۱۳۳۵

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت آموزش و ترویج

کشت هیدروپونیک و انواع بسترهای رایج در ایران



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی
استان خراسان رضوی
۱۴۰۲



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت آموزش و ترویج

کشت هیدروپونیک و
انواع بسترهای رایج در ایران

نویسندگان:
سید فاضل فاضلی کاخکی
ناصر بیک زاده
۱۴۰۲

سرشناسه	: فاضلی کاخکی، سیدفاضل، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پدیدآور	: کشت هیدروپونیک و انواع بسترهای رایج در ایران/ سیدفاضل فاضلی‌کاخکی ناصر بیک‌زاده؛ سرویراستار نصیبه پورفاتح؛ تهیه‌شده درمعاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.
مشخصات نشر	: تهران : سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی،۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۵۸ص.: مصور(رنگی)،جدول(رنگی)؛۹/۵×۱۹س‌م.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۳۶۳-۰۲۹-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه:ص.۵۶-۵۷.
موضوع	: آبکشت -- ایران Hydroponics -- Iran
شناسه افزوده	: بیک‌زاده، ناصر، ۱۳۵۱ -
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	: SB۱۲۶/۵
رده بندی دیویی	: ۶۳۱/۵۸۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۴۵۰۱۸۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

ISBN: 978-622-363-029-3
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۳۶۳-۰۲۹-۳

عنوان: کشت هیدروپونیک و انواع بسترهای رایج در ایران
نویسندگان: سید فاضل فاضلی کاخکی و ناصر بیک‌زاده
مدیر داخلی: ویدا همتی
سرویراستار: نصیبه پورفاتح
تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: سبا سادات کرمانی پوربقایی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۲
مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۶۴۵۸۰ به تاریخ ۱۴۰۲/۰۹/۲۵ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی
تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸

مخاطبان:

- گلخانه‌داران
- باغداران
- کشاورزان
- کارشناسان
- مروجان پهنه‌های تولیدی

اهداف آموزشی:

- شما پس از مطالعه این دستنامه با نحوه صحیح و اصولی کشت هیدروپونیک در ایران و همچنین مزایا و معایب آن آشنا می‌شوید.

فهرست

عنوان | صفحه

مقدمه ۹
تاریخچه هیدروپونیک ۱۱
تعریف هیدروپونیک ۱۲
مزایا و معایب کشت هیدروپونیک ۱۳
انواع سیستم‌های کشت هیدروپونیک ۱۴
انواع هیدروپونیک از نظر توزیع محلول غذایی به ریشه گیاه ۱۶
خصوصیات یک بستر کشت ایده‌آل هیدروپونیک ۱۹
روش استریل کردن بستر کاشت ۲۵
انواع بستر کاشت هیدروپونیک ۲۶
از مهمترین بسترهای کشت غیر آلی (شن، پرلیت، پشم سنگ) ۲۹
مهمترین بستر کشت آلی (الیاف نارگیل و پیت ماس) ۳۷
بستر ترکیبی کوکوپیت و پرلیت در شرایط هیدروپونیک ... ۴۴
محتوای عناصر پرلیت، الیاف نارگیل (کوکوپیت) و پشم سنگ ۴۶
بررسی اقتصادی کاربرد بسترهای کاشت ۴۸
مقایسه بستر کاشت خاکی با بسترهای کاشت هیدروپونیک ۵۱
هیدروپونیک خانگی و تجاری ۵۲
نتیجه گیری ۵۵
منابع ۵۶

مقدمه

آن‌طور که انتظار می‌رود جمعیت کره زمین تا سال ۲۰۵۰، به ۹/۸ میلیارد نفر می‌رسد و جهان باید ۵۰ درصد غذای بیشتر تولید کند، در نتیجه به زمین‌های قابل کشت اضافی نیاز دارد که به سادگی در دسترس نیست و مقدار زمین در دسترس نیز برای هر فرد کاهش یافته است. از طرف دیگر شهرنشینی سریع، بلایای طبیعی، گرم شدن زمین، و همچنین استفاده بی‌رویه از مواد شیمیایی و آفت‌کش‌ها، همگی بر حاصلخیزی خاک تأثیر گذاشته‌اند. لذا کاهش بهره‌وری خاک، تخلیه ذخایر مواد مغذی خاک، محدودیت در دسترس بودن آب آبیاری و تغییرات آب و هوایی همه عواملی هستند که باید در اجرای روش‌های جدید کشاورزی در نظر گرفته شوند. بنابراین کشاورزی مبتنی بر خاک و شیوه‌های کار باید با اشکال کارآمدتر، سازگار با محیط زیست و کشاورزی مدرن تکمیل شوند. سیستم‌های کشت بدون خاک می‌تواند راهی برای مقابله با این چالش‌ها باشد. به عنوان جایگزینی برای سیستم‌های کشاورزی مبتنی بر خاک، تکنیک‌های کشاورزی هیدروپونیک می‌تواند به طور بالقوه به عنوان یک سیستم مکمل برای کمک به کاهش کمبود

فعلی زمین‌های زراعی حاصلخیز و آب عمل کند. در این سیستم‌ها، ضمن کنترل شرایط اقلیمی و دمایی، افزایش تولید کمی و کیفی محصولات کشاورزی نیز امکان‌پذیر است. محصولات زراعی مختلف مانند برنج، گندم، ذرت علوفه‌ای و بسیاری از محصولات سبزی و صیفی مانند اسفناج، بامیه، خیار، توت فرنگی، کاهو، پیاز، هویج، گوجه فرنگی، گل‌ها و گیاهان زینتی را می‌توان با موفقیت تحت کشت هیدروپونیک قرار داد.

تاریخچه هیدروپونیک

گیاهـان در محلول‌هـای آبـی غنـی از مـواد غذایـی، برای قرن‌هـا کشـت می‌شـدند. بـرای مثـال باغ‌هـای شـناور بابل و باغهای شـناور آزتک در مکزیک بـه طور طبیعی هیدروپونیک بوده‌اند. در سـال ۱۸۰۰، مبانی مفهومی کشـت هیدروپونیک، بـه وسـیله آنهایـی کـه روی چگونگـی رشـد گیاهـان تحقیق می‌کرده‌انـد، پایه‌گـذاری شـد. کشـت بـدون خـاک بعـداً در سـال ۱۹۳۰ در یک سـری از انتشـارات دانشـمندان کالیفرنیا عمومیـت پیـدا کرد. در طـی جنگ جهانـی دوم، ارتش آمریکا باغ‌هـای بـزرگ هیدروپونیـک را بـه منظـور تامیـن نیازهـای سـبزیجات ارتـش در نواحـی عملیاتـی تاسـیس کـرد. از سـال ۱۹۸۰ بـه بعـد تکنیک‌هـای هیدروپونیـک بـرای تولید سـبزیجات و گل‌هـای زینتـی افزایـش یافت.

عـلاوه بـر توضیحـات فـوق در مـورد ایـن نـوع کشـت در کشـور می‌تـوان گفت؛ ایـران در اقلیم خشـک و نیمه خشـک واقـع شـده، و همچنیـن میـزان منابع آبی کشـور تحـت تاثیر محدودیت‌هـای اقلیمـی بسـیار افـت کـرده اسـت. بـر همین اسـاس طـی ده سـال گذشـته سـطح زیـر کشـت گلخانـه‌ای گسـترش یافته و به بیش از چهار برابر رسـیده اسـت. بنابراین در سـال ۱۳۹۳ بالـغ بـر یـک میلیـون و ششـصد هـزار تـن

محصـول گلخانه‌ای تولید شـده اسـت، بـا این حـال در زمینه روش‌هـای هیدروپونیک پیشـرفت به صورت بطئـی بوده و در برخـی نقـاط مانند هشـتگرد، کرج، کرمانشـاه، تهران، مشـهد و ... تولیـد محصـولات بـه صـورت هیدروپونیـک و بـه صورت تجـاری گسـترش یافته اسـت.

تعریف هیدروپونیک

محققیـن هیدروپونیـک را علم پرورش گیاهـان در محیط بـدون خـاک، اما در بسـتر کشـت خنثـی مانند شـن، گراویه، پیـت، ورمی-کولیـت و خـاکاره کـه در آنهـا محلول‌هـای غذایـی حـاوی عناصـر ضـروری مورد نیـاز گیاه جهت رشـد و نمـو طبیعـی آن اضافـه شـده اسـت، تعریـف می‌کنند.

هیدروپونیـک بـه عنـوان سیسـتمی مـورد توجـه قـرار گرفته اسـت کـه در آنجـا بسـتر کشـتی وجـود نـدارد هماننـد تکنیـک غذایی نوار باریک[1] که در سـبزیجات اسـتفاده می‌شـود (شـکل ۱).

1- Nutrient Film Technique (NFT)



شکل ۱- مزرعه کشت شده کاهو که به روش NFT (تکنیک غذایی نوار باریک) پروش می یابند

مزایا و معایب کشت هیدروپونیک

برای شناخت بهتر کشت هیدروپونیک در ذیل به مزایا و معایب این روش پرداخته شده است.

الف) مزایای کشت هیدروپونیک: از مزایای کشت هیدروپونیک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- امکان پرورش گیاهان به روش هیدروپونیک در تمام نقاط
- بالا بودن تراکم در واحد سطح
- کاهش میزان فعالیت‌های سنگین
- حفظ و صرفه جویی در مصرف آب

- کاهش مشکلات ناشی از آفات و بیماری‌ها
- نبود علف‌های هرز
- افزایش میزان تولید
- حفظ و نگهداری مواد غذایی
- کنترل شرایط محیطی
- استقرار آسان‌تر گیاهان جدید
- عدم نیاز به آیش در برنامه تناوب

ب) معایب کشت هیدروپونیک: این روش معایبی نیز دارد که به شرح زیر است.

- نیاز به هزینه سرمایه گذاری اولیه بسیار بالا
- نیاز به نیروی متخصص و ماهر در مراحل کار (آماده سازی بستر کاشت، محلول غذایی، تنظیم pH و ...)
- نیاز به تجهیزات پیشرفته و گران قیمت برای کنترل محیط کشت و گلخانه

انواع سیستم‌های کشت هیدروپونیک

کشت هیدروپونیک دارای دو نوع سیستم باز و بسته است که در ادامه به شرح آنها پرداخته می‌شود.

الف) سیستم باز: در این سیستم محلول غذایی پس از عبور از بستر کاشت به تانک حاوی محلول غذایی بر نمی‌گردد و توسط شبکه لوله کشی به خارج از محیط گلخانه هدایت می‌شود و در آنجا وارد حوضچه شده که سپس با آب مخلوط و به مصرف درختان و زراعت می‌رسد. بسترهای رایج در این

روش کوکوپیت و پرلیت است. مزیت این روش جلوگیری از گسترش بیماری‌های ریشه و همچنین هزینه پایین آن است. در ایران بیشتر از این سیستم استفاده می‌کنند (شکل ۲).



شکل ۲- نمایش مراحل کار یک سیستم باز هیدروپونیک که در بستر کشت کوکوپیت و پرلیت در گیاه توت فرنگی اجرا شده است. در این سیستم محلول غذایی از تانک وارد شبکه لوله‌های تغذیه شده و پس از تغذیه گیاه از بستر کاشت خارج و در استخر مربوطه ریخته می‌شود و سپس از طریق پمپ و در ترکیب با آب معمولی در تغذیه درختان استفاده میشود.

ب) سیستم بسته: در یک سیستم بسته، محلول غذایی پس از مصرف بازچرخش شده تا زمانی که غیر قابل استفاده می‌شود، و سپس دور ریخته شده و با محلول غذایی جدید جایگزین می‌شود. در این سیستم حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد آب و مواد غذایی کمتری نسبت به سیستم باز مصرف می‌شود. برای استفاده مجدد محلول غذایی بایستی از نظر EC[1] و pH در صورت امکان از لحاظ مقدار عناصر آزمایش شوند و سپس مطابق با آنها تنظیم و به حجم اولیه برسد. محلول غذایی ممکن است همچنین بعد از هر بار چرخش در بستر کشت نیاز داشته باشد تصفیه و استریل شود. این سیستم از لحاظ تجهیزات و ترکیبات مورد نیاز بسیار هزینه بر است و در ایران خیلی کم استفاده می‌شود.

انواع هیدروپونیک از نظر توزیع محلول غذایی به ریشه گیاه

کشت هیدروپونیک از نظر توزیع محلول غذایی به ریشه گیاه به انواع مختلفی تقسیم می‌شود که در این مبحث به آنها پرداخته می‌شود.

۱- هدایت الکتریکی یا EC یکی از پارامترهای تعیین کیفیت آب است و نشان دهنده توانایی آب در انتقال جریان الکتریکی و میزان املاح هادی موجود در آب است.

۱- روش جـذر و مدی: در این سیسـتم محلـول غذایی به صورت سـیل مانند در درون سـینی‌های رشـد جاری شـده و سـپس به وسـیله یـک پمپ مجـددا به مخزن بـاز می‌گردد.

۲- سیسـتم قطـره چکانـی: یکـی از رایج‌تریـن سیسـتم‌های کاشـت هیدروپونیـک در جهـان و ایـران قطـره چکانـی اسـت. محلـول غذایـی توسـط پمـپ از تانـک حاوی محلـول غذایـی وارد یـک شـبکه از لوله‌هـا و قطـره چکان‌هـا می‌شـود (شـکل ۳) کـه مقـدار و زمـان تغذیـه بر اسـاس نوع گیاه و بسـتر کاشـت متفاوت اسـت. برای محصولاتـی از قبیل تـوت فرنگـی، گوجـه فرنگـی، گل رز، خیـار، کاهـو اسـتفاده می‌شـود. در ایـران تقریبـا تمامـی گلخانه‌هـای هیدروپونیـک از ایـن روش اسـتفاده می‌کننـد.



شکل ۳- سیستم قطره چکانی در کشت هیدروپونیک

۳- فناوری تغذیه نوار باریک: در این روش آب و محلول غذایی از مخزن به وسیله پمپ وارد لوله حاوی گیاه مربوطه شده و با یک شیب ملایمی محلول غذایی از لوله خارج و وارد مخزن محلول غذایی می‌شود. سیستم بسیار ساده اما دارای معایب و محدودیت‌های است که در ایران کم استفاده شده است بیشتر در رشد کاهو مورد استفاده قرار گرفته است.

۴- آب کشت: در این سیستم گیاه بر روی صفحاتی قرار گرفته و ریشه آن داخل محلول غذایی شناور است. هوای لازم برای اکسیژن رسانی ریشه توسط پمپ هوا تامین می‌شود.

۵- هواکشت یا آئروپونیک: در این سیستم، ریشه‌ها در هوا معلق هستند و محلول غذایی توسط پمپ و لوله‌های مربوطه به صورت ذرات ریز و پودر مانند در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. رشد سریع گیاه در این سیستم ناشی از تامین مواد غذایی و اکسیژن بیشتر برای گیاه است (شکل ۴).



شکل ۴- هواکشت یا ایروپونیک

۶- سیستم ایستا[1]: یکی از ساده‌ترین سیستم‌های هیدروپونیک است که در آن نیاز به تجهیزات خاصی نیست. به طوری که گیاه در بالای مخزن آب و ماده غذایی به صورت معلق قرار گرفته و برخی از ریشه‌های گیاه که به مخزن آب می‌رسند آب و مواد غذایی را جذب خواهند کرد. سادگی اجرا، عدم نیاز به مراقبت شدید، عدم نیاز به نیروی برق و کمی هزینه نگهداری از مزایای آن است. در ایران از این سیستم استفاده نمی شود.

خصوصیات یک بستر کشت ایده‌آل هیدروپونیک

یک کشت هیدروپونیک برای اینکه به یک بستر ایده‌آل تبدیل شود باید دارای خصوصیات و شرایط زیر باشد.

۱- حمایت فیزیکی از گیاه

گیاهان جوان شکننده هستند و باید عمودی رشد کنند و لذا بستر کشت باید به قدر کافی مستحکم باشد و یا از نگهدارنده عمودی برخوردار باشند تا بتوانند فتوسنتز و رشد نمایند.

1- Passive system or wicking

۲– هوادهی

گیاه برای ساخت مواد فتوسنتزی در برگ‌ها نیازمند به تامین آب و مواد غذایی توسط ریشه است. ریشه انرژی لازم برای این فرآیند را از فعالیت‌های سوخت و ساز تنفسی سلول‌های خود تامین می‌کند که نیازمند حضور اکسیژن در بستر ریشه است. از طرف دیگر یکی از مواد دفعی در این سوخت و ساز دی کسید کربن است که باید در اتمسفر پراکنده شود تا از تجمع غلظت سمی در ناحیه ریشه جلوگیری شود. این تبادل گاز در منافذ بزرگ (منافذ درشت بستر ریشه) یا فضاهای هوا در محیط رشد رخ می‌دهد. از آنجایی که گیاهان در گلخانه به سرعت رشد می‌کنند، به محیطی با تخلخل خوب نیاز دارند. مشخصه‌ای به نام «هوادهی» که باید در بستر کشت مورد توجه قرار گیرد. لذا محیط رشد باید دارای زهکشی مناسب باشد تا آب اضافی آزادانه از سیستم خارج شود. این به سالم ماندن ریشه گیاهان و جلوگیری از زیاد خیس یا اسفنج مانند شدن آنها کمک می‌کند. برای جلوگیری از نگهداری بیش از حد آب و عدم هوادهی در محیط ریشه، بستر کشت نباید از مواد خیلی ریز تشکیل شده باشد.

۳– تخلخل مناسب

محیط کشت هیدروپونیک با دارا بودن منافذ ریز

مناسب، برای جذب مواد مغذی توسط ریشه دارای اهمیت است. این بستر باید به اندازه کافی رطوبت در خود ذخیره داشته باشد تا گیاهان بتوانند تمام مواد مغذی مورد نیاز خود را از بین چرخه‌های عناصر غذایی در حال تجزیه در بستر ریشه جذب کنند.

۴– تراکم و چگالی پایین

گیاه برای رشد مناسب و سالم نیاز به عبور هوا و آب به سمت ریشه‌ها دارد و این یک ویژگی مهم در بستر کشت هیدروپونیک است.

۵– سمی نبودن

محیط کشت هیدروپونیک باید برای گیاهان، انسان و حیوانات بی اثر و غیرسمی باشد.

۶– باز یافت مجدد و چرخه پذیر بودن

برای تولید پایدار در محیط هیدروپونیک بستر کشت باید قابلیت استفاده مجدد و یا قابلیت بازیافت را داشته باشد.

۷– مقرون به صرفه بودن

بستر کشت بر اساس نوع موادی که در ترکیب آن به کار رفته در هر متر مربع قیمت‌های متفاوتی می‌تواند

داشته باشد. با این حال بستر کاشت هیدروپونیک یکی از کم هزینه‌ترین قطعات در این سیستم‌ها است و هنگام انتخاب یک محیط کشت هیدروپونیک ایده‌آل به خصوصیات آن باید توجه شود.

۸- انعطاف پذیری

بستر کشت در سیستم هیدروپونیک نباید بیش از حد سفت و یا متراکم باشد که باعث عدم زهکشی مناسب، ایجاد روان آب و یا مشکلات غرقاب را به دنبال داشته باشد.

۹- قابلیت دوام بالا

محیط کشت هیدروپونیک باید در طول دوره استفاده ویژگی‌های خود را حفظ نماید و یا با یک شیب خیلی ملایم از کیفیت آن کاسته شود. اگر به راحتی از بین برود باعث ایجاد مشکلاتی در زهکشی و هوادهی آن می‌شود. بنابراین باید از استفاده از بستر دانه‌ریز که به راحتی متلاشی می‌شوند اجتناب کرد، زیرا می‌توانند مشکلات عمده‌ای را برای گیاه ایجاد نمایند.

۱۰- پاک و استریل بودن بستر کشت

وقتی از محیط کشت غیر استریل و ناپاک استفاده

می‌شود، مشکل است که بتوان گیاهانی سالم و عاری از آفات و بیماری پرورش داد. یک محیط کشت تمیز و استریل بهترین راه برای به حداقل رساندن شیوع بیماری‌ها و آفات است.

۱۱-ویژگی‌های شیمیایی بستر کشت در تامین عناصر غذایی

بیشتر مواد مغذی معدنی ضروری که گیاهان در گلخانه برای رشد سریع به آن نیاز دارند باید از طریق ریشه از محیط رشد جذب شوند. لذا خنثی بودن pH و یا داشتن pH در محدوده مجاز برای جذب موثر مواد غذایی لازم و ضروری است. از طرفی بیشتر مواد مغذی معدنی دارای یون‌های باردار الکتریکی هستند. یون‌های دارای بار مثبت کاتیون‌ها نام دارند که در جدول (۱) اسامی آنها ذکر شده است. این کاتیون‌ها به سمت مکان‌های دارای بار منفی در محیط رشد جذب می‌شوند. ظرفیت یک محیط رشد برای جذب این کاتیون‌ها به عنوان ظرفیت تبادل کاتیونی[1] نامیده می‌شود و این یک ویژگی مهم در بستر کشت است. اجزای مختلف محیط به طور قابل توجهی در CEC خود متفاوت هستند، و بسترها از این نظر تفاوت دارند.

1- Cation Exchange Capacity (CEC)

جدول ۱- کاتیون‌های موجود در بستر کشت

نام کاتیون	نماد شیمیایی
نیتروژن آمونیومی	NH_4^+
پتاسیم	K^+
کلسیم	Ca^{+2}
منیزیم	Mg^{+2}

۱۱- سطح ویژه (SSA[1])

در یک بستر کشت هرچه اندازه ذرات کوچکتر و سطح ویژه آنها بیشتر باشد، آن بستر مناسب‌تر است. منظور از سطح ویژه در واقع مقدار مواد و یا عناصری است که می‌تواند روی سطح نگهداری شوند. قرارگیری صدها میلیارد میکروب و باکتری‌هایی مانند نیتروباکترو و نیتروزوموناس که در نیتریفیکاسیون نقش دارند هرچه تعداد آنها در سطح ذره بیشتر باشد بستر کشت غنی‌تر خواهد بود. لذا فراهم آوردن شرایطی برای رشد ریز موجودات بستر کاشت نقش به‌سزایی در رشد گیاه خواهد داشت. یک بخش دشوار در مورد سطح ویژه رابطه آن با فضای خالی است؛ پرورش دهندگان هیدروپونیک هم از فضای خالی زیاد (که هوادهی ایجاد می‌کند) و هم از سطح ویژه سود

1- Specific Surface Area

می‌برند، اما هنگام استفاده از سنگدانه‌ها، این دو ویژگی معکوس هستند. سنگدانه‌های بزرگ فضای خالی بیشتری نسبت به حجم دارند اما سطح ویژه کمتری دارند و بالعکس. با این حال، در صورت استفاده از الیاف، فضای خالی و سطح ویژه می‌توانند همزمان وجود داشته باشند.

روش استریل کردن بستر کاشت

محیط‌های استریل را می‌توان در طی فرآیند پاستوریزاسیون با حرارت دادن در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه یا خیساندن در محلول سفید کننده ۱۰ درصد به مدت ۲۰ دقیقه و به دنبال آن چندین بار شستشو- با آب لوله کشی مورد استفاده مجدد قرار داد. در خراسان رضوی معمولاً گلخانه‌داران برای استریل نمودن بستر کاشت به صورت تجربی و به شیوه زیر عمل می‌کنند؛

- ابتدا بستر کشت دست دوم را در آفتاب پهن کرده، سپس قارچ‌کش زده و بعد به مدت یک هفته تا دو هفته روی آن را با پلاستیک می‌پوشانند.

- از آنجا که مواد بستر در معرض مستقیم نور خورشید قرار دارد و توسط پلاستیک محصور شده دما در داخل توده بستر بالا رفته که سبب ازبین رفت میکروارگانیسم‌ها و ضد عفونی شدن مواد بستر می‌شود.

انواع بستر کاشت هیدروپونیک

بستر کشت یا فضایی که ریشه در محیط هیدروپونیک به جای خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد بر اساس منشا آنها به دو گروه بسترهای آلی و بسترهای معدنی که شامل موارد ذکر شده در جدول (۲) هستند، تقسیم می‌شوند. بستر کشت به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تاثیر بر تامین مواد غذایی، اکسیژن یا هوادهی، محافظت ریشه و نگه دارنده گیاه بر فعالیت‌های حیاتی و متابولیکی گیاه اثر گذاشته که افزایش رشد و عملکرد گیاه را به دنبال دارد. هر یک از مواد بستر کاشت دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که باید در زمان استفاده مورد توجه قرار گیرد. انتخاب بستر مناسب کاشت یکی از مهمترین عوامل موثر در موفقیت تولید در سیستم‌های هیدروپونیک است. از بسترهای که به وفور در کشت بدون خاک استفاده می‌شود می‌توان به پرلیت، کوکوپیت و در برخی موارد از پیت ماس و نیز شن نام برد. در کشت‌هایی مانند توت فرنگی و خیار از ترکیب دو بستر کشت پرلیت و کوکوپیت استفاده می‌شود. در ایران از پشم سنگ استفاده نمی‌شود ولی این بستر، یکی از رایج‌ترین بسترهای کشت در کشورهای خارجی است. بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی که عموماً در بسترهای کشت مورد استفاده قرار

دارد در جدول ۳ آمده است. در این جدول، غلظت عناصر محلول غذایی (ppm) در ستون اول آمده است و میزان عناصر محلول غذایی بهبود یافته پس از فیلتراسیون و بعد از تعادل- در پشم سنگ، پرلیت و الیاف نارگیل به ترتیب در سه ستون بعدی آمده است.

جدول ۲- انواع بسترهای کشت به تفکیک آلی و معدنی

بسترهای آلی	انواع پیت، پیت ماس، پیت هوموسی، کوکوپیت یا الیاف نارگیل، پوست درختان، سبوس برنج و ...
بسترهای معدنی	پرلیت، پشم سنگ، شن، ماسه، ورمی کولیت و ...

جدول ۳- عناصر غذایی موجود در بسترهای کاشت پشم سنگ، پرلیت و الیاف نارگیل در تعادل با یک محلول غذایی

عنصر	محلول غذایی (ppm)	پشم سنگ (Rockwool) (ppm	پرلیت (Perlite) (ppm	الیاف نارگیل (Coir) (ppm
فسفر (P)	۸۲	۸۰	۸۸	۱۴۰
پتاسیم (K)	۲۷۶	۲۷۲	۲۸۸	۶۷۸
کلسیم (Ca)	۱۹۸	۲۸۲	۱۹۲	۵۰
منیزیوم (Mg)	۴۲	۴۲	۴۴	۶۴

ادامه جدول ۳- عناصر غذایی موجود در بسترهای کاشت پشم سنگ، پرلیت و الیاف نارگیل در تعادل با یک محلول غذایی

عنصر	محلول غذایی (ppm)	پشم سنگ Rockwool) (ppm	پرلیت Perlite) (ppm	الیاف نارگیل Coir) (ppm
سدیم (Na)	۱۵	۱۵	۱۹	۲۱۸
گوگرد (S)	۱۱۰	۱۰۸	۱۱۸	۱۳۲
بر (B)	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۷۰
مس (Cu)	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۲۸	۰/۰۶
آهن (Fe)	۱/۱	۰/۸	۰/۷	۲/۷
منگنز (Mn)	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۶۰
روی (Zn)	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷

*توضیحات جدول ۳

در پرلیت، غلظت عنصر مس تنها عنصری است که تغییر کرده بود. در پشم سنگ عنصر کلسیم تغییر کرد- هرچند که کلسیم جز عمده آن است. آهن نیز جزء عمده آن است اما تغییری در آن اتفاق نیفتاده بود. اکثر تغییرات معنی‌دار در الیاف نارگیل (کوکوپیت) شامل افزایش غلظت عناصر P, K, Mg, Fe, B و کاهش در مقدار Ca بود.

این نتایج بیان می‌کند که پرلیت و پشم سنگ می‌تواند به عنوان ماده خنثی با محلول غذایی به کار رفته در آن تاثیرات متقابلی نداشته باشد، مورد استفاده قرار گیرد. درصورتی که در الیاف نارگیل این طور نیست. واقعیت این است که هم پشم سنگ و هم الیاف نارگیل دارای بافتی الیافی است- بنابراین سطح خیلی وسیعی دارند- و این بیان می‌کند که احتمالاً بایستی تاثیرات متقابل در آنها زیاد باشد.

از مهمترین بسترهای کشت غیر آلی (شن، پرلیت، پشم سنگ)

در این قسمت بسترهای مهم کشت غیرآلی معرفی شده است.

۱- بستر کاشت شن

در گذشته، شن و ریگ‌های نخود مانند (که در اثر استفاده و رسوب برخی مواد مجبور می‌شدند با اسید شسته شوند تا مواد ناخواسته حذف شود و سپس یک بار دیگر مورد استفاده قرار می گرفت و بعد از استفاده مجدد دور ریخته می شدند)، تنها گزینه انتخابی بودند (شکل ۵) و مهمترین مزیت استفاده از بستر شن ارزان بودن آن است.



شکل ۵- تصاویری از شن و گراویه به علاوه گیاه کاشته شده در بستر کشت شن

بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که در برخی مناطق به دلیل افزایش هزینه دسترسی به بسترهای کشت مانند پرلیت و کوکوپیت، هنوز هم تولیدکنندگان به واسطه مقرون به صرفه بودن از بستر شن برای ریشه‌دار کردن قلمه‌ها استفاده می‌نمایند. اما با مشکلاتی مواجه هستند که شامل موارد ذیل است:

۱- وزن گلدان ها به مرور زمان خیلی سنگین می‌شوند.

۲- بستر کاشت حاوی شن سبب شیوع بیماری قارچی در قلمه‌ها می‌شود که بایستی برای استفاده مجدد حتما از قارچ‌کش استفاده شود.

۳- تولید کنندگان در استفاده از بستر کشت شن با کاهش سرعت ریشه‌زایی و در نهایت کاهش مقدار تولید روبرو هستند.

با این حال در کشت گیاهانی مانند کاکتوس، ساکولنت و پتوس بیشتر از شن استفاده می‌کنند (شکل ۶). البته لازم به ذکر است که سابقا به دلیل قیمت پایین پیت ماس و کوکوپیت از آنها در بستر کاشت این دو گیاه استفاده می‌کرده‌اند. حتی امروزه به دلیل قیمت پایین گل ساکولنت استفاده از شن نیز مقرون به صرفه نبوده و برای تهیه بستر کاشت از مخلوط شن و خاک باغچه

استفاده می‌شود. لازم به ذکر است قیمت هر تن شن ۷۰۰ هزارتومان است که برای حدود ۱۰ هزار گلدان سایز ۶ برای ساکولنت مناسب است.



شکل ۶- از راست به چپ استفاده از بستر شن برای؛ گیاه ساکولنت، کاکتوس و گیاه پتوس

همچنین برای پرورش گل‌های فضای باز به دلیل صرفه قیمتی نسبت به کوکوپیت و پرلیت از شن و ماسه استفاده می‌شود. برای کاشت پاپیتال و رزماری در کرت‌های فضای باز از ماسه و مخلوط کمی از کود

حیوانی استفاده می‌شود و در زمانی که می‌خواهند آنها را در داخل نایلکس بگذارند نیز از مخلوط شن، ماسه و کمی خاک باغچه استفاده می‌شود. برای گیاهان آپارتمانی دیگر از شن و ماسه استفاده نمی‌شود، زیرا کیفیت کار کاهش یافته و پوسیدگی بیشتر می‌شود.

۲- پرلیت

پرلیت یک ماده شیشه‌ای بی‌شکل آتشفشانی است که ظرفیت نگهداری آب بالایی دارد، که عموماً از طریق هیدراسیون مواد آبسیدین شکل می‌گیرد. تشکیل پرلیت به طور طبیعی اتفاق می‌افتد و دارای خواص غیر عادی بوده در زمانی که به اندازه کافی گرما می‌گیرد به طور قابل ملاحظه‌ای منبسط می‌شود. پرلیت یک ماده معدنی صنعتی است و یک فرآورده اقتصادی مفید است زیرا بعد از فرآیند کار وزن آن سبک می‌شود. پرلیت منافذ هوایی فراوان در داخل اجزای خود دارد، و بدان وسیله آن را به یک بستر کشت مناسب برای گیاه تبدیل کرده است. پرلیت یک ماده خنثی است و مقادیر کافی از هر عنصر غذایی ضروری برای گیاه را ندارد. و به روش‌های مختلف استفاده می‌شود: برای ریشه‌دار کردن گیاهان از بستر پرلیت استفاده می‌شود، یا پرلیت را در جعبه‌ها و یا گلدان‌هایی در اندازه‌ها و شکل‌های مختلف مورد استفاده

قرار گرفته که به طور طبیعی، بعد از استفاده، پرلیت دور ریخته می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷- تصویر پرلیت خام برای بستر کشت هیدروپونیک

مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که در حال حاضر، در گلخانه‌های تولید گل شاخه بریده رز، بستر غالب آن همان پرلیت است (شکل ۸) که برای مدت حدود ۸ تا ۱۰ سال قابل استفاده است. در برخی موارد مقدار پرلیت یک بار خریداری شده برای شش سال مورد بهره برداری قرار می‌گیرد. که از این نظر مقرون به صرفه است. از مزایای استفاده از پرلیت به عنوان بستر کاشت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- EC آن قابل کنترل‌تر است.

۲- pH بستر راحت‌تر اصلاح می‌شود.

۳- تهویه پذیری بالایی در تولید گل رز دارد.



شکل ۸- استفاده از بستر کاشت پرلیت در تولید گل شاخه بریده رز

۳- پشم سنگ (Rockwool)

بستر پشم سنگ در ایران رایج نیست؛ با این حال برای افزایش دامنه اطلاعات کارشناسان پهنه و بهره برداران توضیحاتی ارائه می‌شود. پشم سنگ فرآورده فیبر مانند که ترکیبی از سنگ آتشفشانی، سنگ آهک و زغال کوک که در دمای ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد ذوب شده، است؛ که نتیجه آن فیبرهای نازک است که تحت فشار در داخل ورقه‌های پشمی به صورت پشم مانند قرار گرفته است. این ورقه‌ها در برش‌هایی با عرض متفاوت (۱۵ تا ۴۶ سانتی‌متر)، طول آنها ۹۱ سانتی‌متر و عمق آن در دامنه ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر ساخته شده است. هر قطعه به طور طبیعی با ورقه‌های از پلی‌اتیلن سفید همان‌گونه که در شکل ۹ و ۱۰ نشان داده شده، پیچیده شده است.



شکل ۹- پشم سنگ که در ورقه‌هایی از پلی‌اتیلن سفید پیچیده شده و بر روی آن یک مکعب از پشم سنگ با منفذ باز قرار گرفته است.



شکل ۱۰- یک بستر پشم سنگ با مکعب‌های قرار گرفته روی آن که برای رشد گوجه‌فرنگی مناسب است.

قطعات معمولاً بر سطحی که قبلاً آماده شده به صورت افقی و پهن قرار می‌گیرند، که در ابتدا معمولاً با ورقه‌های پلی‌اتیلن سفید پوشیده شده است. فضای بین قطعات بستگی به قالب کشت و نوع محصول خواهد داشت. یک سوراخ در قسمت بالای آن قرار دارد که بر روی آن یک قطعه پشم سنگ به همراه گیاه در حال رشد قرار می‌گیرد. محلول غذایی از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای به هر قطعه پشم سنگ داده می‌شود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- استفاده از پشم سنگ به همراه آبیاری قطره‌ای در تولید گوجه فرنگی

امروزه در دنیا پشم سنگ به طور وسیعی به عنوان محیط کشت در اکثر سیستم‌های هیدروپونیک برای تولید گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل استفاده می‌شود. پشم سنگ ظرفیت نگهداری آب فوق العاده داشته و نسبتاً خنثی است و ثابت شده است که برای رشد گیاهان یک ماده عالی است.

مهمترین بستر کشت آلی (الیاف نارگیل و پیت ماس)

در این مبحث به بسترهای مهم کشت آلی پرداخته شده است.

۱– الیاف نارگیل (Coir)

الیاف نارگیل (کوکوپیت)، یک الیاف طبیعی است که از پوست درخت نارگیل به دست می‌آید. این الیاف در بین قسمت سخت پوست و بخش داخل و خارج از پوسته نارگیل وجود دارد. الیاف نارگیل یک ماده آلی است که می‌تواند پس از استفاده طی فرآیندهای خاصی مجددا مورد استفاده قرار گیرد، لذا الیاف نارگیل را جایگزین مناسبی برای پشم سنگ قرار می‌دهند (شکل ۱۲). الیاف نارگیل خصوصیات فیزیکی و انعطاف پذیری بیشتری از

پشم سنگ دارد، اما آن هم دارای عناصر ضروری و هم عناصر غیر ضروری عمدتاً سدیم (Na) است. اگر بعد از رشد گیاه مقدار آن (سدیم) افزایش داشته باشد، ممکن است نیاز باشد تا برای حذف سدیم آن را شستشو داد.



شکل ۱۲- از راست به چپ الیاف نارگیل در بستر گلدان در سیستم هیدروپونیک و به صورت خام

در سطح گلخانه‌ها معمولا به تنهایی از بستر کاشت الیاف نارگیل (کوکوپیت) در کاشت بذر استفاده می‌شود، با این حال می‌توان در ترکیب با پیت ماس به نسبت ۲۰ درصد پیت ماس و ۸۰ درصد کوکوپیت مورد استفاده قرار گیرد. و برای کاشت بذرهای گیاهان خاص بهتر است که از کوکوپیت تازه استفاده شود. اما اگر به عنوان یک بستر کشت معمولی باشد در استفاده مجدد بعد از شستشو و نور دهی با ۵۰ درصد از کوکوپیت تازه مخلوط و استفاده می‌شود.

بستر کوکوپیت معمولا از پرلیت در مقابل تغییرات حساس‌تر هست و به دلیل ماندگاری آب در این بستر کاشت کنترل pH و EC آن سخت‌تر است و بعد از کود دهی زودتر شور می‌شود، ضمن این که درصد پوسیدگی در کوکوپیت بیشتر از پرلیت هست و بهتر است حتما در معرض نور قرار گرفته و با قارچ‌کش ضد عفونی شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- بستر کاشت کوکوپیت

۲- پیت ماس

چندین نوع بستر مختلف برای کشت هیدروپونیک وجود دارد و از بین آنها پیت ماس به دلیل هزینه کم و در دسترس بودن در برخی کشورها یکی از محبوب‌ترین‌ها است. این بستر از خزه‌های در حال پوسیدگی تشکیل

شده است و عمدتاً در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای با ماهیت چرخشی و غیر گردشی استفاده می‌شود. با این حال، ماهیت ارگانیک بودن بستر، چندین چالش مهم برای پرورش دهندگان هیدروپونیک ایجاد می‌کند که وقتی کنترل نمی‌شود می‌تواند منجر به بروز مشکلات مهم مرتبط با در دسترس بودن مواد مغذی شود و رشد گیاه را محدود کند.

ویژگی اصلی پیت، طبیعت آلی آن است. از آنجایی که پیت ماس از مواد آلی در حال پوسیدن تشکیل شده است، به این معنی است که ماهیت شیمیایی محیط بسته به درجه تجزیه محیط و همچنین بسته به گونه خزه خاصی که برای تولید پیت ماس استفاده شده است، تغییر خواهد کرد. با استفاده از یک روش ساده می‌توان میزان تجزیه پیت ماس را برآورد کرد. به این ترتیب یک مشت پیت ماس خیس در دست قرار داده و سپس فشار داده شود آب بیرون زده چگونه به نظر می‌رسد و آیا پیت بین انگشتان شما فشرده می‌شود، این خروجی همه چیز را در مورد پیت ارائه می‌دهد. مقیاس ون‌پست[1] که در دهه ۱۹۲۰ توسعه یافت؛ به شما این امکان را می‌دهد تا بگویید که چگونه پیت شما تجزیه شده و مقیاس از H1 تا H10 می‌گیرد (جدول ۴).

1- von Post

جدول ۴- مقیاس von Post برای تعیین درجه تجزیه پذیری پیت

درجه تجزیه پیت (H)	کیفیت آب تراوش کرده	مقدار پیت تراوش کرده
۱	روشن، بدون رنگ	ندارد
۲	تقریبا روشن، زرد مایل به قهوه‌ای	ندارد
۳	کمی کدر، قهوه ای	ندارد
۴	کدر قهوه ای	ندارد
۵	خیلی کدر، حاوی کمی پیت معلق	خیلی کم
۶	گل آلود، مقدار زیادی پیت به صورت معلق	یک سوم
۷	خیلی گل آلود	نصف
۸	گل غلیظ، کمی آب آزاد	دوسوم
۹	بدون آب آزاد	تقریبا همه
۱۰	بدون آب آزاد	همه

یکی از ویژگی‌های اصلی پیت اسیدی بودن آن است. این بدان معناست که pH پیت تیمار نشده معمولاً بین ۳ تا ۴/۵ خواهد بود که برای استفاده در کاربردهای هیدروپونیک بسیار پایین است. پیت به طور کلی با کربنات کلسیم (آهک) اصلاح می‌شود تا pH آن بالا برود و در آنجا باقی بماند، اما این فرآیند در پیت‌هایی که در حال تجزیه باشد

بـی تاثیـر خواهـد بـود (از مقیاس H7 بـه پاییـن[۱]). همچنین مقادیـر زیـادی کلسـیم را وارد محیط می‌کند که اگر کلسـیم بـه طـور معمـول در محلول غذایـی هیدروپونیک اضافه شـده باشـد، ممکن اسـت منجر بـه مشـکلات تغذیه‌ای شـود. برای کاهـش ایـن مشـکلات، پیـت گاهی اوقـات با مخلـوط آهک / دولومیـت تیمـار می‌شـود. بـه ناچـار ایـن مشـکل را می‌توان بـا اسـتفاده از محلول‌هـای بافـر فسـفات که برای مـدت زمان قابـل توجهـی از طریـق پیـت اجرا می‌شـود، حل کـرد. با این حـال، بایـد قبـل از قـرار دادن گیاهان در داخـل پیت، محلول غذایـی را بـرای مدتـی در داخـل بسـتر پیـت قـرار گیـرد تـا ظرفیـت تبـادل کاتیونـی پیـت بـا ترکیـب محلـول غذایـی متعـادل شـود. پیـت می‌توانـد ظرفیـت تبـادل کاتیونـی قابل توجهـی داشـته باشـد همانطـور کـه در جـدول ۵ نشـان داده شـده اسـت؛ حتی بیشـتر بـرای پیت سـیاه که به عنـوان یک منبـع تجـاری پیت ممکن اسـت مقـدار قابل توجهـی از مواد مغـذی را بـا محلـول عذایـی داده شـده مبادله کنـد. پیت در حفـظ آنیون‌هـا خیلـی خـوب نیسـت، بنابرایـن پیت قـادر به حفـظ و نگهـداری ترکیبات آنیونی نیتروژن و فسـفر نیسـت و بـه راحتی از بسـتر پیت خارج می‌شـود. ایـن ناتوانی در حفظ آنیون‌هـا اساسـاً بـه ایـن معنـی اسـت کـه آنهـا فقـط زمانـی

۱- مقیاس درجه تجزیه پیت

در دسترس خواهند بود که گیاه آبیاری شود، به همین دلیل باید مراقب نظارت صحیح رطوبت در محیط بود تا بهره‌وری به حداکثر رسانده شود.

جدول ۵- ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) گونه های مختلف پیت

نوع پیت	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) meq/liter
پیت ماس خزه اسفگنوم تجزیه نشده	۸۰
پیت ماسی که خزه اسفگنوم به صورت نارس دارد یعنی ساقه و برگ خزه هنوز در داخل پیت آشکار است	۶۰
پیت نارس	۴۰
پیت سیاد که فوق العاده تجزیه شده است	۲۴۰

بنابراین برای هیدروپونیک بهتر است پیت سیاه تیمار نشده تهیه و آن را تیمار کرد. یکی از ویژگی‌های مهم پیت ماس برای هیدروپونیک این است که محتوای غذایی آن کم باشد که اجازه می‌دهد تا کنترل زیادی بر مواد مغذی اضافه شده از طریق ترکیب محلول غذایی ایجاد شود، اما این مزیت زمانی از بین می‌رود که پیت ماس توسط شرکت‌های تولید کننده آن برای اهداف غیر هیدروپونیک با کود پر شود.

اگـر از پیـت سـیاه مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد، حتمـاً بررسـی شـود که پیـت هنـگام آبیـاری چگونه رفتـار می‌کند، اگـر پیـت بیـش از حد فشـرده شـد، ممکن اسـت لازم باشـد مقـداری پرلیـت بـه پیـت اضافـه کـرد تـا هوادهـی محیـط افزایـش یابـد و از تراکـم بیـش از حـد جلوگیـری شـود. برای رسـیدن بـه تعادل مطلـوب بین هوادهی و حفـظ رطوبت لازم اسـت پرلیـت اضافه شـود.

بسـتر ترکیبـی کوکوپیـت و پرلیـت در شـرایط هیدروپونیـک

بـرای گیاهـان آپارتمانـی، ترکیـب دو بسـتر کشـت کوکوپیـت و پرلیـت، بـه عنـوان بسـتر اولیه جهت ریشـه‌زایی قلمه‌هـا کاربـرد دارد. بعـد از ریشـه‌زایی،گیاه وارد بسـتر دیگـری می‌شـود، چـون از نظـر تغذیـه گیاهـان آپارتمانـی، ترکیـب پرلیـت و کوکوپیـت به تنهایی برای آنها کافی نیسـت و مـدام بایـد با کود تغذیه شـوند کـه با توجه بـه قیمت بالای کـود اصـلاً مقرون به صرفه نیسـت. بـا این حـال در ترکیب با خاک‌هـای سـبک، خاک بـرگ، پیت مـاس، ورمی کمپوسـت و یـا مقـداری خـاک سـنگین از پرلیـت اسـتفاده می‌شـود.

بـرای خانـواده فیکـوس، زامفولیـا و خانـواه فیلودندرون‌ها ترکیـب کوکوپیـت و پرلیـت بسـتر بسـیار مناسـبی اسـت. به

طوری که سرعت خط تولید افزایش یافته هرچند هزینه تولید کوکوپیت و پرلیت بالا می‌رود (شکل ۱۴). اما به دلیل افزایش سرعت تولید و کیفیت آن خیلی بهتر است و هزینه‌ها را پوشش می‌دهد. اما در گلخانه‌های گل رز و شاخه بریده به عنوان بستر اصلی و رشد بوته اصلی بیشتر از پرلیت استفاده می‌شود، چون هر روز برداشت گل دارند و تا چندین سال همین بستر ثابت است؛ و از این لحاظ از نظر اقتصادی به صرفه هست و با توجه به برنامه غذایی که استفاده می‌شود کیفیت محصول در بستر پرلیت افزایش می‌یابد.



شکل ۱۴- استفاده از بستر کشت ترکیبی کوکوپیت و پرلیت در پرورش و تکثیر گیاه فیکوس

محتـوای عناصـر پرلیت، الیـاف نارگیل (کوکوپیت) و پشـم سـنگ

ایـن سـه بسـتر کشـت از مـواد طبیعـی اسـتخراج شـده اسـت و بنابرایـن بسـیاری از عناصر ضـروری گیـاه را خواهند داشـت. برخـی از ایـن عناصر غذایی بـرای تغذیه گیـاه لازم و عموماً شـناخته شـده هسـتند و برای اسـتفاده از آنها می‌توان بـه واسـطه پارامترهـای مختلف بـرای اسـتفاده مقـدار آنها را انـدازه گیـری نمـود. بـا ایـن حـال، تجربـه بیـان می‌کنـد که یـک بخـش از عناصـر موجود در بسـتر کشـت می-توانـد برای جذب ریشـه قابل دسـترس باشـد. جـدول ۶ مقـدار عناصر در بسـتر کشـت پرلیت، پشـم سـنگ و الیاف نارگیل (کوکوپیت) ارائه شـده اسـت سـطح هر عنصر در بسـتر کشـت به صورت کمبـود (D)، کفایـت (S) و مـازاد (E) ارائه شـده اسـت.

جدول ۶- میزان عناصر در بسترهای کشت پرلیت، پشم سنگ و الیاف نارگیل

عنصر	پشم سنگ (Rockwool) (lb/acre)	پرلیت (Perlite) (lb/acre)	الیاف نارگیل (Coir) (lb/acre)
فسفر (P)	(S)۵۴	(D) ۰/۱۷	(S) ۷۶

ادامه جدول ۶- میزان عناصر در بسترهای کشت پرلیت، پشم سنگ و الیاف نارگیل

عنصر	پشم سنگ (Rockwool) (lb/acre)	پرلیت (Perlite) (lb/acre)	الیاف نارگیل (Coir) (lb/acre)
پتاسیم (K)	(S) ۲۸۴	(D) ۴/۴	(E) ۲۳۴۰
کلسیم (Ca)	(S) ۲۸۲۸	(D) ۳۰/۰	(S) ۱۴۳۰
منیزیوم (Mg)	(H) ۷۷۴	(D) ۷/۶	(H) ۸۶۶
سولفور (S)	(H) ۴۸۰	(D) ۱۸/۰	(S) ۴۰
بر (B)	(H) ۲/۰	(D) ۰/۹۰	(E) ۴/۰
مس (Cu)	(S) ۰/۱۲	(S) ۰/۲۰	(S) ۰/۱۸
آهن (Fe)	(E) ۲۲۲۰/۰	(S) ۳/۸۰	(E) ۱۱۴/۰
منگنز (Mn)	(E) ۶۴/۰	(S) ۰/۲۴	(H) ۲۰/۰
روی (Zn)	(E) ۱/۶	(S) ۰/۲۰	(H) ۴/۸

D (Defficiencey): کمبود، L (Low): کمی، S (Sufficiency): کفایت، H (High): زیادی، E (Excessively): بیش از اندازه

هر یک پوند بر ایکر معادل ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار است

مقدار عنصر در یک بستر کشت ریشه می‌تواند عامل مهم تاثیرگذار در وضعیت تغذیه‌ای محصول در حال رشد باشد. به علاوه، شناخت مقدار عناصر در بستر کشت ریشه، می‌تواند به تولیدکننده کمک کند که با توجه به نیاز گیاه چقدر کود به بستر ریشه اضافه نماید. لذا بین آنالیز مواد غذایی بستر کاشت و نیاز گیاه کاشته شده می‌توان ارتباطی پیدا کرد که از حادث شدن کمبود عناصر در بستر کاشت جلوگیری شود. با این حال، تجمع عنصر غذایی در بستر کشت ریشه می‌تواند ناشی از افزایش باقی‌مانده عناصر و همین‌طور ناشی از تشکیل رسوبات باشد، و ترکیب این دو روی وضعیت تغذیه‌ای محصول در حال رشد تاثیرگذار است. بنابراین مازاد یک محلول غذایی از لحاظ میزان عناصر آن، منجر به تجمع یک عنصر و یا عناصر خواهد شد، که می‌تواند روی وضعیت تغذیه‌ای گیاه در حال رشد اثر نامطلوب به گذارد.

بررسی اقتصادی کاربرد بسترهای کاشت

برای بررسی اقتصادی بسترهای کاشت و مقرون به صرفه بودن باید ابتدا نوع محصول در نظر گرفته شود. برای گل شاخه بریده رز، گیاهان زینتی و صیفی جات و ... در گلخانه‌های گیاهان زینتی اگر قرار باشد که گیاه در

بستر کشت کوکوپیت کاشته شود و بعد به دست مشتری برسد. استفاده از کوکوپیت و پرلیت مقرون به صرفه نیست. خصوصا برای گل‌هایی که قیمت پایین دارند. بنابراین بهتر است بعد از خارج کردن قلمه‌ها از بستر کوکوپیت و پرلیت، بخش باقی مانده از آنها را ضدعفونی نموده که بعدا دچار آلودگی نشود و نسبت به بسترهای دیگر تمیز تر و چندبار مورد بهره برداری قرار گیرد.

قیمت کوکوپیت و پرلیت بسته به منطقه و دسترسی فرق می‌کند برای مثال برای تولید کننده خراسانی قیمت این دو بستر کشت باصرفه است و در شهرهای دور از این دو بستر کمتر استفاده می‌کنند زیرا هزینه تامین و قیمت تمام شده وقتی به دست آنها می‌رسد بالا است و ترجیح می‌دهند از بسترهای سنتی مانند خاک، خاک برگ، ترکیب کود حیوانی و محلول پاشی برای کشت و پرورش گیاهان خود استفاده نمایند که در مجموع بسترهای ضعیفی هستند. از طرفی در مناطق شمالی کشور به دلیل دسترسی به خزه راحت‌تر است و این بستر رطوبت بالاتری دارند به نظر می‌رسد آنها بیشتر از این بستر برای تولید استفاده می‌نمایند.

برای تولید صیفی جات می‌توان از دو بستر کوکوپیت و پرلیت استفاده کرد. برای مثال در گلخانه تولید توت

فرنگـی بـرای جوانه-زنـی رانرهـا و رشـد آنهـا با نسـبت ۷۰ درصـد از کوکوپیـت و ۳۰ درصد پرلیت اسـتفاده می‌شـود و پـس از رشـد و انتقـال بـه کیسـه‌های رشـد ۲/۵ کیلوگرمی، ایـن نسـبت بـه ۶۰ درصـد پرلیـت و ۴۰ درصـد کوکوپیـت تعدیـل می‌شـود. پس از یـک دوره تولید تـوت فرنگی، چون کیفیـت افـت شـدید می‌کنـد معمـولا ایـن بسـتر بـه عنوان بسـتر دسـت دوم فروخته می‌شـود. برای تهیه بسـتر نشـای خیـار کـه معمـولا کیسـه‌ها ۵ کیلوگرمـی اسـت و سـه نشـا در داخـل آن قـرار می‌گیـرد، در ایـن حالت نسـبت اسـتفاده از دو بسـتر بـه مقـدار ۵۰ درصـد کوکوپیـت و ۵۰ درصـد پرلیت اسـت.

در مجمـوع نحـوه کاربرد این دو بسـتر کاشـت (کوکوپیت و پرلیـت) بسـته بـه هـدف تولیـد متفـاوت اسـت بـرای مثال اگـر هـدف جوانه-زنـی بذر باشـد معمـولا ترکیـب ۷۰ درصد کوکوپیـت بـه عـلاوه ۳۰ درصـد پرلیت اسـتفاده می‌شـود. در بسـترهای کشـت تولیـدی غیـر از رز می‌تـوان از ترکیـب ۴۰ تـا ۵۰ درصـد کوکوپیـت بـه عـلاوه ۵۰ تـا ۶۰ درصـد پرلیت اسـتفاده کرد.

بـرای اسـتفاده مجـدد از بسـترهایی کـه مقـدار کوکوپیت بـالا دارنـد می‌تـوان آنها را شستشـو داده، قارچ‌کـش زد و یک

سال به صورت استراحت در مقابل نور قرار داد و سپس در ترکیب ۵۰ درصدی با بستر کشت جدید مورد بهره برداری قرار داد.

مقایسه بستر کاشت خاکی با بسترهای کاشت هیدروپونیک

سیستم‌های سنتی تولید کشاورزی مبتنی بر خاک با تهدیدات جدی مواجه هستند و امروزه تولید مواد غذایی را به یک چالش واقعی تبدیل می‌کنند. کاهش بهره‌وری خاک، تخلیه خاک ذخایر مواد مغذی، محدودیت در دسترس بودن آب آبیاری و تغییرات آب و هوایی همه عواملی هستند که باید در اجرای روش‌های جدید کشاورزی در نظر گرفته شوند. به عنوان جایگزینی برای سیستم‌های کشاورزی مبتنی بر خاک، تکنیک‌های کشاورزی هیدروپونیک می‌تواند به طور بالقوه به عنوان یک سیستم مکمل برای کمک به کاهش کمبود فعلی زمین‌های زراعی حاصلخیز و آب عمل کند. در مقایسه با گیاهان کشت شده در خاک، گیاهانی که به روش هیدروپونیک رشد می‌کنند رژیم غذایی متعادل‌تری دارند و آنها را سالم تر می‌کند. مزیت عمده هیدروپونیک در

مقایسه با کشاورزی معمولی این است که، امکان کنترل کامل بر تغذیه محصول را فراهم می‌کند که منجر به تنظیم بهتر مواد مغذی و همچنین بهبود مدیریت آب می‌شود. بسیاری از محصولات از جمله کاهو، خیار و گوجه فرنگی برای کشت هیدروپونیک در کشورهای توسعه یافته مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با این وجود، قبل از اینکه به توان از آن در تولید محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه استفاده کرد، مطالعات گسترده‌ای مورد نیاز است. به دلیل رشد جمعیت، بازار رو به رشدی برای محصولات هیدروپونیک در ایران وجود دارد. در مجموع، کاربردهای متنوعی را برای هیدروپونیک، از تولید غذا در نواحی بیابانی تا کاربردی‌های آن در مناطق شهری و فضا، در آینده تصور می‌شود.

هیدروپونیک خانگی و تجاری

کشت هیدروپنیک به دو صورت خانگی و تجاری انجام می‌شود که در این بخش به توضیح این دو نوع پرداخته شده است.

الف) هیدروپونیک خانگی: در سطوح خانگی با صرف هزینه اندکی می‌توان نسبت به کشت انواع صیفی

جات اقدام کرد که هم درآمد زایی و هم اشتغال را در سطح اعضای خانواده به دنبال دارد. برای این منظور در فضاهای سربسته و محصور و بدون استفاده با نصب تجهیزات مناسب نسبت به تولید محصولات ارگانیک و سالم ضمن برآوردن نیاز روزمره منبع درآمدی نیز مهیا کرد. در این سیستم علاوه بر موارد بالا سبب زیباسازی منزل، تلطیف روحیه افراد منزل به واسطه مشاهده و ارتباط با گیاهان و نیز فرهنگ سازی بسیار پربازده و مفید می‌شود.

ب) هیدروپونیک در سطح تجاری: به دلیل محدودیت‌های آبی، خاکی و تغییر اقلیم، توسعه کشت هیدروپونیک به صورت تجاری امری لازم و ضرروی است. کشت هیدروپونیک به عنوان فشرده‌ترین سیستم تولید در صنعت کشاورزی امروزی به شدت در حال رشد است به طوری که اگر بر اساس روش‌های علمی و فنی پایه گذاری شود می‌تواند به خوبی تولید مواد غذایی را در آینده تضمین نماید.

به عنوان مثال کشت خیار در گلخانه، یک نمونه از کاربرد هیدروپونیک در سطح تجاری است که در شکل (۱۵) نشان داده شده است. در این شکل ابتدا بذر خیار در سینی های حاوی کوکوپیت کشت کرده و بعد از رسیدن

بـه مرحله شـش برگی به کیسـه هـای حـاوی کوکوپیت (۳۰ درصـد) و پرلیـت (۷۰ درصـد) منتقـل مـی شـوند. در طـول دوره رشـد دمـای گلخانـه در محدود ۲۵ درجه سـانتی گراد و دمـای شـبانه نزدیک ۲۰ درجه سـانتی گراد با مقـدار رطوبت ۶۰ درصـد تنظیـم می شـود. سیسـتم آبیـاری و غـذای دهی بـه صـورت سیسـتم بـاز بـوده و بسـترهای کاشـت بـا آبیاری قطـره‌ای، آبیـاری می شـدند.



شکل ۱۵- تصاویری از تولید خیار به روش هیدروپونیک از کاشت بذر در سینی‌های کاشت تا تولید محصول

نتیجه گیری

با توجه به افزایش جمعیت، کاهش زمین‌های قابل کشت و تغییرات اقلیمی، توسعه کشاورزی بدون خاک (هیدروپونیک) می-تواند راهی برای مقابله با این چالش‌ها باشد. گیاهان در سیستم هیدروپونیک با استفاده از یک محیط رشد مصنوعی و یک محلول غذایی برای تامین مواد مغذی مورد نیاز برای رشد و نمو آنها رشد می‌کنند. بسترهای کشت در این محیط با توجه به خصوصیات و کارکردهای مختلف آن نقش مهمی دارند. از مهمترین بسترهای معدنی که به فور در کشت بدون خاک استفاده می شود می‌توان به پرلیت، کوکوپیت، شن، و پیت ماس نام برد. البته گلخانه‌داران بر اساس تجربه خود از ترکیب آنها، برای مثال برای خیار از ترکیب کوکوپیت (۵۰ درصد) و پرلیت (۵۰ درصد)، در تولید توت فرنگی ترکیب کوکوپیت ۴۰ درصد و پرلیت ۶۰ درصدی و یا در تولید گل رز از بستر کشت پرلیت به تنهایی استفاده می نمایند. آنچه در انتخاب یک بستر کشت اهمیت دارد، تاثیر در افزایش تولید و کارکرد گیاه است که به تواند هزینه‌های آنها را پوشش دهد. و با توجه به افزایش قیمت‌ها، لزوم مطالعه دقیق نوع بستر کشت، استفاده از تجربه سایر گلخانه‌داران بایستی مورد توجه قرار گیرد. تا صرفه اقتصادی در کاربرد آنها وجود داشته باشد.

منابع

ساعدی، س.ا.، علیمردانی، ر.، موسی زاده، ح.، صالحی، ر. ۱۳۹۷. طراحی و پیاده سازی دستگاه کشت هیدروپونیک دوار خورشیدی مجهز به سامانه هوشمند آبیاری. نشریه ماشین های کشاورزی، ۸(۲): ۲۷۹-۲۹۴.

واحدی ترشیزی، م.، فتحی، م.، زمانی، س.، حسینی میقانی،ع. ۱۳۹۶. معرفی کشت هیدروپونیک به عنوان روشی نو در توسعه کارآفرینی کشاورزی. نشریه کارآفرینی در کشاورزی، ۴(۲): ۴۳-۶۰

Afsharipoor, S., and Roosta, H. 2010. Effect of different planting bed on growth and development of strawberry in hydroponic and aquqponic cultivation system. Biology. Id: 86992694.

Fussy, A., and Papenbrock, J. 2022. An Overview of Soil and Soilless Cultivation Techniques—Chances, Challenges and the Neglected Question of Sustainability. 11(9): 1153.

Goldammer, T. 2019. Greenhouse Management, Aguide to operations and tecnnology.Apex publishers.406 pages.

Gopinath, P., Irene Vethamoni, P., and Gomathi, M. 2017. Aeroponic soilless cultivation system for vegetable crops. Chemical Science Review and Letters. 6(22): 838-849

Johnson, B. 2002. Greenhouse nutrient management regulations and treatment options. Growing Edge 13 (6): 38–43.

Khan, S., Purohit, A., and Vadsaria, N. 2020. Hydroponic: current and future state of the art in farming. Plant Nutrition Journal, 1515-1538.

Mohammed, S. 2018. Tomorrow Agriculture“NFT hydroponics”- Growwithin your budget. Springer. 50 pages

Samangooei, M., Sassi, P., and Lack, A. 2016. Soil-less systems vs. soil-based systems for cultivating edible plants on buildings in relation to the contribution towards sustainable cities. Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society. 4(2): 1-16.

von Post, L. 1922. Sveriges geologiska undersöknings torvinvenstering och några av dess hittills vaanna resultant. Svenska Mosskulturfören. Tidskr. 36:1–27.

یادداشت

مدیریت دانش در راستای نظام نوین ترویج

نشر آموزش کشاورزی

9 786223 630293