نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۹۹-۸۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 86-99

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، صفات کمی و کیفی دو رقم همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط اراک

علی سپهری[1*]- تهمینه مهران راد[2]- افشین کرمی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۳

چکیده

به منظور تعیین تاریخ کاشت و تراکم مناسب گیاه همیشه بهار، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در ۳ تکرار، در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی اراک اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل دو تاریخ کاشت (دوم و دوازدهم اردیبهشت)، چهار تراکم بوته (۲۶، ۳۲، ۴۱ و ۵۷ بوته در متر مربع) و دو رقم (کم پر و پرپر) بودند. براساس نتایج آزمایش تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، ارتفاع بوته، تعداد گل، وزن هزار دانه، کلروفیل، درصد روغن و اسانس گیاه همیشه بهار داشت. تأخیر در کشت و کاهش تراکم بوته موجب کاهش شاخص سطح برگ و وزن خشک کل گردید. همچنین رقم پرپر نسبت به رقم کم پر از شاخص‌های رشدی بالاتری برخوردار بود. کشت زودتر، تراکم بالاتر و استفاده از رقم پُرپر موجب بهبود صفات مورد بررسی گردید. تراکم ۵۷ بوته در متر مربع در تاریخ کاشت اول و دوم به‌ترتیب ارتفاع بوته را ۲۵/۱ و ۳۴/۴ درصد نسبت به تراکم ۲۶ بوته افزایش داد. همچنین تأخیر در کشت موجب کاهش صفات مورد بررسی شد. در همین رابطه تاریخ کشت دوم نسبت به تاریخ کشت اول شاخص کلروفیل را در تراکم ۵۷ بوته ۱۸/۴ درصد کاهش داد. رقم پرپر در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته درصد اسانس را به‌ترتیب ۹/۸، ۸/۶، ۵/۳ و ۹/۱ درصد نسبت به رقم کم پر افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اسانس روغنی، تعداد گل، شاخص رشد، کلروفیل

مقدمه

امروزه به دلیل مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، رویکرد عمومی به مصرف داروهای گیاهی در حال افزایش است. گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام سنتی کشاورزی ایران بوده و استفاده از این گیاهان به‌عنوان دارو برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها از روزگاران کهن مورد توجه متخصصان طب سنتی قرار داشته است. گیاهان دارویی با منابع غنی از متابولیت‌های ثانوی، مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها را تأمین می‌کنند. همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) گیاهی یکساله و به‌ندرت دوساله با گل‌های مروارید مانند روشن، زرد یا نارنجی و دارای دو نوع کم پر و پرپر می‌باشد که برای اهداف دارویی و یا غذایی استفاده می‌شود (۴۳). گیاه همیشه بهار حاوی ۵ تا۲۰ درصد روغن است که از این مقدار حدود ۶۰ درصد اسید کالندیک است که در تسکین درد مؤثر است (۲۲). از گل این گیاه به‌عنوان طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده غذاهای مختلف استفاده می‌شود. علاوه بر این دارای مواد مؤثره و ترکیباتی است که در صنایع داروسازی به منظور تهیه کرم‌ها و لوسیون‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود (۱۵). رشد، نمو و تولید محصول گیاهان دارویی به مانند سایر گیاهان متأثر از عوامل ژنتیکی و زراعی می‌باشد. انتخاب مناسب‌ترین تاریخ کاشت و مطلوب‌ترین تراکم بوته از عوامل مهم موفقیت در زراعت هر گیاهی به‌شمار می‌رود (۴). حصول به حداکثر عملکرد یک رقم مستلزم عدم برخورد مراحل حساس نمو گیاه به عوامل نامساعد و بهره‌گیری کامل از شرایط مطلوب محیطی است. از آنجا که طول مراحل مختلف نموی تابعی از دو عامل اصلی حرارت و طول روز است می‌توان با تغییر تاریخ کاشت، مراحل مختلف نمو گیاه را با وضعیت حرارت و طول روز موجود طی فصل رشد انطباق داد و میزان رشد رویشی و زایشی مطلوبی را به‌دست آورد. از این رو اطلاع کامل و صحیح از خصوصیات رشد و نمو و نیازهای اکولوژیکی

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان
۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sepehri110@yahoo.com)

محصول مورد کاشت و عوامل محیطی لازم است تا بتوان تاریخ کاشت مناسبی را انتخاب نمود (۸). تأثیر تاریخ‌های کاشت مختلف روی عملکرد گل و اجزای آن در گیاه همیشه بهار در منطقه اردبیل نشان داد که بین تاریخ کاشت‌های مورد نظر از لحاظ صفات درصد سبز، ارتفاع گیاه، سطح سایه‌اندازی، تعداد گل و وزن گل اختلاف معنی‌داری وجود داشت (۱۹). از طرف دیگر استقرار تراکم مطلوب بوته‌های سالم در سطح مزرعه پایه و اساس یک سیستم موفق زراعی محسوب می‌شود. در تراکم کمتر از حد مطلوب استفاده از عوامل محیطی موجود مانند نور، رطوبت و مواد غذایی حداکثر نبوده و در تراکم بالاتر از حد بهینه نیز وجود رقابت شدید از عملکرد نهایی محصول خواهد کاست (۴). با کاهش ردیف‌های کاشت، تاج پوشش زودتر بسته شده و مزرعه زودتر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب کامل تابش خورشیدی می‌رسد و متعاقب آن مقدار بیشتری مواد فتوسنتزی برای رشد و عملکرد حاصل می‌گردد (۲). مطالعات انجام شده در خصوص تأثیر تراکم بر عملکرد ماده خشک حاکی از آن است که عملکرد ماده خشک با افزایش تراکم تا رسیدن به یک سطح ثابت بدون تغییر افزایش می‌یابد و در تراکم‌های زیاد تا زمانی‌که رطوبت و مواد غذایی عامل محدودکننده نیست عملکرد بذر افزایش می‌یابد (۲۷). با توجه به اهمیت گیاه دارویی همیشه بهار و نظر به اینکه تعیین تاریخ کاشت و تراکم مناسب بوته از عوامل زراعی مهم در موفقیت گیاهان هستند، بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی واکنش دو رقم پرپر و کم پر همیشه بهار نسبت به تاریخ کاشت و تراکم بوته در طی دوران رشد از طریق تجزیه و تحلیل رشد و مطالعه صفات کمی و کیفی گیاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد و صفات کمی و کیفی دو رقم همیشه بهار آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی اراک (واقع در ۳۴ درجه و پنج دقیقه عرض شمالی و ۲۹ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۷۵۷ متر از سطح دریا) و در یک خاک سیلتی لومی با pH ۷/۵ و دارای ۱/۱ درصد ماده آلی و هدایت الکتریکی ۰/۹ دسی زیمنس اجرا گردید. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو تاریخ کشت ۲ اردیبهشت و ۱۲ اردیبهشت بودند که در کرت‌های اصلی قرار داده شدند و در کرت‌های فرعی دو رقم همیشه بهار (کم پر و پُرپر) در چهار تراکم (۲۶، ۳۲، ۴۱ و ۵۷ بوته در متر مربع) در نظر گرفته شد. براساس آزمون خاک کودهای مورد نیاز (۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم اوره) به خاک اضافه شد. یک سوم کود اوره در زمان آماده‌سازی زمین و بقیه در دو نوبت به‌صورت سرک در اواسط رشد و قبل از گلدهی مصرف شد. بعد از اجرای مراحل آماده‌سازی زمین، جوی و پشته‌هایی به فواصل ۳۵ سانتی‌متر با استفاده از فاروئر ایجاد گردید. سپس بذور در فواصل تعیین شده مطابق تراکم مورد نیاز (۵، ۷، ۹ و ۱۱ سانتی‌متر) بر روی پشته‌ها کشت شدند. آبیاری به‌صورت جویچه‌ای و هر هفت روز یکبار انجام شد. در این آزمایش هر کرت شامل ۸ خط کاشت بود که خطوط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند، از دو خط برای نمونه‌برداری در طی فصل و از خطوط میانی برای برداشت نهایی استفاده گردید. اولین نمونه‌برداری یک ماه بعد از تاریخ کاشت انجام شد و در هر بار نمونه‌برداری ۵ بوته از خطوط منتخب به‌صورت کف بر برداشت گردید. فاصله زمانی بین هر نمونه‌برداری ۱۰ روز بود. برای تعیین روند رشد و تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد در هر بار نمونه‌برداری سطح برگ، وزن خشک، برگ، ساقه و گل به‌طور جداگانه تعیین گردید. برداشت نهایی به منظور عملکرد دانه در زمان مناسب انجام و درصد روغن دانه به‌وسیله دستگاه سوکسله برای هر تیمار اندازه‌گیری شد (۲۶ و ۳۶). محتوی استخراج اسانس گل‌های همیشه بهار با استفاده از دستگاه کلونجر انجام گردید (۱). برای تعیین بهترین رابطه موجود بین ماده خشک و روزهای بعد از کاشت از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.1) استفاده شد. از میان معادلات مورد بررسی مناسب‌ترین رابطه‌ای که توانست وزن خشک گیاه در تیمارهای مختلف در طول فصل رشد را توضیح دهد (معادله ۱) براساس بهترین ضریب تبیین (R^2) عبارت بودند از:

$$DM= Exp (a + bT + cT^2) \quad (۱)$$

تغییرات وزن خشک کل گیاه و شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ از معادلات نمایی پیروی می‌نمایند (۲۳)، همچنین به منظور تعیین روند شاخص سطح برگ گیاه از معادله (۲) استفاده گردید:

$$LAI= Exp (a' + b'T + c'T^2) \quad (۲)$$

در این روابط a، b، c، a'، b'، c' ضرایب معادلات رگرسیونی، T زمان برحسب روز و Exp لگاریتم در پایه طبیعی می‌باشد. دمای حداکثر و حداقل روزانه برای تعیین شاخص حرارتی توسط ترموگراف ثبت و با استفاده از معادله (۳) اندازه‌گیری شد (۲۳).

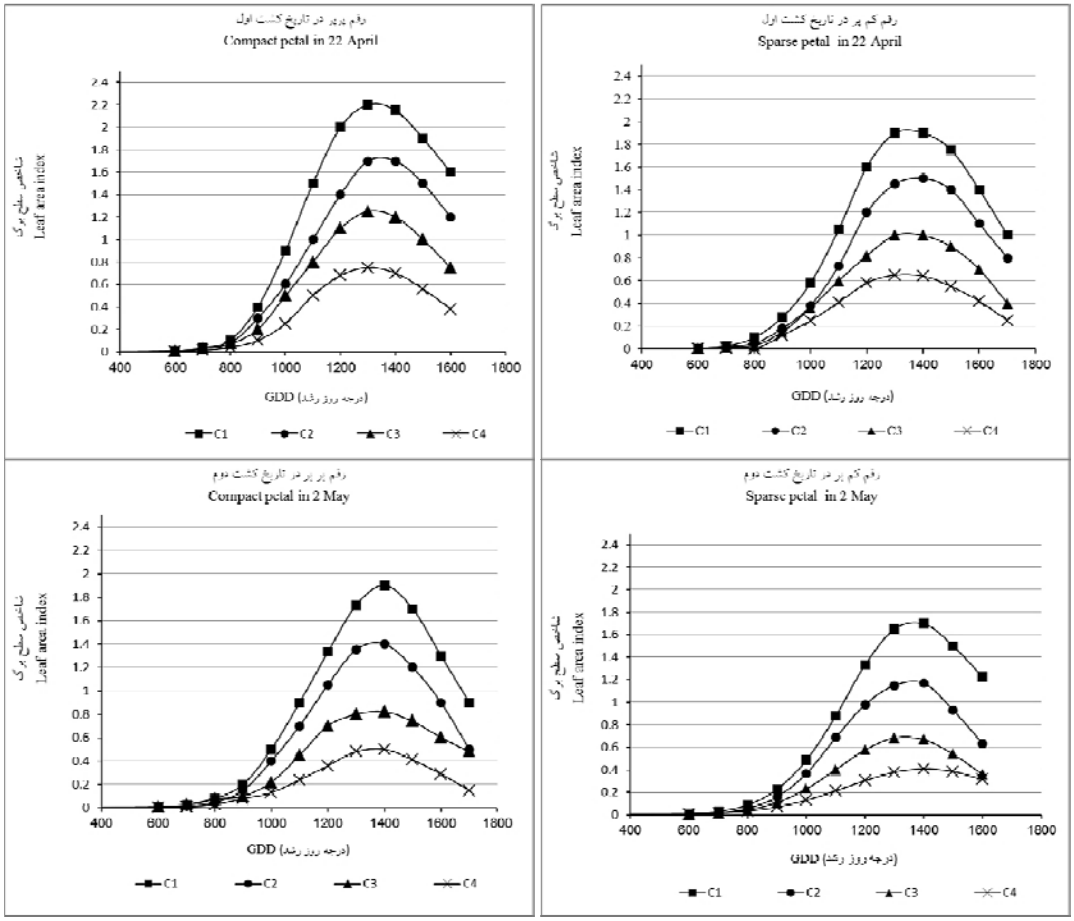
$$GDD = \sum_1^n (\frac{T\max + T\min}{2} - Tb) \quad (۳)$$

GDD= درجه روز رشد، T_{max} حداکثر درجه روزانه هوا با حد بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، T_{min} حداقل دمای روزانه با حد پایینی ۵ درجه سانتی‌گراد، T_b= دمای پایه برابر ۶ درجه سانتی‌گراد، داده‌های حاصل از آزمایش به‌وسیله نرم افزار SAS (Ver. 9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در آزمایش با آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

شکل ۱ روند تغییرات شاخص سطح برگ را تحت تأثیر تراکم و تاریخ کاشت در دو رقم مورد بررسی نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در تمامی تیمارها حدود ۶۰۰ درجه روز رشد روند افزایشی شاخص سطح برگ به دلیل افزایش سریع در تعداد و سطح برگ‌ها آغاز گردید و این روند افزایشی در حدود ۱۳۵۰ درجه روز رشد بعد از کاشت به حداکثر خود رسید که با بسته شدن کانوپی و حداکثر تجمع ماده خشک در تیمارها مصادف بود. با توجه به شکل ۱ روند افزایشی سطح برگ در تراکم‌های بالا نسبت به تراکم‌های پایین از سرعت بیشتری برخوردار است. به‌طوری‌که در هر دو تاریخ کاشت مورد بررسی تراکم‌های بالاتر شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین‌تر داشت. تراکم‌های بیشتر که از LAI بالاتری برخوردار بودند در هنگام کاهش LAI شیب بیشتری داشتند. بررسی روند تغییرات LAI در طول فصل رشد نشان داد که شاخص سطح برگ از تقریباً ۱۴۰۰ درجه روز رشد روند نزولی پیدا کرده است. بین شاخص سطح برگ دو رقم مورد بررسی تفاوتی وجود داشت بدین ترتیب که رقم پرپر از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود. این امر منجر به عملکرد بالاتر در رقم پرپر گردید. بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ نشان می‌دهد مقدار شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت اول بیشتر از تاریخ کاشت دوم است. به‌طوری‌که میزان LAI در رقم کم پر و پرپر، تراکم ۵۷ بوته در متر مربع به‌ترتیب حدود ۱/۹ و ۲/۲ بوده که در تاریخ کاشت دوم به حدود ۱/۷ و ۱/۹ تنزل یافته است. این کاهش در سایر تراکم‌ها نیز دیده می‌شود. در دو تاریخ کاشت مورد بررسی تراکم‌های بالاتر شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین‌تر نشان دادند. درایکوت و وب (۹) گزارش کردند که افزایش تراکم در حد مطلوب، سبب رشد سریع تر برگ و پوشش کامل‌تر زمین می‌شود. بنابراین افزایش تراکم تا حد معینی باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام پرپر و کم پر همیشه بهار در تاریخ کشت اول (۲ اردیبهشت) و تاریخ کشت دوم (۱۲ اردیبهشت) در تراکم‌های ۵۷ بوته در مترمربع (C1)، ٤١ بوته در مترمربع (C2)، ۳۲ بوته در مترمربع (C3) و ٢٦ بوته در مترمربع (C4)

Figure 1- The trend of leaf area index changes in sparse and compact petal marigold at first planting date (22 April) and second planting date (2 May) in 57 (C1), 41 (C2), 32 (C3) and 26 (C4) plant densities in square meter

در تراکم بالا گیاه سریع‌تر به شاخص سطح برگ مطلوب می‌رسد و مواد فتوسنتزی را سریع‌تر در اختیار اندام زایشی قرار می‌دهد و در نتیجه سریع‌تر پیر می‌گردند به عبارت دیگر دوام سطح برگ در تراکم بالا کمتر از تراکم‌های پایین است (۲۸). براساس گزارش کریمی و صدیق (۲۴) گزارش نمودند که افزایش تراکم گیاه در حد مطلوب سبب می‌گردد که شاخص سطح برگ در تراکم‌های بالا سریع‌تر از تراکم‌های پایین به حداکثر مقدار خود برسد. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (۲۹ و ۴۰). رقم پرپر از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار می‌باشند. کلاوسون و همکاران (۶) در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که افزایش سطح برگ باعث افزایش سرعت فتوسنتز می‌شود که این امر روی دیگر کمیت‌های تجزیه و تحلیل رشد از جمله عملکرد اثر می‌گذارد. علت افزایش سریع و مناسب‌تر شاخص سطح برگ تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم را می‌توان به وجود دمای مساعدتر برای رشد برگ‌ها و بهره‌برداری بهتر از پتانسیل محیط نسبت داد. تأخیر در تاریخ کاشت سبب می‌شود گیاه نتواند از پتانسیل محیط به خوبی استفاده نماید و سطح برگ کافی جهت دریافت تشعشع تولید کند. این امر موجب می‌گردد در اثر تأخیر در کاشت سطح برگ کمتری و به دنبال آن ماده خشک کمتری تولید شود. نتایج این آزمایش با تحقیقات سایر محققین مطابقت دارد (۲۱).

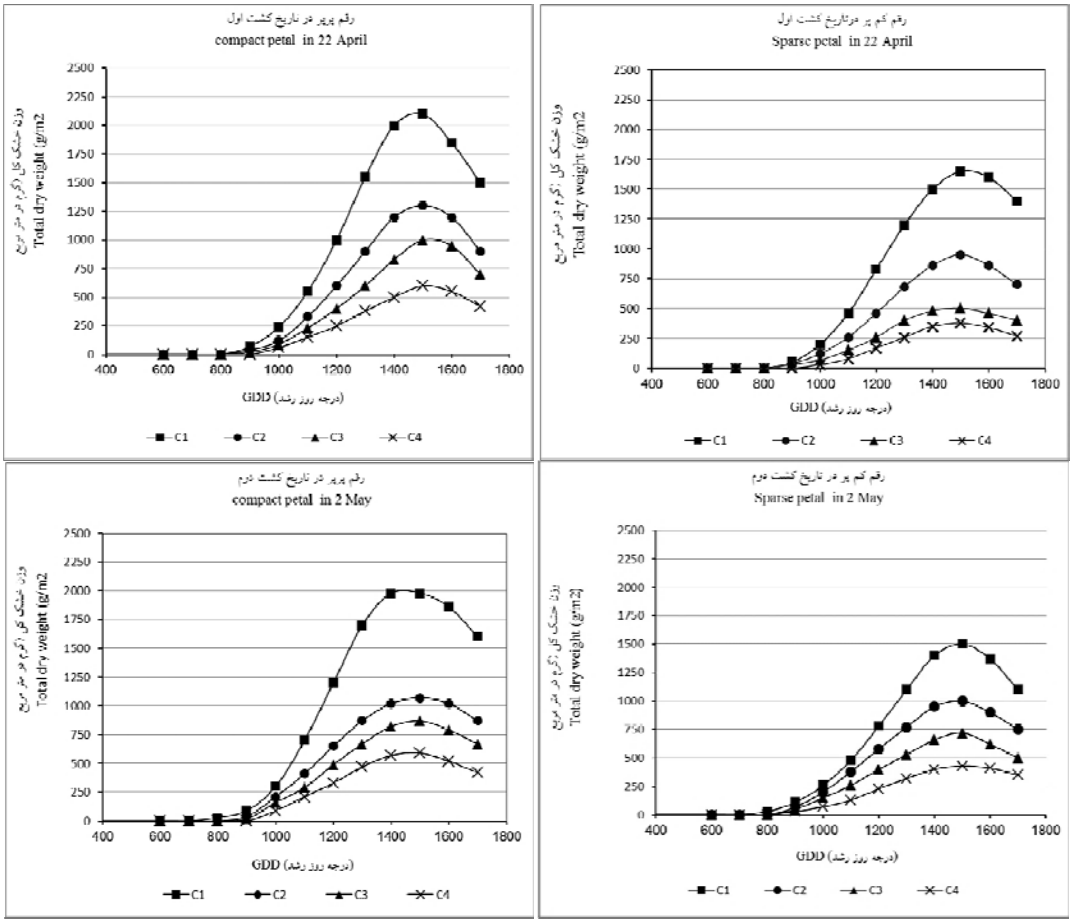
ماده خشک کل (TDW)

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش تراکم بوته در واحد سطح میزان ماده خشک کل نیز افزایش پیدا می‌کند به‌طوری‌که در تمامی تیمارها حداکثر ماده خشک کل در تراکم ۵۷ بوته در متر مربع و کمترین آن به تراکم ۲۶ بوته در متر مربع تعلق دارد. از عوامل مؤثر دیگر در میزان TDW می‌توان به عامل رقم اشاره کرد. با توجه به نتایج حاصل دیده می‌شود که رقم پرپر در مقایسه با رقم کم‌پر از TDW بالاتری برخوردار است. تأخیر در تاریخ کاشت سبب کاهش ماده خشک کل گردید. افزایش ماده خشک کل در تراکم بیشتر را می‌توان به استفاده بهتر از عوامل محیطی در این شرایط نسبت داد. به اظهار بولاک و همکاران (۵) با ازدیاد تراکم به دلیل استفاده بهتر از منابع، مقدار تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد. این روند در سایر گیاهان دارویی از جمله ماری تیغال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) نیز مشاهده شده است (۱۲ و ۳۳). براساس نتایج سایر محققین در اثر کاهش فاصله بین ردیف توزیع و نفوذ نور، میزان تهویه بین بوته‌ها، میزان تبخیر و تعرق، حرارت گیاه و خاک، توزیع مواد غذایی و رطوبت خاک دچار تغییر شده و روی عملکرد تأثیر می‌گذارد و با ایجاد تراکم مطلوب، عملکرد مناسب حاصل می‌گردد (۱۲). تأخیر در تاریخ کاشت سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری در تجمع ماده خشک شده است. این نتایج با مطالعات سایر محققین که روی گیاهان دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.)، رازیانه، چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) و گل راعی (*Hypericum perforatum* L.) مطابقت دارد (۱۳، ۱۶، ۱۷ و ۲۵). تاریخ کاشت دیر هنگام در قیاس با تاریخ کاشت به موقع باعث کاهش تجمع ماده خشک و بالطبع سبب کاهش محصول می‌گردد در کشت تأخیری، گیاه فرصت کافی جهت استفاده از امکانات محیط را ندارد و قادر نخواهد بود عملکردی در حد مطلوب تولید نماید (۱۱). ویدن (۴۵) نیز اظهار داشت که عملکرد ماده خشک مستقیماً با مقدار اشعه جذب شده به‌وسیله برگ‌های گیاه در مدت زمان کاشت تا برداشت ارتباط دارد و تأخیر در تاریخ کاشت تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد.

ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش علاوه بر اثرات اصلی تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم، بر همکنش دوگانه تیمارهای آزمایش بر صفت ارتفاع بوته همیشه بهار معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته بالاترین ارتفاع بوته در تاریخ کشت اول (۲ اردیبهشت) و در تراکم ۵۷ بوته حاصل گردید (جدول ۳). شایان ذکر است که در هر دو تاریخ کاشت افزایش تراکم بوته موجب افزایش ارتفاع همیشه بهار گردید. به‌طوری‌که تراکم ۵۷ بوته در متر مربع در تاریخ کاشت اول و دوم به‌ترتیب ارتفاع بوته را ۲۵/۱ و ۳۴/۴ درصد نسبت به تراکم ۲۶ بوته افزایش داد (جدول ۳). در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم پرپر نسبت به رقم کم پر از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود (جدول ۳). قابل ذکر است که رقم پرپر در تمامی تراکم‌های آزمایش نیز از ارتفاع بوته بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود (جدول ۴). رقم مذکور در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته ارتفاع را به‌ترتیب ۴/۱، ۳/۶، ۵/۵ و ۶/۴ درصد نسبت به رقم کم پر در همان تراکم‌ها افزایش داد (جدول ۴).

نتایج حاکی از آن است که تأخیر در کشت موجب کاهش ارتفاع بوته همیشه بهار گردید. کوتاه شدن دوره رشد و کاهش فتوسنتز خالص در تیمار تاریخ کاشت دوم (۱۲ اردیبهشت) را می‌توان علت این موضوع دانست (۱۱). رضوانی مقدم و احمدزاده مطلق (۳۸) نیز گزارش نمودند که با افزایش تراکم گیاهی ارتفاع سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) افزایش یافت. همچین با افزایش تراکم بوته در متر مربع مشاهده شد که ارتفاع گیاه افزایش یافت. کاهش تراکم گیاهی سبب شده است که نور زیادتری به داخل گیاه نفوذ کند و از این رو رقابت بین بوته‌ها برای جذب نور کمتر شده و ارتفاع گیاهان کاهش یافته است.



شکل ۲- روند تغییرات وزن خشک کل ارقام پرپر و کم پر همیشه بهار در تاریخ کشت اول (۲ اردیبهشت) و تاریخ کشت دوم (۱۲ اردیبهشت) در تراکم‌های ۵۷ بوته (C1)، ٤١ بوته (C2)، ۳۲ بوته (C3) و ٢٦ بوته (C4) در مترمربع

Figure 2- The trend of total dry weight changes of sparse and compact petal marigold in first planting date (22 April) and second planting date (2 May) in 57 (C1), 41 (C2), 32 (C3) and 26 (C4) plant densities in square meter

سرمدنیا و کوچکی (۴۱) معتقدند که در هنگام رقابت برای نور ارتفاع گیاهان ممکن است به دلیل اثر اتیوله کنندگی سایه شدید افزایش یابد. رسام و همکاران (۳۷) نیز گزارش نمودند که افزایش تراکم بوته انیسون (*Pimpinella anisum* L.) موجب افزایش ارتفاع بوته گردید.

تعداد گل در بوته

نتایج آزمایش حاکی از آن است که بر همکنش دوگانه تیمارهای آزمایش بر تعداد گل در بوته همیشه بهار معنی‌دار گردید ولی بر همکنش سه‌گانه تیمارها بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). براساس برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته بالاترین تعداد گل در تاریخ کاشت اول (۲ اردیبهشت) و در تراکم ۲۶ بوته در متر مربع حاصل گردید (جدول ۳) و افزایش تراکم در هریک از تاریخ‌های کاشت موجب کاهش تعداد گل در بوته همیشه بهار گردید. به‌طوری‌که تاریخ کشت ۲ اردیبهشت تیمار ۵۷ بوته و ۴۱ بوته در متر مربع نسبت به تراکم ۲۶ بوته تعداد گل را به‌ترتیب ۳۰/۳ و ۲۵/۴ درصد کاهش داد (جدول ۳). رقم پرپر نیز در هر دو تاریخ کاشت از تعداد گل بیشتری نسبت به رقم کم پر داشت (جدول ۳). رقم پر پر در تراکم‌های مختلف نیز از تعداد گل بیشتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود (جدول ۴). در چنین شرایطی رقم پرپر نسبت به رقم کم پر در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته در مترمربع تعداد گل را به‌ترتیب ۵/۵، ۹/۸، ۷/۵ و ۹/۷ درصد نسبت به رقم کم پر و در همان تراکم‌های کاشت بهبود داد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد تأخیر در کشت از طریق کوتاه کردن فصل رشد و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه و مصادف شدن دوره گلدهی با دماهای بالا باعث شد تا تعداد گل در واحد سطح کاهش یابد (۱۱). در حالی‌که در تاریخ کاشت اول تولید و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام‌های زایشی، شرایط مناسبی را برای افزایش تعداد واحد زایشی فراهم نموده است (۱۴). در گیاه

انیسون نیز کاهش تعداد واحد زایشی را بر اثر تأخیر کاشت گزارش گردیده است (۳۷). با توجه به اینکه همیشه بهار گیاهی رشد نامحدود است، تنظیم تراکم مناسب مخصوصاً در طی دوره رشد زایشی از اهمیت زیادی برخوردار است (۴۲). از طرف دیگر افزایش تراکم باعث می‌شود گیاه منابع (فضا، آب و نیتروژن) کمتری جهت افزایش بیش از حد رشد در اختیار داشته و در نتیجه توازن مناسب میان رشد رویشی و زایشی برقرار نشده و نهایتاً از تعداد گل کمتری در تراکم‌های بالا برخوردار باشد (۳۱). در همین رابطه مارتین و دئو (۳۲) اظهار داشتند که با افزایش تراکم بر اثر تشدید رقابت تعداد گل در بوته کاهش می‌یابد که نتیجه تحقیق حاضر با آن مطابقت دارد. قابل ذکر است که رقم پرپر پتانسیل بالاتری در تولید گل داشت.

وزن هزار دانه

همان‌گونه که در جدول شماره ۱ ملاحظه می‌شود تاریخ کاشت، تراکم، رقم و همچنین اثر متقابل تراکم × رقم، تاریخ کاشت × رقم و بر همکنش تاریخ کاشت × تراکم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر وزن هزار دانه به‌وجود آورده است. اما اثرات متقابل تاریخ کاشت × تراکم × رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. براساس جدول ۲ با افزایش تراکم و تاریخ کشت زودتر وزن هزار دانه همیشه بهار افزایش یافت. دیگر محققین نیز افزایش وزن هزار دانه را در راستای افزایش تراکم در حد مطلوب تأیید نموده‌اند (۴۰ و ۴۴). با توجه به بر همکنش تاریخ کاشت در تراکم بوته مشاهده می‌گردد که بالاترین وزن هزار دانه همیشه بهار در تراکم ۵۷ بوته و در تاریخ کشت ۲ اردیبهشت و کمترین وزن هزار دانه در تراکم ۲۶ بوته در متر مربع و در تاریخ کشت ۱۲ اردیبهشت حاصل گردید (جدول ۳). بررسی اثر متقابل تراکم و رقم بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اول و قم پرپر و کمترین وزن هزار دانه در تیمار تاریخ کاشت دوم و رقم کم پر حاصل گردید (جدول ۴). شایان ذکر است که رقم پرپر در اکثر تراکم‌های گیاهی مورد بررسی از وزن هزار دانه بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). که این تفاوت به پتانسیل رقم پرپر در تولید دانه با وزن بیشتر مربوط می‌باشد. وزن نهایی دانه تا حدود زیادی بین ژنوتیپ‌ها متغیر است (۳). براساس نتایج به‌دست آمده تأخیر در کاشت، کاهش تراکم بوته در متر مربع و استفاده از رقم کم پر موجب کاهش وزن هزار دانه همیشه بهار گردیده است. از آنجا که تاریخ کاشت بر طول دوره‌های رویشی و زایشی گیاه اثر می‌گذارد و همچنین طول دوره گلدهی و پر شدن دانه ارتباط مثبت بالایی با عملکرد دانه دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که با توجه به کاهش فاصله سبز شدن گیاه تا گلدهی و همچنین گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی در کشت‌های دیرتر، گیاه قبل از رسیدن به شاخص سطح برگ مناسب وارد فاز زایشی گردیده و کاهش دریافت انرژی نورانی توسط برگ‌ها باعث کاهش عملکرد در تاریخ‌های کاشت دیرتر گردیده است (۲۰). تأخیر در تاریخ کاشت بر روی وزن هزار دانه گیاهان دارویی دیگر از جمله زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و گیاهان زراعی از قبیل گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز مؤثر بوده است (۷ و ۴۴).

شاخص کلروفیل

براساس نتایج آزمایش علاوه بر اثرات ساده تیمارهای آزمایش، اثر متقابل دوگانه تیمارهای آزمایش بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در این بین بالاترین شاخص کلروفیل در تاریخ کاشت ۲ اردیبهشت و در تراکم ۵۷ بوته در متر مشاهده گردید و این شاخص با تأخیر در کاشت کاهش یافت (جدول ۳). تاریخ کشت دوم (۱۰ روز تأخیر) نسبت به تاریخ کشت اول شاخص کلروفیل را در تراکم ۵۷ بوته ۱۸/۴ درصد کاهش داد (جدول ۳). در بین رقم‌های مورد بررسی نیز بیشترین کلروفیل در رقم پرپر محاسبه گردید و چنین روندی در هر دو تاریخ کاشت مشاهده شد (جدول ۳). رقم پرپر در تراکم‌های مختلف نیز از شاخص کلروفیل بهتری برخوردار بود. به‌طوری‌که این رقم در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته شاخص کلروفیل را به‌ترتیب ۲/۲۴، ۴/۹، ۵/۵۸ و ۸/۹۵ درصد نسبت به رقم کم پر افزایش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش تراکم در هر دو رقم مورد بررسی موجب افزایش شاخص کلروفیل شده است (جدول ۴). داتا و لاهیری (۱۰) نیز طی یک مطالعه بر گیاه عدس (*Lens culinaris* L.) اظهار داشتند، که با افزایش تراکم، میزان کلروفیل تا یک حد اپتیمم با افزایش مواجه می‌شود. مجنون حسینی و همکاران (۳۰) نیز اذعان داشتند که افزایش تراکم بوته موجب افزایش شاخص کلروفیل نخود (*Cicer arietinum* L.) گردید. به‌نظر می‌رسد بالاتر بودن درصد کلروفیل در تاریخ کاشت زودتر می‌تواند به دلیل طولانی‌تر بودن فصل رشد و استفاده از شرایط اقلیمی مناسب اوایل بهار باشد.

درصد روغن

تاریخ کاشت، تراکم و رقم همچنین برهمکنش دوگانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر درصد روغن دانه همیشه بهار اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۱). تأخیر در کاشت، کاهش تراکم بوته در واحد سطح و کشت رقم کم پر سبب کاهش درصد روغن گردید (جدول ۲). بررسی برهمکنش تاریخ کاشت × تاریخ کاشت نشان می‌دهد که تأخیر در کشت موجب کاهش درصد روغن گردید به‌طوری‌که تاریخ کشت دوم در تراکم ۵۷ بوته در متر مربع ۱۳/۷ درصد روغن را نسبت به همان تراکم اما در تاریخ کشت اول کاهش داد (جدول ۳). قابل ذکر است که رقم پرپر در هر دو تاریخ کاشت و در تمامی تراکم‌ها درصد روغن بالاتری نسبت به رقم کم پر

داشت (جدول ۳ و جدول ۴). رقم پرپر در تـراکم‌هـای ۵۷ بوتـه و ۲۶ بوته درصد روغن را به‌ترتیب ۳/۳ و ۱/۳ درصد نسبت به رقم کـم پـر افزایش داد (جدول ۴). براساس نتایج برهمکنش سه‌گانه تاریخ کاشت × تراکم بوته × رقم ملاحظه می‌گردد که بـالاترین درصـد روغـن در رقم پرپر، در تاریخ کاشت ۲ اردیبهشت و بـا تـراکم ۵۷ بوتـه در متـر مربع حاصل گردید (شکل ۱). گزارش‌هـای متعـددی حـاکی از تـأثیر تراکم بوته بر میزان مواد مؤثره گیاهان دارویـی مـی‌باشـد (۳۶ و ۳۹). تراکم بوته از جمله فاکتورهای مهم زراعی است به‌طوری‌که اگر تراکم مطلوب باشد کاهش رقابت بین گیاهان مجاور می‌تواند تأثیر مطلـوبی بر شکل و اندازه نهایی گیاه همچنین عملکرد کمـی و کیفـی گیاهـان داشته باشد (۱۸). افزایش درصـد روغـن در راسـتای افـزایش تـراکم بیان‌کننده این مطلب است که با فراهم آوردن تراکم مطلـوب امکـان استفاده از شرایط محیطی مناسب را برای گیاه فراهم کرده و گیاه قادر است محصول مناسبی تولید نماید (۳۵).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم بر برخی ویژگی‌های رشدی همیشه بهار
Table 1- Analysis variance of different levels effect of planting date, plant density and variety on some growth parameters of marigold

منابع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Means of square						
	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع بوته Plant height	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weight	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن % Oil	درصد اسانس Essential % oil
تاریخ کاشت Planting date	1	292.02**	42.64**	43.58**	15.28	40.92**	34.7**
خطای ۱ Error 1	2	28.69	0.46	0.11	34.06	0.005	0.001
تراکم بوته Plant density	3	461.4**	13.21**	16.71**	12.8	8.95**	5.6**
رقم variety	1	241.5**	0.81*	10.02**	41.68	0.31**	0.9**
تراکم × رقم variety×Plant density	3	11.3	1.20**	0.66**	23.7*	0.06*	0.07*
تاریخ کاشت × تراکم Plant ×Planting date density	3	19.47**	2.40**	0.46**	11.2*	0.23*	0.3*
تاریخ کاشت × رقم variety×Planting date	1	19.2*	2.10**	0.26^{ns}	5.46*	0.08*	0.011*
تاریخ کاشت × رقم × تراکم variety × Planting date × Plant density	3	12.61^{ns}	0.80^{ns}	0.07^{ns}	3.91^{ns}	0.13^{ns}	0.2^{ns}
خطای ۲ Error 2	28	4.51	0.10	0.09	1.1	0.07	0.04
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.2	10.5	7.5	8.1	6.4	5.8

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, *, ns: Significant at 1% and 5% probability level, Non-significant difference, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین سطوح مختلف تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم بر صفات کمی و کیفی همیشه بهار

Table 2- Mean comparison of different levels of planting date, plant density and variety on quantity and quality traits of marigold

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Seed weight (g)	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن Oil%	درصد اسانس Essential % oil
تاریخ کاشت Planting date						
۲ اردیبهشت 22 April	43.88 a	18.45 a	113.13 a	38.25 a	16.9 a	0.182 a
۱۲ اردیبهشت 2 May	31.48 b	13.73 b	117.43 b	29.59 b	15.05 b	0.131 b
تراکم بوته Plant densities						
۵۷ بوته 57 plants	44.65 a	13.80 d	204.04 a	38.30 a	16.41 a	0.182 a
۴۱ بوته 41 plants	39.8 b	14.5 c	135.00 b	34.60 b	16.3 a	0.166 b
۳۲ بوته 32 plants	34.6 c	16.57 b	91.32 c	31.84 c	15.85 c	0.147 c
۲۶ بوته 26 plants	31.6 d	19.5 a	70.77 d	30.95 d	15.06 d	0.133 d
رقم Variety						
کم پر Sparse petal	43.20 b	15.80 b	118.55 b	36.98 b	15.89 b	0.153 b
پر پر Compact petal	47.00 a	17.26 a	132.01 a	39.10 a	16.05 a	0.164 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشند.

In each column, means which followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level.

درصد اسانس

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها علاوه بر اثرات اصلی آزمایش، برهمکنش دوگانه تیمارهای تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم بر درصد اسانس همیشه بهار معنی‌دار گردید (جدول ۱). براساس اثر متقابل تاریخ کاشت × تراکم بوته، بالاترین درصد اسانس در تاریخ کاشت ۲ اردیبهشت و با تراکم ۵۷ بوته در متر مربع حاصل گردید. این در حالی بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش درصد اسانس همیشه بهار شد (جدول ۳). از سوی دیگر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم نشان می‌دهد که کشت ارقام پر پر در هر دو تاریخ کاشت از درصد اسانس بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود (جدول ۳). رقم پرپر در تاریخ کاشت ۲ و ۱۲ اردیبهشت درصد اسانس را ۴ و ۳/۴ درصد نسبت به رقم کم پر در همان تاریخ کاشت افزایش داد (جدول ۳). رقم پرپر در تراکم‌های مختلف نیز از درصد اسانس بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). در این بین بالاترین درصد اسانس در تراکم ۵۷ بوته در متر مربع و در رقم پرپر مشاهده شد، در حالی‌که کمترین اسانس با کشت رقم کم پر و در تراکم ۲۶ بوته در متر مربع حاصل گردید (جدول ۴). در همین رابطه جولی و همکاران (۲۲) اذعان داشتند در زراعت همیشه بهار نحوه کشت و خصوصیات زراعی می‌تواند بر میزان ماده مؤثره و روغن آن تأثیر بگذارد که تحقیق حاضر با آن مطابقت دارد. کشت به هنگام گیاه سبب شده تا گیاه فرصت کافی برای استفاده از شرایط محیطی را داشته باشد و بتواند محصول بیشتر و درصد اسانس بالاتری در قیاس با گیاهان کشت شده در تاریخ کاشت دوم تولید کند (۳۴).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش شاخص‌های رشد از جمله TDW گردید. تأخیر کاشت به دلیل کوتاه شدن دوران رشد رویشی سبب کاهش LAI نسبت به تاریخ کاشت اول شد.

بدیهی است که کاهش شاخص سطح برگ سبب کاهش میزان فتوسنتز در برگ شده و در نتیجه کاهش رشد را به‌دنبال داشته است. افزایش تراکم به دلیل استفاده بهینه از شرایط و عوامل محیطی سبب افزایش شاخص‌های رشدی، صفات کمی و کیفی همیشه بهار گردید. در همین رابطه بالاترین ارتفاع بوته، تعداد گل، وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و درصد روغن و اسانس در تاریخ کشت ۲ اردیبهشت و در رقم پرپر مشاهده شد. این درحالی بود که با افزایش تراکم نیز تمامی صفات مورد بررسی (به استثنای تعداد گل در بوته) افزایش یافت. براساس نتایج آزمایش کشت رقم پرپر در تاریخ ۲ اردیبهشت و تراکم گیاهی ۵۷ بوته در متر مربع بهترین عملکرد همیشه بهار را حاصل نمود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × تراکم و اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر صفات کمی و کیفی همیشه بهار

Table 3- Mean comparison of interaction effects of planting date × plant density and planting date × variety on quantity and quality traits of marigold

تیمارها Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Seed weight (g)	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن Oil%	درصد اسانس Essential oil %
۲ اردیبهشت 22 April	۵۷ بوته 57 plant	51.01 a	15.6 cd	9.73 a	42.2 a	17.84 a	0.224 a
	۴۱ بوته 41 plant	46.3 b	16.7 c	9.01 b	39.1 b	17.15 b	0.197 b
	۳۲ بوته 32 Plant	40.05 c	19.11 b	7.71 c	36.4 c	16.74 c	0.163c
	۲۶ بوته 26 plant	38.18 cd	22.4 a	7.33 d	35.3 c	16.20 d	0.147 d
۱۲ اردیبهشت 2 May	۵۷ بوته 57 plant	38.3 d	12.01 f	7.92 c	34.4 a	15.39 e	0.141d
	۴۱ بوته 41 plant	33.32 e	12.3 f	7.05 d	30.1 b	15.40 e	0.135 de
	۳۲ بوته 32 Plant	29.2 f	14.04 d	6.26 e	27.28 c	14.97 g	0.131 e
	۲۶ بوته 26 plant	25.11 g	16.6 c	4.93 f	26.6 c	14.30 h	0.120 f
۲ اردیبهشت 22 April	کم پر Sparse petal	45.5 bc	18.1 b	Ns	38.4 b	16.9 b	0.189 b
	پر پر Compact petal	49.4 a	21.4 a	Ns	41.4 a	17.6 a	0.210 a
۱۲ اردیبهشت 2 May	کم پر Sparse petal	40.9 d	13.8 d	Ns	33.3 d	15.1 d	0.142 d
	پر پر Compact petal	44.6 c	16.03 c	Ns	36.02 c	15.8 c	0.164 c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم × رقم بر صفات کمی و کیفی همیشه بهار

Table 4- Mean comparison of interaction effects of plant density ×variety on quantity and quality traits of marigold

تیمارها Treatments		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Seed weight (g)	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن oil%	درصد اسانس Essential % oil
۵۷ بوته 57 plant	کم پر Sparse petal	48.1 b	12.4 fg	8.09 b	39.02 c	17.23 b	0.192 b
	پر پر Compact petal	50.2 a	13.13 f	9.56 a	40.10 c	17.8 a	0.211 a
۴۱ بوته 41 plant	کم پر Sparse petal	44.5 d	14.6 e	7.86 bc	42.10 b	16.64 d	0.162 d
	پر پر Compact petal	46.2 c	16.22 c	8.2 b	44.3 a	16.6 c	0.173 c
۳۲ بوته 32 Plant	کم پر Sparse petal	41.2 e	17.01 c	6.48 d	35.31e	16.2 f	0.139 ef
	پر پر Compact petal	43.6 d	18.4 bc	7.5 c	37.40 d	16.52 de	0.144 e
۲۶ بوته 26 plant	کم پر Sparse petal	34.6 g	19.2 ab	5.71 e	31.5 f	15.6 h	0.120 g
	پر پر Compact petal	39.2 f	21.3 a	6.55 d	34.6 ef	15.81 g	0.131 f

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

References

1. Aflatuni, A. 2005. The yield and essential oil content of mind (*Mentha* ssp.) in Ontario. Canada Journal of Essential oil Research 35: 663-666.
2. Azari, A., and Khajeh poor, M. 2003. Effect of planting method on yield and yield components on *Carthamus tinctorious* L. Journal of science and technology of agriculture and natural resource 1 (7): 20-25.
3. Azizi, M., Soltani, A., and Khavari, S. 2008. Rape, physiology, breeding, bio technology (translation). Jahad, Mashhad University Press, 158 pages.
4. Beheshti, A., Koocheki, A., and Nasiri Mahalati, M. 2002. The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. Seed and Plant Improvement Journal 18 (4): 417-431. (in Persian).
5. Bullock, D. G., Nielson, R. L., and Nyquist, W. E. 1993. A growth analysis comparison of corn rows in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science 28: 254-285.
6. Clawson, K. L., Specht, J. E., and Blad, B. L. 1986. Growth analysis of soybean Isolines differing in pubescence density. Agronomy Journal 78: 164-172.
7. Dadashi, N. 2001. Effect of sowing date on yield of safflower. Master Thesis Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract).
8. Dehdashti, M., Soleimani, A., and Nasir, B. M. 2008. Effect of delayed planting on physiological parameters of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of research in the Agricultural Sciences 4 (2): 163-152. (in Persian).
9. Draycott, A. P. T., and Webb, D. J. 1971. Effects of nitrogen fertilizer, plant population and irrigation on sugar beet yields. Journal of Agriculture Science 76: 261-267.
10. Dutta, R. K., and Lahiri, B. P. 1998. Growth and yield of Lentil in relation to population pressure. Lens Newsletter 25 (1-2): 27-29.
11. Estakhr, A., and Choukan, R. 2006. Effects of planting date and density of female parent B73 on hybrid seed production of KSC704 in Fars province. Seed and plant improvement journal 22 (2):167-183. (in Persian).
12. Fatehi, F., Bahramnejad, S., Maleki, M., Pirkhezri, M., and Shamsodin Vandi, R. 2007. Effect of density on yield and yield components of *Silybum marianum*. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).

13. Fotokian, M., Yousefzadeh, Y., and Talebzadeh, L. 2007. Effect of sowing date on yield and dry matter and content of Hypericum of (*Hypericum perforatum* L). The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian with English abstract).
14. Galavi, M., Ramroudi, M., and Mansouri, S. 2007. Effect of sowing dates on yield, yield components and quality of isabgol (*Plantago ovata*) in Sistan region. Pajouhesh and Sazandegi 77: 135-140. (in Persian with English abstract).
15. Gazim, Z. C., Rezende, C. M., Fraga, S. R., and Svidzinski, T. I. E. 2008. Antifungal activity of the essential oil from *Calendula officinalis* L. growing in Brazil. Brazilian Journal of Microbiology 39: 61-63.
16. Ghanbari, A., Mayer, B., and Sarani, Sh. 2007. Effect of planting date and row spacing on yield of hibiscus tea. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).
17. Ghani A., and Azizi, M. 2007. Effect of sowing date on morphological characteristics, yield and essential oil of (*Achillea millefolium* subsp. *millefolium.*). The third conference medicinal plants, Iran. (in Persian).
18. Hosseinpour, M., Pirzad, A., Habibi, H., and Fotokian, M. H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of Anise. Journal of Agricultural Science 2 (21): 69-86. (in Persian with English abstract).
19. Imani, A. 2001. Effect of sowing date on yield and yield components on *calendula officinalis* L. in Ardabil. Iranian congress medicinal plants.
20. Iran-Nejad, H., and Hoseini Mazinani, S. M. 2005. The effect of planting date on the seed yield of three varieties of oil flax in Varamin. Journal of Agricultural Sciences 11 (4): 111-120. (in Persian with English abstract).
21. Javaheri, M. A., Zinaldini, A., and Najafi, H. 2004. Effect of planting date on growth indices of sugar beet in Arzoieh Region (autumn sowing). Pajouhesh and Sazandegi 62: 58-63. (in Persian with English abstract).
22. Joly, R., Forcellab, F., Petersonb, D., and Eklundb, J. 2013. Planting depth for oilseed calendula, Industrial Crops and Products 42: 133-136.
23. Karimi, M., and Azizi, M. 1994. Analysis of crop. Jahad, Mashhad University Press, 111 pages.
24. Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.
25. Kazerani, N., SadAbadi, L., and Dashti, P. 2007. Effect of sowing date on yield and agronomic traits of fennel under Borazjan climatic conditions. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).
26. Khalid, A., and Jaime, T. D. A. 2010. Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. Scientia Horticulturae 126: 297-305.
27. Langdon, P. W., Whileya, A. W., Mayer, R. J., Pegg, K. G., and Smith, M. K. 2008. The influence of planting density on the production of Goldfinger (*Musa* spp., AAAB) in the subtropics. Scientia Horticulturae 115: 238-243.
28. Lebaschy, M. H., Rezai, H., and Karim, M. 1994. Evaluation of influenced growth physiological parameters on oat and barley cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 24: 53-46. (in Persian with English abstract).
29. Lebaschy, M. H., and Sharifi, E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of Hypericum perforatum. Pajouhesh and Sazandegi 65: 65-75. (in Persian with English abstract).
30. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly Khanghah, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem emobilization percentage in Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L). Iranian Journal of agriculture science 34 (4): 1011-1019. (in Persian with English abstract).
31. Marisol-Berti, D., Rosemarie wilckens, E., Felicitas Hevia, H., and Alejandro Montecino, Y. 2003. Influence of sowing date and seed origin on the of capitol *Calendula officinalis* L. during two growing seasons in Chili. Agriculture technology 63 (1): 3-9.
32. Martin, R. J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28: 37-44.
33. Mohamadi, Kh., Nabiolahi, K., Kalamian, S., and Souri, N. 2007. Effect of plant density and Nitrogen fertilizer levels on phonological stages of fennel. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).
34. Morteza, E., Akbari G. A., Modares-Sanavi, S. A. M., and Aliabadi Frahani, H. 2009. Effects of sowing date and planting density on quality features in Valerian (*Valeriana officinalis* L.). Journal of Ecology and the Natural Environment 1 (9): 201-205.
35. Pirzad, A. R., Aliyari, H., Shakiba, M. R., Zehtab-Salmasi, S., and Mohammadi, S. A. 2008. Effects of irrigation and plant density on water-use efficiency for essential oil production in *Matricaria chamomilla* L. Agriculture Science 18 (2): 49-58. (in Persian with English abstract).
36. Rahmani, N., Valadabadi, S., Daneshian, j., and Bigdelli, M. 2008. Effect of nitrogen application on yield and physiological parameters of Calendula plants under drought stress. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 1: 108-101. (in Persian with English abstract).
37. Rassam, Gh., Naddaf, M., and Sefidcon, F. 2007. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of Anise (*Pimpinella anisum* L). Pajouhesh and Sazandegi 75: 127-133. (in Persian with English abstract).

38. Rezvani Moghaddam, P., and Ahmadzadeh Motlagh, M., 2007. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*) in Islamabad-Ghayein. Pajouhesh and Sazandegi 76: 62-68. (in Persian with English abstract).
39. Salamon, I. 2007. Effect of the internal and external factors on yield and qualitative-quantitative characteristics of chamomile essential oil. I International Symposium on Chamomile Research, Development and Production. Acta Horticulture 749: 45-64.
40. Samadi, A. 2002. Effect of plant density and sowing date on yield of two varieties of rapeseed. Master Thesis Agronomy, College of Agriculture, Shiraz University. (in Persian with English abstract).
41. Sarmdnya, Gh., and Koocheki, A. 1990. Crop Physiology (Translation). Jahad, Mashhad University Press, 467 p.
42. Tabatabaie, R., Amini Dehaghi, M., Shahmoradi, M., and Kaviani Ahangar, F., 2011. Effects of planting date and different amounts of nitrogen fertilizer on the yield and yield components of two marigold varieties (*Calendula Officinalis*). Journal of Agronomy Science 3 (5): 103-118. (in Persian with English abstract).
43. Valadares, S. V., Honorio, I. C. G., Junior, C. F. C., Valadares, R. V., Barbosa, C. K. R., Martins, E. R., and Fernandes, L. A. 2010. Production of Marigolds planted on Bahia grass as a function of organic fertilization. Biotemas 23: 21-24.
44. Veisi, H., Bahram Nejad, S., Rouzrokh, M., and Ahmadi, Gh. 2007. Effect of planting date, plant density and spacing on yield and yield components of Cumin in Salas-Babajani. The third conference medicinal plants, Iran. (in Persian).
45. Weeden, B. R. 2000. Potential of sugar beet on the Atherton tableland. Rural Industries Research and Development Corporation. 102 p.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 86-99

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۵، ص. ۹۹-۸۶

Effects of Planting Date and Plant Density on Physiological Indices, Quantity and Quality Traits of Two Varieties of Marigold (*Calendula officinalis* L.)

A. Sepehri[1*]- T. Mehranrad[2]- A. Karami[3]

Received: 16-04-2014
Accepted: 13-06-2015

Introduction

Marigold (*Calendula officinalis* L.) is originated from North West Africa and Mediterranean area, is a medicinal plant used for several purposes. It is an annual herb or short-lived perennial from the Asteraceae family with yellow or orange flowers. The Marigold has been used as a traditional medicine and food dye, but is currently used as an anti-inflammatory and wound healer. It is grown for drug, obtained from the flowers. The flowers blossom during summer three or more times per year. The essential oil of yellow or orange petals of *Calendula officinalis* L. is one of the important yield components which is used for food and medicine. Moreover, the seed has an oil content of 5-20 %. Seed oil could be used as a binder in paints, coating and cosmetics.

Growth, development and production of medicinal plants, as well as other plants are affected by genetic and agronomic factors. Planting date and plant density are two most important factors that can affect yield and yield components. Planting date affects the quantity and quality of secondary metabolites of medicinal plants. The optimum sowing date and plant density can improve the light and temperature absorption and other factors during the growing season. The positive effects of optimal planting date and plant density has been described by a number of researchers. The Plant population is dependent on the plant characters, growth period, time and method of cultivation. Also, the suitable sowing date has advantages for maximum production. Early sowing in the spring causes weakly establishment of plant and late planting date shortens growth period and simultaneous flowering period due to high temperature in summer. In this study, the effects of plant density and planting date on physiological indices, quantity and quality of two varieties of spare and compact marigold has been evaluated.

Materials and Methods

In order to determine the effects of planting date and plant density on physiological indices, quantity and quality traits of two varieties of marigold (*Calendula officinalis* L.), a split-factorial experiment with three replications was carried out in agricultural research station in Arak (latitude: 34o 5' N; longitude: 29o 42' E; 1757 m altitude) in 2010 the growing season. Soil was silty-loamy with pH of 7.5 and EC of 0.8 Ds ms-1. The experimental factors included two planting dates (22 April and 2 May), four planting densities (26, 32, 41 and 57 plants/m2) and two varieties (sparse and compact petal). Thinning was performed 20 days after cultivation. Irrigation was carried out in 7 days intervals. For determination of growth indices, ten plants from each plot cut from crown and dried for 48 h in oven at 70°C and then weighted. The plant height, number of flowers per plant, leaf chlorophyll, leaf area index, total dry matter, seed yield, 1000 seed weight, essential oil and grain oil were measured. The extraction of the essential oil of the flower was performed using the Clevenger apparatus by steam distillation (1). Extraction of grain, oil was accomplished according to the soxhelet standard method. The data were analyzed using the statistical analysis system (SAS 9.1) and means were compared using Duncan test at $P \leq 0.05$ probability.

Results and Discussion

Results showed that, planting date and plant density had significant effects on physiological indices, plant height, and number of flowers per plant, 1000 grain weight, chlorophyll index, oil percent and essential oil percentage of marigold. Late planting and decreasing plant density, reduced leaf area index (LAI), total dry weight (TDW) and crop growth rate (CGR) indices. The compact petal variety showed the highest growth indices compared with spare petal plants. On the other hand, early planting, high plant density and compact

1- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
2- M.Sc Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
3- PhD Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
(*- Corresponding Author Email: Sepehri110@yahoo.com)

petal variety increased the growth and development of plants. The first planting date had higher leaf area index compared to second sowing date. It seems that first sowing date made adequate leaf area indices for light and radiation absorption for photosynthesis. Number of 57 plants per square meter in the first and second planting dates improved plant height by 25.1 % and 34.4 %, compared to 26 plants per square meter, respectively. It is noticeable that delay in planting date reduced the mention plant traits. The second planting date (2 May) with 57 plants per square meter in comparison to the first planting date (22 April) decreased chlorophyll index by 18.4%. The compact petal variation showed the highest number of flower and oil percent in comparison with sparse petal variety. The compact petal variety in the number of 57, 41, 32 and 26 plants densities increased essential oil percentage by 9.8, 6.8, 3.5 and 9.1 % compared to sparse petal, respectively. Martin and Deo (32) showed that the highest flower yield in *Calendula officinalis* L. was observed in 40 plants/m2 density and April 15 sowing date.

Conclusions

The present study showed that the best result for different traits with the exception of number of flower per plant achieved in the first sowing date (22 April) with a compact petal variety and 57 plants per square meter. Therefore, this treatment is suitable for marigold cropping in Arak situation and areas with similar climate and weather.

Keywords: Essential oil, Growth, Marigold, Plant sowing