نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۷۲-۲۶۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 263-272
ISSN: 2008 - 4730

اثر تراکم کاشت و رقم بر خصوصیات مرفولوژیکی، عملکرد و صفات کیفی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در کشت هیدروپونیک

فرزانه بدخشان[1*] - فریده صدیقی دهکردی[2] - سید محمد حسن مرتضوی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵

چکیده

در بررسی اثر تراکم بوته و رقم بر عملکرد و کیفیت گیاه ریحان درکشت هیدروپونیک، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در زمان در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو رقم سبز و بنفش (در کرت اصلی)، سه تراکم ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع و دو چین (کرت‌های فرعی) بودند. فاکتورها شامل صفات مرفولوژیکی (تعداد و سطح برگ، وزن تر برگ و ساقه و عملکرد پیکر رویشی تر) و صفات کیفی (کلروفیل کل، کارتنوئید، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ترکیبات فنولی کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و درصد اسانس) بودند. نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین تعداد و سطح برگ به ترتیب در رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم و رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول بود. بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع و چین اول با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع بدست آمد. همچنین بیشترین و کمترین وزن تر ساقه به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع و چین دوم با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع مشاهده گردید. چین دوم با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع و چین اول با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع به ترتیب بیشترین (۱۴۲۷ گرم در متر مربع) و کمترین (۱۰۲۰ گرم در متر مربع) عملکرد پیکر رویشی تر را داشت. رقم بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم و رقم بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول به ترتیب بیشترین کلروفیل (۲/۰۹۷ میلی گرم در گرم وزن تر) و مواد فنولی (۱۰۴/۳ میلیگرم در کیلوگرم وزن تر) را داشتند. کمترین میزان کلروفیل و مواد فنولی در رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول مشاهده شد. بیشترین و کمترین کارتنوئید به ترتیب در رقم بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع و رقم بنفش با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع بدست آمد. همچنین بیشترین و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در رقم بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۲/۰۲۱ میلی‌مول آهنII درگرم وزن تر) و رقم سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۰/۶۹۸ میلی‌مول آهنII درگرم وزن تر) بود. مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و درصد اسانس تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت. نتایج نشان داد رقم بنفش و تراکم۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع، به علت بهبود برخی از صفات مرفولوژیکی و کیفی، رقم و تراکم مناسب برای پرورش ریحان بوده است.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت آنتی اکسیدانی، درصد اسانس، سطح برگ

مقدمه

ریحان[4] گیاهی علفی، یک ساله و متعلق به خانواده نعناعیان[5] است که با داشتن رقم‌های مختلف یکی از مهم‌ترین سبزی‌های برگی به حساب می‌آید. ریحان علاوه بر استفاده به عنوان یک سبزی تازه‌خوری، پیکر رویشی و معطر آن خشک شده و به عنوان یک ادویه و همچنین یک گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۳). کمبود آب و عدم امکان کنترل دقیق تغذیه گیاه در کشت خاکی باعث شده که در دهه‌های اخیر تولید محصولات به روش‌های مختلف کشت بدون خاک افزایش یابد (۲۶). کشت بدون خاک به‌طور گسترده در کشت‌های گلخانه‌ای، بخصوص طی ماه‌هایی که تولید مزرعه‌ای ممکن نیست، برای بهبود کنترل شرایط رشد و اجتناب از شرایط نامناسب آب و عناصرغذایی خاک استفاده می‌شود. همچنین سبب حل مشکل شوری و راه حلی برای کاهش حاصلخیزی خاک‌هاست و میزان کارایی مصرف آب را حداقل به دو برابر کشت خاکی افزایش می‌دهد. وجود مزیت‌هایی نظیر کنترل تغذیه گیاه، امکان افزایش تراکم کاشت، کاهش بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی موجب رویکرد تولیدکنندگان

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: (Email: Farzaneh.badakhshan@gmail.com
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i2.60911
4- *Ocimum basilicum* L.
5- Lamiaceae

محصولات باغبانی به استفاده از این روش شده است (۳۸). آرایش کاشت و تراکم بوته در واحد سطح از عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان می‌باشد. افزایش تراکم بوته منجربه افزایش رشد طولی گیاه و رقابت بین گونه‌ای برای استفاده از عوامل محیطی رشد می‌شود و ضمن کاهش عملکرد ممکن است منجر به خوابیدگی بوته‌ها و توسعه بیماری شود. از طرفی کاهش تراکم بوته تا کمتر از حد مطلوب سبب کاهش عملکرد خواهد شد. اما ریحان دارای رشد نیمه محدود می‌باشد و در تراکم‌های پایین می‌تواند از طریق ایجاد شاخه‌های فرعی، تا حدودی اثرات سوء ناشی از کاهش تراکم بوته را جبران کند (۲۷). در تراکم کاشت مناسب بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد حاصل خواهد شد (۱۹). در تراکم مناسب کشت کلیه عوامل محیطی به‌طور کامل مورد استفاده قرار گرفته و رقابت میان بوته‌ها اندک است (۳۶). بررسی اثر تراکم‌های کشت ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۵ و ۴۰ بوته ریحان در متر مربع در سیستم هیدروپونیک و برداشت به دو روش سرزنی و قطع اولین شاخه به طول ۱۵سانتی‌متر، نشان دادند که در طی فصل بهار/تابستان تفاوت معنی‌داری در رشد و عملکرد کل ریحان در واحد سطح در تراکم‌های ۲۰، ۲۵ و ۴۰ بوته در مترمربع مشاهده نشد. اما در طی فصل رشد تابستان/پاییز بیشترین ماده تر برگ و سطح برگ در بالاترین تراکم بدست آمد (۱۷). در بررسی اثر شرایط کشت هیدروپونیک بر عملکرد و کیفیت گیاه ریحان نشان دادند که عملکرد با افزایش تراکم کاشت از ۲ تا ۱۶ بوته در گلدان افزایش یافت ولی اندازه متوسط گیاه کاهش یافت. اندازه بهینه بوته و برگ در تراکم ۸ بوته بدست آمد (۳۵). در بررسی عملکرد محصول دو گونه ریحان برگ پهن[1] و برگ باریک[2] در شرایط گلخانه در کشت هیدروپونیک و بستر کشت، بیشترین میزان محصول تر در هر دو گونه از کشت هیدروپونیک بدست آمد (۸). اسکونستین (۳۱) با تولید ریحان به دو روش هیدروپونیک و ارگانیک، نشان داد که گیاهان تولید شده به روش هیدروپونیک از عملکرد و چین‌های برداشت بیشتری برخوردار بودند. اسگیری و همکاران (۳۳) با مقایسه ارزش غذایی ریحان تولید شده در دو سیستم کشت هیدروپونیک و کشت خاکی نشان دادند که کشت هیدروپونیک سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار ویتامین‌های E و C، غلظت ترکیبات فنولی و اسید رزماریک در گیاهان گردید. کیفرل و همکاران (۱۴) با مقایسه چند رقم ریحان سبز و بنفش که به صورت هیدروپونیک پرورش یافته بودند گزارش کردند که مقدار اسید رزمارینیک در اجزای مختلف رویشی گیاه ریحان از ۴ تا ۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک متغیر است و مقدار آن در بافت ریشه گیاهان در مرحله گلدهی به حداکثر رسید.

با توجه به اهمیت گیاه ریحان به عنوان یک سبزی تازه‌خوری و استفاده از آن در صنایع دارویی، محدودیت تولید مزرعه‌ای این گیاه در فصولی از سال (پاییز، زمستان تا اوایل بهار) و با عنایت به این امر که تولید سبزی‌ها و گیاهان دارویی در شرایط هیدروپونیک استفاده بهینه از آب و مواد مغذی و تولید پایدار را با حفظ محیط زیست میسر می‌سازد، در این آزمایش امکان کشت هیدروپونیک دو رقم ریحان (سبز و بنفش) در تراکم‌های مختلف به صورت گلدانی در محیط بدون خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اول آبان ماه سال ۱۳۹۴ در مجتمع گلخانه‌ای دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت آزمایش اسپلیت پلات در زمان در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ارقام ریحان (سبز و بنفش) در کرت اصلی و تراکم بوته (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع) و دوچین (کرت‌های فرعی) بودند. بذور ریحان در گلدان‌های با ابعاد ۱۷×۳۰×۳۰ سانتی‌متر در بستر حاوی کوکوپیت (۸۰ درصد) و پرلیت (۲۰ درصد) کشت شدند. بذرها تا زمان سبز شدن و ظهور برگ‌های لپه‌ای با آب تصفیه شده آبیاری شدند. در ادامه برای تغذیه گیاهان از محلول غذایی هوگلند استفاده شد (جدول ۱) و نمک‌های مورد نظر مبتنی بر غلظت عناصر در فرمول غذایی ساخته شده و پس از تنظیم pH و EC در اختیار گیاهان قرار گرفت. محلول‌دهی گیاهان روزانه به روش قطره‌ای و با توجه به مرحله رشد گیاهان حداقل سه بار در طول روز صورت گرفت. با تغذیه و ادامه رشد، اولین چین بعد از گذشت ۴۳ روز از زمان کاشت و هنگامی که بوته‌ها ۶–۸ برگ حقیقی داشتند از ارتفاع ۵–۱۰سانتی‌متر از سطح بستر انجام شد (۲۴). چین دوم نیز ۳۰ روز بعد از چین اول، صورت گرفت. میانگین حداکثر و حداقل دما در طی چین اول به ترتیب ۳۹ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد و در طی چین دوم به ترتیب ۳۲ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل صفات مرفولوژیکی شامل تعداد و سطح برگ، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، عملکرد پیکر رویشی تر و صفات کیفی شامل کلروفیل کل، کارتنوئید به روش آرنون (۱)، بر اساس رابطه (۱)، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ترکیبات فنولی کل به روش بنزی و استرین (۳) و بیگلری (۴) ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل به روش گوا و همکاران (۱۱)، بر اساس رابطه (۲) و درصد اسانس به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر بودند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری MSTAT-C و برای انجام مقایسات میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱درصد استفاده شد.

1- *Ocimum basilicum*
2- *Ocimum minimum*

جدول ۱- مواد تشکیل دهنده محلول غذایی هوگلند و غلظت آن‌ها

Table 1- ingredients and concentration (mg / L) in the Hoagland nutrient solution

عناصر پر مصرف Major elements	غلظت عنصر Concentration (mg/L)	عناصر کم مصرف Minor elements	غلظت عنصر Concentration (mg/L)
N	210	Fe(EDTA)	2.5
P	31	Cu	0.02
K	234	Zn	0.05
Mg	34	B	0.5
Ca	160	Mo	0.01
S	64	Mn	0.5

رابطه۱: a+b (mg/g fresh weight) = (((20.08 A645) + (8.02 A663)) / W) × V Chlorophyll

Cartenoids = (1000(A470) – 1.8 (Chl a) – 58.2 (Chl b)) / 198

رابطه ۲: Y= (1.69× (Abs593)) +0.0362

نتایج و بحث

تعداد برگ: بیشترین تعداد برگ در رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم بود، که با رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع در چین اول تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد برگ در رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول مشاهده شد (شکل۱- الف). در چین دوم به دلیل گسترش سیستم ریشه، جذب آب و مواد غذایی قوی‌تر بوده، در نتیجه باعث افزایش تعداد برگ شده است. بوته‌ها در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع انشعابات ساقه بیشتری داشته، در نهایت تعداد برگ بیشتری ایجاد می‌کنند. گنجعلی و همکاران (۹) در بررسی روی صفات مرفولوژیک همیشه بهار با سه تراکم۵۰×۶، ۵۰×۸ و ۵۰×۱۲ سانتی‌متر نشان دادند که بیشترین تعداد برگ در تراکم‌های اول و سوم (احتمالاً در تراکم کم به دلیل کاهش رقابت، بوته ها از انشعابات ساقه بیشتری برخوردار بوده در نتیجه تعداد برگ بیشتری نشان می‌دهند. همچنین در تراکم بالاتر به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد برگ بیشتری مشاهده می‌شود) بدست آمد. همچنین نتایج این آزمایش با یافته‌های الژندی و همکاران (۷) بر روی ریحان مطابقت دارد. آنها بیان کردند که ایجاد فضای زیاد باعث افزایش تعداد برگ می‌شود.

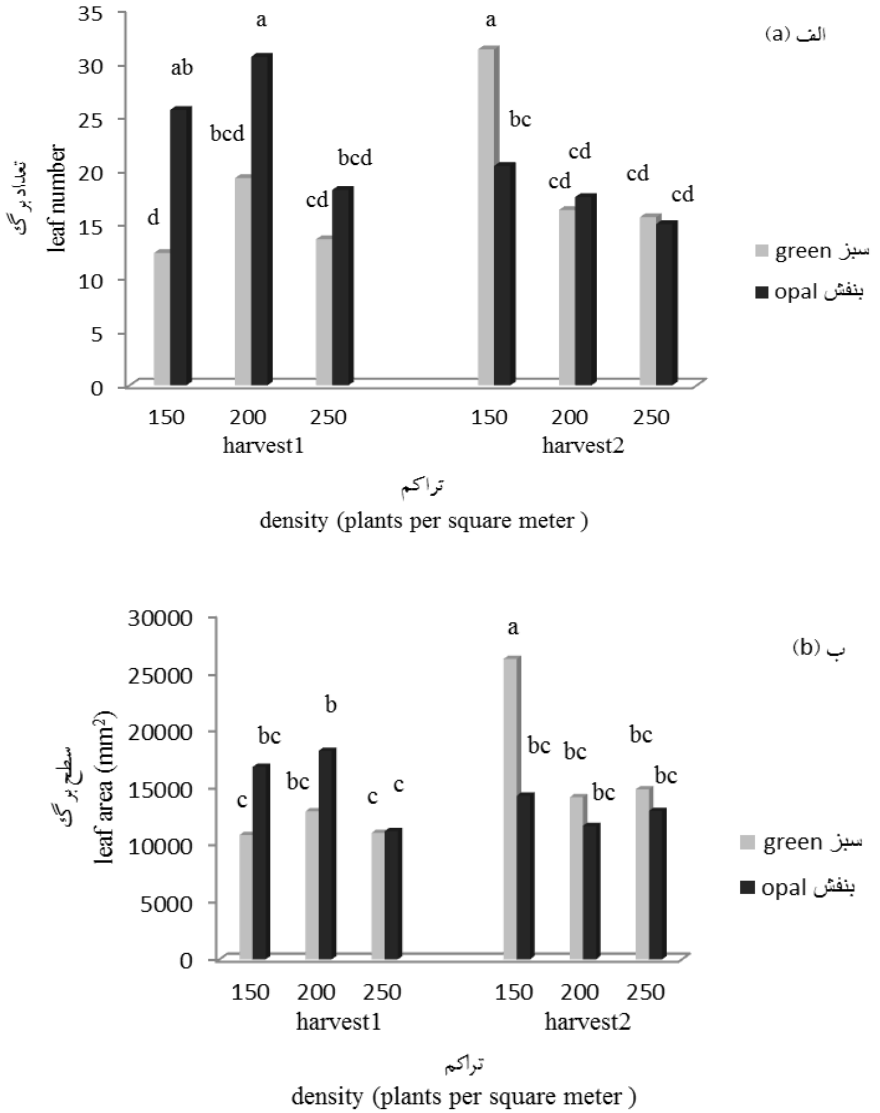
سطح برگ: بیشترین و کمترین سطح برگ به ترتیب در رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم (۲۶۱۴۰ میلی‌متر مربع) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۱۰۸۱۰ میلی‌متر مربع) بود (شکل۱- ب). در چین دوم رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع ازتعداد برگ بیشتری برخوردار بوده در نتیجه سطح برگ بالاتری داشته است. در چین دوم به دلیل گسترش سیستم ریشه، آب و مواد مغذی به سهولت در اختیار ریشه قرار می‌گیرد، بنابراین، بیشتر انرژی گیاه به جای توسعه ریشه در جهت بهبود رشد رویشی می‌رود و باعث افزایش سطح برگ شده است. در تراکم کمتر بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد حاصل می‌شود. در این تراکم به علت سایه‌اندازی کمتر گیاهان و امکان جذب بیشتر نور، سبب افزایش سطح برگ شده است. بررسی مرتضی و همکاران (۲۱) بر روی سنبل الطیب نشان داد که کاهش تراکم باعث افزایش فتوسنتز و رشد و نمو بیشتر برگ شده در نتیجه سطح برگ افزایش می‌یابد.

وزن تر برگ: بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۵/۸۴۰ گرم) و چین اول با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع (۳/۰۹۰ گرم) بود (جدول ۲). به دلیل افزایش تعداد برگ در چین دوم و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، بوته‌ها از وزن تر برگ بیشتری برخوردار بوده‌اند. گیاهان در تراکم کمتر، مواد مغذی و نور بیشتری دریافت کرده و در نتیجه سطح فتوسنتزی افزایش و مواد حاصل از فتوسنتز بیشتری تولید و سبب افزایش وزن تر برگ می‌شود (۲۱). با افزایش تراکم سبب ایجاد رقابت بین بوته‌ها شده و در نهایت وزن تر برگ کاهش می‌یابد. همچنین در چین دوم به دلیل گسترش و استقرار بهتر ریشه‌ها در بستر، جذب آب و مواد غذایی بیشتر بوده، در نهایت وزن تر برگ افزایش می‌یابد.

وزن تر ساقه: بیشترین و کمترین وزن تر ساقه به ترتیب در چین دوم با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۳/۲۸۳ گرم) و در چین دوم با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع (۲/۱۰۶ گرم) بود (جدول۲). در تراکم کمتر، بوته‌ها مواد مغذی و نور بیشتری دریافت کرده و در نتیجه سطح فتوسنتزی افزایش و مواد حاصل از فتوسنتز بیشتری تولید و سبب افزایش وزن تر ساقه می‌شود. با افزایش تراکم سبب ایجاد رقابت بین بوته‌ها شده و در نهایت وزن بوته و در نتیجه وزن تر ساقه کاهش می‌یابد. که با نتایج صیفی و همکاران (۳۰) بر روی فلفل و یافته‌های گنجعلی و همکاران (۹) بر روی همیشه بهار مطابقت دارد.

عملکرد پیکر رویشی تر: بیشترین و کمترین عملکرد پیکر رویشی تر به ترتیب در چین دوم با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع (۱۴۲۷ گرم در متر مربع) و چین اول با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۱۰۲۰ گرم

در متر مربع) بود (جدول ۲). در چین دوم به دلیل گسترش و استقرار بهتر ریشه‌ها در بستر، به جای این که ریشه در جستجوی آب و مواد مغذی رشد کند این مواد در اختیار ریشه قرار می‌گیرد، بنابراین، بیشتر انرژی گیاه به جای توسعه ریشه در جهت بهبود رشد رویشی می‌رود و در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح عملکرد افزایش یافت. در گیاهان 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 می‌شود و در پایین‌تر از تراکم بهینه، اگرچه تولید تک بوته افزایش می‌یابد، اما عملکرد در واحد سطح کم می‌شود (۱۰ و ۲۰). زهتاب سلماسی و همکاران (۳۹) در بررسی تراکم‌های متفاوت روی گیاه نعناع فلفلی بیشترین عملکرد تر و خشک را از بالاترین تراکم گزارش کردند. نتایج این پژوهش با یافته‌های بخردی (۲) بر روی اثر تراکم بر ارقام ریحان و یافته‌های ساگلام و همکاران (۲۸) در بررسی سه تراکم روی گیاه بادرنجبویه و نیز یافته‌های اسمیت و همکاران (۳۵) بر روی کشت هیدروپونیک ریحان مطابقت دارد.



شکل ۱- اثر رقم، تراکم و چین بر تعداد برگ (الف) و سطح برگ (ب) ریحان

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 1- Effects of cultivar, density and harvesting on number of leaves (a) and leaf area (b) of Basil

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

جدول ۲- اثرات متقابل چین × تراکم بر صفات مرفولوژیکی ریحان

Table 2- Interaction effects of harvesting ×density on Basil morphological characteristics

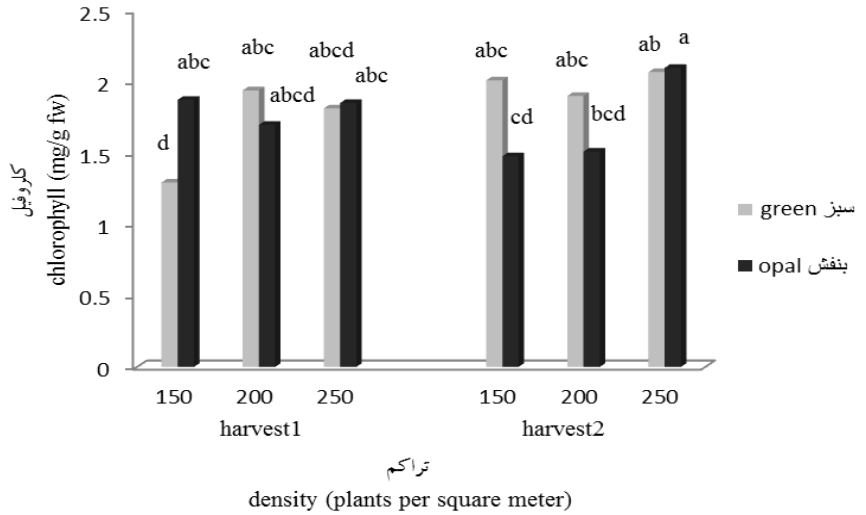
تیمار Factor		عملکرد پیکر رویشی تر fresh herb yield(g/m^2)	وزن تر ساقه fresh weight stem(g)	وزن تر برگ fresh weight leaf(g)
چین Harvest	تراکم Density (plants per square meter)			
1	150	1020^{c}	2.478^{ab}	3.907^{b}
1	200	1327^{ab}	2.978^{ab}	4.049^{b}
1	250	1401^{a}	2.417^{ab}	3.090^{b}
2	150	1411^{a}	3.283^{a}	5.840^{a}
2	200	1080^{bc}	2.106^{b}	3.408^{b}
2	250	1427^{a}	3.065^{a}	3.715^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

کلروفیل کل: بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل کل به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع در چین دوم (۲/۰۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۱/۲۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود (شکل۲). بالا بودن کلروفیل در رقم ریحان بنفش به دلیل خصوصیات ژنتیکی این رقم است. در چین دوم به دلیل گسترش بیشتر ریشه‌ها، جذب آب و مواد غذایی افزایش یافته، بنابراین باعث رشد بهتر گیاه و افزایش کلروفیل شده است. تراکم گیاهی، وضعیت تغذیه گیاه، رقم، شرایط محیطی، کمبود مواد غذایی و بیماری‌ها از جمله عواملی هستند که بر میزان کلروفیل برگ تأثیر گذار می‌باشند (۳۴). میزان کلروفیل برگ ارتباط مستقیمی با فتوسنتز و عملکرد دارد. مجنون حسینی و همکاران (۱۸) بر روی تراکم کشت نخود فرنگی بیان کردند که با افزایش تراکم، کلروفیل برگ تا یک حد اپتیمم با افزایش مواجه می‌شود.

کارتنوئید: بیشترین و کمترین مقدار کارتنوئید به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع (۶/۲۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و رقم ریحان بنفش با تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع (۴/۴۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) بود (جدول ۳).کارتنوئیدها رنگدانه‌های گیاهی هستند که به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات ضروری دستگاه فتوسنتزی عمل می‌کنند.



شکل ۲- اثر رقم، تراکم و چین بر میزان کلروفیل کل برگ ریحان

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 2- Effects of cultivar, density and harvesting on total chlorophyll amount of Basil leaf

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

جدول ۳- اثرات متقابل رقم × تراکم بر ویژگی‌های کیفی ریحان

Table 3- Interaction effects of cultivar ×density on Qualitative characteristics of Basil

تیمار Factor		ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity (m mol fe ll/g fw)	کارتنوئید Carotenoid (mg/g fw)
رقم Culture	تراکم Density(plants per square meter)		
سبز Green	150	0.698^{d}	4.550^{b}
	200	1.370^{bc}	4.525^{b}
	250	1.030^{cd}	4.523^{b}
بنفش opal	150	2.021^{a}	5.803^{a}
	200	1.779^{ab}	4.452^{b}
	250	1.578^{abc}	6.252^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون ، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

میزان کارتنوئید در برگ سبزی‌ها به عوامل متعددی از جمله گونه گیاهی، رقم، عوامل تولید، تنوع، بلوغ و شرایط زیست محیطی مانند دما، نور و خواص خاک بستگی دارد (۴۰). رنگدانه‌های گیاهان علاوه بر ایجاد رنگ و عملکرد فیزیولوژیکی در ایفای سلامت نیز نقش دارند (۱۶). بالا بودن کارتنوئید در تراکم بیشتر ناشی از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی می‌باشد.

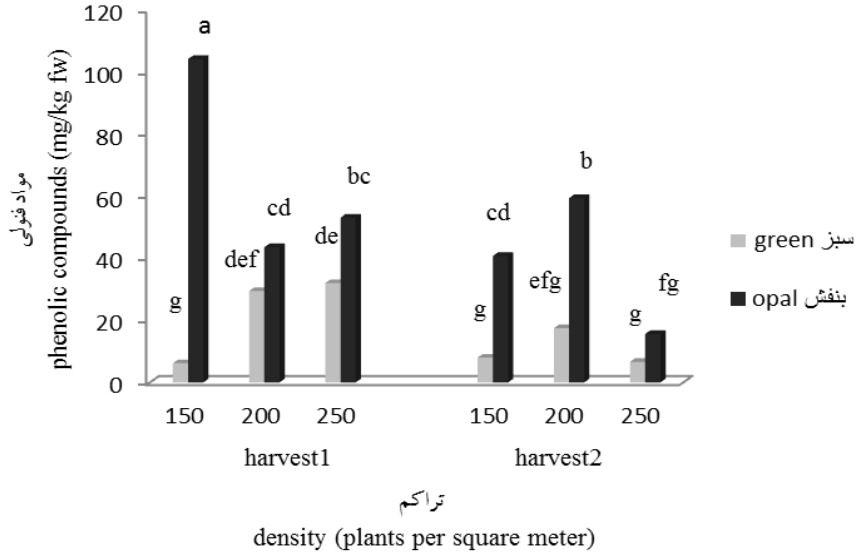
مواد جامد محلول: مواد جامد محلول تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت، اما در چین اول نسبت به چین دوم به دلیل برخورداری بوته‌ها از نور بیشتر مواد جامد محلول افزایش یافت. در تراکم کمتر، به دلیل داشتن فضای بیشتر، بوته‌ها نور بیشتری دریافت کرده و فعالیت فتوسنتزی بهتری انجام می‌دهند، در نتیجه مواد جامد محلول بالاتری دارند. که با یافته‌های سیدی و همکاران (۳۲) بر روی توت فرنگی و همچنین رایموندی و همکاران (۲۵) بر روی کشت هیدروپونیک ارقام ریحان مطابقت دارد. آنها دلیل این امر را بهرمندی بیشتر بوته از نور خورشید در این تراکم دانستند.

اسیدیته قابل تیتراسیون: اسیدیته قابل تیتراسیون تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت، ولی با افزایش تراکم اسیدیته قابل تیتراسیون افزایش یافت، به طوری که در تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع بیشترین میزان مشاهده شد. در این تراکم به دلیل کمتر بودن مواد جامد محلول، بوته‌ها از اسیدیته بالاتری برخوردار بوده‌اند. در تراکم بالاتر به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش میزان نور دریافتی، بوته ها از میزان مواد جامد محلول کمتری برخوردار بوده در نتیجه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری نشان می‌دهند.

ترکیبات فنولی کل: بیشترین و کمترین میزان مواد فنولی به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۱۰۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع در چین اول (۶/۱۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) بود (شکل۳). بالا بودن مواد فنولی در رقم ریحان بنفش به دلیل ویژگی ژنتیکی این رقم است. از جمله عوامل محیطی مؤثر بر تجمع ترکیبات فنولی شدت نور و دما می‌باشد (۲۹ و ۳۷). بوته‌ها در تراکم کمتر و در چین اول از شدت نور بیشتری برخوردار بوده، در نهایت باعث افزایش مواد فنولی شده است.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: بیشترین و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در رقم ریحان بنفش با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۲/۰۲۱ میلی‌مول آهنll درگرم وزن تر) و رقم ریحان سبز با تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع (۰/۶۹۸ میلی‌مول آهنll درگرم وزن تر) بود (جدول۳). بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در رقم ریحان بنفش به دلیل ویژگی ژنتیکی این رقم می‌باشد. جوانمردی و همکاران (۱۳)، ضمن بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول‌های ۲۳ توده ریحان بومی ایران گزارش کردند که یک رابطه خطی مثبت بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول‌های کل توده‌های ریحان مورد مطالعه وجود دارد. عوامل بسیار زیادی ازجمله آب و هوا، خاک و ارتفاع، اختلاف در گونه‌های مختلف در میزان متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله فنل تام و خواص آنتی‌اکسیدانی دخالت دارند (۵).

درصد اسانس: درصد اسانس تحت تأثیر اثرات متقابل قرار نگرفت، اما در چین اول، بیشترین درصد اسانس مشاهده شد. ریحان در چین اول نسبت به چین دوم از رشد مناسب‌تری برخوردار بود که علت آن می‌توان به دلیل روزهای آفتابی با دمای هوای مناسب باشد که سبب افزایش فتوسنتز شده و در نتیجه بیشترین درصد اسانس را در چین اول تولید کرده است. در چین اول طول روز بلندتر بوده و در نتیجه میزان تابش نیز بیشتر بوده است. لیتچمو و همکاران (۱۵) نیز اعلام کرده‌اند که میزان اسانس گیاهان تحت شرایط نور اضافی بیشتر از گیاهان تحت شرایط نور معمولی است و بیوسنتز اسانس بستگی زیادی به رژیم‌های نوری دارد (۲۲). نتایج این پژوهش با یافته‌های حاج سید هادی و همکاران (۱۲) و درزی و همکاران (۶) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که تراکم گیاهی تأثیر معنی‌داری بر مقدار اسانس گیاهان دارویی بابونه و رازیانه نداشت.



شکل ۳- اثر رقم، تراکم و چین بر مواد فنولی کل برگ ریحان

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Figure 3- Effects of cultivar, density and harvesting on phenolic compounds of Basil leaf.

The data in each column followed by same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at 1% of probability level

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج بدست آمده، رقم ریحان بنفش و تراکم ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع (به ترتیب به دلیل کاهش رقابت بین بوته‌ها و افزایش تعداد بوته در واحد سطح)، به علت بهبود برخی از صفات مرفولوژیکی و کیفی، رقم مناسب و تراکم بهینه برای پرورش ریحان خوراکی در شرایط کشت گلخانه‌ای بوده است. همچنین با توجه به یافته‌های حاصل از دو چین می‌توان بیان کرد که چین دوم به دلیل توسعه واستقرار بهتر ریشه در بستر، شرایط مناسب و مطلوب‌تری را جهت رشد بوته‌ها و صفات مرفولوژیکی گیاه ایجاد کرده است. اما از لحاظ صفات کیفی (مواد جامد محلول، ترکیبات فنولی کل، درصد اسانس)، چین اول به دلیل برخورداری از شرایط دمایی مناسب و شدت نور بیشتر، شرایط بهتری را فراهم کرده است.

منابع

1- Arnon A.N.1967.Method of extraction of chlorophyll in the plants, Agron Journal, 23:112-121.
2- Bekhradi F., Delshad M., Kashi A., Babalar M., and Ilkhani S. 2014. Effect of plant density in some basil cultivars on yield and radiation use efficiency, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), 5(1): 91-96.
3- Benzie I.F., and Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay, Analytical biochemistry, 239(1): 70-76.
4- Biglari F., AlKarkhi A.F., and Easa A.M. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (Phoenix dactylifera) fruits from Iran, Food chemistry, 107(4): 1636-1641.
5- Cao G,and Prior R.L. 1998. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum, Clinical Chemistry, 44:1309–1315.
6- Darzi M.T., khoda bandeh N., Haj syed hadi M. and Yasa N. 2001. The effects of planting date and plant density on seed yield and quality and quantity of active ingredient Fennel Medicinal Herb,National Conference of Iranian Medicinal Plants / Forests and Rangelands Research Institute, 151-152. (in Persian)
7- El-Gendy S.A., Hosni A.M., Ahmed S.S., Ömer E.A. and Reham M.S. 2001. Variation in herbage yield and oil composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) var. 'Grande Verde' grown organically in a newly reclaimed land in Egypt, Journal of Agricultural Science, 9: 915 - 33.

8- Fernandes P.C., Facanali R., Teixeira J.P.F., Furlani P.R. and Marques M.O.M. 2004. Culture of basil substrata and hydroponic system under protected environmental, Horticultral Brasilaria, 22 .260-264.
9- Ganjali H.R., Ayeneh Band A., Heidari Sharif Abad H. and MoussaviNik M. 2010. Effect of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield component and various traits of Calendula officinalis, American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 9(2): 149-155.
10- Ghanbari A.A., and Taheri Mazandarani M. 2003. Effects of sowing date and plant density on yield of pinto bean, Seed and Plant Journal, 19(4): 483-496.
11- Guo C., Yang J., Wei J., Li Y., Xu J. and Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay, Nutrition Research, 23(12): 1719-1726.
12- Haj syed hadi M., khoda bandeh N., Darzi M.T. and Yasa N. 2001. The effects of planting date and plant density on the amount of oil and Chamazulene in Chamomile Medicinal Herbs, National Conference of Iranian Medicinal Plants / Forests and Rangelands Research Institute. 119. (in Persian)
13- Javanmardi J., Stushnoff C., Locke E. and Vivanco J.M. 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions, Food Chemistry, 83(4): 547-550.
14- Kiferle C., Lucchesini M., Mensuali-Sodi A., Maggini R., Raffaelli A. and Pardossi A. 2011. Rosmarinic acid content in basil plants grown in vitro and in hydroponics, Central European Journal of Biology, 6: 946-957.
15- Letchamo W., Xu H.L. and Gosselin A. 1995. Photosynthetic potential of Thymus vulgaris selections under two light regimes and three soil water levels, Scientia Horticulture, 62: 89-101.
16- Liu Y., Perera C.O. and Suresh V. 2007. Comparison of three chosen vegetables with others from South East Asia for their lutein and zeaxanthin content, Food chemistry, 101(4): 1533-1539.
17- Maboko M.M. and Du Plooy Ch. 2013. High plant density planting of basil (*Ocimum basilicum*) during Summer/Fall growth season improves yield in hydroponic system, Acta Agriculture Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 63(8): 748-752.
18- Majnoon hosseini N., Mohammadi H., Poustini K. and Zeinaly khanghah H. 2003. Effect of Plant Density on Agronomic Characteristics, Chlorophyll Content and Stem Remobilization Percentage in Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian, Journal of Agricultural Science, 34(4): 1011-1019. (in Persian with English abstract)
19- Malakouti M.J. and Tehrani M.M. 2001. Effects of Micronutrients on Yield and Quality of Agricultural Products 'Micro Nutrients with Macro Effects'. Second edn. Tarbiat Modares University, Press, 299 p.
20- Moosavi S.G.R. 2012. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle, Journal of Medicinal Plants Research, 6(9): 1627-1632.
21- Morteza E., Akbari G. A., Sanavi S. M. M. and Farahani H. A. 2009. Effects of sowing date and planting density on quantity and quality features in valerian (*Valeriana officinalis* L.), Journal of Ecology and the Natural Environment, 1(9): 201-205.
22- Naghdi badi H.A., Yazdani D., Nazari F. and Sajaid M.A. 2002. Seasonal changes, performance and composition of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris* L.) The planting densities, Journal of Medicinal Plants, 5:51-56. (in Persian)
23- Omidbaigi R. 2000. Processing of medicinal plants. Mashhad. Astan Quds Razavi Publishers, Published company, (3): 99-106.
24- Pearson L. and Drost D. 2006. Basil in the Garden. Extention Utah State University, HG/Garden/ 200-601.
25- Raimondi G., Orsini F., Maggio A., De Pascale S., and Barbieri G. 2006. Yield and Quality of Hydroponically Grown Sweet Basil Cultivars, Acta Horticulturae, 723, 357-360.
26- Ramezanian A., Tavallali V. and SadeghiGhotbabadi F. 2001. Greenhouse -Scientific and practical methods of greenhouse construction and plant care, Takhtejamshid publishing, 120. (in Persian)
27- Sadeghi S., Rahnavard A., and Ashrafi, Z. 2009. The effect of plant density and sowing data on yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) in Iran, Journal Science Techno Agriculture Natural Research, 5: 413–422.
28- Saglam C., Atakisi I., Turhan H., Kaba S., Arslanoglu F. and Onemli F. 2004. Effect of propagation method, plant density, and age on lemon balm (*Melissa officinalis*) herb and oil yield, New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 32(4): 419-423.
29- Sahlin E., Savage G.P., and Lister C. E. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing, Journal of Food Composition and Analysis, 17(5): 635-647.
30- Saifi S., Neamati H., shour M. and Abedi B. 2012. The effect of plant density and pruning on yield and plant growth are two varieties of sweet pepper greenhouse, Science and Technology Journal of Greenhouse Cultures, 3(11):77-82. (in Persian)
31- Schoenstein G. 1996. Hydro-organics: growing basil during the off-season. Small Farm Today, I3(1): 9-42.
32- Seyedi A., Ebadi A., Babalar M. and Saeedi B. 2010. The effect of plant density on yield and fruit quality of strawberries Selva in soilless culture vertical, Journal of Horticultural Science, 24(1):1-6 .(in Persian)
33- Sgherri C. Cecconami S., Pinzino C., Navari-Izzo F. and Izzo R. 2010. Levels of antioxidants and nutraceuticals in basil grown in hydroponics and soil, Food Chemistry, 123, 416–422.

34- Shapiro C. A., Schepers J. S., Francis D. D. and Shanahan J. F. 2005. Using a chlorophyll meter to improve N management, Lincoln, NE: University of Nebraska-Lincoln Extension Bulletin G, 1632.
35- Smith C.A., Svoboda K.P. and Noon M.M. 1997. Controlling the Growth and Quality of Hydroponically-Grown Basil (*Ocimum Basilicum* L.) (Refereed), Acta Horticulturea, International symposium, Growing media and plant nutrition in horticulture, 450:479-486.
36- Srmadnya qh., and kochaki A. 1989. Crop Physiology (Translation), Mashhad Publishers Jihad Collegiate. 468. (in Persian)
37- Toor RK. and Savage GP. 2005. Antioxidant activities in different fractions of tomato, Food Research International, 38: 487-494.
38- Tüzel I.H., Tüzel Y., Gül A., Meriç M.K., Yavuz O. and Eltez R.Z. 2001. Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact, Acta Horticulturae, 554:221-228.
39- 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.
40- Žnidarčič D., Ban D. and Šircelj H. 2011. Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries, Food Chemistry, 129(3): 1164-1168.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.2, Summer 2018, P. 263-272
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۲۷۲-۲۶۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Plant Density and Cultivar on Morphological Characteristics, Yield and Quality Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Hydroponic System

F. Badakhshan[1*]- F. Sedighi Dehkordi[2] - S.H.M. Mortazavi[3]

Received: 29-01-2017
Accepted: 25-04-2018

Introduction: Basil (*Ocimum basilicum* L.), is considered as one of the main edible crops of Lamiaceae family. In addition of consuming as a leafy vegetable, basil is known as a medicinal plant due to its aromatic and phytochemical compositions. The common edible basil has two main varieties i.e. Green and Opal. Although the production of this plant is highly happened in open farms during hot seasons, recent changes in agricultural policies in terms of year-round production, using less water and increasing the yield and quality, have encouraged the production of basil under controlled environments such as hydroponic systems. The main criteria to proceed a successful hydroponic culture are selecting proper cultivar, planting density and nutrition management. Optimum plant density alleviates the competition between plants and as a consequence, sufficient light and nutrient can lead to higher quantity and quality. This study aimed to discover the impact of plant density on the quality and yield properties of two main varieties of basil under hydroponics system.

Material and Methods: The experiment was done at Shahid Chamran University of Ahvaz during 2015-2016 growing season. A pot experiment was conducted based of Split-plot in time design with three replications. Cultivar (Green and Opal) and planting density (150, 200 and 250 plants per m^2) were considered as the main and sub plot respectively. The plants were cut twice and different morphological and biochemical properties including number of leaves, leaf area, leafy parts yield, chlorophyll, carotenoids, soluble solid content, titrable acidity, total phenolic content, antioxidant capacity and essential oil content were analyzed.

Result and Discussion: The results showed that among applied treatments, the highest number of leaves (30.61), leaf area (26140 mm^2) and stem fresh weight (3.28 g) were recorded for the *var.* Green with 150 p/m^2 planting density at second cut. In contrast, this treatment had the lowest number of leaves (12.33) and leaf area (10810 mm^2) at first cut. While maximum leaf fresh weight (5.84 g) was obtained for second cut of 150 p/m^2 planting density, minimum leaf and stem fresh weight (3.09 and 2.01 g respectively) were found for second cut of 200 p/m^2 planting density. Total fresh yield as an important criteria for a leafy vegetable was affected by both variety and planting density factors. The highest amount of yield (1427 g/m^2) was recorded at second cut when plants were at 250 p/m^2. In contrast, the plants of 150 p/m^2 had the minimum yield at first cut (1020 g/m^2). The chlorophyll content was higher in Opal variety surprisingly and the plants of 250 p/m^2 and 150 p/m^2 had around 2.09 mg/g chlorophyll at second cut. Similar findings were obtained for total phenolic content of leaves that was around 104.3 mg/Kg fresh weight for these treatments. Lowest levels of chlorophyll (1.29 mg/g FW) and total phenolic content (6.158 mg/kg) were seen in the leaves of *var.* Green when they were planted at 150 plant/m^2 density. The data for total carotenoids content showed that the level of this pigments were affected by both parameters of variety and planting density. The leaves of *var.* Opal of 250 p/m^2 density had the highest (6.252 mg/g fresh weight) carotenoids content. The highest (2.021 mmol Fe II/g FW) and lowest (0.69 mmol Fe II/g) amount of antioxidant capacity was recorded in Opal and Green varieties respectively, when they were at 150 plant/m^2 density. The taste related parameters including total soluble solids, titrable acidity and essential oil content were not affected by planting density and variety. However, the level of acidity was increased by increasing plant density. On the other hand, a significant difference was seen in terms of TSS, acidity and essential oil between first and second cuts.

Conclusion: Overall and based on obtained data, it can be said that the *var.* Opal at 150 and 250 plants/m^2 density showed the best results in terms of evaluated morphological and qualitative traits and can be recommended for hydroponics basil cultivation. Basil is harvest in 2-3 cuts and this experiment showed that for almost all vegetative parameters, the second cut had better results. The improved yield and quality at second cut could be attributed to the better establishment of roots and providing higher levels of nutrients.

Keywords: Antioxidant capacity, Essential oil, Leaf area

1, 2 and 3- Graduated M.Sc., Assistant Professor and Associate Professor of Horticultural Science, Shahid Chamran University of Ahvaz
(*- Corresponding Author Email: Farzaneh.badakhshan@gmail.com)