

ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) تحت تراکم بوته و تاریخ‌های مختلف کاشت در منطقه اهواز

حدیث حسنونند^{۱*}، سید عطاءاله سیادت^۲، عبدالمهدی بخشنده^۳، محمدرضا مرادی تلاوت^۳ و عادل پشت‌دار^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

پست الکترونیک: h1167.hasanvand@gmail.com

۲- استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

۴- مربی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۶

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) تحت تراکم بوته و تاریخ‌های مختلف کاشت در شهر اهواز، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل تاریخ کاشت در پنج سطح (۱۵ مهر، ۵ آبان، ۲۵ آبان، ۱۵ آذر و ۵ دی) در کرت‌های اصلی و تراکم بوته با چهار سطح (۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کشت دیرهنگام (۵ دی‌ماه) سبب افزایش دما در مرحله گلدهی و کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب با میانگین ۱۸۲/۲ و ۱۴۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار گردید. تاریخ کاشت ۵ آبان در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع با میانگین‌های ۱۲۴۳/۸ و ۴۷۰/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن و تاریخ کاشت ۱۵ مهر در تراکم ۱۴ بوته در مترمربع با میانگین‌های ۱/۱۳ و ۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیشترین کلروفیل a و کلروفیل کل را به خود اختصاص دادند. با تأخیر در تاریخ کاشت از ۱۵ مهر تا ۵ دی، محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء سلول و میزان کلروفیل برگ کاهش یافت. تراکم بالای بوته در مترمربع باعث افزایش ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی و کاهش درصد روغن شد. صفات مورد بررسی بجز درصد روغن دانه در تاریخ کاشت‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌دار داشتند.

واژه‌های کلیدی: گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.)، محتوای کلروفیل، پایداری غشاء، عملکرد روغن، محتوای نسبی آب برگ.

مقدمه

روز در حال افزایش می‌باشد (Akbarinia et al., 2007). با این توصیف، با وجود توانمندی‌های بالا، ایران سهم اندکی از بازار جهانی گیاهان دارویی را به خود اختصاص داده است (Omidbaigi, 2005). در ایران گل گاوزبان به‌طور عمده در

استفاده از گیاهان دارویی قدمتی برابر با ظهور انسان در عرصه حیات دارد. تقریباً ۲۵٪ داروهای تولید شده در جهان دارای منشأ گیاهی هستند و تقاضا برای مصرف آنها روز به

منطقه رودسر و تالش استان گیلان، کلاردشت و بهشهر در مازندران، الموت استان قزوین و در دهه اخیر در استان‌های اردبیل و برخی مناطق دیگر رواج یافته است. ۵۰۰ هکتار از زمین‌های استان گیلان زیر کشت گیاه دارویی گل گاوزبان است که ۲۶۰ هزار هکتار آن توسط کشاورزان منطقه اشکورات رودسر کشت می‌شود. هر سال از زمین‌های زیر کشت گیاه دارویی گل گاوزبان در استان گیلان بیش از ۴۰۰ تن محصول به ارزش اقتصادی بیش از پنج میلیارد ریال برداشت می‌شود (Daneshfar, 2009).

گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) گیاهی یک‌ساله، دولپه و متعلق به خانواده بوراژیناسه (Boraginaceae) است. گیاهی علفی و کرکدار است و ارتفاع آن به ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر می‌رسد. ساقه‌های آن مستقیم، توخالی و پوشیده از کرک‌های خشن می‌باشد. برگ‌ها ساده با حاشیه مژرس، به رنگ سبز تیره با سطح فوقانی سبز مایل به خاکستری می‌باشد. رنگ گل‌های آن آبی و به‌ندرت سفید است. میوه گل گاوزبان، فندقی کوچک و به شکل تخم‌مرغی و چین‌دار است (Naghdibadi et al., 2012). تکثیر این گیاه دارویی با استفاده از بذر یا قلمه انجام می‌شود. همچنین قسمت مورد استفاده آن گل و بذر می‌باشد. میزان روغن بذر گل گاوزبان اروپایی بین ۳۷-۲۷ درصد متغیر است. در بذره‌های گل گاوزبان روغن مرغوبی وجود دارد که حاوی مقدار زیادی اسید چرب گامالینولنیک اسید (امگا ۶) می‌باشد. این روغن مرغوب به‌عنوان مکمل‌های غذایی حاوی امگا ۶ و دارویی تجویزی برای درمان بیماری‌های قلبی، آگزمای طبیعی، دیابت‌ها، ورم مفاصل و بیماری ام‌اس استفاده می‌شود (EL-EL-Hafid et al., 2003). علاوه بر روغن، پیکر رویشی این گیاه نیز حاوی ترکیب‌های ارزشمندی می‌باشد و دارای خواص دارویی است. از برگ‌های آن مانند برگ اسفناج در تهیه غذا، ترشی، سالاد و نوشیدنی‌های خنک و همچنین از گل‌های آن برای تزئین سالاد استفاده می‌شود (Naghdibadi et al., 2007).

گیاهان از منابع رشد محیطی در طی فصل زراعی و از عوامل ضروری برای دستیابی به حداکثر عملکرد گیاهان به‌شمار می‌روند که از منطقه‌ای به منطقه دیگر و بر حسب نوع گونه می‌تواند متفاوت باشد (Baloch et al., 2002). تأخیر در زمان کاشت سبب افزایش دما در مرحله گلدهی شده و باعث ایجاد اختلال در پرشدن دانه و کاهش وزن دانه می‌شود. افزایش بیش از حد دما در زمان پرشدن دانه نیز باعث کاهش سرعت و مدت انباشته شدن روغن می‌شود (Rondanini et al., 2005). با تأخیر در زمان کاشت، طول فصل رشد کوتاه شده، در نتیجه ماده خشک تولیدی کاهش یافته و سبب افت عملکرد دانه و روغن می‌شود (Daneshian et al., 2011).

Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۰)، در بررسی تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد گل گاوزبان اروپایی نشان دادند که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد دانه از ۵۰۵/۲ به ۴۳۰/۸ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد. همچنین در تحقیق دیگری نشان داده شد که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دارد (Sepehri et al., 2015). Farhadi و همکاران (۲۰۱۲) در کرچک گزارش کردند که تاریخ کاشت محتوای کلروفیل را که یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد نیز تحت تأثیر قرار داد. علاوه بر این بررسی‌ها نیز مؤید آن است که با تأخیر در تاریخ کاشت و مواجه شدن دوره زایشی گیاه با دمای بالای هوا، محتوای کلروفیل برگ‌ها، همچنین پایداری غشاهای سلولی و رطوبت نسبی برگ کاهش می‌یابد (Fathi et al., 2012).

در زراعت تک کشتی، تراکم بهینه یکی از عوامل موفقیت در تولید است. اگر میزان تراکم بوته کمتر و یا بیش از حد بهینه باشد عوامل محیطی موجود از جمله رطوبت، نور و مواد غذایی در حد بهینه در اختیار هر بوته قرار نمی‌گیرد که خود باعث کاهش محصول می‌گردد (Khajehpour, 2014). تراکم بوته از جمله فاکتورهای مهم زراعی است که بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان دارویی از جمله گل گاوزبان مؤثر می‌باشد (Omidbaigi, 1998). گزارش‌های متعددی نیز حکایت از تأثیر تراکم بر میزان عملکرد دانه و عملکرد روغن گیاهان

در تعیین زمان صحیح کاشت و تراکم مطلوب گیاهان زراعی در واحد سطح از عوامل زراعی مهم برای بهره‌وری حداکثر

مختلف کاشت در منطقه اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. این منطقه با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا قرار دارد و از مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید. متوسط بارندگی ۱۶۹ میلی‌متر است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد نظر به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است.

دارویی دارد. در تحقیقی در گیلان مشاهده شد که با افزایش تراکم بوته در مترمربع، عملکرد دانه و روغن گل گاوزبان کاهش یافت (Tazeh et al., 2015). به‌علاوه، Zand و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه تراکم بوته بر روی انیسون نشان دادند که تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی داشت. در مجموع با توجه به وجود قابلیت کشت گل گاوزبان اروپایی در خوزستان و عدم داشتن اطلاعات کافی در رابطه با تاریخ کاشت و تراکم بوته مناسب آن در منطقه، این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گل گاوزبان اروپایی تحت تراکم بوته و تاریخ‌های

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه کشت و صنعت دهخدا طی مدت اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ (بی‌نام، ۱۳۹۶)

ماه‌های سال	دمای حداقل (°C)	دمای حداکثر (°C)	میانگین دما (°C)	بارندگی (mm)	میانگین رطوبت نسبی (%)	مجموع تبخیر (mm)
مهر	۱۴/۱	۲۹	۲۷/۸	۱/۱	۴۵/۱	۷/۵
آبان	۱۴/۱	۳۱/۸	۲۳	۰	۴۸/۷۸	۵/۴
آذر	۶/۷	۲۱	۱۳/۹	۰/۶	۵۶/۷	۳/۱
دی	۷/۶	۲۰/۲	۱۳/۹	۱/۲	۶۸/۶	۲/۲
بهمن	۵/۶	۱۹/۵	۱۲/۵	۰/۲	۵۸/۷	۲/۸
اسفند	۱۰/۱	۲۵/۴	۱۷/۷	۰/۴	۵۳/۲	۴/۱
فروردین	۱۶/۵	۳۱	۲۳/۸	۰/۱	۵۰/۵	۷/۱
اردیبهشت	۲۲	۴۰/۵	۳۱/۳	۰/۱	۳۶/۳	۱۲/۶

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)
رسی سیلتی	۷/۴	۳/۶	۰/۷۶	۰/۰۵	۷/۲	۲۱۴

تیمارهای آزمایشی شامل تاریخ کاشت به‌عنوان فاکتور اصلی با پنج سطح (۱۵ مهر، ۵ آبان، ۲۵ آبان، ۱۵ آذر و

این آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد.

پهن شد. کیسه‌های پلاستیکی داخل هر واحد آزمایشی انداخته شد، به گونه‌ای که بذرها به‌طور کامل بر روی آنها ریزش کنند و بعد عملکرد اقتصادی هر واحد آزمایشی به‌طور جداگانه محاسبه شد. در پایان دوره و پس از رسیدگی نهایی، بعد از حذف حاشیه‌ها، بوته‌های واقع در یک مترمربع وسط هر واحد آزمایشی برداشت شد و پس از هوادهی، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردیدند و بعد براساس وزن خشک بدست آمده و میزان دانه برداشت شده در یک مترمربع، عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید. برای تعیین درصد روغن دانه از دستگاه سوکسله به مدت ۳ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و از هگزان به‌عنوان حلال استفاده شد. با توزین روغن بدست آمده از ۵ گرم دانه گل گاوزبان پودر شده، درصد روغن استخراجی تعیین شد (Uquiche *et al.*, 2008). عملکرد روغن نیز از رابطه ۱ بدست آمد.

رابطه (۱)

$$\text{درصد روغن} = \text{عملکرد دانه} \times \text{عملکرد روغن}$$

مقدار رطوبت‌نسبی برگ (RWC) روی جوان‌ترین برگ توسعه یافته از سه بوته در هر کرت و در مرحله ۵۰٪ گلدهی اندازه‌گیری شد. در آزمایشگاه بلافاصله وزن تازه برگ‌ها (W_f) تعیین و بعد این برگ‌ها در آب مقطر به مدت پنج ساعت در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی در آزمایشگاه قرار گرفتند. پس از خشک شدن سطح برگ‌ها با دستمال کاغذی، وزن آماس برگ‌ها (W_s) تعیین شد. متعاقب آن برگ‌ها در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین گردیدند (W_d). میزان RWC از رابطه ۲ بدست آمد (Richie *et al.*, 1990).

$$\%RWC = (W_f - W_d / W_s - W_d) \times 100$$

رابطه (۲)

۵ دی) و چهار تراکم ۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ بوته در مترمربع (Ashori *et al.*, 2014) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. طول دوره رشد تاریخ کاشت اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم به ترتیب ۱۸۱/۶، ۱۷۱/۶، ۱۵۷/۲، ۱۴۳/۲ و ۱۳۱/۸ تعداد روز طول کشید. هر کرت فرعی به ابعاد ۴×۳ متر و شامل ۸ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بودند. فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و بین بلوک‌ها ۲ متر تعیین شد. براساس آزمایش خاک کودهای مورد استفاده شامل ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به‌صورت پایه و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره (Tazeh; Heidari & Minaei, 2014; *et al.*, 2015) که نیمی از آن به‌صورت پایه و بقیه آن به‌صورت سرک در مرحله ۶-۴ برگی مصرف گردید. بذرها در تاریخ‌های مورد نظر به‌صورت کپه‌ای در شیارهای ایجاد شده به عمق ۳-۲ سانتی‌متری کشت شدند. در مرحله ۴-۵ برگی برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر بوته‌های سبز شده بر روی ردیف به فاصله ۳۳ سانتی‌متر (تراکم ۶ بوته در مترمربع)، ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۱۰ بوته در مترمربع)، فاصله ۱۴ سانتی‌متر (تراکم ۱۴ بوته در مترمربع) و فاصله ۱۲ سانتی‌متر (تراکم ۱۸ بوته در مترمربع) تنک گردیدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار تا پایان فصل رشد برای هر پنج تاریخ کاشت ادامه یافت. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی و در چندین مرحله انجام شد. برداشت گل گاوزبان نیز در فروردین و اردیبهشت‌ماه انجام شد.

برای تعیین ارتفاع بوته در مرحله برداشت، از هر کرت تعداد ۵ بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید. با توجه به عدم همزمانی رسیدن بذرها گل گاوزبان، برای جمع‌آوری بذر، بعد از شروع گلدهی بر روی سطح خاک پوشش پلاستیکی

تعیین گردید. نشت الکتروولیت‌ها (Electrolytes leakage, EL) به روش معرفی شده توسط Luts و همکاران (۱۹۹۶)

میزان پایداری غشاء سلول (Cell Membrane Stability, CMS) با اندازه‌گیری میزان نشت الکتروولیت‌ها

مقدار کلروفیل براساس روش معرفی شده توسط Ashraf و همکاران (۱۹۹۴) با استون ۸۰٪ استخراج شد و میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین گردید. بدین صورت که از هر تیمار سه نمونه از جوانترین برگ توسعه یافته در مرحله ۵۰٪ گلدهی برداشت شد و از هر برگ ۰/۱ گرم جدا و درون شیشه حاوی ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ به مدت ۴۸ ساعت غوطه‌ور شد. در این مدت ظروف حاوی نمونه در مکانی بدون نور نگهداری شد. سپس نمونه گیاهی از محلول استون جدا شد و محلول باقیمانده قرائت و غلظت کلروفیل از طریق رابطه‌های شماره ۴، ۵ و ۶ بدست آمد. در این روابط C_a کلروفیل a ، C_b کلروفیل b ، C_T کلروفیل کل، V حجم نمونه و W وزن تر نمونه است.

$$CMS = [1 - (EC_1 / EC_2)] \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$C_a = 12.7 (A663) - 2.69 (A645) \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$C_b = 22.9 (A645) - 2.69 (A663) \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$C_T = 20.2 (A645) - 8.02 (A663) \times V / (1000 \times W) \quad \text{رابطه (۶)}$$

با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، در سطح آماری ۵٪ انجام گردید. همچنین برای بدست آوردن معادلات مختلف، رسم منحنی‌ها و نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

مشخص شد. براساس این روش نمونه‌های تهیه شده از جوان‌ترین برگ توسعه یافته به آزمایشگاه انتقال و با استفاده از پانچ از هر برگ پرچم در مرحله ۵۰٪ گلدهی، دیسک‌های دایره‌ای و با قطر نیم متر تهیه شد. قطعات حاصل بعد از آنکه سه مرتبه با آب مقطر شسته، به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر انتقال یافتند. این نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه بر روی شیکر با ۱۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و EC_1 آنها با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی تعیین گردید. سپس نمونه‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفته و میزان EC_2 و پایداری غشاء نمونه‌های مختلف با استفاده از رابطه ۳ تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل فاکتورها، از تفسیر اثرات اصلی هر یک از فاکتورها به‌طور جداگانه خودداری شد و تنها برش‌دهی اثر متقابل (جدول ۳) انجام گردید (Soltani, 2010). مقایسه میانگین‌ها

جدول ۳- برش‌دهی اثر متقابل تراکم و تاریخ کاشت در تیمارهای تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، عملکرد روغن،

کلروفیل a و کلروفیل کل

تاریخ کاشت	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
۱۵ مهر	۳	۱۱۱۵۴۸ ***	۱۴۴۲۹۳۶/۳ ***	۰/۵۷ ***	۰/۸۳ ***
۵ آبان	۳	۴۵۷۲۵۳ ***	۷۰۴۹۴۲۴/۱ ***	۰/۰۵ ns	۰/۰۶ ns
۲۵ آبان	۳	۱۵۱۴/۷ ns	۳۴۳۹۵/۴ ns	۰/۰۰۴۱ ns	۰/۱۰ *
۱۵ آذر	۳	۱۱۱۲۷ ns	۱۸۲۸۰۰/۸ *	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۳ ns
۵ دی	۳	۲۸۰/۵ ns	۴۲۴۴۸/۴ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۲ ns

ns، * و ***: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گل گاوزبان اروپایی تحت تأثیر تراکم و تاریخ‌های مختلف کاشت

میانگین مربعات											درجه آزادی	منابع تغییر
کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	پایداری غشاء سلول	محتوای رطوبت نسبی	عملکرد روغن	درصد روغن	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	ارتفاع بوته			
۰/۰۵ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۱۷۳/۵۴ ns	۱۵۹/۰۲ ns	۲۸۹۳۰۴۲۸ ns	۹۲/۳۶ **	۸۹۴۷۱/۶۷ ns	۹۹۵۲/۱۲ ns	۲۴۳/۰۲ ns	۲	تکرار	
۲/۵۲ **	۱/۱۵ **	۰/۲۹ **	۱۹۳۷/۹۰ **	۳۲۲۷/۱۸ **	۷۸۸۸۹۳۲۸۱ **	۱۳/۶۸ ns	۹۱۱۰۱۴۳/۱۳ **	۷۶۷۵۴۷/۱۱ **	۱۰۹۶۴/۷۲ **	۴	تاریخ کاشت	
۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۸۰/۲۹	۱۰۲/۲۶	۶۶۳۶۵۴۴	۵/۰۹	۱۷۲۶۳۳/۸۰	۳۵۷۹/۳۲	۱۲۲/۹۱	۸	خطای اصلی	
۰/۲۹ **	۰/۰۲ ns	۰/۱۴ ns	۲۲۶/۸۴ ns	۱۸۸/۶۲ ns	۳۵۶۱۶۲۹۸۷ **	۵۸/۷۸ **	۴۳۵۹۶۹/۶۲ **	۲۴۷۶۰۹/۴۸ **	۲۶۴/۵۵ *	۳	تراکم	
۰/۱۸ **	۰/۰۴ ns	۰/۱۱ **	۲۰۹/۹۵ ns	۸۸/۰۸ ns	۱۲۹۷۵۹۳۸۵ **	۱۷/۴۴ ns	۸۳۰۲۲/۵۸ ns	۸۳۵۲۸/۴۸ **	۱۲۴/۷۴ ns	۱۲	تاریخ کاشت × تراکم	
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۱۱۲/۴۱	۱۰۹/۶۱	۵۲۵۴۹۶۴	۱۲/۹۱	۷۵۹۴۵/۵۷	۵۸۲۲/۹۳	۷۲/۹۳	۳۰	خطای فرعی	
۱۷/۳۲	۲۱/۵۸	۲۰/۵۵	۱۹/۱۷	۱۵/۹۶	۱۵/۱۹	۱۲/۲۸	۱۱/۹۶	۱۵/۱۹	۷/۲۰	-	ضریب تغییرات (%)	

ns, * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطوح احتمال خطای ۵٪ و ۱٪ می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر برخی صفات مورد بررسی در گل گاوزبان اروپایی

تاریخ کاشت	ارتفاع بوته (سانتی متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	محتوای رطوبت نسبی (%)	پایداری غشاء سلول (%)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)
۱۵ مهر	۱۵۴/۲ a	۷۳۰/۶ a	۳۱۵۸/۸ a	۷۹/۱ a	۷۵/۶ a	۱/۰۱ a
۵ آبان	۱۴۱ b	۷۶۲ a	۳۳۰۶/۲ a	۷۷/۷ a	۵۸/۵ b	۰/۵۹ b
۲۵ آبان	۱۱۷/۲ c	۵۱۷/۲ b	۱۹۸۰/۳ b	۷۶/۸ a	bc۵۱/۲	۰/۴۸ c
۱۵ آذر	۱۰۱/۹ d	۳۱۷/۷ c	۱۶۲۸/۵ bc	۴۸/۷ b	۴۸/۳ cd	۰/۴۱ cd
۵ دی	۷۸/۵ e	۱۸۲/۹ d	۱۴۴۳/۴ c	۴۵/۴ b	۴۲/۷ d	۰/۳۸ d

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمالی ۵٪ ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت بر برخی صفات مورد بررسی در گل گاوزبان اروپایی

تراکم بوته	ارتفاع بوته (سانتی متر)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	روغن (%)
۶ بوته در مترمربع	۱۱۲/۵ b	۲۱۱۶/۵ b	۳۰/۸ a
۱۰ بوته در مترمربع	۱۱۹ a	۲۲۸۱/۲ b	۳۰/۵ a
۱۴ بوته در مترمربع	۱۲۰/۸ a	۲۲۸۵/۵ b	۲۹/۱ ab
۱۸ بوته در مترمربع	۱۲۱/۹ a	۲۵۳۰/۲ a	۲۶/۵ b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمالی ۵٪ ندارند.

نتایج

ارتفاع بوته

داشت ولی بین اثر متقابل تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیکی نشان داد که تاریخ کاشت دوم و اول با میانگین $3306/2$ و $3158/8$ کیلوگرم در هکتار ضمن قرار گرفتن در یک گروه آماری بیشترین و تاریخ کاشت پنجم با میانگین $1443/4$ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد بیولوژیکی را تولید کردند (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، به موازات افزایش تراکم بوته در واحد سطح، تولید عملکرد بیولوژیکی گل گاوزبان افزایش یافت و بالاترین عملکرد ($2530/2$ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۱۸ بوته در مترمربع مشاهده گردید (جدول ۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته داشتند، اما برهم‌کنش آنها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تاریخ کاشت اول با میانگین ($154/2$ سانتی‌متر) بیشترین و تاریخ کاشت پنجم با میانگین ($78/5$ سانتی‌متر) کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در تیمار تراکم بوته، بیشترین مقدار ارتفاع در تراکم چهارم ($121/9$ سانتی‌متر) بود و کمترین مقدار ارتفاع بوته ($112/5$ سانتی‌متر) در تراکم اول بدست آمد (جدول ۶).

درصد روغن

درصد روغن دانه گل گاوزبان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر عوامل زراعی مانند تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۴). بدین ترتیب، برای ارتقاء درصد روغن دانه، تعیین تراکم مناسب بوته در واحد سطح ضروری به‌نظر می‌رسد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین درصد روغن دانه گل گاوزبان اروپایی ($30/8\%$) و ($30/5\%$) به ترتیب در تراکم ۶ و ۱۰ بوته در مترمربع مشاهده شد که در یک گروه آماری قرار گرفتند و همچنین کمترین درصد روغن دانه ($26/5\%$) در تراکم ۱۸ بوته در مترمربع مشاهده گردید (جدول ۶).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت، تراکم بوته و برهم‌کنش تیمارها بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). نتایج برش‌دهی اثر تیمارها (جدول ۳) بر عملکرد دانه نشان داد که تاریخ کاشت‌های ۱۵ مهر و ۵ آبان از نظر عملکرد دانه در بین سطوح مختلف تراکم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. در حالی که این موضوع در کشت‌های تأخیری مشاهده نشد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در هر دو تاریخ کاشت ۵ آبان و ۱۵ مهر در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه به ترتیب ($1283/8$ کیلوگرم در هکتار) و ($1018/8$ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. به‌طور کلی در گل گاوزبان اروپایی، با افزایش تراکم تا ۱۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه روند افزایشی و بعد سیر کاهشی نشان داد (جدول ۷).

عملکرد روغن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات حکایت از آن داشت که عملکرد روغن تحت تأثیر تیمارهای تاریخ کاشت، تراکم بوته و اثر متقابل تیمارها قرار گرفته است (جدول ۴). براساس نتایج برش‌دهی بین تاریخ‌های کاشت‌های اول، دوم و چهارم اختلاف بین چهار تراکم بوته از نظر عملکرد روغن معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد روغن نشان داد که با افزایش تراکم در تمامی تاریخ‌های کاشت

عملکرد بیولوژیکی

از نظر صفت عملکرد بیولوژیکی اختلاف معنی‌داری بین سطوح تاریخ کاشت و تراکم بوته در سطح احتمالی ۱٪ وجود

عملکرد روغن کاهش می‌یابد، به طوری که در تاریخ کاشت اول، تراکم ۱۸ بوته در مترمربع کمترین عملکرد روغن را به خود دوم و چهارم در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به ترتیب با میانگین (جدول ۷).
(۳۱۹/۹، ۴۷۰/۳ و ۱۲۶/۱ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین ترکیب تیمارهای تراکم و تاریخ کاشت بر برخی صفات گل گاوزبان اروپایی

عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	روغن (درصد)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تیمارها	
					تراکم (بوته در مترمربع)	تاریخ کاشت
۱۹۵/۷c	۲۹/۳a	۲۸۴۰/۱a	۶۴۷/۷c	۱۴۰a	۶	۱۵ مهر
۳۱۹/۹b	۳۱/۵a	۳۲۱۵/۸a	۱۰۱۸/۸b	۱۵۹/۶a	۱۰	
۱۸۸/۹c	۳۰/۳a	۳۱۷۱/۱a	۶۴۳/۵c	۱۵۴/۳a	۱۴	
۱۶۶/۱cde	۲۷/۶a	۳۴۰۸/۱a	۶۱۲/۲cde	۱۶۲/۶a	۱۸	
۱۸۶/۹cd	۳۰/۱a	۲۷۸۱/۲a	۶۲۴/۱cd	۱۴۵a	۶	۵ آبان
۴۷۰/۳a	۲۶/۹a	۳۴۶۳/۴a	۱۲۴۳/۸a	۱۴۴a	۱۰	
۱۷۱/۳cde	۳۰/۴a	۳۳۵۰/۶a	۵۶۴/۱cde	۱۴۳/۳a	۱۴	
۱۴۱/۷ef	۳۰/۹a	۳۶۲۹/۵a	۵۱۵/۸def	۱۳۱/۷a	۱۸	
۱۶۶/۳cde	۳۰/۴a	۱۹۷۰/۷a	۵۴۷/۵cde	۱۱۳/۳a	۶	۲۵ آبان
۱۴۹/۹def	۲۹/۷a	۱۸۳۷/۳a	۵۲۰/۲def	۱۱۳/۶a	۱۰	
۱۴۶/۵ef	۲۹/۲a	۱۹۳۰/۴a	۵۰۴/۶def	۱۱۷a	۱۴	
۱۴۰/۳ef	۲۸/۲a	۲۱۸۲/۹a	۴۹۶/۵ef	۱۲۵a	۱۸	
۹۶/۱gh	۳۰/۱a	۱۶۳۳/۳a	۳۱۴/۱gh	۹۷a	۶	۱۵ آذر
۱۲۶/۱Fg	۳۱/۳a	۱۶۳۸/۶a	۴۰۴/۷gh	۱۰۰a	۱۰	
۸۰/۲hi	۲۸/۳a	۱۵۳۹/۱a	۲۸۱/۰hi	۱۰۴a	۱۴	
۶۹/۲hij	۲۶/۴a	۱۷۰۲/۸a	۲۷۰/۶hi	۱۰۶a	۱۸	
۶۶/۷hij	۳۴/۴a	۱۳۵۷/۳a	۱۹۴/۱hi	۶۷a	۶	۵ دی
۵۱/۴ij	۲۵/۲a	۱۴۰۸۰/۱a	۱۸۷/۹i	۷۷a	۱۰	
۴۲/۱ij	۲۷/۵a	۱۲۸۰۰/۳a	۱۷۵/۸i	۸۵/۳a	۱۴	
۴۰/۹j	۲۳/۳a	۱۷۲۷/۷۴a	۱۷۳/۸i	۸۴/۳a	۱۸	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمالی ۵٪ ندارند.

رطوبت نسبی برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از درصد محتوای نسبی آب برگ نشان داد که از لحاظ آماری بین تاریخ‌های مختلف کاشت در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۷۹/۱٪ بیشترین درصد محتوای نسبی آب برگ را به خود اختصاص داد که با تاریخ کاشت‌های دوم و سوم در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین کمترین محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۴۵/۴٪ را تاریخ کاشت ۵ دی به خود اختصاص داد که با تاریخ کاشت چهارم (۱۵ آذر) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵).

پایداری غشاء سلول

از نظر آماری تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر پایداری غشاء سلول در سطح احتمالی ۱٪ داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین بین تاریخ‌های مختلف کاشت نشان داد که با تأخیر در کاشت، پایداری غشاء سلول کاهش می‌یابد. به‌طوری که بیشترین پایداری غشاء از تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۷۵/۶٪ و کمترین پایداری غشاء از تاریخ کاشت ۵ دی با میانگین ۴۲/۷٪ بدست آمد (جدول ۵).

کلروفیل a، b و کل

نتایج تجزیه واریانس گویای معنی‌دار بودن اثر تاریخ کاشت و اثر متقابل تیمارها در سطح احتمالی ۱٪ بر کلروفیل a بود. براساس نتایج برش‌دهی، تاریخ کاشت ۱۵ مهر از نظر کلروفیل a بین تراکم‌های مختلف کاشت

اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر کلروفیل a نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر در تراکم ۱۴ بوته در مترمربع با میانگین (۱/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشترین میزان کلروفیل a را به خود اختصاص داده است که البته با تراکم ۱۸ بوته در واحد سطح با میانگین (۱/۰۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در یک گروه آماری قرار گرفته است (جدول ۸). اثر تاریخ کاشت بر کلروفیل b در سطح احتمالی ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). به‌طوری که بیشترین میزان کلروفیل b از تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۱/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. با تأخیر در کاشت میزان آن کاهش یافت، به‌طوری که کمترین مقدار آن از تاریخ کاشت ۵ دی با میانگین (۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بدست آمد (جدول ۵). کلروفیل کل تحت تأثیر تیمارهای تاریخ کاشت، تراکم بوته و اثر متقابل آنها تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). براساس نتایج برش‌دهی، بین تاریخ‌های ۱۵ مهر و ۲۵ آبان اختلاف بین چهار تراکم بوته از نظر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طوری که در هر دو تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۵ آبان در تراکم ۱۴ بوته در مترمربع، بیشترین کلروفیل کل به‌ترتیب با میانگین ۲/۳۹ و ۱/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۸). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که با افزایش تراکم در تمامی تاریخ‌های کاشت میزان کلروفیل‌ها افزایش می‌یابد، البته از تراکم ۱۴ بوته در مترمربع به بعد میزان آنها از روند کاهشی برخوردار شده که می‌تواند ناشی از عوامل درونی گیاه، بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی خاک باشد.

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین ترکیب تیمارهای تراکم و تاریخ کاشت بر برخی صفات گل گاوزبان اروپایی

کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	پایداری غشاء سلول (%)	محتوای رطوبت نسبی (%)	تیمارها	
					تراکم (بوته در مترمربع)	تاریخ کاشت
۱/۳۷bc	۱/۱۲a	۰/۳۶d	۷۶/۷a	۷۷/۲a	۶	۱۵ مهر
۱/۴۳b	۱/۰۳a	۰/۴۳cd	۷۶/۱a	۷۶/۱a	۱۰	
۲/۳۹a	۱/۱۳a	۱/۱۳a	۷۶/۴a	۸۴/۴a	۱۴	
۲/۲۳a	۱/۲۳a	۱/۰۴a	۷۳/۲a	۷۸/۱a	۱۸	
۱/۱۱cdefg	۰/۶۰a	۰/۵۶bc	۵۹/۱a	۷۷/۶a	۶	۵ آبان
۱/۱۷bcdef	۰/۶۸a	۰/۵۸abc	۵۸/۵a	۸۴/۴a	۱۰	
۱/۲۶bcde	۰/۵۹a	۰/۶۶b	۵۵/۶a	۷۰/۱a	۱۴	
۱/۳۴bcd	۰/۴۵a	۰/۶۲b	۶۱/۱a	۷۸/۷a	۱۸	
۰/۷۸hij	۰/۳۸a	۰/۳۵d	۴۷/۱a	۷۵/۳a	۶	۲۵ آبان
۰/۸۷ghij	۰/۳۲a	۰/۳۶d	۶۸/۵a	۸۲/۵a	۱۰	
۱/۰۷defgh	۰/۵۶a	۰/۴۴cd	۴۴/۱a	۷۰/۷a	۱۴	
۱/۰۲efghi	۰/۶۷a	۰/۴۳cd	۴۵/۳a	۷۸/۹a	۱۸	
۰/۶۸j	۰/۲۸a	۰/۳۲d	۵۸/۵a	۵۰/۸a	۶	۱۵ آذر
۰/۷۵ij	۰/۵۴a	۰/۳۳d	۴۵/۶a	۴۷/۳a	۱۰	
۰/۸۹fghij	۰/۳۶a	۰/۴۲cd	۵۶/۹a	۴۴/۵a	۱۴	
۰/۷۹hij	۰/۴۶a	۰/۳۹d	۳۲/۱a	۵۲/۳a	۱۸	
۰/۶۴j	۰/۳۴a	۰/۳۱d	۳۴/۷a	۵۲/۱a	۶	۵ دی
۰/۶۶j	۰/۳۵a	۰/۳۲d	۴۵/۹a	۴۷/۲a	۱۰	
۰/۷۹hij	۰/۴۰a	۰/۴۰cd	۵۲/۳a	۳۱/۳a	۱۴	
۰/۷۶hij	۰/۳۹a	۰/۳۴d	۳۷/۸a	۵۱/۲a	۱۸	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمالی ۵٪ ندارند.

بحث

در این بررسی بین ۵ تاریخ کاشت از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به طور کلی به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت اول به علت مساعد بودن شرایط محیطی و طولانی بودن دوره رشد، فرصت کافی برای افزایش طول میان‌گره وجود داشته، در نتیجه گیاه از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار شده است. در این رابطه نیز نتایج برخی از بررسی‌ها نشان داد که افزایش دما طی دوره رشد و کاهش طول دوره باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Ebrahimi *et al.*, 2010). در این بررسی بیشترین ارتفاع از بیشترین تراکم بدست آمد. یکی از دلایل افزایش ارتفاع بوته به موازات افزایش تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند ناشی از رقابت بوته‌های گل‌گاوزبان برای استفاده از تشعشع خورشیدی باشد. در تراکم‌های بالا نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی کاهش و رقابت بین بوته‌ها برای بهره‌مندی از نور خورشید افزایش می‌یابد (Tazeh *et al.*, 2015).

عملکرد دانه در گل‌گاوزبان تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفته است، به این معنی که تأخیر در کاشت در کنار کاهش طول دوره رشد رویشی سبب اختلال در گلدهی گیاه شد که به نوبه خود کاهش تجمع ماده خشک و در نهایت کاهش عملکرد را در پی داشت (Ebrahimi *et al.*, 2010). اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشت. در هر تاریخ کاشت با افزایش تراکم بوته و در هر تراکم بوته با تأخیر زمان کاشت، عملکرد دانه کاهش یافته است. به طوری که بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۵ آبان با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع (۱۲۴۳/۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در ۵ دی با تراکم ۱۸ بوته در مترمربع (۱۷۳/۸ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد محصول نقصان می‌یابد و بیشترین عملکرد محصول هر گیاه زراعی با توجه به شرایط اقلیمی منطقه در تراکم بوته معینی بدست می‌آید (Tazeh *et al.*, 2015). انتخاب تراکم بالاتر از سطح مطلوب طی دوره رشد

رویشی باعث می‌شود که گیاه فضا و عناصر غذایی کمتری در اختیار داشته باشد که در نتیجه به دلیل نبود تناسب بین رشد رویشی و زایشی و همچنین افزایش رقابت برای جذب آب، عناصر غذایی، نور و فضا کاهش عملکرد بذر را به دنبال دارد (Mollafilabi *et al.*, 2013).

در تحقیق فوق تاریخ کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری بر روی عملکرد بیولوژیکی داشته است. تاریخ کاشت ۱۵ مهر بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی و تاریخ کاشت ۵ دی کمترین عملکرد بیولوژیکی را باعث شده است. در کشت‌های دیرهنگام، ارتفاع بوته‌ها، رشد اندام‌های رویشی کمتر و فاصله کاشت تا گلدهی کوتاه‌تر می‌شود، بنابراین انتظار می‌رود که عملکرد بیولوژیکی کمتر شود (Mollafilabi *et al.*, 2013). در تراکم‌های بالا به دلیل افزایش رقابت بوته‌ها برای بهره‌مندی بهتر از نور و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته عملکرد بیولوژیکی افزایش می‌یابد. در مطالعه روی گیاهان دارویی گل‌گاوزبان اروپایی (Tazeh *et al.*, 2015) نتایج مشابهی گزارش گردید. Pirzad و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی روی گیاه بابونه بیان کردند که در تراکم‌های بالا رقابت بین گونه‌ای معمولاً منجر به کاهش وزن تک بوته می‌شود ولی تعداد زیاد بوته کاهش وزن را جبران کرده و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح با افزایش تراکم افزایش می‌یابد.

درصد روغن نیز از فاکتورهای وابسته به تراکم است (Tazeh *et al.*, 2015). به طوری که با افزایش تراکم بوته‌های گل‌گاوزبان در واحد سطح، گیاه با کمبود بیشتری از منابع محیطی رشد مانند مواد غذایی، تشعشع و آب مواجه شده است که این امر منجر به کاهش درصد روغن دانه گردیده است. چون دانه گل‌گاوزبان محتوای مقادیر بالایی (۳۰ تا ۴۰ درصد) از روغن خام می‌باشد که ارزش دارویی و غذایی بالایی دارد (Naghdbadi *et al.*, 2012)، بدین ترتیب تراکم کاشت ۶ و ۱۰ بوته در مترمربع برای افزایش درصد روغن دانه گل‌گاوزبان مطلوب به نظر می‌رسد.

تجزیه پروتئین‌ها یا افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع افزایش می‌یابد (Savchenko *et al.*, 2002). این اسیدهای چرب به خواص و ساختمان غشاء آسیب می‌زنند و همین امر موجب افزایش در نفوذپذیری و کاهش پایداری غشاء می‌شود و خروج محلول را افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش هدایت الکتریکی است (Potter *et al.*, 1999).

حفظ کلروفیل در برگ جوان و دو برگ زیرین آن باعث تأخیر در پیری برگ و بالا رفتن عمر ماندگاری آن شد که بر انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در طی پرشدن دانه تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت. در نتیجه هرچه غلظت کلروفیل برگ بیشتر باشد عمر ماندگاری برگ بیشتر و مواد پرورده را در مدت زمان طولانی‌تری به دانه‌ها می‌فرستد، بنابراین سرعت پرشدن دانه کندتر و دوره پرشدن دانه‌ها طولانی‌تر می‌شود. در نتیجه با انتخاب تاریخ کاشت مناسب مراحل مختلف رشد گیاه با شرایط مطلوب محیطی منطبق شده که این امر سبب افزایش بازدهی فتوسنتز و در نتیجه ذخیره مطلوب مواد فتوسنتزی در دانه‌ها می‌گردد که با اظهارات Rezvani Moghaddam و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بین تیمارها، بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل کل از تاریخ ۱۵ مهر در تراکم ۱۴ بوته در مترمربع بدست آمد که با تراکم ۱۸ بوته در مترمربع در یک گروه آماری قرار گرفتند. Barzegar و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر تاریخ کاشت روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی رازیانه به این نتیجه رسیدند که با تأخیر در کاشت میزان کلروفیل کاهش یافت.

در یک نتیجه‌گیری کلی، با توجه به تاریخ‌های کشت مورد مطالعه در این بررسی، تاریخ کاشت ۵ آبان به دلیل انطباق با شرایط آب و هوایی منطقه اجرای آزمایش و بهره‌برداری بهینه از نهاده‌های تولید، از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نسبتاً بالاتری برخوردار بود. همزمان با تأخیر در کاشت صفات ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، محتوای رطوبت نسبی، پایداری غشاء سلول و غلظت کلروفیل b کاهش یافتند. همچنین

به‌طور کلی مشاهده گردید که عوامل مدیریتی می‌تواند عملکرد روغن دانه گل گاوزبان اروپایی را تحت تأثیر قرار دهد و لازم است برای دستیابی به حداکثر عملکرد روغن در این گیاه دارویی تاریخ و تراکم معینی از گیاه در واحد سطح کشت شود. در بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد روغن مشخص گردید که بیشترین میزان عملکرد روغن از تاریخ ۵ آبان و در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع بدست آمد. در این آزمایش، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین عملکرد دانه و روغن دانه در تراکم ۱۸ بوته در مترمربع حاصل شده است (جدول ۶)، که نشان می‌دهد تغییرات درصد روغن دانه متناسب با افزایش تراکم بوته در واحد سطح روند کندتری در مقایسه با تغییرات عملکرد دانه داشت. به‌طوری که درصد روغن دانه در تراکم‌های ۶ و ۱۰ بوته در واحد سطح در یک سطح آماری قرار داشتند و تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. از این نتایج چنین استنباط می‌شود که عملکرد روغن بیشتر به عملکرد دانه وابسته است و بالا بودن درصد روغن دانه نمی‌تواند دستیابی با بالاترین عملکرد روغن دانه گل گاوزبان را تضمین کند (Tazeh *et al.*, 2015).

در تحقیق فوق، تأخیر در کاشت سبب کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ و پایداری غشاء سلول شد. از آنجایی که مقدار نسبی آب برگ با حجم سلول رابطه دارد، بنابراین بازتاب مناسبی از توازن میان عرضه آب به برگ، پتانسیل آب برگ و بالاخره وضعیت رطوبتی گیاه است (Martinez-Carrasco *et al.*, 2005). با تأخیر در تاریخ کاشت و افزایش دمای هوا، دمای برگ نیز افزایش می‌یابد. افزایش دمای برگ سبب می‌شود تا فشار بخار اشباع برگ به‌شدت بالا رود و در اثر افزایش فشار بخار بین برگ و هوا، سرعت تعرق نیز افزایش می‌یابد (Wahid *et al.*, 2007). نتایج این آزمایش با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Asgarnejad *et al.*, 2015). دمای بالا، حرکت مولکول‌ها را تسریع کرده و پیوند داخل ماکرومولکول‌ها را سست می‌نماید، از این رو سیالیت دو لایه چربی غشاء به دلیل

- date and plant density effects in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 1&2(2): 77-87.
- Ebrahimi, A., Moaveni, P. and Aliabadi Farahani, H., 2010. Effects of planting dates and compost on mucilage variations in borage (*Borago officinalis* L.) under different chemical fertilization systems. International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research, 1(5): 58-61.
 - EL-Hafid, R.E., Blade, S.F. and Hoyano, Y., 2003. Seeding date and nitrogen fertilization effect on the performance of borage (*Borago officinalis* L.). Industrial Crops Products, 16: 193-199.
 - Farhadi, N., Souri, M.K., Alirezalou, A. and Angorani, H., 2012. Effect of planting date on yield and physicochemical characteristics of *Ricinus communis* L. oil. Journal of Horticultural Science, 26(3): 334-342.
 - Fathi, Gh., Enayate Gholizadeh, M.R. and Razzaz, M., 2012. Response of yield and yield components of rapeseed cultivars and planting dates to heat. Journal of Plant Physiology, 4(13): 21-36.
 - Heidari, M. and Minaei, A., 2014. Effects of drought stress and humic acid application on flower yield and content of macro-elements in medical plant borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Products Research, 21(1): 167-182.
 - Khajehpour, M., 2014. Fundamentals of Agriculture. Jihad University Publishing of Isfahan, Iran, 658p.
 - Luts, S., Kinet, J.M. and Bouhanmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78: 389-398.
 - Martinez-Carrasco, R., Perez, P. and Morcuende, R., 2005. Interactive effects of evaluate CO₂, temperature and nitrogen on photosynthesis of wheat grown under temperature gradient tunnels. Journal of Environment and Experimental Botany, 54: 49-59.
 - Mollafilabi, A., Khorramdel, S., Siahmarguee, A. and Shourideh, H., 2013. Plant density and nitrogen fertilizer effects on yield and qualitative characteristics of marigold (*Calendula officinalis* L.) under Torbat-e-Jam climatic conditions. Journal of Plant Production, 20(4): 83-100.
 - Naghdibadi, H., Sorushzadeh, A., Rezazadeh, Sh., Sharifi, M., Ghalavand, A. and Omid, H., 2007. Borage (*Borago officinalis* L.): A review. Journal of Medicinal Plants, 6(4): 1-13.
- با افزایش تراکم بوته ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی افزایش یافته، ولی درصد روغن روند کاهشی پیدا کرد. به‌طور کلی با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه (۱۲۴۳/۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۴۷۰/۳ کیلوگرم در هکتار) گل گاوزبان اروپایی، تاریخ کاشت ۵ آبان در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع در منطقه اهواز توصیه می‌شود.
- ### منابع مورد استفاده
- Akbarinia, A., Karamaty, M. and Hadi Tavatori, M.H., 2007. Effect of irrigation intervals on flower yield of *Echium amoenum* Mey & Fisch. Pajouhesh & Sazandegi, 76: 122-128.
 - Asgarnejad, M.R., Zarei, Gh. and Zarezadeh, A., 2015. Effect of planting date and density on yield and yield components of Black mustard (*Brassica nigra* L.) in Abarkuh climate. Production of crops, 8(3): 183-198.
 - Ashori, D., Hosseini, A.N. and Safarzadeh, M.N., 2014. Effect of plant density and planting arrangement on yield and yield components of (*Echium amoenum* Fisch & Mey) in Guilan province. Journal Horticulture Science, 28(2): 135-143.
 - Ashraf, M.Y., Azmi, A.R., Khan, A.H. and Ala, S.A., 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum, 16(3): 185-191.
 - Baloch, A.W., Soomro, A.M., Javed, M.A., Ahmad, A., Bughio, H.R., Bughio, M.S. and Mastoi, N., 2002. Optimum plant density for high yield in rice. Asian Journal of Plant Sciences, 1: 25-27.
 - Barzegar, M., Afshari, H., Borhan, N., Laei, Gh. and Zadehbagheri, N., 2013. The effect of planting date and symbiotic Mycorrhiza fungi on physiological characteristics and active ingredients of three medicinal plants cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) endemic to Iran. Eco-phytochemical Journal of Medical Plants, 2: 51-64.
 - Daneshfar, A., 2009. Investigation of genetic diversity and reproductive changes (growth, flowering and yield of active ingredients) in various populations Iranian *Echium amoenum* Fisch & May. Master Thesis in Agriculture, Tarbiat Modares University.
 - Daneshian, J., Jamshidi, A., Jonoubi, P. and Shiranirad, A.H., 2011. Study of oil yield variation under sowing

- grain filling effects of timing, duration and intensity of exposure to stress. *European Journal of Agronomy*, 28: 258-266.
- Savchenko, G.E., Klyunchareva, E.A., Abrabchik, L.M. and Serdyuchenko, E.V., 2002. Effect of periodic heat shock on the membrane system of etioplasts. *Russian Journal of Plant Physiology*, 49: 349-359.
 - Sepehri, A., Mehranrad, T. and Karami, A., 2015. Effect of planting date and plant density on yield, harvest index and calendic acid content of two varieties of marigold (*Calendula officinalis* L.) in Arak. *Journal of Sustainable Agricultural and Production Science*, 8(3): 183-198.
 - Soltani, A., 2010. Re-consideration of Application of Statistical Methods in Agricultural Researches. Jihad University Publishing of Mashhad, Iran, 74p.
 - Tazeh, K., Piri, I. and Mostafavi Rad, M., 2015. Effects of plant density on flower, essential oil yield and some important agronomic indices of borage (*Borago officinalis* L.). *Plant Production Research*, 22(4): 87-100.
 - Uquiche, E., Jerez, M. and Ortiz, J., 2008. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts. *Journal of Innovative Food Science Emerging Technologies*, 9: 495-500.
 - Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R., 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 199-223.
 - Zand, A., Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M., 2013. Effects of phosphate solubilizing micro organisms and plant density on seed yield and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 14(7): 940-946.
 - Naghdibadi, H., Zainali Mobarakeh, Z., Omid, H. and Reza Zadeh, S., 2012. Morphologic, agronomic and phytochemical changes in borage (*Borago officinalis* L.) as effected by chemical and biofertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 9: 145-156.
 - Omidbaigi, R., 1998. Effect of planting method and planting time on the production of sibulatybin and its active ingredients. *Journal of Seedlings and Seeds*, 14(1): 24-31.
 - Omidbaigi, R., 2005. Production and Processing of Medicinal Plants (Vol 3). Behnashr Publication Mashhad, Iran, 347p.
 - Pirzad, A., Aliary, H., Shakiba, M., Salmasi, S. and Mohammadi, A., 2008. Effects of irrigation and plant density on water use efficiency for essential oil production in Germany chamomil (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Agricultural Science*, 18: 49-58.
 - Potter, T.D., Kay, J.R., Ludwig, I.R. and Frischke, B.M., 1999. Effect of row spacing and sowing rate on Canola cultivars with varying early vigour. *South Australia Journal Research and Development Institute*, 635-641.
 - Rezvani Moghaddam, P., Bromand Rezazadeh, Z., Mohamad Abadi, A.A. and Sharif, A., 2008. Effects of sowing dates and different fertilizers on yield, yield components, and oil percentage of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(2): 303-313.
 - Richie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30: 105-111.
 - Rondanini, D.B., Anita, M., Roxana, S. and Antonio, H., 2005. Responses of sunflower yield and grain quality to alternating day/night high temperature regimes during

Evaluation of yield and some physiological characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) under plant density and sowing dates in Ahwaz region

H. Hasanvand^{1*}, S.A. Siadat², A.M. Bakhshandeh², M.R. Moradi Telavat² and A. Poshtdar²

1*- Corresponding author, Ph.D. student, Department of Agronomy, Khuzestan Agricultural sciences and Natural Resources University, Mollasani, Khuzestan, Iran, E-mail: h1167.hasanvand@gmail.com

2- Department of Agronomy, Khuzestan Agricultural sciences and Natural Resources University, Mollasani, Khuzestan, Iran

Received: August 2017

Revised: November 2017

Accepted: December 2017

Abstract

In order to study the yield and some physiological characteristics of borage (*Borago officinalis* L.) under different plant densities and sowing dates in Ahwaz city, an experiment was carried out in a split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications in Khuzestan Ramin Agriculture and Natural Resources University, Iran during 2016-2017. The treatments included sowing date as main plot in five levels (15 October, 5 November, 25 November, 15 December and 5 January) and plant densities as sub-factor in four levels (6, 10, 14 and 18 plant per m²) were considered. The results showed that delayed sowing (5 January) caused an increased temperature at flowering stage and significantly reduced the grain yield and biological yield (182.22 and 1443.4 kg ha⁻¹, respectively). The sowing dates of 5 November at a density of 10 plants/m² caused the highest grain yield and oil yield with average values of 1243.82 and 437.47 kg ha⁻¹, respectively. The sowing date of 15 October at a density of 14 plants/m² caused the highest chlorophyll a and total chlorophyll content with average values of 1.13 and 3.39 mg/g fw, respectively. A delay in sowing date from 15 October to 5 January led to a decreased relative leaf water content, cell membrane stability and chlorophyll content. High plant density per m² increased the plant height and biological yield and reduced the oil percentage. Sowing date had significant effects on all traits expect oil percentage.

Keywords: Borage (*Borago officinalis* L.), chlorophyll content, membrane stability, oil yield, relative leaf water content.