

اثر تراکم و جبرین بر برخی صفات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و محتوای اسانس در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

پویا آروین^{۱*} و رعنا فیروزه^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیک: Pooya.arvin@gmail.com

۲- دکترا، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

چکیده

به منظور مطالعه تراکم گیاهی در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و تأثیر محلول پاشی جبرین در دو سطح (صفر و ۱۰۰ میکروگرم در لیتر) بر روی تعدادی از صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور بجنورد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام شد. برهم کنش تراکم ۲۰ بوته و جبرین بالاترین مقدار عددی درصد ماده خشک گیاه، تعداد شاخه جانبی و تعداد برگ را نشان داد. تراکم ۲۰ بوته با ۷۹/۲۲۰ (mg g⁻¹ F.W) بیشترین مقدار قند را کسب کرد و کاربرد جبرین باعث افزایش ۱۲/۷ درصدی محتوای قند نسبت به نمونه شاهد شد. با افزایش تراکم، محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئید کاهش یافت. اثر متقابل تراکم ۲۰ بوته به همراه جبرین با ۱۱/۷۲ (mg g⁻¹ F.W) بیشترین و تراکم ۵۰ بوته در عدم کاربرد جبرین با ۷/۶۰ (mg g⁻¹ F.W) کمترین مقدار کلروفیل a را نشان داد. عملکرد دانه با ۲۲/۶۸۶ کیلوگرم در هکتار و درصد اسانس با ۳۲۷/۰٪ در کاربرد جبرین بیشترین مقدار را نسبت به نمونه شاهد کسب کردند. در تراکم ۲۰ بوته بیشترین تعداد چتر مرکب و در تراکم ۳۰ بوته بیشترین مقدار دانه در چتر مرکب بدست آمد، ولی وزن هزاردانه، عملکرد نهایی، عملکرد اسانس و درصد اسانس در تراکم ۵۰ بوته بیشترین مقدار بود. به طور کلی در تراکم های بیشتر، به نظر می رسد عملکرد نهایی به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح افزایش یابد ولی اجزای عملکردی کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: رنگیزه های فتوسنتزی، محتوی قند، هورمون گیاهی، اجزاء عملکرد، عملکرد.

مقدمه

خشک شدن بسیار خوشبو و معطر می شود؛ به طوری که در برخی غذاها به عنوان ادویه و طعم دهنده از آن استفاده می شود (Ghobadi & Fatahi, 2016). گشنیز در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی، شکلات و نوشابه سازی استفاده های فراوانی دارد. در منابع مختلف برای این گیاه خاصیت ضد میکروبی، کاهش قند خون، کاهش چربی خون، پایین آورنده فشارخون و ضد اضطراب آورده شده است

گشنیز گیاهی دارویی، معطر و یک ساله از خانواده چتریان با نام علمی (*Coriandrum sativum* L.) است. این گیاه دارای ساقه های کم و بیش ایستاده، منشعب و بدون کرک است که هر ساقه آن به یک گل آذین ختم می شود. گل آذین به صورت چتر مرکب بوده و میوه آن گرد و به رنگ زرد است، بوی تازه آن خیلی مطبوع نیست، ولی بر اثر

(Emamghoreishi *et al.*, 2005).

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌عنوان محرک یا بازدارنده قسمتی از سیستم رشد طبیعی گیاه می‌باشد که آثار آن در ساختار سایه‌انداز و صفاتی که در ارتباط با عملکرد گیاه است مشاهده شده است (Swathi, 2012). جیبرلین از جمله هورمون‌های گیاهی است که نقش مهمی در مراحل رشد و نمو گیاه ایفاء می‌کند. فراوان‌ترین نوع جیبرلین، GA_3 می‌باشد که به‌طور نیمه صنعتی و با کشت قارچ جیبرلا (*Gibberella*) در محیط کشت بدست می‌آید (Firouzeh, 2015). مطالعات زیادی نشان داده که جیبرلین‌ها با فرایندهای گیاهی از جمله بروز جنسیت، پیری، پارتنوکاری، طولیل شدن هیپوکوتیل و ساقه، توسعه برگ، تشکیل گل و تحریک برخی از آنزیم‌های هیدرولیتیک در آلورون دانه مرتبط هستند، ولی به‌طور کلی افزایش رشد گیاهان از طریق طولیل کردن فواصل میان‌گره ساقه، بارزترین و مهمترین اثر جیبرلین‌ها به‌شمار می‌آید (Abd El-Aal *et al.*, 2008; Hays *et al.*, 2002). به‌عنوان مثال کاربرد مقادیر مختلفی از جیبرلین در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) باعث افزایش معنی‌داری در صفات ارتفاع، وزن تر و خشک، تعداد شاخه جانبی و عملکرد زیستی گردید (Singh, 2010). همچنین تأثیر کاربرد GA_3 در افزایش ارتفاع و افزایش وزن تر و خشک در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) توسط Kavina و همکاران (2011) و گیاه گشنیز توسط Kahn و Maness (2010) گزارش شده‌است. در گیاه اسطوخودوس (*Lavandula officinalis* Chaix) نیز کاربرد جیبرلین با مقدار 300 میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ گردید (Hassanpour Aghdam *et al.*, 2011). کاربرد محلول‌پاشی جیبرلین در افزایش محتوای کلروفیل، افزایش زیست‌توده گیاهی و عملکرد ماده خشک گیاهی و اسانس در گیاه اسطوخودوس توسط Hassanpour Aghdam و همکاران (2011)، گیاه درمنه (*Artemisia annua*) توسط Abad-farooqi و همکاران (1996)، گیاه نعناع هندی (*Pogostemon cablin*) توسط Anilkumar

(2005) و گیاه گشنیز توسط Meena و همکاران (2006) بدست آمد.

تحقیقات مختلف نشان داده گیاهان به تراکم‌های مختلف از طریق تغییرات در اندازه و تعداد اندام پاسخ می‌دهند. پاسخ گیاهان به تراکم می‌تواند به‌طور عددی به‌وسیله "قانون عملکرد متقابل" شرح داده شود. هنگامی که تراکم گیاهی تغییر می‌کند، محیط هر گیاه نیز بر حسب شدت نور، کیفیت و در دسترس بودن منابع مانند آب و مواد غذایی تغییر خواهد کرد (Villalobos *et al.*, 2017). تراکم مطلوب بوته در واحد سطح هم به عوامل زیادی از جمله خصوصیت‌های ظاهری گیاه، تاریخ کاشت و شرایط آبیاری بستگی دارد. اگرچه تراکم مطلوب برای گشنیز به‌طور کلی 50 تا 70 بوته در مترمربع توصیه شده است (Omidbaigi, 2007) اما محققان نتایج متفاوتی بدست آورده‌اند. نتایج یک مطالعه نشان داد که افزایش تراکم گشنیز از 20 به 60 بوته در مترمربع موجب افزایش عملکرد دانه گردید ولی تعداد چتر در بوته کاهش یافت (Moosavi, 2012). همچنین گزارش شده است که در گیاه گشنیز با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، تعداد چتر و تعداد دانه در چتر به‌صورت خطی کاهش پیدا کرده است و در تراکم‌های بالا دانه‌های شاخه‌های فرعی به‌صورت نارس مانده‌اند (Ayanoglu *et al.*, 2002).

Dierchesen (1996) بیان کرد که در صورت کاهش تراکم بوته در گشنیز، گیاه از طریق ایجاد شاخه‌های جدید کاهش عملکرد را جبران می‌کند. Masood و همکاران (2004) گزارش کردند در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*) با افزایش تراکم گیاهی، ارتفاع گیاه افزایش یافت. Nakhaei و همکاران (2012) همچنین نشان دادند که هر چند افزایش تراکم از 10 به 20 بوته در مترمربع در رازیانه باعث کاهش معنی‌دار تعداد میوه در چتر و وزن هزاردانه شد، اما صفات عملکرد میوه و تعداد چتر در مترمربع را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در بررسی Nakhzari Moghaddam (2009) بر روی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) تأثیر تراکم‌های 25، 50، 100 و 150 بوته زیره سبز در

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور بجنورد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام شد. شهرستان بجنورد با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۰ دقیقه و با ارتفاع ۱۲۱۰ متر از سطح دریا واقع شده است. نمونه برداری از خاک قبل از آزمایش در عمق ۳۰ سانتی متری انجام شد و نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ آمده است.

وضعیت عمومی آب و هوای منطقه نیز در طول زمان آزمایش براساس آمار هواشناسی ایستگاه بجنورد در جدول ۲ آمده است.

مترمربع نشان داد که اثر تراکم بر تعداد چتر در بوته، تعداد میوه در چتر و عملکرد میوه در تک بوته در سطح ۱٪ معنی دار بود. در این بررسی با افزایش تراکم از ۲۵ به ۲۰۰ بوته در مترمربع، تعداد چتر در بوته، تعداد میوه در چتر و عملکرد تک بوته به طور معنی داری کاهش یافت. Akbarinia و همکاران (۲۰۰۶) و Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که عملکرد و درصد اسانس در گیاه گشنیز در راستای افزایش تراکم افزایش یافت. از این رو به منظور تحلیل سطوح مختلف تراکم گیاهی و کاربرد جیبرلین به عنوان یک تنظیم کننده محرک رشد گیاهی، آزمایشی بر روی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه دارویی گشنیز انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

بافت خاک	اسیدیته (pH)	کربن آلی خاک (%)	ازت کل خاک (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
لوم سیلتی رس	۸/۳۵	۱/۰۱۱	۰/۱۰۹	۱۰	۳۳۱	۱۹	۵۳	۲۸	۱/۲۳

جدول ۲- آمار هواشناسی از ایستگاه بجنورد (سال ۱۳۹۵)

ماه	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	۶	۲۰	۰/۵
اردیبهشت	۱۳	۲۶	۱/۳
خرداد	۱۶	۳۱	۰/۴
تیر	۱۹	۳۲	۰/۱

ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی متر بود. بذرها به منظور مبارزه با برخی بیماری‌ها و آفات گیاهی به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ جهت ضدعفونی قرار داده شدند، سپس طی سه مرحله آبشویی در عمق ۳ تا ۵ سانتی متری در داخل شیارهای ایجاد شده با دست کشت شدند. آبیاری کرت‌ها با استفاده از سیفون، از

در این مطالعه تأثیر تراکم گیاهی در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و محلول‌پاشی جیبرلین در دو سطح (صفر و ۱۰۰ میکروگرم در لیتر) بر روی تعدادی از صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه دارویی گشنیز انجام شد. کاشت بذر در ۲۴ فروردین ماه انجام شد. هر کرت دارای پنج خط سه متری و فاصله

۳ ساعت با دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. اسانس حاصل به کمک سولفات سدیم رطوبت‌زدایی گردید و با توزین مقدار اسانس بدست آمد. عملکرد اسانس نیز از حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد بذر بدست آمد. در مراحل پایانی مرحله زایشی تعداد ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و صفات ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر و تعداد دانه در چتر مرکب شمارش و بر مبنای تک بوته گزارش شد. تعداد هزاردانه با دستگاه بذر شمار محاسبه و در نهایت وزن هزاردانه با ترازوی دیجیتال توزین شد. برای محاسبه عملکرد بذر، سطحی برابر دو مترمربع از قسمت میانی کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت شد و میزان بذر براساس کیلوگرم در هکتار گزارش گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌های بدست‌آمده از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.1 استفاده شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام گردید.

نتایج

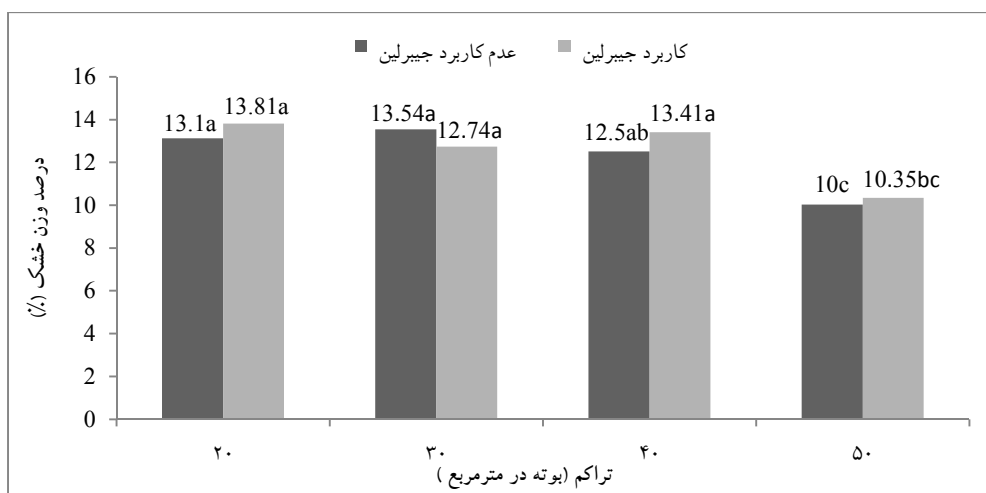
درصد وزن خشک تک بوته گیاه

بررسی‌ها و نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تراکم در مورد صفت درصد وزن خشک گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و با افزایش تراکم روند کاهش در این صفت مشهود بود. به این ترتیب (جدول ۴) تراکم ۲۰ بوته با ۱۳/۴۷٪ بیشترین و تراکم ۵۰ بوته با ۱۰/۱۹٪ کمترین درصد وزن خشک گیاه را نشان دادند. همچنین اثر متقابل تراکم در جیبرلین نشان داد که اثر تراکم ۲۰ بوته در کاربرد جیبرلین با ۱۳/۸۱٪ بیشترین و تراکم ۵۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین با ۱۰٪ کمترین میزان را از لحاظ عددی به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

مرحله سبز شدن تا انتهای دوره گلدهی و تشکیل میوه با توجه به شرایط آب و هوایی و نیاز گیاه هر ۳ تا ۵ روز انجام شد. در مرحله چهار برگی، برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر گیاهان تنک گردید. برای تیمار جیبرلین نیز از پودر خالص جیبرلین حل شده در اتانول که در غلظت ۱۰۰ میکروگرم در لیتر تهیه شده بود به‌صورت محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها در دو مرحله شامل مرحله اول، یک هفته بعد از تنک کردن و مرحله دوم به فاصله دو هفته پس از محلول‌پاشی اول استفاده شد. در مراحل پایانی مرحله رویشی و قبل از آغاز گلدهی برای محاسبه درصد وزن خشک گیاه، ۵ بوته از هر کرت انتخاب و میزان وزن تر محاسبه شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و دوباره توزین گردید. پس از تقسیم وزن خشک گیاه بر وزن تر و ضرب آن در عدد ۱۰۰، درصد وزن خشک گیاه براساس تک بوته بدست آمد. در این مرحله شمارش برگ نیز از ۱۰ بوته انجام و میانگین برای تک بوته گزارش شد.

برای سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler (۱۹۹۴) استفاده شد.

مقدار قندهای احیاءکننده نیز با استفاده از روش Somogyi (۱۹۵۲) اندازه‌گیری شد. به این منظور ابتدا به عصاره‌های برگی، محلول سولفات مس اضافه شد و در درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند، سپس به نمونه‌ها محلول اسید فسفومولیبدیک اضافه گردید و پس از پخش یکسان رنگ آبی پدید آمده در لوله‌ها، جذب در طول موج ۶۰۰ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر خوانده و غلظت قندهای احیاءکننده با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد. برای تعیین مقدار اسانس، ۱۰۰ گرم بذر از هر تیمار پس از آسیاب شدن به روش تقطیر با آب به مدت

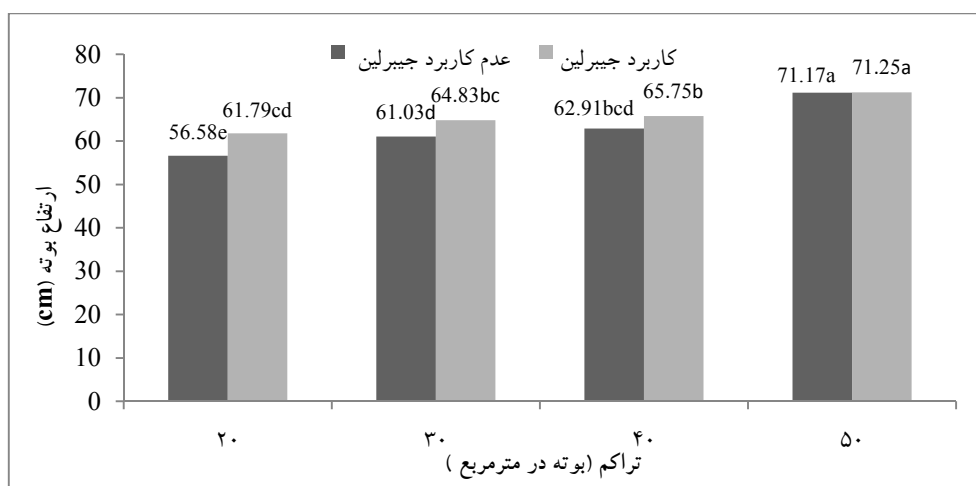


شکل ۱- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای درصد وزن خشک بوته گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

همچنین کاربرد جیبرلین نسبت به عدم کاربرد آن باعث افزایش ۴/۷ درصدی صفت ارتفاع شد (جدول ۴). اثر متقابل تراکم ۵۰ بوته به همراه کاربرد جیبرلین با ۷۱/۲۵ سانتی‌متر بلندترین ارتفاع و تراکم ۲۰ بوته و عدم کاربرد جیبرلین با ۵۶/۵۸ سانتی‌متر کوتاه‌ترین ارتفاع را در بین ترکیب‌های تیماری این آزمایش نشان دادند (شکل ۲).

صفت ارتفاع در زمان برداشت

نتایج بدست‌آمده نشان داد که اثر ساده تراکم و جیبرلین بر ارتفاع، در سطح ۱٪ به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار بود (جدول ۳). به‌طوری‌که با افزایش تراکم روند افزایشی در ارتفاع بوته‌ها بدست آمد. میانگین داده‌ها نیز مشخص کرد که تراکم ۵۰ بوته با ۷۱/۲۱ سانتی‌متر بیشترین و تراکم ۲۰ بوته با ۵۹/۱۹ سانتی‌متر کمترین مقدار را نشان دادند.



شکل ۲- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای ارتفاع بوته در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه گشنیز

میانگین مربعات														منبع تغییرات	
درجه آزادی	درصد وزن خشک گیاه	ارتفاع	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	قند	تعداد گل آذین (چتر مرکب)	تعداد دانه در چتر مرکب	عملکرد اسانس	وزن هزاردانه	عملکرد دانه در هکتار	درصد اسانس	
۲	۱۹/۱	۵۱/۶۳	۱/۵۴	۲۳/۶۲	۰/۹۵	۲/۸	۴/۹*	۳۳۶/۴	۰/۲۹۱	۰/۵۴	۰/۷۶۷۶۳	۰/۱۲۷	۱۰۱۹۳	۰/۰۰۰۰۶	بلوک
۳	۱۳/۷**	۱۵۱/۴۳**	۱۴۹/۶**	۱۶۱۴/۹**	۱۰۶/۱**	۴۷/۱۰۲**	۲/۷۱ns	۴۸۰۰**	۱۵/۵**	۱۰۵۲**	۵/۰۳۱۶**	۰/۸۵۴**	۶۹۴۹۵**	۰/۰۰۴۳۳**	تراکم
۱	۰/۴۴ns	۵۳/۴۲**	۲۸/۱۶**	۱۹۸۰/۱**	۴۳/۴۷**	۱۰/۰۶**	۲/۰۸ns	۲۷۴۸**	۰/۰۴۱ns	۲۲۲**	۴۳/۱۷**	۰/۰۷ns	۹۸۸۷۱**	۰/۰۰۱۷**	جیبرلین
۳	۰/۸۶ns	۷/۰۰۹ns	۱/۱۶ns	۱۴/۵ns	۹/۲*	۰/۷۳ns	۰/۱۸ns	۱۹۸ns	۰/۸۱۹*	۳۶/۵۹**	۳/۲۲**	۰/۲۰۷ns	۲۹۳۴ns	۰/۰۰۰۰۶ns	تراکم × جیبرلین
۱۴	۱/۸۴	۴/۵۷	۱/۵۴۱	۴۹/۹۱	۲/۴	۰/۷۴۹	۰/۸۲۶۳	۱۳۶	۰/۲۴۴	۵/۵۸	۰/۰۴۸۹۶	۰/۱۴۲	۶۵۰۲	۰/۰۰۰۰۲۹	خطا
	(%)	۷/۰۷	۳/۳۲	۶/۴	۲/۳	۳/۵۳	۴/۸۶	۶/۵۳	۶/۲	۴/۷	۱۰/۴	۵/۹	۱۲/۲	۲/۶	ضریب تغییرات

*, **, ns: به ترتیب معنی داری در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم معنی داری

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح ساده تراکم و جیبرلین برای صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه گشنیز با سطح احتمال ۵٪

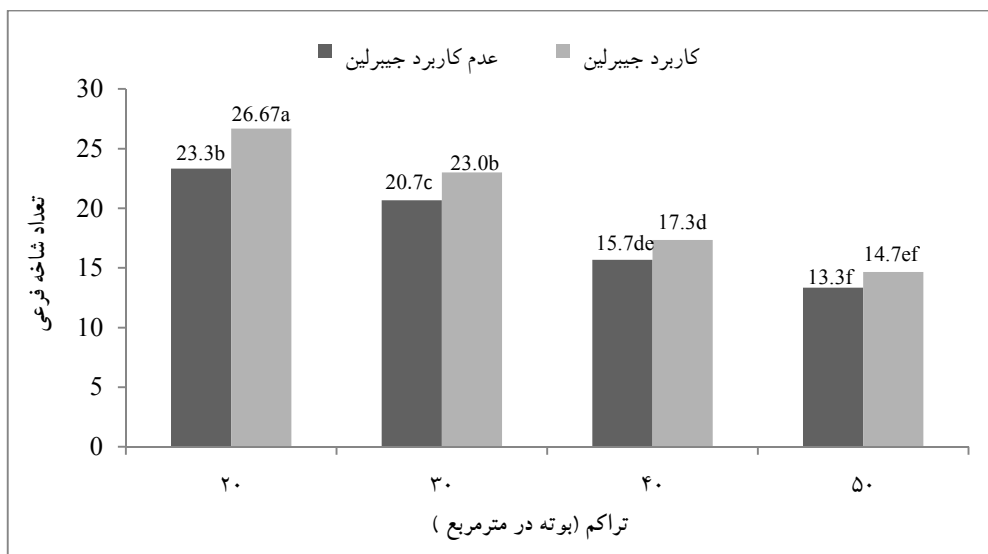
فاکتور	سطوح تیماری	درصد وزن خشک گیاه (%)	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	کلروفیل a (mg g ⁻¹ F.W.)	کلروفیل b (mg g ⁻¹ F.W.)	کاروتنوئید (mg g ⁻¹ F.W.)	قند (mg g ⁻¹ F.W.)	تعداد گل آذین (چتر مرکب)	تعداد دانه در چتر مرکب	عملکرد اسانس (Kg ha ⁻¹)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه در هکتار (Kg ha ⁻¹)	درصد اسانس (%)
تراکم	۲۰	۱۳/۴۷a	۵۹/۱۹c	۲۵a	۱۳۱/۱۷a	۷۰/۸۴a	۲۷/۷۴a	۱۹/۲۰ab	۲۲۰/۷۹a	۷/۳a	۴۸/۱۷b	۱/۳۰۳c	۵/۹۸b	۴۲۹/۵b	۰/۲۸۶۱c
	۳۰	۱۳/۱۴a	۶۲/۹۳b	۲۱/۸۳b	۱۱۲b	۶۷/۵۱b	۲۵/۱۶b	۱۹/۳۴a	۱۷۱/۰۶b	۵/۲d	۶۸/۵۰a	۲/۱۹۳b	۶/۲۳b	۶۷۷/۱a	۰/۳۰۵b
	۴۰	۱۲/۹۶b	۶۴/۳۳b	۱۶/۵۰c	۱۰۶/۳۳b	۶۲/۳۶c	۲۱/۴۳c	۱۸/۰۳b	۱۵۸/۱۳b	۶/۸b	۴۶b	۲/۴۵۰ab	۶/۱۷b	۷۷۳/۵a	۰/۳۳۸ab
	۵۰	۱۰/۱۹c	۷۱/۲۱a	۱۴d	۹۱/۵۰c	۶۲/۲۱c	۲۳/۵۷d	۱۸/۱۹ab	۱۶۶/۵۳b	۶/۱c	۳۷/۱۷c	۲/۵۶۲a	۶/۸۵a	۷۷۴/۵a	۰/۳۴۲۱a
جیبرلین	۰	۱۲/۳۰a	۶۲/۹۲b	۱۸/۲۵b	۱۰۱/۱۷b	۶۴/۳۹b	۲۵/۱۲a	۱۸/۹۸a	۱۶۸/۴۳b	۶/۳a	۴۶/۹۲b	۱/۹۱۲b	۶/۳۶a	۶۴۱/۲۰b	۰/۳۱۱b
	۱۰۰	۱۲/۵۸a	۶۵/۹۰a	۲۰/۴۲a	۱۱۹/۳۳a	۶۷/۰۸a	۲۳/۸۳b	۱۸/۴۰a	۱۸۹/۸۳a	۶/۲۴a	۵۳a	۲/۳۴۰a	۶/۲۵a	۶۸۶/۲۲a	۰/۳۲۷a

اعداد دارای حروف مشابه در یک سطح آماری قرار دارند.

صفت تعداد شاخه جانبی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اثر تراکم و اثر جیبرلین وجود داشت. به این ترتیب، تراکم ۲۰ بوته با ۲۵ عدد و تراکم ۵۰ بوته با ۱۴ عدد بیشینه و کمینه این صفت را نشان دادند (جدول ۴). همچنین کاربرد جیبرلین باعث تولید ۱۱/۹ درصدی بیشتر

شاخه جانبی نسبت به عدم کاربرد آن شد. البته میزان تغییرات اثر تراکم در جیبرلین در صفت شاخه فرعی از ۲۶/۶۷ عدد در تراکم ۲۰ بوته در کاربرد جیبرلین تا ۱۳/۳ عدد در تراکم ۵۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین متغیر بود (شکل ۳).

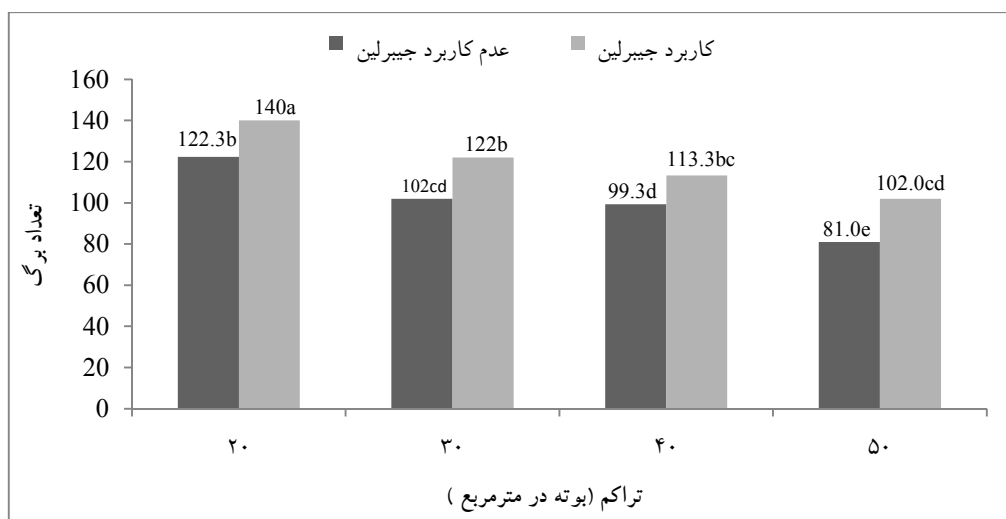


شکل ۳- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای شاخه فرعی در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

صفت تعداد برگ

همانگونه که جدول واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۳) اثر ساده تراکم و جیبرلین بر صفت تعداد برگ گیاه دارویی گشنیز در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. براساس جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، تغییرات صفت تعداد برگ از ۱۳۱/۱۷ برگ در تراکم ۲۰ بوته تا ۹۱/۵ برگ در تراکم

۵۰ بوته متغیر بود. همچنین کاربرد جیبرلین به‌طور آماری باعث افزایش ۱۸ درصدی صفت تعداد برگ نسبت به عدم کاربرد آن شد. به‌طوری که تراکم ۲۰ بوته به همراه کاربرد جیبرلین با ۱۴۰ برگ بیشترین و تراکم ۵۰ بوته با عدم کاربرد جیبرلین با ۸۱ برگ کمترین مقدار عددی را کسب کردند (شکل ۴).

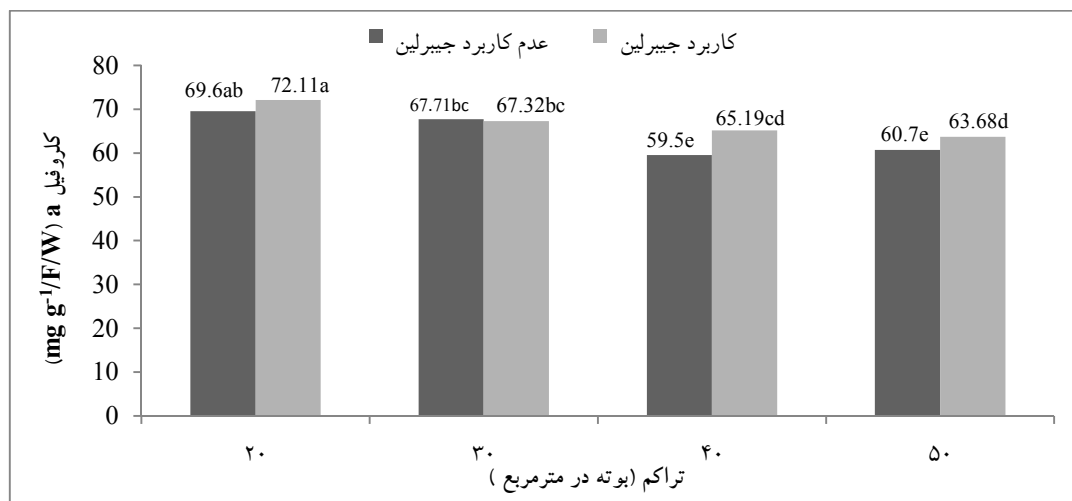


شکل ۴- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای تعداد برگ در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

این صفت را نشان دادند. همچنین کاربرد جیبرلین نیز باعث افزایش معنی دار ۴/۱ درصدی محتوای کلروفیل a نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۴). اثر متقابل تراکم ۲۰ بوته در کاربرد جیبرلین با ۷۲/۱۱ (mg g⁻¹ F.W.) بیشترین و تراکم ۵۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین با ۶۰/۷ (mg g⁻¹ F.W.) کمترین مقدار را نشان داد (شکل ۵).

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

کلروفیل a: نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد هر سه ترکیب تیماری بر صفت کلروفیل a در گیاه گشنیز مورد آزمایش اثر معنی داری گذاشت (جدول ۳). مطابق نتایج جدول مقایسه میانگین، تراکم ۲۰ بوته با ۷۰/۸۴ (mg g⁻¹ F.W.) بیشترین و تراکم ۵۰ بوته با ۶۲/۲۱ (mg g⁻¹ F.W.) کمترین



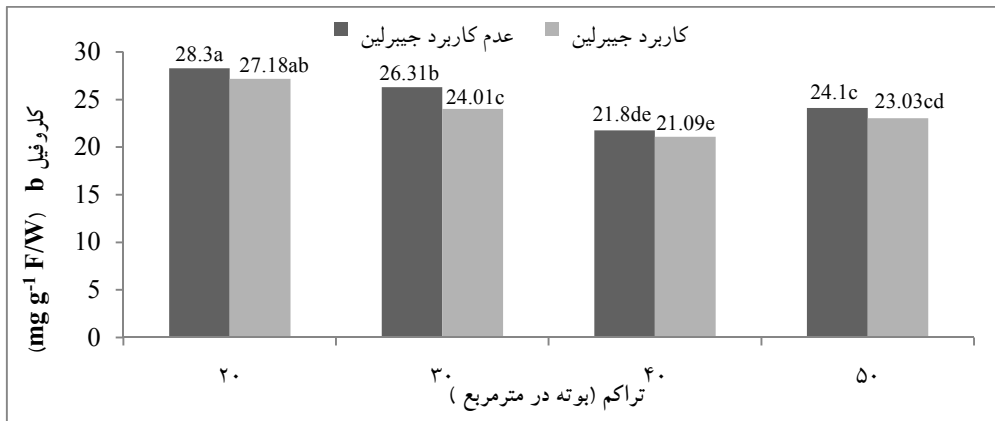
شکل ۵- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای کلروفیل a در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

کلروفیل b در سطح ۱٪ معنی دار بود. با افزایش تراکم روند کاهشی در این صفت مشهود بود. با توجه به نتایج مقایسه

کلروفیل b: بررسی‌ها و نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده تراکم و جیبرلین بر صفت

اثر متقابل تراکم در جیبرلین در صفت کلروفیل b از تراکم ۲۰ بوته در تراکم ۲۸/۳ (mg g⁻¹ F.W) جیبرلین تا تراکم ۲۳/۰۳ در تراکم ۵۰ بوته در کاربرد جیبرلین متغیر بود (شکل ۶).

میانگین تراکم ۲۰ بوته با ۲۷/۷۴ (mg g⁻¹ F.W) بیشترین و تراکم ۴۰ بوته با ۲۱/۴۳ (mg g⁻¹ F.W) کمترین مقدار را نشان دادند. البته عدم کاربرد جیبرلین نسبت به کاربرد آن مقدار بالاتری را در این صفت نشان داد. همچنین تغییرات



شکل ۶- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای کلروفیل b در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

کاروتنوئید: تحلیل داده‌های جدول تجزیه واریانس عدم معنی‌داری محتوای کاروتنوئید را در ترکیب‌های تیماری طراحی شده در این آزمایش نشان داد (جدول ۳). با این حال تغییرات عددی بین اثر متقابل این صفت از

۱۹/۷۸ (mg g⁻¹ F.W) در تراکم ۳۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین تا ۱۸/۱۳ (mg g⁻¹ F.W) در تراکم ۵۰ بوته در کاربرد جیبرلین متغیر بود (شکل ۷).

کاروتنوئید: تحلیل داده‌های جدول تجزیه واریانس عدم معنی‌داری محتوای کاروتنوئید را در ترکیب‌های تیماری طراحی شده در این آزمایش نشان داد (جدول ۳). با این حال تغییرات عددی بین اثر متقابل این صفت از

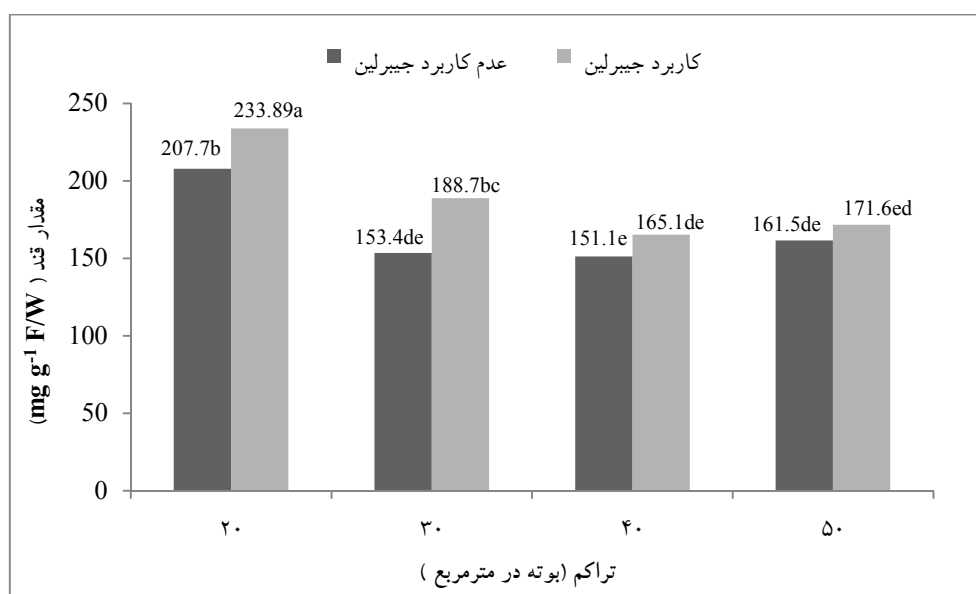


شکل ۷- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای کاروتنوئید در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

محتوای قند

(mg g^{-1} F.W.) کمترین مقادیر قند را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). از سویی کاربرد جیبرلین به صورت آماری باعث افزایش محتوای قند نسبت به عدم کاربرد آن شد. همچنین تغییرات میزان قند از $233/89$ (mg g^{-1} F.W) در تراکم ۲۰ بوته در کاربرد جیبرلین تا $161/5$ (mg g^{-1} F.W) در تراکم ۵۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین متغیر بود (شکل ۸).

اثر ساده تراکم و جیبرلین بر محتوای قند در سطح ۱٪ آماری معنی دار بود (جدول ۳). به طوری که با افزایش تراکم روند کاهشی در این صفت کسب شد. جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تراکم ۲۰ بوته با $220/79$ (mg g^{-1} F.W) بیشترین و تراکم ۴۰ بوته با $158/13$ (mg g^{-1} F.W)

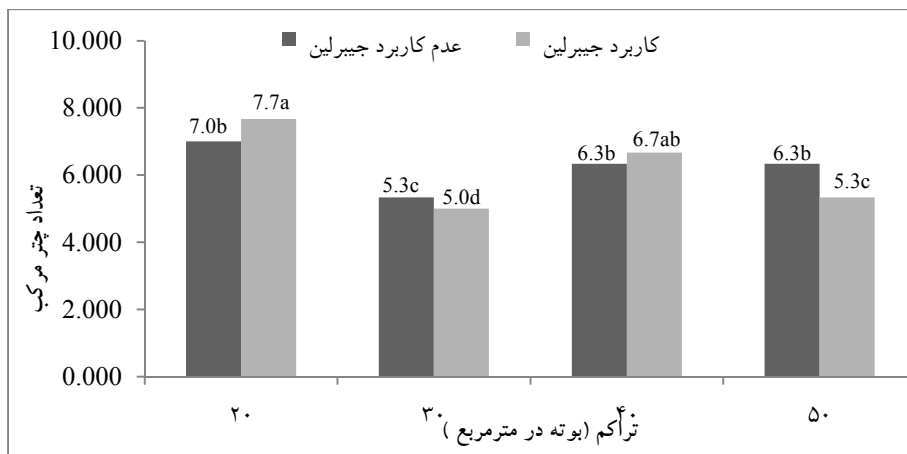


شکل ۸- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای مقدار قند در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

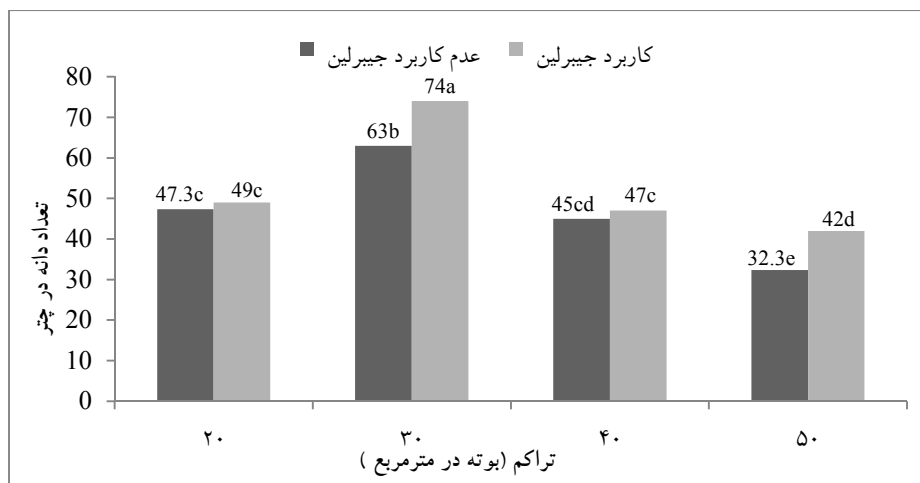
تعداد دانه در چتر مرکب: هر سه ترکیب تیماری تفاوت معنی داری را در سطح ۱٪ در صفت تعداد دانه در چتر نشان دادند (جدول ۳). تراکم ۳۰ بوته با $68/5$ عدد بیشترین و تراکم ۵۰ بوته با $37/17$ عدد کمترین این صفت را کسب کردند (جدول ۴). همچنین کاربرد محلول پاشی جیبرلین باعث افزایش این صفت نسبت به عدم کاربرد آن شد. در مورد اثر متقابل نیز تراکم ۳۰ بوته به همراه جیبرلین با 74 عدد بیشترین و تراکم ۵۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین با $32/3$ عدد کمترین مقدار این صفت را کسب کردند (شکل ۱۰).

اجزای عملکرد و عملکرد

تعداد گل آذین (چتر مرکب) در بوته: همانگونه که جدول واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد اثر ساده تراکم بر تعداد چتر مرکب در سطح ۱٪ معنی دار شد. بر این اساس تراکم ۲۰ بوته با $7/3$ عدد بیشترین مقدار این صفت را نشان داد (جدول ۴). همچنین در برهم کنش اثر تراکم در جیبرلین نیز تیمار ۲۰ بوته به همراه جیبرلین با $7/7$ عدد بیشترین مقدار معنی دار این صفت را به خود اختصاص داد (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای تعداد چترمرکب در گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪



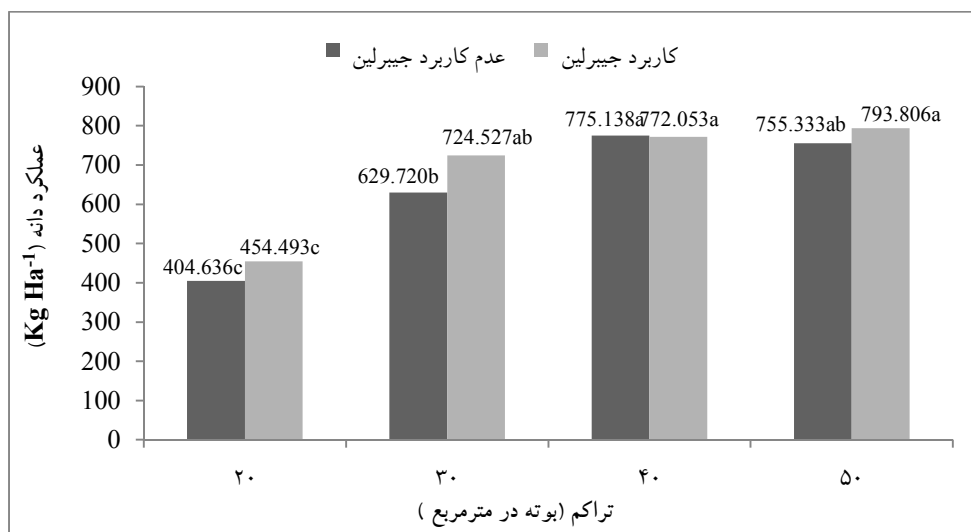
شکل ۱۰- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای تعداد دانه در چتر گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

عملکرد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثر ساده تراکم و اثر ساده جیبرلین بر این صفت بود (جدول ۳). تراکم ۵۰ بوته با ۷۷۴/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تراکم ۲۰ بوته با ۴۲۹/۵ کیلوگرم در هکتار کمترین این صفت را نشان دادند (جدول ۴). همچنین کاربرد جیبرلین باعث افزایش این صفت نسبت به عدم کاربرد آن شد. تراکم ۵۰ بوته در کاربرد جیبرلین با ۷۹۳/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تراکم ۲۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین با ۴۰۴/۶ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار عملکرد نهایی را نشان دادند (شکل ۱۲).

وزن هزاردانه: تنها اثر ساده تراکم تفاوت معنی‌داری را در صفت وزن هزاردانه نشان داد (جدول ۳)، به این ترتیب که تراکم ۵۰ بوته با ۶/۸۵ گرم بیشترین این مقدار و تراکم ۲۰ بوته با ۵/۹۸ گرم کمترین این صفت را نشان دادند (جدول ۴). همچنین اثر تراکم ۵۰ بوته در کاربرد جیبرلین با ۶/۹ گرم بیشترین و تراکم ۲۰ بوته با عدم کاربرد جیبرلین با ۵/۹۳ گرم کمترین مقدار این صفت را نشان دادند (شکل ۱۱).



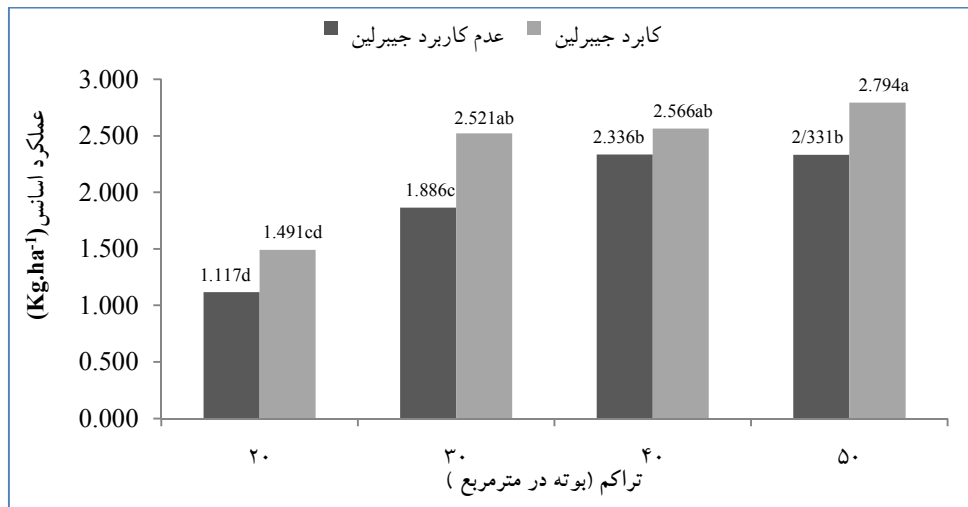
شکل ۱۱- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای وزن هزاردانه گیاه گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪



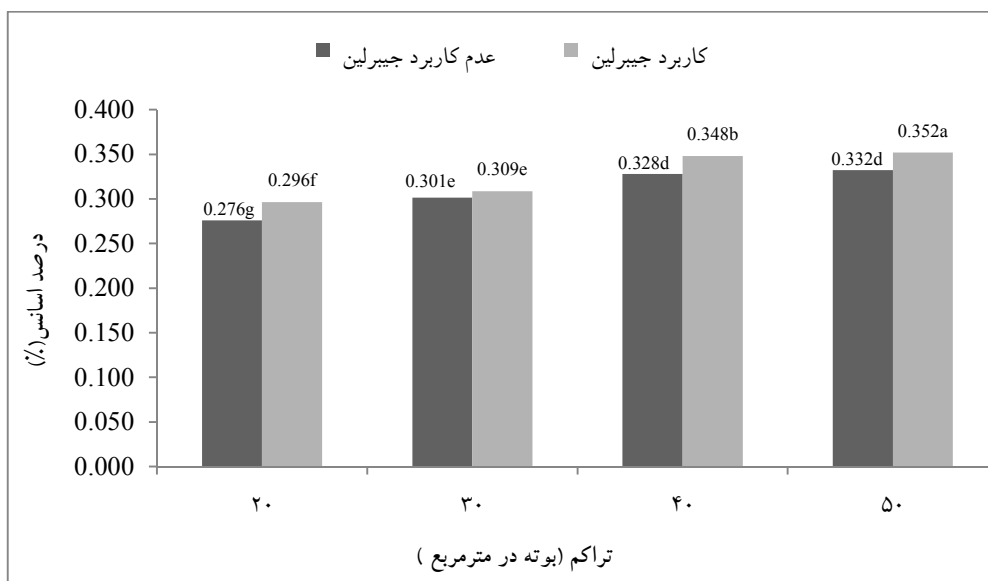
شکل ۱۲- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای عملکرد در هکتار گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

درصد اسانس: همانگونه که جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۳) اثر ساده تراکم و جیبرلین بر درصد اسانس گشنیز در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. تراکم ۵۰ بوته بیشترین درصد و تراکم ۲۰ بوته کمترین درصد اسانس را نشان داد، همچنین کاربرد جیبرلین نسبت به عدم کاربرد آن باعث افزایش درصد اسانس شد. تراکم ۵۰ بوته در کاربرد جیبرلین با ۳۵٪/۰ بیشترین و تراکم ۲۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین با ۲۷٪/۰ کمترین مقدار عددی این صفت را کسب کردند (شکل ۱۴).

عملکرد اسانس: هر سه ترکیب تیماری تفاوت معنی‌داری را در سطح ۱٪ در صفت عملکرد اسانس نشان دادند (جدول ۳). تراکم ۵۰ بوته با ۲/۵۶۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تراکم ۲۰ بوته با ۱/۳۰۳ کیلوگرم در هکتار کمترین این صفت را کسب کردند (جدول ۴). همچنین کاربرد محلول پاشی جیبرلین باعث افزایش این صفت نسبت به عدم کاربرد آن شد. در مورد اثر متقابل نیز تراکم ۵۰ بوته به همراه جیبرلین با ۲/۷۹۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تراکم ۲۰ بوته در عدم کاربرد جیبرلین با ۱۱۷/۱ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار این صفت را کسب کردند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای عملکرد اسانس گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪



شکل ۱۴- مقایسه میانگین تراکم و جیبرلین برای درصد اسانس گشنیز با استفاده از روش LSD در سطح ۵٪

مطابق با نتایج سایر محققان بود (Akhani *et al.*, 2012؛ Rasam *et al.*, 2007). اولین تأثیر افزایش تراکم جمعیت گیاهی، افزایش رقابت بین بوته‌های مجاور است و به موازات آن کاهش دریافت نور خورشید، سطح برگ، ماده خشک و رشد بوجود خواهد آمد. رقابت بین بوته‌های مجاور به منظور کسب فاکتورهای حیاتی از جمله نور، رطوبت، عناصر غذایی

بحث

در این تحقیق، برهم‌کنش تراکم ۲۰ بوته و جیبرلین بالاترین مقدار عددی درصد ماده خشک را کسب کرد. همچنین نتایج نشان داد تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بیشترین درصد وزن خشک تک بوته گیاه را به خود اختصاص داد و با افزایش تراکم، میزان این شاخص کاهش یافت که این

افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد. Swathi (۲۰۱۲) نیز تأثیر محلول‌پاشی جیبرلین را در افزایش ارتفاع گیاه گشنیز گزارش کرد.

تیمار تراکم ۲۰ بوته و اسیری جیبرلین سبب تولید بیشتر برگ و شاخه جانبی شد. همچنین افزایش در تعداد شاخه جانبی و تعداد برگ در تراکم ۲۰ بوته مشاهده گردید و با افزایش تراکم روند کاهشی در این صفات مشهود بود. با افزایش تراکم و به‌دنبال آن رقابت بین گیاهان مجاور، میزان رشد و زایش کاهش می‌یابد و از میزان تولید برگ، شاخه جانبی و جوانه کاسته می‌شود (Weiner, 1993). تعداد برگ که در حقیقت سطح فتوسنتزکننده گیاه را شامل می‌شود و تعداد شاخه جانبی به‌طور مستقیم بر روی میزان نور دریافتی، شدت فتوسنتز و میزان ماده‌سازی تأثیر می‌گذارد و به‌دلیل آن سایر اجزای عملکرد به شدت تحت تأثیر تراکم بوته می‌باشد و با افزایش تراکم، به‌دلیل تشدید رقابت بین بوته‌ها برای کسب نور، آب و مواد غذایی در پاسخ به برهم‌کنش سیگنال‌های بیرونی و درونی در گیاه یک حالت خود تنگی اتفاق افتاده (Villalobos et al., 2017) و گیاه از طریق کم کردن تعداد شاخه‌های جانبی با کمبود منابع مقابله می‌کند که این امر می‌تواند دلیل اصلی برای کم شدن تعداد برگ و شاخه‌های جانبی در تراکم‌های بالا باشد. نتایج بررسی Berimavandi و همکاران (۲۰۱۱) روی همیشه‌بهار نیز نشان‌دهنده کاهش تعداد شاخه جانبی و برگ تحت تأثیر افزایش تراکم بود. از سویی نتایج این پژوهش نشان داد که تعداد برگ و شاخه جانبی در اثر تیماردهی با جیبرلین افزایش یافت. Mahmoud (۱۹۹۵) در مطالعه اثر هورمون جیبرلین بر روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که جیبرلین بر افزایش تعداد و سطح برگ گیاه نیز مؤثر است که این به علت فعال کردن مریستم انتهایی نوک ساقه و تحریک بیشتر سلول‌ها به تقسیم و طولی شدن، افزایش بیوستنز اندامک‌ها و ترکیب‌های مهم سلولی از جمله پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها است و این امر منجر به افزایش آغاز پرموردیوم برگی و در ادامه ایجاد برگ بیشتر خواهد شد.

و فضای کافی برای رشد سبب می‌شود بخشی از انرژی جاری گیاه صرف رقابت شود و این مهم باعث کاهش در پروسه رشد و نمو و به‌دنبال آن ماده‌سازی در گیاه خواهد شد (Villalobos et al., 2017). کاربرد جیبرلین در این آزمایش باعث شد درصد ماده خشک گیاه افزایش یابد. جیبرلین از یک‌سو با بزرگ کردن سلول‌ها به‌دلیل اثر آن بر دیواره سلولی و از سوی دیگر با افزایش تقسیم سلولی به‌دلیل اثر بر سنتز ریبوزوم، لیزوزوم و شبکه آندوپلاسمی باعث افزایش رشد سلول شده و این منجر به طولی شدن و رشد بیشتر میان‌گره‌های ساقه و به‌دنبال آن افزایش وزن تر و خشک اندام گیاهی می‌گردد (Firouzeh, 2015). چنین نتایجی توسط Reda و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گیاه *Thymus vulgaris* L. Abd El-Aal و همکاران (۲۰۰۸) بر روی گیاه سیب‌زمینی و Firouzeh (۲۰۱۵) بر روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) گزارش شده است که نشان می‌دهد کاربرد اسید جیبرلیک وزن تر و خشک کل گیاه و اندام‌های مختلف آن را افزایش می‌دهد.

اثر تراکم ۵۰ بوته در مترمربع و کاربرد جیبرلین بیشترین مقدار را از لحاظ عددی در صفت ارتفاع نشان داد. به این ترتیب ارتفاع گیاهان در تراکم ۵۰ بوته بالاترین مقدار بود و با کاهش تراکم، ارتفاع کاهش یافت. طبق گزارش‌های Masood و همکاران (۲۰۰۴) در گیاه رازیانه و Okut و Yidirium (۲۰۰۵) در گیاه گشنیز، با افزایش تراکم گیاهی ارتفاع گیاه افزایش یافت که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. داشتن توانایی بالا در رقابت برای جذب و دریافت نور خورشید به منظور رشد و تولیدمثل در اجتماعات گیاهی مهم است. البته گیاهانی که نتوانند نور کافی جذب کنند، رشد آنها متوقف شده و یا می‌میرند. اینگونه به نظر می‌رسد که گیاهان در تراکم‌های بالای گیاهی برای جذب نور بیشتر خورشید، تغییراتی در معماری خود انجام می‌دهند که یکی از این تغییرات افزایش ارتفاع می‌باشد (Kochaki et al., 2003). نتایج این پژوهش نیز نشان داد که جیبرلین سبب افزایش ارتفاع گیاهان مورد آزمایش گردید. جیبرلین از طریق افزایش تقسیم‌سلولی و تحریک رشد میان‌گره‌ها سبب

تراکم گیاهی بر روی معماری گیاه، تعداد برگ، روند رشد و نمو و تولید کربوهیدرات‌ها تأثیر می‌گذارد. با افزایش تراکم گیاهی و شروع رقابت در جذب فاکتورهای حیاتی از جمله نور، رطوبت و عناصر غذایی سنتز ساختار کلروپلاست و تیلاکوئیدها مختل شده و به دنبال آن محتوای کلروفیل در واحد سطح برگ نیز کاهش می‌یابد و اولین پاسخ به کاهش ظرفیت فتوسنتزی، آسیب سیستم غشایی و میتوکندریایی است که در مجموع همه عوامل باعث کاهش ماده‌سازی و تولید کربوهیدرات در گیاهان می‌شود (Ren et al., 2017) و به این صورت کاهش قند در پاسخ به افزایش تراکم در این آزمایش قابل توجه است. از سوی دیگر برگ‌ها که به دلیل کلروپلاست‌هایشان اندام فتوسنتزی و تولیدکننده قند در گیاه به حساب می‌آیند با افزایش تراکم از تعدادشان کاسته شده و این خود می‌تواند دلیل محکمی در کاهش روند تولید کربوهیدرات و قند در گیاه باشد. نتایج همچنین نشان داد کاربرد جیبرلین باعث افزایش محتوای قند نسبت به عدم کاربرد آن شد. جیبرلین از یک سو با افزایش سطح برگ و سطح فتوسنتزکننده و از سوی دیگر با افزایش جذب و هدایت آب و مواد معدنی توسط ریشه و همچنین تحریک فتوسنتز می‌تواند در بالا بردن میزان فتوسنتز و سنتز قند در گیاهان مؤثر و کارآمد باشد. البته افزایش محتوای قند محلول بر اثر کاربرد جیبرلین توسط Firouzeh (۲۰۱۵) بر روی گیاه مرزه و همچنین توسط Miyamoto و همکاران (۲۰۰۰) بر روی نخود فرنگی هم گزارش شده است.

برهم‌کنش جیبرلین و تراکم بر روی تعداد چتر مرکب و تعداد دانه در چتر مرکب تأثیرگذار بود. استفاده از جیبرلین به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد چتر در گیاه گشنیز داشت. در ارتباط با اثر متقابل تراکم در جیبرلین بر صفت تعداد دانه در چتر، تیمار ۳۰ بوته به همراه جیبرلین بیشترین تعداد دانه در چتر را به خود اختصاص داد و در ادامه بررسی اثر متقابل تراکم در جیبرلین بر تعداد دانه در بوته دو تیمار ۲۰ و ۳۰ بوته در ۱۰۰ میکروگرم جیبرلین بیشترین مقدار را نشان داد. افزایش تعداد گیاهان در تراکم‌های ۴۰ و

نتایج این پژوهش معنی‌داری اثر تراکم بر کلروفیل a و کلروفیل b را نشان داد که در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بیشترین مقدار بود ولی اثر تراکم بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار نشد. همچنین با روند افزایشی تراکم، میزان این رنگیزه‌ها کاهش یافت. کلروپلاست ساختار اصلی فتوسنتز است و از سوی فتوسنتز در ارتباط مستقیم با ساختار کلروپلاست می‌باشد. کاهش در تعداد کلروپلاست و گرانا منجر به کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌گردد زیرا رقابت در جذب نور که یک فاکتور اصلی در سنتز کلروفیل محسوب می‌شود و با رقابت در جذب عناصر غذایی از جمله منیزیم که عنصر اصلی و مرکزی در ساختمان مولکول کلروفیل به‌شمار می‌آید در تراکم‌های بالا بیشتر دیده می‌شود؛ از این رو به دلیل رقابت ایجاد شده سنتز مولکول کلروفیل در آنها تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد و پیامد آن کاهش میزان فتوسنتز، میزان ماده‌سازی و رشد و نمو می‌باشد (Antonietta et al., 2014) که در این پژوهش در تراکم‌های بالا مشهود بود. کاربرد محلول پاشی جیبرلین دو اثر متفاوت بر روی رنگیزه‌های فتوسنتزی گذاشت، به طوری که کاربرد جیبرلین باعث افزایش کلروفیل a، کاروتنوئید و کاهش کلروفیل b شد. اینگونه به نظر می‌رسد که افزایش در یک رنگیزه فتوسنتزی سبب کاهش رنگیزه دیگر می‌شود. Boaedman (۱۹۷۷) بیان کرد که افزایش تراکم کلروفیل در کلروپلاست با تقلیل تراکم سایر رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ مانند گزانتوفیل و کاروتن همراه است. گیاهان مرزه (Firouzeh, 2015) و گشنیز (Swathi, 2012) تیمار شده با جیبرلین نیز مقادیر بالاتری از کلروفیل را در آزمایش‌های انجام شده نشان دادند. این اثر افزایشی می‌تواند به دلیل تأثیر جیبرلین بر افزایش سطح فتوسنتزکننده، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، میزان ماده‌سازی و در نتیجه آن تأمین و افزایش پیش‌ماده و سوبسترای لازم برای سنتز این مولکول و تحریک هرچه بیشتر مسیر بیوسنتزی این رنگدانه فتوسنتزی باشد.

نتایج نشان داد که تراکم کم گیاهی و مصرف جیبرلین هر یک به تنهایی می‌تواند بر افزایش میزان قند مؤثر باشند.

۵۰ بوته علاوه بر کاهش تولید مواد فتوسنتزی و شاخه‌دهی در بوته، به علت افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها بر همدیگر و عدم نفوذ نور به لایه‌های پایین سایه‌انداز، در مجموع باعث کاهش تعداد چتر و در ادامه آن کاهش تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته شد.

در اثر افزایش تراکم گیاهی، سهم اجزای عملکردی در شکل‌گیری عملکرد نهایی تغییر می‌کند. به‌طور کلی در تراکم‌های بیشتر، ممکن است عملکرد نهایی به دلیل افزایش تعداد گیاه افزایش یابد ولی اجزای عملکردی کاهش می‌یابد (Weiner, 1993) که این موضوع مطابق با نتایج این پژوهش است. کم شدن اجزای عملکردی در اثر افزایش تراکم گیاهی توسط Akbarinia و همکاران (۲۰۰۶) و Ghobadi و Fatahi (۲۰۱۶) به‌روی گیاه گشنیز گزارش شده‌است. کاربرد جیبرلین نیز باعث بهبود و افزایش اجزاء عملکردی گیاه گشنیز شد. در این آزمایش جیبرلین به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی باعث بهبود توانایی باروری گیاهان و افزایش تعداد دانه در چتر مرکب شد. این هورمون به بهبود و حذف موانع ژنتیکی و محیطی که به گیاه تحمیل می‌شود کمک می‌کند و همچنین در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیولوژیک گیاه نقش دارد. تأثیر جیبرلین بر روی جوانه‌زنی بذر، رشد رویشی، گلدهی، تولید بذر و عملکرد گیاه گزارش شده است. در آزمایشی Swathi (۲۰۱۲) بیان کرد که کاربرد جیبرلین سبب افزایش تعداد چتر، تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته در گیاه گشنیز خواهد شد.

تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بیشترین میزان وزن هزاردانه را نشان داد ولی جیبرلین تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. به‌طوری که با افزایش تراکم و افزایش رقابت بین گیاهان مجاور، گرچه تعداد گل و میوه کاهش می‌یابد ولی سهم میوه‌های باقی‌مانده از مواد فتوسنتزی (مخزن) افزایش می‌یابد، در نتیجه وزن هر دانه افزایش می‌یابد. البته افزایش وزن هزاردانه در اثر افزایش تراکم توسط Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷) بر روی گیاه گشنیز نیز گزارش شده است. برهم‌کنش تراکم ۵۰ بوته به همراه جیبرلین سبب افزایش

عدد عملکرد دانه گشنیز در هکتار شد. با افزایش تراکم میزان این صفت افزایش نشان داد. با توجه به اینکه اجزای عملکردی تک بوته در تراکم کم مقادیر بالاتری را از خود نشان داد ولی در سطح هکتار، تولید بذر و میوه بیشتر، در تراکم بالا بدست آمد. بررسی و تحلیل بیشتر صفات این پژوهش در تراکم کم بالاتر بود ولی تراکم ۵۰ بوته در مترمربع این مهم را نشان داد که اثر آنتاگونیسمی و منفی رقابت که در تراکم‌های بیشتر از حد مطلوب در گیاهان ایجاد می‌شود، شامل این سطح تراکمی نبود و حتی بالاترین عدد عملکردی را نیز کسب کرد. در تراکم‌های بیش از حد مطلوب، عوامل محیطی و تابش خورشیدی به اندازه کافی در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد؛ همچنین در تراکم‌های کمتر از حد مطلوب از امکانات محیطی موجود به نحوه کارآمد استفاده نمی‌شود، پس در هر دو حالت مذکور عملکرد کاهش می‌یابد. Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که بالاترین عملکرد بذر در گیاه گشنیز در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بدست آمد که مطابق نتایج این پژوهش بود. جیبرلین نیز در ساخت و شکل‌گیری عملکرد نهایی گیاه گشنیز در این آزمایش نقش مهمی داشت که این نتیجه توسط Swathi (۲۰۱۲) بر روی گیاه گشنیز نیز گزارش شد. جیبرلین با بالا بردن تقسیم سلولی و توسعه جوانه‌های انتهایی و جانبی باعث افزایش در میزان جذب مواد غذایی می‌گردد. زیرا در زمان تقسیم سلولی نیاز بیشتری به مواد غذایی وجود دارد و جیبرلین با افزایش جذب و تأمین مواد غذایی باعث افزایش ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ و تعداد شاخه‌ها و به دنبال آن باعث افزایش و توسعه ساختار زایشی گیاه می‌شود و در نهایت موجب افزایش عملکرد نهایی خواهد شد.

برهم‌کنش تراکم ۵۰ بوته و جیبرلین بالاترین مقدار عددی درصد اسانس و عملکرد را کسب کرد. همچنین نتایج نشان داد تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بیشترین درصد و عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد که این مطابق با نتایج سایر محققان بود (Akbarinia et al., 2006)؛ Ebrahimi et al., 2017). افزایش عملکرد و درصد اسانس

۵۰ بوته علاوه بر کاهش تولید مواد فتوسنتزی و شاخه‌دهی در بوته، به علت افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها بر همدیگر و عدم نفوذ نور به لایه‌های پایین سایه‌انداز، در مجموع باعث کاهش تعداد چتر و در ادامه آن کاهش تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته شد.

در اثر افزایش تراکم گیاهی، سهم اجزای عملکردی در شکل‌گیری عملکرد نهایی تغییر می‌کند. به‌طور کلی در تراکم‌های بیشتر، ممکن است عملکرد نهایی به دلیل افزایش تعداد گیاه افزایش یابد ولی اجزای عملکردی کاهش می‌یابد (Weiner, 1993) که این موضوع مطابق با نتایج این پژوهش است. کم شدن اجزای عملکردی در اثر افزایش تراکم گیاهی توسط Akbarinia و همکاران (۲۰۰۶) و Ghobadi و Fatahi (۲۰۱۶) به‌روی گیاه گشنیز گزارش شده‌است. کاربرد جیبرلین نیز باعث بهبود و افزایش اجزاء عملکردی گیاه گشنیز شد. در این آزمایش جیبرلین به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی باعث بهبود توانایی باروری گیاهان و افزایش تعداد دانه در چتر مرکب شد. این هورمون به بهبود و حذف موانع ژنتیکی و محیطی که به گیاه تحمیل می‌شود کمک می‌کند و همچنین در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیولوژیک گیاه نقش دارد. تأثیر جیبرلین بر روی جوانه‌زنی بذر، رشد رویشی، گلدهی، تولید بذر و عملکرد گیاه گزارش شده است. در آزمایشی Swathi (۲۰۱۲) بیان کرد که کاربرد جیبرلین سبب افزایش تعداد چتر، تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته در گیاه گشنیز خواهد شد.

تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بیشترین میزان وزن هزاردانه را نشان داد ولی جیبرلین تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. به‌طوری که با افزایش تراکم و افزایش رقابت بین گیاهان مجاور، گرچه تعداد گل و میوه کاهش می‌یابد ولی سهم میوه‌های باقی‌مانده از مواد فتوسنتزی (مخزن) افزایش می‌یابد، در نتیجه وزن هر دانه افزایش می‌یابد. البته افزایش وزن هزاردانه در اثر افزایش تراکم توسط Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷) بر روی گیاه گشنیز نیز گزارش شده است. برهم‌کنش تراکم ۵۰ بوته به همراه جیبرلین سبب افزایش

در کیفیت دارند در تراکم کم بیشتر بود. پس برای بهره‌برداری بیشتر از کمیت و کیفیت این گونه به نظر می‌رسد که تراکم‌های حد وسط این پژوهش می‌تواند برای حصول نتیجه بهتر، پیشنهاد شود.

منابع مورد استفاده

- Abad-farooqi, A., Abha Shukla, H., Srikant, S. and Asifudulla, K., 1996. Effect of plant age and GA₃ on artemisinin and essential oil yield in *Artemisia annua* L. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 4(1): 73-80.
- Abd El-Aal, F.S., Shaheen, A.M. and Rizk, F.A., 2008. The effect of foliar application of gibberellin and soil dressing of NPK at different levels on the plant productivity of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Research Journal Agriculture and Biological Sciences*, 4(5): 384-391.
- Akbarinia, A., Daneshian, J. and Mohammad Beygi, F., 2006. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield, essential oil and oil content of (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 4: 410-419.
- Akhani, A., Darzi, M.T. and Hajseyedhadi, M.R., 2012. Effects of biofertilizer and plant density on yield components and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(16):1205-1211.
- Antonietta, M., Fanello, D.D., Acciaresi, H.A. and Guiamet, J.J., 2014. Senescence and yield responses to plant density in stay green and earlier-senescing maize hybrids from Argentina. *Field Crops Research*, 155: 111-119.
- Anilkumar, M., 2005. Effect of plant growth regulators on growth and yield of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). M.Sc. Thesis, Department of Crop Physiology, University of Agricultural Sciences, Dharwad (Institute), Dharwad, India.
- Ayanoglu, F., Mert, A., Aslan, N. and Gurbuz, B., 2002. Seed yields, yield components and essential oil of selected coriander (*Coriandrum sativum* L.) lines. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 9(2): 71-76.
- Berimavandi, A.R., Hashemabadi, D., Ghaziani, M.V.F. and Kaviani, B., 2011. Effects of plant density and sowing date on growth, flowering and quantity of essential oil of *Calendula officinalis*. *Journal of Medicinal Plant Research*, 5: 5110-5115.
- Boaedman, N.K., 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade. *Annual Review of Plant*

در پاسخ به افزایش تراکم را می‌توان به نوعی در ارتباط با افزایش عملکرد بذر در تراکم ۵۰ بوته در مترمربع دانست. در بررسی که Craine و Dybzinski (۲۰۱۳) بر روی سازوکارهای رقابت در گیاهان انجام دادند، گزارش کردند که با افزایش تراکم گیاهی و به دنبال آن رقابت ایجاد شده، محدودیتی در فضای رشد، جذب نور، مواد غذایی و رطوبت برای گیاهان ایجاد شده که این به گونه‌ای شرایط تنش‌زا را برای گیاهان به دنبال خواهد داشت و پیامد آن فعال‌سازی سازوکارهایی است که سبب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه‌ای شده (Selmar & Kleinwachter, 2013) که خود ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس را شامل می‌شوند. این گونه به نظر می‌رسد که تولید متابولیت‌های ثانویه و اسانس در سلول گیاهی نوعی سازوکار گیاهی در شرایط نامساعد محیطی است. به طوری که با کاربرد جیبرلین نیز محتوای اسانس بذر گیاه گشنیز تحت تیمار افزایش یافت. جیبرلین با تأثیر مثبتی که بر ماده‌سازی و فتوسنتز دارد در جهت تأمین سوبسترای مورد نیاز و انتقال آن در مسیر بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه فعالیت داشته و به طبع افزایش میزان اسانس و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده آن را در پی خواهد داشت (Firouzeh, 2015).

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی باید گفت که به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان، انتخاب تراکم مناسب ضروری به نظر می‌رسد، زیرا از یک‌سو اگر تعداد بوته در واحد سطح کمتر از حد بهینه باشد، منابع موجود به‌طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند و از سوی دیگر کاشت با تراکم‌های بالا به دلیل افزایش رقابت دورن و برون گونه‌ای در مراحل مختلف رشد، منجر به کاهش عملکرد خواهد شد. از این رو شناخت مطلوب‌ترین تراکمی که نهایت استفاده عوامل محیطی را برای رشد و تولید حداکثری و درصد اسانس انجام دهد، مهم است. در تولید گیاهان دارویی علاوه بر عملکرد و کمیت، کیفیت نیز مهم است؛ بنابراین با توجه به اینکه تراکم ۵۰ بوته بیشترین عملکرد را در واحد سطح نشان داد ولی بررسی صفات فیزیولوژی مانند رنگیزه‌های فتوسنتزی و قند که تأثیر مهمی

- Masood, A., Syed Asghar, H., Mohammad, Z. and Abdur, R., 2004. Effect of different sowing season and row spacing on seed production of fennel. *Journal of Biological Science*, 7(7): 1144-1147.
- Meena, S.S., Sen, N.L. and Malhotra, S.K., 2006. Influence of sowing date, nitrogen and plant growth regulators on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 15(2): 88-92.
- Mahmoud, S.E.D., 1995. Response of growth and essential oil content of sweet basil to some natural hormones. *International Society for Horticultural Science*, 426: 629-634.
- Moosavi, S.G.R., 2012. Effects of sowing date and plant density on some traits of *Coriandrum sativum* L. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(1): 11-16.
- Miyamoto, K., Yamamoto, H.E., Ueda, J. and Kamisaka, S., 2000. Gibberellin-enhanced growth and sugar accumulation in growing sub hooks of etiolated *Pisum sativum* seedlings: effects of actinomycin D on invertase activity, soluble sugars and stem elongation. *Journal of Plant Physiology*, 4: 449-453.
- Nakhzari Moghaddam, A.N., 2009. The effect of water stress and plant density on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*, 40(3): 63-69.
- Nakhaei, A., Moosavi, S.G., Baradaran, R. and Azari Nasrabad, A., 2012. Effect of nitrogen and plant density levels on yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(12): 803-810.
- Okut, N. and Yidirim, B., 2005. Effects of different spacing and nitrogen doses on certain agronomic characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(6): 901-904.
- Omidbaigi, R., 2007. *Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 2)*. Astan Qods Press, 424p.
- Rasam, G.A., Naddaf, M. and Sefidkon, F., 2007. Effects of sowing time and plant density on yield and yield components of seed in Anise (*Pimpinella anisum*). *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 75: 127-132.
- Reda, F., Baroty, G.S.A., Talaat, I.M., Abdel Rahim, I.A. and Ayad, H.S., 2007. Effect of some growth regulators and vitamins on essential oil, phenolic content and activity of oxido reductase enzyme of *Thymus vulgaris*. *World Journal Agriculture Physiology*, 28: 355-377.
- Craine, J.M. and Dybzinski, R., 2013. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*, 27: 833-840.
- Dierchesen, A., 1996. *Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crop Coriander (Coriandrum sativum L.)*. International Plant Genetic Resources Institute. Italy, 82p.
- Hays, D.B., Yeung, E.C. and Pharis, R.P., 2002. The role of gibberellins in embryo axis development. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1747-1751.
- Ebrahimi, A., Moosavi, S.G. and Seghatoleslami, M.J., 2017. The response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in different plant densities to the using of nitrogen fertilizer. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(3): 637-652.
- Emamghoreishi, M., Khasaki, M. and Aazam, M.F., 2005. *Coriandrum sativum*: Evaluation of its anxiolytic effect in the elevated plus-maze. *Journal EthnoPharmacology*, 96: 365-370.
- Firouzeh, R., 2015. Effect of gibberellin on some physiological, biochemical and essential oil compounds in savory plant (*Satureja hortensis* L.) under salt stress. Ph.D. Thesis. Science Faculty, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
- Ghobadi, M.E. and Fatahi, S., 2016. Effects of plant density and water stress on growth characteristics, yield and oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(5): 924-935.
- Hassanpour Aghdam, M.B., Haji Samadi Asl, B. and Khalighi, A., 2011. Gibberellic acid foliar application influences growth, volatile oil and some physiological characteristics of lavender (*Lavandula officinalis* Chaix.). *Romanian Biotechnological Letters*, 16: 6322-6327.
- Kahn, B.A. and Maness, N.O., 2010. Row arrangements, seeding rates, and gibberellic acid treatments to improve yield of machine-harvested cilantro. *HortScience*, 45: 1049-1051.
- Kavina, J., Gopi, R. and Pnneerselvam, R., 2011. Traditional and non-traditional plant growth regulators alter the growth and photosynthetic pigments in *Mentha piperita* Linn. *International Journal of Environmental Sciences*, 7(1): 124-134.
- Kochaki, A., Soltani, A. and Aziz, M., 2003. *Physiological Plant Ecology*. Jahad Daneshgahi Mashhad Publishing, 271p.
- Lichtenthaler, H.K., 1994. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomembrances. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.

- 5(1): 234-236.
- Somogyi, M., 1952. Notes on sugar determination. *Journal of Biology and Chemistry*, 195: 19-23.
 - Swathi, B., 2012. Effect of plant growth regulators on growth, herbage yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.). M.Sc. Thesis, Department of Vegetable Science, Dr Y.S.R. Horticultural University, India.
 - Villalobos, F.J., Victor, O. and Sadras, E.F., 2017. Plant density and competition. Springer International Publishing, 159-168.
 - Weiner, J., 1993. Competition among plants. *Treballs De Ta SCB*, 44: 99-109.
 - Science, 30: 630-638.
 - Ren, B., Liu, W., Zhang, J., Dong, S., Liu, P. and Zhao, B., 2017. Effects of plant density on the photosynthetic and chloroplast characteristics of maize under high-yielding conditions. *Science of Nature*, 104: 2-12.
 - Selmar, D. and Kleinwachter, M., 2013. Stress enhances the synthesis of secondary plant products: the impact of stress-related over reduction on the accumulation of natural products. *Plant and Cell Physiology*, 6(54): 817-826.
 - Singh, S.P., 2010. Response of plant growth regulator on growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Asian Journal of Horticulture*,

Study of plant density and gibberellin on some morphological and physiological traits and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.)

P. Arvin^{1*} and R. Firouzeh²

1*- Corresponding author, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
E-mail: Pooya.arvin@gmail.com

2- Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: April 2018

Revised: August 2018

Accepted: August 2018

Abstract

An experiment was conducted to evaluate the effects of plant densities (20, 30, 40, and 50 plants per square meter) and foliar application of gibberellin in two levels (0 and 100 Mg L⁻¹) on some of the physiological and morphological traits of coriander (*Coriandrum sativum* L.). The experiment, carried out in the research farm of Bojnourd Payame Noor University in 2016, was based on a Randomized Complete Blocks (RCB) with three replications. The effects of 20-plant density with gibberellin spray showed the highest plant dry matter percentage as well as the highest number of lateral branches and leaves. The application of gibberellin increased the sugar content by 12.7% in comparison to the control sample; additionally, the highest sugar content (220.79 mg.g⁻¹ F.W) was obtained in the 20-plant density. By increasing the plant density, the content of chlorophyll a, b, and carotenoids decreased. The interaction effect of the 20-plant density ×gibberellin with 72.11 mg.g⁻¹ F.W caused the highest content of chlorophyll a, while the lowest content was recorded for the 50-plant density ×control with 60.7 mg.g⁻¹F.W. The application of gibberellin caused superiority in both seed yield (686.22 Kg.ha⁻¹) and essential oil (0.327%) compared to the control sample. The highest number of compound umbrella and the highest number of seeds per compound umbrella were obtained in the 20 and 30- plant densities, respectively. However, the 1000-seed weight, ultimate yield, oil yield, and essential oil percentage were the highest in the 50-plant density. In general, in higher densities, the ultimate yield seems to increase due to the increased number of plant per unit area, but the yield components are reduced.

Keywords: Photosynthetic pigments, soluble sugar content, plant hormone, yield component, yield