

مقاله علمی-ترویجی

بسترهای نوین چند لایه ثابت و متحرک طبقاتی برای کشت بدون خاک گیاهان گلخانه‌ای

قاسم زارعی^{۱*}، امیر عرب‌نعمتی^۲، سالومه سپهری صادقیان^۳، جلال جوادی‌مقدم^۴، حمید سلیمانی^۵

چکیده

یکی از روش‌های کشت در گلخانه‌ها، کشت بدون خاک است. کشت بدون خاک روش‌هایی را شامل می‌شود که گیاهان در محیطی غیر از خاک کاشته می‌شوند و می‌تواند بر اساس وضعیت کاربرد محلول غذایی، به‌صورت باز یا بسته باشد. اخیراً روش کشت جدید در بستر چند لایه، برای رفع معضلات بسترهای کشت رایج در کشت‌های بدون خاک محصولاتی پیشنهاد شده است که نیاز به بستر برای نگهداری ریشه دارند. این سیستم در واقع تکنیک فیلم مغذی اصلاح شده می‌باشد که با کشت بدون خاک در کیسه‌های رشد، ترکیب شده است. این روش کشت عمدتاً با یک بستر کشت جزئی توأم با یک سیستم چرخش محلول غذایی، مشخص می‌شود. در این نوشتار ضمن تشریح ویژگی‌های فنی بسترکشت جدید که هم به‌صورت ثابت و هم به‌صورت طبقاتی متحرک (برای افزایش تراکم کشت در واحد سطح) در گلخانه‌ها قابل استفاده است، این روش ترکیبی با دو روش تکنیک فیلم مغذی و کشت در کیسه‌های رشد مقایسه شده است. همچنین نتایج کاربردی طرح الگوئی اجرا شده چند ساله این روش توسط شرکت واردکننده در شهرستان ورامین استان تهران ارائه و در انتها نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات کاربردی استفاده از این فناوری روز دنیا برای افزایش بهره‌وری مصرف نهاده‌ها و افزایش بهره‌وری تولید، انجام شده است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، بهره‌وری کود، بسترکشت غیرخاکی، کشت گلخانه‌ای، کشت طبقاتی

مقدمه

محیط‌های کنترل شده به دلیل لزوم کنترل شرایط اقلیمی آنها، استفاده از گیاهان پرمحصول، کودپذیری ارقام جدید، انجام کشت‌های متراکم و فوق‌متراکم و ... مشکلاتی را در بر دارد. یکی از این مشکلات، افزایش استفاده بی‌رویه از سم و کود به شکل نامتعادل و بیش از اندازه است که نه تنها به سلامتی محصول صدمه زده و سبب تجمع بعضی از ترکیبات سمی مانند نیترات، باقیمانده سموم شیمیایی و عناصر سنگین در محصول می‌گردد، بلکه کیفیت محصول را نیز کاهش می‌دهد. یک راهکار مناسب برای افزایش بهره‌وری تولید، استفاده از کشت‌های متراکم در محیط‌های کنترل شده کشاورزی است. همچنین یک راهکار مناسب برای افزایش بهره‌وری نهاده‌های تولید (آب، کود و انرژی)، به‌کارگیری سیستم‌های کشت بدون خاک با حالت جریان محلول غذایی بسته است (زارعی و همکاران، ۱۴۰۴).

کشت بدون خاک روش‌هایی را شامل می‌شود که گیاهان در محیطی غیر از خاک کاشته می‌شوند و می‌تواند براساس کاربرد محلول غذایی، به‌صورت باز یا بسته باشد. در این سیستم کشت،

افزایش جمعیت و نیاز روز افزون بشر به مواد غذایی، بحران آب و انرژی و لزوم استفاده بهینه از نهاده‌های تولید و غیره، کشاورزان را بر آن داشته تا تولید محصولات خود در واحد سطح و به‌ازای مصرف واحد حجم آب و انرژی، افزایش دهند. از سوی دیگر کشت در

^۱ استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (نویسنده مسئول: gh.zarei@areeo.ac.ir)

^۲ کارشناس کشاورزی، مدیر عامل شرکت مسیر سبز کشاورزی پایدار، ورامین، ایران

^۳ استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۴ استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۵ محقق، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۵

معرفی بسترهای کشت نوین چند لایه

روش کشت جدید در بستر چند لایه^۱ (NCS)، برای استفاده هم‌زمان (توأم) بسترهای کشت رایج در کشت‌های بدون خاک محصولاتی پیشنهاد شده است که نیاز به بستر برای نگهداری ریشه دارند. در استفاده از روش فیلم مغذی^۲ (NFT)، استقرار گیاه در محل پرورش به‌ویژه در مراحل اولیه رشد، با مشکل مواجه هست. در روش کیسه‌های رشد^۳ (GB) نیز ناچار به استفاده از حجم بیشتری از کوکوپیت هستیم که این محصول وارداتی و گرانی است. این سیستم در واقع تکنیک فیلم مغذی اصلاح شده و ترکیب آن با کشت بدون خاک در کیسه‌های رشد است که عمده‌تاً با یک بسترکشت جزئی توأم با یک سیستم چرخش محلول غذایی بسته، مشخص می‌شود. در کشت آبی^۴ به‌روش NFT، ریشه‌های گیاهان در تماس مستقیم با فیلمی از محلول مغذی قرار می‌گیرند که به سرعت مشخصی از طریق یک سیستم شامل لوله‌های متصل به منبع محلول مغذی، حرکت می‌کند (شکل ۱). در این سیستم کشت، یک لوله مستطیلی یا معمولاً مسطح که در آن محلول مغذی جریان آرامی دارد، در نزدیکی ریشه‌های گیاهان قرار داده می‌شود. ریشه‌ها به شکلی جاگذاری شده و توسعه داده می‌شوند که مستقیماً با این فیلم محلول مغذی در تماس باشند. این فیلم مغذی به صورت مداوم و به‌شکل جریان گردشی در اطراف ریشه‌ها حرکت می‌کند، مواد مغذی را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد و سپس به محل جمع‌آوری برمی‌گردد. این سیستم کشت به‌عنوان یکی از روش‌های ساده، مؤثر و کارآمد در کشت بدون خاک گیاهان، به شمار می‌رود و برای گونه‌هایی مانند سبزیجات، سبزه‌ها، گیاهان داروئی و بسیار مؤثر است (سپهری و همکاران، ۱۴۰۴).

گیاهان در تمام مراحل رشد نیاز به تأمین عناصر غذایی کافی و مورد نیاز دارند که باید در بستر کشت مهیا باشند. نوع بسترکشت بر در دسترس بودن محلول غذایی برای ریشه گیاهان و افزایش یا کاهش خطرات آفات و بیماری‌ها اثرگذار است (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰). برای حذف اثرات نامطلوب محیطی و محدودیت منابع آب و خاک، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر شده است (شمس‌آبادی و همکاران، ۱۴۰۳). یکی از روش‌های کشت در گلخانه-هائی با فناوری بالا، کشت بدون خاک است که تمامی روش‌هایی را که گیاهان در محیطی غیر از خاک کاشته می‌شوند را در بر می‌گیرد و می‌تواند بر اساس کاربرد محلول غذایی، به‌صورت باز (با بهره‌وری آب و کود کمتر) و یا بسته (با بهره‌وری آب و کود بیشتر) انجام شود (زارعی و همکاران، ۱۴۰۰). در سیستم‌های کشت باز، محلول غذایی پس از کاربرد و عبور از منطقه ریشه، زهکش شده و دفع می‌گردد. این سیستم‌ها یکی از آلوده‌کننده‌های شیمیایی (کیفیت) آب‌های سطحی و زیرزمینی هستند (Kumar and Cho, 2014). از این‌رو سیستم‌های کشت بسته، به‌عنوان جایگزین عملی برای سیستم‌های باز پیشنهاد شده و به‌کار می‌روند. در سیستم‌های کشت بدون خاک بسته، کارایی استفاده از آب، مواد غذایی و قارچکش‌ها افزایش یافته به‌طوری‌که استفاده از آنها، اثر کمتری بر سلامت محیط‌زیست دارد زیرا محلول اضافی جمع‌آوری، بازیابی و دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷). بدیهی است این سیستم کشت و تغذیه، نیاز دقیق به بررسی و توسعه بر اساس نوع محصول دارد (Fussy and Papenbrock, 2022). نتایج مطالعات نشان داده‌اند که سیستم‌های کشت بدون خاک بسته، دارای بهره‌وری مصرف آب تا ۹۶ درصد و بهره‌وری مصرف کود تا ۹۷ درصد در مقایسه با سیستم‌های کشت بدون خاک باز هستند (Fayezizadeh et al., 2022). از پارامترهای تأثیرگذار بر بهره‌وری مصرف آب و کود و نیز هزینه‌های تولید در سیستم‌های کشت بدون خاک، نوع بسترکشت است که ارتقای آن و معرفی بسترهای کشت جدید در حال حاضر مورد توجه جدی محققان حوزه کشت‌های گلخانه‌ای قرار دارد (Asaduzzaman et al., 2022).

¹ - New Cultivation System

² - Nutrient Film Technique

³ - Grow Bag

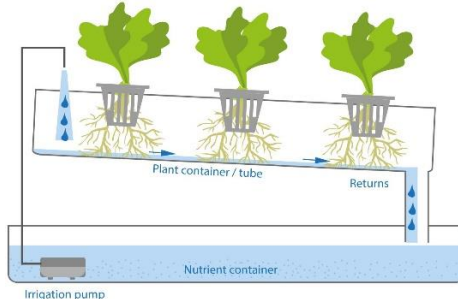
⁴ - Hydroponic



ریشه گیاه در سیستم NFT



طرح واقعی سیستم NFT

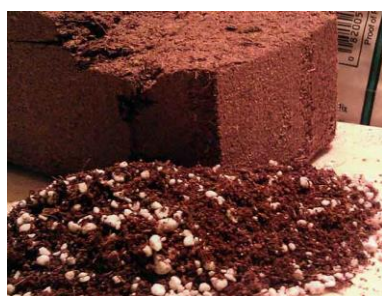


طرح شماتیک سیستم NFT

شکل ۱- تکنیک فیلم مغذی (NFT) در کشت بدون خاک بسته گلخانه‌ای.

به صورت تجاری امکان پذیر ساخته‌اند (Agrawal et al., 2020). این کیسه‌ها همه کاره بوده و امکان رشد آسان و کارآمد گیاهان را با بهترین وضعیت زهکشی و هوادهی فراهم می‌کنند (شکل ۲). کیسه‌های رشد سبک وزن و قابل حمل هستند و می‌توانند در گلخانه‌ها، فضای باز و باغات به صورت تجاری استفاده شوند. در داخل این کیسه‌ها معمولاً ترکیبی از دو بستر کشت نظیر کوکوپیت، پرلیت، پوکه لیکا و ... با نسبت‌های متفاوت پر می‌شوند. این بسترهای رشد با اسیدیته (pH) مناسب، فاقد هرگونه مواد مغذی برای گیاه هستند و برای تغذیه گیاه کشت شده در آنها، معمولاً محلول غذایی از طریق سامانه آبیاری قطره‌ای به پای گیاه داده می‌شود. به طوری که مازاد محلول غذایی از پائین کیسه خارج می‌گردد (شکل ۲). کیسه‌های رشد می‌توانند به شکل مکعب یا استوانه ایستاده و یا خوابیده (افقی) در ردیف‌های کشت داخل گلخانه قرار گیرند (شکل ۳).

کشت آبی به روش NFT در گلخانه‌ها، مزایا و معایب خاص خود را دارد. مزایای مهم این روش عبارتند از: عدم نیاز به بسترهای کشتی نظیر کوکوپیت و پرلیت، مصرف کمتر آب، رشد سریع‌تر گیاهان کشت شده و نیز امکان کنترل و کاربرد دقیق‌تر مواد غذایی مورد نیاز گیاهان. همچنین معایب مهم این روش عبارتند از: حساسیت به خرابی‌ها و آسیب دیدن سریع گیاهان نسبت به خرابی‌های اجزای این سامانه، وابستگی بیشتر به برق و هزینه‌های بالاتر مصرف انرژی، هزینه اولیه بالای مورد نیاز برای راه اندازی سامانه و نیاز به دقت و مهارت بالاتر. در کل کشت آبی به روش NFT همراه با مزایا و معایب خود، یک روش کشت نوین و فناورانه است که در صورت داشتن دانش فنی بالا و برخورداری از مدیریت درست، می‌تواند به تولید محصولات با کیفیت و با بهره‌وری بالا، منجر شود (Palmitessa et al., 2024). کیسه‌های رشد (GB) یکی دیگر از راه‌حل‌های نوآورانه با قدمت بیشتر هستند که در بخش باغبانی، کشت بدون خاک را



بستر کشت مخلوط برای کیسه‌های رشد



سیستم زهکشی تعبیه شده زیر کیسه‌های رشد



کیسه‌های رشد در کشت بدون خاک

شکل ۲- استفاده از کیسه‌های رشد در کشت‌های غیرخاکی گلخانه‌ای



کاربرد کیسه‌های رشد ایستاده در سیستم‌های کشت بدون خاک



کاربرد کیسه‌های رشد افقی در سیستم‌های کشت بدون خاک

شکل ۳- استفاده از انواع کیسه‌های رشد در کشت‌های بدون خاک گلخانه‌ای

یا دوره‌ای در محل قرارگیری آنها جاری است، قرار می‌گیرند. در این سیستم مصرف آب و مواد غذایی (کود) به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و مشکلات مربوط به مصرف بی‌رویه و تجمع عناصر در بافت‌های گیاهی و وقوع مشکلات گوارشی در انسان به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل حذف نقش خاک در این نوع از کشت و به دنبال آن حذف قارچ‌های خاکی، استفاده از سموم به حداقل کاهش می‌یابد و زنجیره مشکلات متعدد ناشی از مصرف گیاه مسموم شکسته می‌شود. از سوی دیگر باید توجه داشت این سیستم برای گیاهانی مناسب است که دوره رشد طولانی نداشته باشند. نداشتن ریشه‌های بزرگ و یا عدم نیاز به نگهداری ریشه با توجه به شرایط بوته، از دیگر مواردی هستند که می‌بایست مورد نظر قرار گیرند. از سوی دیگر در روش استفاده از کیسه‌های رشد، مقدار زیادی از انواع بسترهای کشت استفاده می‌شوند که هزینه اولیه این نوع کشت را به‌ویژه در صورت استفاده از کوکوپیت وارداتی، بالا می‌برند (سپهری و همکاران، ۱۴۰۴).

برای غلبه بر این مشکلات، روش کشت NCS معرفی شده است که به بسترهای کشت چند لایه نیز مشهور است. این روش عمدتاً با بستر کشت ترکیبی کیسه رشد (GB) و یک سیستم چرخش محلول غذایی نازک (NFT) مشخص می‌شود (شکل ۴). در این سیستم کشت گیاهان پس از استقرار اولیه که با روش آبیاری قطره‌ای

کشت بدون خاک به‌روش کیسه‌های رشد، مزایا و معایب خاص خود را دارد. مزایای مهم این روش عبارتند از: برخورداری گیاهان از ریشه‌های سالم به دلیل تهویه مناسب در بسترکشت، انعطاف و تطبیق‌پذیری با انواع گلخانه‌های کوچک و بزرگ مقیاس، قابل جابجا کردن به دلیل سبک بودن (برای برخورداری از نور بیشتر و یا محافظت از آب و هوای نامساعد) و داشتن زهکشی مناسب‌تر برای خارج کردن آب بیش از حد داده شده بدن، داشتن تنوع در همه شکل‌ها، اندازه‌ها و رنگ‌ها، داشتن تطابق خوب با محیط کنترل شده کشاورزی و کارآمد برای کاشت و استفاده چندین باره (برای چند سال). همچنین معایب مهم این روش عبارتند از: برخورداری از سیستم ریشه‌ای محدودتر نسبت به کشت خاکی و نیاز به مراقبت مداوم (آبیاری منظم و حذف دوره‌ای علف‌های هرز و جلبک‌های رشد یافته در سطح کیسه رشد). برای بهره‌مندی هم‌زمان از ویژگی‌های دو نوع بسترهای فوق‌الذکر و نیز ارتقای کارایی و عملکرد آنها، روش کشت در بسترهای چند لایه (NCS) ابداع و پیشنهاد شده است. در تکنیک فیلم مغزی مانند انواع روش‌های کشت بدون خاک، گیاه نیازی به خاک نداشته و ریشه گیاهان در حال رشد در یک مجرای حاوی مواد مغزی در حال گردش قرار می‌گیرند. در این روش انواع مواد مغزی به‌صورت دقیق و کنترل شده به سیستم تزریق‌شده و ریشه‌ها همواره در لایه نازکی از محلول غذایی که به‌صورت پیوسته

آبیاری می‌گردد. از سوی دیگر حرکت محلول غذایی در طول مسیر و ریزش ثقیل آن از لایه بالاتر به لایه پائین‌تر، سبب هوادهی به محلول غذایی می‌گردد که این امر خود باعث حفظ کیفیت محلول غذایی می‌گردد. همچنین جریان محلول غذایی در این مجرهای بسته، سبب تسهیل فرآیند زهکشی می‌گردد.

بسترهای کشت نوین چند لایه ترکیبی را می‌توان به‌طور ثابت در گلخانه‌ها روی سکوها (پایه‌های نگهدارنده) مستقر کرده و استفاده نمود. معمولاً این حالت برای محصولاتی نظیر گوجه‌فرنگی، خیار، فلفل‌دلمه، بادمجان و ... که بوته آنها ارتفاع و وزن زیادی دارند، استفاده می‌شود (شکل ۵).

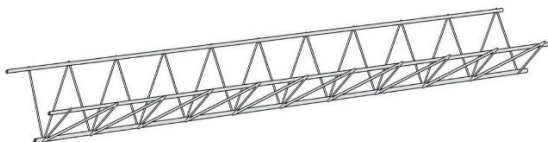
آبیاری و تغذیه می‌شوند، ریشه خود را به تدریج در داخل چند لایه از پلاستیک سر بسته توسعه می‌دهند تا به‌جایی برسند که محلول غذایی در آن به گردش در می‌آید. این بستر چند لایه خاص، از چندین نوار پلی‌اتیلن با ابعاد مختلف ساخته شده که سوراخ‌هایی با طرح‌های متفاوت بر اساس نوع و تراکم محصول تحت کشت دارد. محلول مغذی به‌صورت آبیاری در داخل این چند لایه چرخش می‌کند که باعث می‌شود ریشه‌ها علاوه بر مواد غذایی مورد نیاز، اکسیژن مورد نیاز را نیز در دسترس داشته باشند. بدیهی است در این حالت، مقاومت گیاه در برابر بیماری‌های ریشه و بستر بیشتر می‌گردد. همچنین به‌دلیل پوشیده بودن کامل بسترکشت با پوشش پلی‌اتیلنی (شکل ۴)، حذف تبخیر از سطح بسترکشت باعث صرفه‌جویی در آب



نمایی از درون بسترکشت نوین ترکیبی



مواد بکار رفته در بسترکشت نوین و نحوه استقرار گیاه در آن



نحوه قرارگیری بسترکشت روی سبد نگهدارنده

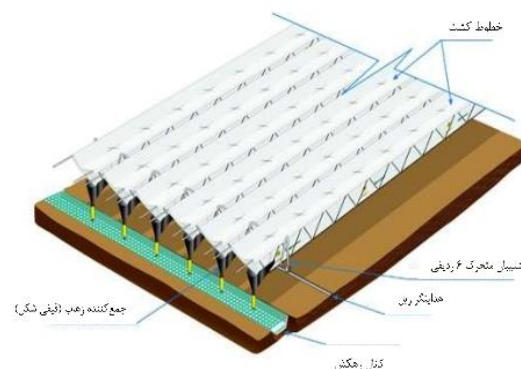


انواع سطح مقطع بسترکشت نوین برای گیاهان مختلف

شکل ۴- جزئیات فنی بسترهای کشت نوین ترکیبی چند لایه



کشت گوجه‌فرنگی در بسترهای کشت ثابت



شماتیک بسترکشت نوین با حالت ثابت



نحوه رشد و توسعه ریشه گیاهان در بسترهای کشت نوین



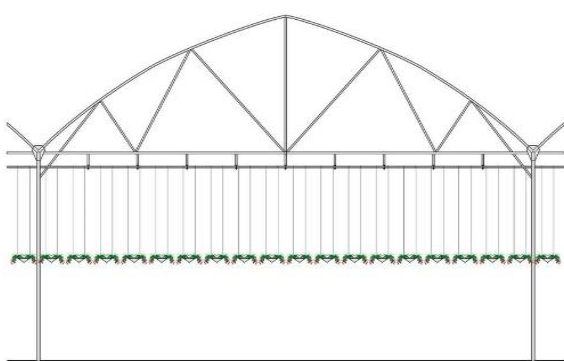
نحوه تغذیه بسترهای کشت نوین

شکل ۵- استفاده از بسترهای کشت نوین با حالت ثابت در گلخانه‌های تجاری

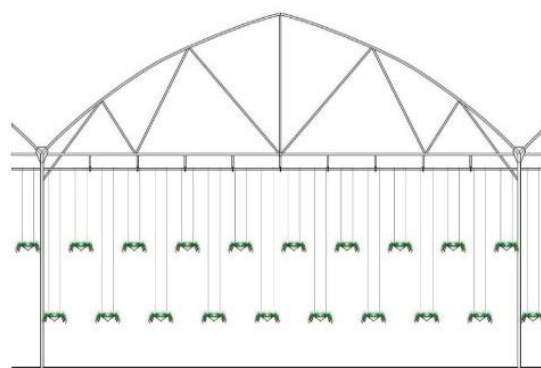
بین ردیف‌های کشت و نیز به‌کارگیری ردیف‌های کشت بیشتر به‌صورت طبقاتی، باعث افزایش تراکم کشت حدود ۲-۱/۵ برابری گیاهان شود.

یکی از عوامل بسیار تأثیرگذار در فرآیند فتوسنتز در گیاهان، میزان نور دریافتی توسط برگ‌ها می‌باشد که در این سیستم کشت، مدنظر قرار می‌گیرد. بدیهی است در صورت استفاده از طبقات کشت بیشتر و یا برخورداری منطقه مورد نظر از تابش کمتر خورشید به‌واسطه عرض جغرافیایی بالا، می‌توان از لامپ‌های روشنایی LED با طیف‌های نوری لازم در گلخانه استفاده کرد (شکل ۷). همچنین برای دریافت نور بیشتر در طبقات زیرین، توصیه می‌شود در کف گلخانه‌ها پوشش پلاستیکی (کف پوشش) سفید رنگ نصب شوند و یا کف بتنی گلخانه‌ها با رنگ سفید، پوشش داده شوند (شکل ۸).

یکی از روش‌های افزایش تولید در واحد سطح، استفاده حداکثری از ارتفاع گلخانه‌ها برای انجام کشت‌های طبقاتی و متعاقب آن انجام کشت‌های متراکم‌تر است. لیکن یکی از مشکلات این روش افزایش تولید در واحد سطح، احتمال عدم نورگیری مناسب گیاهان تحت کشت می‌باشد. با توجه به جهت حرکت خورشید، نوع سازه گلخانه‌ای و همچنین به‌علت افزایش تراکم کشت بوته‌ها، کشت‌های طبقاتی عموماً موجب سایه‌اندازی بیشتر روی بوته‌های زیرین می‌شوند. سیستم کشت در بسترهای کشت چند لایه طبقاتی متحرک با تغییر ارتفاع متناوب بسترها از سطح گلخانه در طول روز، سعی در رفع مشکل نورگیری دارد (شکل ۶). روش کشت جدید در بستر چند لایه (NCS) به‌صورت طبقاتی و متحرک، برای گیاهان پا کوتاهی نظیر توت‌فرنگی، کاهو، ریحان و ... می‌تواند به حذف راهروهای ما



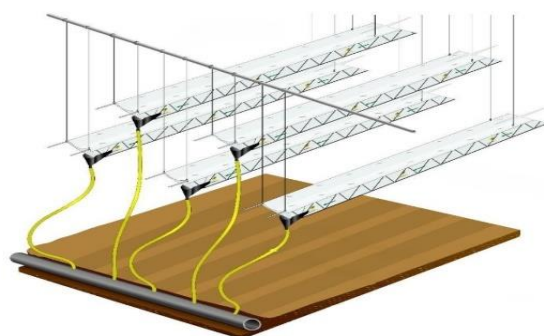
بستر کشت طبقاتی در حالت هم‌سطح



بستر کشت طبقاتی در حالت غیرهم‌سطح



کشت توت‌فرنگی در بسترهای کشت طبقاتی متحرک



نحوه جمع‌آوری زهاب خروجی از بسترهای کشت طبقاتی متحرک

شکل ۶- بستر کشت نوین با حالت ثابت در گلخانه‌های هیدروپونیک



شکل ۷- استفاده از لامپ‌های روشنایی LED برای کشت‌های طبقاتی در گلخانه‌ها



شکل ۸- استفاده از کف پوشش‌های سفید رنگ در گلخانه‌ها برای انعکاس نور به بخش‌های زیرین

فعالیت کارگران و انجام عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات به راحتی فراهم می‌گردد (شکل ۹).

در روش کشت در بستر چند لایه (NCS) به صورت طبقاتی و متحرک، با بالا بردن یک در میان طبقات و یا همگی آنها، امکان



فعالیت کارگران در حالت بالا بودن یکسان همه طبقات

فعالیت کارگران در حالت بالا و پائین بودن یک در میان طبقات

شکل ۹- نحوه فعالیت کارگران در روش کشت در بستر چند لایه در حالت طبقاتی و متحرک

ردیف کشت بستر چند لایه طبقاتی متحرک در مقایسه با بستر گروپ، افزایش ۱۸/۶ درصدی داشت. این در حالی بود که با لحاظ شدن افزایش تراکم کشت از طریق به کارگیری طبقات متحرک در این گلخانه، افزایش عملکرد به حدود ۵۱ درصد رسید (سپهری و همکاران، ۱۴۰۴). تراکم کشت و تولید بهینه برای گیاه توت‌فرنگی در این روش از حدود ۲۵ بوته در مترمربع در حالت معمولی تا حدود ۳۵ بوته در مترمربع با افزایش طبقات و استفاده از نور تکمیلی، امکان‌پذیر شد. با توجه به تراکم کشت حدود ۲۸ بوته در مترمربع انجام شده و تولید تقریبی ۴۵۰ گرم به ازای هر بوته کشت شده، عملکرد حدودی ۱۲۶ تن در هکتار از کشت گلخانه‌ای با این روش برای رقم‌های سابрина و کاماروسا، به دست آمده است. همچنین ظرفیت عملی تولید گوجه‌فرنگی در بسترکشت چند لایه ثابت با عملکرد تقریبی ۵۰ کیلوگرم در مترمربع، حدود ۵۰۰ تن در هکتار برای رقم آلتس به دست آمده است.

طرح الگویی اجرا شده در شهرستان ورامین

اولین گلخانه پایلوت این روش کشت بدون خاک در مقیاس تجاری ۲/۱ هکتار (۳ واحد ۰/۷ هکتاری) در مجتمع گلخانه‌ای واقع در شهرستان ورامین استان تهران در سال ۱۳۹۸ راه‌اندازی شده است. این گلخانه‌ها از نظر سطح فناوری میانه بوده، تیپ سازه آن گنبدی و ارتفاع از زیر ناودان و تاج به ترتیب ۵ و ۷/۵ متر، ارتفاع هر دهانه ۹/۶ متر و طول آنها ۳۶ متر هستند (شکل ۱۰). در دو واحد از این گلخانه‌ها (۱/۴ هکتار)، از بسترهای کشت چند لایه ثابت برای کشت انواع گوجه‌فرنگی و در یک واحد دیگر آن (۰/۷ هکتار)، از بسترهای کشت لایه طبقاتی متحرک برای کشت رقم‌های مختلف توت‌فرنگی استفاده شده است.

در مقایسات روش کشت در بستر چند لایه در حالت طبقاتی و متحرک با روش کشت بدون خاک مرسوم (کیسه‌های رشد) توت‌فرنگی، بهبود معنی‌دار صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی مشاهده شد به طوری که میانین عملکرد محصول یک



نمای داخلی گلخانه پایلوت دارای بسترهای کشت چند لایه ثابت

تصویر هوایی از مجتمع گلخانه‌ای الگوئی کشت در بستر چند لایه

شکل ۱۰- گلخانه پایلوت دارای بسترهای کشت چند لایه نوین



شکل ۱۱- کشت وسیع انواع کاهو در بسترهای چند لایه ترکیبی در اسپانیا



شکل ۱۲- کشت بدون خاک گیاهان زیر سایبان‌ها (راست زنجبیل و چپ گیاه زینتی زاموفیلا)



کشت آناناس در بسترهای چند لایه ترکیبی



کشت ریحان در بسترهای چند لایه ترکیبی



کشت Blue Berry در بسترهای چند لایه ترکیبی



کشت سیب‌زمینی در بسترهای چند لایه ترکیبی



کشت Dragon fruit در بسترهای چند لایه ترکیبی



شکل ۱۳- کشت بدون خاک انواع گیاهان در بسترهای چند لایه ترکیبی

کاهش مصرف آب تا حدود ۷۰ درصد، میزان تولید در واحد سطح را نیز تا ۶۰ درصد افزایش داد.

از سوی دیگر با توجه به ویژگی‌های مثبت این نوع بسترهای کشت، به نظر می‌رسد بتوان از آنها در کشت‌های فضای باز نیز استفاده کرد (Rubio-Asensio et al., 2022). در مناطقی که خاک شور و یا غیر حاصل‌خیز دارند و یا در مناطقی که به واسطه اقلیم آنها محدودیت شدید منابع آبی حاکم است، به‌کارگیری این روش کشت هیدروپونیک از نوع ثابت آن، قابل توصیه است (شکل ۱۱). به‌عنوان مثال در کشت کاهو (Iceberg Lettuce) با این بسترکشت در مقایسه با کشت خاکی در منطقه Mar Menor کشور اسپانیا، افزایش عملکرد دو برابری و نیز کاهش مصرف آب ۵۰ درصدی در آن منطقه، گزارش شده است (Nicola et al., 2021; NGS,)

نتیجه‌گیری و پیشنهادات کاربردی

شرکت مجری این طرح با الگوبرداری مناسب و علمی از فناوری نوین مربوط به شرکت اسپانیایی NGS^۱ و انجام مطالعات متعدد و پرهزینه (تحقیق و توسعه) چندین ساله، توانسته است تمامی اجزای سیستم کشت هیدروپونیک با بسترهای چند لایه متحرک / غیرمتحرک را بومی‌سازی و عملیاتی نماید. نتایج چند ساله پایلوت‌های اجرا شده در شهرستان ورامین نشان دادند با جایگزینی سیستم کشت نوین با بسترهای چند لایه (NCS) به جای سیستم کشت بدون خاک مرسوم با کیسه‌های رشد (GB)، می‌توان ضمن

^۱ - New Growing System

شمس آبادی، و، میرزایی، س. م. ج، مودودی، م. ن، نستری نصرآبادی، ح. و مرادی، مهدی. ۱۴۰۳. ارزیابی طیف‌های مختلف نور بر بهره‌وری آب، رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی خصوصیات مورفولوژیک گندم در مراحل اولیه رشد در شرایط تنش خشکی، رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۳ (۱): ۱۷۶-۱۸۹.

Asaduzzaman, M.d., Niu, G. and Asao, T. 2022. Nutrients recycling in hydroponics: opportunities and challenges toward sustainable crop production under controlled environment agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 13: 845472.

Fayezizadeh, M. R., Ansari, N. A. Z., Albaji, M., & Khaleghi, E. 2021. Effects of hydroponic systems on yield, water productivity and stomatal gas exchange of greenhouse tomato cultivars. *Agricultural Water Management*. 258: 107171.

Fussy, A. and Papenbrock, J. 2022. An overview of soil and soilless cultivation techniques—chances, challenges and the neglected question of sustainability. *Plants*. 11(9): 1153.

Hosseinizadeh, S., Verheust, Y., Bonarrigo, G. and Van Hulle, S. 2017. Closed hydroponic systems: operational parameters, root exudates occurrence and related water treatment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 16 (1): 59-79

Jos_e S. Rubio-Asensioa, Margarita Parraa, Diego S. Intrigliolo. 2022. Open field hydroponics in fruit crops: Developments and challenges. *Fruit Crops*, Chapter 30: 1-17.

Kumar, R.R. and Cho, J.Y. 2014. Reuse of hydroponic waste solution. *Environmental Science and Pollution Research*. 21: 9569-9577.

New Growing System (NGS). 2020. Efficient Farming with Permanent Innovation. New Growing System, S.L

Nicola, S., Pignata, G., Casale, M., Hazrati, S. and Ertani, A. 2021. Setting Up a Lab-Scale Pilot Plant to Study the New Growing System (NGS®) for Leafy Vegetable and Culinary Herb Growth. *Horticulturae*. (7) 90: 1-13.

Palmitessa O.D., Signore A. and Santamaria P. 2024. Advancements and future perspectives in nutrient film technique hydroponic system: a comprehensive review and bibliometric analysis. *Front. Plant Science*. 15:1504792. doi: 10.3389/fpls.2024.1504792

Paraje el Canadillar, 10-04640 Pulpi (Almería)

RK Agrawal, MP Tripathi, A Verma, GL Sharma and D Khalkho. 2020. Hydroponic systems for cultivation of horticultural crops: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(6): 2083-2086.

2020). همچنین بر اساس تجربیات میدانی نگارندگان و برای صرفه‌جویی بیشتر در آب، می‌توان این بسترهای کشت را در زیر سایبان‌ها مسقر کرد (شکل ۱۲).

محصولات پیشنهادی برای این منظور سبزی‌جاتی مانند کاهو و ریحان، میوجاتی نظیر توت‌فرنگی، بلوبری و آناناس، گیاهان دارویی نظیر آلوئه‌ورا و پیتایا و ... هستند که باید مطالعات تکمیلی و امکان‌سنجی لازم در خصوص آنها به انجام رسد (شکل ۱۳).

این پروژه شامل ترکیب هوشمندانه فناوری با حداقل سرمایه‌گذاری لازم برای به‌دست آوردن مقدار تولید بالا در واحد سطح و با حداقل مصرف آب به‌ازای یک واحد تولید است. با این بسترهای کشت دارای سیستم تغذیه بسته، کشاورزی در فضای باز و یا در زیر سایبان‌ها بدون ایجاد آلودگی آب‌های زیرزمینی به‌دلیل جمع‌آوری و استفاده مجدد از محلول غذایی برگشتی، امکان‌پذیر خواهد شد. همچنین در صورت استفاده از طبقات کشت بیشتر و یا برخورداری منطقه مورد نظر از تابش کمتر خورشید، می‌توان از روشنایی تکمیلی لازم در گلخانه استفاده کرد. بدیهی است در سیستم کشت با بسترهای طبقاتی متحرک، با توجه به وزن بسترها و تعداد آنها، بایستی بار وارده ناشی از آنها روی سازه گلخانه محاسبه و در زمان ساخت لحاظ گردد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از شرکت مسیر سبز کشاورزی پایدار به دلیل در اختیار گذاردن اطلاعات فنی و آرشویی خود و نیز فراهم کردن انجام پیش طرح مقایسه بستر کشت نوین چند لایه با روش کشت کیسه‌های رشد روی توت‌فرنگی گلخانه‌ای، قدردانی می‌گردد.

منابع

زارعی، ق، جوادی‌مقدم، ج. و فریدی، ح. ۱۴۰۰. اهمیت کنترل عامل‌های مؤثر در شرایط محیطی گلخانه‌های تجاری. فصلنامه علمی پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۶ (۲): ۱۶۲-۱۴۹.

زارعی، ق، آزادشهرکی، ف، مومنی، د، صادقی، ص، رضوانی، س. م. و سلیمانی، ح. ۱۴۰۴. مهندسی و فناوری تولید در گلخانه‌ها و سایر محیط‌های کنترل شده در الگوی کشت ملی. گزارش پژوهشی سالانه موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۱۰ صفحه.

سپهری صادقان، س، زارعی، ق، عرب‌نعمتی، ا. و کریمی‌فر، ح. ۱۴۰۴. تأثیر بسترکشت دو لایه بر عملکرد و اجزای عملکرد توت‌فرنگی گلخانه‌ای با سیستم هیدروپونیک بسته. رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست: ۱۴-۱.

New Fixed and Movable Multi-Layered Beds for Soilless Cultivation of Greenhouse Plants

Gh. Zarei^{*1}, A. Arab Nemati², S. Sepehri Sadeghian³, J. Javadi Moghadam⁴ and
H. Soleymani⁵

Abstract

One of the cultivation methods in greenhouses is soilless cultivation. Soilless cultivation includes methods in which plants are grown in an environment other than soil and can be open or closed based on the use of nutrient solution status. Recently, a new cultivation method in a multilayered bed has been proposed to solve the problems of conventional cultivation beds in soilless cultivation of crops that require a bed for root maintenance. This system is a modified nutrient film technique combined with soilless cultivation in grow bags. This cultivation method is mainly characterized by a partial growing media combined with a nutrient solution circulation system. In this article, while describing the technical characteristics of the new growing media, which can be used in greenhouses in both fixed and mobile layers (to increase the cultivation density per unit area), this combined method is compared with two methods: nutrient film technique and cultivation in grow bags. Also, the practical results of the multi-year implementation of this method by the importing company in Varamin city, Tehran Province, are presented, and finally, conclusions and practical suggestions for using this modern technology to increase the efficiency of input consumption and increase production efficiency are made.

Keywords: Fertilizer productivity, Greenhouse cultivation, Growing medium, Layered cultivation, Soilless, Water productivity

¹ Research Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (*Corresponding author, Email: gh.zarei@areeo.ac.ir)

² Managing Director of Masir-Sabz Sustainable Agriculture Company, Varamin, Iran

³ Research Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

⁴ Research Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

⁵ Researcher, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received :29 Apr 2025

Accepted: 16 Nov 2025