Journal of Vegetables Sciences **دو فصلنامه علمی- پژوهشی علوم سبزی‌ها**
Vol 3, No 6, Autumn & Winter 2020, Pages (123-134) سال ۳- شماره ۶- پاییز و زمستان ۱۳۹۸- صفحات (۱۳۴-۱۲۳)
DOI: 10.22034/iuvs.2020.109034.1050

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

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و تراکم کشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی گیاه کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.)، آزمایشی به‌صورت 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، به‌عنوان عامل اصلی و تراکم در چهار سطح ۱۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، به‌عنوان 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 به‌دست 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 به‌دست آمد. اما این گیاه حتی در شرایط سخت کم‌آبی، توانایی بالایی در تولید علوفه، دانه، غنچه و اندام‌های هوایی را داشته، به‌طوری‌که 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

کنگرفرنگی (*Cynara scolymus* L.) گیاهی چندساله با منشأ مدیترانه‌ای از خانواده 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*

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 (Kołodziej, 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 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 Shinohoara 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. Kołodziej 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،

تولید نشاء در زیر پلاستیک و تولید نشاء در داخل سینی کاشت) و آبیاری شامل دو تیمار آبیاری قطره‌ای و بدون آبیاری بود. نتایج نشان داد که عملکرد کل ماده خشک، تعداد و سطح برگ در تیمار آبیاری قطره‌ای و تولید نشاء در زیر پلاستیک، نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. Ruttanaprasert و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر تنش آبی بر میزان کل زیست‌توده، عملکرد غنچه، شاخص برداشت و راندمان مصرف آب در کنگرفرنگی را با استفاده از دو سطح آبیاری (ظرفیت زراعی ۲۵ و ۵۰ درصد آب قابل‌دسترس) در پنج واریته 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 قابل‌دسترس) بود و واریته‌های مختلف در شرایط مختلف تنش خشکی، با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. Nouraei و همکاران (۲۰۱۶) نیز تأثیر دورهای مختلف آبیاری (۲۰، ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت آب قابل‌استفاده گیاه) بر مقدار روغن دانه کنگرفرنگی و ترکیبات آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که کم‌آبی بر ویژگی‌های فنولوژیک، میزان و کیفیت روغن دانه و نیز فعالیت‌های فنولیک و آنتی‌اکسیدانی 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 اشباع‌نشده در روغن در شرایط بدون تنش حاصل گردید.

تراکم گیاهی شاید مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده رقابت در میان گیاهان باشد (Sajid, 2011). تراکم مناسب گیاه در واحد سطح از اهمیت ویژه‌ای 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 متفاوت باشد (Krnjajaa, 2019). در گیاهان زراعی یک تراکم بوته بهینه وجود دارد که در بالاتر از آن تراکم، مواد فتوسنتزی به‌جای رشد زایشی، بیشتر صرف رشد رویشی و افزایش تنفس گیاه شده و در پایین‌تر از آن، اگرچه تولید تک‌بوته افزایش می‌یابد، ولی عملکرد در واحد سطح کم می‌شود (Moosavi, 2012). از جمله مطالعات انجام شده در این خصوص می‌توان به بررسی تأثیر شش تیمار تراکم (دو فاصله بین ردیف ۷۰ و ۸۰ سانتی‌متری و سه فاصله ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متری 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 سانتی‌متری بین گیاهان بوده، اما در تیمار فاصله بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری 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 ساقه‌ها، 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 می‌یابد. 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 صرفه‌جویی 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 علوفه‌ای)

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

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 به‌ترتیب 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.

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

هدایت الکتریکی (میکرومول بر سانتی‌متر)	اسیدیته	کربنات	بیکربنات	کلر	سولفات	آنیون‌ها	کاتیون‌ها
		..... (میلی‌اکی والان در لیتر)					
۴۲۶/۰	۷/۸	۰/۸	۳/۲	۰/۵	۰/۶	۵/۱	۵/۱

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

بافت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته
سیلت-رسی	۰/۳۴	۳/۷۰	۰/۱۸	۲۱	۵۲۰	۷/۳

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ و ۱۳۹۶-۱۳۹۵ 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- تعرق 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 بوته‌ای ۲، ۱، ۰/۶۷ و 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

مرحله‌ی هشت برگی، پس از این‌که 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 (Kc_{ini}=۰/۵۰)، مرحله رشد و توسعه (Kc_{dev}=۰/۹۰)، مرحله میانی (Kc_{mid}= ۱/۰۰) و مرحله نهایی (Kc_{end}=۰/۹۵) 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 نُه 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 برداشت‌شده به‌مدت 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 این‌که 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).

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

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

تعداد برگ

بیشترین و کمترین تعداد برگ به‌ترتیب 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 به‌دست آمد (جدول ۴).

تعداد غنچه

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد غنچه به‌ترتیب 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 به‌ترتیب در تراکم ۱۰۰۰۰ و تراکم ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۱۰ و ۶ غنچه در بوته به‌دست آمد (جدول ۳).

تعداد شاخه جانبی

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۳۷/۳ و ۲۹/۸ گرم بود (جدول ۳).

میانگین قطر تاج‌پوشش

بیشترین و کمترین میانگین قطر تاج‌پوشش به‌ترتیب 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 سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴).

وزن تر کل اندام هوایی

بیشترین و کمترین وزن تر کل اندام هوایی به‌ترتیب 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 به‌دست آمد (جدول ۴).

وزن خشک کل اندام هوایی

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

گیاه) و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با مقادیر ۲۰۸۷۲ و ۹۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین وزن خشک کل اندام هوایی به‌ترتیب متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۲۰۳۰۶ و ۱۱۳۷۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

عملکرد دانه

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب متعلق به تیمار شاهد (۱۰۰ 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 به‌ترتیب متعلق به تیمار ۴۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار با مقادیر ۲۸۳۰/۷ و ۱۵۸۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳).

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

آبیاری	ارتفاع کل بوته (سانتی‌متر)	ارتفاع تا شروع شاخه‌های جانبی (سانتی‌متر)	تعداد شاخه جانبی	تعداد غنچه	وزن هزار 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 میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

درصد روغن دانه

بیشترین و کمترین درصد روغن دانه به‌ترتیب 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 به‌دست آمد (جدول ۴).

عملکرد روغن دانه

بیشترین و کمترین عملکرد روغن دانه به‌ترتیب 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 به‌دست 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 تاج‌پوشش (سانتی‌متر)	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	۹۵/۲^{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	۱۰۷/۲^{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}	۵۳۸۹۰/۲^{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}	۶۳۹/۲^{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

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کاهش یافته، به‌طوری‌که کمترین مقدار صفات بررسی شده متعلق به تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی کنگرفرنگی) بود. با توجه به این‌که تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) تحت خشکی قرار نگرفته است، از رشد و نمو بهتری برخوردار بوده و میزان آب قابل‌دسترس برای گیاه در حد بالایی بوده و به‌دنبال 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 صرف توسعه ریشه و جذب آب و مواد غذایی شده در نتیجه گیاهان تنش دیده نسبت به گیاهان شاهد رشد کمتری داشتند، به‌طوری‌که وزن تر و خشک اندام هوایی و میزان دانه به‌ترتیب ۴۶، ۵۳ و ۳۸ درصد در تیمار تنش شدید خشکی (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. با این‌حال، 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)، Shinohoara و همکاران (۲۰۱۱)، Litrico و همکاران (۱۹۹۸) مبنی بر کاهش عملکرد گیاه کنگرفرنگی در اثر افزایش تنش خشکی، موجب می‌گردد، مطابقت دارد. همچنین نتایج به‌دست آمده

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

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که با کاهش تراکم از ۴۰۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد غنچه در بوته به‌ترتیب ۷۱ و ۸۳ درصد افزایش یافت؛ اما در رابطه با سایر صفات مورد بررسی نتیجه برعکس بود، یعنی آن‌که با کاهش تراکم از ۴۰۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار، عملکرد کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که عملکرد وزن تر و خشک اندام هوایی، میزان دانه و روغن آن به‌طور تقریبی نصف گردید. تراکم بوته از عواملی است که در رقابت گیاهان در جذب آب، مواد معدنی و نور نقش بسیار مهمی ایفا می‌نماید. منابع مورد رقابت ذکر شده نه تنها در فتوسنتز و عملکرد ماده خشک گیاهان دارویی بلکه در بیوسنتز ترکیب‌های ثانویه نقش مؤثری دارند (Ramezan & Abbaszadeh, 2016). وقتی فاصله کشت دو بوته نزدیک‌تر شود، رقابت برای جذب آب و مواد غذایی بیشتر می‌شود و این موضوع می‌تواند بر صفات مورفولوژیک اثرگذار باشد. از طرفی در نتیجه رقابت بین گیاهان در جذب نور و همین‌طور 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 می‌کنند. در نتیجه به هر گیاه مقدار کمتری می‌رسد و باعث کاهش رشد و نمو گیاه می‌شود. با کاهش تراکم، تعداد ساقه‌های فرعی و به‌تبع آن تعداد غنچه در بوته افزایش یافت که این موضوع می‌تواند به‌دلیل افزایش فضا، آب و مواد غذایی و در نتیجه رشد بهتر هر بوته باشد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج 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 تک‌بوته در شرایط بدون تنش بیشتر باشد، عملکرد در هکتار نیز در همین تیمار بیشترین میزان را خواهد داشت؛ اما با توجه به این‌که عملکرد گیاه در هکتار حاصل‌ضرب عملکرد تک‌بوته در تعداد گیاه در هکتار می‌باشد، یا مجموع عملکرد همه گیاهان موجود در هکتار می‌باشد، بنابراین در فاصله کاشت‌های کمتر، بیشترین عملکرد تک‌بوته به‌دست آمده است، اما وقتی تعداد گیاه در هکتار بیشتر باشد اثر تعداد در حاصلضرب مذکور غالب بوده و سبب افزایش عملکرد گیاه در هکتار در تیمارهای با فاصله کاشت بیشتر شده است. به‌عبارتی، مشاهده شد که اثر تعداد بوته از افزایش عملکرد تک‌بوته در هکتار بیشتر بود (Ramezan & Abbaszadeh, 2016).

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح آبیاری و تراکم کشت نشان داد که افزایش تنش خشکی بر صفات میانگین قطر تاج‌پوشش، تعداد برگ، وزن تر کل اندام هوایی، درصد و عملکرد روغن مؤثر بوده و در تراکم‌های مختلف باعث کاهش این صفات شده است، به‌طوری‌که بیشترین مقادیر به‌دست 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. به‌عنوان مثال در این تیمار وزن تر کل اندام هوایی و عملکرد روغن به‌واسطه افزایش تراکم

از ۱۰۰۰۰ به ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار به‌ترتیب 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 به‌دلیل 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 به‌دلیل 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 انتظار داشت که با افزایش تراکم به بالاتر از ۴۰۰۰۰ بوته در هکتار، عملکرد بیشتری را به‌دست 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 به‌دست 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 آن‌را به‌عنوان یک گیاه ارزشمند جهت کاشت در مناطق اقلیمی مشابه توصیه نمود.

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 pant 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 Feld 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 equidi 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.
- Shinohoara, 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.
- Unatied State Department of Agriculture. (2012). California artichoke national agricultural statistics service. Retrieved May, 16, 2012. http://www.nass.usda.gov.