

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

صبا سیادت جمیان<sup>۱</sup>، مجید آقاعلیخانی<sup>۲\*</sup> و علی مختصی بیدگلی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
۲\* - نویسنده مسئول، استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، پست الکترونیک: maghaalikhani@modares.ac.ir  
۳- استادیار، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۸

تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر تراکم کاشت بر ویژگی‌های کمی 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 به صورت 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، کافتیک اسید و کلروژنیک اسید اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد برگ، وزن تر و وزن خشک کنگرفرنگی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم بوته و رقابت علف‌های هرز قرار گرفتند. به طوری 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 حالی که بیشترین تعداد برگ در بوته (۱۶/۳۳) متعلق به تراکم ۲ بوته در مترمربع بود. در میان صفات کیفی، کلروفیل *a* و *b* و کل فقط تحت تأثیر تیمار علف هرز و عملکرد کافتیک 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 کافتیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام به ترتیب برابر ۵/۹۹، ۹/۵۵ و ۵/۸۹ گرم در مترمربع از تراکم ۶ بوته در مترمربع حاصل شد که به طور کامل تحت تأثیر عملکرد ماده خشک قرار داشتند.

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

### مقدمه

بزرگ، برگ‌های گوشتی و نهنج آن مصارف خوراکی دارند (Lattanzio et al., 2009). همچنین به غیر از مصرف به عنوان غذا، این گیاه به عنوان منبعی از داروی گیاهی به رسمیت شناخته شده است (El Senousy et al., 2014; Lombardo

کنگرفرنگی (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori) یکی از گیاهان دارویی متعلق به خانواده میناسانان است که اندام‌های مختلف آن از جمله گل‌آذین (طبق) نابالغ

2009). از جمله عوامل زراعی تأثیرگذار بر عملکرد گیاهان دارویی تراکم بوته است، به طوری 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 نعنای 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 از جمله درصد و عملکرد اسانس نداشت. بنا به گزارش Lebaschi و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر بررسی تراکم بوته بر عملکرد کمی 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 به دلیل مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و به تبع آن محدودیت استفاده از علف‌کش‌ها، روش‌های غیرشیمیایی کنترل زراعی از جمله 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 نعنای فلفلی در شرایط وجین دستی علف‌های هرز مزرعه داشت. نتایج

(et al., 2010). کنگر فرنگی 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 به دلیل 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 از جمله سرطان و نقص در عملکرد قلب محافظت‌کننده باشند (Pandino et al., 2013؛ Holst & Williamson, 2008).

اسیدهای کافئولینیک و ۵،۱-دی کافئولینیک به‌عنوان فراوان‌ترین ترکیب‌ها در برگ و ساقه کنگر فرنگی شناخته شده‌اند (Romani et al., 2006). به‌طور کلی ترکیب‌های پلی‌فنولی در برگ‌های کنگر فرنگی نسبت به کاپیتول‌های آن بیشتر وجود دارند (Salem et al., 2015). در بین متابولیت‌های ثانویه کنگر فرنگی، کلروژنیک اسید و سینارین به دلیل نقشی که در محافظت کبدي و فعالیت‌های ضد میکروبی دارند و صرفاً آور می‌باشند حائز اهمیت زیادی هستند (Matuschowski et al., 2005؛ Zhu et al., 2004). با وجود این، 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) کنگر فرنگی، همچنین توانایی آن در مهار بیوسنتز کلسترول عمدتاً به فلاونوئیدها به‌عنوان مثال لوتولین نسبت داده شده است (Gebhardt, 1998).

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که خواص شیمیایی گیاهان دارویی تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله موقعیت جغرافیایی، دما، ارتفاع از سطح دریا، رطوبت، فصل، اقلیم، ژنتیک و فعالیت‌های زراعی مختلف قرار می‌گیرد (Saharkhiz et al.,

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.

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 کمی و کیفی



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

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.

آزمایش به صورت 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، 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،

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق خاک (سانتی متر)		
۳۰-۶۰	۰-۳۰	
۱۰	۹	رس (%)
۷۴	۷۳	شن (%)
۱۶	۱۷	سیلت (%)
۰/۶۸	۰/۵۲	شوری (دسی زیمنس بر متر)
۷/۵۵	۷/۶۱	اسیدیته
۶	۷/۵	مواد خنثی شونده (%)
۱/۲۱	۱/۲۷۷	ماده آلی
۰/۰۷	۰/۰۷	نیترژن کل (%)
۴۹	۵۲	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)
۴۲۰	۴۴۰	پتاس قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم)

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 روئیده در واحدهای آزمایشی مربوطه، به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک آنها در پایان فصل رشد کنگرفرنگی علف‌های هرز از سطحی برابر ۰/۵ مترمربع هر کرت کف‌برد 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 (Amon, 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) به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد.

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. از این رو 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 دلنا-تی (Delta-T area meter; Delta-T Device Ltd., Cambridge, UK) اندازه‌گیری و بعد شاخص

## عصاره گیری

روی آن به ترتیب ۲ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال، ۲ میلی لیتر معرف آرنو و ۲ میلی لیتر سود سوزآور یک نرمال اضافه کرده و حجم آن با افزودن آب مقطر به ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. میزان جذب رنگ قرمز ایجاد شده به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر UV در طول موج  $505 \pm 2$  نانومتر سنجیده و مقدار اورتودی هیدروکسی فنل ها به کمک منحنی استاندارد اسید کافئیک و بر حسب غلظت این ماده تعیین گردید. به عنوان شاهد از محلولی که به ترتیب بالا اما بدون حضور عصاره تهیه شده بود، استفاده شد.

## تجزیه و تحلیل داده ها

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

## نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها، صفات تعداد برگ، وزن خشک کنگرفرنگی، سطح برگ کنگرفرنگی و وزن خشک علف هرز به طور معنی داری 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 معنی داری بر این صفات نداشت (جدول ۲). تجزیه واریانس کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و همچنین فنول تام نشان دهنده عدم تأثیر معنی دار تیمارهای علف هرز و تراکم بوته بر صفات مذکور بود. عملکرد کافئیک، کلروژنیک و پلی فنول تام به طور معنی داری تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفتند، در حالی که تیمار علف هرز تأثیر آماری معنی داری بر آنها نداشت (جدول ۴). در ادامه هر یک از صفات با جزئیات بیشتری مورد بحث قرار می گیرند.

به منظور تهیه عصاره بیکر رویشی کنگرفرنگی مقداری از برگ های کاملاً خشک شده را پودر کرده و بعد الک نموده و ۴ گرم از پودر بدست آمده را به بالن ۲۵۰ میلی لیتر منتقل نموده و به آن ۸۰ میلی لیتر اتانول ۵۰٪ اضافه شد. پس از وزن کردن بالن، مخلوط ۳۰ دقیقه روی بن ماری جوشان رفلکس 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

محلول هایی از اسید کافئیک با غلظت ۰/۲۵۰، ۰/۱۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ میلی گرم تهیه شد. سپس یک میلی لیتر از هر محلول به درون یک بالن ژوژه ۱۰ میلی لیتر منتقل و بر روی آن به ترتیب ۲ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال، ۲ میلی لیتر معرف آرنو و در نهایت ۲ میلی لیتر سود سوزآور یک نرمال اضافه کرده و حجم با آب مقطر به ۱۰ میلی لیتر 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 میلی گرم در هر ۱۰۰ میلی لیتر بدست آمد و با استفاده از ضریب ۲/۵، مقدار آن در ۲۵۰ میلی لیتر محاسبه شد و با توجه به وزن اولیه گیاه بکار رفته در آزمایش درصد کافئیک اسید محاسبه شد (British Pharmacopeia, 2000).

## فنل تام

یک میلی لیتر از عصاره تام بدست آمده را به درون بالن ژوژه ۱۰ میلی لیتر منتقل و به کمک آب مقطر حجم آن روی ۱۰ میلی لیتر تنظیم شد. سپس یک میلی لیتر از محلول رقیق شده را دوباره به درون یک بالن ژوژه ۱۰ میلی لیتر منتقل و

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

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

ns: عدم اختلاف معنی دار \* و \*\*: اختلاف معنی دار 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 به ترتیب 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

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 به ترتیب 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). با این حال 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).

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 به ترتیب 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 (*Portulaca villosa*)، خرفه (*Amaranthus retroflexus*)، علف هفت‌بند (*Sorghum halepense*)، قیاق (*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، به طوری که بیشترین وزن خشک علف هرز متعلق به تراکم دو بوته در مترمربع

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	کافئیک اسید	کلروژنیک اسید	عملکرد
تکرار	۲	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲ <sup>ns</sup>	۱/۵۳ <sup>ns</sup>	۴/۳۲ <sup>ns</sup>	عملکرد پلی‌فنول
علف هرز	۱	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۶/۹۳ <sup>ns</sup>	۱۷/۹۴ <sup>ns</sup>	عملکرد کلروژنیک اسید
تراکم	۳	۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۱۷/۷۸ <sup>**</sup>	۴۶/۰۰ <sup>**</sup>	عملکرد کلروژنیک اسید
علف هرز × تراکم	۲	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۷ <sup>ns</sup>	۱/۲۷ <sup>ns</sup>	عملکرد کلروژنیک اسید
خطا	۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۶	۰/۰۱۳	۱/۹۲	۴/۶۱	عملکرد کلروژنیک اسید
ضریب تغییرات (%)		۱۴/۶۷	۱۴/۵۸	۱۶/۷۷	۳۷/۹۸	۳۶/۸۲	عملکرد کلروژنیک اسید

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

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

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

تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع تولید کرد (جدول ۵). در بین تراکم‌های مورد بررسی بیشترین عملکرد پلی فنول تام در تراکم ۶ بوته در مترمربع مشاهده شد و در مقایسه با تراکم‌های ۲، ۴ و ۸ بوته در مترمربع به ترتیب 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 به ترتیب ۷/۰۸، ۹/۳۹ و ۷/۸۱ درصد کمتر از شرایط عدم رقابت با علف هرز بودند.

#### عملکرد پلی فنول 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 پلی فنول تام در شرایط عدم حضور علف‌های هرز به ترتیب 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 به ترتیب ۶۵/۴۴، ۵۵/۷۰ و ۳۴/۴۵ درصد عملکرد بیشتری در مقایسه با

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

علف هرز	تراکم بوته (بوته در مترمربع)	کلروفیل <i>a</i> (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل <i>b</i> (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم 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 به دلیل 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. به طوری 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 نعنای فلفلی در اثر افزایش تراکم بوته دارد.

بر اساس 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.) به طور 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 کمی و کیفی نعنای فلفلی نشان داد که وزن تر و خشک این گیاه دارویی در شرایط عدم حضور علف‌های هرز (به ترتیب ۴۶۶۴ و ۱۴۲۸ گرم در مترمربع) به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط حضور و رقابت علف‌های هرز (به ترتیب 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 کمی 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 حالی که 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

*L. anisum*) 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، به دلیل افزایش سطح برگ کمیّت 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 به طور معنی‌داری کاهش یافت.

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

(*Borago officinalis* L.) نشان داد که با افزایش تراکم بوته عملکرد بیولوژیک گیاه افزایش نشان داد. به طوری 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 Ghyasy-Oskoe و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تراکم بوته (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع) و سطوح مختلف کاربرد نیتروژن را بر عملکرد کمی و کیفی خارمقدس (*Cnicus benedictus*) بررسی کرده و گزارش کردند که بیوماس کل با افزایش تراکم بوته در واحد سطح از یک رابطه سهمی برخوردار بود، به طوری که بیشترین مقدار بیوماس (۱۰۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۲۴ بوته در مترمربع مشاهده شد.

به طور 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 به دلیل سرعت اولیه ریشه‌ای قوی و سریعی که علف‌های هرز نسبت به گیاه نعنای فلفلی داشتند موفق‌تر از گیاه اصلی عمل نموده و در نهایت حضور و رقابت علف‌های هرز با نعنای 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، به طوری 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 کمی و کیفی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella*

اسید و کلروژنیک اسید، کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کلروفیل کل کنگر فرنگی و وزن خشک علف‌های هرز در این مطالعه داشتند. از جمله 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 (به ترتیب 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 کنگر فرنگی شد، کشت این محصول ارزشمند در شرایط عاری از علف هرز توصیه می‌گردد.

### سپاسگزاری

این تحقیق برای ارزیابی متابولیت‌های ثانویه کنگر فرنگی از تجهیزات و خدمات فنی آزمایشگاه شرکت داروسازی دینه ایران استفاده کرده است. بدین وسیله 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.

بین عملکرد Cnicin با عملکرد ماده خشک خار مقدس 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 چغندر قند (*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 کنگر فرنگی شد، در حالی‌که تأثیر آماری معنی‌داری بر درصد و عملکرد کافئیک اسید، کلروژنیک اسید و پلی‌فنول تام نداشت. سطوح مختلف تراکم بوته کنگر فرنگی تأثیر آماری معنی‌داری بر تعداد برگ، وزن خشک، شاخص سطح برگ، عملکرد پلی‌فنول تام، کافئیک

- 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 retroflexus* 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. *Agroecology*, 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 choleric 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. *Zemdirbyyste-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 characteristics 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- Oskoea, 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<sup>1</sup>, M. Aghaalikhani<sup>2\*</sup> and A. Mokhtassi-Bidgoli<sup>3</sup>

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<sup>-2</sup>) 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<sup>-2</sup>) were observed at 6 plants m<sup>-2</sup>, while the highest number of leaves per plant (16.33) belonged to the density of 2 plants m<sup>-2</sup>. 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<sup>-2</sup>, respectively) were obtained at 6 plants m<sup>-2</sup>, completely affected by crop dry matter yield.

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