به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۱۱۱۱-۱۰۹۵

اثر زمان نشاکاری و تراکم بوته بر ماده خشک و فنل کل شاخسارهٔ گیاه دارویی سرخارگل [*Echinaceae purpurea* (L.) Moench] در ساری

سمانه اسدی‌صنم[۱]، محسن زواره[۲]*، همت‌اله پیردشتی[۳]، فاطمه سفیدکن[۴]، قربانعلی نعمت‌زاده[۵]

۱. استادیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، ایران
۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۴. استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۵. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴

چکیده

سرخارگل (*Echinacea purpurea*) پرفروش‌ترین گیاه دارویی در اروپا و ایالات‌متحده برای درمان سرماخوردگی استفاده می‌شود. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ پژوهشی پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری طبرستان در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲، اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه زمان نشاکاری (۲۰ فروردین، ۱۹ اردیبهشت و ۱۸ خرداد در بهار ۱۳۹۲) در کرت‌های اصلی و سه تراکم بوته (۷، ۱۰ و ۱۶ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی بود. نتایج نشان داد که اگرچه تأخیر در کاشت سبب کاهش ماده خشک شاخساره، برگ و ساقه شد، ولی افزایش تراکم تا ۱۰ بوته در مترمربع تا اندازه ای اثر نامطلوب تأخیر در کاشت را جبران کرده است که نشان می‌دهد تاریخ کشت زودتر و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع برای افزایش کمیت این ویژگی‌ها مناسب‌تر بوده‌اند. نسبت ماده خشک شاخساره/ گل< شاخساره/ ساقه< شاخساره/ برگ بود. بیشترین نسبت ماده خشک شاخساره/ ساقه و شاخساره/ (برگ+گل) مربوط به تاریخ کشت خرداد و بیشترین نسبت ماده خشک شاخساره/ گل مربوط به تاریخ کاشت اردیبهشت ماه بود. بیشترین مقدار فنل کل برگ و ساقه به ترتیب ۵۱/۱ و ۳۵/۹ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک بود که در تاریخ کشت ۲۰ فروردین و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد. بیشترین محتوای فنلی گل‌ها (۵۶/۵ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) در تاریخ کاشت ۱۹ اردیبهشت و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع اندازه‌گیری شد. مقدار فنل کل گل‌ها> برگ‌ها> ساقه‌ها> بود. در کل، می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالاً نشاکاری زودهنگام سرخارگل در ۲۰ فروردین ماه و با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع برای تولید ماده خشک و فنل کل از برگ‌ها و ساقه‌ها و تأخیر در کاشت تا ۱۹ اردیبهشت و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع، برای تولید ماده خشک و فنل کل از گل‌ها، در شرایط این آزمایش مناسب است.

کلیدواژه‌ها: تاریخ کشت، ساقه، گالیک اسید، گلدهی، محتوای فنلی.

* نویسنده مسئول
Email: m_zavareh@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

جنس *Echinacea* گیاهی علفی و چندساله از خانوادهٔ کاسنی[1] است که خاستگاه آن شمال آمریکا است و جمعیت های وحشی آن از شرق و مرکز ایالات متحده تا جنوب کانادا پراکنده شده است [۸]. سه گونهٔ *E. purpurea*، *E. pallida* و *E. angustifolia* گونه‌های مهم دارویی این جنس شناخته شده اند [۱۵] که ناشی از آثار ضدویروسی، ضدباکتریایی و ضدقارچی آن‌ها است و به آن‌ها شهرت جهانی داده است [۱۷]. گونهٔ *E. purpurea* با نام فارسی سرخارگل، با گل‌های مخروطی شکل و به‌رنگ ارغوانی تا صورتی است که به‌طور گسترده در اروپا و شمال آمریکا مطالعه شده و در طراحی باغ‌های چندساله و به‌عنوان گل شاخه بریده نیز، استفاده شده است [۱۷]. با این حال، جمعیت‌های وحشی سرخارگل در زیستگاه‌های طبیعی، در نتیجهٔ برداشت بی‌رویه و تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسان به‌طور جدی در برابر تهدید قرار گرفته است. به همین دلیل و برای کاهش فشار بر این جمعیت ها، این گونه برای تأمین نیاز گستردهٔ بازار دارو به شکل زراعی و عمدتاً در ایالات متحده، کانادا، روسیه، اروپا و استرالیا کشت می‌شود [۱۲].

زراعت و بررسی امکان کشت گیاهان دارویی در مناطق مختلف، ارائهٔ راهکارهای مناسب به زراعی برای افزایش کمّی و کیفی این گیاهان و امکان کنترل بهتر مواد مؤثره آن‌ها، می‌تواند با کاهش فشار بر جمعیت‌های طبیعی، از نابودی یا انقراض آن‌ها جلوگیری کند [۸]. دستیابی به عملکرد بالا در گیاهان دارویی می‌تواند با تغییر عوامل ژنتیکی، محیطی و مدیریتی و برهم‌کنش آن‌ها به‌دست آید. از میان راهبردهای مدیریتی، تاریخ کاشت عامل مهمی است که از راه تأثیر بر طول دورهٔ رشد رویشی و زایشی و نسبت آن ها و زمان قرار گرفتن این مراحل در شرایط محیطی متفاوت، بر عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی اثر می‌گذارد [۱۶]. در تایوان با تأکید بر رشد و زراعت موفقیت‌آمیز سرخارگل، ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زراعی سرخارگل تحت تأثیر تاریخ کشت گزارش شد. در این مطالعه، گیاهان رشدیافته در بهار در مقایسه با گیاهان پاییزه، بلندتر بودند و گل و ساقه بیشتر و تعداد برگ کمتر داشتند [۸].

در کنار تاریخ کاشت مناسب، یکی دیگر از ابزارهای مدیریتی کارآمد در تصمیم‌گیری‌های زراعی وافزایش عملکرد گیاهان دارویی، انتخاب تراکم مناسب است که خود متأثر از نوع ژنوتیپ، محیط و برهم‌کنش آن‌ها است [۶]. مطالعات انجام شده در مصر، در بررسی رشد و تولید سرخارگل در پاسخ به تراکم ۳، ۵ و ۱۰ بوته در مترمربع (فاصله بوته های روی ردیف ۶۰، ۴۰ و ۲۰ سانتی‌متر) نشان داد که بیشترین ماده خشک اندام های گیاهی با تغییر فاصلهٔ کاشت از ۲۰ به ۶۰ سانتی‌متر به‌دست می‌آید [۲۵]. در پژوهشی در فنلاند، تراکم شش تا هفت بوته در مترمربع برای تولید ۴/۵ کیلوگرم در مترمربع زیست‌توده (شاخساره + ریشه) تر سرخارگل پیشنهاد شده است [۱۰]. در بررسی اثر فاصله ردیف‌های کاشت (۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر) بر ویژگی های مورفولوژیک و ترکیبات دارویی گیاه سرخارگل در ایران، افزایش عملکرد ماده خشک اندام های هوایی و ریشه و بهبود ویژگی های مورفولوژیک در تراکم کشت پایین‌تر (فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر) حاصل شد [۴].

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های سرخارگل در پژوهش های مختلفی گزارش شده است [۹ و ۱۸]. بیشتر پژوهش ها، بر عمل آنتی‌اکسیدانی فنل ها متمرکز شده است زیرا فنل ها، یکی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدانی طبیعی در ترکیبات گیاهی شناخته شده‌اند [۹]. مقدار فنل های کل در اندام‌های مختلف سرخارگل متفاوت است و ترتیب

1. Asteraceae

Archive of SID
www.SID.ir

کاهشی آن‌ها به صورت گل‌ها> برگ‌ها> ساقه‌ها> ریشه‌ها بوده است [۱۱ و ۱۳].

در ایران، اگر چه در مورد سازگاری و شیوه‌های به‌زراعی سرخارگل پژوهش‌هایی انجام شده است [۱، ۲ و ۳]، ولی گزارش‌های موجود برای تعیین بهترین تاریخ و تراکم کاشت در مناطق مختلف کشور محدود است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته در واحد سطح بر ماده خشک و مقدار فنل کل اندام‌های مختلف گیاه دارویی سرخارگل و ارزیابی امکان جلوگیری از افت عملکرد در کشت های تأخیری از راه افزایش تراکم بوته در شرایط آب و هوایی ساری، طراحی و اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

با هدف بررسی اثر زمان نشاکاری و تراکم بوته بر ماده خشک و فنل کل اجزای مختلف گیاه دارویی سرخارگل، آزمایشی در مزرعهٔ پژوهشی پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و چهار دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۱۱ متر پایین تر از سطح دریا) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۲، طراحی و اجرا شد. پیش از آغاز آزمایش، از خاک هر تکرار سه نمونه مجزا برداشته شد و پس از اختلاط، در آزمایشگاه خاک این دانشگاه تجزیه شد که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است. میانگین پارامترهای هواشناسی برای سال اجرای آزمایش (جدول ۲)، از ادارهٔ تحقیقات هواشناسی کشاورزی قراخیل- قائم‌شهر تهیه شد.

تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۲۰ فروردین، ۱۹ اردیبهشت و ۱۸ خرداد ۱۳۹۲) و سه تراکم کاشت (۷، ۱۰ و ۱۶ بوته در مترمربع با فاصله کشت ۱۵، ۲۵ و ۳۵ سانتی متر روی ردیف) بودند. کشت به‌صورت نشاکاری انجام شد و نشاها از گلخانه پژوهشکدهٔ گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی کرج به زمین اصلی منتقل و در فاصله ۱۵، ۲۵ و ۳۵ سانتی متر روی ردیف در کرت هایی با ابعاد ۵×۳ متر نشاکاری شدند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به فاصلهٔ ۴۰ سانتی‌متر بود. فاصلهٔ بین کرت های هر تراکم کشت، یک ردیف نکاشت و فاصله بین تاریخ‌های کشت، دو ردیف نکاشت درنظر گرفته شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده										
عمق نمونه‌برداری (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش گل اشباع	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	آهن قابل جذب (mg/kg)	منگنز قابل جذب (mg/kg)	روی قابل جذب (mg/kg)	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۹۲	۷	۲/۶	۰/۲۲	۲۸/۴	۴۵۱	۲۰۶	۹۸	۱۵/۳	سیلتی رسی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. اطلاعات هواشناسی مربوط به ۷ ماه از فصل رشد سرخارگل در سال ۱۳۹۲

ماه‌های سال	تعداد روز	دما (°C)		رطوبت نسبی (٪)		ساعات آفتابی (h)
		کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	
فروردین	۳۱	۱۰/۲	۱۹/۸	۶۲	۹۴	۱۴۴/۶
اردیبهشت	۳۱	۱۳/۶	۲۴/۷	۵۳	۹۵	۲۴۴/۱
خرداد	۳۱	۱۹/۲	۲۸/۷	۵۵	۹۴	۲۳۹/۱
تیر	۳۱	۲۱/۴	۳۰/۹	۵۲	۹۰	۲۵۶/۸
مرداد	۳۱	۲۱/۷	۲۹/۱	۶۴	۹۶	۱۳۵/۳
شهریور	۳۱	۲۱/۸	۳۰/۱	۶۶	۹۶	۱۵۹/۴
مهر	۳۰	۱۶/۶	۲۶/۱	۶۲	۹۶	۱۶۵/۹
جمع	۲۱۶	۱۲۴/۵	۱۸۹/۴	۴۱۴	۶۶۱	۱۳۴۵/۲
میانگین		۱۷/۸	۲۷/۰۶	۵۹/۱	۹۴/۴	۱۹۲/۲

همچنین، فاصلهٔ بین بلوک‌های آزمایش دو متر بود. عملیات آماده‌سازی بستر شامل شخم پاییزه، تسطیح و دو دیسک عمود برهم پیش از کاشت بود. سپس ردیف‌های کاشت به حالت پشته طراحی شد. از آنجایی که در بستر کاشت نشاها در خزانه، ماسهٔ غالب بود در هنگام انتقال نشاها به زمین اصلی نیز، مقداری ماسهٔ نرم دریا با خاک پشته مخلوط شد. بلافاصله پس از کاشت نشاها و پس از آن، با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه، آبیاری به‌صورت قطره ای انجام شد. برای جلوگیری از آثار احتمالی علف‌کش‌های شمیایی بر ترکیبات دارویی گیاه، سه بار وجین دستی علف‌های هرز (در مرحلهٔ استقرار بوته ها، ابتدای گلدهی و ۵۰ درصد گلدهی) انجام شد. در این آزمایش، به‌جز کود پایه نیتروژن (۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره) از هیچ گونه کود شیمیایی دیگری در کرت‌ها استفاده نشد.

مراحل ۵۰ درصد گلدهی بر مبنای مشاهده خروج گل‌ها حداقل در ۵۰ درصد میان‌گل‌های (طبق) موجود و گلدهی کامل براساس خروج گل‌ها در بیش از ۹۰ درصد میان‌گل‌های موجود تعیین شدند. عملکرد ماده خشک برگ، گل و ساقهٔ سرخارگل با رعایت آثار حاشیه، روی چهار بوته در زمان گل‌دهی کامل اندازه‌گیری شد. اندام‌های برگ، گل و ساقهٔ گیاه پس از جداسازی خشک شدند و سپس وزن آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس، عملکرد پیکر رویشی (ماده خشک شاخساره) برای تیمارها محاسبه شد.

۱.۲. استخراج عصارهٔ فنلی

استخراج عصارهٔ فنلی از نمونه‌های هواخشک برگ، گل و ساقه براساس روش تیجسن و همکاران[1] [۲۹] با کمی تغییر انجام شد. ابتدا نمونه ها با دستگاه قهوه خردکن (مدل E G 90 W-120205) پودر و از الک ۴۰ مش عبور داده شدند. سپس به ۰/۴گرم از پودر الک شده ۱۰ میلی‌لیتر متانول:آب (۳۰:۷۰) اضافه شد. نمونه‌ها پس از هم زدن کوتاهی به مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک[2] (مدل KMH 1-120 W6501) با بسامد ۴۰ کیلوهرتز نگهداری

1. Thygesen et al.

2. Ultrasonic Cleaner

Archive of SID
www.SID.ir

شده و سپس به مدت دو ساعت شیک شدند. عصاره‌های متانولی به‌دست آمده در دور ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل Sigma 3-30K) و فاز رویی آن‌ها جدا شد. کار سانتریفیوژ دو بار انجام شد. نمونه های به‌دست آمده تا زمان تجزیهٔ شیمیایی در دمای ۲۰- درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند.

۲.۲. ارزیابی فنل کل

ارزیابی فنل کل با روش فولین سیوکالتیو[1] انجام شد [۲۶]. به علت بالابودن غلظت ترکیبات فنلی، نخست نمونه‌ها ۱۰ بار رقیق شدند. ۱۲۵ میکرولیتر از عصاره متانولی استخراج شده با ۳۷۵ میکرولیتر آب و ۲/۵ میلی لیتر معرف فولین ۱۰ درصد مخلوط شدند. به مخلوط حاصل پس از ۶ دقیقه، ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه شد. میزان جذب مخلوط واکنش، پس از ۹۰ دقیقه نگهداری در شرایط بدون نور در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Unico, USA) اندازه‌گیری شد. درنهایت، مقدار فنل کل از روی منحنی استاندارد برحسب میلی گرم اکی والان اسید گالیک در یک گرم ماده خشک بیان شد. درصد رقیق‌کردن نیز، در محاسبات منظور شد.

برای تجزیهٔ آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹ [۲۲] استفاده شد. مقایسهٔ میانگین تیمارها، با آزمون حداقل اختلاف معنادار[2] (LSD) انجام و $p<0/05$ به عنوان سطح معنادار بودن اختلاف‌ها درنظر گرفته شد. نمودارها، با نرم‌افزار Sigmaplot نسخهٔ ۱۲ رسم شدند.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. ماده خشک برگ

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۳)، برهم‌کنش تاریخ و تراکم کاشت تأثیر معناداری بر ماده خشک برگ بوته‌های سرخارگل داشت. برش‌دهی این برهم کنش با استفاده از تراکم کاشت نشان داد که ماده خشک برگ در همهٔ تاریخ های کاشت در سطح احتمال یک درصد معنا دار شد (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین ها نشان داد که بیشترین ماده خشک برگ، ۶۲۳۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به سرخارگل‌هایی بود که در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین و با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع کشت شدند (شکل ۱). همچنین تأخیر در کشت تا ۱۸ خرداد در هر سه تراکم سبب کاهش ماده خشک برگ ها شد. در همهٔ تاریخ‌های کاشت، تراکم ۱۰ بوته در مترمربع تا اندازه‌ای اثر نامناسب تأخیر در کشت بر ماده خشک برگ ها را جبران کرد. کمترین ماده خشک برگ (۱۶۳۱ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۷ بوته در مترمربع در گیاهانی به‌دست آمد که در ۱۸ خرداد کاشته شده بودند (شکل ۱).

۳. ۲. ماده خشک گل

براساس یافته‌های این آزمایش، ماده خشک گل سرخارگل تحت تأثیر معنادار برهم‌کنش تراکم و تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۳). نتایج برش دهی به وسیلهٔ تراکم بوته برای این اثر بیانگر این است که ماده خشک گل در تراکم ۱۶ بوته در مترمربع در تاریخ کاشت های مختلف یکسان بوده است (جدول ۴). در این آزمایش، با افزایش تعداد بوته در واحد سطح در ردیف‌های کاشت ۴۰×۲۵ سانتی‌متر و با کشت سرخارگل ها در ۱۹ اردیبهشت ماه، ماده خشک گل در بوته به ۲۷۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، ولی کشت پس از آن تاریخ، باعث کاهش تولید ماده خشک شد. کشت در ۱۸ خرداد و در فاصلهٔ کشت ۳۵ سانتی‌متر روی ردیف (تراکم ۷ بوته در مترمربع)، منجر به تولید کمترین مقدار ماده خشک گل ها شد (شکل ۲).

1. Folin–Ciocalteu
2. Least significant difference

Archive of SID
www.SID.ir

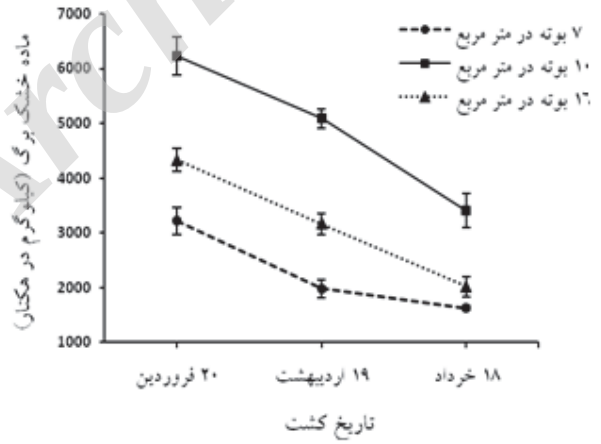
جدول ۳. نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ماده خشک و فنل کل سرخارگل

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		ماده خشک برگ	ماده خشک گل	ماده خشک ساقه	ماده خشک شاخساره	فنل کل برگ	فنل کل گل	فنل کل ساقه
بلوک	۲	۶/۱۷**	۰/۰۱۸^{ns}	۱/۹۸^{ns}	۴/۴۰^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۱/۵۳*	۱/۱۲*
تاریخ کاشت	۲	۱۰۷۱/۴**	۲۴۳/۴**	۲۳۸/۴**	۲۹۵۸/۶**	۱۴/۲**	۳۳۵/۱**	۹۵/۸**
خطای a	۴	۱۳/۶	۱/۲۵	۱/۳۱	۱۹/۷	۰/۰۵۸	۱/۳۴	۰/۲۴۴
تراکم بوته	۲	۱۹۳۵/۱**	۳۳۲/۶**	۷۰۰/۱**	۶۲۶۸/۷**	۱۵/۲**	۱۵۱/۲**	۱۳۶/۲**
تاریخ کاشت×تراکم	۴	۵۷/۱*	۳۸/۲**	۵/۳۳^{ns}	۱۶۴/۱**	۱۰۶/۷**	۳۳/۹**	۱۷/۳**
خطای b	۱۲	۱۸/۶	۲/۳۷	۱/۸۵	۲۴/۴	۰/۶۹۳	۰/۳۸۹	۰/۵۹۶
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۷	۱۳/۸	۶/۱	۷/۷	۱/۹	۱/۲	۲/۵

†ns= عدم تفاوت معنادار، * و **= به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴. برش‌دهی برهم‌کنش تیمارهای تاریخ کاشت × تراکم بوته با استفاده از تراکم بوته برای ماده خشک و فنل کل سرخارگل

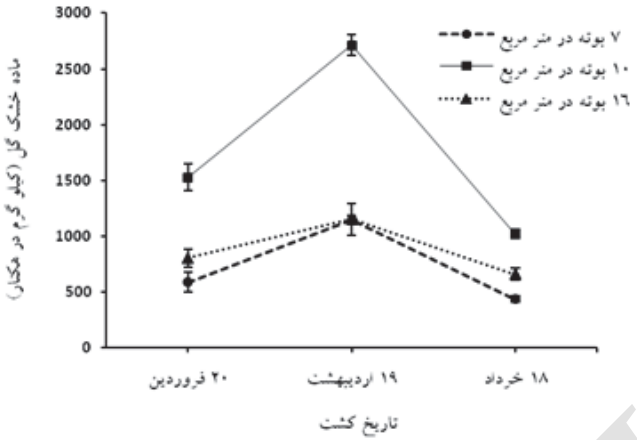
تراکم کاشت (بوته در متر مربع)	درجه آزادی	ماده خشک برگ	ماده خشک گل	ماده خشک شاخساره	فنل کل برگ	فنل کل گل	فنل کل ساقه
		Pr>F					
۷	۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
۱۰	۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
۱۶	۲	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۷۹	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱



شکل ۱. اثر برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ماده خشک برگ در پایان گل‌دهی سرخارگل

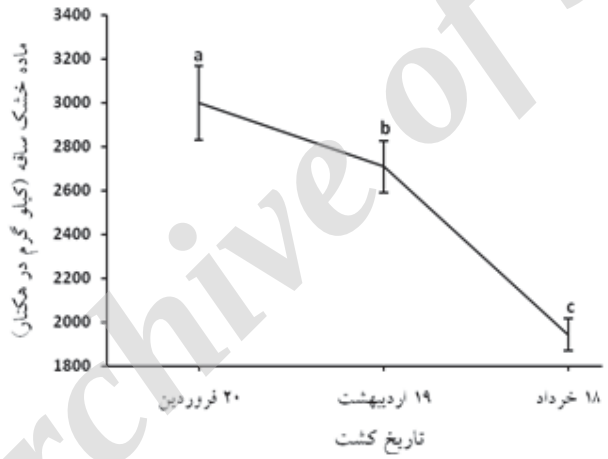
مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD ($p<۰/۰۵$) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۷۰۸/۹

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. اثر برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ماده خشک گل در پایان گل‌دهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD (p<۰/۰۵) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۲۶۸/۹



شکل ۳. اثر تاریخ کاشت بر ماده خشک ساقه در پایان گلدهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD (p<۰/۰۵) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۱/۳۱

۳. ۳. ماده خشک ساقه

بر پایه نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس، ماده خشک ساقه تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته قرار گرفت ولی برهم‌کنش آن‌ها معنادار نبود (جدول ۳). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که تأخیر در کاشت باعث کاهش ماده خشک ساقه شده است؛ بیشترین ماده خشک (۲۹۹۷/۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تاریخ کاشت ۲۰ فروردین و کمترین آن مربوط به تاریخ کاشت ۱۸ خرداد بود (شکل ۳). ماده خشک ساقه در اثر تراکم‌های مختلف نیز، در گروه های مختلف آماری قرار گرفت و بیشترین ماده خشک ساقه (۳۶۶۴/۱ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (شکل ۴).

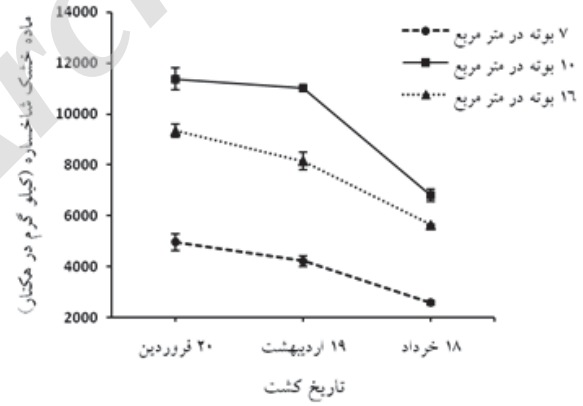
Archive of SID
www.SID.ir

۳. ۴. ماده خشک شاخساره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ماده خشک شاخساره سرخارگل تأثیر معنادار ($p<۰/۰۱$) داشته است (جدول ۳). برش‌دهی این برهم‌کنش به‌وسیلهٔ تراکم بوته روشن کرد که این برهم‌کنش در همهٔ تاریخ کشت‌ها بسیار معنادار بوده است (جدول ۴). مقایسه میانگین های این ویژگی نشان داد که با تأخیر در کاشت تا ۱۸ خرداد و در همهٔ تراکم ها، ماده خشک شاخساره کاهش یافت. در همهٔ تاریخ های کشت، تراکم میانه (۱۰ بوته در مترمربع) بیشترین ماده خشک شاخساره را داشت؛ بدین ترتیب، بیشترین ماده خشک شاخساره (۱۱۳۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در کرت هایی به‌دست آمد که سرخارگل‌ها در آن کرت‌ها در ۲۰ فروردین و با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع کشت شدند (شکل ۵).

شکل ۴. اثر تراکم بوته بر ماده خشک ساقه در پایان گل‌دهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD ($p<۰/۰۵$) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۱/۳۱



شکل ۵. اثر برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ماده خشک شاخساره در پایان گل‌دهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD ($p<۰/۰۵$) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۸۰۵/۹

Archive of SID
www.SID.ir

۳. ۵. نسبت ماده خشک برگ (L)، گل (F) و ساقه (S) به ماده خشک شاخساره (Shoot)

در این آزمایش، نسبت های L/Shoot، F/Shoot، S/Shoot و نسبت مجموع ماده خشک برگ و گل به ماده خشک ساقه ((L+F)/S)) هم، تحت تأثیر معنادار برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته ها قرار گرفتند (جدول ۵). نتایج برش‌دهی L/Shootو F/Shoot با تراکم بوته گویای این است که تراکم در همهٔ تاریخ های کشت تأثیر معناداری بر این دو ویژگی داشته است. ولی، نتایج برش دهی با استفاده از تراکم بوته برای S/Shoot نشان داد که سطوح تراکم بوته در بین تاریخ های کاشت تأثیر معناداری بر این اثر نداشته است؛ به‌جز تراکم ۱۶ بوته در مترمربع که در سطح پنج درصد معنا دار بود (جدول ۶). ۶۴/۶ درصد و ۲۷/۳ درصد به‌ترتیب بیشترین مقدار L/Shoot (شکل ۶ a) و F/Shoot (شکل ۶ b) مربوط به گیاهانی بود که در تاریخ های زودهنگام بهاره با تراکم ۷ بوته در مترمربع کشت شدند. بیشترین مقدار S/Shoot (۵۲/۴ درصد)، در سرخارگل‌هایی به‌دست آمد که با تأخیر در کاشت تا ۱۸ خرداد و با تراکم ۱۶ بوته در مترمربع کشت شدند (شکل ۶ c). بیشترین نسبت مجموع ماده خشک برگ و گل به ماده خشک ساقه (L + F)/S ۴/۱۵ بود که در کرت‌هایی به‌دست آمد که سرخارگل ها با تأخیر در ۱۸ خرداد و با تراکم ۷ بوته در مترمربع کشت شدند (شکل ۶ d).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای آزمایشی بر نسبت ماده خشک برگ، گل و ساقه به ماده خشک شاخساره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		L/Shoot	F/Shoot	S/Shoot	(L+F)/S
تکرار	۲	۱۱/۲^{ns}	۰/۶۳۳^{ns}	۱۰/۲^{ns}	۰/۲۵۵^{ns}
تاریخ کاشت	۲	۲۸۲/۵**	۲۷۱/۹**	۱۱/۷^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}
خطای a	۴	۴/۵	۱/۳	۴/۹	۰/۰۵۴
تراکم بوته	۲	۷۳۱/۵**	۱۳۷/۲**	۱۴۶۷/۶**	۱۲/۶**
تاریخ کاشت×تراکم بوته	۴	۷۴/۲**	۲۴/۵*	۴۲/۲*	۰/۷۰۹*
خطای b	۱۲	۱۲/۲	۲/۵۶	۱۲/۱	۰/۱۴۵
ضریب تغییرات (درصد)	–	۷/۱	۱۰/۱	۱۰/۱	۱۵/۱

†Ns= عدم تفاوت معنادار، * و **= به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد

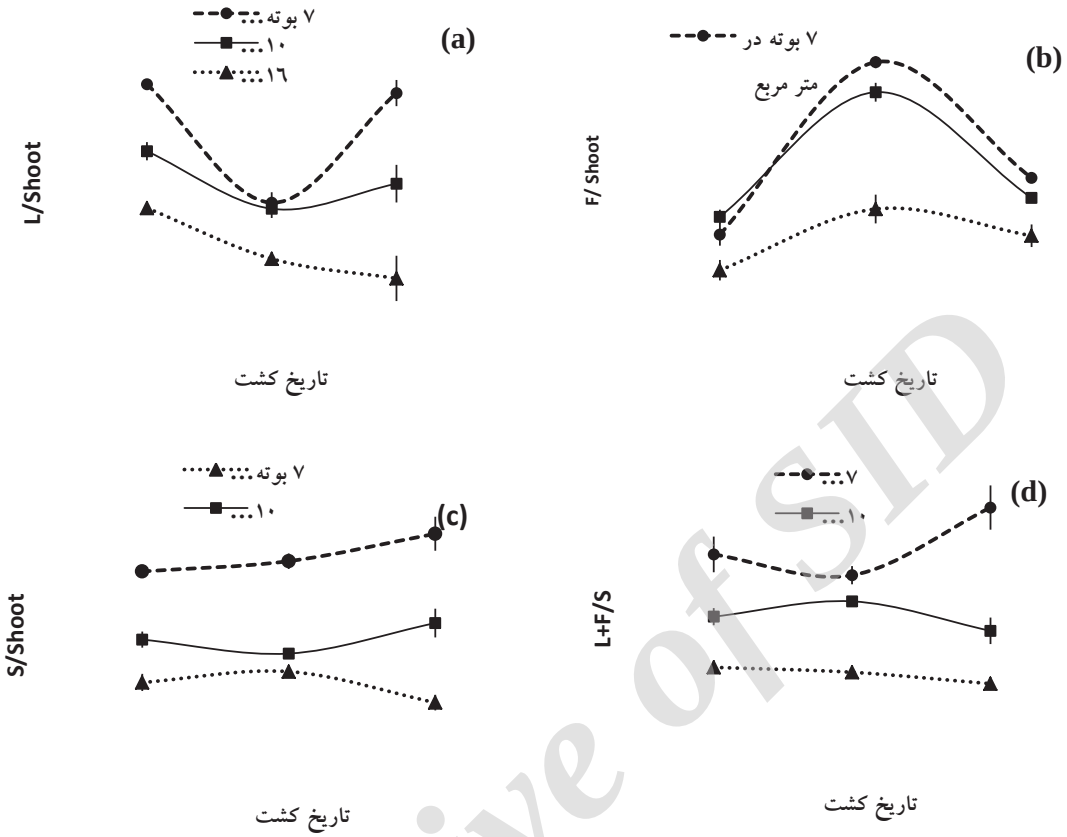
نسبت ماده خشک برگ به شاخساره (L/Shoot)، نسبت ماده خشک گل به شاخساره (F/Shoot)، نسبت ماده خشک ساقه به شاخساره (S/Shoot)، نسبت ماده خشک (برگ + گل) به ماده خشک ساقه ((L+F)/S))

جدول ۶. برش‌دهی برهم‌کنش تیمارهای تاریخ کاشت × تراکم بوته با استفاده از تراکم بوته

تراکم کاشت (بوته در متر مربع)	درجه آزادی	L/Shoot	F/Shoot	S/Shoot	(L+F)/S
		Pr>F			
۷	۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۴۱	<۰/۰۰۰۱
۱۰	۲	۰/۰۳۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۶۳	۰/۲۶۷
۱۶	۲	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۱	۰/۶۳۲

نسبت ماده خشک برگ به شاخساره (L/Shoot)، نسبت ماده خشک گل به شاخساره (F/Shoot)، نسبت ماده خشک ساقه به شاخساره (S/Shoot)، نسبت ماده خشک (برگ + گل) به ماده خشک ساقه ((L+F)/S)).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۶. اثر برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر نسبت ماده خشک برگ به شاخساره (L/Shoot، شکل a)، نسبت ماده خشک گل به شاخساره (F/Shoot، شکل b)، نسبت ماده خشک ساقه به شاخساره (S/Shoot، شکل c)، نسبت ماده خشک (برگ + گل) به ماده خشک ساقه (L+F)/S)، شکل d) در پایان گل‌دهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD ($p<۰/۰۵$) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته برای (L/Shoot، شکل a): ۵/۵۴، (F/Shoot، شکل b): ۲/۵۹، (S/Shoot، شکل c): ۵/۵۴، ((L+F)/S، شکل d): ۰/۶۰۶

متغیرهای آب و هوایی مانند تابش، دما و ساعت آفتابی و نیز مدیریت های زراعی از جمله تاریخ کاشت در مراحل مختلف رشد، نقش تعیین‌کننده و کارآمدی بر تولید ماده خشک گیاه دارند [۱۹]. در این آزمایش، بیشترین ماده خشک برگ و ساقه در فروردین ماه و بیشترین ماده خشک گل در اردیبهشت ماه به‌دست آمد (شکل‌های ۱ تا ۴). این افزایش ماده خشک در تاریخ کشت‌های زودهنگام در بهار، احتمالاً به علت افزایش طول دورهٔ رشد رویشی گیاه و ایجاد فرصت بیشتر برای استفاده از منابع رشد می‌تواند باشد. تاریخ کشت‌های تأخیری، طول دورهٔ رشد به‌ویژه فاز رویشی تا فاز غنچه‌دهی را کاهش می‌دهند. در این آزمایش، ماده خشک برگ، گل و ساقه و در مجموع شاخساره گیاه با تأخیر در کاشت سرخارگل ها تا ۱۸ خرداد، کاهش یافت. این کاهش احتمالاً به علت برخورد

Archive of SID
www.SID.ir

مراحل رشد گیاه با دمای بالا (جدول ۲) و نبود فرصت لازم برای رشد و تولید زیست‌توده باشد که سبب می‌شود گیاه با رشد رویشی کمتری وارد مرحلهٔ زایشی شده و ماده خشک کمتری تولید کند. با این‌وجود، به‌نظر می‌رسد که با کاهش تولید ماده خشک در این تاریخ کاشت، سهم برگ و گل از عملکرد زیستی کمتر شده و شاخص برداشت ساقه افزایش یابد. در این آزمایش، افزایش سهم L/Shoot و F/Shoot در تاریخ کاشت‌های زودهنگام و سهم S/Shoot در خرداد ماه (شکل ۶، a، b و c)، می‌تواند مؤید این مطلب باشد.

برداشت گل در مرحلهٔ گل‌دهی سرخارگل‌ها باید پس از گسترش میان‌گل ولی پیش از پیری گلبرگ‌ها انجام شود [۷]. در تایوان، سرخارگل‌های رشدیافته در بهار گل‌های بیشتری نسبت به گیاهان رشد یافته در تابستان و پاییز تولید کردند [۸]. تولید گل بیشتر در بهار می‌تواند به افزایش طول روز به ۱۳ ساعت در بهار و کاهش آن به ۱۱ ساعت در پاییز نسبت داده شود [۸]. تولید گل‌های بیشتر در زراعت بهاره عجیب نیست چون سرخارگل گیاهی روز بینابین[1] است و گل‌دهی آن بیشتر تحت تأثیر طول روزهای ۱۳ تا ۱۵ ساعت است [۲۱]. در بررسی اثر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد گیاه دارویی درمنه[2] در هند، بیشترین عملکرد ماده خشک برگ در فروردین (۲/۹۲ تن در هکتار) و کمترین مقدار آن در اواخر آذر به دست آمد که علت آن، کاهش دما در پاییز گزارش شد [۳۰]. در مطالعه‌ای دیگر روی گل جعفری وحشی[3] در منطقه هیمالایای هند، به افزایش ماده خشک برگ و شاخساره در تاریخ کشت‌های زودهنگام تأکید شد [۱۹]. در این مطالعه آمده است که تاریخ‌های کشت، تأثیر بسیار محسوسی بر رشد و نمو گیاه دارند که بازتاب تغییرات معنا دار و گسترده‌ای بر طول دوره رشد و تسهیم زیست‌توده اندام‌های هوایی است [۱۹].

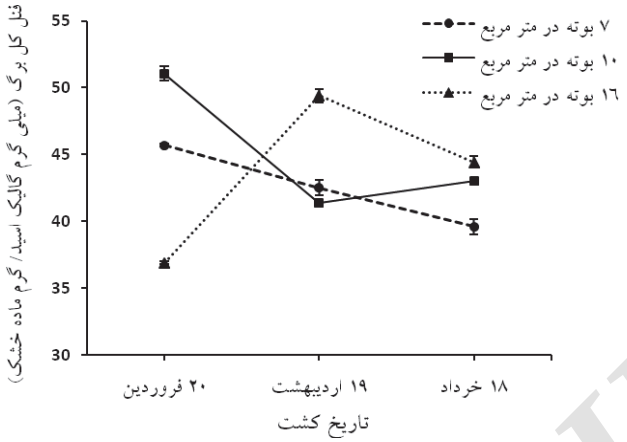
همچنین در آزمایش حاضر، با افزایش ماده خشک شاخساره سرخارگل‌ها در فاصله کشت ۲۵ سانتی‌متر (تراکم ۱۰ بوته در مترمربع)، می‌توان این تراکم را تراکمی مناسب برای رشد و تولید بهینه سرخارگل با کمترین رقابت در سایه‌انداز و احتمالاً کنترل مناسب علف‌های هرز در شرایط این آزمایش معرفی کرد. این نتیجه موافق با گزارشی از مصر است که در آن بیشترین تولید ماده خشک سرخارگل، در فاصلهٔ کشت ۵۰×۲۰ سانتی متر (تراکم ۱۰ بوته در مترمربع) و بیشترین رشد تک بوته در فاصله کشت ۶۰×۵۰ سانتی متر (تراکم ۳/۳ بوته در مترمربع) ثبت شد [۲۵]. افزایش عملکرد ماده خشک گیاهان در فاصله کشت‌های بیشتر در برخی گیاهان دارویی از جمله چای ترش[4] [۲۳] و بادرنجبویه[5] [۲۴] نیز گزارش شده است.

۳. ۶. فنل کل برگ

تأثیر برهم‌کنش تاریخ و تراکم کاشت بر محتوای فنل کل برگ سرخارگل بسیار معنادار بود (جدول ۳). برش‌دهی این برهم‌کنش‌ها به‌وسیلهٔ تراکم بوته نشان داد که در همهٔ تاریخ های کاشت، سطوح تراکم بوته منجر به ایجاد اختلاف معنا دار در مقدار فنل کل برگ شده است (جدول ۴). اگرچه تأخیر در کاشت در همهٔ تراکم ها منجر به کاهش تجمع محتوای فنلی در برگ سرخارگل شد، ولی افزایش تراکم اثر معکوس داشت. به بیان دیگر، بیشترین مقدار فنل کل برگ (۵۱/۱ میلی گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) در کرت‌هایی ثبت شد که زودتر ولی با فاصله کشت کمتر (تراکم بیشتر؛ ۱۰ بوته در مترمربع) کشت شدند (شکل ۷).

1. Intermediate day
2. Artemisia annua L.
3. Tagetes minuta L.
4. Hibiscus sabdariffa L.
5. Melissa officinalis L.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۷. برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر فنل کل برگ در پایان

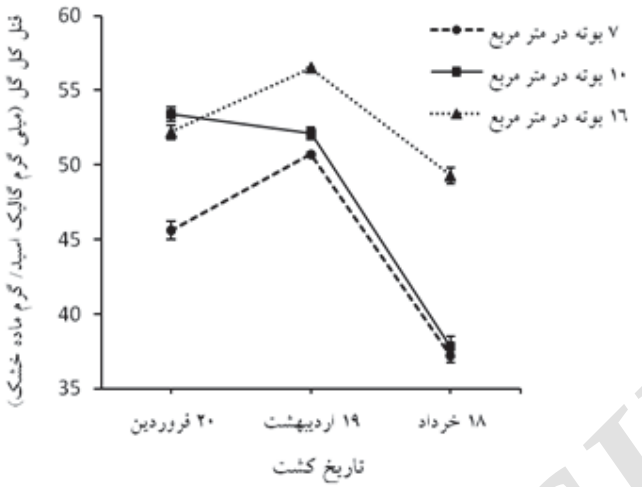
۳. ۷. فنل کل گل

در این آزمایش، محتوای فنل کل گل هم، تحت تأثیر معنادار برهم‌کنش تاریخ و تراکم کاشت بوته‌ها قرار گرفت (جدول ۳). برش‌دهی برهم‌کنش‌ها به‌وسیله تراکم بوته نشان داد که در بین تاریخ های کاشت، تراکم بوته منجر به ایجاد اختلاف بسیار معنادار بر این اثر شده است (جدول ۴). مقایسه میانگین های فنل گل‌ها نشان داد که کشت تأخیری در همهٔ تراکم‌ها سبب کاهش محتوای فنل گل‌ها می‌شود (شکل ۸). با این حال، بیشترین مقدار فنل گل‌ها (۵۶/۵ میلی گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) در سرخارگل های کشت شده در اردیبهشت ماه با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد که نشان می‌دهد احتمالاً این تراکم از لحاظ تجمع محتوای فنلی، تراکمی مناسب است. کشت دیر گیاهان تا ۱۸ خرداد با تراکم کم ۷ بوته در مترمربع نیز موجب کاهش محتوای فنل کل گل‌ها به ۳۷/۲ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک شد (شکل ۸).

۳. ۸. فنل کل ساقه

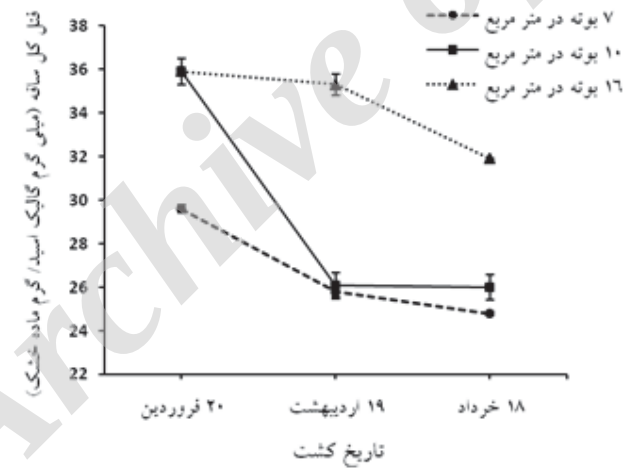
بر اساس نتایج پژوهش حاضر، مقدار فنل کل ساقه ها نیز تحت تأثیر برهم‌کنش معنادار تاریخ کشت و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۳). برش‌دهی برهم‌کنش‌ها به‌وسیلهٔ تراکم بوته نشان داد که در بین تاریخ های کاشت، تراکم بوته منجر به ایجاد اختلاف بسیار معنادار بر این اثر شده است (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین ها نشان داد که همانند محتوای فنل برگ و گل سرخارگل، مقدار فنل ساقه هم، در کشت تأخیری کاهش داشته است (شکل ۹). در بررسی برهم‌کنش‌ها مشاهده شد که با افزایش تراکم کاشت به ۱۰ و ۱۶ بوته در مترمربع، محتوای فنل ساقه در همهٔ تاریخ کاشت‌ها افزایش داشت. بیشترین مقدار فنل کل ساقه، معادل ۳۵/۹ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک بود که در گیاهانی اندازه‌گیری شد که در ۲۰ فروردین ماه و با تراکم زیاد کشت شدند. کمترین محتوای فنل کل ساقه (۲۴/۸ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم ماده خشک) مربوط به کشت دیر سرخارگل‌ها در ۱۸ خرداد و تراکم ۷ بوته در مترمربع بود (شکل ۹). همچنین، در مقایسهٔ مقدار تجمع فنل در بین اجزای مختلف گیاه، بیشترین مقدار فنل کل در گل‌ها و پس از آن در برگ و ساقه با مقادیر کمتر به‌دست آمد (شکل‌های ۷ تا ۹).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۸. برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر فنل کل گل در پایان گل‌دهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD ($p<۰/۰۵$) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۱/۳۱



شکل ۹. برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر فنل کل ساقه در پایان گل‌دهی سرخارگل

مقادیر، میانگین سه تکرار ± SE (خطای استاندارد) است. مقدار LSD ($p<۰/۰۵$) برای برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم بوته: ۱/۲۳

عمل آنتی‌اکسیدانی فنل‌ها عمدتاً به علت ویژگی‌های اکسیداسیون و احیا[1] است که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به‌عنوان عوامل احیاکننده، دهنده‌های هیدروژن، خاموش‌کننده‌های اکسیژن منفرد و کلات کننده‌های فلزات به‌کار روند [۲۰]. ارتباط مستقیم بین محتوای فنل کل

[1].Redox

Archive of SID
www.SID.ir

عصاره سرخارگل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی رادیکال‌های آزاد (حذف رادیکال‌های آزاد ۲و۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل[1] (DPPH)) نشان داد که همهٔ گونه های مورد مطالعه جنس *Echinacea*، فعالیت پاکسازی رادیکال آزاد را ندارند و *E. purpurea* دارای بیشترین تأثیر و کارآیی است [۱۸].

در آزمایش حاضر، افزایش محتوای فنلی شاخساره سرخارگل در تاریخ های کاشت زودهنگام در بهار احتمالاً به‌دلیل خنک‌تر بودن دورهٔ رشد گیاه و افزایش طول دورهٔ رشد رویشی و ایجاد فرصت بیشتر برای تولید این ترکیبات است. گزارش شده است که سرخارگل بومی مناطق معتدل هست، لذا رشد و نمو آن در شرایط نسبتاً خنک محیطی با رطوبت پایین ممکن است برای گسترش ترکیبات فنلی متفاوت به ویژه در گل و برگ سودمند باشد [۲۹]. در تایوان، تأثیر فصل رشد بر مقدار فنل های کل برگ و گل سرخارگل بررسی شد. محتوای فنل برگ و گل سرخارگل‌های رشدیافته در پاییز، بیشتر از گیاهان رشدیافته در بهار بود. گیاهان رشدیافته در بهار، ماده خشک کل بیشتری به علت عملکرد گل و ساقه بیشتر نشان دادند [۸]. از طرفی، افزایش محتوای فنلی شاخساره سرخارگل در تراکم ۱۶ بوته در مترمربع در شرایط این آزمایش می تواند به علت رقابت بیشتر گیاهان برای دسترسی به منابع رشد و محدودیت منابع در تراکم زیاد باشد. تغییرات در ویژگی های فیتوشیمیایی گیاهان دارویی وابسته به مکان های رشد، شرایط اقلیمی، عملیات زراعی، مراحل رویشی و تغییرات ژنتیکی است [۱۴]. در مطالعه‌ای، تفاوت در شیوه‌های استخراج [۲۷]، عملیات زراعی از جمله زمان برداشت، سن گیاه و چگونگی زراعت آن ها [۲۷]، مکان رشد گیاه [۲۷]، تراکم کاشت [۵]، شرایط خشک‌شدن و ذخیرهٔ گیاهان [۱۳] از دلایل تفاوت در غلظت ترکیبات فنلی سرخارگل معرفی شدند [۲۸]. با این‌وجود، پارامترهای محیطی تأثیرگذار بر تجمع فنل ها در سرخارگل هنوز ناشناخته است [۸]. از طرفی در پژوهش های مختلف، محتوای فنلی در گل های سرخارگل بیشتر از برگ و ساقه گزارش شد که نتیجهٔ این آزمایش موافق با نتایج این پژوهش‌ها بود [۱۳، ۲۷ و ۲۹].

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این آزمایش، می توان چنین استنباط کرد که احتمالاً کاشت زودهنگام سرخارگل‌ها در ۲۰ فروردین با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع برای تولید ماده خشک و فنل کل برگ و ساقه و تأخیر در کاشت سرخارگل‌ها تا ۱۹ اردیبهشت و تراکم ۱۰ بوته در مترمربع، برای تولید ماده خشک و محتوای فنلی گل ها در شرایط این آزمایش، مناسب‌تر است. در کل، به نظر می‌رسد که در شرایط ساری، تراکم ۱۰ بوته در مترمربع می تواند از لحاظ تولید و انباشت محتوای فنلی سرخارگل، تراکمی بهنیه درنظر گرفته شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت و مساعدت مالی دانشگاه گیلان و پژوهشکدهٔ ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، برای اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱. آقا علیخانی م.، ایرانپور آ. و نقدی بادی ح.ع. (۱۳۹۲) تغییرات عملکرد زراعی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل (Echinacea purpurea (L.) Moench) تحت تأثیر اوره و کود زیستی. گیاهان دارویی. ۴۶(۲): ۱۳۶-۱۲۱.

1. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

Archive of SID
www.SID.ir

۲. امیدبیگی ر. (۱۳۸۱) بررسی کشت و سازگاری سرخارگل (Echinacea purpurea) در شمال تهران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۲): ۲۳۱-۲۴۰.

۳. رضوی‌نیا س.م.، آقاعلیخانی م. و نقدی بادی ح.ع. (۱۳۹۴) تأثیر کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه سرخارگل (Echinacea purpurea (L.) Moench). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۱(۲): ۳۵۷-۳۷۳.

۴. منافی پ.، زینلی ح.، صادقی شعاع م. و نصری ر. (۱۳۹۲) بررسی اثر مقادیر مصرف نیتروژن و فاصله ردیف‌های کاشت بر خصوصیات مورفولوژیک و ترکیبات دارویی گیاه سرخارگل (Echinacea purpurea). پژوهش‌های به‌زراعی. ۵(۲): ۲۹۹-۳۱۰.

5. Binns S.E., Livesey J.F., Arnason J.T. and Baum B.R. (2002) Phytochemical variation in Echinacea from roots and flowerheads of wild and cultivated populations. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 3673-3687.

6. Bruns H.A. and Abbas H.K. (2005) Ultra-High plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi Valley. Agronomy Journal. 97(4): 1136-1140.

7. Callan N.W., Yokelson T., Wall-MacLane S., Westcott MP., Miller J.B. and Ponder G. (2005) Seasonal trends and plant density effects on cichoric acid in Echinacea purpurea (L.) Moench. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 11(3): 35-46.

8. Chen C.L., Zhang S.C. and Sung J.M. (2008) Biomass and caffeol phenols production of Echinacea purpurea grown in Taiwan. Journal of Experimental Agriculture. 44: 497-507.

9. Duff Sloley B., Urichuk L.J., Tywin C., Coutts R.T.P., Pang K.T. and Shan J.J. (2001) Comparison of chemical components and antioxidant capacity of different Echinacea species. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 53: 849-857.

10. Galambosi B. (1992) Introduction of Echinacea purpurea and Leuzea carthamoides into cultivation in Finland. Acta Horticulture. 208: 69-72.

11. Kocevar Glavac N., Joze Kosir I., Rode J. and Kreft S. (2012) Optimization and use of a spectrophotometric method for determining polysaccharides in Echinacea purpurea. Central European Journal of Biology. 7(1): 126-131.

12. Kreft S. (2005) Cichoric acid content and biomass production of Echinacea purpurea. Plants cultivated in Slovenia. Pharmaceutical Biology. 43: 662–665.

13. Lin S.D., Sung J.M. and Chen C.L. (2011) Effect of drying and storage conditions on caffeic acid derivatives and total phenolics of Echinacea Purpurea grown in Taiwan. Food Chemistry. 125: 226-231.

14. Millauskas G., Venskutonis P.R. and Van Beek T.A. (2004) Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. Food Chemistry. 85: 231–237.

15. Mistrikova I. and Vaverkova S. (2007) Morphology and anatomy of Echinacea purpurea, E. angustifolia, E. pallida and Parthenium integrifoliurm. Biologial Bratislava. 62: 2–5.

16. Mozumber S.N., Moniruzzaman M., Islam M.R. and Alam S.N. (2003) Effect of planting time and spacing on the yield performance of bush bean (Phasaeolus vulgaris L.) in the eastern hilly area of Bangladesh. Legume Research. 26(4): 242-247.

Archive of SID
www.SID.ir

17. Murch S.J., Peiris S.E. and Shi W.L. (2006) Genetic diversity in seed populations of Echinacea purpurea controls the capacity for regeneration, route of morphogenesis and phytochemical composition. Plant Cell Reports. 25: 522–532.

18. Pellati F., Benvenuti S., Magro L., Melegari M. and Soragni F. (2004) Analysis of phenolic compounds and radical scavengin activity of Echinacea spp. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 35: 289-301.

19. Ramesh K. and Singh V. (2008) Effect of planting date on growth, development, aerial biomass partitioning and essential oil productivity of wild marigold (Tagetes minuta) in mid hills of Indian western Himalaya. Industrial Crops and Products. 27: 380-384.

20. Rice-Evans C.A., Miller N.J. and Paganga G. (1997) Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Science. 4: 304–309.

21. Runhle E.S., Heins R.D., Cameron A.C. and Carlson W.H. (2001) Photocontrol of flowering and stem extension of the intermediate-day plant Echinacea purpurea. Physiologia Plantarum. 112: 433–441.

22. SAS Institute (2002) SAS/STAT user's Guide, Release G. 12. SAS Institute Cary. North Carolina. USA.

23. Shalaby A.S. and Razin M.A. (1999) Effect of plant spacing on the productivity of Roselle (Hibiscus sabdariffa) grown in newly reclaimed land. Journal of Agronomy and Crop Science. 162: 256-260.

24. Shalaby A.S., El-Gamassy A., Khattab M. and El-Gamassy K. (1992) Cultivation of Melissa officinalis in Egypt. Effect of fertilization, spacing, and planting season. Acta Horticulture. 331: 115-120.

25. Shalaby A.S., El-Gengaihi S.E., Agina E.A., El-khayat A.S. and Hendawy S.F. (1997) Growth and yield of Echinacea purpurea L. as influenced by planting density and fertilization. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 5(1): 69-76.

26. Singleton V.L., Orthofer R. and Lamuela-Raventós R.S. (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteau reagent. Methods in Enzymology. 299: 152-178.

27. Stuart D.L. and Wills R.B.H. (2000) Alkylamide and cichoric acid levels in Echinacea purpurea tissues during plant growth. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7: 91–102.

28. Thomsen M.O., Frette X.C., Christensen K.B., Christensen L.P. and Grevsen K. (2012) Seasonal variations in the concentrations of lipophilic compounds and phenolic acids in the roots of Echinacea purpurea and Echinacea pallid. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 12131-12141.

29. Thygesen L., Thulinn J., Mortensen A., Skibsted L.H. and Molgaard P. (2007) Antioxidant activity of cichoric acid and alkamides from Echinacea purpurea, alone and in combination. Food Chemistry. 101: 74-81.

30. Verma R.K., Chauhan A., Verma R.S. and Gupta A.K. (2011) Influence of planting date on growth, artemisinin yield, seed and oil yield of Artemisia annua L. under temperate climatic conditions. Industrial Crops and Products. 34: 860-864.

Archive of SID
www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 19 ■ No. 4 ■ Winter 2017

Effect of transplanting date and plant density on dry matter and total phenol in shoot of purple coneflower (*Echinaceae purpurea* (L.) Moench) in Sari

Samaneh Asadi-Sanam[1], Mohsen Zavareh[2], Hemmatollah Pirdashti[3], Fatemeh Sefidkon[4], Ghorban-Ali Nematzadeh[5]*

1. Assistant Professor, Medicinal Plants and By-Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4. Professor, Medicinal Plants and By-Products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran
5. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: May 3, 2016 **Accepted: October 15, 2016**

Abstract

Purple coneflower as top-selling medicinal plant is widely used in Europe and North America for the treatment of common cold. This experiment was conducted as a randomized complete block design in split plot arrangement with three replications in Research Farm of Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan in 2012-13. Experimental treatments included three transplanting dates (April 9, May 9 and June 8, 2013), and three plant population densities (7, 10 and 16 plant/m^2) which considered as main and subplots, respectively. Results showed a relative compensatory effect of higher population density until 10 plants/m^2, however, delayed planting resulted to decrease in total shoot, leaf (L) and stem (S) dry weights. It represents that the highest flower (F) dry weight (27.1 g/plant) was related to planting on May 9 with 10 plant/m^2 density. Ratio of L/shoot was greater than S/Shoot than F/shoot dry weight. The highest (L+F)/Shoot ratio was related to the April and May planting dates while the highest S/Shoot ratio was related June's planting date. Maximum total phenol content of leaves (51.1 mg of GAE/ g dry matter) and stems (35.9 mg of GAE/ g dry matter) were measured in plants cultivated on April 9 with a density of 10 plant/m^2. The highest total phenolic content of flowers (56.5 mg of GAE/ g dry matter) was determined in plants cultivated on May 9 with a density of 10 plant/m^2. Total phenol of flowers was greater in leaves than stems. Overall, it could be concluded that early planting of purple coneflower on April 9 with 10 plant/m^2 density was suitable for leaf and stem dry weight and total phenol production, while the delayed planting until May 9 with a population density of 10 plant/m^2 was favorite for flower as production of dry weight and total phenol, according to the experiment conditions.

Keywords: flowering, gallic acid, phenol content, planting date, stem.

Corresponding Author: m_zavareh@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir