توسعه و ارزیابی یک سامانه کشت هیدروپونیک دوار

سید ایمان ساعدی*[۱]
[۱*] استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود
*نویسنده مسئول: isaedi@shahroodut.ac.ir

چکیده

اصلاح الگوی کشت و توجه به روش‌های نوین تولید محصولات کشاورزی با ایجاد امکان تولید بیشترین میزان محصول با کمترین مصرف نهاده‌ها و در هر شرایط آب‌وهوایی و اقلیمی، می‌تواند راهی در جهت افزایش امنیت غذایی تلقی گردد. در این میان، روش‌های کشت در محیط‌های کنترل‌شده و روش‌های کشت متراکم مانند هیدروپونیک جایگاه مهمی دارند. در این پژوهش یک سامانه کشت هیدروپونیک دوار طراحی و ساخته شد که کار کشت را در محیط بسته و با بیشینه استفاده از فضا و نور و حداقل مصرف آب صورت می‌دهد. واحد کشت شامل استوانه دوار کشت، منبع نور، مخزن آب و الکتروموتور می‌باشد.

گیاهان در محیط استوانه در داخل سینی‌های کشت در جهت رو به مرکز استوانه، جایی که نور مصنوعی (لامپ‌های LED) قرار داده شده‌است، رشد می‌کنند. با دوران آرام استوانه، واحدهای کشت به ترتیب به مخزن زیرین که مجهز به حسگر سطح آب است وارد شده و آب و غذای لازم را دریافت می‌نمایند. به‌منظور ارزیابی عملکرد سامانه، نشاءهای ۳۰روزه کاهو در داخل کیسه‌های کشت محتوی نسبت‌های مساوی پرلیت و کوکوپیت در داخل دستگاه کاشته شدند. نتایج نشان داد که با استفاده از این سامانه تراکم کشت کاهو به میزان حدود ۶۷ گیاه در هر مترمربع به‌دست آمد که نسبت به روش مزرعه‌ای، گلخانه‌ای و هیدروپونیک مسطح به طور متوسط ۱۲، ۴ و ۳/۴ برابر بیشتر است. در این روش کشت نسبت به روش مزرعه‌ای به‌طور متوسط ۱۵ برابر آب کمتر برای پرورش هر بوته کاهو استفاده شد. همچنین، کاهوهای برداشت شده به طور متوسط حاوی ۹۵/۵٪ آب بودند.

کلمات کلیدی: کشت هیدروپونیک، استوانه دوار، لامپ LED، مصرف آب، عملکرد محصول.

مقدمه

رفع محدودیت‌های مرتبط با شرایط آب و هوایی فصلی و اقلیمی، شرایط خاک، منابع آب، منابع تأمین انرژی و غیره می‌تواند یک راهبرد مهم در تولید پایدار محصولات کشاورزی و ایجاد امنیت غذایی باشد. در این راستا توجه به روش‌های کشت در محیط‌های کنترل‌شده دمایی و اقلیمی مثل گلخانه و کشت هیدروپونیک مزایایی مثل کاهش و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها، افزایش دقت، کاهش نیاز به نظارت مستمر و امکان کنترل از راه دور را به همراه دارد. در کشت بدون خاک و یا خارج از خاک (هیدروپونیک) گیاه چرخه کامل زندگی و رشد خود را بدون تماس ریشه با محیط طبیعی خود یعنی خاک انجام می‌دهد و ریشه گیاه توسط محلول غذایی تغذیه می‌شود. ویژگی بارز کشت هیدروپونیک این است که وجود یک تکیه‌گاه جامد برای ریشه را ایجاب نمی‌کند. اگر چنین تکیه‌گاهی برای ریشه لحاظ شود از آن تحت عنوان کلی بستر ریشه یاد می‌شود. این بستر هیچ‌گونه نقش غذایی نداشته و اصولاً بایستی از نظر شیمیایی خنثی باشد. لذا نقش آن تنها آسان نمودن اکسیژن رسانی به مجموعه ریشه و ایجاد تکیه‌گاهی محکم برای گیاه است (روستایی، ۱۳۸۸). در یک تقسیم بندی، کشت هیدروپونیک با توجه به روش و نحوه رساندن محلول غذایی به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شود: جریان باز و جریان بسته. در روش جریان باز، محلول غذایی در اختیار ریشه قرار گرفته و پس از تغذیه گیاه، محلول باقیمانده از بستر حذف شده و در خارج از سامانه، دور ریخته می‌شود. ولی در جریان بسته، مقدار اضافی محلول غذایی پس از تغذیه ریشه جمع شده و در صورت نیاز، پس از تکمیل و ضدعفونی دوباره در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد (روستایی، ۱۳۸۸). در یک تقسیم‌بندی دیگر، روش‌های مختلف کشت بدون خاک بر اساس نوع بستر ریشه تقسیم بندی می‌شوند که شامل کشت در شن، کشت در ورمی کولیت، کشت در پشم سنگ و هواکشت می‌شوند. در کنار آن، بسترهای ترکیبی مثل پرلیت و کوکوپیت نیز در کشت هیدروپونیک

IrHC2019

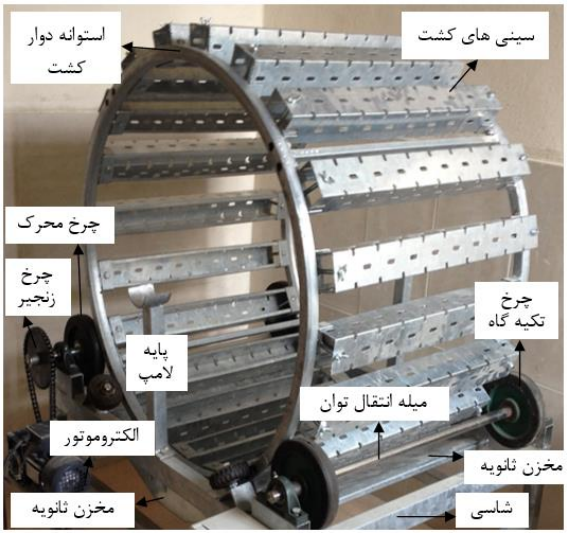
استفاده می‌شوند. ویژگی‌های فیزیکی بستر شامل دو دسته هستند: دسته اول ویژگی‌هایی هستند که اثر مستقیم بر رشد گیاه دارند، مثل اندازه ذرات، چگالی بستر، چگالی ذرات، منافذ کل و انقباض حجمی (Allaire *et al.*, 2001)، و دسته دوم، ویژگی‌هایی هستند که اثر غیر مستقیم بر رشد گیاه دارند، مثل مقدار هوا، ظرفیت نگهداری آب و پتانسیل ماتریکی بستر (Prasad and Chualáin, 2004). برای تأمین نور در گلخانه و کشت هیدروپونیک انوع مختلفی از لامپ‌ها استفاده می‌شود مثل لامپ حاوی رشته ملتهب تنگستن، لامپ فلوروسنت، لامپ‌های با شدت نور زیاد، و لامپ‌های LED (حسندخت، ۱۳۹۱a). LED ها در سال‌های اخیر توجه زیادی را در سامانه‌های کشت هیدروپونیک به خود جلب کرده‌اند. این مسئله به سبب ابعاد کوچک و سبک، ساختار پایدار، طول موج مناسب برای امور زیستی و کشاورزی و طول عمر بالا (Le Van Tuong and Tanaka, 2004) در کنار قابلیت تنظیم شدت نور و تولید حرارت بسیار کم (Bula *et al.*, 1991) می‌باشد.

اختراع دستگاه دوار کاشت گیاهان در سال ۲۰۰۳ در امریکا ثبت گردید (Marchildon, 2003). واژه اربیتروپیسم[1] برای نخستین بار توسط مخترع دستگاه کشت دوار به کار برده شد و در آن بیان گردید که چرخش استوانه دوار باعث توزیع هورمون رشد در سرتاسر گیاه و در نتیجه رشد یکنواخت‌تر و سریع‌تر گیاهان خواهد شد (Marchildon, 2003).

هدف این پژوهش توسعه یک سامانه کشت هیدروپونیک دوار است که مجهز به لامپ داخلی LED و سامانه کنترلی بوده و ارزیابی آن با کشت یک محصول (کاهو) صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

مهم‌ترین اجزاء تشکیل‌دهنده واحد کشت دوار شامل استوانه کشت با محرک زنجیری، سینی‌های کشت، منبع نور داخلی، مخزن ثانویه (تغذیه) و الکتروموتور می‌باشد (شکل ۱ و ۲). عمل کشت مبتنی بر روش هیدروپونیک است و گیاهان در محیط استوانه در داخل سینی‌های کشت در جهت رو به مرکز استوانه، که محل نور مصنوعی است، رشد می‌کنند. دوران استوانه کشت به صورت پیوسته و با سرعت کم می‌باشد که باعث می‌شود واحدهای کشت به ترتیب از مخزن محلول غذایی که در زیر آن قرار دارد (مخزن ثانویه) عبور کرده، آبیاری همراه با تغذیه گیاه (کودآبیاری) صورت گیرد و ریشه‌ها تا نوبت بعدی آبیاری هوادهی گردند. محلول غذایی از یک مخزن اولیه از طریق یک پمپ در زمان مقتضی به مخزن ثانویه ارسال می‌گردد.



شکل ۱: نمای کلی از دستگاه کشت دوار ساخته شده.

[1] Orbitropism

IrHC2019

استوانه دوار کشت یک استوانه توخالی است که به قطر ۱۰۰ و طول ۸۰ سانتیمتر از جنس آهن گالوانیزه گرم در این پژوهش ساخته شد (شکل ۱). با توجه به این ابعاد، سطح زیر کشت تأمین شده توسط این دستگاه حدود ۲/۵ متر مربع می‌باشد که نسبت به کشت مسطح با مساحت اشغال شده یکسان بیش از سه برابر خواهد بود. با توجه به قطر استوانه، فاصله گیاهان تا منبع نوری در بیشینه خود ۵۰ سانتیمتر خواهد بود. استوانه حرکت خود را از طریق محرک زنجیری و الکتروموتور دریافت کرده و در تمام مدت شبانه روز به آرامی گردش می‌کند. ارتباط استوانه با شاسی به صورت محوری نیست، بلکه در دو دایره ابتدایی و انتهایی محیط خود به چهار چرخ کوچک تکیه داده می‌شود. از این چهار چرخ دو تا که از الکتروموتور توان می‌گیرند حرکت دورانی استوانه را تأمین می‌کنند (چرخ‌های محرک) و دو چرخ دیگر که در سمت دیگر واقع شده‌اند نقش تکیه‌گاه را ایفا می‌کنند (چرخ‌های تکیه‌گاه). این چهار چرخ به همراه چهار چرخ کوچک هرزگرد به دوران استوانه کمک می‌کنند (شکل ۱). در محیط استوانه ۲۰ عدد سینی کشت با اتصال موقتی قرار می‌گیرند که محل استقرار گیاهان می‌باشند و در واقع کار کشت در داخل آنها صورت می‌گیرد. مقطع سینی مربع به ضلع ۷/۵ سانتیمتر انتخاب شده‌است. حفره‌های تعبیه شده در بدنه سینی محل عبور آب برای تغذیه ریشه و نیز زهکشی آب آبیاری می‌باشند. فرایند آبیاری زمانی صورت می‌گیرد که سینی‌ها در حین دوران وارد مخزن ثانویه شوند.

شکل قرارگیری منبع نوری در محور استوانه کشت اجازه دستیابی یکسان و موثر تمامی گیاهان به نور را می‌دهد و نیز از پراکنش نور به اطراف و جاهایی خارج از محیط کشت جلوگیری می‌کند. به همین دلیل و نیز به دلیل کافی بودن تنها یک منبع نوری برای تمامی گیاهان کاشته شده، این روش نسبت به روش‌های کشت هیدروپونیک متداول به لحاظ تأمین نور دارای مزیت بوده و بازده بالاتری خواهد داشت. لامپ‌ها بر روی پایه‌هایی که به شاسی اصلی جوش داده شده‌اند قرار می‌گیرند (شکل ۱ و ۲). تدارک مدت نور و تاریکی مورد نیاز برای رشد (فتوپریود)، با خاموش و روشن شدن خودکار لامپ مرکزی در نظر گرفته شد. پس از آزمون لامپ‌های متال هالید – سدیمی، لامپ‌های LED آبی - قرمز و لامپ‌های LED سفید و بررسی آنها از لحاظ کارایی و مصرف انرژی، در نهایت واحد نوردهی به شکل یک رشته حدوداً ۱۷ متری از لامپ‌های LED نواری سفید مدل ۵۷۳۰ که در اطراف یک لوله پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتیمتر پیچیده شده بود (شکل ۲) انتخاب شد. این لامپ‌ها مقاومت بالایی به گرد و غبار و قطرات آب داشته، دارای شدت تابش مناسبی بود و هر متر آن در حدود ۹ وات توان نیاز داشت. بنابراین، در مجموع در حدود ۱۵۰ وات برای آن نیاز بود.

به دلیل عملکرد خاص این سامانه و تفاوت‌هایی که با سامانه‌های کشت هیدروپونیک معمولی دارد بایستی از بستر ریشه مناسبی استفاده کرد. این بستر بایستی قادر باشد در شرایطی که سامانه در حال گردش است ریشه را به خوبی در خود حفظ کند و از سقوط آن جلوگیری کند، همچنین تهویه و تخلخل مناسبی داشته باشد تا هوادهی به ریشه به درستی انجام شود. در کنار آن، از ظرفیت نگهداری و قابلیت حفظ آب مناسبی برخوردار باشد تا گیاه بتواند آب و مواد غذایی خود را از ساختار بستر دریافت کند. در نهایت، با داشتن شرایط زهکشی مناسب امکان حصول به ظرفیت زراعی را در زمان مناسب فراهم آورد. از این رو، پس از بررسی و آزمون پشم سنگ و نیز بستر ترکیبی پرلیت و کوکوپیت، در نهایت بستر ترکیبی پرلیت و کوکوپیت با نسبت اختلاط مساوی (مزای منقابی، ۹۳) که در داخل یک کیسه کشت تهیه می‌شد به عنوان بستر کشت در این دستگاه انتخاب گردید.

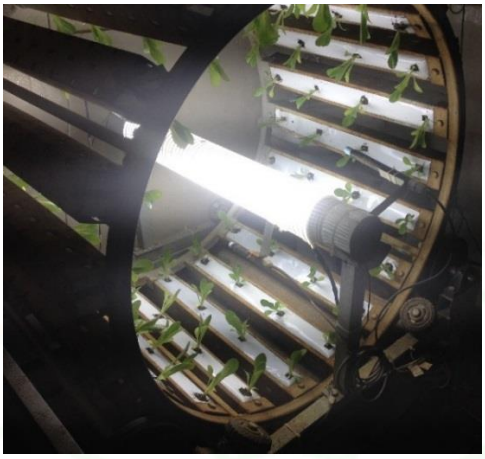
برای پایش سطح آب مخزن ثانویه از حسگر اندازه‌گیری سطح آب برای این مخزن استفاده شد تا درک بهتری از آب مصرفی گیاه در حین رشد ایجاد شود. این حسگر که در واقع از سه الکترود تشکیل شده‌است سه موقعیت آب داخل مخزن را در اختیار می‌گذارد که به شکل دستی قابل تنظیم می‌باشد.

سامانه کشت دوار مجهز به یک واحد کنترلی بود که فرایندهایی از قبیل روشن و خاموش کردن خودکار لامپ‌ها (به جهت تأمین فتوپریود)، کنترل فرایند آبیاری با استفاده از حسگرهای سطح آب و تنظیم سرعت دورانی استوانه دوار از طریق آن صورت می‌پذیرفت. برای ارزیابی عملکرد سامانه، نشاءهای ۳۰ روزه گیاه کاهوی گلخانه‌ای رقم رومن که سه

IrHC2019

تا پنج برگ داشتند در دستگاه کاشته شدند. نشاءها با ایجاد شکاف‌هایی در کیسه‌های کشت در فواصل ۱۵ سانتیمتری (چهار نشاء در هر سینی کشت) در بستر قرار داده شدند (شکل ۲). بنابراین، در مجموع ۸۰ گیاه در دستگاه کاشته شد.

همچنین شکاف‌هایی در زیر کیسه‌های کشت برای ایجاد شرایط آب‌گیری و نیز زهکشی بستر ایجاد گردید. از محلول غذایی هوگلند برای تغذیه گیاه استفاده شد و فتوپریود ۸/۱۶ منظور گردید، یعنی لامپ‌ها از طریق واحد کنترلی به صورت خودکار ۱۶ ساعت (از ساعت ۰۶:۰۰ تا ۲۲:۰۰) روشن و ۸ ساعت خاموش بودند. برداشت محصول پس از ۳۳ روز انجام گردید و ارزیابی‌هایی بر مبنای داده‌های جمع آوری شده و اندازه‌گیری‌های مختلف صورت پذیرفت.



شکل ۲: کشت نشاءها در دستگاه کشت دوار.

نتایج و بحث

کشت در محیط استوانه دوار این مزایا را بر مزایای کشت هیدروپونیک متداول (مسطح) اضافه می‌کند: الف) افزایش تراکم در واحد سطح به سبب ساختار دوار و نیز امکان افزودن استوانه‌های متعدد به صورت طبقاتی در یک مساحت کم (استفاده بهینه از فضا به جای سطح)، ب) افزایش بازده دریافت نور به سبب کاهش تعداد منابع تأمین نور، عدم انتشار نور به محیطی خارج از محیط رشد گیاهان، و دریافت یکسان نور از سوی تمامی گیاهان، ج) عدم نیاز به تجهیزات متداول آبیاری مثل شبکه لوله‌کشی و قطره‌چکان. در ارزیابی عملکرد دستگاه کشت دوار میزان تولید محصول قابل مصرف و نیز ماده خشک در کنار میزان مساحت و آب مورد نیاز لحاظ گردید. در شکل «۳» تصویری از گیاه کاهو نزدیک به مرحله برداشت در دستگاه کشت دوار مشاهده می‌شود.

شکل ۳: گیاه کاهو در مراحل پایانی رشد خود در دستگاه کشت دوار.

در جدول ۱ برخی پارامترهای عملکردی به طور خلاصه بیان شده‌است. در کشت محصول از بیشینه ظرفیت دستگاه استفاده شد. یعنی در هر سینی کشت چهار کاهو و در مجموع ۸۰ کاهو پرورش داده شد. با توجه به اینکه

IrHC2019

مساحت اشغال شده دستگاه همراه با شاسی حدوداً ۱/۲ متر مربع است، لذا می‌توان اظهار داشت که بیشینه تراکم کشت کاهو در این سامانه ۶۶ گیاه در هر متر مربع بوده‌است. کاهو در مزرعه در فواصل ۲۵ تا ۴۰ سانتیمتری و فاصله ردیف ۴۰ تا ۷۵ سانتیمتری کاشته می‌شود که تراکم کشت ۳/۵ تا ۱۰ بوته در هر مترمربع را به همراه دارد (حسندخت، ۱۳۹۱b). از این رو، تراکم کشت در این سامانه نسبت به مزرعه به طور متوسط ۱۲ برابر شده‌است. همچنین در گلخانه کاهو در فواصل ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتری کاشته می‌شود، یعنی ۱۱ تا ۲۵ بوته در هر مترمربع (حسندخت، ۱۳۹۱a). بنابراین، تراکم کشت این سامانه نسبت به کشت گلخانه‌ای کاهو به طور متوسط بیش از چهار برابر می‌باشد. علاوه بر این، اگر فرض شود که در روش‌های هیدروپونیک مسطح فاصله بوته‌ها در هر ردیف کشت و در ردیف‌های مجاور برابر با فواصل انتخاب شده این سامانه باشد در این صورت، کشت در این سامانه باعث کاهش مساحت مورد نیاز به میزان حداقل یک سوم می‌گردد. این دستگاه اصولاً مبتنی بر کشت در فضا به جای سطح است و استفاده بهینه از دستگاه به معنی بهره‌گیری کامل از فضاست. یعنی، بدون نیاز به افزودن مساحت بیشتر و با کمترین اصلاحات فنی می‌توان در همان سطح مقطع تخصیص یافته حداقل دو واحد کشت دوار دیگر به صورت طبقاتی اضافه نمود.

جدول ۱-. پارامترهای مرتبط با عملکرد محصول کاهو در کشت با سامانه کشت دوار.

پارامتر مرتبط با عملکرد	
کل اندام هوایی تازه (بخش قابل مصرف) (kg)	۲/۳۵
کل زیست‌توده تازه تولید شده (kg)	۲/۸۱
کل زیست توده خشک تولید شده (kg)	۰/۱۳۵
کل اندام هوایی خشک (بخش قابل مصرف) (kg)	۰/۰۹۹۸
میزان سطح اشغال شده (m^2)	۱/۲
میزان مصرف آب (lit)	۲۳۲/۴۷
میزان تولید محصول در واحد سطح (kg/m^2)	۱/۹۶
تعداد گیاه در واحد سطح ($plant/m^2$)	۶۶/۶۷
میزان تولید زیست توده خشک کل در واحد سطح (kg/m^2)	۰/۱۱۲

مجموع محصول تولیدی کاهو ۲/۳۵ کیلوگرم بود لذا با توجه به سطح مقطع اشغال شده، ۱/۹۶ کیلوگرم در هر مترمربع، محصول تولید شده‌است. مقدار عملکرد کاهو در مزرعه ۳/۲ کیلوگرم در هر متر مربع است (حسندخت، b ۱۳۹۱). بنابراین کشت در این دستگاه و در داخل اتاق باعث کاهش این پارامتر گردید. با توجه به جدول ۱ برای تولید هر کیلوگرم زیست توده تازه نیاز به ۸۲/۷۳ لیتر آب بود. در نهایت، برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک، نیاز به ۱۷۲۲ لیتر آب وجود داشت. همچنین، برای تولید هر کیلوگرم محصول قابل مصرف ۹۸/۹۲ لیتر آب مصرف شد. با توجه به تراکم کشت کاهو در مزرعه (۳/۵ تا ۱۰ بوته در هر متر مربع) (حسندخت، b ۱۳۹۱) و نیاز به ۱۴۰ تا ۱۶۰ لیتر آب در هر متر مربع (پیوست، ۱۳۸۸)، برای پرورش هر بوته کاهو در کشت مزرعه‌ای بین ۱۴ تا ۴۸ لیتر آب نیاز است. با توجه به مصرف ۲۳۲/۴۷ لیتر آب برای ۸۰ گیاه در سامانه کشت دوار، این عامل در این پژوهش به ۲/۹۱ لیتر رسید. به بیان دیگر، آب مورد نیاز برای پرورش هر بوته کاهو در این سامانه نسبت به مزرعه به طور متوسط ۱۵ برابر کمتر بود. ذکر این نکته ضروری است که اگر در این سامانه کنترل شرایط محیطی و نیز مدیریت تغذیه گیاه و نیز مدیریت آفات و بیماری‌ها صورت می‌گرفت این نتایج بهبود بسیار بیشتری را به همراه داشت. در نهایت، میزان متوسط آب موجود در محصول کاهو در کشت در استوانه دوار به میزان ۹۵/۵٪ بدست آمد که با مقادیر ذکر شده در جداول ارزش غذایی کاهو (۹۴/۹٪) (حسندخت، b ۱۳۹۱) تقریباً همخوانی دارد. در مجموع، نتایج این پژوهش را می‌توان راهکاری برای حرکت به سمت

IrHC2019

اصلاح الگوی کشت و رسیدن به هدف تولید پایدار و امنیت غذایی برای جمعیت رو به افزایش جهان دانست، آن‌هم در شرایطی که برخی ملزومات تأمین غذا مثل خاک حاصلخیز و آب با چالش‌های جدی روبروست.

منابع

پیوست، غ. ۱۳۸۸. سبزیکاری. نشر دانش پذیر.

حسندخت، م. ۱۳۹۱. تکنولوژی تولید سبزی ها. انتشارات سلسله.

حسندخت، م. ۱۳۹۱. مدیریت گلخانه (تکنولوژی تولید محصولات گلخانه ای). انتشارات سلسله.

روستایی، ع. ۱۳۸۸. کشت گیاهان بیرون از خاک (کشت هیدروپونیک). انتشارات جهاد دانشگاهی، ترجمه.

مزاری منقابی، ح .۱۳۹۳. کمی سازی خواص فیزیکی بسترهای ترکیبی با استفاده از خصوصیات اجزاء و مقایسه چند بستر پرورش نشاء گوجه فرنگی گلخانه ای. رساله کارشناسی ارشد، گروه باغبانی و فضای سبز. دانشگاه تهران.

Allaire, S., Caron, J., Menard, C. and Dorais, M. 2001. Growing media varying in particle size and shape for greenhouse tomato. International Symposium on Growing Media and Hydroponics, 644: 307-311.

Bula, R., Morrow, R., Tibbitts, T., Barta, D., Ignatius, R. and Martin, T. 1991. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. HortScience, 26: 203-205.

Le Van Tuong, H. and Tanaka, M. 2004. Effects of red and blue light-emitting diodes on callus induction, callus proliferation, and protocorm-like body formation from callus in Cymbidium orchid. Environment Control in Biology, 42: 57-64.

Marchildon, T. 2003. Rotary Plant Apparatus. United States of America.

Prasad, M. and Chualáin, D. N. 2004. Relationship between particle size and air space of growing media. Acta Horticulturae, 161-166.

Development and Evaluation of a Rotary Hydroponic Growing System

Seyed Iman Saedi[1*]

[1*]Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

[*]*Corresponding Author: isaedi@shahroodut.ac.ir*

Abstract

Global increase in food demand and challenges regarding water and fertile soil has revealed that current strategies are no longer efficient in maintaining food safety. Therefore, attention to novel, science-based, season and climate-independent farming methods which could result in higher crop quality and quantity is an inescapable decision. Among all agricultural practices and technologies, intensive culture and hydroponic methods in controlled environments play an important role. To address these challenges, an indoor rotary cropping system was designed and implemented. Arrangement of plants in the surface area of an open-ended drum makes it possible to use space rather than area to maximize the acreage. The drum rotates about its horizontal axis where LED lamps are positioned to provide light to plants. This structure causes the plants gain the light illumination efficiently while getting access to water accumulated in the secondary tank positioned beneath the drum. This system was tested by transplanting lettuce in grow bags containing perlite and coco peat at equal ratios. Results showed that, with a provided plant density of about 67 plant/m^2, this system could improve this factor about 12, 4 and 3.4 times, as compared to field, greenhouse and flat-hydroponic lettuce planting, respectively. This system also reduced the total amount of consumed water per plant as about 15 times, compared to field lettuce planting. Furthermore, the harvested lettuces has an averaged water content of 95.5%.

Keywords: Hydroponic, Rotary Drum, LED lamp, Water Consumption, Product Yield.

IrHC2019