مجله ترویجی سبزیجات گلخانه‌ای، جلد سوم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات: ۹-۱

معرفی روش‌های مختلف محلول دهی غذایی به ریشه کاهو در سه شیوه کاشت هیدروپونیک ستونی، آئروپونیک ستونی و هیدرو- آئروپونیک ستونی ترکیبی

امین رضا جمشیدی*[۱] ، احمد غضنفری مقدم[۲] و محسن محسنی[۳]

۱- استادیارگروه مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

۲- استاد بخش مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافت، بافت، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده‌ی مسئول:aminrezajamshidi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۲۵**

چکیده

این تحقیق به منظور ساخت و ارزیابی سه سامانه کاشت هیدروپونیک ستونی، آئروپونیک[۱] و سامانه ترکیبی هیدرو- آئروپونیک ستونی انجام و جهت ارزیابی و مقایسه آن‌ها، تأثیر پنج نوع محلول‌دهی غذایی بر عملکرد کاهو رقم سیاهو (*Lactuca sativa cv .Siyahoo*) انجام شد. در این بررسی دو عامل مهم مورد توجه قرار گرفتند. عامل اول نوع محلول‌دهی غذایی در سامانه بود که شامل بارش محلول غذایی، پاشش با نازل دارای قطر ۵۰ میکرون، پاشش با نازل دارای قطر ۱۰۰ میکرون، بارش- پاشش با نازل ۵۰ میکرون و بارش - پاشش با نازل ۱۰۰ میکرون بود. عامل دوم زمان محلول‌دهی غذایی روی ریشه و به دو حالت ۱۵ دقیقه پاشش محلول غذایی و ۳۰ دقیقه عدم پاشش و ۱۰ دقیقه پاشش محلول غذایی و ۳۰ دقیقه عدم پاشش محلول غذایی روی ریشه گیاهان بود. نتایج نشان داد نوع محلول‌دهی غذایی و زمان محلول‌دهی غذایی بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و عملکرد سامانه‌ها تأثیرگذار بود، به نحوی که بیشترین ارتفاع بوته (۳۹/۹سانتی‌متر)، بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی (به ترتیب ۶۸۰ و ۶۸ گرم) و بیشترین عملکرد سامانه (۱۵/۶ کیلوگرم در سامانه) و همچنین کمترین وزن خشک ریشه (۴/۲ گرم) در سامانه ترکیبی هیدرو- آئروپونیک ستونی با نازل دارای قطر ۵۰ میکرون و ۱۵ دقیقه پاشش محلول غذایی و ۳۰ دقیقه عدم پاشش به دست آمد.

کلمات کلیدی: سامانه کاشت ستونی، سامانه کشت آئروپونیک ستونی، سامانه کشت هیدرو- آئروپونیک ستونی

1 - Aeroponic

مقدمه

جنوب استان کرمان به دلیل شرایط مناسب آب و هوایی و سطح زیر کشت بیش از ۲۲۱۴ هکتار سبزی‌های گلخانه‌ای، جایگاه مهمی را در تولید این محصولات در کشور داراست. بررسی‌ها نشان می‌دهد از بین محصولات باغبانی در ایران، کاهو از نظر سطح زیر کشت جزء سبزی‌های مهم محسوب می‌شود. شهرستان جیرفت با سطح زیر کشتی معادل ۲۵ هکتار کاهو یکی از مهم‌ترین مناطق کشت این محصول در ایران محسوب می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

با وجود گسترش سریع کشت‌های گلخانه‌ای در کشور، متأسفانه مطالعات اندکی درباره مدیریت محلول‌رسانی در کشت بدون خاک خصوصاً سامانه‌های ستونی صورت گرفته است. بنابراین در این پژوهش ساخت و ارزیابی سامانه‌های ستونی با تغییر نوع محلول-رسانی به ریشه گیاه جهت بررسی عملکرد کاهوی گلخانه‌ای با تغییر اندازه قطرات محلول غذایی به‌وسیله سامانه‌های آئروپونیک ستونی، هیدروپونیک ستونی و ترکیب دو سامانه با استفاده از نازل‌هایی در اندازه قطر متفاوت و تغییر فواصل زمانی محلول‌دهی غذایی، به عنوان هدف اصلی انجام این پژوهش استفاده شده است.

متن مقاله

امروزه تلفیق کشت‌های گلخانه‌ای با فناوری‌های جدید نظیر هیدروپونیک (آب‌کشت) امکان کنترل هر چه بهتر آب و تغذیه گیاهان را فراهم آورده است (سریهاجونگ[1] و همکاران، ۲۰۰۶). کشاورزی در شرایط کنترل شده همانند استفاده از سامانه‌های آئروپونیک و هیدروپونیک که در آن‌ها آب مصرفی حاوی عناصر غذایی گیاهان پرورشی است، از هدف‌های اصلی متخصصان سبزی‌کاری جهت بالا بردن مقدار محصول در واحد سطح است (ریچارد و همکاران[2]، ۱۹۷۶). یکی از این روش‌ها، آئروپونیک است که برای تولید گونه‌های مختلف سبزی مثل کاهو، گوجه‌فرنگی، خیار و گیاهان زینتی و دارویی به کار رفته است (چاندرا و همکاران[3]، ۲۰۱۴).

در روش آئروپونیک، محلول غذایی مستقیماً به ریشه گیاه رسانده شده و در نتیجه نرخ رشد اکثر گیاهان دو تا سه برابر بیشتر و سریع‌تر از سایر سیستم‌های آب‌کشت است (هایدن[4]، ۲۰۰۶). استفاده از این روش می‌تواند ۹۹ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و ۵۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف مواد مغذی را همراه داشته باشد و دوره رشد را نیز کوتاه‌تر نماید (ناسا[5]، ۲۰۰۶).

یکی از فاکتورهای موثر در بهره‌وری از روش آئروپونیک، اندازه قطرات آب است. زیرا توسعه ریشه‌های گیاهان در محیط‌های آئروپونیک به اندازه قطرات آب و استفاده از محلول‌پاشی روی ریشه بستگی دارد. بنابراین محققین در استفاده از سیستم کشت آئروپونیک به این

1- Srihajong et al.
2- Richard et al.
3 - Chandra et al.
4 - hayden
5 - Nasa

نتیجه رسیدند که اندازه قطرات محلول مواد غذایی به طور مستقیم بر رشد گیاه تأثیر دارد (گائو و همکاران[1]، ۲۰۱۶). همچنین مجزا بودن فواصل غبارپاشی و مدت دوام پاشش در سیستم آئروپونیک اجازه سنجش میزان جذب عناصرغذایی را در شرایط مختلف می‌دهد (هایدن و همکاران[2]، ۲۰۰۴). قطرات بسیار درشت و بسیار ریز آب مورد استفاده در سامانه‌های آئروپونیک باعث می‌شوند که اکسیژن مناسبی در دسترس ریشه قرار نگیرد. به همین دلیل نازل‌های تولید کننده مه، جهت مه‌سازی و محلول‌رسانی مواد غذایی در محیط کشت آئروپونیک از ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون طبقه بندی شده‌اند (لاخیر و همکاران[3]، ۲۰۱۸).

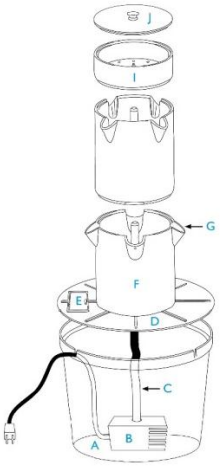
لاخیر و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود روی بسیاری از گونه‌های گیاهی، اندازه قطرات بیشتر از ۱۰۰ میکرون را به دلیل سقوط محلول غذایی از روی ریشه گیاه مناسب ندانستند. استونر و همکاران (۱۹۹۷) در آزمایش خود به این نتیجه دست یافتند که در استفاده از سامانه آئروپونیک برای محلول‌دهی روی ریشه خیار، ۷ دقیقه پاشش و ۱۵ دقیقه وقفه به عنوان مناسب‌ترین میزان آب‌دهی، بیشترین عملکرد را در پی خواهد داشت. همچنین هویوس و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود روی خیار گلخانه‌ای در سیستم آئروپونیک، دریافتند که استفاده از زمان‌های ۳۰ و ۶۰ ثانیه محلول‌پاشی در هر ۴ دقیقه باعث افزایش ۵۰ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد می‌شود.

ساختمان سامانه کشت ستونی

شکل یک طرح‌واره یکپارچه و تفکیک شده سامانه ستونی این پژوهش را نشان می‌دهد. این سامانه از جنس پلاستیک فشرده و از یک‌سری طبقات مجزا تشکیل شده است. طبق شکل ۲ سامانه از قسمت‌های مختلفی شامل مخزن، پمپ، لوله انتقال دهنده محلول به طبقات سامانه، درب مخزن، طبقات تشکیل دهنده سامانه، محل قرارگیری گلدان‌ها روی طبقات به تعداد ۴ عدد و درپوش فوقانی سامانه تشکیل شده است.

شکل ۱- طرح واره یکپارچه و تفکیکی ستونی سامانه

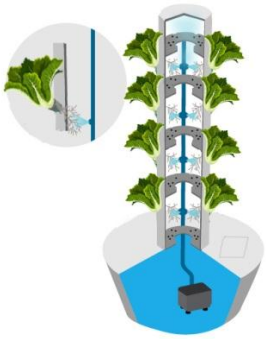
1- Gao et al.
2 - Hayden et al.
3 - Lakhiar et al.



شکل ۲- مخزن (A)، پمپ (B)، لوله انتقال دهنده محلول به طبقات سامانه (C)، درب مخزن (D)، محلول ورود آب و محلول غذایی به مخزن (E)، طبقات تشکیل دهنده سامانه (F)، محل قرار گیری گلدان (G)، طبقه فوقانی سامانه (I)، درپوش سامانه (J)

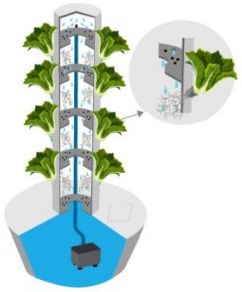
طرز کار و تبدیل سامانه ستونی به هیدروپونیک ستونی، آئروپونیک و هیدرو- آئروپونیک ستونی

سامانه آئروپونیک ستونی: جهت تبدیل سامانه ستونی به سامانه آئروپونیک ستونی، پمپ داخل مخزن عمل محلول‌رسانی را به نازل‌های با قطر ۵۰ و ۱۰۰ میکرون انجام می‌دهد تا محلول مواد غذایی بر روی ریشه‌ها منتقل شود (شکل ۳).



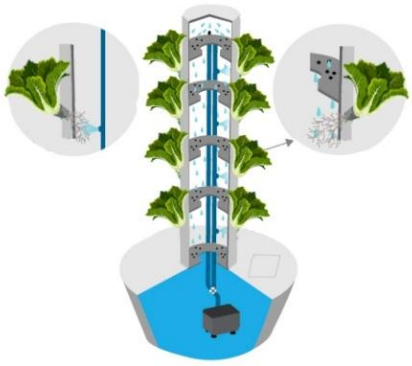
شکل ۳ - سامانه آئروپونیک ستونی

سامانه هیدروپونیک ستونی: در این سامانه پمپ، محلول غذایی را از میان سامانه به بالاترین نقطه و ظرف آب‌کش مانند بالا می‌رساند که در نتیجه محلول غذایی، برگشت و به صورت بارش قطرات بر روی ریشه گیاه قرار می‌گیرد (شکل ۴).



شکل ۴- سامانه هیدروپونیک ستونی

سامانه هیدرو- آئروپونیک ستونی: در این سامانه که ترکیبی از هر دو حالت مه‌پاشی و بارش محلول غذایی است، با توجه به نوع استفاده، می‌توان از هر دو مزیت و حالت سامانه به صورت تکی و یا به صورت ترکیبی از هر دو حالت و در زمان مشخص استفاده نمود (شکل ۵).



شکل ۵- سامانه ترکیبی هیدرو- آئروپونیک ستونی

ارزیابی سامانه

کارایی این سامانه بر اساس آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۶). در این بررسی‌ها دو عامل مهم مورد توجه قرار گرفتند. عامل اول نوع محلول‌دهی غذایی در سامانه بود که شامل بارش محلول غذایی، پاشش با نازل دارای قطر ۵۰ میکرون، پاشش با نازل دارای قطر ۱۰۰ میکرون، بارش- پاشش با نازل ۵۰ میکرون و بارش - پاشش با نازل ۱۰۰ میکرون بود. عامل دوم زمان محلول‌دهی غذایی روی ریشه و به دو حالت ۱۵ دقیقه پاشش محلول غذایی و ۳۰ دقیقه عدم پاشش و ۱۰ دقیقه پاشش محلول غذایی و ۳۰ دقیقه عدم پاشش محلول غذایی روی ریشه گیاهان بود. محیط و دمای محل انجام آزمایش سامانه‌ها به صورت یکسان و بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس کنترل شد.

در ابتدا جهت تولید گیاه، بذر کاهو رقم[1] سیاهو درون سلول‌هایی از جنس پشم سنگ و در سینی‌های مخصوص کشت شد. میزان آبیاری به مدت ۸ روز بر روی سینی‌های بذر انجام شد. به‌طوری‌که سطح بذور به هیچ عنوان خشک نشد. از روز دهم، پس از ۲ لپه‌ای شدن، نشاءهای یکنواخت کاهو (دارای دو برگ حقیقی)، با بستر پشم‌سنگ به گلدان کوچک تعبیه شده در بدنه سامانه منتقل شدند.

شکل ۶- آزمایش کشت گیاه کاهو در سامانه

درون یک مخزن ۲۰۰ لیتری بر اساس غلظت عناصر غذایی هوگلند (هوگلند و آرنون، ۱۹۵۰) (جدول ۱) عناصر غذایی با آب مخلوط و مخازن سامانه‌ها با ۸۰ لیتر پر و استفاده شدند. طبق دستورالعمل سازنده محلول غذایی هوگلند، پس از هر هفته (تا پایان هفته هفتم) ۵۰ میلی‌گرم عناصر غذایی هوگلند به آب مخزن هر سامانه اضافه شد. شاخص‌های رشد، شامل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و عملکرد سامانه‌ها در زمان برداشت با استفاده از خط‌کش و ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها از هر تکرار ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب شد. میزان اسیدیته محلول غذایی مرتباً کنترل و در محدوده ۶ تنظیم شد. در پایان، مقایسه های لازم صورت گرفت.

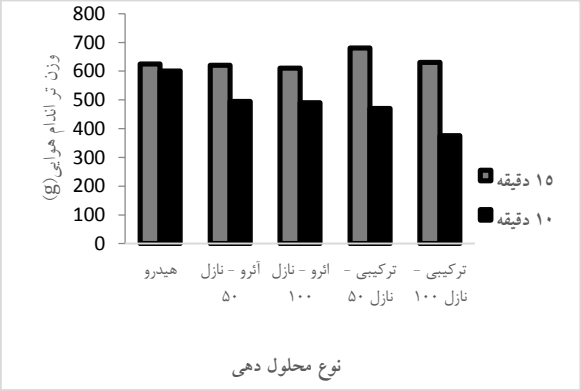
1- *Lactuca sativa* cv Siyahoo

نتایج کاربردی

نتایج حاصل از بررسی سه سامانه مورد نظر حاکی از آن است که سامانه هیدرو- آئروپونیک نسبت به دو سامانه دیگر به دلیل محلول‌رسانی بهتر و همچنین دسترسی بهتر ریشه‌ها به اکسیژن، عملکرد بهتری در حدود ۱۵/۶ کیلوگرم در هر سامانه، با توجه به اشغال فضای یک متر مربعی هر سامانه، داشت. همچنین بین زمان‌های محلول‌دهی در همه صفات مورد بررسی مشخص شد بهترین مدت زمان محلول‌رسانی برای رشد گیاه و افزایش عملکرد ۱۵ دقیقه بود.

وزن تر اندام هوایی

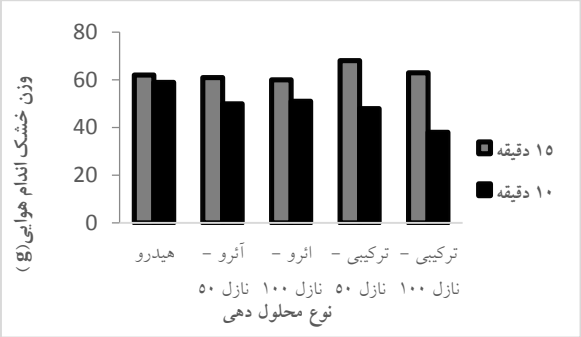
نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی (۶۸۰ گرم) در سامانه هیدرو- آئروپونیک با نازل ۵۰ میکرون و محلول دهی بر روی ریشه به مدت ۱۵ دقیقه، و کمترین وزن تر اندام هوایی (۳۷۶ گرم) در سامانه هیدرو- آئروپونیک با نازل ۱۰۰ میکرون و محلول دهی بر روی ریشه به مدت ۱۰ دقیقه، می‌باشد (شکل ۷). این چنین به نظر می‌رسد که نازل‌های با قطر بزرگ‌تر به دلیل سنگینی قطرات محلول غذایی، نمی‌توانند قطرات را روی ریشه در زمان بیشتری نگهدارند تا ریشه در فرصت بیشتری عناصر غذایی محلول را جذب نماید. به همین دلیل احتمالاً وزن‌تر اندام هوایی، متأثر از جذب عناصر از طریق ریشه شده است.



شکل ۷ - میانگین وزن تر اندام هوایی گیاه کاهو

وزن خشک اندام هوایی

شکل ۸ میانگین وزن خشک اندام هوایی را نشان می‌دهد. در نتایج به دست آمده مشخص شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۶۸ گرم) مربوط به سامانه آئروپونیک با استفاده از نازل ۵۰ میکرون و زمان محلول‌دهی ۱۵ دقیقه و کم‌ترین وزن خشک ریشه (۳۸ گرم) مربوط به سامانه ترکیبی هیدرو- آئروپونیک با استفاده از نازل ۱۰۰ میکرون و زمان محلول‌دهی ۱۰ دقیقه بود. در این شرایط با توجه به اندازه ذرات پاشیده شده بر روی ریشه در مدت زمان کوتاه‌تر ریشه‌های اصلی جذب کمتری داشته و نهایتاً منجر به کاهش وزن خشک ریشه شده است. در همین راستا ناسا (۲۰۰۶) بهترین جذب آب و مواد غذایی توسط گیاهان را در استفاده از نازل های ۳۰ تا ۸۰ میکرونی گزارش کرده است.



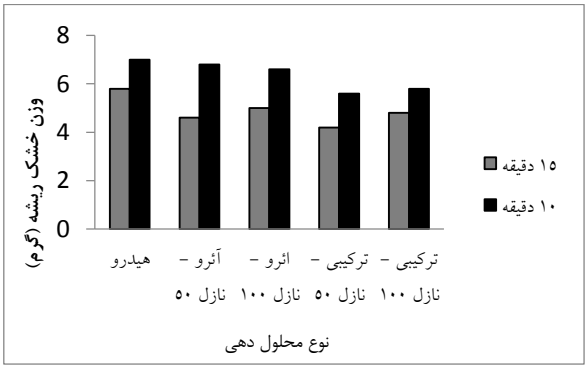
شکل ۸- میانگین وزن خشک اندام هوایی گیاه کاهو

وزن خشک ریشه

طبق نتایج آزمایش در بررسی وزن خشک ریشه مشخص شد که بیشترین میانگین وزن خشک ریشه (۷ گرم) متعلق به سامانه هیدروپونیک در زمان ۱۰ دقیقه محلول‌دهی و کم‌ترین میانگین وزن خشک ریشه (۴/۲ گرم) مربوط به سامانه هیدرو- آئروپونیک با استفاده از نازل ۵۰ میکرون و زمان محلول‌دهی ۱۵دقیقه بوده است (شکل ۹). در این شرایط با توجه به در دسترس بودن محلول غذایی و جذب مناسب آن توسط ریشه در فواصل زمانی پاشش کوتاه‌تر، احتمالاً ریشه نیازی به رشد بیشتر جهت دسترسی به محلول غذایی نداشته است.

عملکرد کاهو در سامانه‌ها

در بررسی میانگین‌های عملکرد هر سامانه مشخص شد که بیشترین میانگین عملکرد هر سامانه (۱۵/۶ کیلوگرم) متعلق به سامانه ترکیبی هیدرو- آئروپونیک با استفاده از نازل ۵۰ میکرون و زمان محلول‌دهی ۱۵ دقیقه بود و کم‌ترین میانگین عملکرد سامانه (۱۲ کیلوگرم) مربوط به سامانه هیدروپونیک ستونی و زمان محلول‌دهی ۵ و۱۰ دقیقه و آئروپونیک ستونی با زمان ۵ و ۱۰دقیقه محلول‌دهی است (شکل ۱۰).



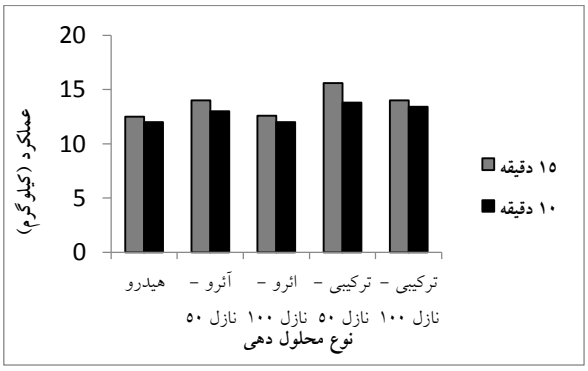
شکل ۹- میانگین وزن خشک ریشه کاهو

به نظر می‌رسد تأثیر اندازه قطرات و زمان محلول‌دهی در سامانه هیدرو- آئروپونیک سبب بهبود جذب عناصر از طریق ریشه شده است که نهایتاً در سامانه هیدرو-آئروپونیک به دلیل تجمع عناصر غذایی بر روی ریشه در فواصل زمانی مناسب‌تر باعث افزایش عملکرد این سامانه ترکیبی نسبت به سامانه‌های دیگر شده است.

توصیه‌های ترویجی

با توجه به ارزیابی سه سامانه هیدروپونیک ستونی، آئروپونیک ستونی و ترکیبی هیدرو- آئروپونیک ستونی مشخص شد که سامانه ترکیبی هیدرو- آئروپونیک ستونی عملکرد بهتری نسبت به دو سامانه دیگر داشته و قابل توصیه می‌باشد. همچنین توصیه می‌شود که در هنگام استفاده از این سامانه از نازل ۵۰ میکرون و مدت زمان محلول‌دهی ۱۵ دقیقه استفاده

شود. از طرفی به دلیل افزایش میزان تولید در سیستم کشت با این سامانه نسبت به کشت در خاک و اهمیت اقتصادی این موضوع، تولید انبوه این سامانه و استفاده از آن در شرایط فعلی کشور خصوصاً در مناطق جنوبی، همانند شهرستان جیرفت، می‌تواند گام مهمی در افزایش بهره‌وری گلخانه‌های تولید سبزی و صیفی، خصوصاً کاهو، محسوب شود.



شکل ۱۰- میانگین عملکرد گیاه کاهو در سامانه‌ها

جدول ۱- محلول غذایی توصیه شده توسط هوگلند و آرنون (میلی‌گرم بر لیتر) (نظری و طباطبایی، ۱۳۹۵)

عناصر غذایی	هوگلند و آرنون	عناصرغذایی	هوگلند و آرنون
نیتروژن	۲۰۰	مس	۰/۰۶
پتاسیم	۲۰۰	بور	۰/۳
کلسیم	۱۱۱	منگنز	۰/۳
فسفر	۶۰	روی	۰/۰۵
منیزیم	۴۹	مولیبدن	۰/۰۱
آهن	۳		

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر.، و عبدشاه، ه. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۷. تهران، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. جلد سوم، محصولات باغبانی. ۱۶۶ صفحه.

مومنی، د.، و رحمتی، م.ه. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات کنترل دما و رطوبت در تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت و کهنوج. نشریه علمی و پژوهشی ماشین‌های کشاورزی. ۲ (۱): ۴۵-۳۸.

نظری‌ممقانی، ح.، و طباطبایی، س.ج. ۱۳۹۵. اثر اوره و نیکل بر رشد و غلظت نیترات و عناصر معدنی کاهو رقم سیاهو در آب‌کشت. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۳(۱): ۷۹-۶۹.

Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M.H., ElSohly, M.A. and Khan, I.A. 2014. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: A comparative study. Hindawi Publishing Corporation.Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine Article ID 253875, 9 pages.

Gao, J., Zhang, J. and Lu, D. 2016. Design and atomization experiments of an ultrasonic atomizer with a levitation mechanism. Appl. Eng. in Agric, 32(4): 353–360.

Hayden, A.L. 2006. Aeroponic and hydroponic systems for medicinal herb rhizome, and root crops. J. Hort. Science., 41, 16–18.

Hayden, A.L., Giacomelli, G. A., Yokelson, T. and Hoffmann, J. J. 2004. Aeroponics: An alternative production system for high-value root crops. Acta. Hortic, p. 207–213.

Hoyos, D., Morales, J.G., Chavarria, H., Montoya, A.P., Correa, M. and Jaramillo, S. 2012. Growing degree days accumulation in a cucumber (Cucumis sativus L.) crop grown in an aeroponic production model. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellin. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, 65(1): 6389-6398.

Hoagland, D. R., and Arnon, D. I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Circ. Calif. Agric. Exp. Stn. 347:2nd edn.

Lakhiar, I. A., Gao, J., Syed, T.N., Chandio, F.A., Buttar, N.A. 2018. Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: A review on aeroponics. J. Plant Interacion, 13(1): 338–358.

NASA, Spinoff. 2006. Progressive plant growing has business blooming. Environmental and Agricultural Resources. NASA Technology Transfer Program, pp. 68–72.

Richard, W., Zobel, P.D.T. and John, G.T. 1976. Method for growing plants aeroponically. Plant Physiology, 57(3): 344-346.

Stoner, R.J. and Clawson, J.M., 1997. A high performance, gravity insensitive, enclosed aeroponic system for food production in space. Principal Investigator, NASA SBIR NAS10-98030.

Srihajong, N., Ruamrungsri, S., Terdtoon, P., Kamonpet, P and Ohyama, T. 2006. Heat pipe as a cooling mechanism in an aeroponic system. Applied Thermal Engineering, 26: 267–276