نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۵، شماره ۵، صفحه ۸۳۳-۸۱۹ (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2019.125622.2528
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.35.819.97.5.1593.1586

عملکرد کمّی و کیفی کنگرفرنگی (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori) تحت تأثیر تراکم بوته و رقابت علف‌های هرز

صبا سیادت جمیان[۱]، مجید آقاعلیخانی[۲*] و علی مختصی بیدگلی[۳]

۱- دانشجوی دکترای زراعت، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیک: maghaalikhani@modares.ac.ir

۳- استادیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تراکم کاشت بر ویژگی‌های کمّی و کیفی کنگرفرنگی (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L. Fiori) در شرایط حضور و عدم حضور علف‌های هرز، یک آزمایش مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل چهار تراکم کاشت (۲، ۴، ۶ و ۸ بوته در مترمربع) در دو شرایط وجود و عدم وجود علف هرز بودند. در این مطالعه صفات مختلفی شامل تعداد برگ در بوته، شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، کلروفیل *a* و *b* و کل، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد برگ، وزن تر و وزن خشک کنگرفرنگی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم بوته و رقابت علف‌های هرز قرار گرفتند. به‌طوری که رقابت علف‌های هرز وزن خشک کنگرفرنگی را ۲۲/۴٪ کاهش داد. بیشترین شاخص سطح برگ (۲/۲۹) و وزن خشک کنگرفرنگی (۲۵۳/۴۴ گرم در مترمربع) در تراکم ۶ بوته در مترمربع حاصل شد، در حالی‌که بیشترین تعداد برگ در بوته (۱۶/۳۳) متعلق به تراکم ۲ بوته در مترمربع بود. در میان صفات کیفی، کلروفیل *a*، *b* و کل فقط تحت تأثیر تیمار علف هرز و عملکرد کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفتند. اثر تراکم بوته کنگرفرنگی بر سطح برگ و وزن خشک علف‌های هرز نیز معنی‌دار بود. در مجموع بیشترین عملکرد متابولیت‌های ثانویه اصلی در کنگرفرنگی شامل کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام به‌ترتیب برابر ۵/۹۹، ۹/۵۵ و ۵/۸۹ گرم در مترمربع از تراکم ۶ بوته در مترمربع حاصل شد که به‌طور کامل تحت تأثیر عملکرد ماده خشک قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: جمعیت گیاهی، ترکیب‌های فنولی، کلروژنیک اسید، رقابت بین گونه‌ای، متابولیت‌های ثانویه.

مقدمه

کنگرفرنگی (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori) یکی از گیاهان دارویی متعلق به خانواده میناسانان است که اندام‌های مختلف آن ازجمله گل‌آذین (طبق) نابالغ بزرگ، برگ‌های گوشتی و نهنج آن مصارف خوراکی دارند (Lattanzio *et al.*, 2009). همچنین به غیر از مصرف به‌عنوان غذا، این گیاه به‌عنوان منبعی از داروی گیاهی به رسمیت شناخته شده است (El Senousy *et al.*, 2014؛ Lombardo

et al., 2010). کنگرفرنگی منبعی از ویتامین C، مواد معدنی (پتاسیم، سدیم، فسفر و آهن)، فیبر، اینولین (Lombardo *et al.*, 2012؛ Pandino *et al.*, 2013) و پلی‌فنول‌ها به‌ویژه اسیدهای کافئولینیک و فلاونوئیدها محسوب می‌شود (Falco *et al.*, 2015). از برگ‌های این گیاه که غنی از ترکیب‌های پلی‌فنول می‌باشند در صنایع غذایی و از گلها و ریشه‌های این گیاه به‌دلیل دارا بودن مقدار زیاد اینولین به‌عنوان پروبیوتیک در غذاهای معطر استفاده می‌شود (Raccuia & Melilli, 2004). پلی‌فنول‌ها در جنبه‌های مختلف رشد گیاه، تولید مثل و پاسخ به تنش‌های غیرزنده و پاتوژن‌ها نقش دارند (Beckman, 2000). این ترکیب‌ها به‌عنوان جاذب قدرتمند رادیکال‌های مضر عمل می‌کنند، بنابراین می‌توانند در برابر بیماری‌های مزمن ازجمله سرطان و نقص در عملکرد قلب محافظت‌کننده باشند (Holst & Williamson, 2008؛ Pandino *et al.*, 2013).

اسیدهای کافئولینیک و ۵،۱–دی کافئولینیک به‌عنوان فراوان‌ترین ترکیب‌ها در برگ و ساقه کنگرفرنگی شناخته شده‌اند (Romani *et al.*, 2006). به‌طورکلی ترکیب‌های پلی‌فنولی در برگ‌های کنگرفرنگی نسبت به کاپیتول‌های آن بیشتر وجود دارند (Salem *et al.*, 2015). در بین متابولیت‌های ثانویه کنگرفرنگی، کلروژنیک اسید و سینارین به‌دلیل نقشی که در محافظت کبدی و فعالیت‌های ضدمیکروبی دارند و صفراآور می‌باشند حائز اهمیت زیادی هستند (Matuschowski *et al.*, 2005؛ Zhu *et al.*, 2004). باوجوداین، کاهش چربی و فعالیت‌های ضد کولستازیس (بیماری کولستازیس به وضعیتی گفته می‌شود که اختلالی در جریان صفرا ایجاد می‌شود، یعنی جریان صفرا از کبد یا کم شده و یا کلاً مسدود می‌گردد. صفرا مایعی است که از کبد ترشح می‌شود و در تجزیه چربی‌ها و در کل هضم غذا نقش دارد) کنگرفرنگی، همچنین توانایی آن در مهار بیوسنتز کلسترول عمدتاً به فلاونوئیدها به‌عنوان مثال لوتئولین نسبت داده شده است (Gebhardt, 1998).

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که خواص شیمیایی گیاهان دارویی تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله موقعیت جغرافیایی، دما، ارتفاع از سطح دریا، رطوبت، فصل، اقلیم، ژنتیک و فعالیت‌های زراعی مختلف قرار می‌گیرد (Saharkhiz *et al.*, 2009). ازجمله عوامل زراعی تأثیرگذار بر عملکرد گیاهان دارویی تراکم بوته است، به‌طوری که اگر تراکم بوته از حد بهینه فراتر باشد، گیاه نمی‌تواند از عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و مواد غذایی به خوبی استفاده کند (Dadvand Sarab *et al.*, 2008). ارزیابی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در تراکم‌های مختلف (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در مترمربع) نشان داد که بیشترین عملکرد خشک و تر در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بدست آمد (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2008). گزارش Taheri و همکاران (۲۰۱۳) از بررسی اثر تراکم بوته در گونه‌های مختلف آویشن (*Thymus* spp.) حکایت از آن دارد که اثر این عامل فقط بر تعداد ساقه هوایی، قطر تاج پوشش، عملکرد تر اندام هوایی و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود و تأثیر معنی‌داری بر سایر صفات ازجمله درصد و عملکرد اسانس نداشت. بنا به گزارش Lebaschi و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر بررسی تراکم بوته بر عملکرد کمّی و کیفی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) در شرایط دیم مناطق مختلف ایران، کشت آویشن باغی در تراکم‌های بالا می‌تواند منجر به تولید ماده خشک و عملکرد اسانس بیشتر شود.

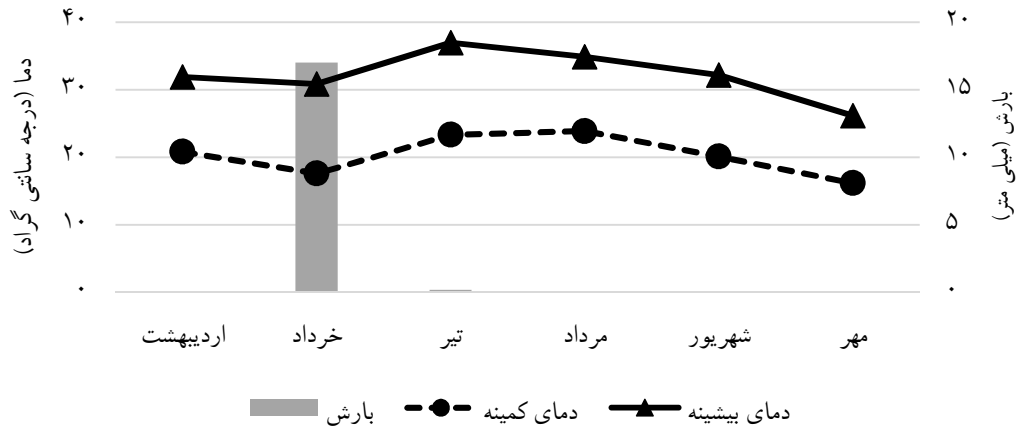
حضور علف‌های هرز در مزرعه و رقابت آنها با گیاه زراعی برای جذب عناصر غذایی، آب و نور منجر به کاهش عملکرد گیاه هدف می‌شود. امروزه به‌دلیل مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و به‌تبع آن محدودیت استفاده از علف‌کش‌ها، روش‌های غیرشیمیایی کنترل زراعی ازجمله افزایش توانایی رقابتی گیاه زراعی اهمیت زیادی یافته است (Jozarian *et al.*, 2014). در همین راستا تعیین تراکم کاشت بهینه یکی از عوامل مهم برای دستیابی به بیشترین عملکرد گیاهان زراعی همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. Hossaini و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که حضور علف هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) میزان تولید پارا–سیمن در اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahendica* Bornm.) را افزایش و تولید تیمول را کاهش داد. نتایج Gity و Raoofy (۲۰۱۸) حکایت از افزایش وزن تر، وزن خشک، عملکرد اسانس، سطح برگ و درصد پوشش سبز نعناع فلفلی در شرایط وجین دستی علف‌های هرز مزرعه داشت. نتایج

Mirshekari (۲۰۱۴) در ارزیابی تأثیر رقابتی سلمه‌تره (*Chenopodium album*) بر پارامترهای رشد، عملکرد دانه و اسانس رازیانه نشان داد با کاهش تراکم و تأخیر در زمان نسبی سبز شدن علف هرز، بیوماس آن کاهش یافت، در حالی‌که عملکرد دانه و اسانس رازیانه در این شرایط افزایش نشان داد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در تراکم بالاتر از چهار بوته سلمه‌تره به ازای هر واحد تراکم علف هرز، برابر ۲۵ میلی‌لیتر در مترمربع از عملکرد اسانس کاسته شد که نشان‌دهنده لزوم کنترل این علف هرز در مزرعه رازیانه بود.

با توجه به نقش گیاهان دارویی در تأمین سلامت جامعه و گرایش روزافزون به سمت طب گیاهی در درمان بیماری‌ها چه در سطح جهانی و چه در داخل کشور و همچنین مصارف غذایی و دارویی متعدد از گیاه کنگرفرنگی، این تحقیق در راستای بررسی تأثیر تراکم بوته بر عملکرد کمّی و کیفی کنگرفرنگی در شرایط حضور و عدم حضور علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۸۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۲۱۵ متر از سطح دریا انجام شد. براساس آمار هواشناسی نزدیکترین ایستگاه هواشناسی (چیتگر) به محل اجرای آزمایش، این منطقه با ۲۷۴ میلی‌متر بارندگی سالانه دارای رژیم آب و هوایی نیمه‌خشک بوده و متوسط دمای سالیانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. اطلاعات آب و هوایی در طول فصل رشد آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- بارش، دماهای بیشینه و کمینه در طول فصل رشد کنگرفرنگی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل چهار تراکم کاشت (۲، ۴، ۶ و ۸ بوته در مترمربع) و دو سطح وجود و عدم وجود علف‌های هرز بود. یک ماه قبل از کاشت عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و ماله انجام شد. برای تعیین ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و میزان عناصر غذایی (پرمصرف و کم‌مصرف) از اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری زمین نمونه خاک تهیه شد. براساس نتایج آزمایش خاک، بافت خاک از نوع لومی- شنی (Sandy-loam) تشخیص داده شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

		عمق خاک (سانتی‌متر)	
		۰-۳۰	۳۰-۶۰
خصوصیات فیزیکی	رس (٪)	۹	۱۰
	شن (٪)	۷۳	۷۴
	سیلت (٪)	۱۷	۱۶
خصوصیات شیمیایی	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۵۲	۰/۶۸
	اسیدیته	۷/۶۱	۷/۵۵
	مواد خنثی شونده (٪)	۷/۵	۶
	ماده آلی	۱/۲۷۷	۱/۲۱
	نیتروژن کل (٪)	۰/۰۷	۰/۰۷
	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۲	۴۹
	پتاس قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۴۰	۴۲۰

پس از تسطیح و آماده‌سازی زمین بذر کنگرفرنگی که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شده بود در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۵ در کرت‌هایی شامل شش ردیف به طول شش متر کشت شد. برای اطمینان از یکنواختی سبز شدن و داشتن تعداد مناسبی گیاهچه، بذرکاری با دو برابر بیشترین تراکم انجام شد و بوته‌های اضافی تا رسیدن به تراکم مورد نظر برای هر تیمار در مرحله دو تا سه برگی تنک شدند. به‌منظور تأمین نیاز نیتروژنی گیاه مقدار ۱۱۰ کیلوگرم کود اوره در دو نوبت (قبل از اولین آبیاری و ۵۰ روز پس از کاشت) بکار برده شد. آبیاری مزرعه به‌طور کامل در طول فصل رشد انجام شد. همچنین برای مبارزه با علف‌های هرز در طول فصل رشد عملیات وجین توسط دست انجام گردید.

براساس گزارش Salata و همکاران (۲۰۱۵) مقدار ماده مؤثره کنگرفرنگی در برگ‌هایی که تعداد روز بیشتری در مزرعه هستند بیشتر است. ازاین‌رو در این تحقیق ۱۵۰ روز پس از کاشت به‌عنوان پایان رشد گیاه و زمان برداشت پیکر رویشی در نظر گرفته شد.

شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک

سطح برگ کنگر در پایان فصل رشد با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج دلتا-تی (Delta-T area meter; Delta-T Device Ltd., Cambridge, UK) اندازه‌گیری و بعد شاخص سطح برگ محاسبه شد. وزن خشک کنگرفرنگی نیز با برداشت ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری گردید. شایان ذکر است که برای اندازه‌گیری وزن خشک، ابتدا برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه در آون قرار داده شدند. پس از اطمینان از خشک شدن برگ‌ها، وزن خشک بوته‌های هر تیمار آزمایشی با استفاده از ترازوی دقیق توزین شد. همچنین پس از شناسایی انواع علف‌های هرز روییده در واحدهای آزمایشی مربوطه، به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک آنها در پایان فصل رشد کنگرفرنگی علف‌های هرز از سطحی برابر ۰/۵ مترمربع هر کرت کف‌بر شدند و برای خشک شدن به آون الکتریکی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از ۴۸ ساعت توزین گردیدند.

کلروفیل

میزان کلروفیل با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد (Arnon, 1967). به همین منظور، ۰/۲ گرم نمونه برگ تازه در ۱۰ میلی‌لیتر محلول استون ۸۰٪ حل شد، سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۶۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت برای تعیین مقدار کلروفیل a، b و کل طیف‌های جذب (اسپکتروفتومتری) به‌ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد.

عصاره‌گیری

به‌منظور تهیه عصاره پیکر رویشی کنگرفرنگی مقداری از برگ‌های کاملاً خشک شده را پودر کرده و بعد الک نموده و ۴ گرم از پودر بدست آمده را به بالن ۲۵۰ میلی‌لیتر منتقل نموده و به آن ۸۰ میلی‌لیتر اتانول ۵۰٪ اضافه شد. پس از وزن کردن بالن، مخلوط ۳۰ دقیقه روی بن‌ماری جوشان رفلاکس شد. پس از سرد شدن بالن لازم است دوباره آن را وزن نموده و اگر وزن کاهش یافته باشد، به کمک اتانول ۵۰٪ به وزن اولیه باز گردانیده شود. در پایان عصاره از کاغذ صافی گذرانده و صاف شد (British Pharmacopeia, 2000).

کافئیک اسید و کلروژنیک اسید

محلول‌هایی از اسید کافئیک با غلظت ۰/۱۲۵، ۰/۲۵۰، ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ میلی‌گرم تهیه شد. سپس یک میلی‌لیتر از هر محلول به درون یک بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتر منتقل و بر روی آن به‌ترتیب ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال، ۲ میلی‌لیتر معرف آرنو و در نهایت ۲ میلی‌لیتر سود سوزآور یک نرمال اضافه کرده و حجم با آب‌مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و جذب آنها به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر UV در طول موج ۵۰۵ نانومتر تعیین و رابطه خط بدست آمد. لازم به توضیح است که مقدار مشتقات فنلی بر مبنای کافئیک اسید با توجه به منحنی استاندارد مربوطه با رابطه خط Conc=35.61327A-0.16151 بر حسب میلی‌گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر بدست آمد و با استفاده از ضریب ۲/۵، مقدار آن در ۲۵۰ میلی‌لیتر محاسبه شد و با توجه به وزن اولیه گیاه بکار رفته در آزمایش درصد کافئیک اسید محاسبه شد (British Pharmacopeia, 2000).

فنل تام

یک میلی‌لیتر از عصاره تام بدست‌آمده را به درون بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتر منتقل و به‌کمک آب‌مقطر حجم آن روی ۱۰ میلی‌لیتر تنظیم شد. سپس یک میلی‌لیتر از محلول رقیق شده را دوباره به درون یک بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتر منتقل و روی آن به‌ترتیب ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال، ۲ میلی‌لیتر معرف آرنو و ۲ میلی‌لیتر سود سوزآور یک نرمال اضافه کرده و حجم آن با افزودن آب‌مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان جذب رنگ قرمز ایجاد شده به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر UV در طول موج ۲±۵۰۵ نانومتر سنجیده و مقدار اورتودی هیدروکسی فنل‌ها به کمک منحنی استاندارد اسید کافئیک و بر حسب غلظت این ماده تعیین گردید. به‌عنوان شاهد از محلولی که به‌ترتیب بالا اما بدون حضور عصاره تهیه شده بود، استفاده شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

اثرهای اصلی و متقابل عوامل آزمایش از طریق تجزیه واریانس (ANOVA) با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه شدند. البته لازم به ذکر است که قبل از تجزیه واریانس، از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها (با استفاده از رویه Univariate) اطمینان حاصل شد. تمامی مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، صفات تعداد برگ، وزن خشک کنگرفرنگی، سطح برگ کنگرفرنگی و وزن خشک علف هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم بوته و رقابت با علف هرز قرار گرفتند اما کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل فقط تحت تأثیر تیمار علف هرز قرار گرفتند و تراکم کاشت کنگر تأثیر آماری معنی‌داری بر این صفات نداشت (جدول ۲). تجزیه واریانس کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و همچنین فنول تام نشان‌دهنده عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای علف هرز و تراکم بوته بر صفات مذکور بود. عملکرد کافئیک، کلروژنیک و پلی‌فنول تام به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفتند، در حالی‌که تیمار علف هرز تأثیر آماری معنی‌داری بر آنها نداشت (جدول ۴). در ادامه هر یک از صفات با جزئیات بیشتری مورد بحث قرار می‌گیرند.

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر علف هرز و تراکم بوته

منابع تغییرات	df	تعداد برگ در بوته	وزن خشک	سطح برگ کنگرفرنگی	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل کل	وزن خشک علف هرز
تکرار	۲	۲/۷۹^{ns}	۳۰۴۳/۴۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۹۴/۰۶^{ns}
علف هرز	۱	۲۶/۰۴**	۹۷۵۵/۴۲*	۲/۶۶**	۰/۴۳*	۰/۱۷**	۱/۱۵**	۱۶۷۱۵/۴۲**
تراکم	۳	۲۸/۰۴**	۲۸۹۲۲/۷۵**	۱/۸۴**	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۷۱۸/۰۸*
علف هرز×تراکم	۲	۰/۵۴^{ns}	۷۲۷/۷۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱۹۴/۰۶^{ns}
خطا	۱۵	۱/۸۷	۱۴۰۷/۷۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۰۶	۰/۱۰	۲۰۵/۲۵
ضریب تغییرات (٪)		۹/۷۵	۲۳/۴۵	۱۳/۷۱	۶/۹۱	۴/۷۵	۶/۰۵	۵۴/۲۸

ns: عدم اختلاف معنی‌دار * و **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

تعداد برگ در بوته

حضور علف‌های هرز موجب کاهش ۱۳/۷۹ درصدی تعداد برگ در بوته کنگرفرنگی در مقایسه با شرایط عاری از علف‌های هرز شد (جدول ۳).

تراکم‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ کنگرفرنگی داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد برگ در بوته متعلق به تراکم ۲ بوته در مترمربع بود و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تراکم‌های ۶ و ۸ بوته در مترمربع داشت. با توجه به جدول ۳ تعداد برگ کنگرفرنگی در تراکم‌های ۴، ۶ و ۸ بوته در مترمربع در مقایسه با تراکم ۲ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۶/۱۲، ۲۱/۴۳ و ۲۸/۵۹ درصد کاهش یافت.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت تأثیر اثرهای اصلی علف هرز و تراکم بوته

علف هرز	تراکم بوته	تعداد برگ در بوته	وزن خشک کنگرفرنگی (گرم در مترمربع)	شاخص سطح برگ کنگرفرنگی	وزن خشک علف هرز (گرم در مترمربع)
عدم رقابت		۱۵/۰۸a	۱۸۰/۱۵a	۲/۰۷a	۰b
رقابت		۱۳/۰۰b	۱۳۹/۸۲b	۱/۴۱b	۵۲/۷۸a
	۲	۱۶/۳۳a	۹۹/۱۳c	۱/۰۸c	۳۹/۱۹a
	۴	۱۵/۳۳a	۱۱۶/۳۶c	۱/۵۰b	۳۰/۶۷ab
	۶	۱۲/۸۳b	۲۵۳/۴۴a	۲/۲۹a	۲۱/۷۶ab
	۸	۱۱/۶۶b	۱۷۱/۰۲b	۲/۰۹a	۱۳/۹۲b

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر تیمار و در هر ستون از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

وزن خشک کنگرفرنگی

تیمار علف هرز (حضور و عدم حضور) به‌طور معنی‌داری وزن خشک کنگرفرنگی را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). بر همین اساس وزن خشک کنگرفرنگی در شرایط عدم رقابت با علف‌های هرز ۲۲/۴۰٪ بیشتر از شرایط رقابت با علف‌های هرز بود (جدول ۳).

وزن خشک کنگرفرنگی در تراکم‌های بوته مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری با هم داشت (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار وزن خشک کنگرفرنگی در تراکم شش بوته در مترمربع حاصل شد (۲۵۳/۴۴ گرم در مترمربع) و اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تراکم‌ها داشت. یافته‌های این مطالعه نشان‌دهنده کاهش ۶۰/۸۸، ۵۴/۰۸ و ۳۲/۵۲ درصدی وزن خشک کنگرفرنگی در تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع در مقایسه با تراکم شش بوته در متر مربع بود (جدول ۳).

شاخص سطح برگ

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص سطح برگ کنگرفرنگی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار علف هرز قرار گرفت، به‌طوری که مقدار این صفت در شرایط عدم حضور علف‌های هرز ۳۱/۸۸٪ بیشتر از شرایط رقابت و حضور علف‌های هرز بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص سطح برگ کنگرفرنگی در تراکم بوته‌های مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری داشتند، به‌طوری که بیشترین مقدار صفت مذکور (۲/۲۹) در تراکم شش بوته در مترمربع به ثبت رسید. گفتنی است که شاخص سطح برگ در

تراکم‌های ۶ و ۸ بوته در مترمربع اختلاف آماری معنی‌داری با هم نداشتند. نتایج نشان داد که تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۵۲/۸۳، ۳۴/۴۹ و ۸/۷۳ درصد شاخص سطح برگ کمتری در مقایسه با تراکم ۶ بوته در مترمربع داشتند (جدول ۳).

وزن خشک علف‌های هرز

در این تحقیق علف‌های هرز مزرعه شامل تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)، خرفه (*Portulaca villosa*)، قیاق (*Sorghum halepense*)، علف هفت‌بند (*Polygonum aviculare*) و علف خرچنگ (*Digitaria sanguinalis*) بودند. میانگین وزن خشک علف‌های هرز در کرت‌های دارای علف هرز ۵۲/۷۸ گرم در مترمربع بود (جدول ۳).

تراکم بوته کنگرفرنگی به‌طور معنی‌داری وزن خشک علف هرز را تحت تأثیر قرار داد، به‌طوری که بیشترین وزن خشک علف هرز متعلق به تراکم دو بوته در مترمربع بود و اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تراکم‌ها داشت (جدول ۳). افزایش تراکم بوته کنگرفرنگی منجر به کاهش وزن خشک علف هرز شد، به گونه‌ای که تراکم‌های ۴، ۶ و ۸ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۲۱/۷۴، ۴۴/۴۷ و ۶۴/۴۸ درصد در مقایسه با تراکم دو بوته در مترمربع کاهش وزن خشک علف‌های هرز را در پی داشتند.

محتوای پلی‌فنول تام، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید

تیمارهای آزمایشی (علف هرز و تراکم بوته) تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشتند (جدول ۴). بااین‌حال در تیمار علف هرز، درصد پلی‌فنول تام، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید در شرایط عدم حضور علف‌های هرز بیشتر از شرایط حضور علف‌های هرز بود (جدول ۵). در بین تراکم‌های مورد بررسی نیز بیشترین درصد پلی‌فنول تام، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید در تراکم ۶ بوته در مترمربع بدست آمد (جدول ۵).

جدول ۴- میانگین مربعات صفات کیفی (متابولیت‌های ثانویه کنگرفرنگی) تحت تأثیر علف هرز و تراکم بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	کافئیک اسید	کلروژنیک اسید	پلی‌فنول تام	عملکرد کافئیک اسید	عملکرد کلروژنیک اسید	عملکرد پلی‌فنول
تکرار	۲	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۱/۵۳^{ns}	۴/۳۲^{ns}	۳/۱۸^{ns}
علف هرز	۱	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۶/۹۳^{ns}	۱۷/۹۴^{ns}	۶/۲۰^{ns}
تراکم	۳	۰/۱۲^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۱۷/۷۸**	۴۶/۰۰**	۱۶/۱۵**
علف هرز×تراکم	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۵۷^{ns}	۱/۲۷^{ns}	۰/۶۳^{ns}
خطا	۱۵	۰/۱۰	۰/۲۶	۰/۱۳	۱/۹۲	۴/۶۱	۱/۷۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۶۷	۱۴/۵۸	۱۶/۷۷	۳۷/۹۸	۳۶/۸۲	۳۶/۰۸

ns: عدم اختلاف معنی‌دار * و **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کیفی (متابولیت‌های ثانویه) کنگرفرنگی تحت تأثیر علف هرز و تراکم بوته

علف هرز	تراکم بوته	کافئیک اسید (٪)	کلروژنیک اسید (٪)	پلی‌فنول تام (٪)	عملکرد کافئیک اسید (گرم در مترمربع)	عملکرد کلروژنیک اسید (گرم در مترمربع)	عملکرد پلی‌فنول تام (گرم در مترمربع)
عدم رقابت		۲/۲۴	۳/۵۹	۲/۲۱	۴/۱۹	۶/۷۰	۴/۱۴
رقابت		۲/۱۷	۳/۴۵	۲/۱۷	۳/۱۱	۴/۹۷	۳/۱۲
	۲	۲/۰۰	۳/۱۸	۲/۰۸	۲/۰۷c	۳/۳۰c	۲/۲۳b
	۴	۲/۲۷	۳/۵۶	۲/۲۱	۲/۷۱bc	۴/۲۳bc	۲/۶۳b
	۶	۲/۳۲	۳/۷۱	۲/۲۹	۵/۹۹a	۹/۵۵a	۵/۸۹a
	۸	۲/۲۳	۳/۶۳	۲/۱۸	۳/۸۴b	۶/۲۶b	۳/۷۷b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

عملکرد پلی‌فنول تام، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید

تیمار علف هرز تأثیر معنی‌داری بر صفات یادشده نداشت اما سطوح مختلف تراکم بوته اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر از نظر این صفات داشتند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام در شرایط عدم حضور علف‌های هرز به‌ترتیب ۲۵/۷۷، ۲۵/۸۲ و ۲۴/۶۳ درصد بیشتر از شرایط رقابت با علف‌های هرز بود، هر چند این اختلاف عملکرد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵).

عملکرد کافئیک اسید در تراکم‌های بوته مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری با هم داشتند، به‌طوری که بیشترین مقدار این صفت (۵/۹۹ گرم در مترمربع) در تراکم ۶ بوته در مترمربع مشاهده شد و ۶۵/۴۴، ۵۴/۷۵ و ۳۵/۸۹ درصد بیشتر از تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع بود (جدول ۵). در بین تراکم‌های مورد مطالعه بیشترین عملکرد کلروژنیک اسید (۹/۵۵ گرم در مترمربع) متعلق به تراکم ۶ بوته در مترمربع بود و به‌ترتیب ۶۵/۴۴، ۵۵/۷۰ و ۳۴/۴۵ درصد عملکرد بیشتری در مقایسه با تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع تولید کرد (جدول ۵). در بین تراکم‌های مورد بررسی بیشترین عملکرد پلی‌فنول تام در تراکم ۶ بوته در مترمربع مشاهده شد و در مقایسه با تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع به‌ترتیب افزایشی ۶۲/۱۳، ۵۵/۳۴ و ۳۵/۹۹ درصدی نشان داد (جدول ۵).

کلروفیل

کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار علف هرز قرار گرفتند، این درحالی بود که تراکم بوته کنگرفرنگی از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت (جدول ۲). با این حال بیشترین مقدار این صفات در تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع به ثبت رسید (جدول ۶).

براساس نتایج ارائه شده در جدول ۶، کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل کنگرفرنگی در شرایط رقابت با علف هرز به‌ترتیب ۷/۰۸، ۹/۳۹ و ۷/۸۱ درصد کمتر از شرایط عدم رقابت با علف هرز بودند.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات کلروفیل کنگرفرنگی تحت تأثیر علف هرز و تراکم بوته

علف هرز	تراکم بوته (بوته در مترمربع)	کلروفیل *a* (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل *b* (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
عدم رقابت		۳/۸۱a	۱/۸۱a	۵/۶۳a
رقابت		۳/۵۴b	۱/۶۴b	۵/۱۹b
	۲	۲/۰۰	۳/۱۸	۲/۰۸
	۴	۲/۲۷	۳/۵۶	۲/۲۱
	۶	۲/۳۲	۳/۷۱	۲/۲۹
	۸	۲/۲۳	۳/۶۳	۲/۱۸

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

بحث

در اثر تداخل علف‌های هرز به‌دلیل رقابت برای جذب نور، آب و مواد غذایی رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Evans *et al.*, 2003). دلیل کاهش تعداد برگ کنگرفرنگی در شرایط افزایش تراکم بوته را می‌توان سایه‌اندازی بوته‌ها بر یکدیگر دانست. به‌طوری که با کاهش توان فتوسنتزی گیاه مواد آلی تولید شده طی فرایند فتوسنتز به مقدار کافی برای حمایت از تولید برگ‌های جدید فراهم نشده و در نهایت منجر به کاهش تعداد برگ در بوته شد. در همین راستا Ansari Ardali و Aghaalikhani (۲۰۱۵) در تحقیقی نشان دادند که افزایش تراکم بوته در تاج‌خروس زراعی موجب کاهش تعداد برگ شد. گزارش Gity و Raoofy (۲۰۱۸) نیز حکایت از کاهش تعداد برگ نعناع فلفلی در اثر افزایش تراکم بوته دارد.

براساس مطالعات انجام شده، اگر علف‌های هرز کنترل نشوند عملکرد گیاهان زراعی با توجه به توانایی رقابت علف‌های هرز بین ۱۰٪ تا ۱۰۰٪ کاهش می‌یابد (Auškalnienė *et al.*, 2010). نتایج Mirshekari (۲۰۱۵) نیز نشان داد که عملکرد بیولوژیک کلزا (*Brassica napus* L.) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقابت علف‌های هرز قرار گرفت و کمترین مقدار این صفت در شرایط حضور علف‌های هرز و رقابت با بوته‌های کلزا بدست آمد. نتایج Raoofi و Giti (۲۰۱۵) از بررسی تأثیر وجین علف‌های هرز و تراکم بوته بر خصوصیات کمّی و کیفی نعناع فلفلی نشان داد که وزن تر و خشک این گیاه دارویی در شرایط عدم حضور علف‌های هرز (به‌ترتیب ۴۶۶۴ و ۱۴۲۸ گرم در مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط حضور و رقابت علف‌های هرز (به‌ترتیب ۳۲۳/۹ و ۹۳۳ گرم در مترمربع) بود.

در تراکم کمتر از حد بهینه، حداکثر بهره‌برداری از ظرفیت تولیدی محیط بعمل نمی‌آید (Vaziri *et al.*, 2011). از سویی در تراکم بیش از حد بهینه نیز به دلیل تشدید رقابت بین گیاهان از کارایی تولید آنها کاسته می‌شود (Ansari Ardali & Aghaalikhani, 2015). همسو با نتایج این مطالعه، Emadi و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی چهار سطح تراکم بوته را بر برخی خصوصیات کمّی و کیفی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) بررسی کرده و نشان دادند که افزایش تراکم بوته از ۱۵ به ۲۵ و ۳۵ بوته در مترمربع موجب افزایش عملکرد بیولوژیک لوبیا شد. در حالی‌که تراکم ۴۵ بوته در مترمربع در مقایسه با تراکم ۳۵ بوته در مترمربع ۲/۵٪ عملکرد بیولوژیک کمتری تولید کرد. یافته‌های Tazeh و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثرهای تراکم بوته بر عملکرد گاوزبان اروپایی

(*Borago officinalis* L.) نشان داد که با افزایش تراکم بوته عملکرد بیولوژیک گیاه افزایش نشان داد. به‌طوری که بیشترین (۴۴۵۸/۸۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳۲۸۹/۱۷ کیلوگرم در هکتار) مقدار در تراکم‌های ۱۰۰ و ۲۰ بوته در مترمربع مشاهده شد. در تحقیقی دیگر Ghiasy-Oskoee و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تراکم بوته (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع) و سطوح مختلف کاربرد نیتروژن را بر عملکرد کمّی و کیفی خارمقدس (*Cnicun benedictus*) بررسی کرده و گزارش کردند که بیوماس کل با افزایش تراکم بوته در واحد سطح از یک رابطه سهمی برخوردار بود، به‌طوری که بیشترین مقدار بیوماس (۱۰۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۲۴ بوته در مترمربع مشاهده شد.

به‌طور کلی دو دلیل، بالا بودن سرعت رشد و افزایش سریع تراکم علف‌های هرز، موجب می‌شود رقابت آنها با گیاه زراعی زودتر آغاز شود (Akey *et al.*, 1990). گزارش Gity و Raoofy (۲۰۱۸) نشان داد که به‌دلیل سرعت اولیه ریشه‌ای قوی و سریعی که علف‌های هرز نسبت به گیاه نعناع فلفلی داشتند موفق‌تر از گیاه اصلی عمل نموده و در نهایت حضور و رقابت علف‌های هرز با نعناع فلفلی موجب کاهش سطح برگ آن شد.

همان‌گونه که پیش‌تر شرح داده شد، اگرچه تعداد برگ‌های کنگرفرنگی با افزایش تراکم بوته روند کاهشی داشت، اما با توجه به اینکه بوته‌های کنگرفرنگی در تراکم‌های بیشتر سطح برگ بیشتری در واحد سطح داشتند، بنابراین تعداد برگ کمتر را جبران نموده و شاخص سطح برگ بیشتری را به خود اختصاص دادند. از سویی افزایش تراکم فراتر از حد بهینه موجب رقابت درون گونه‌ای شد، به‌طوری که سطح برگ در تراکم ۸ بوته در مترمربع کمتر از تراکم ۶ بوته در مترمربع بود. هر چند تفاوت مقدار این صفت در دو تراکم مذکور از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. گزارش Fateh و Ebrahimi (۲۰۱۹) از بررسی تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.) حکایت از آن دارد که بیشترین میزان سطح برگ (۰/۱۱۹ مترمربع) در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بدست آمد و کمترین میزان این صفت (۰/۰۹۲ مترمربع) در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع حاصل شد.

در تراکم‌های بیشتر، گیاه زراعی شاخص سطح برگ و در نتیجه فتوسنتز بیشتری خواهد داشت که در نهایت موجب کاهش زیست‌توده علف‌های هرز می‌شود (Murphy *et al.*, 1996). با افزایش سایه‌اندازی گیاه زراعی بر علف هرز در اثر افزایش تراکم کاشت، میزان تجمع ماده خشک در علف‌های هرزی که در زیر تاج پوشش قرار گرفته‌اند کاهش می‌یابد (Rajcan & Swanton, 2001). برای تفسیر این بخش از نتایج این تحقیق می‌توان اذعان کرد که در تراکم‌های بیشتر، به‌دلیل افزایش سطح برگ کمّیت و کیفیت نور رسیده به پایین تاج پوشش کنگرفرنگی تغییر کرده و ضمن جلوگیری از ظهور علف‌های هرز جدید، رشد و وزن خشک بوته‌های سبز شده علف هرز را کاهش می‌دهد. نتایج Jozarian و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که بیشترین وزن خشک علف‌های هرز در تراکم ۴۰ بوته سویا (*Glycine max* L.) در مترمربع بدست آمد و با افزایش تراکم سویا از وزن خشک علف‌های هرز در مزرعه کاسته شد. نتایج تحقیق Ghahari و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر تراکم‌های بوته (۱۰، ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع) و رقابت علف‌های هرز نیز نشان داد که وزن خشک علف‌های هرز با افزایش تراکم گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum gracum* L.) از ۱۰ به ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

برتری تراکم ۶ بوته در مترمربع در مقایسه با سایر تراکم‌های مورد بررسی در صفاتی همانند عملکرد کافئیک اسید و کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام را می‌توان به عملکرد ماده خشک بیشتر کنگرفرنگی در این تراکم نسبت داد. زیرا عملکرد کافئیک اسید و کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام از حاصل‌ضرب محتوای این صفات و وزن خشک کنگرفرنگی بدست می‌آیند. در همین زمینه Ghyasy-Oskoee و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی نشان دادند که رابطه مثبت و معنی‌داری

بین عملکرد Cnicin با عملکرد ماده خشک خارمقدس وجود دارد.

میزان کلروفیل برگ به میزان زیادی تعیین‌کننده مقدار فتوسنتز بوده (Peng *et al.*, 1993) و می‌تواند عملکرد نهایی را تحت تأثیر خود قرار دهد. در تأیید نتایج این تحقیق، Akbari و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تراکم‌های بوته سیر (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) تأثیر آماری معنی‌داری بر کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل دو اکوتیپ سیر (طرود و طبس) نداشت. Emadi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که افزایش بیش از حد تراکم بوته در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*) تأثیر منفی معنی‌داری بر میزان کلروفیل *a* و *b* داشته است.

کلروفیل برگ در گیاهان زراعی در شرایط وجین علف‌های هرز و عدم رقابت به‌دلیل دسترسی بهتر گیاه زراعی به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن مقدار بیشتری دارد (Shafagh-Kolvanagh *et al.*, 2016). در تحقیقات جداگانه‌ای که توسط Santos و همکاران (۲۰۰۴) و Hamzei و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد، گزارش شده است که رقابت علف‌های هرز به‌ترتیب موجب کاهش کلروفیل برگ در چغندرقند (*Beta vulgaris*) و عدس (*Lens culinaris*) شد. در همین رابطه رقابت علف‌های هرز با گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) برای دستیابی به عناصر غذایی همانند نیتروژن سبب کاهش دسترسی گیاه به مقدار کافی نیتروژن شده و از آنجایی که نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارد، رقابت با علف‌های هرز سبب کاهش میزان کلروفیل (a، b و کل) برگ‌ها شد (Sadegh *et al.*, 2019).

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی باید گفت که رقابت علف‌های هرز موجب کاهش تعداد برگ، وزن خشک، شاخص سطح برگ و مقدار کلروفیل در کنگرفرنگی شد، در حالی‌که تأثیر آماری معنی‌داری بر درصد و عملکرد کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام نداشت. سطوح مختلف تراکم بوته کنگرفرنگی تأثیر آماری معنی‌داری بر تعداد برگ، وزن خشک، شاخص سطح برگ، عملکرد پلی‌فنول تام، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید، کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل کنگرفرنگی و وزن خشک علف‌های هرز در این مطالعه داشتند. ازجمله مهمترین صفاتی که در مورد کشت گیاهان دارویی مورد نظر محققان و کشاورزان است، می‌توان وزن خشک کل محصول در هکتار و درصد ماده مؤثره مورد نظر را ذکر کرد. در مجموع بیشترین عملکرد کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام متعلق به تراکم ۶ بوته در مترمربع بود (به‌ترتیب ۵/۹۹، ۹/۵۵ و ۵/۸۹ گرم در مترمربع) که به‌طور کامل تحت تأثیر عملکرد ماده خشک قرار داشتند. همچنین با توجه به اینکه حضور علف‌های هرز موجب کاهش ۲۲/۴۰ درصدی وزن خشک کنگرفرنگی شد، کشت این محصول ارزشمند در شرایط عاری از علف هرز توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

این تحقیق برای ارزیابی متابولیت‌های ثانویه کنگرفرنگی از تجهیزات و خدمات فنی آزمایشگاه شرکت داروسازی دینه ایران استفاده کرده است. بدین‌وسیله از مشاوره علمی و حمایت‌های ارزشمند این شرکت به‌ویژه آقای دکتر سیروس حسن کلهری و سرکار خانم مهندس غریب قدردانی بعمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

- Akbari, Sh., Kafi, M. and Rezvan Beidokhti, Sh., 2017. The effect of drought stress and plant density on biochemical and physiological characteristics of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4): 665-674.
- Akey, W.C., Jurik, T.W. and Dekker, J., 1990. Competition for light between velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and soybean (*Glycine max*). Weed Research, 30: 403-411.
- Ansari Ardali, S. and Aghaalikhani, M., 2015. Effect of plant density and nitrogen fertilizer rate on forage yield and quality of cultivated amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 7(1): 35-45.

response to nitrogen and plant Density. Industrial Crops and Products, 122: 566-573.
- Gity, S. and Raoofy, M., 2018. Yield, essential oil and some morphological characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) influenced by hand weeding and plant density. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(1): 13-23.
- Hamzei, J., Seyedi, M. and Babaei, M., 2016. Competitive ability of lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars to weed interference under rain-fed conditions. Journal of Agroecology, 8(1): 82-94.
- Holst, B. and Williamson, G., 2008. Nutrients and phytochemicals: From bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. Current Opinion Biotechnology, 19: 73-82.
- Hossaini, S.M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F. and Ghalavand, A., 2015. Vegetative and essential oil yields of savory (*Satureja sahendica* Bornm.) affected by vermicompost and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexux* L.) competition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 3(2): 342-356.
- Jozarian, Z., Yadavi, A., Movahedi Dehnavi, M. and Maghsodi, E., 2014. Effect of row spacing and plant density on yield quality and quantity of soybean under weed competition, Agroechology, 6(4): 848-857.
- Lattanzio, V., Kroon, P.A., Linsalata, V. and Cardinali, A., 2009. Globe artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients. Journal of Functional Foods, 1(2): 131-144.
- Lebaschi, M.H., Sharifi Ashoorabadi, E., Makizadeh Tafti, M. and Asadi-Sanam, S., 2018. Effect of plant density on quality and quantity yield of *Thymus vulgaris* in dry farming conditions in seven provinces of Iran. Crop Improvement, 20(1): 113-127.
- Lombardo, S., Pandino, G., Ierna, A. and Mauromicale, G., 2012. Variation of polyphenols in a germplasm collection of globe artichoke. Food Research International, 46: 544-551.
- Lombardo, S., Pandino, G., Mauromicale, G., Knodler, M., Carle, R. and Schieber, A., 2010. Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus* L. var. scolymus (L.) Fiori]. Food Chemistry, 119: 1175-1181.
- Matuschowski, P., Nahrstedt, A. and Winterhoff, H., 2005. Pharmacological investigations on the effect of fresh juice from *Cynara scolymus* on choleretic effects. Zeitschrift fur Phytotherapie, 26: 14-19.
- Mirshekari, B., 2014. Competitive effects of lambsquarters (*Chenopodium album*) on growth
- Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.
- Auškalnienė, O., Pšibišauskienė, G. and Auškalnis, A., 2010. Cultivar and density influence on weediness in spring barley crops. Zemdirbyeste-Agriculture, 97(2): 53-60.
- Beckman, C.H., 2000. Phenolic-storing cells: Keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defense responses in plants?. Physiological and Molecular Plant Pathology, 57: 101-110.
- British Pharmacopeia, 2000. The Stationery Office, London.
- Dadvand Sarab, M., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Makkizadeh, M. and Omidi, H., 2008. Changes in essential oil content and yield of basil in response to different levels of nitrogen and plant density. Journal of Medicinal Plants, 27(3): 60-70.
- El Senousy, A., Farag, M.A., Al-Mahdy, D.A. and Wessjohann, L.A., 2014. Developmental changes in leaf phenolics composition from three artichoke cvs. (*Cynara scolymus*) as determined via UHPLC-MS and chemometrics. Phytochemistry, 108: 67-76.
- Emadi, N., Jahanbin, SH. and Balouchi, H.R., 2013. Effect of drought stress and plant density on yield and some physiological charactristics of pino bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Yasiuj region. Journal of Crop Production and Processing, 3(8): 25-35.
- Evans, P.S., Knezevic, Z.S., Lindquist, J.L., Shapiro, A.C. and Blankenship, E.E., 2003. Nitrogen application influences on the critical period for weed control in corn. Weed Science, 51: 408-412.
- Falco, B.D., Incerti, G., Amato, M. and Lanzotti, V., 2015. Artichoke: botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. Phytochemistry Reviews, 14(6): 993-1018.
- Fateh, E. and Ebrahimi, A., 2019. Effects of different sowing dates and plant density on qualitative and quantitative of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Plant Ecophysiology, 11(37): 178-190.
- Gebhardt, R., 1998. Inhibition of cholesterol biosynthesis in primary cultured rat hepatocytes by artichoke (*Cynara scolymus* L.) extracts. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 286: 1122-1128.
- Ghahari, M., Baradaran, R. and Forutani, R., 2013. Effects of planting density and weeding time on weeds and fenugreek dry mater. Middle-East Journal of Scientific Research, 18(8): 1171-1176.
- Ghiasy- Oskoeea, M., AghaAlikhania, M., Sefidkon, F., Mokhtassi Bidgolia, A. and Ayyari, M., 2018. Blessed thistle agronomic and phytochemical

- Salata, A., Buczkowska, H., Vicente Lopez Galarza, S. and Moreno Roman, H., 2015. The polyphenolic compounds content of a cardoon herb depending on length of the vegetation period. Acta Scientiarum Polonorum Horticulture, 14(4): 155-167.
- Salem, M.B., Affes, H., Ksouda, K., Ghouibi, R., Sahoun, Z., Hammami, S. and Zeghal, Kh.M., 2015. Pharmacological studies of Artichoke leaf extract and their health benefits. Plant Foods for Human Nutrition, 70: 441-453.
- Santos, B.M., Dusky, J.A., Stall, W.M. and Gilreath, J.P. 2004. Influence of common lambsquarter (*Chenopodium album* L.) densities and phosphorus fertilization on sugar beet. Crop Protection, 23: 173-176.
- Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollazadeh, S., Hashemi-Amidi, N. and Dastborhan, S., 2016. Evaluation of grain yield and protein content of barley in response to nitrogen and weed interference. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(4): 119-134.
- Taheri, R., Lebaschy, M.H., Zakerin, A., Bakhtiari Ramezani, M., Borjian, A. and Makkizadeh Tafti, M., 2013. Effects of plants densities on quantitative and qualitative characteristics of four *Thymus* species under dry farming condition of Damavand. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 29(3): 709-719.
- Tazeh, K., Piri, I. and Mostafavi Rad, M., 2013. Effects of plant density on flower, essential oil yield and some important agronomic indices of Borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Production Research, 22(4): 87-100.
- Vaziri, R., Biabani, A., Azizy, M., Gholizadeh, A.Gh. and Mahdavi, A.R., 2011. Investigate effects plant density and different fertilizer rates on the agronomic characteristics and yield of tobacco (var. K326). Electronic Journal of Crop Production, 3(4): 205-215.
- Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F. and Alyari, H., 2008. Effects of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). Plant Sciences Research, 1(1): 24-26.
- Zhu, X., Zhang, H. and Lo, R., 2004. Phenolic compounds from the leaf extract of artichoke (*Cynara scolymus* L.) and their antimicrobial activities. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52: 7272-7278.

parameters, seed yield and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Crop Ecophysiology, 8(3): 317-330.
- Mirshekari, B., 2015. Effect of stage of dominant weeds control on yield and its components in rapeseed (*Brassica napus* L.). Applied Field Crops Research, 28(3): 35-42.
- Murphy, S.D., Yakubu, Y., Weise, S.F. and Swanton, C.J., 1996. Effect of planting patterns on intra-row cultivation competition between corn and late emerging weeds. Weed Science, 44: 865-870.
- Pandino, G., Lombardo, S., Monaco, A.L. and Mauromicale, G., 2013. Choice of time of harvest influences the polyphenol profile of globe artichoke. Journal of Functional foods, 5: 822-828.
- Peng, S., Garcia, F.V., Laza, R.C. and Cassman, K.G., 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. Agronomy Journal, 85: 987-990.
- Raccuia, S.A. and Melilli, M.G., 2004. *Cynara cardunculus* L., a potential source of inulin in the Mediterranean environment: screening of genetic variability. Journal of Agriculture Research, 55: 693-698.
- Rajcan, I. and Swanton, C.J., 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and whole plant. Field Crop Research, 71: 139-150.
- Raoofi, M. and Giti, S., 2015. The effect of hand weeding and planting density on the yield, essential oil content and some morphological properties of peppermint (*Mentha Piperita* L.) in Hamadan. Journal Crop and Weed, 11(2): 154-160.
- Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A. and Heimler, D., 2006. Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). Food Chemistry, 95: 221-225.
- Sadegh, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V. and Emadi, M., 2019. Effect of fertilizer sources on biochemical traits and yield of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in competition and non- competition with weeds. Journal of Plant Production Research, 25(4): 67-84.
- Saharkhiz, M.J., Ghani, A. and Khayat, M., 2009. Changes in essential oil composition of Clary sage (*Salvia sclarea* L.) aerial parts during its phenological cycle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 3(1): 90-93.

Quantitative and qualitative performance of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori) influenced by plant density and weed competition

S. Siadat-Jamian[1], M. Aghaalikhani[2*] and A. Mokhtassi-Bidgoli[3]

1- Ph.D. student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-mail: maghaalikhani@modares.ac.ir
3- Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: March 2019 Revised: June 2019 Accepted: August 2019

Abstract

To investigate the effect of planting density on quantitative and qualitative characteristics of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. Scolymus (L.) Fiori) under weedy and weed-free conditions, a field experiment was conducted at Tarbiat Modares University, Tehran in 2016 growing season. A factorial arrangement of the experimental treatments was studied in a randomized complete block design with three replications. The factors included four crop planting densities (2, 4, 6 and 8 plants m^{-2}) under two conditions of presence and absence of weeds. Different traits including leaf number per plant, leaf area index, total dry weight, chlorophylls a, b and total chlorophyll, caffeic acid, chlorogenic acid and total polyphenol contents were measured. The results showed that leaf number and dry weight were significantly affected by plant density and weed competition in artichoke, so that the weed competition reduced the artichoke dry weight by 22.4%. The highest leaf area index (2.29) and dry weight of artichoke (253.44 g m^{-2}) were observed at 6 plants m^{-2}, while the highest number of leaves per plant (16.33) belonged to the density of 2 plants m^{-2}. Among qualitative traits chlorophylls a, b and total chlorophyll were only affected by weed presence while caffeic acid, chlorogenic acid and total polyphenol contents were only affected by plant density. The effect of crop plant density on weed leaf area and dry weight was also significant. Overall, the highest performance of the main secondary metabolites in artichoke including caffeic acid, chlorogenic acid and total polyphenol (5.99, 9.55 and 5.89 g m^{-2}, respectively) were obtained at 6 plants m^{-2}, completely affected by crop dry matter yield.

Keywords: Plant population, phenolic compounds, chlorogenic acid, inter specific competition, secondary metabolites.