به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۰۴۸-۱۰۳۵

تأثیر تغذیهٔ برگی سیلیکون بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیوشیمیایی رازیانه تحت شرایط کم‌آبیاری

حسن موسی‌پور یحیی‌آبادی[۱] و محمدرضا اصغری‌پور[۲*]

۱. کارشناس ارشد گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل
۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۱۴

چکیده

در این مطالعه، تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی سطوح مختلف سیلیکون بر عملکرد دانه، مقدار اسانس و خصوصیات فیزیوشیمیایی گیاه رازیانه ارزیابی شد. طرح آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه رژیم آبیاری شامل آبیاری در ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه به‌عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی سیلیکون در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میلی‌مولار) به‌عنوان عامل فرعی بود که در سه تکرار اجرا شد. این مطالعه در سال ۱۳۹۳ و در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل انجام گرفت. بیشترین درصد (۲/۴ درصد) و عملکرد اسانس رازیانه (۲۰/۶ لیتر در هکتار) از محلول‌پاشی ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. کم‌آبیاری سبب کاهش معنادار مقدار کلروفیل، کاروتنوئیدها و محتوای نسبی آب برگ شد، ولی مقدار نشت الکترولیتی در شرایط خشکی نسبت به تیمار شاهد افزایش دوبرابری نشان داد. تیمار ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط تنش، محتوای نسبی آب برگ، مقدار کلروفیل، آنتوسیانین، پرولین و قندهای محلول را به‌ترتیب ۳۸، ۳۰، ۳۸، ۱۲ و ۲۲ درصد افزایش و نشت الکترولیتی را ۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی سیلیکون از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و اسمولیت‌های محلول، همچنین محافظت در برابر خسارت نشت الکترولیتی توانایی گیاه رازیانه را در پاسخ به تنش خشکی بهبود بخشید و از این طریق، عملکرد دانه را در شرایط تنش شدید ۶۱ درصد افزایش داد.

کلیدواژه‌ها: اسانس، پرولین، سیلیکون، کلروفیل، کم‌آبیاری.

* نویسنده مسئول Email: m_asgharipour@uoz.ac.ir

۱. مقدمه

در گیاهان در معرض خشکی شدید، فعالیت دستگاه‌های فتوسنتزی صدمه می‌بیند یا مختل می‌شود و این امر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌انجامد [۲۱]. در این بین، استفاده از سازوکارهایی که به کاهش خسارت این تنش منتهی شود، می تواند مفید باشد. در همین زمینه، نقش برخی عناصر نظیر سیلیکون مورد توجه متخصصان تغذیهٔ گیاهی قرار گرفته است [۵]. سیلیکون دومین عنصر فراوان پوستهٔ زمین است که در محلول خاک به‌صورت مونوسیلیسیلیک اسید (H_4SiO_4) وجود دارد و با همین صورت توسط گیاهان جذب می‌شود [۱۷]. تا کنون سیلیکون به‌عنوان عنصر ضروری برای رشد گیاه درنظر گرفته نشده است، ولی این عنصر بر رشد و عملکرد گیاهانی نظیر گاوزبان [۲۹] و ژربرا [۲۲] تأثیر مثبت دارد. سیلیکون در زمان بروز تنش‌های محیطی، تأثیر مهمی در ایجاد تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان دارد [۲۸، ۲۵]. القای بهبود شرایط رشد گیاه توسط سیلیکون می‌تواند ناشی از تجمع سیلیکون در برگ‌ها، محدود کردن تعرق [۲۵]، محافظت از ساختارهای غشای پلاسمایی و بافت‌های گیاهی از رادیکال‌های آزاد به‌وسیلهٔ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تحریک فعالیت H^+-ATPase باشد [۲۴]. تحقیقات در زمینهٔ تنش خشکی و سیلیکون گیاه ذرت نشان داد که تیمار سیلیکون سبب افزایش عملکرد، محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد. علاوه‌بر آن، سیلیکون سبب افزایش نفوذپذیری غشای پلاسمایی و میزان فتوسنتز شد [۲۳].

گیاه رازیانه[1] از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی خانوادهٔ چتریان است که بیشتر به‌منظور استفاده از اسانس آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی کشت می‌شود [۷]. کشت این گیاه اسانس‌دار به‌تازگی در کشور افزایش یافته و در این زمینه، تحقیقات دربارهٔ این گیاه برای دستیابی به تولید زیاد با کیفیت مطلوب حائز اهمیت است [۶].

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر محلول‌پاشی سیلیکون بر محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، آنتوسیانین، قندهای محلول، پرولین، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، همچنین درصد و عملکرد اسانس رازیانه در شرایط کم‌آبیاری است.

۲. مواد و روش‌ها

بذرهای گیاه دارویی رازیانه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقهٔ طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقهٔ شمالی و ارتفاع ۴۹۸/۲ متر از سطح دریا اجرا شد. میانگین ۳۰ سالهٔ بارندگی ۵۸/۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه در این منطقه ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد است. این مزرعه در سال قبل زیر کشت گیاه گاوزبان اروپایی قرار گرفته بود. بافت خاک مزرعه از نوع شنی رسی بود؛ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در سال آزمایش قبل از کشت به شرح جدول ۱ است و خصوصیات آب آبیاری در طول دورهٔ آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اصلی کم‌آبیاری شامل آبیاری براساس نسبت‌های مختلفی از ظرفیت زراعی در سه سطح: شاهد، ملایم و شدید (به‌ترتیب در ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) و فاکتور فرعی نیز محلول‌پاشی سیلیکون در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میلی‌مولار) بود. در تحقیق حاضر از سیلیکون به‌شکل متاسلیکات سدیم ($Sigma\text{-}Na_2SiO_3$) استفاده شد.

1. *Foeniculum vulgar* Mill

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونهٔ خاک در کرت‌های آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته Acidity	مادهٔ آلی (٪)	نیتروژن (٪)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	آهن (ppm)	بافت خاک
۱/۹	۷/۶	۰/۶۳	۰/۰۴۷	۱۳۱	۱۸	۱/۸	۱/۳	۰/۸	لوم رسی

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در طول آزمایش

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	کلسیم (meq/L)	منیزیم (meq/L)	سدیم (meq/L)	پتاسیم (meq/L)	بی‌کربنات (meq/L)	کلر (meq/L)	سولفات (meq/L)
۱/۲۴	۷/۸۵	۳/۰۰	۴/۰۰	۵/۷۸	۰/۰۷	۵/۰۰	۴/۰۰	۳/۸۷

تنش خشکی از مرحلهٔ شش تا هشت‌برگی اعمال شد. ابتدا همهٔ کرت‌ها به‌طور یکسان و یکنواخت آبیاری شدند، سپس اقدام به برداشت نمونهٔ خاک از عمق توسعهٔ ریشه (از سطح خاک تا ۲۵ سانتی‌متر) شد و به‌صورت روزانه درصد رطوبت خاک تعیین شد. در حالت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مقدار رطوبت خاک ۱۸/۵ درصد وزن خشک خاک بود. برای اعمال تیمارها از روش وزنی و دستگاه TDR[1] همزمان استفاده شد. هر کرت آزمایش شامل ۵ ردیف ۳ متری بود؛ فاصلهٔ بین ردیف‌های کاشت ۴۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ هر دو بوته روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود و بر روی هر ردیف کشت ۱۰ بوته رازیانه قرار داشت. کاشت بذور در ۱۰ اسفند ۱۳۹۲ صورت گرفت. محلول‌پاشی سیلیکون طی دو مرحلهٔ ۱. رشد رویشی (۳۰ فروردین) و ۲. اوایل رشد زایشی (۳۰ خرداد ۱۳۹۳) صورت گرفت. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، مقدار نشت الکترولیتی، مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و a+b و کاروتنوئیدها)، پرولین، آنتوسیانین و قندهای محلول نمونه‌برداری در اوایل رشد زایشی (۴۸ ساعت پس از محلول‌پاشی دوم سیلیکون) و برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و اسانس رازیانه در میانهٔ گلدهی با حذف اثر حاشیه، نمونه‌برداری از مساحت ۱ مترمربع میانی هر کرت انجام گرفت.

به‌منظور استخراج اسانس، پس از خشک شدن بذور، ۳۰ گرم بذر از هر کرت به‌طور جداگانه آسیاب شد و اسانس گیاه به‌روش تقطیر با بخار آب توسط دستگاه کلونجر به‌مدت سه ساعت استخراج شد؛ بازده اسانس براساس وزن خشک نمونه محاسبه شد [۷]. برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ، نمونه‌های برگ انتخاب شد و در کیسه‌های نایلونی قرار گرفت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و پس از تعیین وزن تر برگ‌ها، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (دمای حدود ۵ درجهٔ سانتی‌گراد) قرار گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت وزن آماس برگ‌ها ثبت شد. به‌منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد و درنهایت وزن خشک برگ‌ها

1. Time Domain Reflectometry

اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول زیر محتوای آب نسبی محاسبه شد:

$$RWC\ (\%) = ((FW - DW)/(TW - DW)) \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه، FW وزن تازه برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن آماس‌یافتهٔ برگ است [۱۶].

سنجش شدت آسیب به غشا و مقدار نشت الکترولیت‌ها با استفاده از روش حامد و همکاران ارزیابی شد [۱۸]. به‌طور خلاصه، ۰/۲ گرم از بافت سالم و تازهٔ برگ گیاه بعد از شست‌وشو با آب مقطر برای شست‌وشوی یون‌های احتمالی از سطح برگ، درون لولهٔ آزمایش درپیچ‌دار قرار داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر آب یون‌گیری‌شده به آن اضافه شد. سپس لوله‌های آزمایش به‌مدت ۲ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۳۲ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت و هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_1) با استفاده از EC متر اندازه‌گیری شد. سپس لوله‌های آزمایش در دمای ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و فشار ۱ اتمسفر به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و بعد از خنک شدن لوله‌ها تا دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد، هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_2) از نو اندازه‌گیری شد. سپس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول ($EC_1/EC_2 \times 100$) محاسبه شد.

مقدار کلروفیل و کارتنوئید با استفاده از استون ۸۰ درصد به‌روش آرنون اندازه‌گیری شد. نتایج اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بافت محاسبه و ارائه شد [۲۶]. در تحقیق حاضر، برای اندازه‌گیری مقدار پرولین آزاد برگ از روش بیتز و همکاران استفاده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و غلظت پرولین بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد [۱۴]. مقدار قندهای محلول گیاه، با استفاده از روش فنول اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد. در این روش، از ۰/۱ گرم بافت خشک گیاهی استفاده شد و مقدار جذب به‌وسیلهٔ اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت و از محلول‌هایی با غلظت صفر، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ میلی‌گرم گلوکز برای تهیهٔ منحنی استاندارد استفاده شد و با در دست داشتن وزن خشک نمونه‌ها، مقدار قند محلول براساس میلی‌گرم وزن خشک نمونه‌ها محاسبه شد [۲۰]. برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین برگ‌ها از روش وانگر[1] استفاده شد و برای محاسبهٔ غلظت، ضریب خاموشی (ϵ) معادل ۳۳۰۰۰ سانتی‌متر بر مول درنظر گرفته شد و نتایج برحسب میلی‌مولار بر گرم وزن تر گزارش شد [۴۲]. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱) و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. محتوای آب نسبی برگ

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف سیلیکون در سطح احتمال ۱ درصد و نیز اثر متقابل بین دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای آب نسبی برگ معنادار شد (جدول ۳). در این تحقیق، با افزایش تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ از آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌ترتیب ۷۸/۲ و ۴۲/۵ درصد به‌دست آمد که این نتیجه کاهش ۴۵ درصدی محتوای آب نسبی برگ را در سطوح تنش شدید نشان می‌دهد (جدول ۴). در این خصوص، نتایج تحقیقات در گوجه‌فرنگی [۴۳] و گندم [۹] با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کاربرد سیلیکون در شرایط تنش خشکی سبب افزایش محتوای آب نسبی برگ نسبت به شاهد شد. کاربرد ۷/۵ میلی‌مولار

1. Wanger

سیلیکون در شرایط تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) محتوای آب نسبی برگ را نسبت به شاهد ۳۹ درصد افزایش داد (جدول ۴). از دلایل افزایش محتوای آب بافت در اثر سیلیکون در شرایط تنش خشکی، افزایش استحکام بافت برگی است. سیلیکون به فرم سیلیکا ($SiO_2.nH_2O$) در آپوپلاست دیوارهٔ سلول‌های اپیدرم برگ رسوب می‌کند و کاهش آب از طریق روزنه‌ها را پایین می‌آورد [۱۷] و با کاهش تعرق سبب ایجاد تحمل به خشکی می‌شود. نتایج این آزمایش با یافته‌های مطالعه‌ای در مورد کاربرد سیلیکون در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت که سیلیکون سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد در گندم شد [۹].

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد رازیانه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیکون

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		محتوای آب نسبی	نشت الکترولیت	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد اسانس	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۸/۲۳	۱۳/۴۲	۶۶۷۷/۹۰	۴۷۴۰۹/۱۶	۱۴/۵۲	۰/۰۰۸	۲/۲۳
تنش	۲	۱۹۱۲/۴۵**	۲۴۳۸/۳۵**	۵۳۶۰۹۲/۱۰**	۶۴۲۸۶۲۰/۰۲**	۱۸/۱۳^{ns}	۱/۸۱**	۱۹۶/۰۲**
اشتباه اصلی	۴	۱۳/۶۷	۱/۸۹	۲۴۴۸/۳۹	۳۵۹۸۷/۴۲	۷/۴۹	۰/۱۰	۷/۱۱
سیلیکون	۴	۳۴۸/۹۵**	۱۳۶/۲۲**	۱۰۹۸۹۷/۴۹**	۵۲۹۲۹۵/۰۳**	۵۶/۹۵**	۰/۳۵**	۱۰۱/۹۲**
تنش × سیلیکون	۸	۷۵/۱۹*	۴۱/۲۱*	۱۲۱۹۹/۱۳**	۱۲۵۵۰۰/۹۷*	۳۲/۸۸*	۰/۱۳*	۸/۹۷^{ns}
اشتباه فرعی	۲۴	۳۰/۸۹	۱۵/۸۲	۲۹۶۷/۰۶	۵۳۰۵۳/۳۱	۱۰/۵۵	۰/۰۵	۵/۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۷/۸۴	۱۲/۶۷	۷/۹۳	۱۰/۰۳	۱۰/۸۵	۱۲/۴۴	۱۷/۸۰

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنادار، و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴. برهمکنش خشکی و سیلیکون بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه و اسانس گیاه رازیانه

تنش خشکی (ظرفیت زراعی) (٪)	غلظت‌های سیلیکون (mM)	صفات						
		محتوای آب نسبی (٪)	نشت الکترولیت (٪)	عملکرد دانه (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	شاخص برداشت (٪)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (Kg/ha)
۱۰۰	۰	۷۸/۲^{bdac}	۲۰/۰ ^{gh}	۷۹۱/۷^{bc}	۲۷۱۱/۷^{b}	۲۹/۱۹^{bac}	۱/۳۴^{ef}	۱۰/۶۷^{fihg}
	۲/۵	۸۱/۹^{ba}	۲۱/۴^{gh}	۷۴۹/۴^{dc}	۲۹۱۵/۰^{ba}	۲۵/۸۵^{dc}	۱/۱۰^{f}	۸/۲۳^{ih}
	۵	۷۹/۹^{bac}	۲۰/۴^{gh}	۹۱۱/۱^{a}	۲۷۱۷/۷^{b}	۳۳/۸۸^{ba}	۱/۷۶^{edc}	۱۶/۰۸^{bdc}
	۷/۵	۸۴/۲^{a}	۱۷/۶^{h}	۹۱۷/۲^{a}	۳۱۵۲/۳^{a}	۲۹/۰۲^{bac}	۱/۶۸^{edc}	۱۵/۴۹^{bedc}
	۱۰	۸۲/۹^{ba}	۲۲/۳^{gh}	۸۴۶/۶^{bac}	۳۰۱۵/۷^{ba}	۲۸/۲۱^{bc}	۱/۴۹^{edf}	۱۲/۶۶^{fedg}

ادامه جدول ۴. برهمکنش خشکی و سیلیکون بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه و اسانس گیاه رازیانه

تنش خشکی (ظرفیت زراعی) (٪)	غلظت‌های سیلیکون (mM)	صفات						
		محتوای آب نسبی (٪)	نشت الکترولیت (٪)	عملکرد دانه (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	شاخص برداشت (٪)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (Kg/ha)
۷۰	۰	۶۰/۸^{fhg}	۳۴/۲^{ed}	۶۲۳/۵^{ef}	۲۰۳۰/۰^{d}	۳۰/۸۴^{bac}	۲/۰۴^{bac}	۱۲/۷۳^{fedg}
	۲/۵	۷۱/۵^{dec}	۳۱/۵^{e}	۶۵۹/۱^{ed}	۲۳۰۱/۰^{dc}	۲۸/۸۳^{bac}	۱/۷۹^{dc}	۱۱/۸۲^{fehg}
	۵	۷۸/۲^{bdec}	۲۹/۸^{ef}	۷۴۵/۳^{dc}	۲۲۵۴/۶^{dc}	۳۳/۱۶^{ba}	۲/۲۷^{ba}	۱۷/۰۱^{bac}
	۷/۵	۷۳/۶^{bdec}	۲۱/۱^{gh}	۸۵۳/۶^{ba}	۲۷۱۱/۰^{b}	۳۱/۵۷^{bac}	۲/۴۲^{a}	۲۰/۶۳^{a}
	۱۰	۷۶/۵^{bdac}	۲۴/۷^{gf}	۸۱۴/۶^{bac}	۲۶۰۱/۱^{bc}	۳۱/۵۳^{bac}	۲/۳۲^{ba}	۱۸/۹۴^{ba}
۴۰	۰	۴۲/۵^{i}	۵۴/۸^{a}	۲۴۹/۸^{g}	۱۲۲۵/۲^{e}	۲۰/۵۷^{d}	۱/۶۶^{edc}	۴/۱۴^{j}
	۲/۵	۵۵/۸^{h}	۴۷/۶^{b}	۳۴۲/۳^{g}	۱۲۴۵/۰^{e}	۲۸/۳۱^{bc}	۱/۹۴^{bdc}	۶/۶۴^{ij}
	۵	۶۶/۷^{feg}	۳۹/۰^{d}	۶۰۶/۹^{ef}	۱۹۶۸/۳^{d}	۳۰/۷۶^{bac}	۲/۳۰^{ba}	۱۴/۰۲^{fedc}
	۷/۵	۶۹/۶^{fde}	۳۹/۶^{cd}	۶۴۶/۳^{e}	۲۰۳۰/۵^{d}	۳۲/۰۴^{bac}	۱/۶۵^{edc}	۱۰/۷۳^{fihg}
	۱۰	۶۰/۰^{hg}	۴۵/۷^{cb}	۵۳۶/۶^{f}	۱۵۳۸/۳^{e}	۳۵/۰۳^{a}	۱/۷۶^{edc}	۹/۴۶^{ihg}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

۲.۳. نشت الکترولیتی

اثرهای سادهٔ تنش خشکی و کاربرد سیلیکون بر مقدار نشت الکترولیتی در سطح احتمال ۱ درصد و نیز اثر متقابل بین دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار نشت الکترولیتی معنادار بود (جدول ۳). نتایج برهمکنش خشکی و سیلیکون نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی مقدار نشت الکترولیتی در گیاه رازیانه افزایش داشت و کاربرد سیلیکون در شرایط تنش سبب کاهش نشت الکترولیتی نسبت به شاهد شد، به‌طوری که در تیمار تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) کاربرد ۵ میلی‌مولار سیلیکون سبب کاهش ۲۸ درصدی نشت الکترولیتی نسبت به شاهد شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد تنش خشکی از طریق آسیب رساندن به غشای سلولی و تخریب ساختار آن سبب نشت بیشتر مواد داخل‌سلولی و واکوئلی به محیط بیرون در زمان اندازه‌گیری شده و به غلیظ شدن و افزایش هدایت الکتریکی بیرون سلول منجر شده است [۲۵]. کمترین نشت الکترولیتی از ترکیب تیمار آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و کاربرد ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون با ۱۷/۶ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). برخی پژوهشگران، دلیل کاهش نشت الکترولیتی برگ را رسوب سیلیکون در غشای سلولی و سیلیسی و سخت شدن و افزایش معنادار پایداری آن می‌دانند [۴۶، ۲۵].

۳.۳. عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها، اثر تنش خشکی و سطوح مختلف سیلیکون و اثر متقابل بین آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه معنادار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه برابر با ۹۱۷/۲ کیلوگرم در هکتار از

آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) همراه با کاربرد ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون به‌دست آمد که بین این تیمار و سایر تیمارها اختلاف معناداری مشاهده شد (جدول ۴). با افزایش سطح تنش خشکی میزان عملکرد دانه روند کاهشی نشان داد، به‌طوری که در سطح تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) عملکرد دانه ۶۹ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش نشان داد. کاهش شدید عملکرد دانه در شرایط اعمال تنش کم‌آبی را می‌توان به تأثیر منفی تنش بر رشد رویشی و به‌ویژه اجزای عملکرد مربوط دانست، زیرا بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی در شرایط کمبود آب می‌تواند قابلیت رشدی، فتوسنتزی و زایشی گیاه و در نهایت عملکرد اقتصادی رازیانه را کاهش دهد. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با نتایج تحقیقات در رازیانه مطابقت دارد [۳۵، ۱۰]. در این آزمایش، تأثیر محلول‌پاشی سیلیکون در زمان بروز تنش خشکی سبب افزایش معنادار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. کاربرد ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) عملکرد دانه را ۶۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد سیلیکون، به‌دلیل افزایش محتوای کلروفیل و برگ‌ها و افزایش سطح فعال فتوسنتزی است که در نهایت به بهبود فتوسنتز منجر می‌شود [۳۲].

۴.۳. عملکرد بیولوژیک

اثرهای سادهٔ تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیکون در سطح احتمال ۱ درصد و اثرهای متقابل دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک رازیانه معنادار شد (جدول ۳). با افزایش سطح تنش خشکی میزان عملکرد بیولوژیک روندی کاهشی نشان داد، به‌طوری که تیمار تنش شدید (آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) با میانگین ۱۲۲۵/۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به میزان ۵۵ درصد سبب کاهش در عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۴). دیگر محققان نیز کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه رازیانه در شرایط تنش را گزارش کرده‌اند [۲]. همچنین کاربرد سیلیکون به افزایش عملکرد بیولوژیک منجر شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۱۵۲/۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت) همراه با محلول‌پاشی ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون به‌دست آمد. افزایش رشد گیاه در حضور سیلیکون از طریق بهبود توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها در جذب نور و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه است [۲۷].

۵.۳. شاخص برداشت

تنش خشکی بر شاخص برداشت تأثیر معناداری نداشت، ولی سطوح مختلف سیلیکون و اثرهای متقابل دو عامل بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار شد (جدول ۳). نبود اختلاف معنادار را می‌توان در رابطه با اثر تنش بر عملکرد دانه از یک طرف و عملکرد کل اندام هوایی از طرف دیگر دانست. در این زمینه، طی آزمایشی گزارش شد شاخص برداشت گیاه ذرت تحت تأثیر تنش خشکی تقریباً ثابت بود، زیرا همان‌طور که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود، وزن خشک کل را نیز کم می‌کند [۱۱]. تیمار ۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط بدون تنش سبب افزایش معنادار ۱۳ درصدی شاخص برداشت شد. همچنین در شرایط تنش شدید (آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، تیمار ۱۰ میلی‌مولار سیلیکون سبب افزایش ۴۵ درصدی شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). شاخص برداشت سورگوم دانه‌ای تحت تأثیر مصرف سیلیکون روندی افزایشی داشت، زیرا سیلیکون، عملکرد دانه را نسبت به عملکرد بیولوژیک با شدت بیشتری افزایش داد [۴].

۳.۶. درصد و عملکرد اسانس

تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیکون بر درصد و عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنادار داشت و اثر متقابل دو عامل تنها بر درصد اسانس در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی تا سطح تنش ملایم (آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) درصد و عملکرد اسانس در حدود ۳۴ و ۱۶ درصد نسبت به آبیاری شاهد افزایش نشان داد (جدول ۴). افزایش درصد اسانس در گیاهان دارویی خانوادهٔ چتریان می‌تواند یک سازوکار سازگاری گیاه در برابر تنش کم‌آبی باشد [۳۴]. همچنین تأثیر مثبت تنش خشکی بر افزایش درصد اسانس رازیانه گزارش شد [۳۱، ۳۰، ۱۰]. سطح تنش شدید (آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) سبب کاهش معنادار درصد اسانس نسبت به تنش ملایم شد (جدول ۴).

ازآنجا که عملکرد اسانس حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد اسانس است، کاهش معنادار عملکرد اسانس در تیمار تنش شدید، اغلب مربوط به کاهش شدید عملکرد دانه است و بیشتر بودن عملکرد اسانس در تنش ملایم (آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) را می‌توان به افزایش چشمگیر درصد اسانس در این تیمار مربوط دانست. نتایج این آزمایش با یافته‌های مطالعه‌ای دربارهٔ بررسی تأثیر تنش خشکی بر مقدار اسانس زیرهٔ سبز [۳۶] و رازیانه [۱۰] مطابقت دارد. کاربرد سیلیکون در شرایط تنش سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد. تیمار ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط تنش ملایم (آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) بیشترین درصد و عملکرد اسانس را با میانگین ۲/۴۲ درصد و ۲۰/۶۳ لیتر در هکتار به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

۳.۷. محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

تنش خشکی و سطوح مختلف سیلیکون بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل دو عامل بر کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد و بر کلروفیل a و کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنادار داشت (جدول ۵).

جدول ۵. برخی خصوصیات فیزیویولوژیکی و بیوشیمیایی مربوط به اثر تنش خشکی و سیلیکون در گیاه رازیانه

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئیدها	آنتوسیانین	قندهای محلول	مقدار پرولین
بلوک	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۶۱	۰/۱۶۰
تنش	۲	۰/۵۷۷**	۱/۴۴۸**	۳/۷۹۵**	۰/۷۶۱**	۴/۵۹۲**	۱/۱۴۱**	۱/۴۴۷**
اشتباه اصلی	۴	۰/۰۲۰	۰/۰۰۶	۰/۰۲۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۲۵
سیلیکون	۴	۰/۳۱۴**	۰/۳۷۵**	۱/۳۲۵**	۰/۰۵۶**	۱/۸۴۴**	۰/۱۴۷*	۰/۳۴۴**
تنش × سیلیکون	۸	۰/۱۰۰*	۰/۰۱۳**	۰/۰۹۵*	۰/۰۱۹*	۰/۳۰۹**	۰/۰۹۶*	۰/۱۱۴*
اشتباه فرعی	۲۴	۰/۰۳۳	۰/۰۰۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۵۰
ضریب تغییرات (٪)		۷/۲۱	۵/۲۴	۵/۲۵	۶/۸۶	۴/۷۹	۸/۱۶	۱۳/۳۹

ns، * و ** : به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ عدم اختلاف معنادار، و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۶. برهمکنش خشکی و سیلیکون بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه رازیانه

تنش خشکی (ظرفیت زراعی) (٪)	غلظت‌های سیلیکون (mM)	صفات						
		کلروفیل a (mg/g fw)	کلروفیل b (mg/g fw)	کلروفیل کل (mg/g fw)	کارتنوئیدها (mg/g fw)	آنتوسیانین (mM/g fw)	قندهای محلول (mg/g dw)	مقدار پرولین (mg/g fw)
۱۰۰	۰	۲/۵۷^{bc}	۱/۱۹^{e}	۳/۷۶^{egf}	۱/۲۰^{cb}	۳/۶۷^{d}	۲/۱۱^{de}	۱/۲^{d}
	۲/۵	۲/۳۶^{dc}	۱/۱۵^{e}	۳/۵۱^{hg}	۱/۲۸^{b}	۳/۶۵^{d}	۱/۹۰^{e}	۱/۵۱^{dc}
	۵	۲/۹۴^{a}	۱/۵۴^{ba}	۴/۴۹^{a}	۱/۳۱^{b}	۴/۰۳^{c}	۲/۱۱^{de}	۱/۲۱^{d}
	۷/۵	۲/۷۸^{ba}	۱/۶۴^{a}	۴/۴۲^{ba}	۱/۲۳^{b}	۴/۴۳^{b}	۲/۱۷^{de}	۱/۴۰^{dc}
	۱۰	۲/۷۴^{ba}	۱/۴۹^{bc}	۴/۲۳^{bac}	۱/۲۴^{b}	۳/۹۲^{dc}	۲/۱۶^{de}	۱/۴۳^{dc}
۷۰	۰	۲/۵۲^{bc}	۰/۸۵^{g}	۳/۳۸^{h}	۱/۳۱^{b}	۴/۰۲^{c}	۲/۰۳^{de}	۱/۴۴^{dc}
	۲/۵	۲/۶۲^{bac}	۰/۹۶^{f}	۳/۵۹^{hgf}	۱/۳۸^{b}	۳/۷۷^{dc}	۲/۳۸^{dc}	۱/۲۸^{d}
	۵	۲/۷۶^{ba}	۱/۲۱^{e}	۳/۹۷^{edc}	۱/۳۳^{b}	۵/۲۶^{a}	۲/۲۴^{de}	۱/۸۱^{bc}
	۷/۵	۲/۷۱^{ba}	۱/۴۱^{dc}	۴/۱۲^{bdc}	۱/۵۴^{a}	۴/۶۸^{b}	۲/^{۲۶}^{dc}	۱/۹۹^{ba}
	۱۰	۲/۴۸^{bc}	۱/۳۸^{d}	۳/۸۶^{edf}	۱/۲۹^{b}	۴/۴۹^{b}	۲/۱۰^{de}	۲/۰۹^{ba}
۴۰	۰	۱/۸۰^{e}	۰/۵۸^{h}	۲/۳۸^{j}	۰/۷۳^{f}	۲/۳۸^{f}	۲/۳۳^{dc}	۱/۸۰^{bc}
	۲/۵	۲/۱۶^{d}	۰/۶۶^{h}	۲/۸۲^{i}	۰/۹۴^{ed}	۳/۰۸^{e}	۲/۳۵^{dc}	۱/۸۴^{bc}
	۵	۲/۵^{bc}	۰/۸۷^{gf}	۳/۳۷^{h}	۱/۰۶^{cd}	۳/۶۳^{d}	۲/۸۱^{ba}	۱/۸۱^{bc}
	۷/۵	۲/۴۹^{bc}	۰/۹۲^{gf}	۳/۴۱^{h}	۱/۰۷^{cd}	۳/۸۴^{dc}	۲/۹۹^{a}	۲/۰۵^{ba}
	۱۰	۲/۶^{bc}	۰/۹۱^{gf}	۳/۵۲^{hg}	۰/۸۸^{e}	۳/۷۸^{dc}	۲/۵۸^{bc}	۲/۳۳^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری ندارند.

با افزایش تنش تا سطح ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به‌ترتیب با میانگین ۱/۸، ۰/۵۸ و ۲/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در حدود ۲۹/۹، ۵۱/۲ و ۳۶/۷ درصد نسبت به تیمار آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش کلروفیل داشتند. تیمار گیاه با سیلیکون در شرایط تنش سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه شد، به‌طوری که در شرایط تنش شدید (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) محلول‌پاشی ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون، مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل را به‌ترتیب ۲۷/۷، ۳۶/۹ و ۳۰/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۶). تأثیر مثبت سیلیکون به‌دلیل رسوب آن در برگ، افزایش استحکام برگ‌ها و نیز افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ است که از این طریق توانایی گیاه برای استفادهٔ مؤثرتر از نور را افزایش می‌دهد [۳۳]. سیلیکون همچنین با تأثیر بر ساختار کلروپلاست [۲۵] و افزایش کارایی فتوسیستم II [۱۲] سبب افزایش فتوسنتز می‌شود. نتایج این مطالعه با یافته‌ها در گیاه گندم [۱۷] و ذرت [۴۴] در شرایط تنش خشکی، مطابقت دارد.

۸.۳. مقدار کاروتنوئیدها

اثرهای سادهٔ تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیکون در سطح احتمال ۱ درصد و اثرهای متقابل دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار کاروتنوئیدها معنادار شد (جدول ۳). در این پژوهش، مقدار کاروتنوئیدها در ابتدای دورهٔ تنش افزایش نشان داد، اما با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار کاروتنوئیدها به‌شدت کاهش یافت، به‌طوری که مقدار کاروتنوئیدها در تنش شدید (آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) نسبت به شاهد، ۴۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). نتایج تیمار سیلیکون نشان داد، محلول‌پاشی سیلیکون در شرایط خشکی سبب افزایش مقدار کاروتنوئیدها شد. تیمار ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط تنش شدید مقدار کاروتنوئیدها را نسبت به تیمار شاهد در حدود ۴۷ درصد افزایش داد (جدول ۶). براساس گزارش‌های محققان و نتایج این مطالعه، به‌نظر می‌رسد تیمار سیلیکون به‌عنوان فرایند مقاوم‌سازی[1] عمل می‌کند و سبب کاهش اثرهای مضر تنش خشکی بر مقدار کاروتنوئیدها می‌شود. در این زمینه، نتایج کاربرد سیلیکون در گیاه گاوزبان با نتایج حاضر مطابقت دارد [۱].

۹.۳. آنتوسیانین

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس، سطوح مختلف تنش و محلول‌پاشی سیلیکون و اثر متقابل دو عامل بر مقدار آنتوسیانین برگ در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنادار داشت (جدول ۵). مقدار آنتوسیانین در شرایط تنش ملایم (آبیاری در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) با میانگین ۴/۰۲ میلی‌مولار بر گرم وزن تر نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول ۶). از نقش‌های اصلی آنتوسیانین می‌توان به نقش آنتی‌اکسیدانی و محافظت سیستم فتوسنتزی در برابر اکسیداسیون نوری اشاره کرد که در گیاهان در معرض تنش، نقش محافظتی ایفا می‌کنند [۱۹]. بنابر نتایج تحقیق حاضر، مقدار آنتوسیانین در سطح تنش ملایم افزایش پیدا کرد که سبب ایجاد مقاومت بیشتر در برابر تنش خشکی شد، ولی با افزایش سطح تنش خشکی مقدار آن در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد (جدول ۶).

کاهش آنتوسیانین در تنش شدید را نمی‌توان به مقاومت کم گیاه در برابر خشکی نسبت داد، زیرا ممکن است گیاه از سازوکارهای دیگری برای مقاوم‌سازی خود استفاده کرده باشد. همچنین محلول‌پاشی سیلیکون در شرایط تنش سبب افزایش آنتوسیانین نسبت به شاهد شد. تیمار ۵ میلی‌مولار سیلیکون در شرایط تنش ملایم و تنش شدید، مقدار آنتوسیانین را نسبت به تیمار شاهد در حدود ۲۳/۶ و ۳۴/۴ درصد افزایش داد (جدول ۶). تیمار سیلیکون با پیشگیری از افت معنادار آنتوسیانین در گیاه رازیانه تحت تنش خشکی، سبب کاهش اثرهای مضر خشکی بر سیستم فتوسنتزی می‌شود و می‌تواند مقاومت گیاه را نسبت به تنش خشکی افزایش دهد [۳۹]. نتایج مشابهی در مورد افزایش مقدار آنتوسیانین در گیاه *Echium amoenum* در تیمار همزمان سیلیکون و تنش کادمیوم مشاهده شد [۱۳].

۱۰.۳. تغییرات قندهای محلول

اثرهای ساده تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد و کاربرد سیلیکون و نیز اثر متقابل بین دو عامل بر مقدار قندهای محلول در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۵). در این آزمایش، اعمال تنش شدید (آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) موجب افزایش ۱۰ درصدی محتوای قند در گیاه نسبت به تیمار آبیاری شاهد شد (جدول ۶). انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه‌بر نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی که از نظر تأمین انرژی و جلوگیری از مرگ حتمی سلول ایفا می‌کنند،

1. Hardening

می‌توانند سبب کاهش پتانسیل اسمزی سلول شوند و به این ترتیب، در سازوکار تحمل به خشکی نقش مهمی داشته باشند [۴۵]. محلول‌پاشی گیاهان با سیلیکون در شرایط تنش خشکی موجب افزایش مقدار قندها در مقایسه با عدم کاربرد سیلیکون شد. بیشترین مقدار قندهای محلول (۲/۹۹ میلی‌گرم در گرم بافت خشک) از تیمار ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون همراه با تنش شدید (آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد و کمترین مقدار (۱/۹ میلی‌گرم در گرم بافت خشک) از تیمار ۲/۵ میلی‌مولار سیلیکون همراه با آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌دست آمد (جدول ۶). سیلیکون با افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش تنش اکسیداتیو و حفاظت از غشاهای کلروپلاستی و سلولی و حفاظت از ماکرومولکول‌هایی، نظیر پروتئین‌ها، موجب افزایش مقدار قندهای موجود در گیاهان می‌شود؛ قندها علاوه‌بر نقش‌های اصلی خود، در تنظیم اسمزی نیز به گیاهان کمک می‌کنند [۴۱، ۴۰]. در آزمایشی بر روی گیاه گاوزبان ایرانی، کاربرد سیلیکون در شرایط تنش، مقدار قندهای محلول را به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش داد [۸].

۱۱.۳. مقدار پرولین

اثرهای سادهٔ تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیکون در سطح احتمال ۱ درصد و اثرهای متقابل دو عامل در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار پرولین معنادار شد (جدول ۵). نتایج مقایسهٔ میانگین اثرهای متقابل دو عامل نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی مقدار پرولین در گیاه افزایش یافت. همچنین تیمار گیاهان با سیلیکون در شرایط تنش خشکی سبب افزایش معنادار مقدار پرولین نسبت به شاهد شد. بیشترین و کمترین مقدار پرولین به‌ترتیب در تیمارهای تنش شدید (آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) همراه با محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌مولار سیلیکون برابر با ۲/۳۳ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ و تیمار آبیاری شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و عدم کاربرد سیلیکون با ۱/۲ میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ به‌دست آمد (جدول ۶). نقش پرولین در هنگام تنش، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها، جلوگیری از تجزیهٔ ماکرومولکول‌ها، دخالت در حفظ استحکام دیوارهٔ سلولی و پاکسازی هیدروکسیل‌های تولیدی تحت تنش در گیاه است. به‌نظر می‌رسد سیلیکون با افزایش پرولین این تأثیر را شدت می‌بخشد و به افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش کمک می‌کند [۳۸]. افزایش مقدار پرولین در تیمار سیلیکون در شرایط تنش خشکی و عدم تنش را سایر پژوهشگران نیز گزارش کرده‌اند [۱۵، ۳].

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، می‌توان اظهار کرد که محلول‌پاشی سیلیکون موجب بهبود صفات اندازه‌گیری‌شده، تحت شرایط تنش خشکی شد. ازاین‌رو، افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و متابولیت‌ها، به‌ویژه قندهای محلول برگ، پرولین و کاهش پراکسیداسیون لیپیدها (کاهش نشت الکترولیتی) در اثر محلول‌پاشی سیلیکون، می‌تواند تأثیر مثبتی بر سازوکارهای تحمل به خشکی و افزایش عملکرد داشته باشد، به‌طوری که در شرایط تنش ملایم، محلول‌پاشی ۷/۵ میلی‌مولار سیلیکون توانست عملکرد دانه و اسانس را ۵۰ و ۳۸ درصد و در شرایط تنش شدید خشکی ۶۳ و ۶۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. همچنین با توجه به اینکه رازیانه، گیاه دارویی بوده و افزایش عملکرد اسانس آن بیشتر از سایر مؤلفه‌ها مدنظر است، اعمال تنش ملایم خشکی در این گیاه مطلوب است، زیرا تنش ملایم نه‌تنها عملکرد و محتوای اسانس را در این گیاه افزایش داد، بلکه تأثیر کاهشی چندانی بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی رازیانه نداشت.

منابع

۱. ترابی ف، مجد ا، انتشاری ش و آیریان س (۱۳۹۲) بررسی تأثیر سیلیکون بر برخی پارامترهای آناتومیکی و فیزیولوژیکی گیاه گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.) در شرایط هیدروپونیک. سلول و بافت. ۴(۳): ۲۸۵-۲۷۵.

۲. جمشیدی ا، قلاوند ا، سفیدکن ف و محمدی گل‌تپه ا (۱۳۹۱) تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات کمّی گیاه دارویی رازیانه در رژیم‌های مختلف آبیاری. زراعت (پژوهش و سازندگی). ۹۷: ۵۴-۴۷.

۳. حداد ر و مشیری ز (۱۳۸۹) تأثیر سیلیکون در افزایش تحمل به خشکی در مرحله دوبرگی جو. ژنتیک نوین. ۵(۴): ۵۸-۴۷.

۴. حسیبی س و فرح‌بخش ح (۱۳۹۳) مطالعه اثر سیلیکون در بهبود تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم دانه‌ای. سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات. ۶-۴ شهریور.

۵. خوشگفتارمنش ا ح (۱۳۸۶) مبانی تغذیه گیاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۴۷۴ ص.

۶. درزی م ت و حاج سیدهادی م ر (۱۳۸۱) بررسی مسایل زراعی و اکولوژی دو گیاه بابونه و رازیانه. زیتون. ۱۵۲: ۴۹-۴۳.

۷. دوازده‌امامی س و مجنون حسینی ن (۱۳۸۷) زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. مؤسسهٔ انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۳۰۰ ص.

۸. سعادتمند م و انتشاری ش (۱۳۹۱) اثر طول زمان پیش‌تیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & C.A. mey). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۳(۱۲): ۴۵-۵۷.

۹. طالع احمد س و حداد ر (۱۳۸۹) اثر سیلیکون بر فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده و محتوای تنظیم‌کننده‌های اسمزی در دو ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش خشکی. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۶(۲): ۲۰۷-۲۲۵.

۱۰. موسوی س م، موسوی س غ و ثقه‌الاسلامی م ج (۱۳۹۳) تأثیر تنش کم‌آبی و سطوح نیتروژن بر رشد و عملکرد میوه و اسانس در گیاه رازیانه (*Foenicolum vulgare* Mill.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۰(۳): ۴۶۲-۴۵۳.

۱۱. مهرابیان مقدم ن، آروین م ج، خواجویی نژاد غ و مقصودی ک (۱۳۹۰) اثر سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. به‌زراعی نهال و بذر. ۲۷(۱): ۵۵-۴۱.

12. AL-Aghabary K, Zhujun Z and Qinhua S (2004) Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of Plant Nutrition. 27: 2101-2115.

13. Amiri J, Entesari Sh, Delavar K, Saadatmand M and Rafie NA (2012) The Effect of Silicon on Cadmium Stress in *Echium amoenum*. World Academy of Science, Engineering and Technology. 62: 242-245.

14. Bates LS, Waldren RP and Teare LD (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

15. Gagoonani S, Enteshari S, Delavar K and Behyar M (2011) Interactive effects of silicon and aluminum on the malondialdehyde (MDA), proline, protein and phenolic compounds in *Borago officinalis* L. Journal of Medicinal Plants Research. 24: 5818-5827.

16. Ghanbari AA, Shakiba MR, Toorchi M and Choukan R (2013) Morpho-Physiological response of common bean leaf to water deficit stress. European Journal of Experimental Biology. 3: 487-492.

17. Gong HZ, Chen K, Wans S and Zhang C (2005) Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Science. 169: 313-321.

18. Hamed KB, Castagna A, Salem E, Ranieri A and Abdelly C (2007) Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. Plant Growth Regulation. 3: 185-194.

19. He F, Mu L, Yan GL, Liang N, Pan Q, Wang J, Reeves M and Duan C (2010) Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. Molecules. 15: 9057-9091.

20. Irrigoyen JH, Emerich DW and Sanchez Diaz M (1992) Water stress induced changes in oncentration of proline and total soluble sugars in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plant. Physiological Pantarum. 84: 55-60.

21. Jaleel CA, Gopi R, Manivannan P, Gomathinayagam M, Sridharan R and Panneerselvam R (2008) Antioxidant potential and indole alkaloid profile variations with water deficits along different parts of two varieties of Catharanthus roseus. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 62: 312-318.

22. Kamenidou S and Cavins TJ (2008) Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse- roduced ornamental sunflowers. Horticultural Science. 46: 236-239.

23. Li QF, Ma CC and Shang QL (2007) Effects of silicon on photosynthesis and antioxidative enzymes of maize under drought stress. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 18: 531-536.

24. Liang YC, Zhang WH, Chen Q, Liu YL and Ding RX (2006) Effect of exogenous silicon (Si) on H+-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Environmental and Experimental Botany. 57: 212-219.

25. Liang Y, Sun W, Zhu Y and Christie P (2007) Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants- a review. Environmental Pollution. 147: 422-428.

26. Lichtenthaler HK (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymolology. 148: 350-382.

27. Loggini B, Scartazza A, Brugnoli E and Navari F (1999) Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to Drought. Plant Physiology. 119: 1091-1100.

28. Ma JF and Yamaji N (2006) Silicon uptake and accumulation in higher plants. Plant Science. 11: 392-397.

29. Miyashita K, Tanakamaru S, Maitani T and Kimura K (2005) Recovery responses of photosynthesis, transpiration and stomata conductance in kidney bean following drought stress. Environmental and Experimental Botany. 53: 205-214.

30. Mohamed MAH and Abdu M (2004) Growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.): effect of irrigation and organic fertilization. Biological Agriculture and Horticulture. 22: 31- 39.

31. Munns R (1993) Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16: 15-24.

32. Na L and Jiashu C (2001) Effects of silicon on earliness and photosynthetic characteristics of melon. Acta Horticaltural Sinica. 28: 421-424.

33. Nabati J, Kafi M, Masoumi A and Mehrjerdi M (2013) Effect of salinity and silicon application on photosynthetic characteristics of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). International Journal of Agricultural Sciences. 3: 483-492.

34. Olle M and Bender I (2010) The content of oils in umbelliferous crops and its formation. Agronomy Research. 8: 687-696.

35. 35 . Osman YAH (2009) Comparative study of some agricultural treatments effects on plant growth, yield and chemical constituents of some fennel varieties under Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 5(4): 541-554.

36. Rezaei Nejad A (2011) Productivity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) as affected by irrigation levels and row spacing. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 5(3): 151-157.

37. Samuels AL, Glass ADM, Ehret MD and Menzies JG (1993) The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: Changes in surface characteristics. Annals of Botany. 72: 433-440.

38. Schobert B and Tschesche H (1978) Unusual solution properties of proline and its interaction with proteins. Biochim Biophys Acta. 549: 270-277.

39. Shen X, Zhou Y, Duan L, Li Z, Eneji AE and Li J (2010) Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean antioxidative systems in two cottons. General and Applied Plant Physiology. 33: 221-234.

40. Silva ON, Lobato AK, Avila FW, Costa L, Oliveira F, Santos BG, Martins AP, Lemos R, Pinho J, Medeiros MB, Cardoso M and Andrade IP (2012) silicon-induced increase in chlorophyll is modulated by the leaf water potential in two water-deficient tomato cultivars. Plant Soil and Environment. 58: 481-486.

41. Verma S and Dubeym RS (2001) Effect of cadmium on soluble sugars and enzymes of their etabolism in rice. Biologia Plantarum. 1: 117-123.

42. Wanger GJ (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology. 64: 88-93.

43. Yan GF, Jia CG, Li Z, Sun B, Zhang LP, Liu N and Wang QM (2012) Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress. Scientia Horticulturae. 126: 103-108.

44. Yong Y, Tai S and Bao X (2007) Effects of silicon on photosynthesis and antioxidative enzymes of maize under drought stress. Plant Science. 18: 531-536.

45. Zadehbagheri M, Kamelmanesh MM, Javanmardi S and Sharafzadeh S (2012) Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean genotype. African Journal of Agriculture Research. 7: 5661-5670.

46. Zhu Z, Wei G, Li J, Qian Q and Yu J (2004) Silicon alleviates salt stress and increase antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber. Journal of Plant Science. 167: 527-533.

به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۰۶۲-۱۰۴۹

بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر مراحل رشدو نمو دو رقم کلزا

ابوالفضل فرجی[۱]*

۱. دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر دما و فتوپریود بر سرعت نمو مراحل مختلف رویشی و زایشی کلزا، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ اجرا شد. با تأخیر در کاشت، طول دورهٔ رویشی و زایشی به‌طور خطی کاهش یافت. رابطهٔ بین میانگین دما با طول دورهٔ نمو، برای دورهٔ کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی توانی منفی، شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه درجهٔ ۲ و شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک خطی منفی بود. کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه با افزایش دما در هیبرید 'هایولا ۴۰۱' به‌طور شایان توجهی بیشتر از رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' بود که نشان‌دهندهٔ واکنش بیشتر نمو هیبرید 'هایولا۴۰۱' نسبت به دما بود. بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با درجهٔ روز رشد تجمعی طی این مرحله رابطهٔ خطی مثبت وجود داشت که به‌ترتیب ۶۸ و ۷۴ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد و نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت فتوپریود بر نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی بود. نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی تحت تأثیر فتوپریود و دما و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر دما بود.

کلیدواژه‌ها: تاریخ کاشت، درجهٔ روز رشد، رقم، کانولا، گنبد.

* نویسنده مسئول Email: abolfazlfaraji@yahoo.com

۱. مقدمه

کلزا[1] گیاه نواحی خنک و معتدل [۹ ، ۸]، با دمای مناسب طی دورهٔ گلدهی ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد [۱۸] و آستانهٔ دمای تنش‌زا بین ۲۵ تا ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد است [۲۳ ، ۴]. وقوع دماهای بالا و پایین می‌تواند اثرهای مضری بر نمو کلزا داشته باشد. دماهای بالا نمو گیاه را سرعت می‌بخشد، طول دورهٔ رشد را کاهش می‌دهد و پتانسیل عملکرد را کم می‌کند [۲۵ ، ۱۴]. دمای بالا طی گلدهی طول دورهٔ آزادسازی و بقای دانهٔ گرده و زمان دریافت دانهٔ گرده توسط گل را کوتاه می‌کند. بنابراین توانایی گیاه برای تطبیق مراحل حساس نموی با شرایط عدم تنش در طی فصل رشد می‌تواند سبب فرار گیاه از تنش‌های محیطی طی فصل رشد شود [۲۹]. تاریخ کاشت یک ابزار مدیریتی مهم در به حداقل رساندن جنبه‌های منفی دمای بالا و تنش رطوبت در طی گلدهی و پر شدن دانهٔ کلزاست و تأخیر در کاشت می‌تواند سبب کاهش عملکرد دانه شود [۲۰].

واکنش نمو گیاهان حساس به فتوپریود در طول روز معینی آغاز می‌شود و در طول روز معینی به حداکثر می‌رسد [۵]. در دامنهٔ بین این دو طول روز، تغییر طول روز بر نمو گیاه مؤثر است و سبب تسریع (گیاهان روزبلند نظیر گندم و کلزا) یا تأخیر آن (گیاهان روزکوتاه مانند سویا و آفتابگردان) می‌شود [۲]. در بیشتر گونه‌های گیاهی مانند گندم [۱۹] و جو [۲۲] دورهٔ بین سبز شدن تا شروع گلدهی علاوه بر دما تحت تأثیر فتوپریود نیز قرار می‌گیرد. در کلزای تیپ زمستانه، دورهٔ بین سبز شدن تا شروع گلدهی، دما، فتوپریود و بهاره‌سازی عوامل مؤثر بر نمو کلزا هستند [۱۵]، درحالی که نمو کلزا از گلدهی تا رسیدگی تنها تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت کلزا از ۱۳ اکتبر، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی ۰/۶۲ روز کاهش یافت [۲۴]. با کاهش دما از ۲۴ به ۲ درجهٔ سانتی‌گراد، درجهٔ روز رشد تجمعی از سبز شدن تا ظهور غنچه کاهش یافت. مقدار درجهٔ روز رشد تجمعی از سبز شدن تا ظهور غنچه‌های گل، معادل ۳۵۰ درجهٔ روز بود که در ارقام مختلف به ازای هر درجه کاهش دما، میزان کاهش آن بین ۲۲ تا ۴۱ درجهٔ روز متفاوت بود.

درک واکنش نمو ارقام کلزا به شرایط محیطی مختلف به‌منظور مدلسازی نمو آنها ضروری است. اگرچه گزارش‌هایی مبنی بر واکنش متفاوت نمو ارقام کلزا نسبت به شرایط محیطی وجود دارد، انتظار بر این است که ارقام سازگار به یک شرایط خاص دارای واکنش مشابهی به عوامل محیطی متفاوت باشند [۱۳ ، ۱۲] و بتوان از مدل‌های ارائه‌شده در زمینهٔ واکنش نمو یک رقم به شرایط محیطی برای ارقام مشابه نیز استفاده کرد [۱۵]. بنابراین در انتخاب رقم مناسب هر منطقه، تطابق فنولوژی و مراحل حساس نموی با شرایط آب‌وهوایی مناسب مهم است.

تاکنون اثر دما (درجهٔ روز رشد) و فتوپریود بر سرعت نمو و طول دورهٔ مراحل مختلف رویشی و زایشی ارقام جدید کلزا بررسی نشده یا اطلاعات اندکی در این مورد در دسترس است، بنابراین در قالب بخشی از یک تحقیق دوساله، تأثیر دما، تاریخ کاشت و فتوپریود بر سرعت نمو دو رقم 'هایولا۴۰۱' و 'آرجی‌اس۰۰۳' کلزا بررسی شد و روابط بین تأخیر در کاشت، دما و فتوپریود با روز تا مراحل نمو و سرعت نمو این ارقام ترسیم شد.

۲. مواد و روش‌ها

اثر تاریخ کاشت، دما، درجهٔ روز رشد[2] و فتوپریود بر سرعت نمو مراحل مختلف رویشی و زایشی دو رقم کلزا در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ بررسی شد. بر طبق تقسیم‌بندی

1 . *Brassica napus* L.

2 . Thermal time (TT)

آب‌وهوایی کوپن، منطقهٔ گنبد دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌خشک است. برای گیاهانی نظیر کلزا، به‌خصوص در کشت دیر، وقوع تنش خشکی و گرمای انتهای فصل رشد در منطقهٔ آزمایش امری متداول است. میانگین بارندگی سالانه ایستگاه گنبد ۴۵۴ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین تبخیر سالانه ۱۱۵۷ میلی‌متر است. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد طی دو سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد طی دو سال آزمایش

ماه	مجموع ساعات آفتابی (h)	بارندگی (mm)	میانگین دما (°C)	میانگین دمای حداکثر (°C)	میانگین دمای حداقل (°C)
		۱۳۸۴-۸۵			
آبان	۱۷۹	۱۲۰/۲	۱۵/۱	۲۱/۲	۹/۲
آذر	۱۴۷	۲۲/۰	۱۲/۹	۱۸/۷	۷/۱
دی	۱۶۲	۵۹/۹	۶/۳	۱۱/۲	۱/۳
بهمن	۱۳۵	۵۵/۴	۸/۶	۱۳/۹	۳/۳
اسفند	۱۹۱	۱۵/۶	۱۲/۴	۱۹/۲	۵/۶
فروردین	۱۶۸	۴۸/۹	۱۵/۶	۲۱/۴	۹/۸
اردیبهشت	۱۵۲	۳۳/۵	۲۰/۳	۲۵/۸	۱۴/۷
خرداد	۳۱۴	۶/۹	۲۷/۶	۳۶/۳	۱۹/۰
		۱۳۸۵-۸۶			
آبان	۱۸۲	۵۴/۶	۱۸/۱	۲۴/۳	۱۲/۰
آذر	۱۲۳	۶۳/۵	۸/۵	۱۲/۷	۴/۳
دی	۱۶۸	۴۱/۴	۷/۹	۱۲/۹	۲/۹
بهمن	۱۶۱	۳۵/۸	۱۱/۱	۱۷/۱	۵/۱
اسفند	۱۷۲	۹۵/۸	۹/۶	۱۵/۹	۳/۳
فروردین	۱۰۴	۹۳/۴	۱۳/۴	۱۸/۱	۸/۸
اردیبهشت	۱۷۸	۴۰/۱	۱۸/۳	۲۳/۹	۱۲/۸
خرداد	۳۱۰	۸/۰	۲۷/۱	۳۵/۳	۱۸/۹

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم انجام گرفت. پنج تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در کرت‌های اصلی و دو رقم 'هایولا۴۰۱' و 'آرجی‌اس۰۰۳' در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طی سال‌های اخیر، این دو رقم بیشترین سطح زیرکشت کلزا در منطقه و همچنین نواحی با اقلیم مشابه در کشور را پوشش دادند [۴]. انتخاب دامنهٔ وسیع برای تاریخ‌های کاشت به‌منظور ایجاد شرایط آب‌وهوایی متفاوت طی دوره‌های نموی مختلف

گیاه تحت شرایط مزرعه بود. به غیر از تاریخ کاشت اول سال اول آزمایش که به‌دلیل شرایط جوی نامناسب کاشت گیاه با سه روز تأخیر صورت گرفت، قبل از کاشت بارندگی مناسب انجام گرفت و کاشت گیاه در تاریخ‌های معین صورت گرفت. هر کرت شامل ۸ خط کاشت به طول ۵ متر و با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بود [۴ ، ۱]. فاصلهٔ بین تکرارها ۳ متر، فاصلهٔ بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصلهٔ بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت درنظر گرفته شد.

قبل از کاشت گیاه، نمونه‌های مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر از سطح خاک تهیه و تجزیه شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش سیلتی لوم، اسیدیته ۸/۱، هدایت الکتریکی ۰/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقدار فسفر و پتاسیم قابل دسترس به‌ترتیب ۹/۵ و ۶۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقدار نیتروژن کل، مواد خنثی‌شونده و کربن آلی به‌ترتیب ۰/۱۲، ۲۰ و ۱/۲ درصد بود. براساس نتایج تجزیهٔ خاک، مقادیر کودهای فسفر و پتاس به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس (به‌ترتیب از منابع کودی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به زمین داده شد. کود نیتروژن لازم به‌مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره)، یک‌سوم قبل از کاشت، یک‌سوم در مرحلهٔ شروع ساقه‌دهی و یک‌سوم در مرحلهٔ شروع گلدهی به زمین داده شد. در طی فصل رشد و در صورت نیاز عملیات وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی توسط کارگر صورت گرفت. واکاری و تنک کردن بوته‌های مازاد در مرحلهٔ دو تا چهاربرگی انجام گرفت.

تعداد روز تا یک مرحلهٔ نموی معین براساس تعداد روز از سبز شدن تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحلهٔ معین برسند، محاسبه شد [۱۶]. درجهٔ روز رشد تا هر مرحلهٔ نمو براساس رابطهٔ ۱ محاسبه شد [۳ ، ۲]:

$$TT = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2} - T_b \qquad (۱)$$

در این رابطه، T_{min} دمای حداقل روزانه، T_{max} دمای حداکثر روزانه، T_b دمای پایه برای نمو کلزا و TT درجهٔ روز رشد هستند.

طول روز با استفاده از نرم‌افزار TTDLC محاسبه شد. در این تحقیق، دمای پایه و سقف برای نمو کلزا به‌ترتیب صفر و ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد درنظر گرفته شد [۲۲ ، ۱۵ ، ۶ ، ۳]. برای تأمین آب مورد نیاز گیاه در شرایط آبیاری تکمیلی، مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه برای قطعهٔ کاشت قبلاً تعیین شد و در طول اجرای طرح کمبود آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به حالت ظرفیت مزرعه محاسبه شد و در شروع ساقه‌دهی، شروع گلدهی و شروع پرشدن دانه به کرت‌های آزمایشی داده شد [۳۱]. رسم نمودارهای روابط بین تاریخ کاشت، دما، فتوپریود با نمو کلزا با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS [۲۶] و اکسل صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

میزان درجهٔ روز رشد تجمعی در مراحل مختلف نموی کلزا طی دو سال آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. با تأخیر در کاشت تا تاریخ کاشت چهارم، درجهٔ روز رشد کاهش یافت، ولی این روند در تاریخ کاشت پنجم به‌طور کامل صادق نبود.

در هر دو سال، با تأخیر در کاشت تا ۱۵ بهمن، درجهٔ روز رشد کاهش یافت و سپس در تاریخ کاشت ۱۵ بهمن افزایش نسبی پیدا کرد. درجهٔ روز رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی در تاریخ کاشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم در سال ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۱۹۹۷، ۱۷۸۸، ۱۷۲۹، ۱۵۸۶ و ۱۶۸۲ درجه و در سال ۸۶-۱۳۸۵ به‌ترتیب ۲۰۷۰، ۱۹۰۰، ۱۷۵۰، ۱۶۴۸ و ۱۶۸۲ درجه بود.

جدول ۲. درجهٔ روز رشد تجمعی طی مراحل مختلف رشد در دو رقم مورد مطالعه

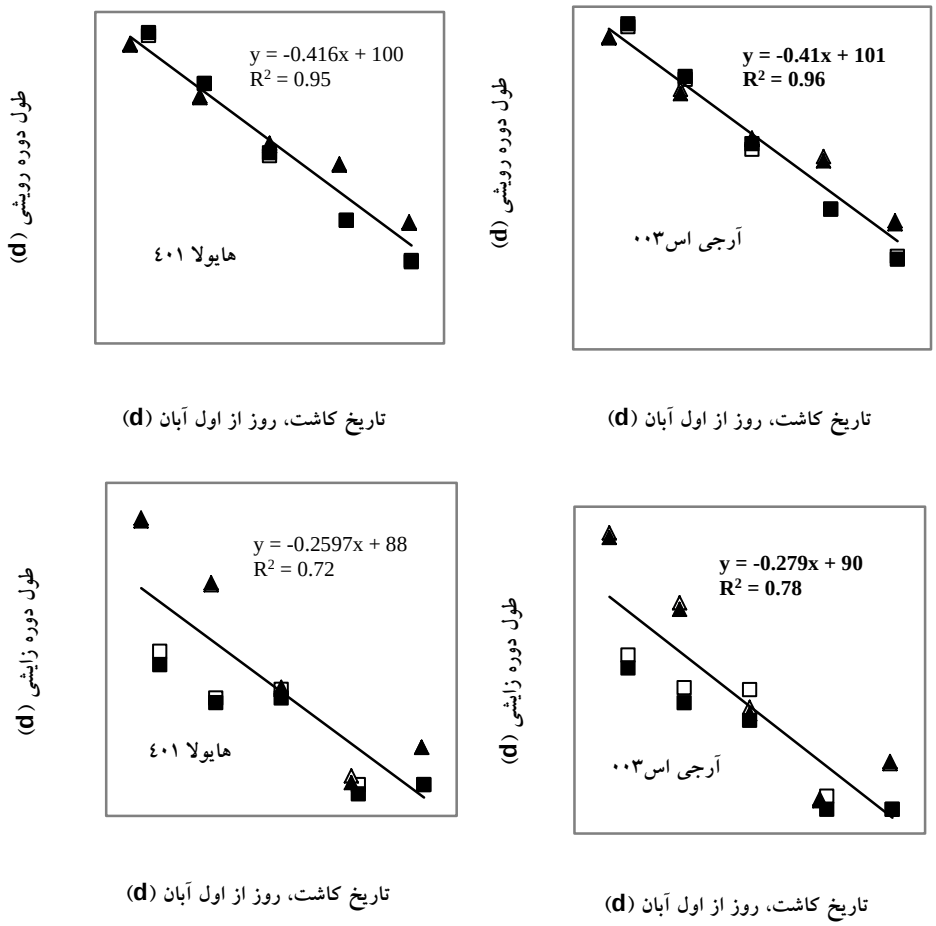
مراحل نمو	هایولا۴۰۱					آرجی‌اس۰۰۳				
	کاشت تا سبز شدن	سبز شدن تا گلدهی	گلدهی تا پر شدن دانه	پر شدن دانه تا رسیدگی	کل فصل رشد	کاشت تا سبز شدن	سبز شدن تا گلدهی	گلدهی تا پر شدن دانه	پر شدن دانه تا رسیدگی	کل فصل رشد
تاریخ کاشت	۱۳۸۴-۸۵									
۱۸ آبان	۱۶۴	۹۶۴	۲۷۱	۵۹۸	۱۹۹۷	۱۶۴	۹۷۸	۳۵۷	۵۷۱	۲۰۷۰
۱۵ آذر	۱۷۷	۷۸۱	۳۰۱	۵۲۹	۱۷۸۸	۱۷۷	۸۰۳	۳۳۶	۵۸۳	۱۹۰۰
۱۵ دی	۱۴۶	۶۵۶	۳۰۸	۶۲۰	۱۷۲۹	۱۵۳	۷۲۲	۲۸۵	۵۹۰	۱۷۵۰
۱۵ بهمن	۱۲۱	۶۵۷	۲۳۰	۵۷۹	۱۵۸۶	۱۲۱	۷۸۷	۱۵۶	۵۸۵	۱۶۴۸
۱۵ اسفند	۱۵۶	۷۰۸	۳۷۸	۴۳۹	۱۶۸۲	۱۵۶	۷۲۶	۳۸۰	۴۲۰	۱۶۸۲
	۱۳۸۵-۸۶									
۱۵ آبان	۱۷۴	۹۵۹	۲۷۶	۷۲۰	۲۱۲۹	۱۷۴	۹۸۵	۲۸۲	۷۲۹	۲۱۷۰
۱۵ آذر	۱۲۳	۸۹۶	۲۱۹	۶۷۳	۱۹۱۱	۱۳۳	۸۹۶	۲۷۵	۶۵۳	۱۹۵۷
۱۵ دی	۱۵۲	۷۴۸	۲۳۲	۶۱۸	۱۷۵۰	۱۵۲	۷۸۹	۲۸۷	۵۴۲	۱۷۶۹
۱۵ بهمن	۱۲۲	۷۱۱	۲۰۹	۶۰۵	۱۶۴۸	۱۳۲	۷۳۲	۲۵۳	۵۵۳	۱۶۷۰
۱۵ اسفند	۱۳۸	۶۳۹	۲۲۷	۸۵۷	۱۸۶۱	۱۴۸	۶۸۳	۲۰۸	۸۴۵	۱۸۸۴

۱.۳. رابطهٔ تاریخ کاشت با فنولوژی

در هر دو رقم مورد مطالعه، با تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان، طول دوره‌های نموی رویشی (روز از کاشت تا شروع غنچه‌دهی) و زایشی (روز از غنچه‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک) کلزا به‌طور خطی کاهش یافت (شکل ۱). بین میزان تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان با طول دورهٔ رویشی رابطهٔ خطی منفی و قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۹۵ و ۹۶ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد. شیب خط رگرسیون در هر دو رقم مشابه و حدود ۰/۴۱- و ۰/۴۲- روز به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان بود (شکل ۱).

این رابطهٔ منفی بین تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان با طول دورهٔ زایشی نیز وجود داشت، ولی شیب خط رگرسیون نسبت به دورهٔ رویشی کمتر بود. رابطهٔ منفی بین تأخیر در کاشت از ۱۵ آبان با طول دورهٔ زایشی به‌ترتیب ۷۲ و ۷۸ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۱). کاهش طول دورهٔ زایشی با تأخیر در کاشت، در دو رقم 'هایولا۴۰۱' و 'آرجی‌اس۰۰۳' تقریباً مشابه و به‌ترتیب ۰/۲۶ و ۰/۲۸ روز بود.

بنابراین همان‌طور که در نتایج تحقیقات ارائه داده شده است [۲۱، ۱۷ ، ۱]، در این مطالعه با تأخیر در کاشت تعداد روز تا گلدهی و طول دورهٔ بعد از گرده‌افشانی کاهش یافت. عملکرد کلزا اغلب به‌وسیلهٔ تنش خشکی و حرارت محدود می‌شود [۲۷ ، ۱۱]. کشت زودتر ممکن است سبب فرار گیاه از تنش خشکی و حرارت در مراحل بحرانی رشد گیاه شود.



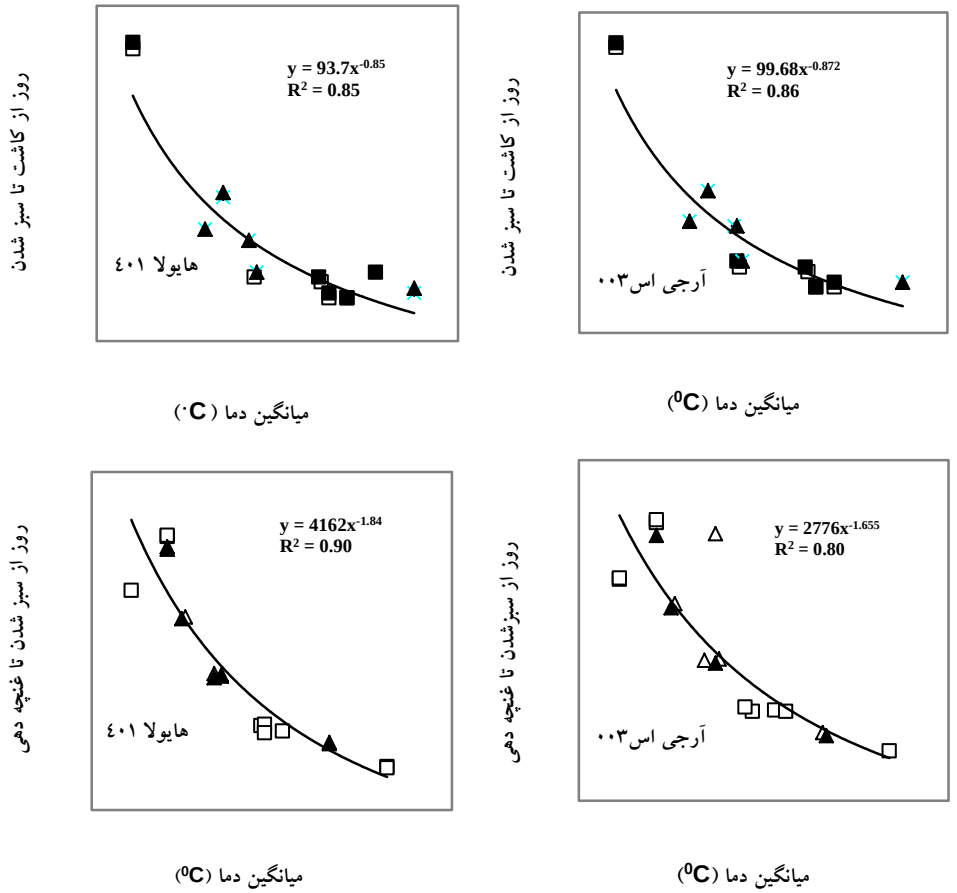
شکل ۱. رابطهٔ بین تاریخ کاشت با طول دوره‌های رویشی و زایشی

تأخیر در تاریخ کاشت سبب کوتاه شدن طول دورهٔ کاشت تا شروع شروع گلدهی شده که به‌دلیل کاهش پتانسیل تولید و پر شدن دانه‌ها سبب کاهش عملکرد دانه شد. میانگین عملکرد دانه در تاریخ‌های کشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم برای سال اول آزمایش به‌ترتیب ۳۷۸۰، ۳۱۰۶، ۲۴۶۰، ۱۷۲۴ و ۵۸۲ کیلوگرم در هکتار و برای سال دوم به‌ترتیب ۳۵۴۳، ۲۸۹۶، ۲۳۶۲، ۱۵۸۸ و ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. در گندم، طول دورهٔ زندگی گیاه تحت تأثیر تاریخ کاشت، مکان و سال قرار گرفت [۱۹]. همچنین طول دورهٔ مراحل مختلف نموی بین ارقام مختلف، متفاوت و اثر متقابل تاریخ کاشت × سال بر طول دورهٔ مراحل مختلف نموی معنادار بود. با تأخیر در کاشت میزان درجهٔ روز رشد مورد نیاز برای تکمیل دورهٔ زندگی گیاه کاهش یافت.

۲.۳. رابطهٔ دما با فنولوژی و سرعت نمو

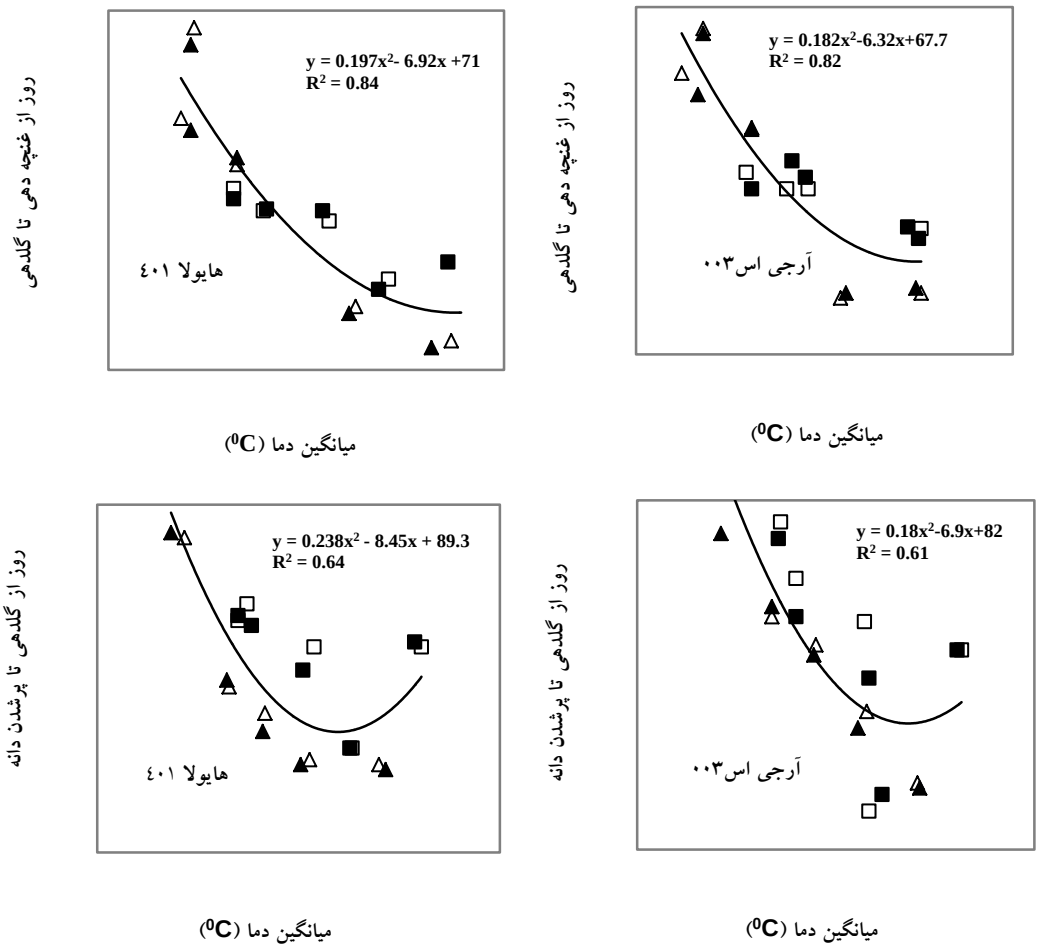
رابطهٔ بین میانگین دما با طول دورهٔ نمو، برای مرحلهٔ کاشت تا سبز شدن و سبز شدن تا غنچه‌دهی توانی منفی، غنچه‌دهی تا شروع گلدهی و شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه درجهٔ ۲ و شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیکی خطی منفی بود (شکل‌های ۲، ۳، و ۴). بین میانگین دما طی دورهٔ سبز شدن با طول دورهٔ سبز شدن

رابطهٔ توانی منفی وجود داشت که به‌ترتیب ۸۵ و ۸۶ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۲). شیب تغییرات کاهش تعداد روز تا سبز شدن با افزایش دما (شیب خط رگرسیون) در دو رقم مورد مطالعه به‌طور تقریبی مشابه بود. در هر دو رقم، سرعت کاهش تعداد روز تا سبز شدن در دماهای بین ۱۰-۵ درجهٔ سانتی‌گراد زیاد بود و سپس با افزایش دما به بالاتر از ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش یافت. رابطهٔ بین میانگین دما طی دورهٔ سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی (شروع دورهٔ زایشی) با طول این دوره تقریباً مشابه مرحلهٔ قبل بود. این رابطهٔ توانی منفی به‌ترتیب ۹۰ و ۸۰ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۲). شیب کاهش سرعت مانند مرحلهٔ قبل در ابتدا زیاد و سپس کم شد. در واقع در محدودهٔ دماهای بین ۱۸-۹ درجهٔ سانتی‌گراد، واکنش سرعت نمو نسبت به دما در ابتدا زیاد بود و پس از رسیدن دما به حدود ۱۴ درجهٔ سانتی‌گراد واکنش سرعت نمو کاهش یافت. شیب واکنش توانی تعداد روز از سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی با میانگین دما طی این دوره در هیبرید 'هایولا۴۰۱' بیشتر از رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' بود که نشان‌دهندهٔ حساسیت بیشتر هیبرید 'هایولا۴۰۱' به افزایش میانگین دما نسبت به رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' بود (شکل ۲).

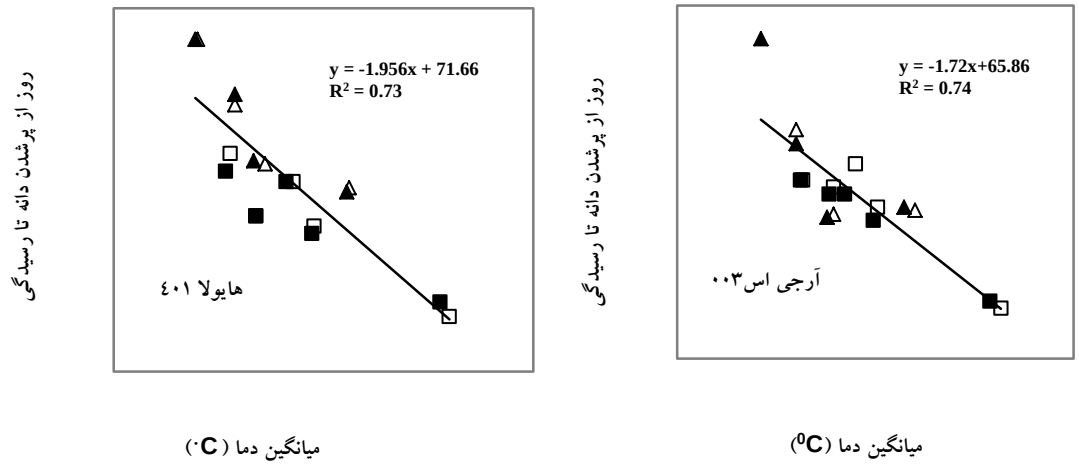


شکل ۲. رابطهٔ بین میانگین دما از کاشت تا سبز شدن و از سبز شدن تا شروع غنچه‌دهی با تعداد روز طی این دوره‌ها

با ادامهٔ فصل رشد و ورود گیاه به مرحلهٔ زایشی، شیب واکنش تعداد روز تا یک مرحلهٔ خاص با میانگین دما از حالت توانی منفی به درجهٔ ۲ تغییر پیدا کرد (شکل ۳). بین تعداد روز از شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی با میانگین دما طی این دوره رابطهٔ درجهٔ ۲ قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۸۴ و ۸۲ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۳). شیب کاهش تعداد روز از شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی با افزایش دما در هر دو رقم تقریباً مشابه بود (شکل ۳). در هر دو رقم، شیب خط رگرسیون در ابتدا زیاد بود و زمانی که میانگین دمای هوا به حدود ۱۶-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد رسید، روند کاهش تعداد روز از غنچه‌دهی تا گلدهی با افزایش دما متوقف شد. رابطهٔ منفی بین تعداد روز از شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه با میانگین دما طی این دوره به‌ترتیب ۶۴ و ۶۱ درصد از تغییرات در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۳).



شکل ۳. رابطهٔ بین میانگین دما از شروع غنچه‌دهی تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد روز



شکل ۴. رابطهٔ بین میانگین دما از شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک با تعداد روز

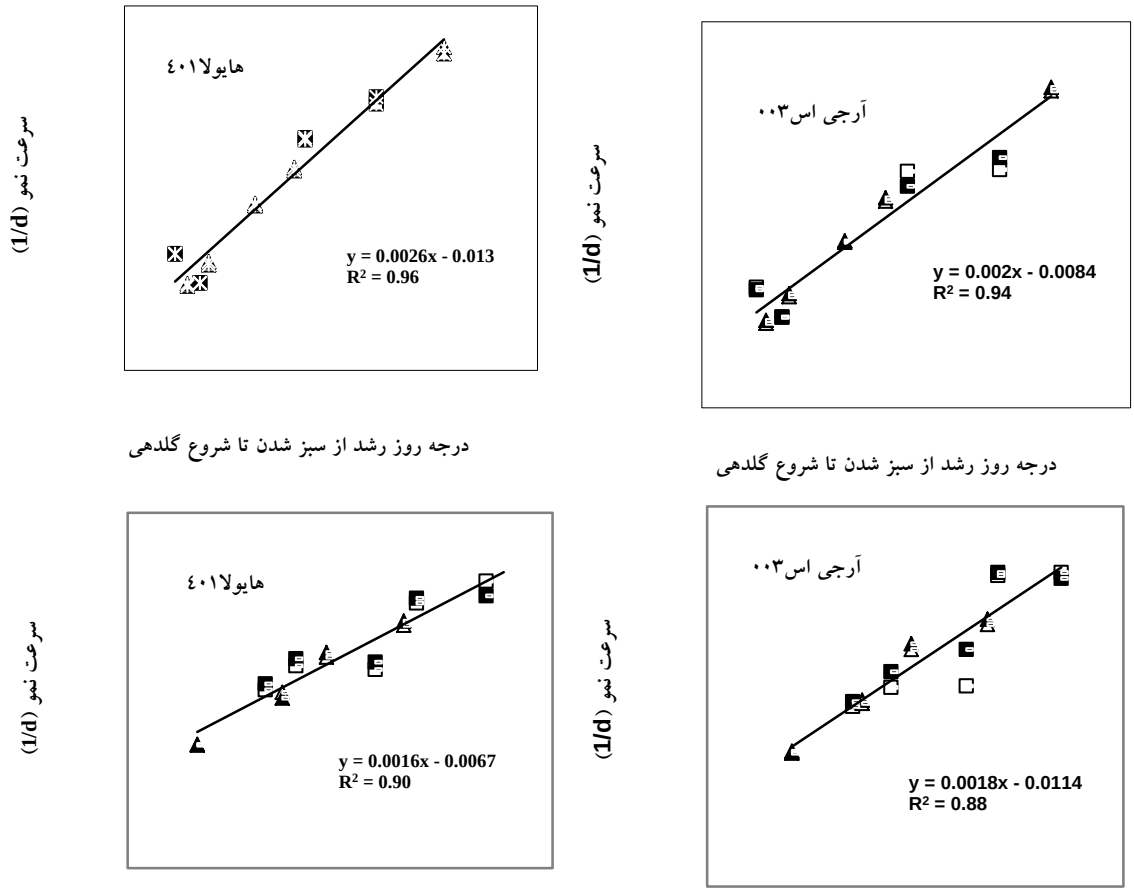
در زمینهٔ کاهش تعداد روز با افزایش اولیهٔ میانگین دمای هوا از حدود ۱۰ به ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد، حساسیت هیبرید 'هایولا۴۰۱' به‌طور چشمگیری بیشتر از رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' بود. به‌عبارت دیگر، با افزایش دما تا حدود ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد، در مقایسه با رقم 'آرجی‌اس۰۰۳'، تعداد روز از شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه در هیبرید 'هایولا۴۰۱' با سرعت بیشتری کاهش یافت و سپس با افزایش بیشتر دما با سرعت بیشتری نیز افزایش پیدا کرد. ازاین‌رو هیبرید 'هایولا۴۰۱' در مقایسه با رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' حساسیت بیشتری نسبت به دما در این مرحله از رشد دارد و واکنش سریع‌تری نشان می‌دهد.

بین میانگین دما طی دورهٔ پر شدن دانه (دورهٔ بین شروع پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیکی) با طول این دوره رابطهٔ خطی منفی قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۷۳ و ۷۴ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۴). شیب منفی کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه با افزایش دما در هیبرید 'هایولا۴۰۱' به‌طور چشمگیری بیشتر از رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' بود که نشان‌دهندهٔ واکنش بیشتر هیبرید 'هایولا۴۰۱' نسبت به افزایش دما بود. شیب کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه به‌ازای هر درجه افزایش میانگین دمای هوا طی این دوره در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' به‌ترتیب ۱/۹۶- و ۱/۷۲- روز بود (شکل ۴). به‌عبارت دیگر، به‌ازای هر درجه افزایش میانگین دمای هوا در طی دورهٔ پر شدن دانه، طول دورهٔ پر شدن دانه در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' به‌ترتیب ۱/۹۶ و ۱/۷۲ روز کاهش یافت.

بین میانگین درجهٔ روز رشد روزانه از سبز شدن تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا رسیدگی با سرعت نمو رابطهٔ خطی مثبت وجود داشت که به‌خصوص برای مرحلهٔ سبز شدن تا شروع گلدهی، این رابطه بسیار قوی بود (شکل ۵). رابطهٔ بین میانگین درجهٔ روز رشد روزانه از سبز شدن تا شروع گلدهی و سرعت نمو طی این دوره به‌ترتیب ۹۲ و ۹۳ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۵). همچنین رابطهٔ بین میانگین درجهٔ روز رشد روزانه از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی با سرعت نمو طی این دوره به‌ترتیب ۶۱ و ۶۳ درصد از تغییرات در هیبرید

‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ را توجیه کرد (شکل ۵). این روابط مثبت بین میانگین درجهٔ روز رشد طی مراحل مختلف نمو با سرعت نمو گیاه نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت دما بر سرعت نمو کلزا بود که در مطالعات دیگر محققان نیز گزارش شده است [۳۰ ، ۱۵]. در گندم، مشخص شد که در ارقام مختلف نمی‌توان یک معادلهٔ واحد برای رابطهٔ بین دما با سرعت نمو طی مراحل مختلف ارائه کرد [۱۹].

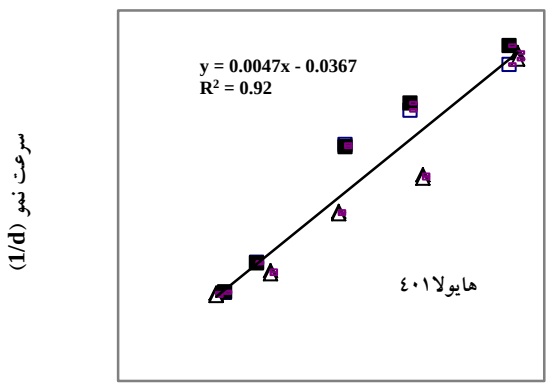
اگرچه تمام مراحل نموی گیاه تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد [۱۰]، حساسیت مراحل مختلف نمو گیاهان به دما متفاوت است [۲۸]. رابطهٔ بین دما با طول دورهٔ کاشت تا سبز شدن و طول دورهٔ پر شدن دانه خطی و در مراحل سبز شدن تا گرده‌افشانی غیرخطی بود [۷]. در مقابل رابطهٔ بین نمو گیاه از سبز شدن تا گرده‌افشانی با دما طی این مرحله با توجه به رقم مورد مطالعه متفاوت بوده و در تعدادی از ارقام منحنی خطی و در تعدادی دیگر خطی بود [۲۸].

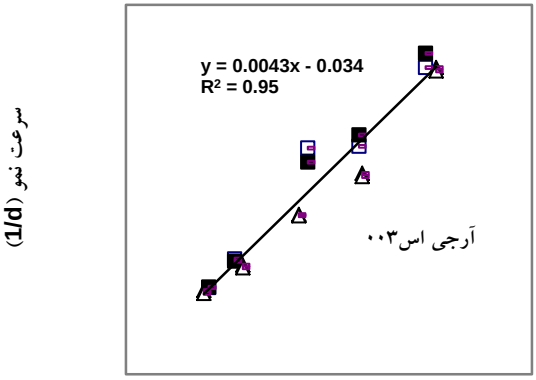


شکل ۵. رابطهٔ بین درجهٔ روز رشد از سبز شدن تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با سرعت نمو

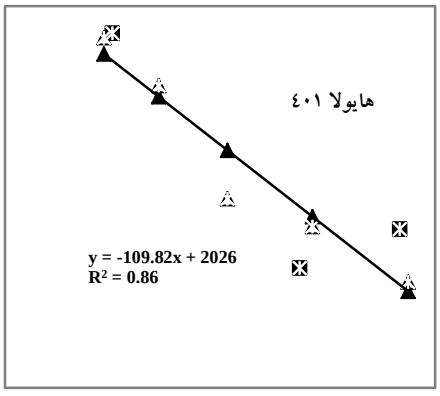
۳.۳. رابطهٔ فتوپریود با فنولوژی و سرعت نمو

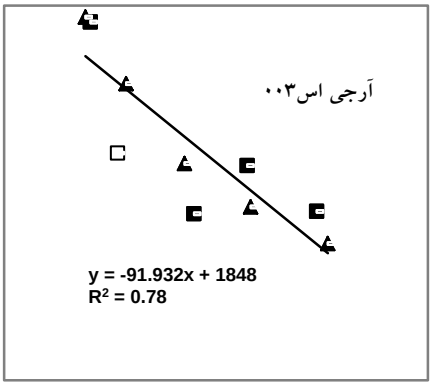
تعداد روز از سبز شدن تا شروع گلدهی در کلزا، علاوه بر دما، تحت تأثیر فتوپریود (طول روز) قرار می‌گیرد [۱۵ ، ۳]. بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با سرعت نمو طی این مرحله، رابطهٔ خطی مثبت قوی وجود داشت که به‌ترتیب ۹۲ و ۹۵ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۶). این رابطهٔ قوی نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت فتوپریود بر نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی بود. رابطهٔ منفی قوی بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با درجهٔ روز رشد تجمعی طی این دوره نیز مؤید تأثیر مثبت افزایش فتوپریود (بین ۱۰ تا ۱۳ ساعت در روز) در تسریع نمو کلزا بود که به‌ترتیب ۶۸ و ۷۴ درصد از تغییرات در هیبرید 'هایولا۴۰۱' و رقم 'آرجی‌اس۰۰۳' را توجیه کرد (شکل ۷).





شکل ۶. رابطهٔ بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی با سرعت نمو





شکل ۷. رابطهٔ بین میانگین فتوپریود از سبز شدن تا شروع گلدهی و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با درجهٔ روز رشد تجمعی

کاهش درجهٔ روز رشد تجمعی با افزایش فتوپریود در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ بیشتر از رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ بود که نشان‌دهندهٔ واکنش بیشتر نمو این هیبرید به افزایش طول روز بود. شیب خط رگرسیون کاهش درجهٔ روز رشد تجمعی از سبز شدن تا شروع گلدهی با افزایش فتوپریود از ۱۰ به ۱۳ ساعت در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ به‌ترتیب ۹۸/۶- و ۸۷/۷- درجهٔ روز بود. به‌عبارت دیگر، به‌ازای هر ساعت افزایش طول روز بین ۱۰ تا ۱۳ ساعت، درجهٔ روز رشد تجمعی از سبز شدن تا شروع گلدهی در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ و رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ به‌ترتیب ۹۸/۶ و ۸۷/۷ درجهٔ روز کاهش یافت. در مقابل، بین میانگین فتوپریود از گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با درجهٔ روز رشد تجمعی طی این دوره رابطهٔ معناداری مشاهده نشد. به‌عبارت دیگر، افزایش طول روز طی دورهٔ شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی تأثیر معناداری بر سرعت نمو کلزا نداشت که مؤید این است که نمو کلزا طی دورهٔ شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی تنها تحت تأثیر دما بود و تحت تأثیر فتوپریود قرار نگرفت، درحالی که زمان گلدهی به تأثیرات هر دو عامل فتوپریود و دما بستگی داشت.

۴. نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، با تأخیر در کاشت کلزا طول دوره‌های مختلف نموی به‌طور خطی کاهش یافت. میانگین عملکرد دانه در تاریخ‌های کشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم برای سال اول به‌ترتیب ۳۷۸۰، ۳۱۰۶، ۲۴۶۰، ۱۷۲۴ و ۵۸۲ کیلوگرم در هکتار و برای سال دوم به‌ترتیب ۳۵۴۳، ۲۸۹۶، ۲۳۶۲، ۱۵۸۸ و ۱۶۲ کیلوگرم در هکتار بود. رابطهٔ بین میانگین دما با طول دورهٔ نمو، برای دورهٔ کاشت تا غنچه‌دهی توانی منفی، غنچه‌دهی تا پر شدن دانه درجهٔ ۲ و پرشدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک خطی منفی بود. کاهش طول دورهٔ پر شدن دانه با افزایش دما در هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ به‌طور چشمگیری بیشتر از رقم ‘آرجی‌اس۰۰۳’ بود که نشان‌دهندهٔ واکنش بیشتر نمو هیبرید ‘هایولا۴۰۱’ نسبت به دما بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نمو کلزا از سبز شدن تا شروع گلدهی تحت تأثیر فتوپریود و دما و از شروع گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک تنها تحت تأثیر دما بود.

منابع

۱. اسدی م ا و فرجی ا (۱۳۸۸) مبانی کاربردی زراعت دانه‌های روغنی (سویا، پنبه، کلزا و آفتابگردان). نشر علم کشاورزی ایران. ۸۴ ص.

۲. خواجه‌پور م ر (۱۳۸۶) اصول و مبانی زراعت (نگارش دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۸۶ ص.

۳. عزیزی م، سلطانی ا و خاوری س (۱۳۷۸) کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به‌نژادی و تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ ص.

۴. فرجی ا و محتشم امیری ا (۱۳۹۲) مدیریت تنش‌های محیطی در مزارع کلزا. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۳۷ ص.

۵. فرجی ا، رئیسی س، هزارجریبی ا و مبصر س (۱۳۹۱) گیاهان روغنی. انتشارات نوروزی. چاپ اول. ۵۴۲ ص.

6. Adamsen FJ and Coffelt TA (2005) Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. Industrial Crops Production. 21: 293-307.

7. Addae PC and Pearson CJ (1992) Thermal requirements for germination and seedling growth of wheat. Australian Journal of Agricultural Research. 43: 585-594.

8. Angadi SV, McConkey BG, Ulrich D, Cutforth HW, Miller PR, Entz MH, Brandt SA and Volkmar K (1999) Developing viable cropping options for the semiarid prairies. Project Rep. Agric. and Agri-Food Can., Swift Current, SK.

9. Berry PM and Spink JH (2006) A physiological analysis of oilseed rape yields: Past fut. Journal of Agricultural Science. 144: 381-392.

10. Caliskan ME, Caliskan M, Arslan M and Arioglu H (2008) Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. Field Crops Research. 105: 131-140.

11. Chen C, Jackson G, Neill K, Wichman D, Johnson G and Johnson D (2005) Determining the feasibility of early seeding canola in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 97: 1252-1262.

12. Faraji A (2012) Oil concentration in canola (*Brassica napus* L.), as a function of environmental conditions during seed filling period. International Journal of Plant Production. 2: 267-277.

13. Faraji A, Latifi N, Soltani A and Shirani Rad AH (2009) Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management. 96: 132-140.

14. Gan Y, Angadi SV, Cutforth H, Potts D, Angadi VV and McDonald CL (2004) Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science. 84: 697-704.

15. Habekotte B (1997) Evaluation of seed yield determining factors of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) by means of crop growth modeling. Field Crops Research. 54: 137-151.

16. Harper FR and Berkenkamp B (1975) Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *Brassica napus*. Canadian Journal of Plant Science. 55: 657-658.

17. Johnson BL, McKay KR, Schneiter AA, Hanson BK, and Schatz BG (1995) Influence of planting date on canola and crambe production. Journal of Production Agriculture. 8: 594-599.

18. Johnston AM, Tanaka DL, Miller PR, Brandt SA, Nielsen DC, Lafond GP and Riveland NR (2002) Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal. 94: 231-240.

19. Kirby EJM, Spink JH, Frost DL, Sylvester-Bradley R, Scott RK, Foulkes MJ, Clare RW and Evans EJ (1999) A study of wheat development in the field: analysis by phases. European Journal of Agronomy. 11: 63-82.

20. Kirkland KJ and Jonson EN (2000) Alternative seeding dates (fall and April) affect *Brassica napus* canola yield and quality. Canadian Journal of Plant Science. 80: 713-719.

21. Kmec P, Weiss MJ, Milbrath LR, Schatz BG, Hanzel J, Hanson BK and Eriksmoen ED (1998) Growth analysis of crambe. Crop Science. 38: 108-112.

22. Miralles DJ, Ferro BC and Slafer GA (2001) Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. Field Crops Research. 71: 211-223.

23. Morrison MJ (1993) Heat stress during reproduction in summer rape. Canadian Journal of Botany. 71: 303-308.

24. Nanda R, Bhargava SC, Tomar DPS and Rawson HM (1996) Phenological development of *Brassica campestris*, *B. juncea*, *B. napus* and *B. carinata* grown in controlled environments and from 14 sowing dates in the field. Field Crops Research. 46: 93-103.

25. Ruiz RA and Maddonni GA (2006) Sunflower seed weight and oil concentration under different post-flowering source-sink ratios. Crop Science. 46: 671-680.

26. SAS Institute (1996) SAS/STAT user's guide, Version 6, 4th editions, SAS Inst., Inc., Cary, NC.

27. Si P and Walton GH (2004) Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of western Australia. Australian Journal of Agricaltural Research. 55: 367-377.

28. Slafer GA and Rawson HM (1995) Rates and cardinal temperatures for processes of development in wheat: effects of temperature and thermal amplitude. Australian Journal of Plant Physiology. 22: 913-923.

29. USDA (2014) Foreign Agricultural Service/USDA Office of global analysis. Available at: http://www.fas.usda.org.

30. Wheeler TR, Hong TD, Ellis RH, Batts GR, Morison JLL and Hadley P (1996) The duration and rate of grain growth, and harvest index, of wheat (*T. aestivum* L.) in response to temperature and CO_2. Journal of Experimental Botany. 47: 623-630.

31. Zhang HP, Wang XY, You MZ and Liu CM (1999) Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China plain. Irrigation Science. 19: 37-45.

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۰۷۴-۱۰۶۳

تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی در مراحل فنولوژیکی رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ بهاره

فرشته روشن[۱]* ، محمدرضا مرادی تلاوت[۲] و سید عطاءاله سیادت[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز
۳. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، اهواز

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل ارقام گلرنگ ('صفه' و 'محلی اصفهان') و زمان‌های مختلف محلول‌پاشی سولفات روی (بدون محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی در مراحل ساقه‌دهی، شاخه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه) بودند. محلول‌پاشی سولفات روی تأثیر معناداری بر صفات مورفولوژیک، تعداد طبق در بوته و در متر مربع، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن دارد. اثر رقم بر ارتفاع اولین شاخهٔ فرعی، تعداد شاخهٔ فرعی، قطر طبق، تعداد طبق در بوته و در متر مربع و تعداد دانه در طبق معنادار بود. اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر درصد روغن دانه معنادار بود. محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی و شاخه‌دهی بیشترین تأثیر را بر صفات مورفولوژیک از خود نشان داد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار محلول (۲۸۶۲ کیلوگرم در هکتار) و اجزای آن و عملکرد روغن با محلول‌پاشی در مرحلهٔ شاخه‌دهی به‌دست آمد. محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی عملکرد بیولوژیک را افزایش داد. بیشترین درصد روغن دانه (۲۵/۸۳ درصد) در رقم 'صفه'، با محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی به‌دست آمد. نتایج نشان داد که رقم 'محلی اصفهان' و محلول‌پاشی در مرحلهٔ شاخه‌دهی، بیشترین عملکرد دانه و روغن گلرنگ را تولید کرد.

کلیدواژه‌ها: درصد روغن، سولفات روی، شاخص برداشت، عملکرد، مادهٔ خشک.

* نویسنده مسئول
Email: moraditelavat@ramin.ac.ir

۱. مقدمه

گلرنگ[1] گیاهی پراهمیت و باکیفیت از خانوادهٔ دانه‌های روغنی است که به‌طور معمول در پاییز و زمستان کشت شده و در اواخر بهار سال بعد برداشت می‌شود. این گیاه هم‌خانوادهٔ آفتابگردان است که روغن دانهٔ آن باکیفیت و دارای ارزش غذایی زیادی در تغذیهٔ انسان است. این گیاه به‌دلیل مقاومت خوبی که به شرایط محیطی نامساعد نظیر تنش‌های خشکی، شوری و گرما دارد، برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک مناسب است [۱۰].

امروزه علاوه‌بر عناصر غذایی پرمصرف، استفاده از عناصر ریزمغذی به‌عنوان ابزاری مهم برای حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح مورد توجه است [۱۷]. عناصر غذایی ریزمغذی علاوه بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، در سلامت انسان و دام نیز تأثیر بسزایی دارند [۲۲]. روی یکی از عناصر کم‌مصرف و ضروری است که در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها جزئی مهم به‌شمار می‌رود و همچنین برای بسیاری از آنزیم‌ها به‌عنوان کوفاکتور عمل می‌کند. روی در سنتز تریپتوفان، پیش‌مادهٔ ساخت اکسین، طول عمر رنگدانه‌های کلروفیل و پیری برگ، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و سنتز پروتئین‌ها در گیاهان اثر دارد [۱۷]. همچنین عنصری مهم در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، پروتئیناز، تشکیل RNA و تنظیم‌کننده‌های رشد است. مصرف خاکی عناصر ریزمغذی، علاوه بر کارایی اندک جذب آن توسط گیاه، از لحاظ اقتصادی نیز بسیار پرهزینه است. ازاین‌رو می‌توان از روش‌های جایگزین مانند تغذیهٔ برگی بهره جست [۲]. تغذیهٔ برگی، کاربرد عناصر و مواد غذایی روی شاخه‌ها و برگ‌های گیاهان و جذب آنها در محل مصرف است [۹]. تغذیهٔ برگی امکان استفادهٔ سریع‌تر از مواد غذایی توسط گیاه را فراهم می‌آورد و سبب اصلاح کمبود مواد غذایی موجود در مدت زمان کمتری نسبت به کاربرد خاکی این مواد می‌شود [۵]. به‌طور کلی، اگر عناصر کم‌مصرف به‌صورت محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار گیرند، کمبود ناشی از مصرف خاکی را به‌طور کامل جبران می‌کنند و جایگزینی مناسب در این زمینه به‌شمار می‌روند [۲۰]. همچنین در شرایط مزرعه، یعنی جایی که فاکتورهای مؤثر بر جذب خاکی مواد غذایی بسیار متغیر است، ممکن است محلول‌پاشی روشی کارامد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان باشد [۱۵].

مصرف عناصر ریزمغذی از طریق محلول‌پاشی در موارد کمبود می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ را بهبود بخشد [۱۶]. مصرف منگنز به‌صورت محلول‌پاشی به‌طور معناداری عملکرد دانهٔ گلرنگ را از طریق افزایش تعداد دانه در گیاه افزایش می‌دهد [۱۶]. محلول‌پاشی روی و منگنز عملکرد بیولوژیک گلرنگ را به‌طور معناداری افزایش داد [۱۰]. نتایج تحقیقات مربوط به مصرف عنصر روی در مراحل مختلف رشد سویا نشان داد محلول‌پاشی روی، آن را در اسرع وقت در اختیار گیاه قرار می‌دهد و سبب بهبود عملکرد آن می‌شود [۱۳]. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر روغن دانه گلرنگ بسیار معنادار بود [۸]. نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش روغن دانه گندم و کلزا در اثر استفاده از سولفات روی گزارش شد [۱۹]. محلول‌پاشی اثر معناداری بر ارتفاع بوته دارد و همچنین مصرف برگی عناصر ریزمغذی روی، آهن و منگنز با افزودن بر ارتفاع بوته، موجب افزایش مادهٔ خشک می‌شود [۱۴].

گیاه در بسیاری از مواقع چندان نمی‌تواند عناصر کم‌مصرف مانند روی را از راه خاک جذب و مصرف کند و محلول‌پاشی آنها می‌تواند کارایی جذب و مصرف آنها را افزایش دهد [۱۳]. از طرف دیگر، مرز بین کفایت و سمیت عناصر کم‌مصرف بسیار باریک است. از عوامل مؤثر در این موضوع، تفاوت بین ارقام مختلف گیاهان زراعی است، به‌طوری که برخی از ارقام یک گیاه زراعی ممکن است در

1 . *Carthamus tinctorius* L.

اثر مصرف عناصر کم‌مصرف افزایش عملکرد را نشان دهند و برخی دیگر، در اثر مصرف عناصر کم‌مصرف، افزایش نشان ندهند و حتی عملکردشان کاهش یابد [۸]. با توجه به اهمیت دانه‌های روغنی و گیاه گلرنگ و ضرورت عناصر کم‌مصرف به‌ویژه روی در سلامت گیاه، می‌توان این عناصر را از راه محلول‌پاشی که آسان‌تر و سریع‌تر است، در اختیار گیاه گلرنگ قرار داد تا به‌واسطهٔ آن به افزایش عملکرد کمی و کیفی دست یافت و تولید در منطقه را پایدار کرد. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر زمان محلول‌پاشی سولفات روی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گلرنگ است.

۲. مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه، با ارتفاع حدود ۲۲ متر از سطح دریا اجرا شد. براساس آمار هواشناسی بلندمدت، شهر ملاثانی با داشتن متوسط بارندگی سالیانهٔ حدود ۱۶۹ میلی‌متر، متوسط درجهٔ حرارت ۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد و متوسط حداکثر و حداقل درجهٔ حرارت ۳۶ و ۹/۵ درجهٔ سانتی‌گراد از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل ارقام گلرنگ (‘صفه’ و ‘محلی اصفهان’) و زمان‌های مختلف محلول‌پاشی سولفات روی (بدون محلول‌پاشی، محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی، مرحلهٔ شاخه‌دهی، مرحلهٔ گلدهی و مرحلهٔ پر شدن دانه) با غلظت ۵ در ۱۰۰۰ درنظر گرفته شد. رقم جدید ‘صفه’ حاصل انتخاب تک‌بوته از تودهٔ محلی گلرنگ اصفهان است که با استفاده از روش گزینش لاین‌های خالص و تأکید بر یکنواختی رنگ قرمز گلچه‌ها، تعداد و اندازهٔ غوزه، نبود خار، زودرسی، درشتی طبق‌ها، جمع بودن شاخه‌های اصلی و فرعی و ارتفاع مناسب بوته برای برداشت مکانیزه تولید شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ دانشگاه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	مواد آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (mg/kg)	روی (mg/kg)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)
۱۶	۴۰	۴۴	۰/۶۶	۰/۰۷	۶/۲	۱/۲	۷/۲	۳/۱

آماده‌سازی زمین شامل آبیاری پیش از کاشت (با هدف سبز شدن بذر علف‌های هرز مدفون در خاک مزرعه)، شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دو بار دیسک عمود بر هم و تسطیح زمین آغاز شد و پس از ایجاد جوی و پشته‌ها به‌وسیلهٔ فاروئر، کرت‌ها و کانال‌های آبیاری آماده شدند. هر کرت از چهار پشته به طول ۴ متر و به فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر از هم تشکیل شدند. فاصلهٔ بین کرت‌ها به‌صورت یک پشتهٔ نکاشت و فاصلهٔ بین دو بلوک، ۲ متر و به‌صورت کانال‌های آبیاری بود. بذرهای گلرنگ برای رسیدن به تراکم ۲۶/۶ بوته در متر مربع در تاریخ پنجم بهمن ۱۳۹۱ با فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر از هم بر روی پشته‌ها کاشته شدند [۴]. کاشت بر روی پشته‌ها به‌صورت دوردیفه انجام گرفت. در

بیشتر مدت فصل رشد به‌خصوص تا اواسط فروردین ۱۳۹۲ بارش‌های مناسبی روی داد و نیازی به آبیاری نبود. از این مرحله به بعد، با کاهش درصد رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی عملیات آبیاری صورت گرفت. همچنین قبل از کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به‌صورت خاک استفاده شد. کود نیتروژن نیز به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. از این مقدار ۵۰ کیلوگرم هنگام کاشت، ۲۵ کیلوگرم در مرحلهٔ چهاربرگی و ۲۵ کیلوگرم در آغاز رشد طولی ساقه به‌صورت سرک مصرف شد.

برداشت گلرنگ در ۱۹ خرداد ۱۳۹۲ به‌صورت دستی و با داس انجام گرفت. بلافاصله پس از برداشت نمونه، از ۲ متر طولی از وسط دو خط کاشت مربوط به عملکرد نهایی (در مجموع با احتساب فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متری مساحت برداشت معادل ۱/۵ متر مربع بود)، نمونه‌هایی از هر واحد درون آون قرار داده شد و با تعیین درصد رطوبت هنگام برداشت، عملکرد بیولوژیک در واحد سطح محاسبه شد. پس از آن نمونه‌های هر واحد آزمایشی، جداگانه بوجاری شدند و عملکرد اقتصادی به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، پس از جدا کردن دانه‌ها، عملکرد دانه با احتساب ۹ درصد رطوبت دانه محاسبه شد. برای محاسبهٔ درصد رطوبت دانه‌ها، ۱۰ گرم از دانه‌های برداشت‌شده در آون به‌مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس با اندازه‌گیری وزن خشک آنها، درصد رطوبت هنگام برداشت تعیین شد. برای تعیین اجزای عملکرد از کل بوته‌های برداشت‌شده پنج بوته از هر نمونه به‌طور تصادفی انتخاب شد. سپس به‌ترتیب ارتفاع بوته، تعداد شاخهٔ فرعی، ارتفاع اولین شاخهٔ فرعی، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد طبق در متر مربع، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه، با دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن دانه و عملکرد دانه به‌دست آمد. تجزیهٔ واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسهٔ آماری شدند.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. صفات مورفولوژیک گلرنگ

۳.۱.۱. ارتفاع بوته

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان‌های مختلف محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع بوته معنادار بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته (حدود ۱۲۲ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی به‌دست آمد (جدول ۳) و کمترین ارتفاع، در تیمار بدون محلول‌پاشی (شاهد) مشاهده شد. ارتفاع بوته از مؤلفه‌های رشد رویشی و تولید مادهٔ خشک محسوب می‌شود. در این آزمایش، افزایش ارتفاع بوته به‌خوبی نشان‌دهندهٔ اثر مصرف روی در افزایش مادهٔ خشک گیاه نیز خواهد بود. جذب عنصر روی از طریق محلول‌پاشی در اندام هوایی گیاه، در مراحل رشد می‌تواند ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار داده و افزایش دهد. ازآنجا که نوسانات ارتفاع گیاه به‌طور معمول بارزترین مشخصهٔ ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی در اغلب گیاهان است، گاهی افزایش ارتفاع بوته، یک مزیت برای رقابت با سایر بوته‌ها در جامعهٔ گیاهی محسوب می‌شود که یکی از نتایج آن، تشکیل برگ‌های جدید در بالای سایه‌انداز است. این خصوصیت، کارامدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد [۳]. تأثیر معنادار محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر ارتفاع بوته گزارش شد و مصرف برگی عنصر ریزمغذی روی به‌علت تأثیر بر بیوسنتز اکسین سبب افزایش ارتفاع بوتهٔ گیاه می‌شود [۱۴ ، ۲].

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس بعضی از صفات مورفولوژیک گلرنگ تحت تأثیر رقم و محلول‌پاشی سولفات روی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات			
		ارتفاع بوته	تعداد شاخهٔ فرعی	قطر ساقه	قطر طبق
بلوک	۲	۱۹۷/۱۳^{ns}	۲/۳۲^{ns}	۰/۵۵^{ns}	۷/۱۷*
رقم	۱	۱۹/۴۴^{ns}	۴/۲۲*	۰/۱۸^{ns}	۱۰/۴۴**
محلول‌پاشی	۴	۱۱۹۷/۷۷*	۱۹/۹۷**	۱۶/۲۵**	۲۸/۷۲**
رقم در محلول‌پاشی	۴	۲۵۰/۱۶^{ns}	۷/۴۴^{ns}	۰/۹۹^{ns}	۳/۹۲^{ns}
اشتباه آزمایشی	۱۸	۱۶۲۲/۷۳	۲۰/۲۲	۸/۱۳	۱۷/۵۲
ضریب تغییرات (٪)		۸/۱۱	۱۵/۴	۱۰/۹۳	۴/۸۶

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین بعضی از صفات مورفولوژیک گلرنگ تحت تأثیر رقم و محلول‌پاشی سولفات روی

فاکتورها	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخهٔ فرعی	قطر ساقه (mm)	قطر طبق (mm)
رقم صفه	–	۶/۵۱^{b}	–	۲۰/۸۸^{a}
رقم محلی اصفهان	–	۷/۲۶^{a}	–	۱۹/۷^{b}
شاهد	۱۰۴/۶^{b}	۵/۴^{b}	۴/۷^{b}	۱۸/۴^{b}
مرحلهٔ ساقه‌دهی	۱۲۲/۱۷^{a}	۷/۴۸^{a}	۶/۶۷^{a}	۲۰/۷۳^{a}
مرحلهٔ شاخه‌دهی	۱۱۹/۷۲^{a}	۷/۷۳^{a}	۶/۴۲^{a}	۲۰/۵۲^{a}
مرحلهٔ گلدهی	۱۱۹/۵۲^{a}	۷/۰۷^{a}	۶/۳۳^{a}	۲۱/۲۳^{a}
مرحلهٔ پر شدن دانه	۱۱۹/۳۴^{a}	۶/۷۳^{a}	۶/۶۳^{a}	۲۰/۵۷^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

۳ .۱. ۲. تعداد شاخهٔ فرعی

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد شاخهٔ فرعی معنادار بود (جدول ۴). رقم ‘محلی اصفهان’ شاخهٔ فرعی بیشتری نسبت به رقم ‘صفه’ تولید کرد. افزایش شاخه‌های فرعی در آزمایش برخی محققان ارتباط زیادی با افزایش عملکرد دانه داشته است [۶]؛ درحالی که در آزمایش حاضر، رقم ‘محلی اصفهان’ با وجود تعداد شاخهٔ بیشتر، تفاوت معناداری از نظر عملکرد دانه با رقم ‘صفه’ نداشت که نشان‌دهندهٔ تعداد طبق کمتر در هر شاخه در رقم ‘محلی اصفهان’ در مقایسه با رقم ‘صفه’ است (جدول ۵).

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تأثیر رقم و محلول‌پاشی سولفات روی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات							
		تعداد طبق در متر مربع	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن دانه	عملکرد روغن
بلوک	۲	۵۱۵۸۳۲/۲**	۵۷/۳۱**	۴۹/۱۳ns	۴۹/۴۴*	۳۱۳۰۳۳۶/۳۸*	۲۴۳۶۰۶۰۴/۸*	۲۱/۷۱ns	۱/۳۸ns	۲۲۱۲۶۳/۱۴**
رقم	۱	۱۵۰۵۲/۸*	۱۶/۷۳*	۶۸/۰۷*	۳/۶۱ns	۳۸/۷۷ns	۸۶۸۳۳۲۰ns	۵۰/۹۳ns	۱/۴۵ns	۵۲۴۸/۷ns
محلول‌پاشی	۴	۱۳۷۷۵۲۱/۸**	۱۵۳/۰۶**	۲۰/۵۶ns	۹۹/۶۷*	۶۲۶۷۲۰۴/۰۹**	۷۰۳۶۶۶۴۸/۸**	۱۵۰/۲۴ns	۳۴/۶۴**	۳۹۸۹۶۳/۰۴**
رقم در محلول‌پاشی	۴	۱۰۳۷۵/۲ns	۱۱/۵۳ns	۹۶/۴۳ns	۲۸/۹ns	۴۳۰۵۵۵/۰۹ns	۶۴۳۵۶۸۴ns	۲۰/۷۹ns	۱۴/۳۸*	۶۴۱۸۲/۱۷ns
اشتباه آزمایشی	۱۸	۷۵۲۳۲/۸	۸۳/۵۹	۴۹۸/۶۵	۱۴۱/۹۹	۴۹۵۰۰۶۶/۲۶	۶۱۵۵۶۹۹۵/۲	۳۹۰/۸۹	۱۴/۸۹	۳۲۴۸۳۵/۲۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۹۸	۱۶/۹۸	۲۸/۲۸	۸/۸۷	۲۱/۹۶	۱۸/۷۶	۲۱/۰۱	۳/۸۵	۲۶/۳۵

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین اثر محلول‌پاشی روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ

تیمارها	تعداد طبق در متر مربع	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (Kg/ha)	عملکرد روغن (Kg/ha)
رقم صفه	۳۵۸/۴^{b}	۱۱/۹۵^{b}	۲۰/۱۲^{a}	–	–	–	–
رقم محلی اصفهان	۴۰۳/۲^{a}	۱۳/۴۴^{a}	۱۷/۱^{b}	–	–	–	–
شاهد	۲۵۷^{c}	۸/۵۷^{c}	–	۲۸/۶۳^{b}	۱۵۲۲^{b}	۷۱۳۳^{b}	۲۹۹/۴۸^{b}
مرحلهٔ ساقه‌دهی	۳۷۸^{b}	۱۲/۶^{b}	–	۳۲/۷۲^{a}	۲۵۱۹/۶^{a}	۱۱۸۲۸^{a}	۵۶۴/۴۳^{a}
مرحلهٔ شاخه‌دهی	۴۵۹^{a}	۱۵/۳^{a}	–	۳۳/۹۳^{a}	۲۸۶۳/۲^{a}	۱۰۴۵۱^{a}	۶۳۳/۶۴^{a}
مرحلهٔ گلدهی	۴۱۸^{ab}	۱۳/۹۳^{ab}	–	۳۰/۷۴^{ab}	۲۶۱۲/۵^{a}	۱۰۱۰۶^{a}	۵۶۷/۰۷^{a}
مرحلهٔ پر شدن دانه	۳۹۲^{ab}	۱۳/۰۷^{ab}	–	۳۲/۲۴^{a}	۲۴۲۰/۳^{a}	۹۷۶۸^{a}	۴۸۴/۱۴^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری با هم ندارند.

در مورد تیمار زمان محلول‌پاشی نیز می‌توان گفت که در محلول‌پاشی در مرحلهٔ شاخه‌دهی، بیشترین شاخهٔ فرعی و در تیمار شاهد، کمترین تعداد شاخهٔ فرعی مشاهده شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی سولفات روی به اندام هوایی گلرنگ در هر مرحله‌ای از رشد، می‌تواند تولید شاخه‌های جانبی را تحت تأثیر قرار دهد، اما در مرحلهٔ شاخه‌دهی گیاه این تأثیر بیشتر نمایان بوده است. بنابراین ازآنجا که انتهای هر کدام از شاخه‌های جانبی به گل‌آذین ختم می‌شود، می‌توان گفت یکی از راهکارهای افزایش عملکرد دانه در گلرنگ، تولید شاخه‌های جانبی بارور است که زمان رسیدگی فیزیولوژیک یکنواخت داشته باشند. ازاین‌رو همان‌گونه که ملاحظه می‌شود این تأثیر بر ارقام یکسان نبود و رقم 'محلی اصفهان' توانست شاخه‌های جانبی بیشتری تولید کند. این امر سبب شد که این رقم از تعداد طبق بیشتری در بوته و در واحد سطح برخوردار باشد. افزایش تعداد شاخه‌های جانبی نیز در اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف از جمله روی گزارش شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین ارتباط قوی بین تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد دانه و روغن در گیاهانی نظیر گلرنگ و کلزا گزارش شد [۸ ، ۶].

۳ .۱ .۳. قطر ساقه

قطر ساقه تحت تأثیر معنادار تیمار زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). نتیجهٔ به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که محلول‌پاشی سولفات روی سبب افزایش قطر ساقه در همهٔ سطوح در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). بنابراین جذب عنصر روی در اندام هوایی گلرنگ و به‌خصوص در مرحلهٔ ساقه‌دهی سبب افزایش قطر ساقه‌های تولیدی می‌شود. افزایش قطر ساقه می‌تواند مقاومت گلرنگ را نسبت به شرایط نامساعد محیطی از جمله خوابیدگی گیاه افزایش دهد. علاوه‌بر این، ساقه‌های قطور می‌توانند مواد هیدروکربنهٔ بیشتری را در خود ذخیره و سپس به‌سمت دانه ارسال کنند که در نهایت به افزایش عملکرد از طریق تولید دانه‌های بزرگ‌تر منجر خواهد شد [۱۰]. نتایج این تحقیق با یافته‌های دیگر پژوهشگران که تأثیر معنادار محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر قطر ساقه را در آفتابگردان گزارش کردند، مطابقت دارد [۱۱ ، ۴].

۳ .۱ .۴. قطر طبق

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها حاکی از معنادار بودن اثر رقم

و زمان محلول‌پاشی بر قطر طبق در سطح احتمال ۱ درصد است (جدول ۲). قطر طبق در رقم 'صفه' نسبت به رقم 'محلی اصفهان' بیشتر بود. در مورد تیمار زمان محلول‌پاشی، بیشترین قطر طبق در محلول‌پاشی در مرحلهٔ گلدهی به‌دست آمد، هرچند زمان‌های محلول‌پاشی اختلاف آماری معناداری با یکدیگر نشان ندادند و کمترین قطر طبق در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳).

قطر طبق در بین ارقام متفاوت بود که نشان داد محلول‌پاشی عنصر در هر مرحله‌ای از رشد گلرنگ قطر طبق را هرچند به‌مقدار اندک در مقایسه با شاهد (به‌طور متوسط ۲/۳۶ میلی‌متر) افزایش داد، اما همین مقدار کم نیز موجب افزایش تعداد دانه در طبق شد. مصرف روی به‌صورت محلول‌پاشی، قطر طبق را در آفتابگردان افزایش داد که خود موجب افزایش تعداد دانه در طبق و در نهایت افزایش عملکرد دانه شد که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد، درحالی که در آزمایشی دیگر افزایش قطر طبق بر اثر مصرف کودهای ریزمغذی از جمله روی معنادار نشد [۸ ، ۴].

۲.۳. صفات کمّی گلرنگ

۲.۳. ۱. تعداد طبق در بوته و متر مربع

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد طبق در بوته و تعداد طبق در متر مربع معنادار بود (جدول ۴). در بین ارقام 'صفه' و 'محلی اصفهان'، بیشترین تعداد طبق در بوته و در واحد سطح در رقم 'محلی اصفهان' به‌دست آمد. در تیمار محلول‌پاشی بیشترین تعداد طبق در بوته و در واحد سطح در مرحلهٔ شاخه‌دهی و کمترین آن در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵).

محلول‌پاشی سولفات روی با افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، شرایط مناسب برای تشکیل تعداد طبق را فراهم کرد. افزایش تعداد شاخهٔ فرعی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های رشد رویشی در اثر مصرف عناصر کم‌مصرف به‌خصوص عنصر روی از طریق افزایش سطح هورمون‌های رشد قبلاً نیز گزارش شد [۱۱]. همچنین علت زیاد بودن تعداد طبق در رقم 'محلی اصفهان' را می‌توان به دارا بودن شاخه‌های فرعی بیشتر نسبت به رقم دیگر نسبت داد. محلول‌پاشی روی تعداد طبق در بوتهٔ گلرنگ را به بیش از ۱۵ طبق در بوته افزایش داد [۱۰ ، ۸].

۲.۲.۳. تعداد دانه در طبق

بین ارقام از لحاظ تعداد دانه در طبق اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۴). رقم 'صفه' تعداد دانه در طبق بیشتری نسبت به رقم دیگر داشت که این اختلاف را می‌توان به ژنتیک گیاه نسبت داد (جدول ۵). ازآنجا که اجزای عملکرد مستقل از یکدیگر نیستند و کاهش یک جزء سبب افزایش دیگر اجزا خواهد شد، ملاحظه می‌شود که رقم 'صفه' که از تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد طبق در بوتهٔ کمتری برخوردار بود، تعداد دانه در طبق بیشتری تولید کرد. برخلاف آن، رقم 'محلی اصفهان' که تعداد شاخه‌های جانبی و طبق بیشتری در بوته داشت، تعداد دانه در طبق آن نیز به‌نسبت کاهش یافت.

به‌طور کلی، تعداد دانه در طبق در واقع ظرفیت مخزن‌های گیاه را مشخص می‌کند. هرچه تعداد دانه‌ها بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن‌های بیشتری برای مواد پروردهٔ تولیدشده است و هر عاملی که این جزء را افزایش دهد سبب افزایش عملکرد نیز خواهد شد. افزایش تعداد دانه در اثر مصرف عناصر کم‌مصرف روی و بور، ناشی از بهبود شرایط گرده‌افشانی از جمله تسهیل در حرکت دانهٔ گرده اعلام شد [۱۱]. در تحقیقی دیگر نیز، رقم بر تعداد دانه اثر معناداری داشت و رقم 'صفه' تعداد دانه در طبق بیشتری در مقایسه با رقم 'محلی اصفهان' تولید کرده بود [۲].

۳.۲.۳. وزن هزاردانه

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها حاکی از معنادار بودن تأثیر زمان‌های محلول‌پاشی بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۵ درصد بود (جدول ۴). بیشترین وزن هزاردانه در محلول‌پاشی در مرحلهٔ شاخه‌دهی و کمترین آن در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). افزایش وزن هزاردانه در اثر مصرف روی به‌دلیل افزایش مواد ذخیره‌شده و کاهش محدودیت منبع است که موجب سرازیر شدن مواد پرورده به‌سمت دانه می‌شود [۸]. این نتیجه با یافته‌های سایر تحقیقات مبنی‌بر افزایش وزن هزاردانهٔ گلرنگ و کلزا بر اثر محلول‌پاشی روی، مطابقت دارد [۱۱ ، ۲]. اثر روی بر وزن هزاردانهٔ گیاه را با تأثیر این عنصر در کمک به گیاه برای تحمل شرایط نامطلوب انتهای رشد نظیر گرما و خشکی آخر فصل مرتبط دانسته‌اند [۱۲].

۴.۲.۳. عملکرد دانه

در مورد عملکرد دانه، نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که بین تیمار زمان محلول‌پاشی و تیمار شاهد اختلاف معناداری در سطح آماری ۱ درصد وجود داشت (جدول ۴). کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد در مقایسه با محلول‌پاشی در همهٔ مراحل فنولوژی گلرنگ به‌دست آمد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی سولفات روی در همهٔ مراحل رشد سبب افزایش تعداد شاخه شد که درنتیجه تعداد طبق در بوته افزایش یافت و ازآنجا که عملکرد دانه تابع اجزای عملکرد است، با افزایش تعداد طبق در بوته عملکرد دانه نیز افزایش یافت. در نتیجه، کاربرد روی از طریق بهبود اجزای عملکرد به‌طور معناداری سبب افزایش عملکرد دانه شد. در واقع افزایش عملکرد گلرنگ در واکنش به مصرف روی به‌دلیل اهمیت این عنصر در فرایند فتوسنتز، سنتز پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌هاست. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های تحقیقی دیگر که نشان داد استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا می‌شود، مطابقت دارد [۲]. با توجه به اینکه مصرف سولفات روی سبب افزایش تعداد طبق در بوته و همچنین در واحد سطح شد، تأثیر این عنصر در افزایش عملکرد محصول از طریق افزایش این جزء عملکرد روشن می‌شود که پیشتر نیز گزارش شده بود [۱۰ ، ۸].

۵.۲.۳. عملکرد بیولوژیک

تأثیر زمان محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی به‌دست آمد. در واقع اختلاف آماری معناداری بین تیمار زمان محلول‌پاشی با تیمار شاهد وجود داشت که نشان می‌دهد در اثر کاربرد عنصر روی عملکرد بیولوژیک افزایش می‌یابد (جدول ۵).

این افزایش ممکن است به‌علت افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد [۲۲ ، ۷]. همچنین کاربرد روی به‌صورت محلول‌پاشی، به‌طور معناداری سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شد [۸].

۶.۲.۳. درصد روغن دانه

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زمان محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی و رقم بر درصد روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین روغن دانه در رقم ‘صفه’ در محلول‌پاشی در مرحلهٔ ساقه‌دهی و در رقم ‘محلی اصفهان’ در محلول‌پاشی در

مرحلهٔ گلدهی و شاخه‌دهی به‌دست آمد. کمترین روغن دانه در هر دو رقم در تیمار شاهد مشاهده شد که نشان می‌دهد محلول‌پاشی سولفات روی، روغن دانه را در هر دو رقم افزایش می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶ . مقایسهٔ میانگین اثر تیمارهای رقم و زمان محلول‌پاشی سولفات روی بر درصد روغن دانه

زمان محلول‌پاشی	رقم	
	صفه	محلی اصفهان
شاهد	۲۱/۲^{e}	۲۱/۸۷^{c}
مرحلهٔ ساقه‌دهی	۲۵/۸۳^{a}	۲۳/۲^{abc}
مرحلهٔ شاخه‌دهی	۲۴/۲^{bc}	۲۴/۲۷^{a}
مرحلهٔ گلدهی	۲۳/۱۷^{cd}	۲۴/۲۷^{a}
مرحلهٔ پر شدن دانه	۲۴/۸^{ab}	۲۳/۴^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معناداری از نظر آزمون LSD در سطح ۵ درصد با هم ندارند.

رقم 'صفه' نسبت به رقم 'محلی اصفهان'، برای تولید روغن واکنش بیشتری به محلول‌پاشی روی از خود نشان می‌دهد. به این صورت که در شرایط وجود یا کمبود عنصر روی، بیشترین و کمترین درصد روغن دانه از رقم 'صفه' حاصل شد. در مرحلهٔ رشد طولی ساقه به‌دلیل اهمیت عنصر روی در افزایش رشد گیاه و افزایش متابولیسم چربی‌ها، مقدار چربی تولیدشده و ذخیره‌شده در بافت‌های ذخیره‌ای و منبع افزایش یافت و در نهایت دانهٔ گلرنگ از روغن بیشتری برخوردار شد.

در بیان تأثیر روی در افزایش میزان روغن بذور بیان شد که در حضور عنصر روی به‌دلیل افزایش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و بهبود فعالیت غشاهای لیپیدی، مقدار روغن دانه افزایش می‌یابد [۱۲]. با توجه به نتایج آزمایش حاضر [۸]، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌خصوص عنصر روی به‌دلیل افزایش متابولیسم چربی‌ها و رفع به‌موقع نیاز گیاه سبب افزایش درصد روغن در گلرنگ شد؛ همچنین تأثیر عناصر ریزمغذی بر افزایش درصد روغن گلرنگ تأکید شد [۱۸].

۳ .۲. ۷. عملکرد روغن

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که عملکرد روغن تحت تأثیر معنادار تیمار زمان محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد روغن در محلول‌پاشی در همهٔ مراحل رشد به‌دست آمد و کمترین عملکرد روغن در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به نتایج، به‌نظر می‌رسد که با مصرف سولفات روی عملکرد دانه و درصد روغن دانه افزایش یافته که سبب افزایش عملکرد روغن شده است. بین مصرف عنصر روی با عملکرد روغن در گیاه کلزا همبستگی مثبت و معنادار وجود دارد و افزایش مصرف روی از طریق افزایش درصد روغن و عملکرد دانه، به افزایش عملکرد روغن منجر می‌شود. با توجه به اینکه عملکرد روغن حاصل‌ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه است [۱۱]، در برخی مطالعات افزایش عملکرد روغن در اثر مصرف روی را به‌دلیل تأثیر روی بر افزایش عملکرد دانه می‌دانند و تأثیر آن از طریق افزایش درصد روغن را ناچیز می‌شمرند [۱۰، ۱].

۴. نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج پژوهش حاضر، می‌توان اظهار داشت که صفات مورفولوژیک و کمّی گلرنگ در واکنش به محلول‌پاشی سولفات روی به طور معناداری افزایش یافتند. در بین زمان‌های محلول‌پاشی، محلول‌پاشی در مراحل رویشی نظیر ساقه‌دهی و شاخه‌دهی بیشترین تأثیر را بر صفات مورفولوژیک داشت و محلول‌پاشی در همهٔ مراحل رشد، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه و اجزای آن و عملکرد روغن گلرنگ داشت. در واقع استفاده از محلول‌پاشی سولفات روی می‌تواند تأثیر زیادی در بهبود صفات مورفولوژیک و کمّی گیاه گلرنگ داشته باشد. اثر رقم بر برخی صفات نظیر ارتفاع اولین شاخهٔ فرعی، تعداد شاخهٔ فرعی، قطر طبق، تعداد طبق و تعداد دانه در طبق معنادار بود. با توجه به اینکه رقم 'محلی اصفهان' دارای تعداد شاخهٔ فرعی و تعداد طبق بیشتری بود، به‌نظر می‌رسد این رقم از توانایی زیادی برای دستیابی به عملکرد زیاد برخوردار است.

منابع

۱. احمدی م ر و جاویدفر ف (۱۳۷۷) تغذیه گیاه روغنی کلزا. شرکت سهامی خاص توسعهٔ کشت دانه‌های روغنی. ۱۹۴ ص.

۲. امیدیان ا، سیادت س ع، ناصری ر و مرادی م (۱۳۹۱) اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد، میزان روغن و پروتئین دانهٔ چهار رقم کلزا. علوم زراعی ایران. ۱۴(۱): ۲۸-۱۶.

۳. اوزونی دوجی ع، اصفهانی ع م، سمیع‌زاده لاهیجی ح ا و ربیعی م (۱۳۸۶) اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانهٔ دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ. علوم زراعی ایران. ۹(۲): ۷۶-۶۰.

۴. برزگر ف، بخشنده ع، قرینه م ح و فتحی ق (۱۳۸۷) اثر الگوی کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط آب و هوایی اهواز. دهمین کنگرهٔ علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر.

۵. برمکی ی، جلیلی ف، عیوضی ع و رضایی ا (۱۳۸۸) اثر محلول‌پاشی روی، آهن و بور بر عملکرد و کیفیت دو رقم آفتابگردان روغنی. پژوهش در علوم زراعی. ۲(۶): ۲۶-۱۳.

۶. جمشیدی م (۱۳۹۰) اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و منگنز بر برخی خصوصیات زراعی لوبیاقرمز (رقم ناز) تحت تنش خشکی در منطقهٔ شهرکرد. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۱۳۰ ص.

۷. خواجه‌پور م (۱۳۸۵) گیاهان صنعتی. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۲۰ ص.

۸. رحیمی م، کاشانی ع، زارع فیض‌آبادی ا، مدنی ح و سلطانی ا (۱۳۸۹) تأثیر کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت تنش خشکی. تولید گیاهان زراعی. ۳(۱): ۷۲-۵۷.

۹. عزیزی خ، نوروزیان ع، حیدری س و یعقوبی م (۱۳۹۰) بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. دانش زراعت. ۳(۵): ۱۶-۱.

۱۰. کمرکی ح و گلوی م (۱۳۹۱) ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۳): ۲۰۶-۲۰۱.

۱۱. مرادی تلاوت م ر و سیادت س ع (۱۳۹۱) معرفی و تولید گیاهان دانهٔ روغنی. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۷۴ ص.

۱۲. موحدی دهنوی م (۱۳۸۳) اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف (روی و منگنز) بر عملکرد کمی و کیفی ارقام مختلف گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی در منطقهٔ اصفهان. پایان‌نامهٔ دکتری زراعت. دانشگاه تربیت مدرس. ۲۰۴ ص.

۱۳. موحدی دهنوی م و مدرس ثانوی س ع م (۱۳۸۵) اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی در منطقهٔ اصفهان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳(۵): ۱۱-۱.

۱۴. نورآبادی ع ر (۱۳۸۳) بررسی تأثیر تاریخ کاشت و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد رقم آذر گل آفتابگردان. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول. ۱۰۶ ص.

15. Aytak Z, Gulmezoglu N, Sirel Z and Tolay I (2014) The effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Network of Bitany, Horticulture and Agrology. 42(1): 202-208.

16. Golzarfar M, Shirani Rad AH, Delkhosh B and Bitarafan Z (2012) Saffower (*Carthamus tinctorius* L.) response to different nitrogen and phosphorus fertilizer rates in two planting seasons. Agriculture. 99(2): 159-166.

17. Khalily Mahaleh J and Rashidi M (2008) Effect of foliar application of micro nutrients on quantitative nd qualitative characteristics of 704 silage corn in Khoy. Grain and Plant. 24(2): 281-293.

18. Kohnaward P, Jalilian J and Pirzad A (2012) Effect of foliar application of Micro-nutrients on yield and yield components of safflower under conventional and ecological cropping systems. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3(7): 1460-1469.

19. Lewis DC and McFarlane JD (1986) Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and grain analysis. Australian Journal of Agricultural Research. 37: 567-572.

20. Pedram M, Ayeneband A and Modhej A (2013) The effect of biological and chemical fertilizers and plant density on quality and quantity yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Ahwaz condition. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4(3): 524-529.

21. Ravi S, Channal HT, Hebsur NS, Patil BN and Dharmatti PR (2008) Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal Agriculture Science. 32: 382-385.

22. Riley TG, Zhao F and McGrath SP (2000) Available of different form of sulphur fertilizer on wheat and oilgrain rape. Plant and Soil. 222: 139-147.

23. Sakar MT, Leila AA and Helaly MNM (1990) Physiological studies on soybean as affected by certain growth substances and micronutrients. Journal of Agricultural Science. 13: 613-622.

24. Sharafi S, Tajbakhsh M, Majidi M and Pourmirza A (2002) Effect of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of two forage corn cultivars in Urmia. Soil and Water. 12: 85-94.

25. Sharma AK, Srrvastava PC, Johri BN and Rathore VS (1992) Kinetics of zinc uptake by mycorrhizal and nonmycorrhizal corn roots. Biology and Fertility of Soils. 13: 206-210.

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۰۸۵-۱۰۷۵

اثر محلول‌پاشی متانول بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی

جابر عیسی‌زاده پنجعلی خرابسی[۱]، محمد گلوی[۲] و محمود رمرودی[۳]

۱. کارشناس ارشد گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲. استاد گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳. دانشیار گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر ویژگی‌های کمی و کیفی سویا (رقم 'ویلیامز')، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی مغان در سال ۱۳۹۰ انجام گرفت. تنش خشکی شامل آبیاری پس از ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌عنوان عامل اصلی، و محلول‌پاشی متانول شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌عنوان عامل فرعی لحاظ شد. تأثیر تنش خشکی بر قطر ساقه، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای هیدرات کربن محلول، کلروفیل کل، درصد روغن و پروتئین دانه معنادار بود. افزایش تنش خشکی موجب افزایش محتوای هیدرات کربن محلول، درصد روغن دانه و کاهش سایر ویژگی‌های مورد بررسی شد. تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس عملکرد دانه را ۳۳/۸۷ درصد کاهش داد. تأثیر محلول‌پاشی متانول بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و محتوای کلروفیل بسیار معنادار و بر طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، هیدرات کربن محلول و درصد پروتئین دانه معنادار بود. بیشترین تأثیر بر ویژگی‌های بررسی‌شده از تیمار محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به‌دست آمد، به‌طوری که عملکرد دانه نسبت به شاهد ۲۵/۶ درصد افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: پروتئین دانه، تخلیهٔ رطوبت، تعداد غلاف، عملکرد دانه، محتوای کلروفیل.

* نویسنده مسئول Email: m_ramroudi@yahoo.com

۱. مقدمه

باتوجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی که در حال حاضر بیشتر آنها از طریق واردات تأمین می‌شود، توسعهٔ کشت دانه‌های روغنی از اهمیت بسزایی برخوردار است. سویا[1] گیاهی روغنی است که بیشترین سطح زیر کشت را در جهان دارد [۱۳].

تنش خشکی، عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود [۱۶]. اعمال تنش خشکی در طول دورهٔ رشد سویا سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف و شاخص برداشت می‌شود [۱۱، ۵]. بررسی تأثیر سطوح آبیاری بر دو رقم سویا نشان داد که وقوع تنش خشکی در مرحلهٔ پر شدن دانه‌ها موجب کاهش وزن آنها می‌شود [۱۴]. محدودیت آب در دورهٔ رشدونمو زایشی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا را کاهش می‌دهد که به شدت وقوع تنش بستگی دارد. تنش خشکی سبب کوتاه شدن دورهٔ گلدهی و غلاف‌بندی، تسریع رسیدگی و کاهش عملکرد می‌شود [۲۶]. تنش خشکی در دورهٔ زایشی سبب چروکیدگی، کوچکی و کاهش وزن دانه‌های سویا می‌شود [۲۸]. تنش خشکی در سویا، اغلب از طریق کاهش وزن دانه، به‌ویژه کاهش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد [۲۶]. کاهش شاخص برداشت سویا بر اثر افزایش فواصل آبیاری، حاکی از تأثیر بیشتر تنش رطوبتی بر فرایندهای زایشی در مقایسه با رشد رویشی است [۲۹].

در گیاهان مقاوم به خشکی، برای دستیابی به عملکرد زیاد، اتخاذ راهکارهای کاهندهٔ اثر تنش، بسیار مورد توجه بوده است [۱۹]. در چنین شرایطی، یافتن راهی برای کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری از مهم‌ترین راهکارها محسوب می‌شود. برای مثال، افزایش دی‌اکسیدکربن می‌تواند اثر ناشی از تنش خشکی را خنثی کند [۳۴]؛ بنابراین استفاده از مواد افزایندهٔ غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه، موجب تثبیت عملکرد خواهد شد. از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به‌ویژه در گیاهان سه‌کربنه، استفاده از ترکیباتی مانند متانول، اتانول، پروپانول و بوتانول است [۲۷].

متانول ساده‌ترین فراوردهٔ گیاهی است که طی فرایندهایی در گیاه تولید می‌شود [۱۸]. کاربرد متانول سبب تولید دی‌اکسیدکربن در برگ‌ها و درنتیجه تسریع فتوسنتز می‌شود، ازاین‌رو به‌عنوان منبع کربن قابل استفاده است [۳۴]. محلول‌پاشی متانول ۵۰-۱۰ درصد حجمی سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان سه‌کربنه می‌شود. علت افزایش عملکرد را به کاهش تنفس نوری و افزایش آماس سلولی بافت‌های گیاهی نسبت داده‌اند [۳۰]. محلول‌پاشی متانول با ۲۰ درصد حجمی روی بادام‌زمینی[2]، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، وزن هزاردانه و مقدار پروتئین دانه را افزایش داد [۶]. محلول‌پاشی متانول روی گیاهانی که تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند، می‌تواند از کاهش زیست‌تودهٔ آنها جلوگیری کند [۲۷]. محلول‌پاشی متانول، زیست‌تودهٔ گیاهان زراعی مواجه با کمبود آب را افزایش می‌دهد، ولی بر آن دسته از گیاهان زراعی که محدودیت رطوبتی ندارند، تأثیر منفی می‌گذارد [۳۱، ۳۰].

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر عملکرد کمّی و ویژگی‌های کیفی سویا رقم 'ویلیامز' است.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی مغان در ۲۰ کیلومتری شهرستان پارس‌آباد، در عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقهٔ شمالی و طول

1 . *Glycine max* L.

2 . *Arachis hypogaea* L.

جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقهٔ شرقی در ارتفاع ۹۰ متر از سطح دریا، به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. آبیاری در سه سطح شامل آبیاری پس از ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی قابل دسترس خاک [۴] به‌عنوان عامل اصلی، و محلول‌پاشی متانول شامل عدم محلول‌پاشی (شاهد) و محلول‌پاشی با ۷، ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی به‌عنوان عامل فرعی لحاظ شد. بذرهای سویا قبل از کشت با باکتری *R. japanicum* تلقیح شدند. کاشت به‌صورت ردیفی و بلافاصله پس از آن آبیاری انجام گرفت. به‌منظور ایجاد تراکم مطلوب، عملیات تنک کردن در مرحلهٔ سه تا چهاربرگی انجام گرفت و پس از آن تیمارهای تنش اعمال شد. هر کرت آزمایشی به‌طول ۵ متر دارای چهار ردیف با فاصلهٔ ۴۰ و فاصلهٔ روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. با ظهور اولین علائم تنش در گیاه (تیره شدن برگ‌ها)، به فواصل زمانی کوتاه با استفاده از دستگاه TDR[1] رطوبت خاک اندازه‌گیری و درصد آب قابل دسترس و درصد تخلیهٔ آب محاسبه شد. نحوهٔ محاسبهٔ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل استفاده خاک بدین صورت بود که در آزمایشگاه درصد رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری و درصد آب قابل استفاده از رابطهٔ ۱ [۱۰] تعیین و سپس با استفاده از رابطهٔ ۲ درصد تخلیهٔ آب قابل استفاده محاسبه شد:

$$D(\%) = \frac{FC-\theta}{FC-Wp} \quad (۱)$$

درصد تخلیهٔ آب قابل استفاده = ۱۰۰ − D (%) (۲)

در این رابطه‌ها، D درصد آب قابل استفاده، FC مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی، Wp مقدار رطوبت در نقطهٔ پژمردگی دایم و θ مقدار رطوبت فعلی خاک است.

شایان ذکر است که مبنای محاسبات نقطهٔ پژمردگی دائم، پتانسیل رطوبتی ۱/۵− مگاپاسکال بود که به‌صورت قراردادی و معیار کلی مورد استفادهٔ همگان است [۱۰]. بوته‌های سویا طی فصل رشد سه بار (ظهور گره چهارم، آغاز گلدهی و گلدهی کامل) با متانول محلول‌پاشی شدند، به‌نحوی که قطره‌های محلول روی تمام قسمت‌های بوته جاری شد. نازل حدود ۳۰ سانتی‌متر بالای بوته‌ها قرار داشت و محلول‌پاشی بین ساعت‌های ۲۰− ۱۶ انجام گرفت.

پس از رسیدگی فیزیولوژیک و حذف آثار حاشیه‌ای، ۱ متر مربع از دو ردیف وسط از سطح خاک برداشت و عملکرد بیولوژیک و دانه محاسبه شد. قطر ساقه با استفاده از کولیس در مرحلهٔ گلدهی کامل از ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری سبزینگی برگ در مرحلهٔ گلدهی کامل بعد از محلول‌پاشی متانول از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502) ساخت ژاپن استفاده شد. کربوهیدرات‌های محلول در دانه برمبنای روش طیف‌سنجی به‌کمک دستگاه اسپکتروفتومتر [۲۰]، و پروتئین و روغن دانه نیز به‌ترتیب با استفاده از دستگاه کجلدال و سوکسله [۲۳] اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخهٔ ۹/۱) تجزیهٔ واریانس شد و مقایسهٔ میانگین‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. قطر ساقه

تنش خشکی تأثیر بسیار معناداری بر قطر ساقه داشت (جدول ۱) و با افزایش شدت تنش، قطر ساقه به‌شدت کاهش نشان داد، به‌طوری که قطر ساقه در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس نسبت به تیمار ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس ۲۷/۹۳ درصد کاهش یافت که احتمالاً به‌دلیل کاهش آماس سلولی بافت ساقه بوده است (جدول ۲) [۱۱].

1 . Time Domain Reflectometer

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات				
		قطر ساقه	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۱۷	۱۳۱/۵	۰/۰۷	۱۶۲/۳۴	۸۸۰۳۲/۳
تنش خشکی	۲	۱۴/۰۹**	۴۴۲/۵**	۰/۳۰**	۱۷۷۲/۸۰**	۱۸۸۳۶۹۶/۹**
خطای a	۴	۰/۱۸	۱۰۴/۴	۰/۰۲	۱۳۴/۹۵	۳۴۸۰۲۲/۱
محلول‌پاشی متانول	۳	۰/۱۱	۳۵۷/۵**	۰/۱۷*	۲۷۶۶/۳۳**	۴۵۸۸۹۰/۵**
محلول‌پاشی متانول × تنش خشکی	۶	^{ns}۰/۴۲	^{ns}۴۵/۸	۰/۰۴^{ns}	۸۲/۳۸^{ns}	۲۳۵۲۲/۸^{ns}
خطای b	۱۸	۰/۳۰	۳۳/۲	۰/۰۴	۱۲۳/۴۰	۹۱۲۱۵/۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۸/۲۸	۱۲/۱۵	۶/۶۳	۵/۵۴	۱۶/۲۳

****** و ***** : به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد دانه

تیمارها	قطر ساقه (mm)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (gr)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
تنش خشکی (درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس)					
۴۰	۷/۷۷^{a}	۵۴/۰۲^{a}	۳/۲۶^{a}	۲۱۲/۶۳^{a}	۲۲۹۴/۰^{a}
۵۵	۶/۷۳^{b}	۴۶/۹۲^{ab}	۳/۱۰^{ab}	۱۹۹/۹۰^{ab}	۱۷۷۰/۶^{ab}
۷۰	۵/۶۰^{c}	۴۱/۹۴^{b}	۲/۹۵^{b}	۱۸۸/۳۳^{b}	۱۵۱۷/۱^{b}
محلول‌پاشی متانول (درصد حجمی)					
۰	۶/۶۴^{a}	۴۸/۰۰^{b}	۳/۰۷^{ab}	۱۹۹/۳۱^{b}	۱۷۲۹/۷^{b}
۷۰	۶/۷۴^{a}	۴۹/۴۷^{ab}	۳/۱۱^{ab}	۲۰۱/۷۸^{b}	۱۸۷۵/۰^{ab}
۲۱	۶/۸۴^{a}	۵۴/۰۴^{a}	۳/۲۸^{a}	۲۲۱/۴۶^{a}	۲۱۷۲/۶^{a}
۳۵	۶/۵۸^{a}	۳۹/۰۰^{c}	۲/۹۵^{b}	۱۷۸/۶۰^{c}	۱۶۶۴/۹^{b}

میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک‌اند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تأثیر محلول‌پاشی متانول بر قطر ساقه از نظر آماری معنادار نشد (جدول ۱)، ولی در تیمار محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی، قطر ساقه تا حدی افزایش یافت که احتمالاً به‌علت افزایش ارتفاع بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول، رشد رویشی افزایش یافت و بر قطر ساقه تأثیر معنادار نداشت (جدول ۲). میرآخوری و همکاران [۱۱] نیز افزایش ارتفاع و زیست‌تودهٔ سویا در محلول‌پاشی متانول ۲۱ درصد حجمی را گزارش کرده‌اند.

۲.۳. تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته تا حد چشمگیری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱) و با افزایش تنش خشکی کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب از تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد که کاهش آن نسبت به شاهد حدود ۲۹ درصد بود (جدول ۲). کمبود آب در مرحلهٔ گلدهی، تشکیل آغازه‌های گل را به تأخیر می‌اندازد و نیز سبب افزایش درصد گل‌های عقیم، و ریزش گل‌ها و نیام‌ها می‌شود که به کاهش تعداد غلاف منجر می‌شوند [۳۲، ۹].

محلول‌پاشی متانول بر تعداد دانه در بوته بسیار مؤثر شد (جدول ۱)، اختلاف بین کاربرد ۷ درصد حجمی متانول با شاهد معنادار نبود، ولی افزایش آن تا ۲۱ درصد حجمی، بیشترین تأثیر را بر تعداد غلاف در بوته گذاشت. ازاین‌رو افزایش آن در سطح ۳۵ درصد حجمی به‌شدت تأثیر منفی نشان داد، به‌طوری که نتیجهٔ حاصل از شاهد نیز کمتر بود و نسبت به شاهد ۱۸/۷۵ درصد کاهش داشت و کاربرد چنین غلظتی توصیه نمی‌شود (جدول ۲). دیگر محققان نیز نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر منفی غلظت‌های زیاد متانول را گزارش کرده‌اند [۳۵، ۲۴].

۳.۳. تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنادار شد (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در غلاف به‌شدت کاهش یافت، به‌طوری که کمترین تعداد آن از تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل استفاده به‌دست آمد و کاهش آن نسبت به شاهد ۹/۵۰ درصد بود (جدول ۲). بر اثر تنش خشکی شدید در سویا، پژمردگی کلاله، رشد نکردن لوله‌های گرده و پسابیدگی دانه‌های گرده گزارش شده است که سبب کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شوند [۲۲].

محلول‌پاشی متانول بر تعداد دانه در غلاف تأثیر معناداری داشت (جدول ۱)، افزایش مصرف متانول تا ۲۱ درصد حجمی، تعداد دانه در غلاف را افزایش داد، ولی کاربرد ۳۵ درصد حجمی متانول، به‌شدت سبب کاهش آن شد، به‌حدی که از شاهد نیز کمتر بود که بیانگر نوعی تأثیر منفی بر تعداد دانه در غلاف سویاست (جدول ۲). نتایج مشابهی در سویا [۳۳] و ماش [۱۲] مشاهده شد.

۴.۳. وزن هزاردانه

تأثیر تنش خشکی بر وزن هزاردانه بسیار معنادار شد (جدول ۱)، به‌طوری که آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزاردانه را داشتند (جدول ۲). کاهش سطح برگ و دوام آن همراه با کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش خشکی، طول دورهٔ پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد [۱۴]. تنش خشکی در زمان پر شدن غلاف، سبب کاهش مدت این دوره و درنتیجه کوچک شدن دانه‌ها می‌شود [۱].

وزن هزاردانه تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول بسیار معنادار شد (جدول ۱). با افزایش محلول‌پاشی متانول تا سطح ۲۱ درصد، حجمی وزن هزاردانه افزایش یافت، ولی افزایش مصرف آن به ۳۵ درصد حجمی، وزن هزاردانه را

کاهش داد (جدول ۲). افزایش وزن هزاردانه با محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول، ممکن است به‌دلیل افزایش فتوسنتز در اثر مصرف متانول و افزایش انتقال هیدرات‌های کربن به دانه باشد [۲۴].

۵.۳. عملکرد دانه

تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه بسیار معنادار شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد. آبیاری پس از ۵۵ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس، عملکرد دانه را نسبت به آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس کاهش دادند و کاهش به‌ترتیب ۲۲/۸۲ و ۳۳/۸۷ درصد بود (جدول ۲). تنش خشکی ضمن کاهش دورهٔ مؤثر پر شدن دانه [۱۴]، سقط غلاف‌ها [۲۵] را افزایش می‌دهد. شرایط آبیاری کامل، سبب افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده می‌شود و بر سرعت پر شدن دانه، وزن دانه و عملکرد نهایی تأثیر مثبت دارد [۲۹]. کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی متأثر از کاهش اجزای عملکرد است [۲، ۱].

عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول در سطح احتمال ۱ درصد معنادار شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه از محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۵/۶ درصد افزایش داشت (جدول ۲). عملکرد دانهٔ سویا که با متانول تیمار شده بود، به‌طور معناداری در مقایسه با شاهد افزایش داشت و محلول‌پاشی متانول با ۲۵ درصد حجمی، بیشترین اثر را بر افزایش عملکرد سویا داشت [۲۴]. محلول‌پاشی ۳۵ درصد حجمی متانول، عملکرد دانه را کاهش داد، به‌طوری که از شاهد نیز کمتر بود (جدول ۲).

۶.۳. شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنادار شد (جدول ۳)، به‌طوری که با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب به تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی تعلق داشت (جدول ۴). افزایش شاخص برداشت در آبیاری کامل، به‌دلیل افزایش تولید دانه است، با اعمال تنش خشکی، به‌دلیل ریزش گل‌ها و غلاف‌ها و همچنین کاهش وزن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد و این کاهش نسبت به کاهش عملکرد بیولوژیک بیشتر است؛ به‌همین دلیل شاخص برداشت، کاهش می‌یابد و هرچه تنش خشکی شدیدتر شود، کاهش بیشتری را نشان می‌دهد [۷].

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس شاخص برداشت و ویژگی‌های کیفی سویا

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات				
		شاخص برداشت	پروتئین دانه	روغن دانه	محتوای کلروفیل کل	هیدرات‌های کربن محلول
تکرار	۲	۰/۰۰۱	۱/۸۵	۰/۰۵	۱/۱۱	۰/۰۴
تنش خشکی	۲	۱/۰۲**	۶۶/۲۷**	۵۹/۷۷**	۵۹/۰۵**	۱/۴۱**
خطای a	۴	۰/۰۱۱	۱۱/۵۳	۳/۴۶	۷/۳۳	۰/۰۰۲
محلول‌پاشی متانول	۳	۰/۰۰۲	۱۳/۴۰*	۱/۸۹	۵۲/۳۵**	۰/۱۵*
محلول‌پاشی متانول × تنش خشکی	۶	۰/۰۰۱^{ns}	۴/۰۷^{ns}	۱/۲۹^{ns}	۲/۰۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}
خطای b	۱۸	۰/۰۰۳	۴/۳۷	۱/۹۶	۲/۴۸	۰/۰۴
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۹/۴۸	۷/۲۷	۷/۱۹	۴/۰۸	۶/۰۶

** و * : به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین اثر محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی بر شاخص برداشت و ویژگی‌های کیفی سویا

تیمارها	شاخص برداشت (٪)	پروتئین دانه	روغن دانه	محتوای کلروفیل کل	هیدرات‌های کربن محلول
تنش خشکی (درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس)					
۴۰	۳۶/۱^{a}	۳۰/۹۹^{a}	۱۷/۳۲^{b}	۴۰/۸۸^{a}	۳/۱۷^{c}
۵۵	۲۹/۹^{b}	۲۸/۹۷^{ab}	۱۹/۳۰^{b}	۳۸/۵۱^{ab}	۳/۳۹^{b}
۷۰	۲۸/۱^{b}	۲۶/۳۰^{b}	۲۱/۷۷^{a}	۳۶/۴۵^{b}	۳/۵۴^{a}
محلول‌پاشی متانول (درصد حجمی)					
۰	۲۹/۱^{a}	۲۸/۳۴^{ab}	۱۸/۸۳^{a}	۳۷/۰۶^{b}	۳/۳۲^{ab}
۷	۳۱/۸^{a}	۲۸/۵۸^{ab}	۱۹/۹۱^{a}	۴۰/۰۲^{a}	۳/۴۳^{a}
۲۱	۳۳/۱^{a}	۳۰/۴۶^{a}	۱۹/۵۱^{a}	۴۱/۲۴^{a}	۳/۵۲^{a}
۳۵	۳۱/۱^{a}	۲۷/۵۹^{b}	۱۹/۶۲^{a}	۳۶/۱۳^{b}	۳/۲۲^{b}

میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک‌اند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تأثیر محلول‌پاشی متانول بر شاخص برداشت معنادار نشد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت به محلول‌پاشی ۲۱ درصد حجمی متانول تعلق داشت (جدول ۴). شاخص برداشت حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است که نشان‌دهندهٔ چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در اندام‌های مختلف گیاه است [۴]، احتمال می‌رود معنادار نبودن شاخص برداشت بر اثر محلول‌پاشی متانول به‌دلیل افزایش متناسب عملکرد دانه و بیولوژیک باشد [۱۱].

۷.۳. درصد پروتئین دانه

اثر تنش خشکی بر درصد پروتئین دانه بسیار معنادار شد (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین درصد آن از تیمار آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌دست آمد. با افزایش تنش خشکی از درصد پروتئین دانه کاسته شد و در تیمار آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس ۱۵/۱۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). گیاه در شرایط تنش خشکی با کاهش آنزیم روبیسکو و نقصان فتوسنتز همراه است، ازاین‌رو کاهش غلظت پروتئین به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ پروتئین اتفاق می‌افتد [۲۱].

محلول‌پاشی متانول بر درصد پروتئین دانه تأثیر معناداری داشت (جدول ۳). افزایش محلول‌پاشی متانول تا ۲۱ درصد حجمی، درصد پروتئین دانه را نسبت به تیمار شاهد ۳۰/۵ درصد افزایش داد که احتمالاً به‌دلیل تأثیر افزایش متانول بر اسیدهای آمینه بوده است (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های تحقیق دیگری مبنی بر افزایش درصد پروتئین تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول، مطابقت دارد [۶].

۸.۳. درصد روغن دانه

درصد روغن دانه به‌شدت تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳) و بیشترین درصد آن از تیمار آبیاری پس

از ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس حاصل شد؛ ولی در تنش‌های ملایم، درصد روغن کاهش یافت (جدول ۴). درصد روغن دانه با درصد پروتئین دانه رابطهٔ عکس دارد [۱۷]؛ بنابراین به‌علت کاهش درصد پروتئین دانه، درصد روغن آن افزایش می‌یابد [۳].

درصد روغن تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول از نظر آماری معنادار نشد (جدول ۳)، ولی بیشترین درصد آن در تیمار محلول‌پاشی ۷ درصد حجمی متانول مشاهده شد (جدول ۴). نتایج مشابهی مبنی بر نبود تأثیر معنادار محلول‌پاشی متانول بر درصد روغن نیز گزارش شده است [۶].

۹.۳. محتوای کلروفیل کل برگ

محتوای کلروفیل کل برگ تحت تأثیر تنش خشکی بسیار معنادار شد (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی، محتوای کلروفیل کل برگ کاهش یافت و در تیمارهای آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر مشاهده شد (جدول ۴). کاهش محتوای کلروفیل کل برگ در تنش خشکی به‌دلیل کاهش عوامل لازم برای سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن است، بدین معنا که کاتابولیسم کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد که علت اصلی آن علاوه‌بر موارد ذکرشده، پیری زودرس برگ‌ها در اثر اختلال‌های هورمونی ناشی از تنش خشکی است [۸].

تأثیر محلول‌پاشی متانول بر محتوای کلروفیل کل برگ بسیار معنادار شد (جدول ۳). محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان را داشتند. محتوای کلروفیل کل در تیمار محلول‌پاشی متانول با ۳۵ درصد حجمی از شاهد هم کمتر بود که نشان می‌دهد مصرف مقادیر زیاد متانول، سبب تخریب محتوای کلروفیل کل می‌شود (جدول ۴). به‌هرحال، استفاده از محلول‌پاشی متانول در سطوح غیرسمی سبب افزایش کلروفیل و افزایش مادهٔ خشک می‌شود [۱۱].

۱۰.۳. هیدرات‌های کربن محلول

تأثیر تنش خشکی بر مقدار هیدرات‌های‌کربن محلول معنادار شد (جدول ۳)، به‌طوری که آبیاری پس از ۴۰ و ۷۰ درصد تخلیهٔ رطوبت قابل دسترس به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان بودند (جدول ۴). در دورهٔ تنش خشکی، گیاه به‌منظور گریز از پلاسمولیز و ادامهٔ تورژسانس در سلول‌های خود، مولکول‌های درشت نظیر نشاسته را به ساکارز و سپس به مولکول‌های کوچک‌تری نظیر گلوکز و فروکتوز تبدیل می‌کند که این موضوع، موجب منفی‌تر شدن پتانسیل آب در سلول‌ها و تنظیم اسمزی می‌شود. علاوه‌بر این، کاهش مصرف قند نیز عامل دیگر افزایش غلظت قندهای محلول در سلول است [۲۰]. نتایج تحقیقی در ارقام نخود تحت تأثیر تنش خشکی افزایش در کل قندهای محلول، به‌ویژه هگزوزها مشاهده شده است [۱۵].

محلول‌پاشی متانول بر غلظت هیدرات‌های کربن محلول تأثیر معناداری داشت (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که محلول‌پاشی با ۲۱ و ۳۵ درصد حجمی متانول، به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار هیدرات‌های کربن محلول را دارا بودند که احتمالاً علت افزایش در تیمار ۲۱ درصد حجمی، افزایش قندهای ساده در اثر استفاده از متانول و تولید دی‌اکسیدکربن در گیاه؛ و علت کاهش آن در تیمار ۳۵ درصد حجمی، تأثیر سمی متانول است (جدول ۴).

۴. نتیجه‌گیری

تنش خشکی بر ویژگی‌های بررسی‌شده مؤثر بود و سبب کاهش عملکرد دانه شد. محلول‌پاشی متانول ویژگی‌های کمی و کیفی را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری که محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی متانول، بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت. این غلظت می‌تواند برای محلول‌پاشی مناسب باشد، ولی غلظت‌های بیشتر به‌علت اینکه سبب گیاه‌سوزی می‌شوند، توصیه نمی‌شود.

منابع

۱. امینی‌فر، ج، بیگلویی م ح، محسن‌آبادی غ م و سمیع‌زاده ح (۱۳۹۱) اثرات کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی رقم‌های سویا در منطقهٔ رشت. تولید گیاهان زراعی. ۵(۲): ۱۰۹-۹۳.

۲. پورموسوی س ر، گلویم، دانشیان ج، قنبری ا و بصیرانی ن (۱۳۸۸) تأثیر کود دامی بر عملکرد کمی و کیفی لاین سویا در شرایط تنش خشکی. علوم گیاهان زراعی. ۴۰(۱): ۱۴۵-۱۳۳.

۳. دانشیان ج (۱۳۷۹) بررسی اکوفیزیولوژیک اثرات تنش کم‌آبی در سویا. رسالهٔ دکتری زراعت، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات.

۴. زارع زرگر ج (۱۳۸۹) اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه رقم ماش. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه زابل.

۵. شاه‌مرادی ش (۱۳۸۲) بررسی اثرات تنش خشکی بر روی صفات کمی و کیفی ارقام و لاین‌های پیشرفتهٔ سویا. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران.

۶. صفرزاده ویشگائی م ن، نورمحمدی ق و مجیدی هروان ا (۱۳۸۶) اثر متانول بر رشد و عملکرد بادام زمینی. علوم کشاورزی. ۱۳(۱): ۱۰۴-۸۷.

۷. فرنیا ا، نورمحمدی ق، نادری ا، درویش ف و مجیدی هروان ا (۱۳۸۵) تأثیر تنش خشکی و نژادهای باکتری *Bradyrhizobium -japonicum* بر عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در سویا (رقم کلارک) در بروجرد. علوم گیاهان زراعی ایران. ۸(۳): ۲۱۴-۲۰۱.

۸. کافی م، زند ا، کامکار ب، شریفی ح ر و گلدانی م (۱۳۷۹) فیزیولوژی گیاهی (جلد دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۷۹ ص.

۹. محلوجی م، موسوی س ف و کریمی م (۱۳۷۹) اثر تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیاچیتی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴(۱): ۶۸-۵۷.

۱۰. مرادی ع، احمدی ع و حسین‌زاده ع ه (۱۳۸۷) واکنش زراعی - فیزیولوژیک ماش (رقم پرتو) به تنش‌های شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۳): ۶۵۹-۶۷۲.

۱۱. میرآخوری م، پاک‌نژاد ف، اردکانی م ر، پازوکی ع ر، ناظری پ و اسماعیل‌پورجهرمی (۱۳۸۸) ارزیابی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول بر مقدار پروتئین و روغن دانه، سرعت و دورهٔ پر شدن دانهٔ سویا (L17). تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. ۲(۲): ۱۸۳-۱۷۱.

12. Aslani A, Safarzadeh Vishgahi MN, Farzi M, Noorhosseini Niyaki SA and Jafari Paskiabi M (2011) Effect of foliar application of methanol on growth and yield of moonbeam (*Vigna radiate* L.) in Rasht, Iran. Afican Journal of Agricultural Research. 6(15): 3603-3608.

13. Attari AA (2006) Oil production and consumption of oil seeds in the world. Publication of Industry of Vegetable Oil Production, Magazine No. 13.

14. Ball RA, Purcell LC and Vories ED (2000) Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. Crop Science. 40: 1070-1078.

15. Basu PS, Berger JD, Turner NC, Chaturvedi SK, Ali M and Siddique KHM (2007) Osmotic adjustment of chickpea (*Cicer arietinum*) is not associated with changes in carbohydrate composition or leaf gas exchange under drought. Annals of Applied Biology. 150: 217-225.

16. Clover G, Smith H and Jaggard K (1998) The crop under stress. British Sugar Beet Review. 66(3): 17-19.

17. Cober ER and Voiding HD (2000) Developing high–protein, high–yield soybean populations and lines. Crop Science. 40: 39-42.

18. Fall R and Benson A (1996) Leaf methanol, the simplest natural product from plants. Trends Plant Science. 1: 296-301.

19. Hsiao TC (2000) Leaf and root growth in relation to water status. Horticultural Science. 35: 1051-1058.

20. Irigoyen JJ, Emerrich DW and Sanchez-Diaz M (1992) Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in modulated alfalfa plant. Plant Physiology. 84: 55-60.

21. Kane MV, Steel CC and Hildebrand DF (1997) Early–maturing soybean cropping system: III: Protein and oil contents and oil composition. Agronomy. 89: 464-469.

22. Kooks RA and Klark R (1996) Drought resistance in soybean cultivar. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 897-912.

23. Laurence RCN, Gibbons RW and Young CT (1976) Changes in yield, protein, oil and maturity of groundnut cultivars with the application of sulfur fertilizers and fungicides. The Journal of Agricultural Science. 86(2): 245-250.

24. Li Y, Gupta J and Siyumbano AK (1995) Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. Plant Nutrients. 18: 1875-1880.

25. Liu F, Andersen MN and Jensen CR (2004) Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. Field Crop Research. 85: 159-166.

26. Muchow RC (1985) Phonology, seed yield and water use of legume grown under different soil regimes in semi-arid tropical environment. Field Crop Research. 11: 81-97.

27. Nonomura AM and Benson A (1992) The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 89: 9794-9798.

28. Palmer J, Dunphy J and Reese P (1995) Managing drought - stressed soybeans in the southeast. North Carolina cooperative extension service as publication number AG-519-12. http://www.ces.ncsu.Edu/drought/dro-24.Html.

29. Pandy RK, Herrera WAT, Villegas AN and Pendleten TW (1984) Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant growth. Agronomy. 76: 557-560.

30. Ramberget HA, Bradley JSC, Olson JSC, Nishio JN, Markwell J and Osterman JC (2002) The role of methanol in promoting plant growth: An update. Plant Biochemistry and Biotechnology. 1: 113-126.

31. Ramirez I, Dorta F, Espinoza V, Jimenez E, Mercado A and Pen Cortes A (2006) Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. Plant Growth Regulation. 25: 30-44.

32. Stewart GR (1992) Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plant, Aspinnal New York.

33. Sunderman HD and Sweeney DW (1997) Soybean response to foliar applied methanol in humid and semiarid environments. Products Agriculture. 10(3): 415-418.

34. Zbiec II, Karczmarczyk S and Koszanski Z (1999) Influence of methanol on some cultivated plants. Department of Plant Production and Irrigation. Agricultural University of Szczecin Poland. 73: 217-220.

35. Zbiec II, Karczmarczyk S and Podsiado C (2003) Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 6: 1-7.

به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۱۰۰-۱۰۸۷

تأثیر مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه

محمدرضا رحیمی[۱]*، علی‌رضا یوسفی[۲]، خلیل جمشیدی[۲]، مجید پوریوسف[۳]

۱. کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲ . دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۰۶

چکیده

به‌منظور ارائه روش تلفیقی برای مدیریت علف‌های هرز رازیانه، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، در بهار سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. تیمارها شامل، نوع علف‌کش (پندیمتالین و تریفلورالین)، دز علف‌کش (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده در سایر گیاهان زراعی) و کنترل تکمیلی (بدون کنترل تکمیلی، یک‌بار وجین دستی ۵۰ روز پس از کاشت و مالچ کاه و کلش گندم به مقدار دو کیلوگرم در متر مربع) بودند. همچنین یک تیمار وجین علف هرز در کل طول فصل نیز به‌عنوان تیمار شاهد درنظر گرفته شد. کاهش زیست‌توده علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه، به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای کنترل علف هرز قرار گرفتند. پندیمتالین نسبت به تریفلورالین علف‌های هرز را بهتر کنترل کرد. همچنین کاربرد علف‌کش‌ها زیست‌تودهٔ علف‌های هرز را کاهش داد، اما بدون افزودن کنترل تکمیلی نتوانست به مدت طولانی در طول فصل رشد علف‌های هرز را کنترل کند. به‌طورکلی، دز توصیه‌شده پندیمتالین (۱۳۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) وقتی با یک‌بار وجین ۵۰ روز پس از کاشت استفاده شد، بیشترین عملکرد (۳۵۶۱ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین کاهش در زیست‌توده علف‌های هرز (۹۲ درصد) حاصل شد.

کلیدواژه‌ها: پندیمتالین، تریفلورالین، دز توصیه‌شده، زیست‌تودهٔ علف‌های هرز، مالچ.

* نویسنده مسئول Email: rahimi_mr61@yahoo.com

۱. مقدمه

رازیانه[1] از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان دارویی و ادویه‌ای است که در تمام دارونامه‌های معتبر از آن به‌عنوان نوعی گیاه دارویی پراهمیت یاد شده است [۵]. مردم یونان و روم باستان از خواص دارویی آن اطلاع کاملی داشتند و برای درمان برخی بیماری‌ها از آن استفاده می‌کردند [۱]. رازیانه یکی از چهار گیاه ادویه‌ای بسیار مهم است که در سراسر نواحی معتدل و نیمه گرمسیری جهان کشت می‌شود [۲۷]. استان‌های عمده تولیدکننده آن همدان، خراسان، کهکیلویه و بویراحمد، لرستان، تهران، کرمان و گلستان می‌باشند، با سطح زیرکشتی در حدود ۱۰۶۶ هکتار و همدان بیشترین میزان عملکرد بذر در واحد سطح (۲۵۳۵ کیلوگرم در هکتار) را داراست [۵]. یکی از دلایل عمده محدودیت توسعه سطح زیرکشت رازیانه در ایران، کمبود تحقیقات به‌زراعی و به‌نژادی، بالا بودن هزینه و پایین بودن بازده تولید است [۵].

علف‌های هرز، جزء جدایی‌ناپذیر بوم‌نظام‌های زراعی و غیرزراعی بوده و تهدیدی جدی برای کشاورزان محسوب می‌شوند [۲۵]. به‌دلیل اینکه رشد رازیانه در مراحل اولیهٔ رشد بسیار کند است، علف‌های هرز فراوانی در مزرعهٔ رازیانه به‌چشم می‌خورد [۶]. همچنین استقرار ضعیف، عدم ایجاد پوشش گیاهی مطلوب، دوره رشدی طولانی و ویژگی‌های مورفولوژیکی خاص نظیر داشتن برگ‌هایی با کنگره‌های بسیار عمیق [۵] که اجازهٔ عبور نور در تاج‌پوش برای علف‌های هرز را می‌دهد، موجب شده که این گیاه رقیب بسیار ضعیفی در برابر علف‌های هرز باشد. ازاین‌رو حفاظت از این گیاه در برابر علف‌های هرز برای مدت طولانی در طول فصل رشد ضروری است.

اطلاعات بسیار کمی در مورد کنترل علف‌های هرز در رازیانه در دسترس است [۳۳]. با وجود این، روش‌های فیزیکی مختلفی را برای مبارزه با علف‌های هرز در رازیانه می‌توان به‌کار گرفت. در تحقیقی، سرکوب علف‌های هرز با استفاده از آفتاب‌دهی عملکرد این گیاه را تا ۹۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد [۱۶]. طی آزمایشی در چند گونهٔ گیاهی از جمله رازیانه با استفاده از چنگک گردان کنترل خوبی بر علف‌های هرز قبل و بعد از سبز شدن به‌دست آمد. کنترل مکانیکی علف‌های هرز در رازیانه با این روش بسیار خوب و امیدوارکننده توصیف شد [۲۶]. وجین علف‌های هرز رازیانه در فصل بهار ضروری است. تعداد وجین مورد نیاز در سال اول کشت بیشتر از سال‌های بعدی است [۵]. علت این مسئله، رشد رویشی کند رازیانه در سال اول است که سبب می‌شود گیاه قادر به رقابت با علف‌های هرز نباشد. اما از سال دوم به بعد به‌علت رشد سریع گیاه و ایجاد انشعابات وسیع، بر روی علف‌های هرز سایه می‌افکند و عملاً بر آنها غلبه می‌کند. ازاین‌رو نیاز به وجین و مبارزه با علف هرز به حداقل خواهد رسید [۵].

از جمله علف‌کش‌های قابل استفاده در رازیانه می‌توان به مرکازین[2]، آرزین[3]، لینورون[4]، کلروگزرون[5] و کلروبرومورن[6] اشاره کرد [۵]. از بین علف‌کش‌های مذکور فقط لینورون در ایران ثبت شده و آن هم قدیمی [۴] و کمیاب است. متأسفانه بقیهٔ علف‌کش‌های مذکور در کشور ثبت نشده‌اند و درنتیجه وارد یا تولید نمی‌شوند.

در آزمایشی تأثیر چند علف‌کش مختلف بر علف‌های هرز رازیانه بررسی شد. طی این آزمایش کمترین وزن خشک علف‌های هرز با استفاده از پندیمتالین[7] به مقدار ۴۹۵ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار به‌دست آمد [۳۳]. پندیمتالین به مقادیر ۲ و ۳ لیتر در هکتار بیشترین تأثیر را

1 . *Foeniculum vulgare* Mill.

2 . Merkazin
3. Aresin
4. Linuron
5. Chloroxuron
6. Choloro bromurron
7. Pendimethalin

در کنترل علف‌های هرز در گوجه‌فرنگی داشت [۳۲]. کارایی تریفلورالین[1] نیز در کنترل علف‌های هرز گیاه دارویی آنیسون[2] تأیید شده و این گیاه حتی به دزهای بالاتر از مقدار توصیه‌شدهٔ این علف‌کش نیز تحمل مناسبی نشان داده است [۳۸].

در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، بر استفادهٔ صحیح از تمام روش‌های فیزیکی، زراعی، بیولوژیکی و شیمیایی برای کاهش خسارت علف‌های هرز تأکید می‌شود [۱۱]. مدیریت تلفیقی علف‌های هرز با تأکید بر استفاده از ترکیبی از چندین روش مدیریتی با یکدیگر، ضمن کاهش سهم استفاده از علف‌کش‌ها، منجر به مدیریت کارآمد و پایدار در کنترل علف‌های هرز می‌شود [۲۰، ۱۷، ۱۵]. مدیریت تلفیقی علف‌های هرز یک راهکار اکولوژیک بوده که می‌تواند راهگشای مناسبی در حل مشکل علف‌های هرز با حداقل مصرف علف‌کش باشد [۱۰]. تلفیق روش‌های مدیریتی، به‌عنوان نمونه مالچ و علف‌کش با دزهای کاهش‌یافته می‌تواند کنترل علف‌های هرز را به‌طور مؤثری بهبود بخشد [۴۰، ۳۹]. در بررسی تأثیر مالچ کلش گندم در کنترل علف‌های هرز در عناب[3] گزارش شد که هیچ علف هرز تک‌لپه‌ای ۴۰ و ۸۰ روز بعد از اعمال تیمار مالچ کلش گندم مشاهده نشد. با وجود این، ۱۲۰ روز بعد از اعمال تیمار برخی علف‌های هرز تک‌لپه و دولپه گسترش پیدا کردند [۳۴].

هیچ تحقیقی در مورد کنترل علف‌های هرز رازیانه در کشور صورت نگرفته است؛ ازاین‌رو با توجه به مطالب ذکرشده این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر دزهای کاهش یافته علف‌کش‌های تریفلورالین و پندیمتالین در تلفیق با وجین دستی و مالچ کاه و کلش گندم در کنترل علف‌های هرز و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه صورت پذیرفت.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوهای کامل تصادفی در سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول ۴۷ درجه و یک دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۶۳۴ متر از سطح دریا، انجام گرفت. زمین محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی رسی با هدایت الکتریکی ۰/۷۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. عامل اول نوع علف‌کش در دو سطح (پندیمتالین و تریفلورالین)، عامل دوم دز علف‌کش در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده در سایر گیاهان زراعی) و عامل سوم کنترل تکمیلی در سه سطح (بدون کنترل تکمیلی، یک‌بار وجین ۵۰ روز پس از کاشت و مالچ کاه وکلش گندم) بود. همچنین یک تیمار شاهد وجین کامل علف‌های هرز در طول فصل رشد نیز درنظر گرفته شد. دز توصیه‌شده پندیمتالین[4] ۱۳۲۰ گرم و تریفلورالین[5] ۱۴۴۰ گرم مادهٔ مؤثره در هکتار است. کرت‌های اصلی در ابعادی به طول ۱۰ و عرض دو متر درنظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ و فاصله بوته‌ها از هم بر روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر تعیین شد. فاصله کرت‌های هر بلوک از هم ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از هم چهار متر بود.

بعد از عملیات آماده‌سازی تکمیلی زمین (دیسک‌زنی و لولر) و بلوک‌بندی زمین، در ابتدا علف‌کش تریفلورالین با توجه به دزهای کاهش یافته‌ای که تعیین شده بود بدین صورت به‌کار برده شد که دزهای مختلف تریفلورالین (در مقادیر ۷۲۰، ۱۰۸۰ و ۱۴۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) پیش از کاشت سم‌پاشی گردیده و بلافاصله توسط شن‌کش با خاک مخلوط شد. در ادامه در تاریخ هفدهم اردیبهشت ماه

1. Trifluralin
2. *Pimpinella anisum* L.
3. *Zizyphus mauritiana* Lam.
4. Stomp, Ec, 330 g L-1, BASF
5. Treflan, Ec, 480 g L-1, Dow Agro Sciences

سال ۱۳۹۱ عملیات کاشت به‌صورت دستی انجام گرفت. علف‌کش پندیمتالین (در مقادیر ۶۶۰، ۹۹۰ و ۱۳۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) نیز بعد از کاشت محصول و قبل از آبیاری اول به‌کار برده شد. سم‌پاشی با استفاده از یک سمپاش پشتی کتابی با نازل شره‌ای با فشار دو بار انجام گرفت. در ادامه هر کرت در جهت عرض به سه بخش تقسیم گردید که یک بخش بدون کنترل تکمیلی بود و عمل وجین یا پراکندن مالچ کاه وکلش در این بخش انجام نگرفت، بخش دیگر بعد از ۵۰ روز پس از کاشت به‌صورت دستی وجین شد و در بخش سوم مالچ کاه و کلش گندم به مقدار دو کیلوگرم در متر مربع با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر، بلافاصله پس از کاشت در فاصله بین خطوط کاشت پراکنده شد.

آبیاری مزرعه، در ابتدا هر سه روز یک‌بار و بعد از استقرار گیاهچه‌ها هر شش روز یک‌بار به‌صورت قطره‌ای از نوع تیپ انجام گرفت. برای رسیدن به تعداد مطلوب بوته در واحد سطح (۱۰ بوته در متر مربع) عملیات تنک طی یک مرحله به هنگام ۳ تا ۴ برگی شدن گیاهچه‌ها انجام گرفت. در طول فصل رشد کود اوره در سه مرحله، هنگام کاشت، ساقه‌دهی و قبل از گلدهی به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط تانک کود متصل به سیستم آبیاری قطره‌ای به زمین داده شد و سه لیتر در هکتار نیز کود کامل محتوی ریزمغذی‌ها داده شد. به دلیل عدم خسارت آفات و بیماری‌ها از هیچ سم آفت‌کشی استفاده نشد.

در پایان فصل به‌منظور نمونه برداری از علف‌های‌هرز و تعیین زیست‌توده علف‌های هرز در داخل هر کرت کلیه علف‌های هرز از داخل یک کادر ۰/۵ در ۰/۵ متر به‌تفکیک گونه کف‌بر شد و در آون در دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس توزین شد. برای اندازه‌گیری عملکرد در پایان فصل، با حذف حاشیه از هر کرت آزمایشی به مساحت ۲ متر مربع برداشت شد. برای تعیین اجزای عملکرد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب شد و صفات، شامل تعداد چتردر بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چتر در آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن هزاردانه، از هر واحد آزمایشی با دو تکرار هزار عدد بذر شمارش و سپس وزن آنها با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ توزین شده و به‌عنوان وزن هزاردانه برای هر واحد آزمایشی منظور شد.

به‌منظور محاسبهٔ بازده تیمارهای آزمایشی از رابطهٔ زیر استفاده شد:

$$R = \left(\frac{A-B}{A}\right) \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، R درصد کاهش زیست‌توده علف‌های هرز درنتیجه اعمال تیمار، A زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط عدم اعمال تیمار (شاهد) و B زیست‌توده علف‌های هرز در نتیجه اعمال تیمار مورد نظر است.

قبل از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، وضعیت نرمال بودن تمامی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab بررسی گردید. برای تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد و مقایسهٔ میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. پوشش علف‌های هرز محل آزمایش

طیف علف هرزی مزرعهٔ آزمایشی به‌نسبت متنوع و به‌صورت غالب شامل گونه‌های: تاج خروس ریشه قرمز[1]، سوروف[2]، دم‌روباهی[3]، سلمه‌تره[4]، تاج‌خروس

1. *Amaranthus retroflexus* L.
2. *Echinochloa crus-galli* L.
3. *Setaria viridis* (L.) P. Beauv
4. *Chenopodium album* L.

خوابیده[1]، توق[2]، نوک لک لکی[3]، علف شور[4]، شیرتیغی[5]، تاجریزی[6] و پنیرک[7] بود.

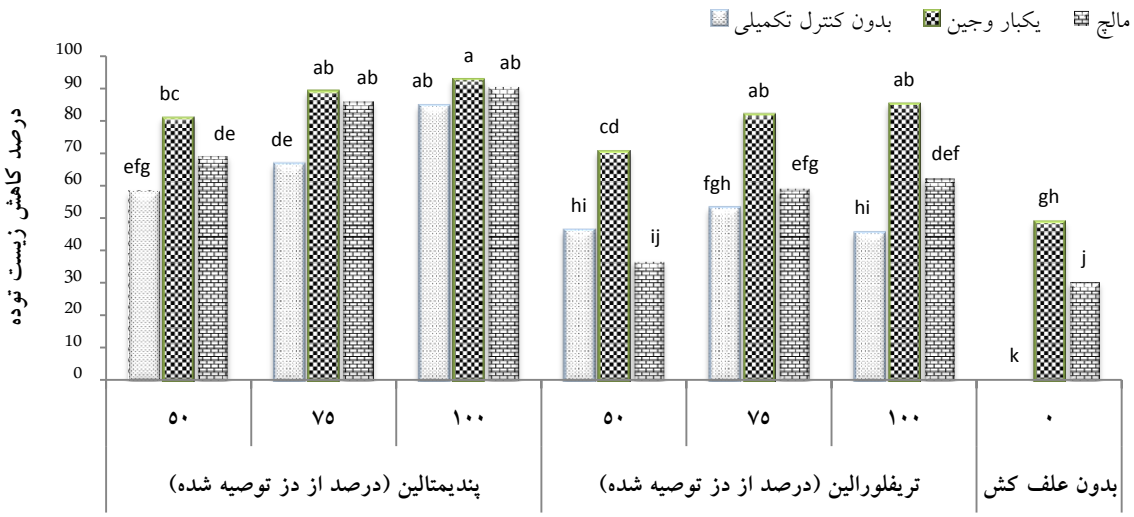
۳. ۲. کارایی تیمارهای اعمال شده در کنترل مجموع علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل هر سه فاکتور (نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی) بر زیست‌توده مجموع علف‌های هرز معنادار شد.

مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل هر سه فاکتور (نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی) بر کاهش زیست‌توده مجموع علف‌های هرز در زمان رسیدگی فیزیولوژیک محصول نشان داد که وزن خشک مجموع علف های هرز در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد آلوده به علف هرز به‌طور معناداری کاهش داشته است (شکل ۱). در شرایط عدم کاربرد علف‌کش و کنترل‌های تکمیلی (تیمار شاهد) مقدار زیست‌توده تولید شده توسط مجموع علف‌های هرز به ۱۶۱۸ گرم در متر مربع رسید. تجمع این مقدار زیست‌توده در واحد سطح احتمالاً به توان رقابتی بسیار پایین رازیانه مربوط می‌شود. همهٔ تیمارهای اعمال‌شده اختلاف معناداری را نسبت به شاهد بدون کنترل نشان دادند. بازده تیمارهای مختلف بین ۳۰ تا ۹۲ درصد متغیر بوده و در این میان بالاترین درصد کاهش زیست‌توده مربوط به تیمار پندیمتالین به مقدار ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده + یک بار وجین دستی و کمترین آن به تیمار کاربرد مالچ کاه و کلش گندم به تنهایی، تعلق داشته است. تیمارهای پندیمتالین به مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده + مالچ، پندیمتالین به مقدار ۷۵ درصد دز توصیه‌شده + یک‌بار وجین دستی، پندیمتالین به مقدار ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده به تنهایی و تریفلورالین به مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده +یک‌بار وجین دستی نیز با تیمار پندیمتالین به مقدار ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده + یک‌بار وجین دستی در یک گروه آماری قرار گرفتند. امکان کنترل مطلوب علف‌های هرز توسط مقادیری کمتر از توصیه تولیدکننده قبلاً نیز توسط تعدادی از محققان گزارش شده بود [۴۰، ۳۵، ۲۴، ۱۴]. به‌طورکلی، نتایج آزمایش حاضر پیشنهاد می‌کند برای کنترل مؤثر علف هرز در رازیانه پندیمتالین اگر با یک‌بار وجین دستی تلفیق شود، می‌توان دز کاهش‌یافتهٔ ۷۵ درصد آن را استفاده کرد. تأثیر پندیمتالین به تنهایی یا در تلفیق با یک بار وجین در کنترل علف‌های هرز در نخود [۳۷] و در برنج [۳۱] گزارش شد. تیمارهای تریفلورالین به تنهایی و یا تلفیق با کنترل‌های فیزیکی نسبت به تیمارهای پندیمتالین کنترل ضعیف‌تری را بر مجموع علف‌های هرز نشان دادند و بازده کمتری داشتند.

سایر محققین نیز به تأثیر بهتر پندیمتالین در کنترل علف‌های هرز نسبت به تریفلورالین اشاره کردند [۳۷]. همچنین تلفیق روش‌های شیمیایی با یک‌بار وجین دستی بازده کنترل بالاتری را نسبت به تلفیق با مالچ کاه و کلش ایجاد کردند. مالچ کلش گندم نتوانست کنترل خوبی بر علف‌های هرز کلم بروکلی فراهم کند [۳۶]. کاربرد مالچ به‌تنهایی بدون استفاده از علف‌کش‌ها نمی‌تواند کنترل مطلوبی بر علف‌های هرز فراهم کند. این نتیجه‌گیری منطبق با مشاهدات محققین دیگر است [۳۱]. برعکس مالچ به تنهایی بدون تلفیق با علف‌کش‌هامی‌تواند کنترل مطلوبی بر علف‌های هرز فراهم کند [۳۰، ۲۹].

1. *Amaranthus blitoides* S. Wats
2. *Xanthium strumarium* L.
3. *Erodium cicutarium* L.
4. *Salsola kali* L.
5. *Sonchus oleraceus* L.
6. *Solanum nigrum* L.
7. *Malva neglecta* wallr



تیمارهای تلفیق دزهای مختلف علف‌کش‌ها با کنترل‌های تکمیلی

شکل ۱. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارهای نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی، بر کاهش زیست‌توده مجموع علف‌های هرز در آخر فصل. ستون‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

این تفاوت‌ها در نتایج کارایی مالچ در کنترل علف‌های هرز می‌تواند تحت تأثیر عواملی نظیر طیف علف‌های هرز محل آزمایش، ضخامت مالچ و نوع مالچ باشد. همچنین از آنجایی که گیاهان مختلف، هم از نظر نوع ماده آللوپاتیک و هم مقدار آن با هم متفاوت هستند، درنتیجه توانایی بازدارندگی مالچ‌ها می‌تواند تحت تأثیر منبع گیاهی آن‌ها نیز قرار گیرد.

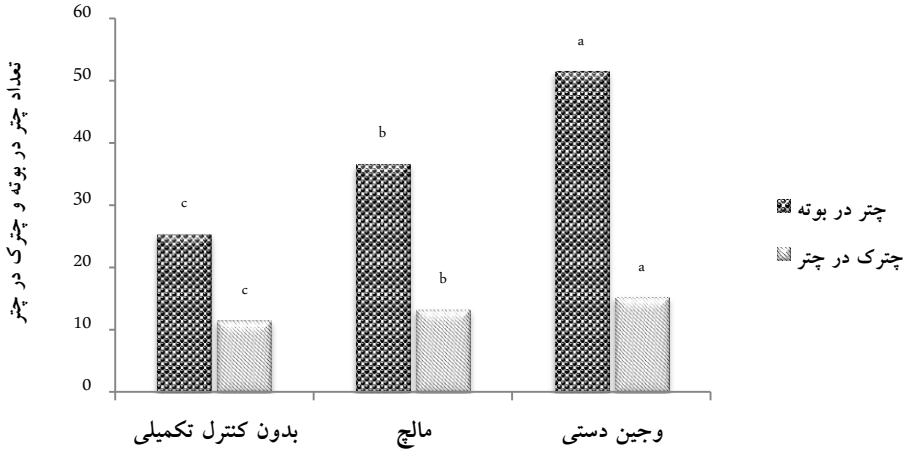
۳. ۳. اجزای عملکرد رازیانه

۳. ۳. ۱. تعداد چتر در بوته و چترک در چتر

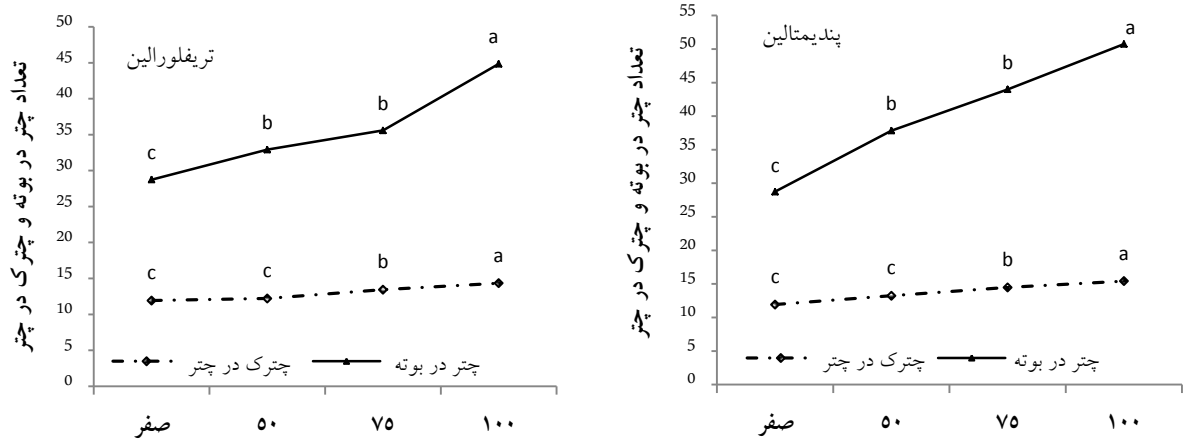
نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی تأثیر معناداری بر تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر داشتند ($P\leq ۰/۰۱$) و همچنین اثر متقابل تأثیر نوع علف‌کش و دز علف‌کش نیز بر این صفات معنادار شد.

مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارهای کنترل تکمیلی بر تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر نشان داد که وقتی وجین دستی به‌عنوان کنترل تکمیلی به‌کار برده شده است، تأثیری به‌مراتب بهتر از مالچ کاه و کلش گندم در افزایش تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر داشته و بدین لحاظ اختلاف معناداری نسبت به مالچ کاه و کلش گندم ایجاد کرده است. تیمار مالچ کاه و کلش گندم هر چند نسبت به وجین دستی تأثیر کمتری در افزایش تعداد چتر در بوته و چترک در چتر داشت، ولی با تیمار بدون کنترل تکمیلی اختلاف معناداری داشت و باعث افزایش تعداد چتر و چترک شد (شکل ۲). اثر متقابل نوع علف‌کش و دز علف‌کش، تعداد چتر در بوته را به‌طور معناداری نسبت به دز صفر علف‌کش افزایش داد، به‌طوری‌که بیشترین تعداد چتر در بوته در تیمار اثر متقابل پندیمتالین با دز ۱۰۰ درصد مقدار توصیه‌شده به‌دست آمد، درحالی‌که تیمار پندیمتالین با ۷۵ درصد دز توصیه‌شده و تریفلورالین با ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده در یک گروه آماری قرار گرفتند و بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد چتر در بوته بعد از تیمار

برتر داشتند. تریفلورالین با ۵۰ درصد دز توصیه‌شده نیز هر چند نسبت به تیمار دز صفر علف‌کش اختلاف معناداری داشت ولی کمترین تأثیر را در افزایش تعداد چتر در بوته داشت. به‌طور مشابه بیشترین تعداد چترک در چتر نیز در تیمار پندیمتالین با ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده مشاهده شد که نسبت به بقیه تیمارها اختلاف معناداری داشت. همچنین پندیمتالین با ۷۵ درصد دز توصیه‌شده و تریفلورالین با ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده نیز بعد از تیمار برتر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارهای کنترل تکمیلی علف هرز بر تعداد چتر در بوته و چترک در چتر
ستون‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.



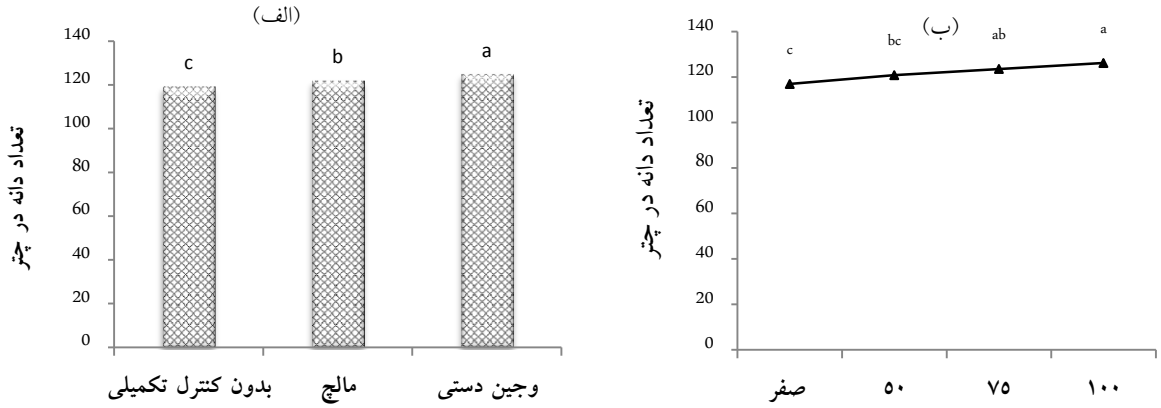
شکل ۳. مقایسهٔ میانگین تیمار اثر متقابل نوع علف‌کش با دز علف‌کش بر تعداد چتر در بوته و چترک در چتر نقاط دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

تریفلورالین با ۵۰ درصد دز توصیه‌شده نیز به‌عنوان ضعیف‌ترین تیمار با دز صفر علف‌کش در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۳). تعداد چتر و چترک در گیاه به مقدار زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه مناسبند، به‌خصوص عناصر غذایی و رطوبت کافی وابسته است. با افزایش تداخل علف هرز این عوامل (عناصر غذایی و رطوبت) و همچنین دریافت نور به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، این محدودیت‌ها در مراحل زایشی گیاه می‌تواند از طریق کاهش فتوسنتز جاری و سنتز مواد پرورده، موجب کاهش توان گیاه در اختصاص مواد فتوسنتزی به تولید واحدهای زایشی شده و درنهایت منجر به کاهش تعداد چتر در بوته و چترک در چتر می‌شود. به نظر می‌رسد که تعداد چتر در تیره چتریان یکی از اجزای اصلی و تعیین‌کننده عملکرد نهایی این گیاهان است که تعیین‌کننده پتانسیل عملکرد است، زیرا چتر در برگیرنده تعداد چترک و دانه‌ها است [۳].

۳. ۳. ۲. تعداد دانه در چتر

تعداد دانه در چتر به‌طور معناداری تحت تأثیر دز علف‌کش قرار گرفت ($P\leq ۰/۰۵$). همچنین کنترل‌های تکمیلی نیز به‌طور معناداری تعداد دانه در چتر را تحت تأثیر قرار دادند ($P\leq ۰/۰۱$). ولی نوع علف‌کش و اثر متقابل هیچ‌یک از عوامل مورد بررسی بر این صفت معنادار نشد.

مقایسهٔ میانگین تأثیر دز علف‌کش بر تعداد دانه در چتر نشان داد که بیشترین تعداد دانه در چتر (۱۲۶) در دز ۱۰۰ درصد علف‌کش به‌دست آمد، درحالی‌که دز ۷۵ درصد علف‌کش نیز با تعداد (۱۲۳) دانه در چتر اختلاف معناداری با دز ۱۰۰ درصد نداشت (شکل ۴).



شکل ۴. مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارهای کنترل‌های تکمیلی علف هرز (الف) و دزهای مختلف علف‌کش‌ها (ب) بر تعداد دانه در چتر ستون‌ها و نقاط دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

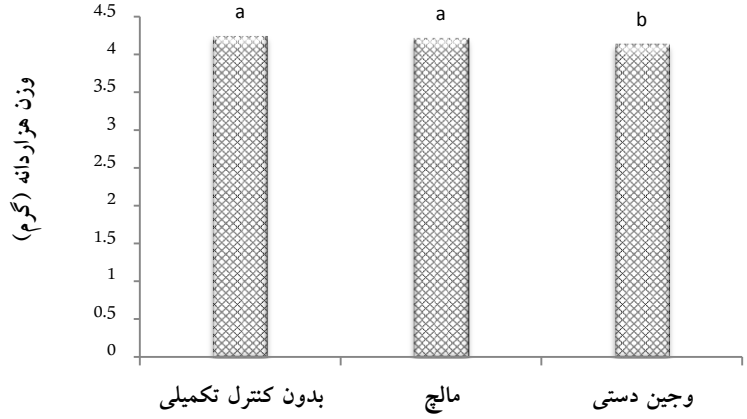
در ۵۰ درصد علف‌کش نیز هر چند با دز ۷۵ درصد علف‌کش اختلاف معناداری نداشت، ولی با دز صفر علف‌کش نیز در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴). علت افزایش تعداد دانه در چتر با افزایش دز علف‌کش می‌تواند کاهش تراکم علف‌های هرز در اثر کاربرد دز بیشتر، درنتیجه کاهش رقابت بین بوته ای و توزیع مناسب تشعشع در سایه‌انداز گیاهی باشد [۱۳]. وجین دستی نیز با اختلاف معناداری نسبت به مالچ کاه و کلش گندم باعث

افزایش تعداد دانه در چتر شد. مالچ کاه و کلش گندم نیز با وجود تأثیر کمتر نسبت به وجین با تیمار بدون کنترل تکمیلی اختلاف معناداری داشت (شکل ۴).

۳. ۳. ۳. وزن هزاردانه رازیانه

در بین تیمارهای مورد بررسی فقط کنترل‌های تکمیلی تأثیر معناداری بر وزن هزاردانه داشتند (P≤۰/۰۵) و نوع علف‌کش و دز علف‌کش و اثرات متقابل آن‌ها هیچ‌یک تأثیر معناداری بر وزن هزاردانه نداشتند. معنادار نشدن وزن هزاردانه در تیمارهای مختلف احتمالاً به این دلیل است که در تیمارهایی که علف هرز خوب کنترل نشده به‌دلیل رقابت با علف هرز و در تیمارهایی که عملکرد دانه زیاد داشته‌اند، به دلیل توزیع مواد فتوسنتزی بین تعداد زیادی دانه، سهم تک دانه از این مواد کاهش یافته و درنتیجه تغییرات وزن دانه کم بوده است. شاید دلیل دیگر این باشد که صفت وزن هزاردانه جزء صفاتی است که به میزان کمی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و نحوه توارث این صفت موجب می‌گردد که در شرایط محیطی متفاوت وزن هزاردانه متفاوتی برای یک ژنوتیپ در محیط‌های مختلف دیده نشود [۱۲].

مقایسهٔ میانگین تأثیر کنترل‌های تکمیلی بر وزن هزاردانه نشان داد که تیمار بدون کنترل تکمیلی دارای بیشترین وزن هزاردانه (۴/۲۴ گرم) است و همچنین تیمار مالچ کاه و کلش گندم نیز با تیمار بدون کنترل تکمیلی در یک گروه آماری قرار گرفت. تیمار یک‌بار وجین دستی نیز کمترین مقدار وزن هزاردانه را داشت و از این لحاظ اختلاف معناداری را با دو تیمار مذکور نشان داد (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارهای کنترل‌های تکمیلی علف هرز بر وزن هزاردانه

ستون‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معناداری ندارند.

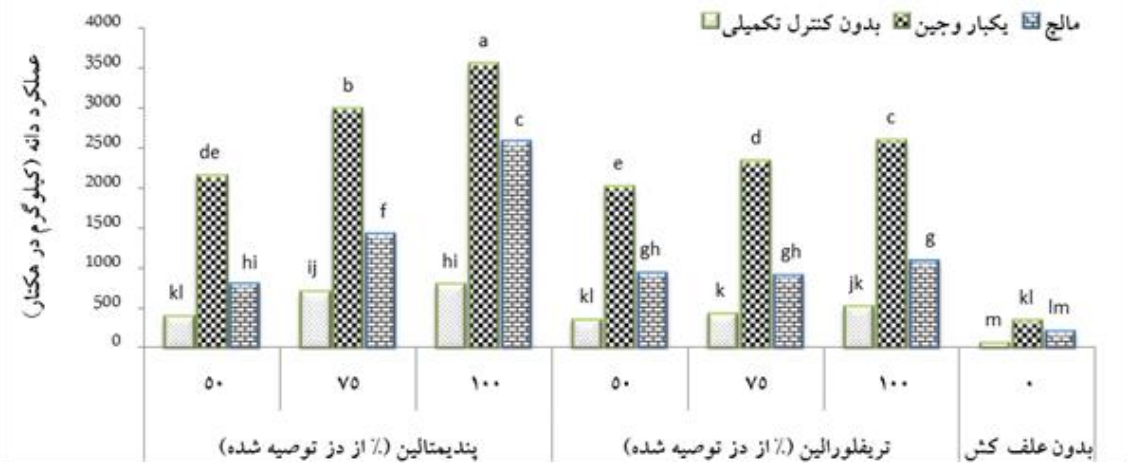
کاهش وزن هزاردانه در تیمار وجین دستی احتمالاً به دلیل زیاد بودن تعداد چتر و دانه در چتر در این تیمار بوده که باعث شده مواد فتوسنتزی بین تعداد بیشتری دانه توزیع شود و درنتیجه وزن تک دانه کمتر شود. در تراکم‌های پایین جارو علفی سترون در گندم، تعداد دانه در سنبله بیشتر از تعداد سنبله تأثیر پذیرفته بود، درحالی‌که عکس این حالت در تراکم‌های بالای علف هرز مشاهده شده بود. به عبارت دیگر، وزن دانه در حضور جارو علفی سترون افزایش یافت. در توجیه این مشاهده پژوهشگران اظهار داشتند که رقابت، در اوایل زندگی گیاه زراعی صورت

گرفته است به نحوی که به دنبال پیری علف هرز، تنها واکنش جبران کنندگی ممکن، افزایش اندازه بذر بوده است [۱۸]. وزن هزاردانه گندم در تراکم‌های مختلف علف‌هرز در مقایسه با سایر اجزای عملکرد ثبات بیشتری دارد [۲۳]. همچنین بین تیمارهای مختلف گندم در رقابت با چاودار از لحاظ وزن هزاردانه تفاوت معناداری وجود نداشت [۲]. میزان تأثیر تراکم علف های هرز بر وزن هزاردانه گندم از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند و به عبارت دیگر، بین تراکم‌های مختلف علف‌های هرز و وزن هزاردانه گندم همبستگی مشاهده نشد [۹].

۳. ۴. عملکرد دانه رازیانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع علف‌کش، دزهای علف‌کش و کنترل‌های تکمیلی و همچنین اثرات متقابل عوامل مذکور تأثیر معناداری بر عملکرد دانه رازیانه داشتند ($P\leq ۰/۰۱$). حداکثر عملکرد دانه رازیانه (۳۸۱۶/۵ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد (عاری از علف هرز) به‌دست آمد، درحالی‌که تیمار شاهد تداخل علف هرز در طول فصل با کاهش عملکردی در حدود ۹۸ درصدی فقط توانست ۶۲ کیلوگرم دانه در هکتار تولید کند.

مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل هر سه فاکتور (نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی) نشان داد که تیمار تلفیق پندیمتالین با ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده با یک بار وجین بعد از شاهد عاری از علف هرز بیشترین عملکرد دانه (۳۵۶۱ کیلوگرم در هکتار) را داشت. تیمار کاربرد مالچ کاه و کلش گندم به تنهایی، نیز عملکرد بسیار کمی (۲۱۳ کیلوگرم در هکتار) داشت و با تیمار شاهد تداخل علف هرز در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۶). علف‌کش تریفلورالین در تلفیق با دزهای مختلف و کنترل‌های تکمیلی نسبت به پندیمتالین عملکرد دانه کمتری داشت. به‌عنوان مثال، تریفلورالین به مقدار ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده در تلفیق با یک بار وجین دستی عملکرد دانه (۲۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) کمتری نسبت به پندیمتالین به مقدار ۷۵ درصد دز توصیه‌شده در تلفیق با یک بار وجین دستی (۲۹۹۹ کیلوگرم در هکتار) داشت (شکل ۶).

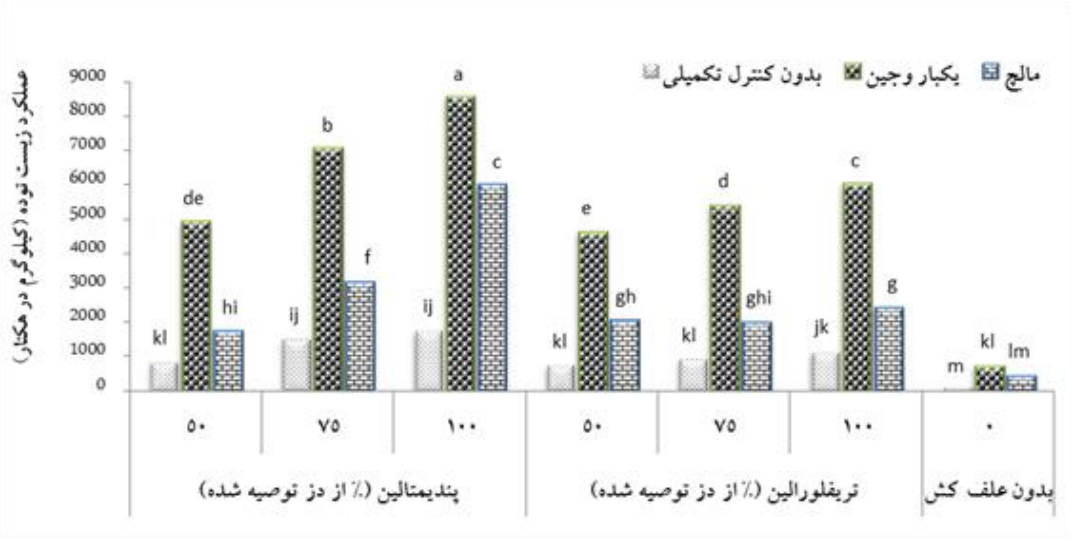


شکل ۶. مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه رازیانه تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی نقاط دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

در ارتباط با شدت کاهش عملکرد در تیمار شاهد تداخل علف هرز، می‌توان گفت که به علت تداخل طولانی‌مدت علف‌های هرز و زیست‌توده بیشتر علف‌های هرز، تخلیه آب و عناصر غذایی بیشتر صورت گرفته و عملکرد دانه بیشتر کاهش یافته است که این نتیجه با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد [۸ ، ۷]. تحقیقی در مورد تداخل علف هرز در گیاه ذرت نشان داد زمانی که گیاه زراعی تا زمان فصل برداشت در رقابت با علف هرز باشد، عملکرد دانه تقریباً به میزان ۷۷ درصد کاهش خواهد یافت [۲۲]. کاهش شدید عملکرد دانه در رازیانه در تداخل با علف‌های هرز احتمالاً به دلیل این است که این گیاه رشد اولیه کند و سطح برگ کمی داشته و به دلیل سرعت رشد پایینی که دارد مدت زیادی جهت تکمیل سایه‌انداز خود نیاز داشته و همین عامل باعث غلبه علف‌های هرز بر این گیاه می‌گردد. ازاین‌رو لزوم تحقیقات بیشتر در زمینه به‌زراعی و به‌نژادی این گیاه جهت افزایش سطح زیرکشت آشکار است. میزان کاهش عملکرد دانه را می‌توان به میزان سایه‌اندازی علف‌های هرز، کاهش اجزای عملکرد [۱۹] و تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به رشد رویشی (به دلیل سایه‌اندازی علف‌های هرز)، شدت کاهش در میزان سطح برگ [۲۸] و زمان سبز شدن علف‌های هرز [۲۱] نسبت داد.

۳. ۵. عملکرد زیست‌توده رازیانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی و همچنین اثرات متقابل عوامل مذکور تأثیر معناداری بر عملکرد زیست‌توده داشتند ($P\leq ۰/۰۱$). مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل هر سه فاکتور (نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی) نشان داد که حداکثر زیست‌توده رازیانه (۸۶۱۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد (عاری از علف هرز) به‌دست آمد، درحالی‌که تیمار تلفیق پندیمتالین با ۱۰۰ درصد دز توصیه‌شده با یک بار وجین نیز با عملکرد زیست‌توده (۸۵۶۸ کیلوگرم در هکتار) بعد از تیمار شاهد عاری از علف هرز بیشترین عملکرد را داشت (شکل ۷).



تیمارهای تلفیق دزهای مختلف علف‌کش‌ها با کنترل‌های تکمیلی

شکل ۷. مقایسهٔ میانگین عملکرد زیست‌توده رازیانه تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای نوع علف‌کش، دز علف‌کش و کنترل تکمیلی

نقاط دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

تیمار کاربرد مالچ کاه و کلش گندم به تنهایی، نیز عملکرد زیست‌توده بسیار پایینی (۴۵۹ کیلوگرم در هکتار) داشت و با تیمار شاهد تداخل علف هرز در یک گروه آماری قرار گرفت. عملکرد زیست‌توده بسیار پایین (۱۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد تداخل علف هرز نشان‌دهندهٔ این است که احتمالاً محدودیت منابع در مراحل مختلف رشدی موجب کاهش سطح برگ، کاهش جذب نور، فتوسنتز جاری و سنتز مواد پرورده شده و درنتیجه میزان تجمع زیست‌توده کاهش پیدا کرده است. بیشترین عملکرد زیست‌توده در زمانی حاصل می‌شود که گیاه در طول دوره رشد خود با بیشترین زمان عدم حضور علف‌های هرز مواجه بوده است که این حالت مشابه آنچه در مورد عملکرد دانه مطرح است، است [۷]. چنین موضوعی دور از انتظار نیست زیرا گیاه با عدم وجود رقابت علف‌های هرز در طول رشد خود توانسته است از منابع موجود بهتر استفاده کند و اندام‌های هوایی بیشتری را تولید کند.

۴. نتیجه‌گیری

کاربرد انفرادی علف‌کش‌ها و کنترل‌های تکمیلی تأثیر مطلوبی در کنترل علف‌های هرز و درنتیجه در افزایش عملکرد نداشت، درحالی‌که تلفیق روش‌های مذکور علف‌های هرز را به خوبی کنترل کرد و باعث افزایش عملکرد رازیانه شد. پندیمتالین نسبت به تریفلورالین تأثیر به مراتب بهتری داشت. همچنین کاربرد یک‌بار وجین دستی با علف‌کش‌ها به‌عنوان کنترل تکمیلی تأثیر بهتری نسبت به مالچ کاه و کلش گندم داشت. درکل از نظر عملکرد دانه و کاهش زیست‌توده علف‌های هرز، تیمار دز توصیه‌شده پندیمتالین (۱۳۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) در تلفیق با یک‌بار وجین دستی به‌عنوان تیمار برتر این آزمایش معرفی می‌شود، هرچند که این تیمار نتوانست با شاهد عاری از علف هرز در یک گروه آماری قرار گیرد و ۶/۷ درصد نسبت به آن کاهش عملکرد داشت.

منابع

۱. امیدبیگی ر (۱۳۸۶) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۴۳۸ ص.

۲. امینی ر ا (۱۳۸۲) تعیین قدرت رقابتی بین گندم و چاودار در تراکم های مختلف و تأثیر رقابت بر روی آنالیزهای رشد. دانشگاه تهران. تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۳. رضائی‌چیانه ا، زهتاب سلماسی س، قاسمی گلعذانی ک و دل آذر ع (۱۳۹۱) اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده بومی رازیانه. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۴): ۷۰-۵۷.

۴. زند ا، باغستانی م ع، نظام‌آبادی ن و شیمی پ (۱۳۹۰) علف‌کش‌ها و علف‌های هرز مهم ایران. مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۱۴۳ ص.

۵. صفایی ل، افیونی د و زینلی ح (۱۳۹۰) گیاه دارویی رازیانه از دانسته‌های کهن تا یافته‌های نوین. نشر نصوح. اصفهان. ۱۴۷ ص.

۶. صیامی ر (۱۳۸۷) اصول و مدیریت تولید گیاهان زراعی. ترجمه، مرکز نشر سپهر، تهران. ۴۰۰ ص.

۷. حسینی ا، راشد محصل م ح، نصیری محلاتی م و حاج محمدنیا قالی‌باف ک (۱۳۸۷) بررسی تأثیر میزان نیتروژن و مدت زمان تداخل علف هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.). حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۱): ۱۰۵-۹۷.

۸. عباس‌پور م و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۳) دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز ذرت در شرایط مشهد. پژوهش‌های زراعی ایران. ۲(۲): ۱۹۵-۱۸۲.

۹. قرخلو ج، مظاهری د، قنبری ع و قنادها م ر (۱۳۸۴) بررسی رقابت چند گونه‌ای علف هرز در گندم در منطقه مشهد. اولین همایش علوم علف های هرز. ایران. ص ۲۱۸.

۱۰. کوچکی ع ر، ظریف کتابی ح و نخ‌فروش ع ر (۱۳۸۰) رهیافت‌های اکولوژیکی مدیریت علف‌های هرز. ترجمه، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد. ۴۵۷ ص.

۱۱. کوچکی ع ر و خواجه‌حسینی م (۱۳۸۷) زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد. ۷۱۲ ص.

۱۲. یوسفی ع ا، محمدعلیزاده ح، رحیمیان ح و جهانسوز م (۱۳۸۶) ارزیابی تأثیر کاربرد جداگانه و تلفیقی علف‌کش‌های مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در کشت انتظاری. پژوهشنامهٔ علوم کشاورزی. ۱(۸): ۸۴-۷۳.

13. Bastawesy FI, El-Bially ME, Gaweeesh SSM andEl-Din MS (1991) Effect of selected herbicides on growth and yield components of rape seed (*Brassica. Napus* L.) plants and associated weeds. Egyptian Journal of Agronomy. Special issue. Pp. 1-8.

14. Bhullar MS, Kaur S, Kaur T, Singh T, Singh M and Jhala AJ (2013) Control of broadleaf weeds with post-emergence herbicides in four barley (*Hordeum* spp.) cultivars. Crop Protection. 43: 216-222.

15. Bond W and Grundy AC (2001) Non-chemical weed management in organic farming systems. Weed Research. 41: 383-405.

16. Campiglia E, Temperini O, Mancinelli R and Saccardo F (2000) Effects of soil solarization on the weed control of vegetable crops and on the cauliflower and fennel production in the open field. In: Proceedings 8th International Symposium on Timing Field Production of Vegetable Crops. Acta Horticulturae. Pp. 249-255.

17. Chikoye D, Schulz S and Ekeleme F (2004) Evaluation of integrated weed management practices for maize in the northern Guinea Savanna of Nigeria. Crop Protection. 23: 895-900.

18. Cousins R, Peters BN and Marshal CJ (1998) Models of yield loss-weed density relationships. In: Proceeding 7th International Colloquium on Weed Ecology, Biology and Systematics. Pp. 367-374.

19. Fellows GH and Roeth FW (1992) Shatter cane (*Sorghum bicolor* L.) interference in soybean (*Glycine max* L.). Weed Science. 40: 68-73.

20. Hatcher PE and Melander B (2003) Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. Weed Research. 43: 303-322.

21. Lindquist JL, Mortensen DA, Clay SA, Schmenk R, Kells JJ, Howatt K and Westea P (1996) Stability of corn (*Zea mays*) velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. Weed Science. 44: 309-313.

22. Mahmoodi S and Rahimi A (2009) Estimation of critical period for weed control in corn in Iran. World Academic Science. Eng. Technology. 49: 67-72.

23. Mc Lelland M (2000) Effect of weeds [on line]. Available at: http://www.weed science.com.

24. Muyonga CM, De Felice MS and Sims BD (1996) Weed control with reduced rates of four soil applied soybean herbicides. Weed Science. 44: 148-155.

25. Olson WA and Nalewaja I (2004) Effect of MCPA on 14C-diclofop uptake and translocation. Weed Science. 30: 59-63.

26. Peruzzi A, Ginanni M, Raffaelli M and Di Ciolo S (2005) The rolling harrow: a new implement for physical pre and post-emergence weed control. In: Proceedings 13th EWRS Symposium, Bari, 19-23 June.

27. Raj HA and Thakral KK (2008) Effect of chemical fertilizers on growth, yield and quality of fennel. Weed Technology. 17: 134-139.

28. Rajcan I and Swanton CJ (2001) Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. Field Crops Research. 71: 139-150.

29. Ramakrishna A, Tam HM, Wani SP and Long TD (2006) Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. Field Crops Research. 95: 115-125.

30. Rowley MA, Ransom CV, Reeve JR and Black BL (2011) Mulch and organic herbicide combinations for in-row orchard weed suppression. International Journal Fruit Scince. 11: 316-331.

31. Sing HG, Maurya S, Lampasona MP and Catalan C (2006) Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. Food Control Journal. 17: 745-752.

32. Teiteh R, Norman JC and Amoatey CA (2010) studies on weed management of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Horticultural Science. 9: 126-132.

33. Thakral KK, Tehlan SK, Bhatia AK and Malik TP (2007) Comparative economics of weed management practices in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Haryana Journal horticultural Science. 36: 169-170.

34. Thakur A, Navjot G and Dalal RPS (2013) Effect of mulching, herbicides and hand hoeing on seedling growth and weed population in jujube nursery. Indian Journal of Weed Science. 45: 42-46.

35. Tredaway Ducar J, Clewis SB, Wilcut JW, Jordan DL, Brecke BJ, Grichar WJ, Johnson, WC and Wehtje GR (2009) Weed management using reduced ratecombinations of diclosulam, flumioxazin, and imazapic in peanut. Weed Technology. 23: 236-242.

36. Yordanova M and Shaban N (2007) Effect of Mulching on Weeds of Fall Broccoli. In: Proceeding 6th International Symposium Prospects for the 3rd Millenium Agriculture, Cluj-Napoca, Romania Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca, Horticulture. 99-102.

37. Yousefi AR, Alizadeh HM and Rahimian H (2007) Broadleaf weed control in chickpea (*Cicer arietinum* L.) with pre-and post-emergence herbicides. Research Crops. 8: 560-564.

38. Yousefi AR, pouryousef M, Osanloo Z and Inaloo A (2012) Response of grass and broad-leaf weeds to different rate of trifluralin: implementation for weed control in anise (*Pimpinella anisum* L.). In: Proceeding 1th National Congress on Medicinal Plants, Kish Island, Iran, P. 397.

39. Zhang J, Weaver SE, Hamill AS (2000) Risks and reliability of using herbicides at below-labeled doses. Weed Technology. 14: 106-115.

40. Zhang J, Zheng L, Jack O, Yan D, Zhang Z, Gerhards R and Ni H (2013) Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer maize (*Zea mays* L.) fields in North China Plain. Crop Protection. 52: 26-32.

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۱۰۹-۱۱۰۱

ارزیابی کمی و کیفی اسانس برخی ارقام اصلاح‌شدهٔ بابونه، بادرشبی و رازیانه در شرایط اقلیمی شهرکرد

کرامت‌اله سعیدی*[۱]، فروه‌السادات سیدی[۲] و محمود کیانی[۳]

۱. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳. دکتری علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

چکیده

به‌منظور ارزیابی کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی بابونه رقم 'بودگلد'، بادرشبی رقم 'SZK1' و رازیانه رقم 'شورک شاری' در شرایط اقلیمی شهرکرد، آزمایشی در در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در اوایل فروردین ۱۳۹۳ انجام گرفت. نمونه‌های گل بابونه و پیکر رویشی بادرشبی در مرحلهٔ گلدهی کامل و میوه‌های رازیانه در مرحلهٔ واکسی و رسیدن کامل برداشت شدند. نمونه‌ها به‌وسیلهٔ کلونجر و به‌روش تقطیر با آب اسانس‌گیری و ترکیبات اسانس توسط دستگاه GC و GC-MS آنالیز شدند. مقدار اسانس بابونه، بادرشبی، رازیانه (واکسی) و رازیانه (بالغ) به‌ترتیب ۰/۶۹، ۰/۳۵، ۴/۹ و ۴/۴ درصد بود. عمده‌ترین ترکیبات اسانس بابونه آلفا-بیسابلول اکسید A (۴۳/۵۷ درصد)، بتا-فارنسن (۲۴/۰۹ درصد) و آلفا-بیسابلول اکسید B (۱۰/۳۴ درصد) بودند. ژرانیل استات (۲۷/۲۹ درصد)، ژرانیال (۲۴/۶۷درصد)، نرال (۲۰/۹۳ درصد) و ژرانیول (۱۸/۵۴ درصد) مهم‌ترین ترکیبات اسانس در پیکر رویشی بادرشبی بودند. عمده‌ترین ترکیب اسانس در میوهٔ رازیانه در مرحلهٔ واکسی و رسیدن کامل ترانس-آنتول بود، اما مقدار این ترکیب در مرحلهٔ رسیدن کامل (۸۴/۹۶ درصد) نسبت به مرحلهٔ واکسی (۸۱/۶ درصد) بیشتر بود. به‌طور کلی، بابونه، بادرشبی و رازیانه، کمیت و کیفیت اسانس مطلوبی در شرایط اقلیمی شهرکرد داشتند.

کلیدواژه‌ها: آنتول، بیسابلول اکسید، ژرانیال، ژرانیل استات، گیاه دارویی.

* نویسنده مسئول Email: Saeidi@agri.sku.ac.ir

۱. مقدمه

فاکتورهای محیطی بر تنظیم تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان مؤثرند. نیاز به کنترل سنتز ناشی از این واقعیت است که گیاهان برای بقا باید قادر به تنظیم تولید متابولیت‌ها با توجه به تغییر عوامل محیطی باشند. محصول یک گیاه دارویی از نظر اقتصادی زمانی به‌صرفه است که مقدار متابولیت‌های اولیه و ثانویهٔ آن به حد مطلوب رسیده باشد. مواد مؤثره اگرچه با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، تولید آن‌ها به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد، مقدار و کیفیت مواد مؤثرهٔ گیاهان دارویی می‌شود. عوامل محیطی محل رویش گیاهان دارویی بر مقدار کلی و عناصر تشکیل‌دهندهٔ مواد مؤثره تأثیر می‌گذارند. تأثیر اوضاع زیست‌محیطی بر گیاهان مختلف متفاوت است و همواره باید با تحقیقات مناسب، تأثیر عوامل مذکور بر مواد مؤثرهٔ گیاهان دارویی را بررسی کرد [۱].

بابونهٔ آلمانی[1] گیاهی علفی، یکساله و متعلق به تیرهٔ کاسنی است. بابونهٔ معرق، مقوی معده، بادشکن، اشتهاآور، هضم‌کنندهٔ غذا، صفرابر، قاعده‌آور و التیام‌دهنده است [۳]. مقدار اسانس و کامازولن[2] بابونه رقم 'بودگلد'[3] در شرایط اقلیمی مشهد، در سه مرحلهٔ برداشت بررسی شد و درصد اسانس و کامازولن به‌ترتیب ۰/۷۱۳-۰/۷۷۷ و ۱۰/۱۲-۱۳/۳۱ درصد [۸] و مقدار اسانس و کامازولن رقم 'بودگلد' در شرایط اقلیمی خوزستان نیز ۰/۵ و ۳ درصد بود [۱۰]. در شرایط آب‌وهوایی مشهد، مهم‌ترین ترکیب اسانس بابونه رقم 'بودگلد' آلفا بیسابول اکسید A[4] (۵۳/۴۵ درصد) بود [۲۱].

بادرشبی[5] از گیاهان دارویی ارزشمند متعلق به تیرهٔ نعناعیان است. پراکندگی این گیاه در بعضی از نواحی جنوبی اروپا، جزیرهٔ سیسیل، مولداوی و جنوب غرب آسیا نظیر ایران است [۷، ۴]. ساقه، برگ و گل بادرشبی معطّر و دارای اسانس است. سیترال[6] و ژرانیل استات[7] از مهم‌ترین ترکیبات اسانس این گیاه‌اند. مواد مؤثرهٔ این گیاه آرام‌بخش و اشتهاآور بوده و اسانس آن دارای خاصیت ضدباکتریایی است و برای مداوای دل‌درد و نفخ شکم به‌کار می‌رود و همچنین در صنایع غذایی، نوشابه‌سازی و صنایع بهداشتی و آرایشی کاربرد دارد [۲]. مهم‌ترین ترکیبات اسانس این گیاه در مناطق تهران و خوی، ژرانیول[8]، ژرانیال[9] و ژرانیل استات مشاهده شد [۲۵، ۲۰].

رازیانه[10] گیاهی دارویی متعلق به تیرهٔ چتریان است. میوه‌های رازیانه مقدار زیادی اسانس دارند. بذور و اسانس رازیانه به‌عنوان طعم‌دهندهٔ مواد غذایی کاربرد دارد و در محصولات دارویی و آرایشی – بهداشتی نیز از آن استفاده می‌شود [۱۷]. مهم‌ترین ترکیبات اسانس میوه‌های رازیانه در مطالعات مختلف فنکون[11]، متیل کاویکول[12] و ترانس آنتول[13] مشاهده شد [۱۹، ۱۸، ۱۲]. در تحقیقی در شرایط اقلیمی تهران، مقدار اسانس رازیانهٔ رقم 'شورک شاری'[14] ۵/۲ درصد بود. همچنین مهم‌ترین ترکیبات اسانس این رقم ترانس آنتول، فنکون و متیل کاویکول گزارش شد [۲۲]. مقدار اسانس تحت تأثیر فاکتورهای زیادی از جمله زمان برداشت و شرایط اقلیمی است. مرحلهٔ بلوغ، یک فاکتور مهم اثرگذار بر کمیت و کیفیت اسانس در برخی از گیاهان

1 . *Matricaria chamomilla* L.
2. Chamazulene
3. Bodegold
4. α-Bisabolol oxide

5 . *Dracocephalum moldavica* L.
6. Citral
7. Geranyl acetate
8. Geraniol
9. Geranial
10. *Foeniculum vulgare* Mill.
11. Fenchone
12. Methyl chavicol
13. Anethole
14. Soroksari

نظیر تیرهٔ چتریان است. برداشت یا تأخیر بذور در گیاهان این تیره به‌دلیل ریزش بذرها مناسب نیست، همچنین برداشت زودهنگام به‌دلیل وجود میوه‌های نارس سبب کاهش عملکرد می‌شود [۱۲]. در مطالعه‌ای در ترکیه، طی بررسی تأثیر مراحل مختلف رشدی میوهٔ رازیانه بر ترکیبات اسانس آن، بیشترین مقدار ترانس آنتول به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب اسانس در مرحلهٔ بلوغ کامل بذرهای رازیانه بود [۲۴]. در پژوهشی اثر سه مرحله برداشت بذر رازیانه رقم 'شورک شاری' شامل خمیری، واکسی و رسیدن کامل بر کمیت و کیفیت اسانس در اقلیم تهران بررسی شد و بیشترین مقدار اسانس در مرحلهٔ واکسی و بیشترین مقدار آنتول به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب تشکیل‌دهندهٔ اسانس نیز در مرحلهٔ واکسی بود [۵].

با توجه به نیاز صنایع دارویی و آرایشی - بهداشتی به اسانس گیاهان دارویی بابونه، بادرشبی و رازیانه، این مطالعه بر روی سه رقم اصلاح‌شده از این گیاهان در شرایط آب‌وهوایی شهرکرد انجام گرفت تا امکان توسعهٔ کشت و استفاده از این ارقام اصلاح‌شده در منطقهٔ مذکور و مناطق مشابه آب‌وهوایی فراهم شود. هدف از اجرای پژوهش حاضر، تعیین کمیت و شناسایی ترکیبات اسانس برخی ارقام اصلاح‌شدهٔ بابونه، بادرشبی و رازیانه که از ارقام تجاری و مورد کشت در نقاط مختلف دنیا هستند در شرایط آب‌وهوایی شهرکرد بود.

۲. مواد و روش‌ها

در آزمایش حاضر، پس از شخم زدن و آماده‌سازی زمین در فصل پاییز، بذور بابون رقم 'بودگلد'، بادرشبی رقم 'SZK1' و رازیانه رقم 'شورک شاری' که از شرکت دارویی زردبند تهیه شده بودند، در کرت‌هایی به‌مساحت ۳۰ متر مربع، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در اوایل فروردین ۱۳۹۳ کشت شدند. برای کاشت بابونه در هر کرت ردیف‌هایی به فواصل ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد، به‌طوری که در هر کرت ۲۴ ردیف به‌طول ۵ متر حاصل شد. ۹ گرم بذر که کاملاً با ماسهٔ بادی مخلوط شده بود، در هر کرت به‌طور سطحی بر روی ردیف‌هایی که آماده شده بود، کشت شد. بذور بادرشبی در ۱۲ خط کشت به‌فاصلهٔ ردیف ۵۰ و فاصلهٔ دو بوتهٔ ۳۰ سانتی‌متر کشت شد. به‌ازای هر متر روی ردیف، ۱ گرم بذر استفاده شد. گیاهان در مرحلهٔ چهاربرگی برای رسیدن به فاصلهٔ مطلوب کاشت روی ردیف تنک شدند. بذور رازیانه در ردیف‌هایی به‌فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متر کشت شدند. پس از سبز شدن بذور، گیاهان برای رسیدن به فاصلهٔ مطلوب روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر تنک شدند. در طول مرحلهٔ رشد، کلیهٔ مراقبت‌های لازم شامل وجین، آبیاری و ... برای همهٔ کرت‌های آزمایشی به‌عمل آمد. گل‌های بابونه و همچنین اندام هوایی بادرشبی در مرحلهٔ گلدهی کامل برداشت و در سایه خشک شدند. میوه‌های رازیانه در دو مرحلهٔ واکسی و رسیدن کامل از گیاه بعد از خشک شدن چترها در سایه، با غربال جدا شده و برای اسانس‌گیری آماده شدند. مشخصات آب‌وهوایی و خاک منطقهٔ کشت در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

برای اسانس‌گیری، ۵۰ گرم از هر کدام از نمونه‌های گیاهی آسیاب‌شده برداشت شد؛ سپس اسانس‌گیری با روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه اسانس‌گیر[1] به‌مدت سه ساعت برای بادرشبی و چهار ساعت برای بابونه و رازیانه انجام گرفت [۱۶]. درصد اسانس به‌صورت وزنی/ وزنی تعیین شد. نمونه‌ها با استفاده از سولفات سدیم خشک آبگیری و تا زمان آنالیز در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه‌های گاز کروماتوگرافی (GC) و گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) انجام گرفت.

1. Clevenger

جدول ۱. برخی مشخصات آب‌وهوایی شهرکرد در فصل زراعی کشت (۱۳۹۳، سایت هواشناسی چهارمحال و بختیاری)

ماه	دما (°C)			رطوبت (٪)		مجموع بارندگی ماهیانه (mm)
	حداقل مطلق	حداکثر مطلق	میانگین	میانگین حداقل	میانگین حداکثر	
فروردین	-۶/۴	۲۴/۵	۸/۶	۲۴	۷۳	۴۱/۹
اردیبهشت	-۰/۷	۲۷/۲	۱۳/۶	۲۳	۸۰	۱۶/۴
خرداد	۰/۴	۳۴/۴	۱۷/۷	۱۱	۵۶	۰/۱
تیر	۸/۶	۳۵/۸	۲۳/۲	۱۰	۵۰	۰
مرداد	۹	۳۷	۲۳/۱	۱۰	۴۹	۰
شهریور	۴	۳۲/۲	۱۸/۸	۱۰	۵۲	۰

جدول ۲. برخی مشخصات خاک مزرعهٔ تحت کشت

بافت خاک	شوری خاک ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک	نیتروژن (٪)	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)
سیلت لوم	۰/۲۱	۷/۹۶	۰/۰۴۲	۳۳۰	۱۲/۹

کروماتوگراف گازی مدل Agilent 7890N (USA) مجهز به دتکتور FID (یونیزاسیون شعلهٔ هیدروژن)، ستون HP-5MS به‌طول ۳۰ متر، و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر بود؛ ضخامت لایهٔ فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود؛ گاز حامل هلیوم و سرعت جریان گاز حامل ۱ میلی‌لیتر در دقیقه بود. برنامهٔ حرارتی ۴۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد با سرعت ۳ درجهٔ سانتی‌گراد در دقیقه و دمای محفظهٔ تزریق ۲۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد بود. کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی مدل Agilent 5975C، با سیستم تله یونی و ستون HP-5MS به‌طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایهٔ فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامهٔ حرارتی ۴۰ تا ۲۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد با سرعت ۴ درجهٔ سانتی‌گراد در دقیقه بود. گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۱ میلی‌لیتر در دقیقه و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون ولت بود. درجهٔ حرارت محفظهٔ تزریق ۲۶۰ و دمای ترانسفر لاین ۲۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد تنظیم شد. ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ اسانس با استفاده از زمان بازداری ترکیب‌ها، اندیس بازداری طیف جرمی و مقایسهٔ این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد یا اطلاعات موجود در کتابخانه شناسایی شدند [۲۳، ۱۱].

۳. نتایج و بحث

مقدار اسانس و ترکیبات اسانس بابونه رقم 'بودگلد' در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار اسانس این گیاه در شرایط اقلیمی شهرکرد ۰/۶۹ درصد بود. براساس نتایج آنالیز اسانس، با استفاده از GC و GC/MS هفت ترکیب اصلی

در اسانس بابونه شناسایی شد که در مجموع این هفت ترکیب ۹۱/۱۲ درصد اسانس بابونه رقم 'بودگلد' را در شرایط اقلیمی شهرکرد تشکیل دادند. عمده‌ترین ترکیبات اسانس بابونه در این تحقیق، آلفا-بیسابیلول اکسید A (۴۳/۵۷ درصد)، بتا-فارنسن[1] (۲۴/۰۹ درصد)، آلفا-بیسابیلول اکسید B (۱۰/۳۴ درصد) و کامازولن (۵/۰۵ درصد) بودند. اصلی‌ترین ترکیبات اسانس بابونه، سزکوئی ترپن‌ها بودند که با سایر گزارش‌های ترکیبات اسانس بابونه همخوانی دارد. در مورد ترکیبات اسانس بابونه، مهم‌ترین ترکیبات اسانس آن آلفا-بیسابیلول اکسید A (۵۷-۴۱ درصد)، آلفا-بیسابیلول اکسید B (۱۵-۱ درصد)، کامازولن وبتا-فارنسن (۱۱-۳ درصد) بود [۱۵، ۱۴]. مهم‌ترین ترکیب اسانس بابونه رقم 'بودگلد' آلفا-بیسابیلول اکسید A (۵۳/۴۵ درصد) بود [۲۱]. نتایج این مطالعه، به‌لحاظ نوع ترکیبات اسانس با مطالعاتی که در مشهد و جنوب ایتالیا انجام گرفت مشابهت دارد، اگرچه از نظر مقدار ترکیبات اسانس در این مطالعه با پژوهش‌های دیگر تفاوت‌هایی وجود دارد که این تفاوت‌ها شاید ناشی از تفاوت وضعیت آب‌وهوایی مناطق کشت باشد.

جدول ۳. بازده و ترکیبات اسانس بابونه رقم 'بودگلد' در شرایط اقلیم شهرکرد

شمارهٔ ترکیبات	نوع ترکیب	مقدار ترکیب (٪)	شاخص بازداری
۱	بتا-فارنسن	۲۴/۰۹	۱۴۵۴
۲	جرماکرن D (Germacrene D)	۴/۵۶	۱۴۸۳
۳	بیسیکلوجرماکرین (Bicyclogermacrene)	۱/۳۶	۱۴۹۷
۴	اسپاتولنول (Spathulenol)	۲/۱۵	۱۵۸۱
۵	آلفا-بیسابیلول اکسید B	۱۰/۳۴	۱۶۵۹
۶	کامازولن	۵/۰۵	۱۷۳۸
۷	آلفا-بیسابیلول اکسید A	۴۳/۵۷	۱۷۵۵
بازده اسانس		۰/۶۹	
مقدار کل اجزای شناسایی‌شده		۹۱/۱۲	

بادرشبی رقم 'SZK1' از دیگر گیاهان دارویی بررسی‌شده در این تحقیق بوده است. مقدار اسانس آن ۰/۳۵ درصد بود. مهم‌ترین ترکیبات اسانس بادرشبی در شرایط اقلیمی شهرکرد ژرانیل استات (۲۷/۲۹ درصد)، ژرانیال (۲۴/۶۷ درصد)، نرال[2] (۲۰/۹۳ درصد) و ژرانیول (۱۸/۵۴ درصد) بودند که درمجموع ۹۷/۱۴ درصد از ترکیبات اسانس را شامل شدند. سایر ترکیبات اسانس آن نریل استات[3]، ترانس وربنول[4]، نرول[5] و لینالول[6] بودند (جدول ۴). مهم‌ترین ترکیبات اسانس این گیاه در مطالعات صورت‌گرفته در برخی مناطق ایران ژرانیول، ژرانیال و

1. β-Farnesene
2. Neral
3. Neryl acetate
4. Trans-Verbenol
5. Nerol
6. Linalool

ژرانیل استات بود که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد، اگرچه تفاوت‌هایی در کمیت این ترکیبات در مقایسه با دیگر مطالعات وجود دارد که ممکن است ناشی از تفاوت آب‌وهوای مناطق کشت و اعمال فعالیت‌های مدیریتی متفاوت در مزرعه نظیر تاریخ کاشت و تیمارهای تغذیه‌ای آنها باشد [۲۰، ۱۷].

در این تحقیق، مقدار و ترکیبات اسانس رازیانه رقم 'شورک شاری' که در دو مرحلهٔ واکسی شدن بذرها و رسیدن کامل برداشت شد، مقایسه شدند. مقدار اسانس رازیانه در مرحلهٔ واکسی ۴/۹ و در مرحلهٔ رسیدن کامل بذور ۴/۴ درصد بود. مقدار اسانس در گیاهان دارویی متأثر از زمان برداشت اندام گیاهی است [۱]. در تیرهٔ چتریان، مرحلهٔ بلوغ، عاملی مهم و اثرگذار بر کمیت و کیفیت اسانس است. برداشت با تأخیر در گیاهان این تیره به‌دلیل ریزش بذرها مناسب نیست. همچنین برداشت زودهنگام به‌دلیل وجود میوه‌های نارس سبب کاهش عملکرد می‌شود [۱۲]. تولید اسانس در میوهٔ رازیانه متأثر از مرحلهٔ برداشت بود. مقدار اسانس در بذور رازیانه با بلوغ و رسیدن میوه کاهش می‌یابد که با نتایج مطالعهٔ حاضر مطابقت دارد [۲۴، ۶]. اسانس در گیاهان تیرهٔ چتریان در مجاری روغنی بذر که ویتا[1] نام دارد ذخیره می‌شوند، این مجاری در مراحل اولیهٔ نمو میوه‌ها زیادند. تعداد مجاری روغنی در میوه‌های نابالغ زیاد است؛ بنابراین مقدار اسانس در این گیاهان در مراحل نابالغ بذور بیشتر است. مقدار اسانس با رسیدن بذور به‌دلیل تجمع فراورده‌های فتوسنتزی در آندوسپرم کاهش می‌یابد [۱۳].

جدول ۴. بازده و ترکیبات اسانس بادرشبی رقم 'SZK1' در شرایط اقلیم شهرکرد

شمارهٔ ترکیبات	نوع ترکیب	مقدار ترکیب (٪)	شاخص بازداری
۱	لینالول	۰/۸	۱۰۹۸
۲	ترانس-وربنول	۱/۰۵	۱۱۴۵
۳	نرول	۰/۷۹	۱۲۳۰
۴	نرال	۲۰/۹۳	۱۲۴۳
۵	ژرانیول	۱۸/۵۴	۱۲۵۷
۶	ژرانیال	۲۴/۶۷	۱۲۶۹
۷	نریل استات	۳/۰۷	۱۳۶۱
۸	ژرانیل استات	۲۷/۲۹	۱۳۸۲
بازده اسانس		۰/۳۵	
مقدار کل اجزای شناسایی‌شده		۹۷/۱۴	

1. Vittae

جدول ۵. بازده و ترکیبات اسانس رازیانه رقم 'شورک شاری' در دو مرحلهٔ برداشت در شرایط اقلیم شهرکرد

شمارهٔ ترکیبات	نوع ترکیب	مقدار ترکیب (٪) واکسی	مقدار ترکیب (٪) بالغ	شاخص بازداری
۱	آلفا-پینن (α-Pinene)	۰/۳۷	۰/۳۳	۹۳۹
۲	بتا-میرسن (β-Myrcene)	۰/۲۸	–	۹۸۲
۳	آلفا-فلاندرن (α-Phellanderen)	۰/۲۸	–	۱۰۰۷
۴	لیمونن	۴/۵۱	۴	۱۰۳۱
۵	ترانس-بتا-اسیمن (*trans*-β-Ocimene)	۰/۷۳	۰/۶۱	۱۰۳۹
۶	گاما-ترپینن (γ-Terpenene)	۰/۲	–	۱۰۶۲
۷	فنکون	۵/۵۸	۵/۰۱	۱۰۹۱
۸	کامفور (Camphor)	۰/۱۷	–	۱۱۵۱
۹	متیل کاویکول	۴/۳	۴/۱۳	۱۱۹۹
۱۰	فنچیل استات (Fenchyl acetate)	۰/۲۱	–	۱۲۳۵
۱۱	ترانس-آنتول	۸۱/۶	۸۴/۹۶	۱۲۹۵
۱۲	جرماکرن D	۰/۴۷	۰/۳۹	۱۴۸۳
	بازده اسانس	۴/۹	۴/۴	
	مقدار کل اجزای شناسایی‌شده	۹۸/۷	۹۹/۴۳	

در مرحلهٔ واکسی بذور ۱۲ ترکیب از اسانس شناسایی شدند، درحالی که تعداد ترکیبات اسانس در مرحلهٔ رسیدن بذرها هفت ترکیب بود. مهم‌ترین ترکیب اسانس در هر دو مرحلهٔ برداشت بذرها، ترانس آنتول بود؛ اما مقدار این ماده در مرحلهٔ رسیدن کامل بذرها (۸۴/۹۶ درصد) نسبت به مرحلهٔ واکسی بودن (۸۱/۶ درصد) بذور بیشتر بود. سایر ترکیبات مهم اسانس در مرحلهٔ واکسی و رسیدن بذور، فنکون، لیمونن[1] و متیل کاویکول بودند (جدول ۵). نتایج این مطالعه به‌لحاظ مهم‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ اسانس در بذور رازیانه با مطالعات گذشته در مجارستان که در آنها مهم‌ترین ترکیبات اسانس رازیانه در مرحلهٔ واکسی و رسیدن کامل آنتول و فنکون بودند همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که مقدار آنتول و فنکون در مرحلهٔ واکسی ۵۶/۴ و ۲۴/۷ درصد بود. مقدار این دو ترکیب اصلی اسانس رازیانه در مرحلهٔ رسیدن کامل به‌ترتیب ۶۵/۳ و ۲۳/۲ درصد بود [۱۲، ۱۹]. مهم‌ترین ترکیب اسانس بذر رازیانه رقم 'شورک شاری' در مرحلهٔ بلوغ در شرایط اقلیمی تهران، ترانس آنتول و به‌میزان ۶۷ درصد بود [۲۲]؛ درحالی که در مطالعهٔ حاضر، مقدار این ترکیب ارزشمند دارویی ۸۴/۹۶ درصد گزارش شد که بیانگر ارزشمند بودن کشت رازیانه در منطقهٔ مذکور است.

بیشترین مقدار ترانس آنتول (۸۷/۸۵ درصد) به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب اسانس در مرحلهٔ بلوغ کامل بذرهای رازیانه حاصل شد [۲۴]. مقدار آنتول اسانس رازیانه در مرحلهٔ رسیدن کامل بیشتر از مرحلهٔ واکسی بود [۶]، اما

1. Limonene

بیشترین مقدار آنتول به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب تشکیل‌دهندهٔ اسانس در مرحلهٔ واکسی گزارش شد، اگرچه تفاوت اندکی در مقدار آنتول با مرحلهٔ رسیدن کامل داشت [۵]. مقدار و ترکیبات اسانس به‌طور بارزی وابسته به شرایط اقلیمی است. تفاوت در ترکیبات اسانس یک گونهٔ دارویی در نواحی مختلف، ناشی از تفاوت وضعیت آب‌وهوا و به‌ویژه محل، شرایط کشت و برداشت و شرایط اندازه‌گیری و سنجش آن است [۱].

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، هر سه گیاه دارویی در شرایط اقلیمی شهرکرد شرایط مناسبی به‌لحاظ کمیت و کیفیت مواد مؤثره داشتند و به‌ویژه کشت رازیانه رقم 'شورک شاری' به‌دلیل داشتن مقدار زیاد آنتول می‌تواند در این منطقه گسترش پیدا کند. همچنین پیشنهاد می‌شود تحقیقات جامع‌تری در زمینهٔ کشت و ارزیابی عملکرد، کمیت و کیفیت اسانس این ارقام در دیگر مناطق کشور برای انتخاب بهترین منطقه یا مناطق صورت گیرد.

منابع

۱. امیدبیگی ر (۱۳۸۴) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۳۴۷ ص.

۲. امیدبیگی ر (۱۳۸۴) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۴۳۸ ص.

۳. امیدبیگی ر (۱۳۸۴) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۳۹۷ ص.

۴. دوازده امامی س و مجنون حسینی ن (۱۳۹۲) زراعت و تولید برخی گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۳۰۰ ص.

۵. دولتی م (۱۳۸۹) تأثیر زمان برداشت و مدت اسانس‌گیری بر کمیت و کیفیت اسانس میوهٔ رازیانه رقم شوروک شاری (*Foeniculum vulgare* Mill. cv. Soroksari). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

۶. شاه‌حسینی ر، دولتی م، سفیدکن ف و عزیزی ع (۱۳۹۱) تأثیر مرحلهٔ برداشت میوه بر مقدار و ترکیب اصلی در اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare*) بومی همدان. فناوری تولیدات گیاهی. ۱۲(۲): ۹-۱.

۷. شریعت ص (۱۳۸۹) تکثیر و پرورش گیاهان دارویی. انتشارات مانی، تهران. ۴۲۲ ص.

۸. عزیزی م (۱۳۸۵) مطالعهٔ چهار رقم بابونه اصلاح‌شده در شرایط آب‌وهوایی ایران. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲(۴): ۳۹۶-۳۸۶.

۹. مکی‌زاده تفتی م و فرهودی ر (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی بر رشدونمو، عملکرد، میزان اسانس و درصد کامازولن گیاه دارویی سه رقم بابونه (*Matricaria recutiata*) در شرایط خوزستان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۴): ۷۴۳-۷۳۵.

10. Adams RP (2001) Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography. Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured Publication Corp, USA. 456 p.

11. Bernath J, Nemeth E, Kattaa A and Hethelyi E (1996) Morphological and chemical evaluation of fennel (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare* Mill.) populations of different origin. Essential Oil Research. 8: 247-253.

12. Bernath J and Mihalik E (2001) Regularities of the essential oil accumulation in developing fruits of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and its histological background. International World Conference on Medicinal and Aromatic Plants, Budapest, Hungary. Pp. 8-11.

13. Cioanca O, Aprotosoaie AC, Spac A, Hancianu M and Stanescu UH (2010) Contribution to the study of the pharmaceutical quality of some chamomile commercial samples, Note I. the analysis of the volatile oil. Farmacia. 58(3): 308-314.

14. D'Andrea L (2002) Variation of morphology, yield and essential oil components in common chamomile (*Chamomilla recutita*) cultivars grown in southern Italy. Herbs, Spices and Medicinal Plants. 9(4): 359-365.

15. Duke JA (2012) Handbook of Medicinal Herbs. 2nd edition. CRC Press, USA. 896 p.

16. European pharmacopoeia (1983) Maisonneuve, SA. Sainte Ruffine. Vol 1. 401 p.

17. Franke R and Schilcher H (2005) Chamomile Industrial Profiles. CRC Press, USA. 280 p.

18. Guillen MD and Manzanos MJ (1994) A contribution to study Spanish wild-growing fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) as a source of flavour compounds. Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel. 16(5-6): 141-145.

19. Miguel MG, Cruz C, Faleiro L, Simoes MT, Figueiredo AC, Barroso JG and Pedro LG (2010) *Foeniculum vulgare* essential oils: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. Natural Product Communications. 5(2): 319-328.

20. Omidbaigi R, Borna F, Borna T and Inotai K (2009) Sowing dates affecting on the essential oil content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) and its constituents. Essential Oil Bearing Plants. 12(5): 580-585.

21. Rahmati M, Azizi M, Khayyat MH, Nemati H and Asili J (2011) Yield and oil constituents of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) flowers depending on nitrogen application, plant density and climate conditions. Essential Oil Bearing Plants. 14(6): 731-741.

22. Raouffard F and Omidbaigi R (2005) Content and Composition of Essential and Fatty Oil of *Foeniculum Vulgare* cv. Soroksari Cultivated Fruits. Essential Oil Bearing Plants. 8(3): 264-267.

23. Shibamoto T (1987) Retention indices in essential oil analysis. In Capillary Gas chromatography in Essential oil Analysis, Sandra, P, Bicchi C (eds.). Alfred Heuthig-Verlag: New York, 259- 275.

24. Telci I, Demirtas I and Sahin A (2009) Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) fruits during stages of maturity. Industrial Crops and Products. 30: 126-130.

25. Yousefzadeh S, Modarres-Sanavy SAM, Sefidkon F, Asgarzadeh A, Ghalavand A and Sadat-Asilan K (2013) Effects of Azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in two regions of Iran. Food Chemistry. 138(2): 1407-1413.