

اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم کشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.)

منوچهر طهماسبی^۱، یوسف حمیداوغلی^{۲*}، محمدباقر رضایی^۳ و علیرضا حسینی^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، پردیس دانشگاهی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- استاد مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- استادیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

* نویسنده مسئول: hamidoghli@guilan.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و تراکم کشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی گیاه کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله واقع در استان ایلام طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. آبیاری در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد (شاهد) نیاز آبی گیاه، به عنوان عامل اصلی و تراکم در چهار سطح ۱۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع کل بوته (۲۴۲ سانتی‌متر)، وزن هزار دانه (۳۶ گرم)، تعداد غنچه (۱۰ غنچه در بوته)، تعداد شاخه جانبی (۱۰ شاخه در بوته)، وزن خشک کل اندام هوایی (۲۰۸۷۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۲۷۸۱ کیلوگرم در هکتار) تحت شرایط ۱۰۰ نیاز آبی گیاه به دست آمد. بیشترین ارتفاع کل بوته (۲۲۸ سانتی‌متر)، وزن هزار دانه (۳۷ گرم)، وزن خشک کل اندام هوایی (۲۰۳۰۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۲۸۳۰ کیلوگرم در هکتار) متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار بود. در تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار بیشترین تعداد غنچه در بوته (۱۰) و تعداد شاخه جانبی (۱۲) مشاهده شد. بیشترین عملکرد روغن با میانگین ۶۹۴ کیلوگرم در هکتار متعلق به ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار تحت شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود. بر اساس نتایج این تحقیق، بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و تحت شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. اما این گیاه حتی در شرایط سخت کم‌آبی، توانایی بالایی در تولید علوفه، دانه، غنچه و اندام‌های هوایی را داشته، به طوری که در شرایط تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی) بیش از ۹/۸ تن ماده خشک، ۱/۷ تن دانه و ۰/۷ تن روغن دانه در هکتار تولید داشت.

واژه‌های کلیدی: آرتیشو، تراکم کاشت، تنش خشکی، روغن، عملکرد.

مقدمه

Asteraceae، با رشد زیاد و مقاوم به شوری،

خشکی، بیماری‌ها و حشرات بیماری‌زا بوده و با آب

و هوای مدیترانه‌ای بسیار سازگار است (Frutos et

کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) گیاهی

چندساله با منشأ مدیترانه‌ای از خانواده

سرشار از روغن لینولئیک اسید بوده به‌عنوان سوخت زیستی (Biodiesel) با خواصی مشابه با سایر نمونه‌های تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. گیاه مذکور همچنین به‌عنوان یک منبع فیبر برای تولید خمیر و کاغذ با استفاده از فرآیندهای مختلف با عملکرد خوب خمیر و خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج امیدوارکننده‌ای به‌دست آمده است (Gominho *et al.*, 2018).

قابلیت فروش در بازار، اجزای عملکرد، کیفیت و ترکیبات فنولی غنچه کنگرفرنگی در پاسخ به سه دور آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق محصول و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی توسط Shinohara و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در خصوص عملکرد محصول و کیفیت غنچه، تیمار آبیاری مؤثرتر از تیمار نیتروژن بود. بازارپسندی محصول نیز در تیمار آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق افزایش قابل‌توجهی یافت، در حالی‌که در تیمار آبیاری به‌میزان ۵۰ درصد تبخیر و تعرق، ۲۰ تا ۳۵ درصد کاهش عملکرد نشان داد. این کاهش عملکرد مربوط به کاهش تعداد غنچه‌های بازارپسند و وزن غنچه بود. بر اساس این نتایج، محاسبه شده که در شرایط محیطی مشابه، حدود ۷۰۰ میلی‌متر آبیاری برای کشت در فضای باز و ۳۵۰ میلی‌متر برای کشت زیر پلاستیک و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای به‌دست آوردن محصول بازارپسند، اندازه مناسب‌تر و کیفیت بهتر غنچه کنگرفرنگی کافی باشد. Kolodziej و همکاران (۲۰۱۲) برای برآورد اثرات آبیاری و شرایط مختلف کشت در تولید کنگرفرنگی یک آزمایش سه ساله در کشور لهستان انجام دادند. تیمارهای کاشت شامل چهار روش مختلف (کاشت مستقیم دانه، کاشت مستقیم دانه همراه با پوشش،

al., 2019). این گیاه از دوران باستان در مصارف دارویی و رژیم غذایی مناطق مدیترانه‌ای به‌کار رفته و در قرن ۱۵ میلادی در اروپا به‌عنوان یک گیاه زراعی مهم معرفی و سپس توسط مهاجران اروپایی به آمریکا منتقل شده است (Falco *et al.*, 2015). بیش از ۶۰ درصد تولید سالانه کنگرفرنگی (۱۷۹۳۰۱۵ تن در هکتار) مخصوص مناطق مدیترانه‌ای قاره اروپا است (FAO, 2013). کنگرفرنگی، گیاهی است چند منظوره (خوراکی، علوفه‌ای و دارویی) که از گل‌آذین نابالغ آن به‌عنوان سبزی و سالاد، از برگ‌های آن برای اهداف دارویی (دارای فنولیک اسید، کلروژنیک اسید، سینارین و کافئیک اسید، فلاونوئیدها، لاکتون، سیناروپیکرین، فیتواسترول، قندها، اینولین و آنزیم‌ها) استفاده می‌شود (Kolodziej, 2012). همچنین با توجه به خصوصیات علوفه‌ای که دارد (عملکرد بالا، چندساله بودن و عدم نیاز به کشت مجدد، رشد سریع، وجود ۱۵-۵ درصد پروتئین در قسمت‌های مختلف گیاه، قابلیت هضم ۷۰-۵۰ درصدی و ارزش انرژی‌زایی بالا و خصوصیات شیرافزایی) می‌تواند نقش مهمی در تغذیه دام ایفا کند (Allahdadi *et al.*, 2018). محتوای آنتی‌اکسیدانی کنگرفرنگی در بین بیش از ۱۰۰۰ محصول غذایی در رتبه چهارم و بالاتر از بسیاری از محصولات گیاهی دیگر قرار دارد (Halverson *et al.*, 2006). در ایالات متحده، کنگرفرنگی تازه به‌عنوان یک محصول ویژه شناخته شده و هر غنچه آن در خرده‌فروشی به قیمت ۱/۷۱ تا ۵/۱۱ دلار (بسته به اندازه غنچه) به فروش می‌رسد (USDA, 2012).

امروزه این گیاه، گونه مناسبی جهت کاشت در زمین‌های خشک مناطق مدیترانه‌ای برای اهداف چند منظوره و غیرمرسوم محسوب شده و از زیست‌توده آن برای تولید انرژی تحت فرآیندهای مختلف استفاده می‌شود. دانه‌های این گیاه که

متفاوت باشد (Krnjajaa, 2019). در گیاهان زراعی یک تراکم بوته بهینه وجود دارد که در بالاتر از آن تراکم، مواد فتوسنتزی به جای رشد زایشی، بیشتر صرف رشد رویشی و افزایش تنفس گیاه شده و در پایین تر از آن، اگرچه تولید تک بوته افزایش می یابد، ولی عملکرد در واحد سطح کم می شود (Moosavi, 2012). از جمله مطالعات انجام شده در این خصوص می توان به بررسی تأثیر شش تیمار تراکم (دو فاصله بین ردیف ۷۰ و ۸۰ سانتی متری و سه فاصله ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی متری بین گیاهان در روی ردیف) بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگرفرنگی اشاره نمود. نتایج پژوهش مذکور نشان داد که عملکرد بالاتر مربوط به تراکم ۳۰ و ۴۰ سانتی متری بین گیاهان بوده، اما در تیمار فاصله بین ردیفها تفاوت معنی داری وجود نداشت. اجزای عملکرد (وزن و تعداد غنچه در بوته، وزن غنچه) با تغییرات فاصله بین گیاهان در ردیف تغییر کرد اما ارتفاع بوته، تعداد ساقه ها، ماده خشک و مواد جامد محلول در غنچه با تغییرات در تراکم فاقد تغییر بود (Rebora et al., 2011). بررسی تأثیر تراکم بوته (۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع) و تعداد برداشت (سه، پنج و شش بار در سال) بر عملکرد برگ نشان داد که برداشت کم منجر به افزایش عملکرد برگ در تمام سال شده و با افزایش آن میزان عملکرد کاهش می یابد. همچنین عملکرد برگ در تراکم هشت و ۱۶ بوته در متر مربع در مقایسه با چهار بوته در متر مربع بالاتر بود (Ali & Honermeier, 2011).

با توجه به اهمیت صرفه جویی منابع آب در کشور و حجم مصرفی بالای آب در بخش کشاورزی، بررسی زمان و دور مناسب آبیاری در مناطق مختلف کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین بررسی اثرات دو پارامتر مهم زراعی یعنی آبیاری، تراکم و اثرات متقابل آنها بر کنگرفرنگی، با توجه به ارزش بسیار زیاد آن (غذایی، دارویی و علوفه ای)

تولید نشاء در زیر پلاستیک و تولید نشاء در داخل سینی کاشت) و آبیاری شامل دو تیمار آبیاری قطره ای و بدون آبیاری بود. نتایج نشان داد که عملکرد کل ماده خشک، تعداد و سطح برگ در تیمار آبیاری قطره ای و تولید نشاء در زیر پلاستیک، نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. Ruttanaprasert و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر تنش آبی بر میزان کل زیست توده، عملکرد غنچه، شاخص برداشت و راندمان مصرف آب در کنگرفرنگی را با استفاده از دو سطح آبیاری (ظرفیت زراعی ۲۵ و ۵۰ درصد آب قابل دسترس) در پنج وارپته مختلف بررسی کردند. نتایج حاکی از کاهش شدید وزن خشک غنچه، وزن خشک کل و شاخص برداشت در تیمار شدید تنش خشکی (۲۵ درصد آب قابل دسترس) بود و وارپته های مختلف در شرایط مختلف تنش خشکی، با هم اختلاف معنی داری داشتند. Nouraei و همکاران (۲۰۱۶) نیز تأثیر دوره های مختلف آبیاری (۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت آب قابل استفاده گیاه) بر مقدار روغن دانه کنگرفرنگی و ترکیبات آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که کم آبی بر ویژگی های فنولوژیک، میزان و کیفیت روغن دانه و نیز فعالیت های فنولیک و آنتی اکسیدانی برگ و غنچه تأثیر گذاشته و منجر به کاهش مقدار روغن و ترکیبات آن شد و در نهایت، شرایط تنش شدید خشکی هر چند باعث افزایش ثبات روغن شد، اما بیشترین میزان روغن دانه و اسید چرب اشباع نشده در روغن در شرایط بدون تنش حاصل گردید.

تراکم گیاهی شاید مهم ترین عامل تعیین کننده رقابت در میان گیاهان باشد (Sajid, 2011). تراکم مناسب گیاه در واحد سطح از اهمیت ویژه ای برای استفاده بهینه از منابع و تولید بالای محصولات برخوردار است. با این حال، این عامل ممکن است به شدت بسته به ژنوتیپ محصول و شرایط محیطی

این پژوهش در شرایط مزرعه در ایستگاه تحقیقاتی سرابله واقع در استان ایلام با ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی سالانه ۵۰۰ تا ۵۵۰ میلی‌متر، حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۷- و ۴۲ درجه سانتی‌گراد و اقلیم معتدل گرم اجرا شد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مزرعه ایستگاه تحقیقاتی سرابله به شرح جداول ۱ و ۲ تعیین گردید. پس از تهیه زمین و کرت‌بندی، عملیات کشت انجام گردید.

در شرایط اقلیمی کشور ضروری به‌نظر می‌رسد. بررسی منابع پژوهشی نشان داد که تاکنون گزارشی در خصوص بررسی هم‌زمان اثر تراکم کشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنگرفرنگی منتشر نشده است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی عملکرد دانه، روغن و اجزای عملکرد گیاه کنگرفرنگی در شرایط مختلف تنش خشکی و تراکم کشت اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب مزرعه ایستگاه تحقیقاتی سرابله

| کاتیون‌ها | آنیون‌ها | سولفات | کلر | بیکربنات | کربنات | اسیدیته | هدایت الکتریکی (میکرومول بر سانتی‌متر) |
|-----------|----------|--------|-------|----------|--------|---------|---|
| | | | | | | | |
| ۵/۱ | ۵/۱ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۳/۲ | ۰/۸ | ۷/۸ | ۴۲۶/۰ |

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه ایستگاه تحقیقاتی سرابله

| اسیدیته | پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) | فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) | نیترژن کل (درصد) | ماده آلی (درصد) | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | بافت |
|---------|--|--|---------------------|--------------------|--------------------------------------|----------|
| | | | | | | |
| ۷/۳ | ۵۲۰ | ۲۱ | ۰/۱۸ | ۳/۷۰ | ۰/۳۴ | سیلت-رسی |

۰/۵ متر در طول ردیف و ۰/۵ متر بین ردیف‌ها، به‌عنوان عوامل فرعی مورد بررسی قرار گرفت. کشت به‌صورت ردیفی اجرا گردید. هر کرت شامل چهار خط کشت به طول هشت متر و فاصله بین کرت‌ها ۷۵ سانتی‌متری (جهت جلوگیری از اختلاط آبیاری تیمارها) و فاصله بین تکرارها سه متر در نظر گرفته شد. بر اساس آزمایش خاک، کود اوره به‌میزان ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله (همزمان با کشت و در مراحل سه و هشت برگی) به خاک افزوده شد. در مرحله سه برگی بوته‌ها تنک شده و تراکم مورد نظر اعمال گردید. عملیات وجین در طول دوره رشد در چند مرحله تکرار شد. در

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶ انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل رژیم‌های آبیاری و تراکم بود. کرت‌های اصلی شامل آبیاری در چهار سطح ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و ۲۵ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی (تبخیر-تغرق واقعی) به‌ترتیب به‌عنوان عدم تنش (شاهد)، تنش خشکی ملایم، تنش خشکی متوسط و تنش خشکی شدید بود. تراکم نیز در چهار سطح (۱۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار) به‌ترتیب با فواصل بین بوته‌های ۱، ۲، ۰/۶۷ و

برداشت شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون (دستگاه آون دیجیتال شرکت شیماز، کشور ایران) خشک و توزین گردید. لازم به توضیح است با توجه به این که گیاه در سال اول فقط رشد رویشی داشته و سال دوم به رشد زایشی می‌رسد و بسیاری از پارامترهای مورد بررسی (تعداد غنچه، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن دانه و وزن هزار دانه) فقط در سال دوم قابل اندازه‌گیری است. بنابراین داده‌های آزمایشی سال دوم در تیمارهای مختلف با هم مقایسه و تجزیه و تحلیل گردید. روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله (شرکت Electrothermal کشور انگلیس) استخراج، درصد آن مشخص و در نهایت عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه محاسبه گردید.

داده‌های آزمایش در نرم‌افزار Excel ذخیره و پردازش شدند. مفروضات تجزیه واریانس، شامل بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس عوامل آزمایش نیز با استفاده از نرم‌افزار Minitab و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نسخه ۹/۴ نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج

ارتفاع کل بوته

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین ارتفاع کل بوته متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) با ارتفاع ۲۴۲/۶ سانتی‌متر به‌دست آمد که با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). کمترین ارتفاع کل بوته متعلق به تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با ارتفاع ۱۹۱/۸ سانتی‌متر بود که با تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳).

مرحله‌ی هشت برگی، پس از این که بوته‌های کنگرفرنگی در همه تیمارها به رشد یکنواخت رسیدند، بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی مستقر در ایستگاه، نسبت به اعمال تیمارهای آبیاری اقدام گردید.

برای به‌دست آوردن نیاز آبی کنگرفرنگی و یا تبخیر- تعرق واقعی آن (Crop evapotranspiration under standard conditions, ETc)، ابتدا تبخیر- تعرق پتانسیل (Reference crop evapotranspiration, ETo) و ضریب گیاهی (Crop coefficients, Kc) این گیاه به‌دست آمد. برای محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل یا تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ETo) از نرم‌افزار CROPWAT و روش پنمن مونتیث فائو، به‌عنوان روش استاندارد برآورد تبخیر تعرق مرجع استفاده شد. با داشتن ضریب گیاهی (Kc) مراحل مختلف رشد گیاه، شامل مرحله ابتدایی رشد ($K_{c_{ini}}=0/50$)، مرحله رشد و توسعه ($K_{c_{dev}}=0/90$)، مرحله میانی ($K_{c_{mid}}=1/00$) و مرحله نهایی ($K_{c_{end}}=0/95$) و تبخیر- تعرق پتانسیل (ETo)، نیاز آبی گیاه برای مراحل مختلف رشد و ماه‌های سال، بر اساس فرمول‌های مربوطه محاسبه و با کم‌کردن میزان بارندگی مؤثر، نسبت به آبیاری تکمیلی با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای اقدام گردید (FAO, 1998). میزان آب مصرفی با استفاده از کنتور حجمی برای تیمارهای مختلف، کنترل شد.

برداشت گیاه کنگرفرنگی با حذف اثر حاشیه‌ای، به مساحت ۴ مترمربع از هر کرت انجام گرفت و بلافاصله وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد برگ‌ها، ارتفاع بوته، دو قطر عمود بر هم تاج گیاه (به‌منظور اندازه‌گیری میانگین قطر تاج‌پوشش)، تعداد غنچه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن خشک و تر اندام هوایی و درصد و عملکرد روغن دانه بود. برای اندازه‌گیری وزن خشک و تعیین ویژگی‌های کیفی، نمونه‌های

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با مقادیر ۱۰ و ۷ شاخه در بوته بود (جدول ۳).

بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی به ترتیب متعلق به تیمار ۱۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۱۲ و ۶ شاخه در بوته بود (جدول ۳).

وزن هزار دانه

بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با مقادیر ۳۵/۶ و ۳۰/۹ گرم بود (جدول ۳).

همچنین مقایسه میانگین اثر تراکم کشت نشان داد که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۳۷/۳ و ۲۹/۸ گرم بود (جدول ۳).

میانگین قطر تاج پوشش

بیشترین و کمترین میانگین قطر تاج پوشش به ترتیب در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۱۳۶/۵ و ۷۷/۳ سانتی متر به دست آمد (جدول ۴).

وزن تر کل اندام هوایی

بیشترین و کمترین وزن تر کل اندام هوایی به ترتیب در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۶۴۹۴۳ و ۱۳۵۴۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴).

وزن خشک کل اندام هوایی

بیشترین و کمترین وزن خشک کل اندام هوایی به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی

همچنین مقایسه میانگین اثر تراکم کشت نشان داد که بیشترین ارتفاع کل بوته متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار با ارتفاع ۲۲۸/۲ سانتی متر و کمترین ارتفاع کل بوته متعلق به تیمار ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با ارتفاع ۲۰۷/۳ سانتی متر بود (جدول ۳).

ارتفاع تا شروع شاخه‌های جانبی

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع تا شروع شاخه‌های جانبی به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با مقادیر ۱۶۰/۴ و ۱۲۵/۵ سانتی متر بود (جدول ۳).

همچنین مقایسه میانگین اثر تراکم کشت نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع تا شروع شاخه‌های جانبی به ترتیب متعلق به تراکم ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۱۵۴/۸ و ۱۳۵/۷ سانتی متر بود (جدول ۳).

تعداد برگ

بیشترین و کمترین تعداد برگ به ترتیب در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) با ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۵۹ و ۳۰ برگ در بوته به دست آمد (جدول ۴).

تعداد غنچه

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد غنچه به ترتیب متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی) با مقادیر ۱۰ و ۶ غنچه در بوته بود (جدول ۳).

بیشترین و کمترین تعداد غنچه به ترتیب در تراکم ۱۰۰۰۰ و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۱۰ و ۶ غنچه در بوته به دست آمد (جدول ۳).

تعداد شاخه جانبی

گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با مقادیر ۲۷۸۱ و ۱۷۰۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

همچنین مقایسه میانگین اثر تراکم کشت نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۲۸۳۰/۷ و ۱۵۸۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با مقادیر ۹۸۴۱ و ۲۰۸۷۲ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین وزن خشک کل اندام هوایی به ترتیب متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۱۱۳۷۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب متعلق

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات

مورفولوژیکی کنگرفرنگی

| آبیاری | ارتفاع کل بوته (سانتی متر) | ارتفاع تا شروع شاخه های جانبی (سانتی متر) | تعداد شاخه جانبی | تعداد غنچه | وزن دانه (گرم) | وزن خشک کل اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) |
|---------------------------|----------------------------|---|-------------------|-------------------|--------------------|---|--------------------------------|
| ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد) | ۲۴۲/۶ ^a | ۱۶۰/۴ ^a | ۱۰/۳ ^a | ۱۰/۳ ^a | ۳۵/۶ ^a | ۲۰۸۷۲/۳ ^a | ۲۷۸۱/۲ ^a |
| ۷۵ درصد نیاز آبی | ۲۲۸/۷ ^a | ۱۴۹/۳ ^b | ۹/۵ ^a | ۸/۸ ^{ab} | ۳۴/۶ ^{ab} | ۱۷۶۹۱/۱ ^b | ۲۳۵۸/۳ ^b |
| ۵۰ درصد نیاز آبی | ۲۰۵/۷ ^b | ۱۳۹/۷ ^c | ۹/۲ ^{ab} | ۷/۱ ^{bc} | ۳۲/۹ ^{bc} | ۱۴۵۹۲/۳ ^c | ۲۰۵۸/۸ ^{bc} |
| ۲۵ درصد نیاز آبی | ۱۹۱/۸ ^b | ۱۲۵/۵ ^d | ۷/۵ ^b | ۶/۴ ^c | ۳۰/۹ ^c | ۹۸۴۱/۵ ^d | ۱۷۰۸/۷ ^c |
| تراکم کشت (بوته در هکتار) | | | | | | | |
| ۱۰۰۰۰ | ۲۰۷/۳ ^c | ۱۳۵/۷ ^d | ۱۱/۶ ^a | ۱۰/۵ ^a | ۲۹/۸ ^d | ۱۱۳۷۵/۷ ^d | ۱۵۸۶/۳ ^d |
| ۲۰۰۰۰ | ۲۱۴/۰ ^b | ۱۳۹/۷ ^c | ۹/۹ ^b | ۸/۸ ^b | ۳۲/۱ ^c | ۱۴۴۷۵/۸ ^c | ۲۰۷۹/۸ ^c |
| ۳۰۰۰۰ | ۲۱۹/۳ ^b | ۱۴۴/۶ ^b | ۸/۵ ^c | ۷/۳ ^c | ۳۴/۸ ^b | ۱۶۸۳۹/۷ ^b | ۲۴۱۰/۱ ^b |
| ۴۰۰۰۰ | ۲۲۸/۸ ^a | ۱۵۴/۸ ^a | ۶/۵ ^d | ۶/۰ ^d | ۳۷/۳ ^a | ۲۰۳۰۶/۱ ^a | ۲۸۳۰/۷ ^a |

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی دار ندارند.

عملکرد روغن دانه

بیشترین و کمترین عملکرد روغن دانه به ترتیب در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۶۹۴/۱ و ۱۶۹/۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴).

درصد روغن دانه

بیشترین و کمترین درصد روغن دانه به ترتیب در تیمار تنش خشکی متوسط (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۲۰۰۰۰ بوته در هکتار و تیمار تنش ملایم خشکی (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۲۴/۰ و ۱۹/۸ درصد به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و تراکم کشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک کنگرفرنگی

| آبیاری | تراکم کشت | میانگین قطر تاج پوشش (سانتی متر) | تعداد برگ | وزن تر کل اندام هوایی (کیلوگرم در هکتار) | درصد روغن دانه | عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) |
|----------|-----------|----------------------------------|--------------------|--|---------------------|--------------------------------|
| | ۱۰۰۰۰ | ۷۷/۳ ^j | ۲۹/۷ ^l | ۱۳۵۴۱/۰ ^h | ۲۱/۰ ^{cde} | ۱۶۹/۰ ⁱ |
| ۲۵ درصد | ۲۰۰۰۰ | ۸۷/۰ ⁱ | ۳۲/۵ ^k | ۲۲۶۱۵/۱ ^g | ۲۰/۹ ^{cde} | ۳۲۵/۴ ^{gh} |
| نیاز آبی | ۳۰۰۰۰ | ۹۵/۳ ^h | ۳۵/۰ ^j | ۳۱۰۶۸/۲ ^f | ۱۹/۸ ^{de} | ۴۰۳/۱ ^{fg} |
| | ۴۰۰۰۰ | ۱۰۴/۹ ^{fg} | ۳۸/۱ ^{hi} | ۳۸۳۵۴/۱ ^e | ۲۰/۸ ^{cde} | ۵۰۸/۸ ^{cde} |
| | ۱۰۰۰۰ | ۱۰۲/۷ ^g | ۳۴/۰ ^{jk} | ۲۴۱۰۸/۰ ^{fg} | ۲۱/۱ ^{cd} | ۲۹۶/۶ ^h |
| | ۲۰۰۰۰ | ۱۰۷/۳ ^f | ۳۷/۴ ⁱ | ۲۷۸۰۳/۴ ^f | ۲۴/۰ ^a | ۴۳۵/۲ ^{ef} |
| ۵۰ درصد | ۳۰۰۰۰ | ۱۱۳/۴ ^e | ۳۹/۹ ^{gh} | ۳۵۱۲۴/۰ ^e | ۲۱/۱ ^{cd} | ۴۶۶/۹ ^{def} |
| نیاز آبی | ۴۰۰۰۰ | ۱۲۱/۱ ^c | ۴۴/۷ ^e | ۴۵۰۱۶/۳ ^d | ۲۲/۴ ^b | ۶۲۷/۷ ^{ab} |
| | ۱۰۰۰۰ | ۱۱۴/۹ ^{de} | ۴۰/۸ ^{fg} | ۳۰۷۱۹/۰ ^f | ۲۰/۷ ^{cde} | ۴۰۱/۶ ^{fg} |
| | ۲۰۰۰۰ | ۱۱۸/۶ ^{cd} | ۴۲/۴ ^f | ۳۵۷۴۷/۰ ^e | ۲۰/۰ ^{de} | ۴۵۳/۸ ^{ef} |
| ۷۵ درصد | ۳۰۰۰۰ | ۱۲۲/۴ ^c | ۴۵/۱ ^e | ۴۲۸۵۷/۰ ^d | ۲۰/۴ ^{de} | ۵۰۷/۶ ^{cde} |
| نیاز آبی | ۴۰۰۰۰ | ۱۲۹/۱ ^{abc} | ۵۱/۰ ^c | ۵۳۸۹۰/۳ ^b | ۱۹/۸ ^e | ۵۴۲/۷ ^{cd} |
| | ۱۰۰۰۰ | ۱۲۲/۶ ^c | ۴۷/۵ ^d | ۳۷۵۹۲/۳ ^e | ۲۰/۴ ^{de} | ۴۴۷/۴ ^{ef} |
| | ۲۰۰۰۰ | ۱۲۷/۴ ^b | ۵۲/۹ ^c | ۴۳۵۷۸/۰ ^d | ۲۰/۸ ^{cde} | ۵۵۷/۹ ^{bc} |
| ۱۰۰ درصد | ۳۰۰۰۰ | ۱۲۹/۹ ^b | ۵۵/۷ ^b | ۵۰۳۵۳/۱ ^c | ۲۱/۹ ^{bc} | ۶۳۹/۳ ^a |
| نیاز آبی | ۴۰۰۰۰ | ۱۳۶/۵ ^a | ۵۹/۵ ^a | ۶۴۹۴۳/۰ ^a | ۲۰/۸ ^{cde} | ۶۹۴/۱ ^a |

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

بحث

صرف توسعه ریشه و جذب آب و مواد غذایی شده در نتیجه گیاهان تنش دیده نسبت به گیاهان شاهد رشد کمتری داشتند، به طوری که وزن تر و خشک اندام هوایی و میزان دانه به ترتیب ۴۶، ۵۳ و ۳۸ درصد در تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با این حال، کاهش در شرایط تنش شدید، نسبت به تنش‌های خشکی متوسط و ملایم بسیار بیشتر بود. این نتایج با یافته‌های تحقیقات Ruttanaprasert و همکاران (۲۰۱۶)، Kołodziej و همکاران (۲۰۱۲)، Shinohara و همکاران (۲۰۱۱)، Litrico و همکاران (۱۹۹۸) مبنی بر کاهش عملکرد گیاه کنگرفرنگی در اثر افزایش تنش خشکی، موجب می‌گردد، مطابقت دارد. همچنین نتایج به دست آمده

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کاهش یافته، به طوری که کمترین مقدار صفات بررسی شده متعلق به تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی) بود. با توجه به این که تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) تحت خشکی قرار نگرفته است، از رشد و نمو بهتری برخوردار بوده و میزان آب قابل دسترس برای گیاه در حد بالایی بوده و به دنبال آن جذب مواد غذایی هم از طریق ریشه افزایش داشته است. هر چه میزان تنش بیشتر شود گیاه توان جذب آب و مواد غذایی کافی را نخواهد داشت و انرژی که باید صرف رشد و نمو و تقسیم و تکثیر سلولی شود

تحقیقات Rebora و همکاران (۲۰۱۱)، Ali و Honermeier (۲۰۱۱)، Ramezan و Abbaszadeh (۲۰۱۶) و Ghobadi و همکاران (۲۰۱۰) همسو است.

تنش خشکی در همه فواصل کاشت موجب کاهش عملکرد اندام هوایی، دانه و روغن آن گردید. باید توجه داشت، وقتی که عملکرد تک بوته در شرایط بدون تنش بیشتر باشد، عملکرد در هکتار نیز در همین تیمار بیشترین میزان را خواهد داشت؛ اما با توجه به این که عملکرد گیاه در هکتار حاصل ضرب عملکرد تک بوته در تعداد گیاه در هکتار می باشد، یا مجموع عملکرد همه گیاهان موجود در هکتار می باشد، بنابراین در فاصله کاشت های کمتر، بیشترین عملکرد تک بوته به دست آمده است، اما وقتی تعداد گیاه در هکتار بیشتر باشد اثر تعداد در حاصل ضرب مذکور غالب بوده و سبب افزایش عملکرد گیاه در هکتار در تیمارهای با فاصله کاشت بیشتر شده است. به عبارتی، مشاهده شد که اثر تعداد بوته از افزایش عملکرد تک بوته در هکتار بیشتر بود (Ramezan & Abbaszadeh, 2016).

مقایسه میانگین های اثر متقابل سطوح آبیاری و تراکم کشت نشان داد که افزایش تنش خشکی بر صفات میانگین قطر تاج پوشش، تعداد برگ، وزن تر کل اندام هوایی، درصد و عملکرد روغن مؤثر بوده و در تراکم های مختلف باعث کاهش این صفات شده است، به طوری که بیشترین مقادیر به دست آمده در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار و کمترین مقادیر در تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار مشاهده شد. در تیمار تنش شدید خشکی، افزایش تراکم توانسته است آثار خشکی را کاهش دهد. به عنوان مثال در این تیمار وزن تر کل اندام هوایی و عملکرد روغن به واسطه افزایش تراکم

نشان داد که تنش خشکی مقدار و درصد روغن دانه های کنگرفرنگی را که منبع خوبی از روغن بسیار اشباع شده با کاربرد فراوان در صنایع غذایی و دارویی است را کاهش می دهد که این نتایج با گزارش های Shinohoara و همکاران (۲۰۱۱) و Nouraei و همکاران (۲۰۱۶) سازگاری دارد.

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که با کاهش تراکم از ۴۰۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار، تعداد شاخه های جانبی و تعداد غنچه در بوته به ترتیب ۷۱ و ۸۳ درصد افزایش یافت؛ اما در رابطه با سایر صفات مورد بررسی نتیجه برعکس بود، یعنی آن که با کاهش تراکم از ۴۰۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار، عملکرد کاهش پیدا کرد، به طوری که عملکرد وزن تر و خشک اندام هوایی، میزان دانه و روغن آن به طور تقریبی نصف گردید. تراکم بوته از عواملی است که در رقابت گیاهان در جذب آب، مواد معدنی و نور نقش بسیار مهمی ایفا می نماید. منابع مورد رقابت ذکر شده نه تنها در فتوسنتز و عملکرد ماده خشک گیاهان دارویی بلکه در بیوسنتز ترکیب های ثانویه نقش مؤثری دارند (Ramezan & Abbaszadeh, 2016). وقتی فاصله کشت دو بوته نزدیک تر شود، رقابت برای جذب آب و مواد غذایی بیشتر می شود و این موضوع می تواند بر صفات مورفولوژیک اثرگذار باشد. از طرفی در نتیجه رقابت بین گیاهان در جذب نور و همین طور آب و مواد غذایی، امکانات موجود بین گیاهان تقسیم شده و با فاصله کاشت کمتر، تعداد گیاهان بیشتری از این آب و مواد غذایی استفاده می کنند. در نتیجه به هر گیاه مقدار کمتری می رسد و باعث کاهش رشد و نمو گیاه می شود. با کاهش تراکم، تعداد ساقه های فرعی و به تبع آن تعداد غنچه در بوته افزایش یافت که این موضوع می تواند به دلیل افزایش فضا، آب و مواد غذایی و در نتیجه رشد بهتر هر بوته باشد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج

انتظار داشت که با افزایش تراکم به بالاتر از ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، عملکرد بیشتری را به دست آورد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاه کنگرفرنگی تحت تأثیر دور آبیاری و تراکم قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار به دست آمد. با اعمال تنش خشکی و کاهش تراکم، عملکرد گیاه نیز پایین آمد. اما با وجود کاهش عملکرد در شرایط اعمال تنش خشکی، میزان تولید به اندازه‌ای است که می‌توان کاشت آن را در مناطقی که با مشکلات خشک‌سالی و کم‌آبی مواجه هستند توصیه نمود. به‌عنوان مثال، بر اساس نتایج این تحقیق، حتی در شرایط تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، این گیاه توانایی تولید بیش از ۹/۸ تن اندام هوایی خشک، ۱/۷ تن دانه و ۰/۷ تن روغن دانه در هکتار را دارد. بنابراین گیاه کنگرفرنگی حتی در شرایط سخت کم‌آبی، توانایی بالایی در تولید علوفه، دانه، غنچه و اندام‌های هوایی را داشته و می‌توان آن را به‌عنوان یک گیاه ارزشمند جهت کاشت در مناطق اقلیمی مشابه توصیه نمود.

از ۱۰۰۰۰۰ به ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار به ترتیب ۳۵ و ۳۳ درصد افزایش عملکرد نشان دادند که این یافته نشان می‌دهد از بین تیمارهای مختلف تراکم در این تحقیق، تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، تراکم مناسب بوده که توانسته است تا حد مطلوب به دلیل جذب مؤثرتر نور و افزایش فتوسنتز، زیست‌توده بیشتری تولید کند، هر چند ممکن است تراکم‌های بالاتر از این هم نتایج بهتری به همراه داشته باشد که خود نیازمند پژوهش دیگری است. افزایش تراکم بیش از حد مطلوب به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای برای جذب منابع به‌ویژه نور و در نتیجه سایه‌اندازی بوته‌ها، در نهایت موجب کاهش عملکرد خواهد گردید. این یافته با نتایج Abdollahi Mayvan و همکاران (۲۰۱۴) و Bullock و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت داشت. افزایش عملکرد و اجزای عملکرد این گونه در تراکم بالا و در شرایط مختلف تنش خشکی (تولید ۱۴۲۵۳ کیلوگرم وزن خشک اندام هوایی در هکتار و ۲۴۳۹ کیلوگرم دانه در هکتار در تنش شدید خشکی) بیان‌کننده ظرفیت بالای تولید این گیاه می‌باشد. عدم کاهش عملکرد در تراکم حداکثر اعمال شده در این تحقیق، نشان‌دهنده توان این گیاه برای اعمال تراکم‌های بالاتر از ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار است. به‌عبارتی دیگر با توجه به افزایش میزان عملکرد در تراکم حداکثر، می‌توان

References

- Abdollahi Mayvan, M., Khorramdel, S., Koocheki, A. & Ghorbani, R. (2014). Evaluation of yield and yield component of borage (*Borago officinalis* L.) affected as irrigation level and plant density. *Journal of Agroecology*, 10(2), 327-339. (In Farsi)
- Ali, S. & Honermeier, B. (2011). Effect of harvest frequency and plant density on leaf yield and caffeoylquinic acids in artichoke (*Cynara cardunculus* L.). *Journal of Medicinal and Spice Plants*, 16(4), 162-170.
- Allahdadi, M. & Bahreininejad, B. (2018). Evaluation of the effect of type and amount of fertilizer management on some silage characteristics of artichoke (*Cynara scolymus* L.) in Isfahan. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(4), 847-860. (In Farsi)
- Bullock, D. G., Nielson, R. I. & Nyquist, W. E. (2000). A growth analysis comparison of sweet basil growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, 29, 256-258.

- Falco, B., Incerti, G., Amato, M. & Lanzotti, V. (2015). Artichoke: botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*, 14(6), 993-1018.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements- FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Food & Agriculture Organization (2013). Faostat, Crop Production. food and agriculture organization of the United nations. Retrieved January 17, 2013, <http://faostat.fao.org>.
- Ghobadi, M. E. & Ghobadi, M. (2010). The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 70, 81-84.
- Gominho, J., Dolores Curt, M., Lourencoa, A., Fernandezb, J. & Pereira, H. (2018). *Cynara cardunculus* L. as a biomass and multi-purpose crop: A review of 30 years of research. *Biomass and Bioenergy*, 109, 257-275.
- Halvorsen, B. L., Carlsen, M. H., Phillips, K. M., Bohn, S. K., Holte, K., Jacobs, D. R. & Blomhoff, R. (2006). Content of redox-active compounds (i.e. antioxidants) in foods consumed in the United States. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(1), 95-135.
- Frutos, M. J., Ruiz-Cano, D., Valero-Cases, E., Zamora, S. & Perez-Llamas, F. (2019). Artichoke (*Cynara scolymus* L.). In S. Nabavi Ana & S. Sanches (Eds.), *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. (pp. 135-138). Academic Press.
- Krnjaja, V., Mandica, V., Stankovicb, S., Obradovicb, A., Vasicc, T., Lukica, M. & Bijelica, Z. (2019). Influence of plant density on toxigenic fungal and mycotoxin contamination of maize grains. *Crop Protection*, 116, 126-131.
- Kołodziej, B. (2012). Effects of Irrigation and various plantation modalities on production and concentrations of caffeoylquinic acids and flavonoids of globe artichoke leaves (*Cynara scolymus* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 77(1), 16-23.
- Litrico, P. G., Santonoceto, C. & Anastasi, U. (1998). Effects of changes of seasonal irrigation volume on yield of globe artichoke *Cynara scolymus* L. grown from seed. *Agricoltura-Ricerca Italy*, 20, 53-60.
- Moosavi, S. G. (2012). Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(9), 1627-1632. (In Farsi)
- Nouraei, S., Rahimmalek, M., Saeidi, G. H. & Bahreininejad, B. (2016). Variation in seed oil content and fatty acid composition of Globe artichoke under different irrigation regimes. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 93(7), 953-962.
- Ramezan, G. & Abbaszadeh, B. (2016). The effect of drought stress on yield, content and percentage of essential oil of *Nepeta pogonosperma* under different plant density. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(6), 1071-1085. (In Farsi)
- Rebora, C., Ibarguren, L., Lelio, H. & Gomez, L. (2011). Effect of plant population density on tuber yield of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) urban waste water irrigated. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 43(2), 83-90.

- Ruttanaprasert, R., Jogloya, S., Vorasoot, N., Kesmalaa, T., Kanwar, R., Holbrook, C. & Patanothai, A. (2016). Effects of water stress on total biomass, tuber yield, harvest index and water use efficiency in Jerusalem artichoke. *Agricultural Water Management*, 166, 130-138.
- Sajid, A. (2011). *Leaf Yield and Polyphenols of Artichoke (Cynara cardunculus L.) Influenced by Harvest Frequency and Herbicide Stress*. Ph.D. Thesis, Faculty of Agricultural and Nutritional Sciences, Home Economics and Environmental Management Justus Liebig University Giessen, Germany.
- Shinohara, T., Shinsuke, A., Sun Yoo, K. & Leskovar, D. (2011). Irrigation and nitrogen management of artichoke: yield, head quality, and phenolic content. *Horticultural Science*, 46(3), 337-386.
- United State Department of Agriculture. (2012). California artichoke national agricultural statistics service. Retrieved May, 16, 2012. <http://www.nass.usda.gov>.