



بررسی امکان تولید زعفران (*Crocus sativus* L.) در سیستم کشت عمودی

لورین علی احمد^۱، علی سروش زاده^{۲*} و علی مختصی بیدگلی^۳

تاریخ پذیرش: ۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۱ فروردین ۱۳۹۴

علی احمد^۱، ل. سروش زاده، ع. و مختصی بیدگلی، ع. ۱۳۹۶. بررسی امکان تولید زعفران (*Crocus sativus* L.) در سیستم کشت عمودی. زراعت و فناوری زعفران، ۵(۲): ۱۶۱-۱۷۳.

چکیده

با وجود این که زعفران یکی از گران‌ترین گیاهان دارویی در جهان است، اما تاکنون در مورد تولید آن در کشت عمودی مطالعه‌ای انجام نشده است. بنابراین رشد و تولید زعفران در دو سیستم کشت متفاوت (عمودی و افقی) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ مورد مقایسه قرار گرفت. بنه‌های زعفران در سیستم کشت عمودی در کیسه‌های پارچه‌ای در یک مکعب که ابعاد هر وجه آن ۱/۵ در ۱/۵ متر بود کشت شدند. در کشت افقی در مزرعه بنه‌ها در سه کرت که مساحت هر کرت ۲/۲۵ مترمربع بود کشت شدند. نتایج نشان داد که در سال اول رشد تعداد گل، وزن خشک گل و وزن خشک کلاله در واحد سطح در سیستم کشت عمودی به ترتیب ۱۰ گل، ۳۴۷/۳۴ و ۵۶ میلی‌گرم در مترمربع بود که به‌طور معنی‌داری تقریباً سه برابر بیشتر از کشت افقی بود. در مقابل در سیستم کشت افقی تعداد و وزن خشک بنه‌های دختری (به ترتیب ۲/۴ عدد و ۰/۳۶ گرم در بوته)، وزن خشک بنه‌های مرکزی (۰/۸۸ گرم در بوته) و وزن خشک برگ و ریشه به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت عمودی بود، ولی حداکثر طول برگ در کشت عمودی نسبت به کشت افقی بیشتر بود. لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از سیستم کشت عمودی برای افزایش محصول زعفران در سال اول استفاده کرد؛ اما باید در مورد بهبود وزن خشک بنه‌های دختری جانبی و وزن خشک بنه‌های مرکزی در این سیستم تحقیق بیشتر انجام داد.

کلمات کلیدی: تعداد بنه‌های دختری جانبی، وزن خشک بنه‌های دختری جانبی، وزن خشک بنه‌های مرکزی.

مقدمه

دارد (Moayedi Shahraki et al., 2010). ماده‌ی زعفران که محصول این گیاه است از کلاله سه شاخه‌ای آن به‌دست می‌آید و به‌عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی در جهان شناخته شده (Koocheki et al., 2011a). این ماده دارای خواص درمانی زیادی است از جمله آرام بخش و دارای اثر ضد سرطان و ضدالتهاب می‌باشد (Tavakkol Afshari et al., 2008). کشت زعفران به‌عنوان مهم‌ترین گیاه دارویی و ادویه‌ای در ایران عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور (مانند استان‌های خراسان و کرمان) صورت می‌گیرد (Javadzadeh,

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی چندساله، نیمه گرمسیری و سرمادوست است (Behnia, 1991). این گیاه عمدتاً در مناطق مدیترانه‌ای و غرب آسیا و در مناطق کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستانی گرم می‌باشند، گسترش

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

(*- نویسنده مسئول: soroosh@modares.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.21036.1063

سیستم معمولی در مقایسه با سیستم‌های عمودی بیشتر بود (De Villiers, 2008).

با وجود اینکه دو سیستم کشت عمودی و افقی در مورد بعضی گیاهان مطالعه شده اما در مورد زعفران بررسی نشده است، لذا هدف این آزمایش مقایسه تغییرات مورفولوژیک، رشد و عملکرد زعفران در سیستم کشت عمودی نسبت به کشت افقی بود.

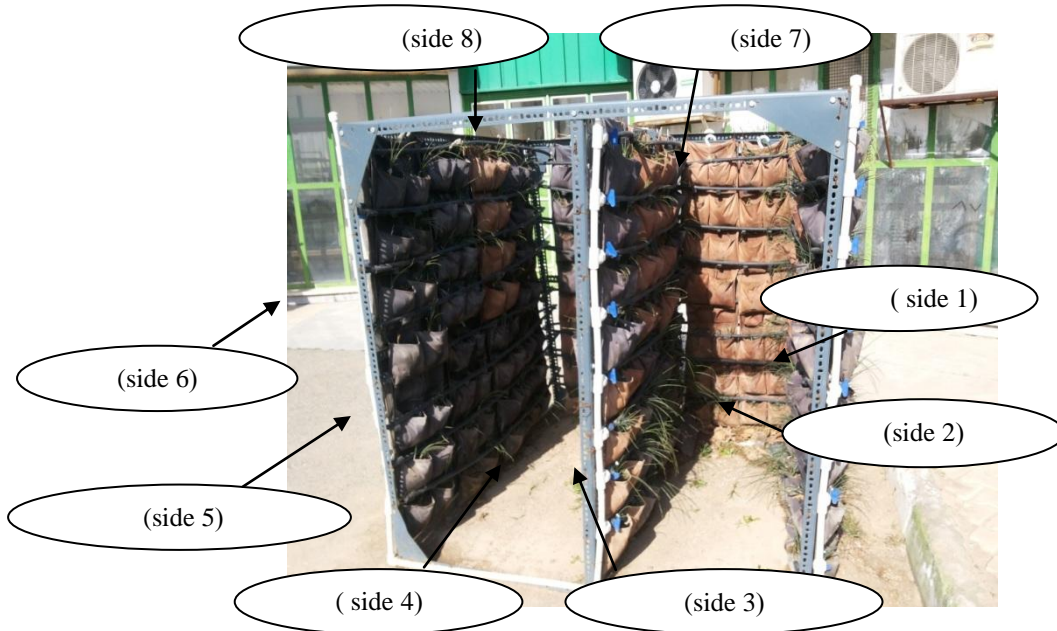
مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران- کرج با مختصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ و ۴۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. قبل از کشت افقی زعفران، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک در مهر ۱۳۹۲ انجام شد. پس از تسطیح زمین، سه کرت با ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ متر ایجاد شدند. هر کرت شامل هفت ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر (تراکم کشت ۵۰ بوته در مترمربع) از یکدیگر بود. جهت کشت عمودی نیز یک سازه مکعب شکل ساخته شد (شکل ۱). ابعاد هر وجه مکعب ۱/۵ در ۱/۵ متر بود. مساحت زمین در نظر گرفته شده برای کشت عمودی مشابه مساحت هر کرت در کشت افقی بود، با این تفاوت که از فضای بالایی زمین نیز برای تولید استفاده شد. برای انجام این کشت از کیسه‌های پارچه‌ای که در هر وجه از این مکعب نصب شده بود استفاده - شد. برای هر وجه هشت ردیف با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و در هر ردیف ۸ کیسه قرار داده شد (تراکم در کشت عمودی سه برابر تراکم کشت افقی در همان مساحت بود). کیسه‌ها با خاکی که ترکیبی از پرلیت، خاک زراعی و کود دامی به نسبت ۱:۲:۱ بود پر شدند (شکل ۱). بنه‌ها (۴ تا ۶ گرمی) قبل از کاشت با ترکیب

برای کسب حداکثر عملکرد (Sepaskhah, 2009; 2011). زعفران علاوه بر شرایط آب و هوایی و خاک مناسب نیازمند مدیریت صحیح عملیات زراعی در جهت افزایش بهره‌برداری از پتانسیل محیط است (Koocheki et al., 2011b). در ۱۰ سال اخیر طرح سیستم کشت عمودی که در آن احداث مزارع عظیم که به صورت برج بنا می‌شود (اصطلاحاً به این نوع مزارع، مزارع عمودی می‌گویند) مورد توجه قرار گرفته است. اگرچه در تاریخ کشاورزی انسان روش کشت عمودی قبلاً استفاده شده است اما با توجه این که در آینده‌ی نزدیک به دلیل رشد روزافزون جمعیت کشاورزی به صورت کشت در زمین‌های پهناور، با مشکلات زیادی همراه خواهد بود (Despommier, 2009). از آن تاریخ تاکنون تحقیقات در مورد استفاده از این روش در کشت گیاهانی مثل توت‌فرنگی که سطح برگ کوچکی دارند انجام شده است. از مزایای کشت عمودی پایداری تولیدات گیاهی، ایجاد فرصت‌هایی شغلی جدید، صرفه‌جویی در منابع، استفاده بهینه از فضا به‌ویژه در مناطقی با شدت نور کافی و در نتیجه افزایش عملکرد و درآمد کشاورزان می‌باشد (Despommier, 2009). در سال ۲۰۰۴ دو سیستم کشت عمودی و افقی توت‌فرنگی با تراکم یکسان از نظر عملکرد با یکدیگر مقایسه (Perez, 2004) شدند. نتایج نشان داد که کشت عمودی به مراتب عملکرد کمتری نسبت به کشت افقی داشت که علت آن نرسیدن نور کافی به گیاهان قسمت‌های پایین‌تر ستون بود. با وجود این مورگان گزارش کرده که تراکم گیاهی در سیستم عمودی در مقایسه با سیستم افقی می‌تواند سه برابر افزایش یابد، این امر منجر به افزایش عملکرد توت‌فرنگی در واحد سطح می‌شود (Morgan, 2006). همچنین در سال ۲۰۰۸ گزارش شده که با استفاده از سیستم کشت عمودی بیشترین عملکرد توت‌فرنگی حاصل شد، اما در سیستم کشت معمولی کیفیت میوه‌ها کمی بهتر بود. تعداد میوه‌ها و برگ‌ها و وزن تازه برگ در گیاه در

سیستم آبیاری اولین آبیاری با تأخیر در اول آبان ماه ۱۳۹۲ انجام شد. عملیات سله‌شکنی و وجین در طول فصل رشد به صورت دستی در کشت افقی انجام گردید.

سولفات مس ۵٪ به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی شده و در عمق ۱۰ سانتی‌متر و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. کاشت در ۱۵ مهرماه انجام شد اما به دلیل مشکلات در تنظیم



شکل ۱- وجه‌های سیستم کشت عمودی زعفران
Figure 1- Sides of vertical culture system of saffron.

کشت عمودی و مرحله دوم پس از زرد شدن برگ‌های کشت افقی) تعیین شد. نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند، بنابراین در خرداد ماه وزن خشک ریشه در دو سیستم کشت نیز تعیین شد. همچنین شدت نور توسط دستگاه نورسنج سولاریومتر (وات بر مترمربع) اندازه‌گیری شد.

برای صفات گلدهی (تعداد گل در واحد سطح، وزن خشک گل و کلاله) مقایسه بین میانگین‌های دو سیستم کشت افقی و عمودی با استفاده از آزمون t انجام شد. تعداد تکرارها برای کشت افقی برابر سه و برای کشت عمودی برابر دو (هر تکرار شامل چهار وجه) بود. برای صفات مورفولوژیک (تعداد جوانه در بینه، تعداد برگ در بینه و حداکثر طول برگ بینه) و وزن خشک بینه‌های دختری (به تفکیک بینه مرکزی و بینه‌های جانبی) و وزن خشک ریشه و برگ اندازه‌گیری شد. آزمایش به صورت

در کشت افقی و عمودی جوانه‌زنی (ظهور برگ) و گل‌دهی همزمان بود و طول دوره جوانه‌زنی و طول دوره گل‌دهی یکسان بود. گل‌های ظاهر شده به صورت روزانه جمع‌آوری و شمارش گردید و سپس وزن خشک گل و وزن خشک کلاله‌ها پس از خشکاندن نمونه‌ها در فضای آزاد، توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. مجموع وزن خشک کلاله‌های برداشت شده در طی دوره گلدهی به عنوان عملکرد زعفران در هر تکرار ثبت شد. زمان ظهور برگ هم برای کشت افقی و عمودی یکسان بود ولی زرد شدن برگ‌ها در کشت عمودی زودتر بود. در طول فصل رشد حداکثر طول برگ، تعداد جوانه‌ها و تعداد برگ هر بینه در دو سیستم کشت در دو زمان (مرحله) اندازه‌گیری شد. وزن خشک برگ و تعداد و وزن خشک بینه‌های دختری در هر بوته (به تفکیک بینه مرکزی و بینه‌های جانبی) در دو سیستم کشت در دو زمان (در مرحله اول پس از زرد شدن برگ‌های

شاخص‌های گل

مقایسه میانگین‌های تعداد گل، وزن خشک گل و کلاله نشان داد که در کشت عمودی تعداد گل و وزن خشک کلاله و گل در واحد سطح نسبت به کشت افقی بیشتر و تقریباً سه برابر بود (جدول ۱). این نتیجه می‌تواند به دلیل تراکم بیشتر سیستم کشت عمودی نسبت به افقی (۳ برابر) باشد. مشاهده شد که بین عملکرد کلاله و تراکم بانه رابطه مستقیمی وجود داشت و با افزایش تراکم کاشت عملکرد کلاله نیز به میزان قابل توجهی افزایش یافت. نتایج تحقیقات اکثر پژوهشگران نیز نشان داده که با افزایش تراکم کاشت عملکرد کلاله نیز افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2009; Tamaro, 1999). با افزایش تراکم کاشت عملکرد نیز به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد و اثرات مثبت افزایش تراکم کاشت در کشت کپه‌ای در سال اول و دوم کاشت زعفران بیشتر بود (Behnia, 2008). بین تراکم کاشت بانه و تعداد گل در واحد سطح رابطه مستقیمی وجود دارد (Kafi et al., 2002).

صفات مورفولوژیک

تجزیه واریانس نشان داد که سیستم کاشت و اثر متقابل سیستم کاشت در مرحله نمونه‌برداری تأثیر معنی‌داری بر تعداد جوانه در بانه و تعداد کل برگ دارند اما برای حداکثر طول برگ معنی‌دار نبودند (جدول ۲). اثر سیستم‌های کاشت روی تعداد جوانه و تعداد کل برگ و حداکثر طول برگ در مرحله اول (دو ماه پس از کاشت) معنی‌دار نبود (جدول ۳). در مرحله دوم (چهار ماه پس از کاشت) تعداد جوانه و تعداد کل برگ در کشت افقی نسبت به کشت عمودی بیشتر بود، اما حداکثر طول برگ در کشت عمودی نسبت به افقی بیشتر بود (جدول ۳).

طرح نامتعادل کاملاً تصادفی چند مشاهده‌ای آنالیز شد. برای سیستم کاشت افقی سه تکرار و برای سیستم کاشت عمودی هشت تکرار استفاده شد. برای صفات مورفولوژیک در هر تکرار ۱۲ نمونه‌گیری در دو مرحله انجام شد. در رابطه با تعداد و وزن خشک بانه‌های دختری (به تفکیک برای بانه‌ی مرکزی و بانه‌های جانبی) و وزن خشک ریشه و برگ تعداد نمونه‌گیری‌ها در تکرارها یکسان نبوده و بین ۴ تا ۹ نمونه‌گیری متغیر بود. برای صفات مورفولوژیک تبدیل لگاریتمی و برای چهار صفت تعداد و وزن خشک بانه‌های دختری (به تفکیک برای بانه‌ی مرکزی و بانه‌های جانبی) و وزن خشک ریشه تبدیل جذری صورت گرفت. برای مقایسه هشت وجه در کشت عمودی، تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات مورفولوژیک و وزن خشک برگ اندازه‌گیری شده در این وجه‌ها به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تا ۱۲ تکرار انجام شد. در این آنالیز وجه‌های کشت به عنوان عامل اصلی و زمان (مراحل نمونه‌برداری) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. تجزیه واریانس از طریق مدل خطی تعمیم یافته (GLM) و بعد از حصول اطمینان از نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

مشاهده شد که تراکم و رشد علف‌های هرز در کشت افقی در مقایسه با کشت عمودی بسیار بیشتر (مقدار آن تعیین نشد) بود. لذا می‌توان گفت که یکی از مزایای سیستم کشت عمودی زعفران کاهش هزینه‌ی مبارزه با علف‌های هرز است.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر نوع سیستم کشت بر میانگین شاخص‌های گل

Table 1- Effect of culture system on flower yield indices

سیستم کشت Culture system	وزن خشک گل Dry weight of flowers (mg.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma (mg.m ⁻²)	تعداد گل Number of flowers (No.m ⁻²)
کشت عمودی Vertical culture	347.34 ^a	56 ^a	10 ^a
کشت افقی Horizontal culture	121.78 ^b	17.62 ^b	3.26 ^b
آزمون t t Test	*	*	*

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مختلف از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری هستند.

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

In each column, means with different letters are statistically significantly different.

*Significant at the 5% level of probability.

علاوه بر این گزارش شده که به دلیل تغییرات در شدت نور رشد و عملکرد محصول توت‌فرنگی در ارتفاع‌های مختلف سیستم کشت عمودی متفاوت است به طوری که در قسمت بالایی سیستم که شدت نور بیشتر بود محصول بیشتری حاصل شد. با وجود این گزارش‌ها در مورد تأثیر سیستم کشت عمودی بر زعفران تاکنون تحقیقی صورت نگرفته است.

در کشت عمودی گیاهان برای دریافت نور رقابت کرده و گیاهی که بتواند بر بقیه غلبه کند شاخ و برگ بیشتری تولید کرده و روی گیاهان دیگر سایه اندازی می‌کند در نتیجه تعداد برگ و جوانه در مقایسه با کشت افقی کمتر شد. تأثیر مثبت افزایش ارتفاع بر عملکرد توت‌فرنگی در سیستم کشت عمودی گزارش شده (Durner, 1999; El Behairy et al., 2001).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سیستم کشت و مرحله نمونه‌برداری بر صفات مورفولوژیک

Table 2- Results of analysis of variance of the effect of culture system and sampling stage on morphological traits

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	حداکثر طول برگ بانه Maximum length of leaf per corm	تعداد برگ بانه Leaf number per corm	تعداد جوانه در بانه Bud number per corm
کاشت Culture	1	0.01 ^{ns}	0.31*	0.23*
کاشت×تکرار (خطای آزمایشی الف) Culture*replication (error a)	9	0.13	0.03	0.04
مرحله Stage	1	2.48**	2.07**	2.55**
کاشت×مرحله Culture*stage	1	0.02 ^{ns}	0.11**	0.13**
کاشت×تکرار×مرحله (خطای آزمایشی ب) Culture*replication*stage (error b)	9	0.01	0.006	0.008
خطای نمونه‌برداری Error of sample	242	0.03	0.01	0.01
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	17.61	14.22	28.07

***، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

***, * and ns represent significant at 1%, 5% and non significant at 5% level of probability, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سیستم کشت بر میانگین صفات مورفولوژیک در دو مرحله نمونه برداری

Table 3- Effect of culture system on mean of morphological traits in second stages

مرحله نمونه برداری Sampling stage	تعداد کل برگ Total leaf number	تعداد جوانه در بنه Bud number per corm
مرحله ۱ Stage 1		
کشت افقی Horizontal culture	5.8 ^a	1.38 ^a
کشت عمودی Vertical culture	5.2 ^a	1.28 ^a
مرحله ۲ Stage 2		
کشت افقی Horizontal culture	11.11 ^a	3.58 ^a
کشت عمودی Vertical culture	8.01 ^b	2.44 ^b

در هر ستون و در هر مرحله، میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
In each column, means with same letters are statistically non significantly different.

با کشت افقی برگ‌ها یک ماه زودتر زرد شدند، بنابراین ظرفیت فتوسنتزی در کشت عمودی کمتر بود. همچنین در کشت افقی میزان دریافت نور برای کل گیاهان یکسان بود (۶۱۱ وات در متر مربع) ولی در کشت عمودی یکسان نبود. در کشت عمودی ردیف‌های بالایی بیشتر از ردیف‌های میانی و پایینی نور را دریافت کرده‌است (شکل ۳).

وزن خشک برگ

برگ‌ها در گیاهان مواد فتوسنتزی لازم را برای اندام زیرزمینی و ریشه گیاه فراهم می‌کنند و آن‌ها را به اندام‌های زیرزمینی انتقال می‌دهند. در این آزمایش اثر سیستم کاشت بر وزن خشک برگ‌ها معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که وزن خشک برگ‌ها در بنه در کشت افقی نسبت به کشت عمودی بیشتر بود (شکل ۲). در کشت عمودی در مقایسه

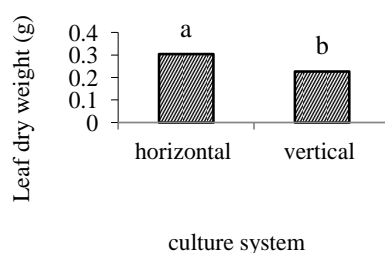
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر سیستم کشت بر وزن خشک برگ

Table 4- Results of analysis of variance of the effect of culture system on dry weight of leaf

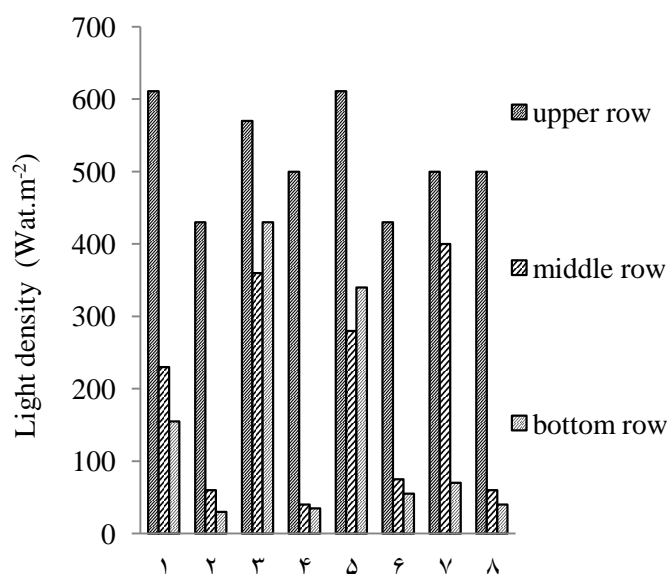
منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	وزن خشک برگ Leaf dry weight
کاشت Culture	1	0.11*
کاشت×تکرار (خطای آزمایشی) Culture*replication (error)	9	0.01
خطای نمونه برداری Error of sample	88	0.008
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	36.78

***و* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

** and * ns represent significant at 1% and 5% level of probability, respectively.



شکل ۲- اثر سیستم کشت بر میانگین وزن خشک برگ در بوته
Figure 2- Effect of culture system on mean of leaf dry weight per plant.



شکل ۳- میزان نور دریافت شده در وجه‌های و ردیف‌های سیستم کشت عمودی
Figure 3- Light density received in sides and rows of vertical culture.

برگ بنه و وزن خشک برگ عمدتاً در وجه‌های ۱، ۳ و ۵ بیشتر بود. با توجه به شکل ۳ ملاحظه می‌کنیم که این وجه‌ها شدت نور بیشتری را دریافت کرده‌اند. حداکثر طول برگ در وجه‌های ۶ و ۸ مشاهده شد که شدت نور کمتری را دریافت کرده و در نتیجه رقابت برای نور بین بوته‌های زعفران افزایش یافته و رشد طولی برگ‌ها بیشتر شد (جدول ۸). رستمی و محمدی (Rostami & Mohamadi, 2013) گزارش کردند که افزایش تراکم باعث شد که برگ‌های زعفران برای جذب نور بیشتر رشد طولی بیشتری داشته باشند.

صفات مورفولوژیک در کشت عمودی

نتایج نشان داد که مقادیر صفات مورفولوژیک در وجه‌های ساختار کشت عمودی و مراحل مختلف نمونه‌برداری به‌طور معنی‌دار متفاوت بود (جدول ۵). در مرحله دوم (چهار ماه پس از کشت) تعداد جوانه در بنه، تعداد کل برگ در بنه و حداکثر طول برگ در مقایسه با مرحله اول (دو ماه پس از کشت) به‌ترتیب به مقدار ۱/۱۶، ۲/۸۱ و ۵/۹۵ افزایش یافت (جدول ۶). همچنین اثر وجه‌های ساختار کشت عمودی بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول ۷). در کشت عمودی تعداد جوانه‌های بنه، تعداد کل

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک در وجه‌های ساختار کشت عمودی

Table 5- Results of analysis of variance of the morphological traits in vertical culture structure

منابع تغییر	درجه آزادی	حداکثر طول برگ بنه	تعداد برگ بنه	تعداد جوانه در بنه
Sources of variation	df	Maximum length of leaf per corm	Leaf number per corm	Bud number per corm
وجه Side	7	0.15*	0.04*	0.04*
وجه×نمونه (خطای الف) Side*sample (error a)	88	0.06	0.01	0.01
مرحله Stage	1	2.51**	1.07**	1.32**
وجه×مرحله Side*stage	7	0.01 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.009 ^{ns}
خطای ب Error b	88	0.01	0.009	0.01
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	10.97	11.06	24.09

***، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

***, * and ns represent significant at 1% and 5% and non significant at 5% level of probability, respectively.

جدول ۶- اثر مرحله نمونه‌برداری بر میانگین صفات مورفولوژیک در کشت عمودی

Table 6- Effect of the stage of sampling on morphological traits mean in vertical culture

مرحله نمونه‌برداری	حداکثر طول برگ بنه	تعداد برگ بنه	تعداد جوانه در بنه
Stage of sampling	Maximum length of leaf per corm (cm)	Leaf number per corm	Bud number per corm
1	8.09 ^b	5.20 ^b	1.28 ^b
2	14.04 ^a	8.01 ^a	2.44 ^a

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مختلف از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری هستند.

In each column, means with different letters are statistically significantly different.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ در وجه‌های ساختار کشت عمودی

Table 7- Results of analysis of variance of the leaf dry weight in vertical culture structure

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ
Sources of variation	df	Leaf dry weight
وجه Side	7	0.02*
خطا Error	64	0.009
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	42.81

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

* Represent significant at 5% level of probability.

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک در وجه‌های ساختار کشت عمودی
Table 8- Morphological traits mean in sides of vertical culture structure

وجه‌های کشت عمودی Sides of vertical culture	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	حداکثر طول برگ بانه Maximum length of leaf per corm (cm)	تعداد کل برگ در بانه Leaf number per corm	تعداد جوانه در بانه Bud number per corm
1	0.3 ^a	12.43 ^{ab}	7.54 ^a	2.2 ^a
2	0.18 ^{bc}	10.93 ^{abc}	5.91 ^b	1.54 ^{bc}
3	0.24 ^{ab}	10.1 ^{bc}	7.04 ^{ab}	2 ^{ab}
4	0.11 ^c	10.66 ^{abc}	6 ^b	1.7 ^{bc}
5	0.25 ^{ab}	9.95 ^{abc}	7.75 ^a	2.37 ^a
6	0.22 ^{ab}	13.29 ^a	6.08 ^b	1.75 ^{bc}
7	0.23 ^{ab}	7.91 ^c	6.7 ^{ab}	1.83 ^{abc}
8	0.2 ^{bc}	13.37 ^a	5.83 ^b	1.5 ^c

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Columns with same letters are statistically non significantly different.

شاخص‌های عملکرد بانه

اثر سیستم کاشت بر تعداد و وزن خشک بانه‌های دختری (به تفکیک بانه مرکزی و بانه‌های جانبی) معنی‌دار بود (جدول ۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که شاخص‌های عملکرد بانه در کشت افقی در مقایسه با کشت عمودی در مرحله اول (پس از زرد شدن برگ‌های کشت عمودی) و مرحله دوم (پس از زرد شدن برگ‌های کشت افقی) بیشتر بود (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد که در کشت عمودی به دلیل محدودیت فضا و همچنین وجود رقابت برای منابع و توزیع نابرابر نور، امکان رشد و نمو بانه‌های دختری کاهش یافته‌است. در واقع شرایط نوری نامناسبی که برای رشد طبیعی گیاهانی در بخش‌های پایینی و وسطی ستون قرار دارند، سبب تأخیر در رشد آن‌ها می‌شود. گیاهانی که میزان نور بیشتری دریافت کرده‌اند می‌توانند فتوسنتز بیشتری انجام داده و مواد حاصل از فتوسنتز به میزان بیشتری تولید خواهند شد و نهایتاً به مخازن منتقل خواهند شد در نتیجه درصد ماده خشک آن‌ها افزایش می‌یابد (Seyyedi, et al., 2010). نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) گزارش کردند هرچه فاصله زمانی بین برداشت و کاشت بانه‌ها کمتر باشد اثرات مثبت بیشتری در سال اول و در سال‌های بعد روی تعداد بانه دختری مشاهده خواهد شد. گزارش شده که افزایش دمای روزانه میزان تکثیر بانه‌ها را افزایش داده و

پوشاندن خاک با مالچ به دلیل جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید به خاک و کاهش دما باعث کاهش تکثیر بانه‌ها می‌شود (Yanez et al., 2005). از طرف دیگر گزارش شده که برای رشد بانه‌های دختری وجود رطوبت کافی در خاک ضروری است (Benschop, 1993).

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه در بانه به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر سیستم کشت قرار گرفت (جدول ۱۱). وزن خشک ریشه در کشت افقی در مقایسه با کشت عمودی که در آن رطوبت خاک به علت محدودیت فضا سریع‌تر تخلیه می‌شود، بهتر بود (شکل ۴). بنشوپ (Benschop, 1993) تأکید دارد که برای توسعه ریشه وجود رطوبت کافی در خاک ضروری است.

نتیجه‌گیری

از آنجا که هدف ما بررسی امکان کشت عمودی و مقایسه آن با کشت افقی است از آن آزمایش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که از سیستم کشت عمودی برای افزایش محصول زعفران به‌ویژه در سال اول کاشت (که معمولاً بسیاری از کشاورزان محصولی کمی برداشت می‌کنند) استفاده کرد. اما باید در مورد بهبود وزن خشک بانه‌های دختری جانبی و وزن خشک بانه‌های

مرکزی در این سیستم تحقیقات بیشتری انجام داد.

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد بینه

Table 9- Results of analysis of variance of the effect of culture system on corm yield traits

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	وزن خشک بینه دختری جانبی در بوته Dry weight of lateral corm per plant	تعداد بینه دختری جانبی در بوته Number of lateral corm per plant	وزن خشک بینه مرکزی در بوته Dry weight of central corm per plant
سیستم کاشت Culture system	1	0.26**	3.33**	3.96**
سیستم کاشت×تکرار (خطای آزمایشی الف) Culture*replication (error a)	9	0.003	0.34	0.02
مرحله Stage	1	0.01 ^{ns}	0.51*	0.51**
کاشت×مرحله Culture*stage	1	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.54**
کاشت×تکرار×مرحله (خطای آزمایشی ب) Culture*replication*stage (error b)	9	0.006	0.06	0.006
خطای نمونه‌برداری Error of sample	81	0.01	0.13	0.01
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	10.33	25.75	9.39

** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و غیر معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪.

** and ns represent significant at 1% and non significant at 5% level of probability, respectively.

جدول ۱۰- اثر سیستم کشت بر میانگین شاخص‌های عملکرد بینه در مرحله اول و دوم

Table 10- Effect of culture system on the mean of corm yield traits in first and second stage

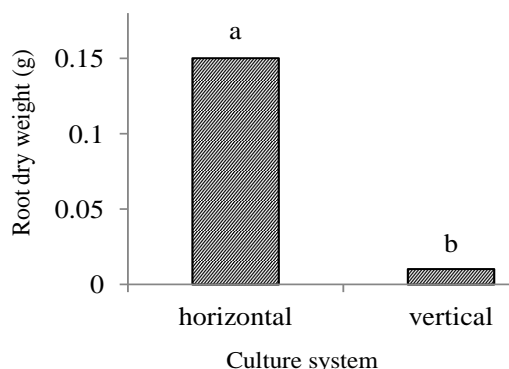
مرحله نمونه‌برداری Sampling stage	وزن خشک بینه دختری جانبی در بوته Dry weight of lateral corm per plant (g)	تعداد بینه دختری جانبی در بوته Number of lateral corm per plant	وزن خشک بینه مرکزی در بوته Dry weight of central corm per plant (g)
مرحله ۱ Stage 1			
کشت افقی Horizontal culture	0.36 ^a	2.4 ^a	0.88 ^a
کشت عمودی Vertical culture	0.03 ^b	0.93 ^b	0.2 ^b
مرحله ۲ Stage 2			
کشت افقی Horizontal culture	0.21 ^a	1.66 ^a	1.87 ^a
کشت عمودی Vertical culture	0.02 ^b	0.59 ^b	0.21 ^b

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Columns with same letters are statistically non-significantly different.

جدول ۱۱- نتایج تجزیه واریانس اثر سیستم کشت بر وزن خشک ریشه
 Table 11- Results of analysis of variance of the effect of culture system on root dry weight

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه در بوته
Sources of variation	df	Dry weight of root per plant
کاشت	1	0.04**
Culture		
کاشت×تکرار (خطای آزمایشی)	9	0.0001
Culture*replication (error)		
خطای نمونه برداری	33	0.0001
Error of sample		
ضریب تغییرات	-	1.1
C.V. (%)		

** معنی دار در سطح ۱٪
 ** represent significant at 1%.



شکل ۴- اثر سیستم کشت بر میانگین وزن خشک ریشه در بوته
 Figure 4- Effect of culture system on mean of root dry weight per plant.

سپاسگزاری

به این وسیله از کارشناس گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس تشکر و قدردانی می‌شود.

در آزمایش‌های تکمیلی در کشت عمودی علاوه بر تراکم بیشتر، فاصله بین وجه‌های مختلف ساختار کشت عمودی و بسترهای کشت مختلف، نوع و حجم کیسه‌های کشت و نوع و شکل ساختار کشت عمودی نیز لازم است مورد مطالعه قرار گیرند

منابع

- Behnia, M. 2008. Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocus sativus* L.) yield in Damavand region. Pajouhesh and Sazandegi 79: 101-108. (In Persian with English Summary).
- Behnia, M.R. 1991. Saffron Cultivation. University of Tehran Press, Iran. (In Persian).
- Benschop, M. 1993. Crocus. In: A. De Hertogh and M. Le Nard, (eds.), The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands. p. 257-272.
- De Villiers, J.J. 2008. The influence of different

- production systems, planting densities and levels of shading on the yield, quality and growth potential of 'Chandler' strawberry plants (*Fragaria ananassa*) grown in coir. M.S.C. Thesis of the Stellenbosch University, South Africa.
- Despommier, D. 2009. The rise of vertical farms. *Scientific American* 301 (5): 80-87.
- Durner, E.F. 1999. Winter strawberry production using conditioned plug plants. *Horticultural Science* 34: 615-616.
- El Behairy, U.A., Abou Hadid, A.F., Medany, M.A., and Awad, M.M. 2001. The effect of different cultivars, orientation, and soilless culture systems on production and quality of strawberries. *Acta Horticulturae (ISHS)* 548: 59-64.
- Javadzadeh, S.M. 2011. Prospects and problems for enhancing yield of saffron (*Crocus sativus*) in Iran. *International Journal of Agriculture Research and Review* 1 (1): 21-25.
- Kafi, M., Rashed, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Technology, Cultivation and Processing. Center of Excellence for Special Crops, Ferdowsi University of Mashhad Publication, Iran. (In Persian).
- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011a. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. *Journal of Agroecology* 3 (1): 36-49. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2011b. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. *Iranian Journal of Horticultural Sciences* 42 (4): 379-391. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad Abadi, A.A., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Performance of saffron (*Crocus sativus*) under different planting patterns and high corm density. 3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. Korokos, Kozani, Greece, 20-23th May 2009.
- Moayedi Shahraki, E., Jami Al-Ahmadi, M., and Behdani, M.A. 2010. Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. *Journal of Agroecology* 2 (1): 55-62. (In Persian with English Summary).
- Morgan, L. 2006. Hydroponic strawberry production (A technical guide to the hydroponic production of strawberries). Suntec (NZ) Limited, Tokomaru, Newzealand.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 5 (1): 155-166. (In Persian with English Summary).
- Perez, D.C. 2004. Effect of plant density and initial crown size on growth, development and yield in strawberry cultivars Elsanta and Bolero. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79 (5): 739-746.
- Rostami, M., and Mohamadi, H. 2013. Effects of planting date and corm density on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Malayer climatic conditions. *Journal of Agroecology* 5 (1): 27-38. (In Persian with English Summary).
- Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. *International Journal of Plant Production* 3 (1): 1-16.
- Seyyedi, A., Ebadi, A., Babalar, M., and Saedi, B. 2010. Effect of planting density on yield and fruit quality of strawberries Selva in soilless culture vertical. *Journal of Horticultural Science*

24 (1): 1-6. (In Persian with English Summary).

Tammaro, F. 1999. Saffron (*Crocus sativus* L.) in Italy. In: M. Negbi (ed.). Saffron: *Crocus sativus* L. Harwood Academic Publishers, Australia. p. 53-61.

Tavakkol-Afshari, J., Brook, A., and Mousavi, S.H. 2008. Study of cytotoxic and apoptogenic properties of saffron extract in human cancer cell lines. Food Chemical Toxicology 46 (11): 3443-3447.

Yanez, P., Ohno, H., and Ohkawa, K. 2005. Temperature effects on corm dormancy and growth of Zephyr elegant. Scientia Horticulture 105 (1): 127-138.

Studying the possibility of saffron (*Crocus sativus* L.) production in a vertical culture system

Lorin Ali Ahmad¹, Ali Sorooshzadeh^{2} and Ali Mokhtassi-Bidgoli³*

Submitted: 31 March, 2015

Accepted: 18 May, 2016

Ali Ahmad, L., Sorooshzadeh, A., and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2017. Studying the possibility of saffron (*Crocus sativus* L.) production in a vertical culture system. *Saffron Agronomy & Technology* 5(2): 161-173.

Abstract

In recent years many research studies have been carried out to use a vertical planting system for production of some plants. Although saffron is one of the most expensive spices in the world, there is no investigation about saffron production in a vertical planting system. Therefore, the growth and production of saffron plant in two different systems (vertical and horizontal) were studied in the agricultural research field of the Tarbiat Modares University during the 2013-2014 growing seasons. In the vertical system, saffron corms were planted in fabric bags containing potting soil. The fabric bags were hanged on a cube of metal with an area of each side of the cube being equal to 2.25 square meters. In the horizontal system, the corms were planted in three plots with the area of each plot being 2.25 square meters. The results showed that in the vertical planting system, the number of flowers, flower dry weight and dry weight of stigma per unit area of land (10 flower, 347.34 and 0.56 mg respectively) were significantly higher than those obtained in the horizontal culture (They were almost three times higher). In contrast, the numbers and dry weight of lateral corms (2.4 corm and 0.36 g respectively) and the dry weight of apical corm (0.88 g) in the horizontal system were significantly greater than those obtained in the vertical system. Dry weight of leaf and root were significantly greater in the vertical system. The total number of buds and leaves were more in the horizontal culture. However, the maximum leaf length of the vertical planting system was higher than those of the horizontal system.

Keywords: Apical corm dry weight, Lateral corms number, Lateral corms dry weight.

1- M.Sc. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran.

2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran

3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran.

(*- Corresponding author Email: soroosh@modares.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.21036.1063