما باشد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری با ۲۳/۲ درجهٔ سلسیوس در تاریخ ۱۵ شهریور به ۱۸/۶ در تاریخ ۲۴ مهر کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

یافت. به نظر می‌رسد سرما از راه آسیب به غشاء و دیگر قسمت‌های یاخته موجب کاهش سرعت سبز شدن می‌شود. باوجود کاهش سرعت سبز شدن در اثر تأخیر در کاشت ولی مشاهده شد که پیش‌تیمار بذر توانست در همهٔ تاریخ‌های کاشت نسبت به تیمار شاهد این صفت را بهبود بخشد (جدول ۳). ولی نکتهٔ شایان تأمل آن است که هرچقدر کاشت با تأخیر همراه باشد، اثر پیش‌تیمار بذر نسبت به تیمار شاهد به‌کلی ملموس‌تر است. به‌طوری‌که کاشت در تاریخ ۲۴ مهرماه موجب افزایش سرعت سبز شدن تا ۴۰ درصد در رقم طلائیه با پیش‌تیمار بذر با آب نسبت به تیمار شاهد شد که این برتری در تاریخ ۱۵ شهریور تا ۱۵ درصد بود (جدول۲). علت تسریع سرعت سبز شدن در اثر پیش‌تیمار بذر را می‌توان به افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش میزان ATP، افزایش ساخت (سنتز) RNA و DNA، افزایش شمار و درعین‌حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها نسبت داد (Shivankar *et al*., 2003). همچنین علت دیگر افزایش سرعت سبز شدن در بذرها در شرایط پیش‌تیمار بذر در جبران تأخیر در کاشت را می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدان) نسبت داد (Nouman *et al*., 2014). همچنین در پژوهشی Gallardo *et al*. (2001) افزایش سرعت سبز شدن در اثر پیش‌تیمار بذر را به تنظیم بیان ژن و افزایش فعالیت چرخهٔ یاخته‌ای و تقسیم یاخته‌ای نسبت دادند. نتایج نشان داد که بالاترین سرعت سبز شدن در همهٔ تاریخ‌های کاشت و در هر سه رقم مورد بررسی در پیش‌تیمار بذر با سولفات روی به دست آمد، که در این میان رقم اُکاپی واکنش بهتری نسبت به زرفام و طلائیه داشت. به‌طوری‌که سرعت سبز شدن رقم اُکاپی با پیش‌تیمار بذر سولفات روی در مقایسه با تیمار بدون پیش‌تیمار در تاریخ‌های ۱۵ و ۲۵ شهریور، ۴، ۱۴ و ۲۴ مهرماه به ترتیب ۲۸، ۲۶، ۳۲، ۳۵ و ۳۶ درصد برتری نشان داد. (جدول ۳). به نظر می‌رسد علت بیشتر بودن سرعت جوانه‌زنی بذرهای رقم اُکاپی نسبت به دو رقم دیگر کوچک بودن بذرهای آن باشد (مشاهده‌های عینی) که در نتیجهٔ آن نسبت سطح به حجم در بذرهای این رقم بزرگ‌تر بوده و افزایش سرعت جذب آب و تسریع در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را باعث می‌شود.

شمار روز تا ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن

اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و سطوح پیش‌تیمار بذر بر زمان‌های ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد سبز شدن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش تأخیر کاشت از ۱۵ شهریور تا ۲۴ مهر فراسنجه‌های D10، D50 و D90 در هر سه رقم و با پیش‌تیمار بذر و بدون پیش‌تیمار آن افزایش یافت اما میزان افزایش این فراسنجه‌ها در بذرهای پیش‌تیمارشده کمتر بود (جدول ۳). به عبارت دیگر، با اعمال پیش‌تیمار در رقم‌های مورد بررسی، مدت‌زمانی که طول می‌کشد سبز شدن به ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد برسد کاهش می‌یابد و بذرهای پیش‌تیمارشده، سبز شدن خود را نسبت به بذرهای شاهد سریع‌تر آغاز می‌کنند. بنابراین می‌توان ادعا کرد که پیش‌تیمار بذر کلزا باعث می‌شود بوته‌های کلزا سریع‌تر رشد کرده و ذخیرهٔ مواد غذایی کافی در طوقه و ریشه پیش از آغاز زمستان را داشته باشد. در این شرایط بوته‌های کلزا بنیهٔ قوی‌تر دارند و به‌آسانی سرمای زمستان را تحمل می‌کنند و آسیب ناچیزی به آن‌ها وارد می‌شود. Zheng *et al*. (1998) بیان داشتند که پیش‌تیمار بذر کلزا سبب جبران عارضه‌های ناشی از تأخیر کاشت در شرایط دمای پایین می‌شود.

نتایج جدول مقایسهٔ میانگین نشان داد مدت‌زمانی که طول می‌کشد سبز شدن کلزا به ۱۰ درصد بیشینهٔ خود در تیمار شاهد برسد در رقم‌های اُکاپی، زرفام و طلائیه به ترتیب ۲/۹۵، ۳/۶۷ و ۳/۱۱ روز در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور و ۶/۰۸، ۶/۴۱ و ۶/۲۲ روز در تاریخ کاشت ۲۴ مهر بود (جدول ۳). اعمال پیش‌تیمار در هر دو سطح پیش‌تیمار با آب و پیش‌تیمار با سولفات روی سبب کاهش مدت‌زمان سبز شدن (D10) در تاریخ‌های کاشت ۱۵ شهریور و ۲۴ مهر به‌ترتیب حدود ۱ و ۵ روز شد (جدول ۳). این کاهش مدت‌زمان سبز شدن در اثر پیش‌تیمار بذر را می‌توان به حفظ تعادل یونی و نیز ایجاد تعادل هورمونی گیاه در برابر تأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

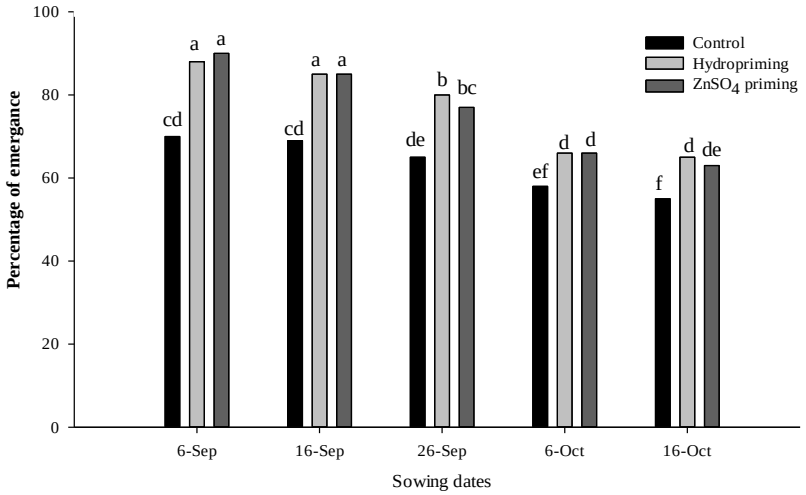
نامطلوب تأخیر کاشت نسبت داد. در همین راستا Gao *et al.* (2002) نیز اظهار داشتند که پیش‌تیمار با ABA می‌تواند سبب کاهش مدت‌زمان سبز شدن تا هفت روز نسبت به تیمار بدون پیش‌تیمار در شرایط دمای پایین ناشی از تأخیر کاشت در کلزا شود. آنان همچنین دلیل بهبود سبز شدن را به افزایش پراکسیداز و کالمودولین در تیمارهای در شرایط پیش‌تیمار نسبت دادند.. Soltani *et al.* (2009) بیان کردند که پیش‌تیمار بذر پنبه توانست در تاریخ‌های کاشت ۲ و ۱۵ اردیبهشت، ۳ و ۲۳ خرداد، ۱۸ تیر و ۱۶ مرداد مدت‌زمان لازم تا رسیدن به ۱۰ درصد سبز شدن را به ترتیب ۱۴، ۹، ۲۲، ۳۹، ۱۱ و ۱۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد.

مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن در همهٔ تیمارهای مورد بررسی با تأخیر در کاشت افزایش داشت که این افزایش در تیمار شاهد بیشتر بود (جدول ۳). رقم اُکاپی در تاریخ‌های ۱۵ شهریور و ۴ مهر واکنش بهتری به این فراسنجه نشان داد به‌طوری‌که در کاشت در تاریخ ۱۵ شهریور با پیش‌تیمار با آب و پیش‌تیمار با سولفات روی به ترتیب ۴۱ و ۳۸ درصد و تاریخ ۴ مهر نیز به ترتیب ۳۷ و ۳۸ درصد نسبت به تیمار شاهد توانست مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن را کاهش دهد (جدول ۳). رقم زرفام در تاریخ ۱۵ شهریور با پیش‌تیمار با آب و سولفات روی به ترتیب در ۴/۲۹ و ۴/۴۵ روز به ۵۰ درصد سبز شدن رسید درحالی‌که در تیمار شاهد تا ۷/۹۱ روز ادامه داشت. Farooq *et al.* (2006) با تحقیقی روی برنج نشان دادند که پیش‌تیمار بذرها با آب به‌مدت ۲۴ ساعت مدت‌زمان ۵۰ درصد سبز شدن را ۵۷/۱۴ درصد کاهش داد. کاهش مدت‌زمان تا ۵۰ درصد سبز شدن به میزان ۲۰/۱۴ درصد به‌واسطهٔ سولفات روی در بذرهای عدس نیز گزارش شده است (Aboutalebian & Mohagheghi, 2015). بیشترین طول مدت‌زمان برای رسیدن به۵۰ درصد سبز شدن در تیمار شاهد و در تاریخ ۲۴ مهر مشاهده شد ولی پیش‌تیمار با آب و سولفات روی در همین تاریخ نسبت به بدون پیش‌تیمار در حدود ۲۲ درصد مدت‌زمان را کاهش دادند. رقم طلائیه واکنش ضعیف‌تری به ۵۰ درصد سبز شدن داشت، به‌طوری‌که در تاریخ ۲۴ مهرماه مدت‌زمان لازم برای رسیدن ۵۰ درصد سبز شدن در تیمارهای شاهد، پیش‌تیمار با آب و پیش‌تیمار با سولفات روی به ترتیب ۱۰/۲۷، ۸/۷۷ و ۸/۸۴ روز بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن با تأخیر در کاشت به دلیل کاهش دما باشد (شکل ۱). Livingston & de Jong (1990) گزارش کردند که در کلزا زمان تا ۵۰ درصد سبز شدن با کاهش دما افزایش یافت. به نظر می‌رسد تأثیر سودمند پیش‌تیمار با غلظت بهینهٔ سولفات روی و پیش‌تیمار با آب ممکن است به‌واسطهٔ نقش آن در تسریع و بهبود سبز شدن از یک‌سو و افزایش طویل شدن و تقسیم یاخته‌ای در گیاهچه تولیدی از سوی دیگر باشد.

نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۳ نشان داد که در ۹۰ درصد سبز شدن همانند ۱۰ و ۵۰ درصد سبز شدن، پیش‌تیمار بذر به‌خوبی توانست در هر سه رقم و در همهٔ تاریخ‌های کاشت، مدت‌زمان لازم برای سبز شدن کلزا را نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد. Soltani *et al.* (2009) اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر پنبه توانست مدت‌زمان لازم برای سبز شدن ۹۰ درصد را نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد. Gusta *et al.* (2004) نیز با به‌کارگیری روش پیش‌تیمار در یک آزمایش دو ساله روی کلزا بیان داشتند که مدت‌زمان لازم برای ۹۰ درصد سبز شدن در دو تاریخ مطلوب و تأخیر یک‌ماهه برابر بود. بهترین تیمار در همهٔ تاریخ‌های کاشت در رقم‌های اُکاپی تحت پیش‌تیمار با سولفات روی به دست آمد، به‌طوری‌که مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا سبز شدن کلزا به ۹۰ درصد بیشینهٔ خود برسد در تاریخ‌های ۱۵ و ۲۵ شهریور، ۴، ۱۴ و ۲۴ مهرماه به ترتیب ۷/۰۸، ۷/۴۵، ۷/۸۶، ۸/۲۲ و ۸/۳۸ روز بود (جدول ۳). درحالی‌که این فراسنجه در تیمار شاهد رقم اُکاپی، تاریخ کاشت ۱۵ شهریور و ۲۴ مهر به ترتیب به ۹/۸۴ و ۹/۸ روز نیاز دارد. درواقع می‌توان ادعا کرد که ویژگی جبران‌کنندگی نسبی تیمارهای تحت اعمال می‌تواند نقصان تأخیر در سبز شدن را به کمینه برساند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. اثر متقابل تاریخ کاشت و پیش‌تیمار بذر بر درصد سبز شدن کلزا

Figure 2. Interaction between sowing date and seed priming on emergence percent of canola

جدول ۲. اثر متقابل تاریخ کاشت، پیش‌تیمار بذر و رقم‌های کلزا بر سرعت سبز شدن

Table 2. Interaction between sowing date, seed priming and canola cultivars on emergence rate

Sowing dates	Emergence rate (day)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	0.184±0.006*	0.211±0.001	0.237±0.008	0.187±0.01	0.212±0.006	0.224±0.006	0.17±0.009	0.196±0.003	0.205±0.009
16-Sep	0.164±0.01	0.195±0.02	0.207±0.007	0.123±0.004	0.199±0.015	0.202±0.005	0.143±0.004	0.196±0.002	0.204±0.004
26-Sep	0.14±0.001	0.185±0.005	0.186±0.002	0.158±0.005	0.172±0.002	0.179±0.002	0.156±0.002	0.169±0.011	0.174±0.008
6-Oct	0.12±0.004	0.157±0.003	0.162±0.003	0.137±0.005	0.159±0.004	0.157±0.005	0.14±0.01	0.154±0.0009	0.15±0.004
16-Oct	0.109±0.008	0.145±0.009	0.149±0.1	0.108±0.011	0.146±0.011	0.141±0.009	0.1±0.01	0.14 ± 0.033	0.138±0.025

* Standard error (SE) * خطای استاندارد (SE)

جدول ۳. اثر متقابل تاریخ کاشت، پیش‌تیمار بذر و رقم‌های کلزا بر مدت‌زمان لازم برای رسیدن ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد بیشینه درصد سبز شدن

Table 3. Interaction between sowing date, seed priming and canola cultivar on the time it takes to reach 10, 50 and 90 percent of maximum emergence percent

Sowing dates	D10 (day)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	2.95±1.79*	1.03 ± 0.01	1.12 ± 0.09	3.67 ± 1.39	0.97 ± 0.05	1.07 ± 0.12	3.11±0.39	1.36 ± 0.2	1.47 ± 0.18
16-Sep	3.3 ± 0.76	1.54 ± 0.38	1.44 ± 0.11	3.71 ± 0.79	1.6 ± 0.53	1.33 ± 0.17	3.41± 0.44	1.42 ± 0.15	1.52 ± 0.07
26-Sep	4.56 ± 1.12	2.38 ± 0.18	2.31 ± 0.1	3.88 ± 0.54	2.44 ± 0.14	2.57 ± 0.36	3.76± 0.29	1.46 ± 0.19	1.85 ± 0.04
6-Oct	5.62 ± 0.13	4.52 ± 0.03	4.45 ± 0.06	5.68 ± 0.41	4.54 ± 0.16	4.53 ± 0.08	5.43± 0.11	4.63 ± 0.21	5.06 ± 0.12
16-Oct	6.08 ± 0.07	5.26 ± 0.58	5.22 ± 0.39	6.41 ± 0.44	5.44 ± 0.52	5.51 ± 0.57	6.22± 0.34	5.28 ± 0.33	5.74 ± 0.39
Sowing dates	D50 (day)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	7.44 ± 0.37	4.32 ± 0.03	4.61 ± 0.19	7.91 ± 0.61	4.29 ± 0.13	4.45 ± 0.12	7.96 ± 0.6	4.87 ± 0.07	4.85 ± 0.21
16-Sep	7.96 ± 0.49	5.17 ± 0.67	4.83 ± 0.17	8.1 ± 0.29	5.04 ± 0.42	4.95 ± 0.11	8.11±0.24	5.09 ± 0.05	4.88 ± 0.11
26-Sep	8.66 ± 0.08	5.41 ± 0.16	5.36 ± 0.08	8.25 ± 0.29	5.8 ± 0.09	5.56 ± 0.05	8.41±0.09	5.94 ± 0.4	5.74 ± 0.28
6-Oct	8.9 ± 0.22	6.36 ± 0.12	6.16 ± 0.11	8.29 ± 0.27	6.28 ± 0.17	6.33 ± 0.2	8.79±0.49	6.48 ± 0.41	6.63 ± 0.11
16-Oct	8.98 ± 0.19	6.94 ± 0.17	6.89 ± 0.01	8.81 ± 0.16	6.79 ± 0.27	6.86 ± 0.24	8.98 ± 0.38	7.26 ± 0.63	7.18 ± 0.07
Sowing dates	D90 (day)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	9.27 ± 0.03	7.17 ± 0.13	7.08 ± 0.06	9.1 ± 0.53	7.51 ± 0.51	7.84 ± 0.23	9.55± 0.38	7.49 ± 0.17	7.96 ± 0.16
16-Sep	9.69 ± 0.18	7.36 ± 0.73	7.45 ± 0.06	9.67 ± 0.03	7.96 ± 0.02	8.07 ± 0.09	9.91± 0.36	7.94 ± 0.13	8.25 ± 0.23
26-Sep	9.86 ± 0.1	7.55 ± 0.17	7.86 ± 0.28	9.8 ± 0.24	8.71 ± 0.19	8.67 ± 0.22	9.14± 0.14	8.01 ± 0.27	8.68 ± 0.19
6-Oct	9.38 ± 0.37	8.14 ± 0.22	8.22 ± 0.26	10.06 ± 0.34	8.49 ± 0.03	8.17 ± 0.41	9.57± 0.16	8.19 ± 0.21	8.71 ± 0.15
16-Oct	9.82 ± 0.41	8.86 ± 0.42	8.38 ± 0.07	10.43 ± 0.4	9.1 ± 0.15	8.67 ± 0.46	10.27±0.36	8.77 ± 0.12	8.84 ± 0.13

* Standard error (SE) * خطای استاندارد (SE)

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های ریشه

وزن تر و خشک ریشه

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و پیش‌تیمار بذر بر وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). وزن تر و خشک ریشه در هر سه رقم مورد بررسی پاسخ به نسبت همسانی به تاریخ‌های مختلف کاشت و اعمال پیش‌تیمارهای بذر از خود نشان داد. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۵ مشاهده شد که بیشترین وزن تر و خشک ریشه در هر سه رقم مربوط به تاریخ ۱۵ شهریور بود، به‌طوری‌که وزن تر و خشک در رقم اُکاپی به ترتیب با ۶/۸۷ و ۲/۱۲ گرم در پیش‌تیمار با سولفات روی و همچنین در رقم‌های زرفام به ترتیب با ۵/۳۸ و ۱/۶۶ گرم و در رقم طلائیه نیز به ترتیب با ۵/۳۸ و ۲ گرم با اعمال پیش‌تیمار با آب به دست آمد. با توجه به کاهش وزن ریشه در اثر تأخیر در کاشت کلزا می‌توان اظهار داشت که روند تخصیص مواد نورساختی به ریشه با تاریخ کاشت همبستگی دارد. تأخیر در کاشت ظرفیت تولید مادهٔ خشک را در گیاهان کاهش می‌دهد (Vafadar *et al.*, 2008). در این رابطه Foti *et al.* (2002) در نتایج بررسی خود نشان دادند، کاهش وزن ریشهٔ گیاهچه در شرایط آزمایشگاهی تحت دمای پایین معیار خوبی برای استقرار ضعیف برای یونجه و بیشتر بقولات دانه‌ای در شرایط تأخیر کاشت و کاهش دما خواهد بود.

در تاریخ‌های ۲۵ شهریور، ۴ و ۱۴ مهر با وجود کاهش وزن تر و خشک ریشه نسبت به تاریخ ۱۵ شهریور، ولی مشاهده شد که به‌کارگیری پیش‌تیمار بذر در رقم‌های مورد بررسی سبب افزایش وزن تر و خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. با توجه به این نتایج می‌توان این‌طور استنباط کرد که در شرایط بهینهٔ رشدی (تاریخ ۱۵ شهریور) نظام ریشه خود را در جهت جذب بیشتر آب و تکمیل رشد رویشی توسعه می‌دهد اما به‌محض رویارویی با شرایط سخت تنش (۲۴ مهر)، تولیدهای نورساختی کلزا به رشد اندام‌های هوایی اختصاص می‌یابد. Rezaee *et al.* (2014) در نتایج بررسی خود گزارش کردند، بذرهای پیش‌تیمارشده در مقایسه با بذرهای شاهد به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن تر و خشک ریشهٔ پنبه شد. بررسی روی گیاهچهٔ کلزا نشان داد که پیش‌تیمارهای با آب و اسمز (هیدرو و اسموپرایمینگ) سبب افزایش وزن خشک ریشه‌چه می‌شود (Salehi *et al.*, 2010). به نظر می‌رسد دلیل افزایش زیست‌تودهٔ (بیوماس) ریشه در تیمارهای تحت پیش‌تیمار را می‌توان به افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد نسبت داد. بدین ترتیب می‌توان اظهار داشت که به‌کارگیری پیش‌تیمار با آب و سولفات روی در رقم‌های مورد بحث می‌تواند تا حدی آسیب ناشی از تأخیر کاشت کلزا را که یکی از عامل‌های اصلی استقرار ضعیف گیاهچه‌های کلزای زمستانه در آغاز رویش در مزرعه و کاهش میزان رشد و عملکرد دانهٔ آن در مناطق تحت کشت این گیاه زراعی است را بهبود بخشید. البته باید این نکته را در نظر داشت که پایش زیست‌تودهٔ ریشه ملاک مناسبی برای بررسی‌های ریشه و پاسخ آن به عامل‌های محیطی به شمار می‌آید. این ویژگی می‌تواند به‌عنوان یک شاخص اساسی در برآورد ذخیرهٔ مواد نورساختی در گیاه است (Manske & Vlek, 2002). بااین‌حال، وزن ریشه ویژگی مناسبی برای توجیه میزان فعالیت و یا جذب توسط ریشه نیست، زیرا ریشه‌های موئین درحالی‌که ممکن است فعال‌ترین بخش ریشه باشند ولی از نظر وزنی، بخش ناچیزی از کل وزن ریشه را تشکیل می‌دهند (Eshghizadeh *et al.*, 2011). در تاریخ کاشت ۲۴ مهر اعمال پیش‌تیمار بذر رقم‌های اُکاپی و زرفام سبب افزایش بسیار جزئی وزن تر و خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد و همچنین در بررسی رقم طلائیه در همین تاریخ مشاهده شد عملکرد وزن تر و خشک ریشه در هر دو سطح پیش‌تیمار بذر کمتر از تیمار شاهد بود. بنابراین می‌توان اظهار داشت که هر دو سطح پیش‌تیمار بذر در این گیاه در تأخیر کاشت تا ۲۴ مهر بدون راهبرد لازم برای افزایش زیست‌تودهٔ ریشه است. به‌احتمال علت کاهش وزن ریشه در تاریخ ۲۴ مهر می‌تواند به دلیل کاهش دما (شکل ۱) و به دنبال کاهش عنصرهای غذایی در این تاریخ باشد. بنابر نظر Ehdaie *et al.* (2010) همبستگی منفی بین زیست‌تودهٔ ریشه با جذب عنصرهای ریزمغذی وجود

www.SID.ir

Archive of SID

دارد، به‌طوری‌که با کاهش دمای خاک جذب عنصرهای ریزمغذی در خاک مختل می‌شود که نتیجهٔ آن کاهش زیست‌تودهٔ تولیدی ریشه است.

طول ریشه

نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و پیش‌تیمار بذر بر طول ریشه معنی‌دار است (جدول ۴). در همهٔ تاریخ‌های کاشت، بذرهای پیش‌تیمارشده هر سه رقم طول ریشهٔ بیشتری نسبت به بذرهای شاهد داشتند. Entesari *et al.* (2013) در نتایج بررسی خودروی لوبیا اظهار داشتند که ترکیب تیماری تریکودرما هارزیانوم با پیش‌تیمار سولفات روی (غلظت ۳۰۰ قسمت در میلیون و مدت‌زمان ۱۸ ساعت) بیشترین طول ریشه‌چه را داشت به‌طوری‌که این شاخص را نسبت به شاهد ۵۷ درصد افزایش داد. Imran *et al.* (2013) نیز در نتایج بررسی اثر پیش‌تیمارهای با آب و عنصرهای ریزمغذی مانند آهن و ترکیب سولفات روی و منگنز عنوان کردند که طول ریشهٔ گیاه ذرت پنج هفته پس از کاشت به ترتیب ۷۴، ۱۷۶ و ۱۸۳ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد نشان داد. باوجود کاهش وزن ریشه در اثر تأخیر در کاشت در همهٔ رقم‌های مورد بررسی با مدیریت پیش‌تیمار و بدون پیش‌تیمار قابل پیش‌بینی بود که طول ریشه نیز کاهش یابد. با توجه به شکل ۱ می‌توان علت کاهش طول ریشه را به کاهش دمای محسوس در عمق ۵ و ۱۰ سانتی‌متری خاک نسبت داد. برخی محققان بر این باورند که کاهش دمای خاک به‌طور محسوسی سبب کاهش طول ریشه می‌شود، آن‌ها دلیل این ادعای خود را به کاهش جذب عنصرهای ریزمغذی خاک در دمای پایین عنوان کردند (Imran *et al.*, 2013). بذرهای کاشته شده تاریخ ۱۵ و ۲۵ شهریور در مقایسه با دیگر تاریخ‌های کاشت در هر سه رقم و با پیش‌تیمار بذر بیشترین طول ریشه را داشتند. به‌طوری‌که طول ریشه در تاریخ ۱۵ و ۲۵ شهریور به ترتیب با ۵۷ و ۴۸ درصد در رقم اُکاپی، ۳۷ و ۴۱ درصد در رقم زرفام و ۵۰ و ۵۴ درصد در رقم طلائیه نسبت به تیمار شاهد برتری نشان داد (جدول ۵). تاریخ کاشت نامناسب انتهای فصل یعنی تاریخ کاشت پنجم (۲۴ مهر) با پیش‌تیمارهای با آب و سولفات روی به ترتیب ۷ و ۱۰ درصد در رقم اُکاپی، ۱۸ و ۲۳ درصد در رقم زرفام و ۳۲ و ۳۵ درصد نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش طول ریشه رشد (جدول ۵).

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های ریشهٔ رقم‌های کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت با تیمارهای پیش‌تیمار بذر

Table 4. Analysis of variance (mean squares) for root characteristics of canola cultivars under different sowing dates and seed priming treatments

Source of variation	d.f	RFW	RDW	RL	RV	RA	RD
Block	2	0.34	0.03	0.09	1.58	8.28	0.012
Sowing date (SD)	4	69.62 **	6.67 **	157.46 **	317.04 **	2776.86 **	0.38 **
Error (a)	8	0.24	0.023	0.27	1.11	7.26	0.0039
Cultivars (C)	2	0.59 **	0.057 n.s	0.21 n.s	2.69 *	7.37 n.s	0.01 n.s
Priming (P)	2	48.64 **	4.65 **	40.82 **	221.51 **	430.84 **	0.33 **
SD × C	8	0.64 **	0.061 **	0.19 n.s	2.92 **	11.00 n.s	0.024 **
SD × P	8	11.54 **	1.11 **	3.62 **	52.54 **	267.19 **	0.099 **
C × P	4	4.72 **	0.45 **	0.5 n.s	21.5 **	63.72 **	0.12 **
SD × C × P	16	1.57 **	0.15 **	1.14 **	7.16 **	26.17 **	0.041 **
Error	80	0.19	0.018	0.25	0.86	5.59	3.56

* و ** معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، RFW = وزن تر ریشه، RDFW = وزن خشک ریشه، RL = طول ریشه، RV = حجم ریشه، RA = سطح ریشه، RD = سطح ریشه.

* and ** Significance at 0.05 and 0.01 probability level; RFW= root fresh weight, RDW= root dry weight, RL= root length, RV= root volume, RA= root area, RD= root diameter.

حجم ریشه

تجزیهٔ واریانس حجم ریشه نشان داد که متقابل سه گانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول۴). در این آزمایش هر سه رقم در پیش‌تیمار بذر از نظر حجم ریشه به شکل مؤثری توانست عارضه‌های ناشی از تأخیر در کاشت را پاسخ دهد. تجزیه‌وتحلیل آماری این شاخص، تفاوت شایان‌توجه آن را در تیمارهای مورد آزمایش آشکار ساخت.

www.SID.ir

Archive of SID

بالاترین حجم ریشه در رقم اُکاپی در تاریخ‌های ۱۵ و ۲۵ شهریور به ترتیب با ۱۴/۶۷ و ۱۰/۴۲ سانتی‌متر مکعب در مدیریت پیش‌تیمار بذر با سولفات روی و به ترتیب با ۱۰/۷۸ و ۱۰/۵۸ سانتی‌متر مکعب در پیش‌تیمار با آب به دست آمد (جدول ۶). حجم ریشهٔ رقم اُکاپی در تاریخ‌های ۴، ۱۴ و ۲۴ مهر به‌ترتیب ۳۸، ۶۱ و ۷۱ درصد در تیمار پیش‌تیمار با آب و به ترتیب ۵۱، ۶۷ و ۴۷ درصد در پیش‌تیمار با سولفات روی سبب حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول۶). بالاترین حجم ریشه در رقم زرفام در همهٔ تاریخ‌های کاشت با مدیریت پیش‌تیمار با آب به دست آمد. اگرچه تأخیر کاشت از ۱۵ شهریور (۱۱/۴۸ سانتی‌متر مکعب) به ۲۴ مهر (۰/۲۴ سانتی‌متر مکعب) سبب کاهش معنی‌دار حجم ریشه رقم زرفام شد ولی کشت این رقم در تاریخ ۲۴ مهر سبب افزایش ۴ برابری نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین بیشترین حجم ریشه در رقم طلائیه همانند رقم اُکاپی در همهٔ تاریخ‌های کاشت در پیش‌تیمار بذر با سولفات روی به دست آمد، به‌طوری‌که در تاریخ‌های ۱۵ شهریور تا ۲۴ مهر به ترتیب ۱۰/۷۳، ۸/۹۲، ۵/۸۹، ۱/۶۱ و ۰/۰۹۲ سانتی‌متر مکعب بود که سبب افزایش محسوس نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۶).

سطح ریشه

نتایج تجزیهٔ واریانس سطح ریشه نشان داد که متقابل سه گانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسهٔ میانگین سطح ریشه گویای آن است که تأخیر در کاشت کلزا در همهٔ تیمارها سبب کاهش محسوس این صفت شد، به‌طوری‌که بالاترین سطح ریشه در تاریخ‌های ۱۵ و ۲۵ شهریور به ترتیب با ۳۶/۷۹ و ۲۵/۵۹ سانتی‌متر مربع در رقم اُکاپی، ۳۳/۹۱ و ۲۵/۶۵ سانتی‌متر مربع در رقم زرفام و ۳۰/۱۴ و ۲۳/۷۱ سانتی‌متر مربع در رقم طلائیه با پیش‌تیمار بذر با سولفات روی به دست آمد (جدول۶). با توجه به این‌که دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در تاریخ‌های کاشت اول و دوم به‌ترتیب ۲۳/۲ و ۲۳ درجهٔ سلسیوس است درحالی‌که دمای خاک در این عمق در تاریخ‌های ۴، ۱۴ و ۲۴ مهر به‌ترتیب ۲۰، ۱۸/۴ و ۱۵/۶ درجهٔ سلسیوس بود، بنابراین افزایش سطح ریشه در تاریخ‌های اول و دوم را می‌توان با دمای بالاتر خاک توجیه کرد (شکل ۱). برخی محققان دماهای پایین را عاملی مهمی در کاهش سطح ریشه و جذب عنصرهای غذایی عنوان کردند (Salisbury & Ross, 1992; Pregitzer & King, 2005). همچنین Gregory (2006) نیز در این رابطه اظهار داشت که بالاترین توسعهٔ ریشهٔ کلزا در محدودهٔ دمایی ۳۲-۲۰ درجهٔ سلسیوس به دست می‌آید. در تاریخ‌های ۴، ۱۴ و ۲۴ مهر در رقم‌های اُکاپی و زرفام پیش‌تیمار سبب افزایش سطح ریشه نسبت به تیمار شاهد شد که این افزایش در پیش‌تیمار بذر با سولفات روی بیشتر از پیش‌تیمار با آب بود. ولی نتایج به‌دست‌آمده مؤید آن است که بالاترین سطح ریشه در رقم زرفام در تاریخ‌های ۴، ۱۴ و ۲۴ مهر به‌ترتیب ۱۳/۹۸، ۱۰/۸۸ و ۱/۵۲ سانتی‌متر مربع در تیمار پیش‌تیمار با آب مشاهده شد (جدول ۶).

قطر ریشه

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر متقابل سه گانه بر قطر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طورکلی نتایج مقایسهٔ میانگین در جدول ۶ نشان داد که تأخیر در کاشت سبب کاهش قطر ریشه در هر سه رقم و با اعمال پیش‌تیمار بذر بود. به‌رغم کاهش قطر ریشه در اثر تأخیر در کاشت ولی نتایج نشان داد که هر سه رقم مورد بررسی با پیش‌تیمار بذر سبب افزایش قطر ریشه در هر پنج تاریخ کاشت نسبت به تیمار شاهد شد. در همین زمینه بیان شد که اعمال پیش‌تیمار بذر ذرت شیرین سبب افزایش قطر ریشه می‌شود (Shahriari *et al.*, 2014). تفاوت رفتاری رقم اُکاپی با رقم‌های دیگر بیانگر آن است که در همهٔ تاریخ‌های کاشت با سطوح پیش‌تیمار قطر ریشه در این رقم بالاتر بود. بررسی قطر ریشه نشان داد که این صفت در رقم‌های اُکاپی و زرفام در همهٔ تاریخ‌های با مدیریت پیش‌تیمار با سولفات روی بالاتر از پیش‌تیمار با آب بود. ولی نتایج رقم طلائیه بیانگر آن است که قطر ریشه با پیش‌تیمار با آب بالاتر از پیش‌تیمار بذر با سولفات روی بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. اثر متقابل تاریخ کاشت، پیش‌تیمار بذر و رقم‌های کلزا بر وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه

Table 5. Interaction between sowing date, seed priming and canola cultivars on root fresh weight, root dry weight and root length

Sowing dates	Root fresh weight (g)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	0.89±0.06*	5.05 ± 0.39	6.87 ± 0.51	1.31± 0.15	5.38 ± 0.22	4.73 ± 0.6	0.57± 0.05	6.48 ± 0.42	4.56 ± 0.39
16-Sep	1.05± 0.08	3.55 ± 0.59	4.88 ± 0.21	0.54± 0.06	4.26 ± 0.69	2.5 ± 1.43	0.54± 0.03	4.11 ± 0.35	2.77 ± 0.99
26-Sep	1.01 ± 0.28	1.44 ± 0.11	1.46 ± 0.57	0.22± 1.02	1.72 ± 0.02	0.69 ± 0.18	0.63± 0.12	1.63 ± 0.07	1.41 ± 0.25
6-Oct	0.25 ± 0.04	0.42 ± 0.08	1.03 ± 1.36	0.14± 0.01	0.87 ± 0.15	0.37 ± 0.09	0.32± 0.11	0.4 ± 0.1	0.62 ± 0.04
16-Oct	0.03±0.005	0.05 ± 0.006	0.04± 0.008	0.06±0.007	0.09 ± 0.07	0.07 ± 0.008	0.08± 0.11	0.04 ± 0.005	0.02 ± 0.006
Sowing dates	Root dry weight (g)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	0.47 ± 0.02	1.56 ± 0.12	2.12 ± 0.15	0.4 ± 0.04	1.66 ± 0.06	1.46 ± 0.18	0.17 ± 0.01	2.00 ± 0.13	1.41 ± 0.12
16-Sep	0.32 ± 0.02	1.1 ± 0.18	1.51 ± 0.06	0.16 ± 0.02	1.31 ± 0.21	0.77 ± 0.44	0.16 ± 0.01	1.27 ± 0.11	0.85 ± 0.3
26-Sep	0.31±0.08	0.13 ± 0.03	0.72 ± 0.17	0.03±0.006	0.83 ± 0.31	0.21 ± 0.05	0.1 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.56 ± 0.07
6-Oct	0.08±0.01	0.13 ± 0.02	0.56 ± 0.42	0.02±0.004	0.58 ± 0.04	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.18 ± 0.03	0.12 ± 0.01
16-Oct	0.01± 0.001	0.02 ± 0.002	0.02± 0.002	0.01±0.002	0.035 ± 0.02	0.02± 0.002	0.025±0.03	0.013 ± 0.001	0.01± 0.001
Sowing dates	Root length (cm)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	7.72 ± 0.47	12.17 ± 0.7	11.57± 0.64	7.91 ± 0.25	11.7 ± 0.41	10.05± 0.43	7.62 ± 1.22	11.49 ± 0.5	10.43± 0.84
16-Sep	7.18 ± 0.75	10.68 ± 0.86	10.62± 0.29	7.68 ± 0.45	10.86 ± 0.58	9.45 ± 0.5	7.16 ± 0.6	11.08 ± 0.71	10.02± 0.52
26-Sep	6.33 ± 0.74	7.1 ± 0.17	7.76 ± 0.49	6.84 ± 0.18	7.46 ± 0.69	8.45 ± 0.36	6.45 ± 0.31	7.58 ± 0.28	7.38 ± 0.68
6-Oct	5.78 ± 0.58	6.37 ± 0.32	6.15 ± 0.11	4.7 ± 0.24	5.7 ± 0.21	5.86 ± 0.28	5.99 ± 0.34	6.49 ± 0.24	7.31 ± 0.21
16-Oct	3.62 ± 0.1	3.87 ± 0.66	3.99 ± 0.42	3.27 ± 0.11	3.87 ± 0.16	4.05 ± 0.11	3.24 ± 0.06	4.28 ± 0.23	4.39 ± 0.13

* Standard error (SE)

* خطای استاندارد (SE)

جدول ۶. اثر متقابل تاریخ کاشت، پیش‌تیمار بذر و رقم‌های کلزا بر حجم ریشه، سطح ریشه و قطر ریشه

Table 6. Interaction between sowing date, seed priming and canola cultivar on root volume, root area and root diameter

Sowing dates	Root volume (cm^3)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	3.91 ± 0.14*	10.78 ± 0.84	14.67±1.1	2.8±0.33	11.48 ± 0.47	10.01±1.2	1.21 ± 0.1	9.83 ± 0.91	10.73 ± 0.84
16-Sep	2.24 ± 0.18	7.58 ± 1.26	10.42±0.44	1.15±0.13	9.09 ± 1.49	5.35±2.07	1.15 ± 0.08	7.77 ± 0.76	8.82 ± 1.12
26-Sep	2.16 ± 0.61	2.95 ± 0.25	3.27 ± 1.22	0.27±0.04	6.67 ± 1.19	1.47 ± 0.39	0.72 ± 0.27	1.92 ± 0.16	5.89 ± 0.54
6-Oct	0.55±0.09	0.89 ± 0.17	0.92 ± 1.92	0.3±0.03	3.13 ± 0.32	0.8 ± 0.19	0.33±0.24	1.3 ± 0.21	1.61±0.08
16-Oct	0.064±0.011	0.11 ± 0.014	0.09 ± 0.017	0.061±0.014	0.24 ± 0.16	0.1 ± 0.1	0.017±0.25	0.065 ± 0.01	0.092±0.01
Sowing dates	Root area (cm^2)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	11.42 ± 0.92	35.24 ± 1.73	36.79± 1.99	12.73 ± 0.95	31.47 ± 1.57	33.9 ±1.81	8.38 ± 1.48	29.41 ± 1.4	30.14± 2.01
16-Sep	10.09 ± 1.37	24.85 ± 1.71	25.59± 0.98	8.25 ± 0.89	25.85 ± 1.39	23.65±3.04	7.77 ± 1.04	21.33 ± 0.83	23.71± 1.6
26-Sep	7.96 ± 1.97	9.08 ± 1.38	9.44 ± 0.94	2.51 ± 1.76	13.98 ± 0.31	7.97 ± 1.53	4.67 ± 1.46	6.45 ± 1.06	15.03± 0.81
6-Oct	5.5 ± 1.66	6.16 ± 0.86	8.51 ± 0.88	2.93 ± 1.92	10.88 ± 0.3	5.36 ± 0.84	5.78 ± 0.9	6.38 ± 1.03	6.79 ± 0.84
16-Oct	0.7 ± 0.62	1.38 ± 0.12	0.92 ± 0.37	0.45 ± 0.29	1.52 ± 0.15	1.04 ± 0.6	0.63 ± 0.15	1.23 ± 0.16	0.67 ± 0.67
Sowing dates	Root diameter (cm)								
	Okapi			Zarfam			Talayeh		
	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming	Control	Hydropriming	$ZnSO_4$ priming
6-Sep	0.19 ± 0.007	0.55 ± 0.0039	0.66± 0.019	0.18±0.019	0.39 ± 0.0047	0.42±0.028	0.11±0.015	0.48±0.0036	0.39±0.011
16-Sep	0.13 ± 0.008	0.34 ± 0.011	0.65± 0.051	0.07±0.001	0.26 ± 0.035	0.028±0.13	0.09±0.006	0.28±0.01	0.27±0.08
26-Sep	0.09 ± 0.025	0.26 ± 0.02	0.53± 0.066	0.04±0.003	0.18 ± 0.12	0.22±0.02	0.07±0.021	0.017±0.007	0.15±0.037
6-Oct	0.04 ± 0.024	0.17 ± 0.008	0.37± 0.27	0.05±0.004	0.09 ± 0.024	0.18±0.013	0.04±0.003	0.15±0.012	0.12±0.025
16-Oct	0.03 ± 0.002	0.083 ± 0.011	0.17± 0.008	0.039±0.011	0.044 ± 0.062	0.07±0.001	0.022±0.23	0.052±0.01	0.041±0.01

* Standard error (SE)

* خطای استاندارد (SE)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که تأخیر کاشت کلزا در هر سه رقم مورد بررسی از ۱۵ شهریور به ۲۴ مهرماه سبب کاهش صفات سبز شدن و ویژگی‌های ریخت‌شناختی ریشه‌ای می‌شود. ولی مشاهده شد که پیش‌تیمار بذر با آب و سولفات روی هر یک رقم‌های مورد بررسی، از راه افزایش درصد و سرعت سبز شدن موجب بهبود نظام ریشه‌ای همهٔ تاریخ‌های کاشت نسبت به تیمار شاهد شد. بنابراین پیش‌تیمار بذر کلزا می‌تواند اثر نامطلوب تأخیر در کشت و سرمازدگی این گیاه زراعی را تا حدودی جبران کند. لذا، می‌توان به کشاورزان توصیه کرد که از روش مدیریت زراعی ساده و ارزان‌قیمت پیش‌تیمار بذرها با آب معمولی یا محلول سولفات روی استفاده کنند.

REFERENCES

1. Aboutalebian, M. A., Zare Ekbatani, G. & Sepehri, A. (2012). Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars. *Annals of Biological Research*, 3(10), 4790-4796.
2. Aboutalebian, M. A. & Mohagheghi, A. (2015). Influence of different seed priming treatments on yield and yield components of lentil under terminal drought stress condition. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(15), 129-141.
3. Adegbuyi, E., Cooper, S. R. & Don, R. (1981). Osmotic priming of some herbage grass seeds using polyethylene glycol (PEG). *Seed Science and Technology*, 9, 867-878.
4. Aghel, H. & Zoghi, M. (2009). Evaluation of the main barriers for extension of rapeseed production in Khorasan province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(2), 505-514. (in Farsi)
5. Ali, I.A., Kafkafi, U., Yamaguchi, I., Sugimoto, Y. & Inanaga, S. (1997). Gibberellin, cytokinins, nitrate content and rate of water transport in the stem in response to root temperature. *Soil Science and Plant Nutrition*, 43, 1085-1090.
6. Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M. & Rasoulzadeh, A. (2013). Effect of water deficit stress on root morphological characters in sesame cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(4), 151-172. (in Farsi)
7. Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y. & Kolsarici, O. (2006). Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24, 291-295.
8. Ehdaie, B. Merhaut, D. J., Ahmadian, S., Hoops, A. C., Khuong, T., Layne, A. P. & Waines, J. G. (2010). Root system size influences water-nutrient uptake and nitrate leaching potential in wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196, 455-466.
9. Entesari, M., Sharifzadeh, F., Dashtaki, M. & Ahmadzaeh, M. (2013). Effect of biopriming on the germination traits, physiological characteristics, antioxidant enzymes and control of *Rhizoctonia solani* of a bean cultivar, *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(1), 35-45. (in Farsi)
10. Eshghizadeh, H. R., Kafi, M. & Nezami, A. (2011). Effect of NaCl salinity on the pattern and rate of root development of blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.)**.** *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 2(5), 13-28. (in Farsi)
11. Fageria, N. K. (2011). *The Role of plant roots in crop production*. CRC Press.
12. FAOSTAT. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome,Italy. Available from: http://www.faostat.fao.org/.
13. Farooq, M., Basra, S. M. A., Khalid, M., Tabassum, R. & Mahmood, T. (2006). Nutrient homeostasis, metabolism of reserves, and seedling vigor as affected by seed priming in coarse rice. *Canadian Journal of Botany*, 84, 1196-1202.
14. Finch-Savage, W. E., Dent, K. C. & Clark, L. J. (2004). Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm priming (Pre-Sowing Seed Soak). *Field Crops Research*, 90, 361-374.
15. Foti, S., Cosentino, S. L., Patane, C. & Agosta, G. M. D. (2002). Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low temperatures. *Seed Science* and *Technology*, 30, 521-533.
16. Gallardo, K., Job, C., Groot, S. P. C., Puype, M., Demol, H., Vandekerckhove, J. & Job, D. (2001). Proteomic analysis of *Arabidopsis* seed germination and priming. *Plant Physiology*, 126, 835-848.
17. Gao, Y. P., Bonham-Smith, P. & Gusta, L. V. (2002). The role of peroxiredoxin and antioxidant and calmodulin in ABA-primed seeds of *Brassica napus* exposed to abiotic stresses during germination. *Plant Physiology*, 159, 951-958.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Ganjali, A., Kafi, M., Bagheri, A. R. & Shahriari Ahmadi, F. (2003). Allometric relationship for root and shoot characteristics of chickpea seedlings (*Cicer arietinum*). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 167-80.
19. Gregory, P. J. (2006). *Plant Roots: their growth, activity, and interaction with soils*. Blackwell Publishing.
20. Gusta, L. V. & Connor, B. J. O. (1998). Frost tolerance of wheat, oats, barley, canola and mustard and the role of ice-nucleating bacteria. *Canadian Journal of Plant Science*, 67, 1155-1165.
21. Gusta, L. V., Johnson, E. N. Nesbitt, N. T. & Kirkland, K. J. (2004). Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Canadian Journal of Plant Science*, 84, 463-471.
22. Harris, D., Rashid, A. & Miraj, G. (2008). On-farm seed priming with zinc in chickpea and wheat in Pakistan. *Plant Soil*, 306, 3-10.
23. Huang, B., Taylor, H. M. & McMichael, B. L. (1991). Effects of temperature on the development of metaxylem in primary wheat roots and its hydraulic consequences. *Annals of Botany*, 67, 63-166.
24. Imran, M., Mahmood, A., Romheld, V. & Neuman, G. (2013). Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*, 49, 141-148.
25. Jiriaie, M., Fateh, E. & Aynehband, A. (2014). Evaluation of Mycorrhiza and Azospirillum effect on some characteristics of wheat cultivars in establishment stage. *Electronic Journal of Crop Production*, 7(1), 45-62. (in Farsi)
26. Kerstin, A. N., Kastenholz, B., Jahnke, S., Dusschoten, D. V., Aach, T., Muhlich, M., Truhn, D., Scharr, H., Terjung, S., Walter, A. & Schurr, U. (2009). Temperature responses of roots: impact on growth, root system architecture and implications for phenotyping. *Functional Plant Biology*, 36, 947-959.
27. Kumar, D. (1997). *Crop response to abiotic stresses* (Vol 2). Scientific publishers Jodhpur, India.
28. Kumar, S., Nayyar, H., Bhanwara, R. K. & Upadhyaya, H. D. (2010). Chilling stress effects on reproductive biology of chickpea. *Journal of SAT Agricultural Research*, 8, 1-14.
29. Latifzadeh, M., Aboutalbian, M. A., Zavareh, M. & Rabiei, M. (2013). Effects of seed priming and sowing dates on seedling emergence, yield and yield components of a local genotype bean as a double crop in Rasht. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(1), 23-33.
30. Laware, S. L. & Raskar, S. (2014). Influence of zinc oxide nano particles on growth, flowering and seed productivity in onion. *International Journal of Current Microbiology Science*, 3(7), 874-881.
31. Livingston, N.J. & de Jong, E. (1990). Matric and osmotic effects on seedling emergence at different temperature. *Agronomy Journal*, 82, 995-998.
32. Manske, G. G. B. & Vlek, P. L. G. (2002). *Root architecture–wheat as a model plant*. PP. 249-259. In: Waisel, Y., Eshel, A. & Kafkafi, U. (Eds.), *Plant Roots*: The Hidden Half, Third Edition, Marcel Dekker, New York.
33. Mottaghi, S., Najafi Noori, S. M., Shiranirad, A. H., Hamidi, A. & Ghoshchi, F. (2014). Study on effect delayed sowing of mother plants on seed vigor of some spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars by standard germination test. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 1(2), 147-160. (in Farsi)
34. Nikzad, Kh. & Amooaghaie, R. (2013). The effects of priming on tomato seeds germination under suboptimal temperatures. *Journal of Plant Researches* (*Iranian Journal Biology*), 26(2), 226-237. (in Farsi)
35. Nouman, W., Maqsood, Sh., Basra, A., Yasmeen, A., Gull, T., Hussain, S. B., Zubair, M. & Gull, R. (2014). Seed priming improves the emergence potential, growth and antioxidant system of *Moringa oleifera* under saline conditions. *Plant Growth Regulation*, 73, 267-278.
36. Pregitzer, K. S. & King, J. S. (2005). Effects of soil temperature on nutrient uptake. In: Bassiri Rad, H. (Ed.), *Nutrient Acquisition by Plants: An Ecological Perspective*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
37. Rezaee, S., Ramzani Moghadam, M. R. & Barzegar, A. B. (2014). Cotton seed germination as affected by salinity and priming. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 5(1), 312-318.
38. Roodi, D., Amiri-Oghan, H. & Alizadeh, B. (2010). Evaluation of seed yield and related components of rapeseed winter cultivars under different sowing dates in Karaj Area-Iran. *Sustainable Agriculture and Production science*, 20(1), 143-151. (in Farsi)
39. Salehi, M., Tamaskani, F., Ehsani, M. & Arefi, M. (2010). Priming effect on germination and seedling growth of canola in comparison to nano silver treatment under salinity stress. *Journal on Plant Science Researches*, 16(4), 52-57. (in Farsi)
40. Salisbury, F. B. & Ross, C. W. (1992). *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company Inc., Belmont.

www.SID.ir

Archive of SID

41. Shahriari, A., Puteh, A. A., Saleh, G. B. & Rahim, A. B. (2014). Germination at low osmotic potential as a selection criterion for drought stress tolerance in sweet corn. *African Journal of Biotechnology*, 13(2), 294-300.
42. Shivankar, R. S., Deore, D. B. & Zode, N. G. (2003). Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. *Journal of Oilseeds Research*, 20, 299-300.
43. Singh, A., Dahiru, R., Musa, M. & Haliru, B. S. (2014). Effect of osmopriming duration on germination, emergence, and early growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in the Sudan Savanna of Nigeria. *International Journal of Agronomy*, 2, 1-4.
44. Solfjeld, I. & Johnsen, O. (2006). The influence of root-zone temperature on growth of *Betula pendula. Trees*, 20, 320-328.
45. Soltani, A. & Madah, V. (2010). *Simple applied programs for education and research in agronomy*. Iranian Society of Ecological Agriculture. Tehran. Iran. 80p. (in Farsi)
46. Soltani, A., Miri, A. A. & Ghaderifar, F. (2009). The effect of seed priming on emergence and yield of cotton at different sowing dates. *Journal of Plant Production*, 16(3), 163-174. (in Farsi)
47. Vafadar, L., Ebadi, A. & Sajed, K. (2008). Effects of sowing date and plant density on yield and some traits of sugar beet genotypes. *Electronic Journal of Crop Production*, 1(2), 103-120. (in Farsi)
48. Varier, A., Vari, A. K. & Dadlani, M. (2010). The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 99, 450-456.
49. Ye, Z., Bell, R. W., Dell, B., Huang, L. & Qiufang, X. (2006). Effect of root zone temperature on oilseed rape (*Brassica napus*) response to boron. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 2791-2803.
50. Zheng, G. H., Gao, Y. P., Wilen, R. W. & Gusta, L. V. (1998). Canola seed germination and seeding emergence from pre-hydrated and re-dried seeds subjected to salt and water stresses at low temperatures. *Annals of Applied Biology*, 132, 339-348.

www.SID.ir