

انتخاب هوشمند بسترهای آلی؛ راهکاری ساده برای تولید پایدار و افزایش بهره‌وری در گلخانه

مسعود تدین‌نژاد^{۱*}، بابک خیامباشی^۲، زهرا صادقی^۳

- ۱- استاد یار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
- ۲- استاد یار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
- ۳- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

*نویسنده مسئول: m.tadadyonnejad@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۵/۱۰

چکیده

خاک بسیاری از گلخانه‌های کشور پس از چند سال کشت مداوم با مشکلاتی مانند کاهش ماده آلی، سفت شدن خاک، کاهش نفوذ آب، کاهش تهویه و افزایش شوری و نیز بیماری‌های خاکزاد روبه‌رو می‌شود و این امر در نهایت به کاهش حاصلخیزی و ناپایداری تولید در گلخانه منجر می‌شود. از طرف دیگر، ویژگی‌های فیزیکی خاک اغلب گلخانه‌ها به گونه‌ای است که در طول دوره رشد، باعث شوری خاک می‌شود و این امر آب‌شویی مداوم بستر خاک را ضروری می‌کند. در چنین شرایطی، افزودن بسترهای آلی به خاک یکی از ساده‌ترین و مؤثرترین راهکارهای افزایش بهره‌وری آب، بهبود کیفیت خاک، افزایش عملکرد محصول و در نتیجه رسیدن به تولید پایدار است. امروزه علاوه بر کودهای آلی متداول، انواع مختلفی از بسترهای گیاهی و چوبی نیز در کشور تولید و عرضه می‌شوند که هر یک ویژگی‌های متفاوتی دارند. در این مقاله، مهم‌ترین بسترهای آلی شامل کود دامی پوسیده، کود مرغی فرآوری‌شده، کمپوست، پیت‌ماس، کوکوپیت، بقایای خردشده کاج، کاه گندم خردشده و بسترهای پایه چوب از نظر مزایا، محدودیت‌ها و موارد کاربرد با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همچنین دستورالعملی کاربردی برای انتخاب و استفاده صحیح از این بسترها در گلخانه‌های خاکی ارائه شده است تا بهره‌برداران بتوانند متناسب با شرایط خاک، کیفیت آب و امکانات موجود، بهترین گزینه را انتخاب کنند. به‌طور کلی استفاده سالانه حدود ۴۵ تا ۵۰ تن در هکتار از افزودنی‌های آلی مناسب با شرایط خاک گلخانه بر اساس آزمایشات خاک قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بسترهای آلی، گلخانه‌های خاکی، تولید پایدار

بیان مسئله

در بسیاری از گلخانه‌های خاکی کشور، به دلیل کشت پیوسته در چندین سال متوالی، استفاده نادرست از کودهای شیمیایی، آبیاری بی‌رویه، کاهش کیفیت آب چاه‌ها، عدم رعایت تناوب کشت، انجام کشت‌های پی‌درپی و استفاده از بیش از حد از کودهای حیوانی به تدریج کیفیت خاک از بین رفته و موجب تجمع املاح در خاک شده است. در چنین شرایطی علاوه بر افزایش مصرف

آب استفاده شده در آب‌شویی بستر خاکی گلخانه، کیفیت و کمیت محصولات تولیدشده در گلخانه نیز کاهش یافته و گیاهان با چالش‌های فیزیولوژیکی زیادی روبه‌رو شده‌اند. مهم‌ترین چالش‌های مرتبط با بستر کشت عبارتند از: شوری، تراکم خاک، تجمع بیش از حد عناصر غذایی مانند فسفر، کاهش نفوذ هوا در خاک و شیوع بیماری‌های خاکزی. این مشکلات به تدریج موجب ناپایداری تولید یا کاهش رشد گیاه، افت عملکرد و کاهش کیفیت محصول می‌شوند.

یکی از مؤثرترین و اقتصادی‌ترین روش‌های اصلاح خاک گلخانه، افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک از طریق افزودن بسترهای آلی مناسب با شرایط خاک است. این مواد با ایجاد فضاهای خالی در خاک، باعث افزایش نفوذ آب، بهبود تهویه، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و فراهم شدن شرایط مناسب برای رشد ریشه می‌شوند. علاوه بر این، بسیاری از بسترهای آلی محیط مناسبی برای فعالیت موجودات مفید خاک فراهم می‌کنند و در نتیجه، کارایی مصرف آب و کود نیز افزایش می‌یابد.

در گذشته، بیشتر گلخانه‌داران برای تأمین ماده آلی از کود دامی استفاده می‌کردند، اما امروزه انواع متنوعی از بسترهای آلی و گیاهی مانند کمپوست، کود مرغی فراوری شده، پیت‌ماس، بقایای خردشده گیاهان و بسترهای با پایه چوب در دسترس هستند. هر یک از این مواد ویژگی‌های خاص خود را داشته و انتخاب نادرست آن‌ها ممکن است نه تنها سودمند نباشد، بلکه موجب بروز مشکلاتی مانند شوری، کمبود برخی عناصر غذایی یا انتقال عوامل بیماری‌زا به خاک شود. بنابراین، انتخاب بستر مناسب باید بر اساس شرایط خاک، کیفیت آب آبیاری، نوع محصول، امکانات موجود و با هدف اصلاح خاک انجام شود. آشنایی با ویژگی‌ها، مزایا، محدودیت‌ها و نحوه صحیح استفاده از هر بستر، به بهره‌برداران کمک می‌کند تا با صرف هزینه‌ای منطقی، کیفیت خاک گلخانه را بهبود بخشیده و پایداری تولید را در سال‌های آینده حفظ کنند.

اصلاح خاک گلخانه‌های خاکی به‌تنهایی با افزایش شن و رس به بستر و یا مصرف کودهای شیمیایی میسر نمی‌شود، زیرا بخش عمده مشکلات ایجادشده در این خاک‌ها ناشی از کاهش کیفیت شیمیایی، فیزیکی و زیستی آن‌ها است. در بسیاری از گلخانه‌ها، پس از چندین سال کشت مداوم، در صورت استفاده از افزودنی‌های آلی نامناسب خاک به تدریج شوری خاک افزایش یافته و از سوی دیگر تعادل بین آب و هوا در محیط ریشه برهم می‌خورد. در چنین شرایطی، حتی اگر برنامه تغذیه گیاه به‌درستی اجرا شود، ریشه قادر نخواهد بود از تمام آب و عناصر غذایی موجود در خاک استفاده کند. بنابراین، نخستین گام در افزایش پایداری تولید، اصلاح بستر کشت و بازگرداندن کیفیت فیزیکی و زیستی خاک از طریق افزودن مواد آلی و بسترهای مناسب است. پژوهش‌های جدید نیز نشان می‌دهند که استفاده هدفمند از مواد آلی مناسب با شرایط هر گلخانه، علاوه بر بهبود ساختمان خاک، موجب افزایش کارایی مصرف آب و کود، تقویت رشد ریشه و کاهش تنش‌های محیطی می‌شود (۵).

استفاده از مواد آلی کاملاً پوسیده یکی از مؤثرترین روش‌های اصلاح‌کننده خاک است و در صورت تولید صحیح آن در کارگاه‌های تولیدی، ضمن افزایش ماده آلی، جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک را نیز افزایش می‌دهد. مواد آلی پس از اختلاط با خاک، مانند یک شبکه اسفنجی عمل می‌کنند. این شبکه ضمن ایجاد فضاهای خالی در خاک، از فشردگی بیش از حد جلوگیری کرده و حرکت آب و هوا را در اطراف ریشه تسهیل می‌کند. افزایش تخلخل خاک باعث می‌شود ریشه‌ها آسان‌تر توسعه یابند و حجم بیشتری از خاک را در اختیار بگیرند. در نتیجه، گیاه می‌تواند آب و عناصر غذایی را از سطح وسیع‌تری جذب کند و مقاومت آن در

برابر تنش‌های ناشی از گرما، کم‌آبی یا شوری افزایش یابد. از سوی دیگر، ماده آلی منبع اصلی انرژی برای موجودات مفید خاک است. افزایش فعالیت این موجودات، تجزیه بقایای گیاهی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی را تسهیل کرده و به پایداری حاصلخیزی خاک کمک می‌کند (۶).

معرفی دستاورد یا راهکار

یکی از رایج‌ترین مواد اصلاح‌کننده خاک در گلخانه‌های کشور، استفاده از کودهای دامی کاملاً پوسیده است. این ماده علاوه بر تأمین بخشی از عناصر غذایی، نقش مهمی در افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک دارد (جدول ۱). با این حال، کیفیت کود دامی به نوع دام، نحوه نگهداری، درجه خلوص و میزان پوسیدگی آن بستگی دارد. استفاده از کود دامی تازه می‌تواند موجب افزایش شوری، انتقال بذر علف‌های هرز، ورود عوامل بیماری‌زای خاکی، اختلال در جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و حتی کاهش اکسیژن اطراف ریشه شود. بنابراین، تنها کودی باید مصرف شود که کاملاً پوسیده، یکنواخت، فاقد بوی تند و عاری از بقایای درشت باشد.

کود دامی کاملاً پوسیده، پایدارتر بوده و به تدریج عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. بنابراین خطر آب‌شویی یا تجمع ناگهانی نمک در خاک کاهش می‌یابد. مطالعات انجام‌شده در سامانه‌های گلخانه‌ای نشان داده است که استفاده از کمپوست می‌تواند ضمن بهبود ساختمان خاک، عملکرد محصول را نیز افزایش دهد، مشروط بر آن‌که کیفیت کمپوست از نظر میزان شوری، درجه خلوص و نبود آلودگی‌های زیستی کنترل شده باشد. در اغلب گلخانه‌های خاکی، افزودن کود دامی پوسیده پیش از آغاز فصل کشت و اختلاط آن تا عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، نتایج مطلوبی به همراه دارد (۷).

کود مرغی فراوری‌شده نیز یکی دیگر از منابع مهم ماده آلی است که به دلیل غلظت بالاتر عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن و فسفر، با مقدار بسیار کمتری نسبت به کود دامی مصرف می‌شود (جدول ۱). اگرچه این ویژگی می‌تواند رشد اولیه گیاه را تقویت کند، اما مصرف بی‌رویه آن خطر افزایش بسیار زیاد هدایت الکتریکی و آسیب به ریشه را به دنبال خواهد داشت. به همین دلیل، استفاده از کود مرغی تنها زمانی توصیه می‌شود که کاملاً فراوری شده باشد و مقدار مصرف آن بر اساس آزمون خاک و کیفیت آب آبیاری تنظیم شود. در خاک‌هایی که شوری نسبتاً بالایی دارند، بهتر است کود مرغی با موادی مانند کمپوست یا بقایای گیاهی کمپوست‌شده مخلوط شود تا خطر تجمع نمک کاهش یابد (۷).

پیت‌ماس نیز سال‌هاست که به‌عنوان یکی از بهترین ترکیبات آلی برای بهبود نگهداری آب و توسعه ریشه شناخته می‌شود. این ماده به دلیل وزن کم، تخلخل زیاد و ظرفیت بالای نگهداری رطوبت، شرایط مناسبی برای استقرار ریشه فراهم می‌کند (جدول ۱). با این حال، محدودیت منابع پیت‌ماس، قیمت بالا و نگرانی‌های زیست‌محیطی درباره برداشت آن، سبب شده است که در سال‌های اخیر توجه پژوهشگران به یافتن جایگزین‌های پایدارتر معطوف شود (۹).

در سال‌های اخیر، توسعه بسترهای آلی فراوری‌شده با استفاده از منابع تجدیدپذیر داخلی، افق جدیدی را در مدیریت بستر کشت گلخانه‌ای ایجاد کرده است. در کنار بسترهای متداولی مانند کمپوست، کوکوپیت و پیت‌ماس، استفاده از فرآورده‌های حاصل از بقایای صنایع چوب و ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی به دلیل ویژگی‌های فیزیکی مناسب و سازگاری بیشتر با اصول کشاورزی

پایدار، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۲، ۴). این بسترها معمولاً از الیاف چوب فرآوری شده تهیه شده و به دلیل وزن کم، پایداری مناسب و تخلخل بالا، شرایط مطلوبی برای رشد ریشه فراهم می‌کنند. نتایج پژوهش‌های جدید نشان داده است که استفاده از الیاف چوب در ترکیب با کمپوست یا سایر مواد آلی، ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، می‌تواند وابستگی به پیت‌ماس را کاهش دهد و از نظر زیست‌محیطی نیز گزینه‌ای پایدارتر باشد. با این حال، مانند سایر مواد آلی، کیفیت ماده اولیه، روش فرآوری و نسبت اختلاط با خاک، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت این بسترها دارد (۹).

الیاف چوب نیز از دیگر انواع این بسترها بوده که از بقایای صنایع چوب و هرس درختان تولید می‌شود. در ایران نیز با توجه به وجود صنایع چوب در استان‌های شمالی، امکان تولید این بستر از بقایای چوبی داخلی وجود دارد. مطالعات نشان داده‌اند که الیاف چوب به دلیل تخلخل زیاد، تهویه مناسب، ظرفیت مطلوب نگهداری آب، وزن مخصوص پایین و هدایت الکتریکی کم، محیط مناسبی برای توسعه سیستم ریشه فراهم می‌کنند و در بسیاری از محصولات گلخانه‌ای عملکردی قابل مقایسه با پیت‌ماس و حتی برتر از برخی بسترهای آلی رایج دارند (جدول ۱) (۳، ۱۰).

باگاس نیشکر که از ضایعات کارخانجات تولید قند و شکر حاصل می‌شود، یکی از بسترهای آلی با منشأ گیاهی محسوب می‌شود. این ماده به دلیل فراوانی، قیمت مناسب و تجدیدپذیر بودن، گزینه‌ای ارزشمند برای تولید بستر کشت است. با این حال، به دلیل سرعت تجزیه بالاتر، کاهش تدریجی پایداری ساختاری و در برخی شرایط هدایت الکتریکی بیشتر، نسبت به بسترهای چوبی، مدیریت دقیق‌تری برای آبیاری در طول دوره کشت نیاز دارد. فرآوری مناسب، شست‌وشو و کمپوست‌شدن اولیه، می‌تواند بسیاری از این محدودیت‌ها را کاهش دهد (۴، ۸). مرور مطالعات و تحقیقات انجام‌شده نشان می‌دهد که بسترهای با پایه چوبی، به‌ویژه الیاف چوب تولیدشده از بقایای صنایع چوب، به دلیل هدایت الکتریکی پایین‌تر، ظرفیت مناسب نگهداری آب، تهویه مطلوب، پایداری بیشتر ساختمان بستر و دوام فیزیکی بالاتر، در شرایط گلخانه‌های خاکی ایران، به‌ویژه در مناطقی که با شوری آب یا خاک مواجه هستند، از مزیت نسبی برخوردارند (شکل ۱). همچنین استفاده از این بسترها ضمن کاهش واردات این حوزه، امکان بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر داخلی و بازیافت ضایعات صنایع چوب را فراهم می‌کند و با رویکردهای نوین اقتصاد چرخشی و کشاورزی پایدار همسو است. بر این اساس، توسعه فناوری تولید بسترهای استاندارد با پایه چوبی در کشور، همراه با ارزیابی‌های مزرعه‌ای در شرایط اقلیمی مختلف، می‌تواند یکی از راهبردهای آینده برای بهبود کیفیت خاک، افزایش بهره‌وری مصرف آب و ارتقای پایداری تولید در گلخانه‌های خاکی ایران باشد.

نکته مهم آن است که هیچ‌یک از این مواد به‌تنهایی بهترین انتخاب برای همه گلخانه‌ها نیستند. تصمیم‌گیری باید بر اساس نتایج آزمون خاک، کیفیت آب آبیاری، بافت خاک، محصول مورد کشت و امکانات اقتصادی گلخانه انجام شود. برای مثال، در خاک‌های سنگین و کم‌تهویه، استفاده از بقایای کاج یا بسترهای پایه چوب همراه با کمپوست می‌تواند مؤثرتر باشد؛ در حالی که در خاک‌های سبک و با ظرفیت پایین نگهداری آب، افزودن پیت‌ماس یا کوکوپیت نتایج بهتری خواهد داشت. همچنین در خاک‌هایی که مقدار ماده آلی بسیار پایین است، مصرف کود دامی کاملاً پوسیده یا کمپوست، پایه اصلی برنامه اصلاح خاک خواهد بود (۵).



شکل ۱- کاربرد بستر حاصل از ضایعات زراعت چوب در گلخانه، نحوه استفاده، و اثر آن بر توسعه ریشه فلفل در گلخانه‌ها

دستورالعمل گام به گام استفاده از مواد آلی در بستر گلخانه‌های خاکی

به منظور دستیابی به بیشترین کارایی مواد آلی، مصرف آن‌ها باید بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه انجام شود. در نخستین گام، نمونه برداری از خاک و اندازه‌گیری ویژگی‌هایی مانند PH، هدایت الکتریکی، ماده آلی و عناصر غذایی ضروری است (شکل ۲). نتایج این آزمون مبنای انتخاب مناسب‌ترین نوع ماده آلی خواهد بود. به عنوان مثال، در خاک‌های سنگین و متراکم، کمپوست، بقایای کاج یا الیاف چوب برای افزایش تخلخل و بهبود تهویه مناسب هستند؛ در حالی که در خاک‌های سبک، کود دامی پوسیده، کمپوست یا پیت‌ماس ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهند.

پس از انتخاب ماده آلی، مقدار مصرف باید بر اساس نوع خاک، محصول و کیفیت ماده مورد نظر تعیین شود. سپس ماده آلی به طور یکنواخت در لایه ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مخلوط شده و آبیاری اولیه انجام می‌شود تا فرآیند استقرار و فعالیت میکروبی آغاز گردد (شکل ۱). توصیه می‌شود یک تا دو هفته پس از مصرف، PH و هدایت الکتریکی خاک مجدداً اندازه‌گیری شوند تا در صورت افزایش شوری یا تغییر نامناسب واکنش خاک، اقدامات اصلاحی شامل آب‌شویی و یا افزودن مواد تعدیل‌کننده انجام گیرد.

در طول فصل رشد نیز، پایش منظم رطوبت خاک، هدایت الکتریکی، وضعیت تغذیه گیاه و رشد ریشه ضروری است. در صورت مشاهده علائم کمبود عناصر غذایی یا افزایش شوری، برنامه آبیاری و کوددهی باید متناسب با شرایط اصلاح شود. استفاده

از کود دامی کاملاً پوسیده، کمپوست رسیده و کوکوپیت شسته شده، همراه با اجتناب از مصرف بیش از حد مواد آلی با شوری بالا، موجب افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت خاک و پایداری تولید در گلخانه‌های خاکی خواهد شد.

جمع‌بندی کاربردی و توصیه ترویجی

استفاده از مواد آلی، یکی از مؤثرترین راهکارها برای حفظ و بهبود کیفیت خاک در گلخانه‌های خاکی است. با این حال، انتخاب بستر مناسب باید بر اساس ویژگی‌های خاک، کیفیت آب آبیاری، نیاز گیاه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماده آلی انجام شود. در سال‌های اخیر، علاوه بر مواد آلی متداول، استفاده از بسترهای آلی فراآوری شده با منشأ چوبی و گیاهی در کشور توسعه یافته و گزینه‌های جدیدی را برای مدیریت بستر کشت فراهم کرده است.

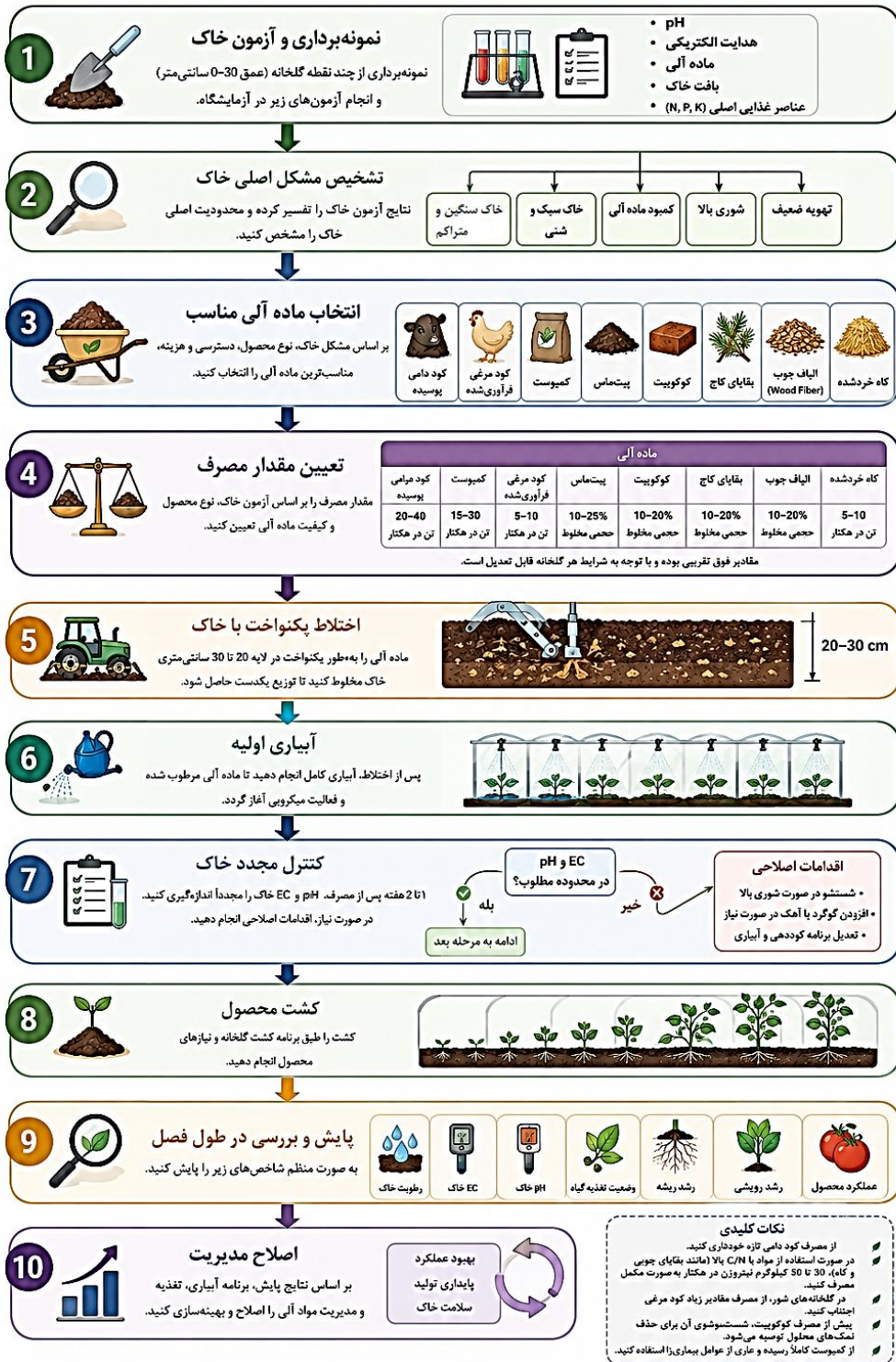
در میان این بسترها، فرآورده‌های تولیدشده از بقایای چوبی و صنایع چوب، به دلیل تخلخل مناسب، پایداری ساختمانی، ظرفیت مطلوب نگهداری آب، تهویه مناسب ناحیه ریشه و هدایت الکتریکی نسبتاً پایین، از ظرفیت بالایی برای استفاده در گلخانه‌های خاکی برخوردار هستند. در مقابل، بسترهای با منشأ گیاهی مانند باگاس نیشکر نیز به دلیل فراوانی، تجدیدپذیر بودن و قیمت مناسب، گزینه‌های قابل توجهی محسوب می‌شوند، اما معمولاً سرعت تجزیه بیشتر، تغییرات ساختاری سریع‌تر و در برخی موارد هدایت الکتریکی بالاتری نسبت به بسترهای چوبی دارند و ممکن است در مدیریت طولانی مدت نیازمند توجه بیشتری باشند.

با توجه به شرایط بسیاری از گلخانه‌های ایران، به‌ویژه در مناطقی که کیفیت آب آبیاری و شوری خاک از عوامل محدودکننده تولید هستند، استفاده از بسترهای آلی با پایه چوبی می‌تواند گزینه‌ای مناسب‌تر باشد. هدایت الکتریکی پایین‌تر، ظرفیت مناسب نگهداری آب، حفظ تخلخل در طول دوره کشت و پایداری بیشتر ساختمان بستر، این مواد را به انتخابی قابل اتکا برای بهبود محیط رشد ریشه و افزایش بهره‌وری مصرف آب تبدیل می‌کند. در عین حال، بهره‌گیری از این بسترها باید همراه با آزمون کیفیت اولیه، مدیریت صحیح تغذیه گیاه و پایش مستمر ویژگی‌های بستر انجام شود تا بیشترین کارایی و پایداری در تولید حاصل گردد. باید توجه داشت که استفاده از بقایای گیاهی کشت‌های قبلی در گلخانه‌ها بدون انجام فراآوری مناسب می‌تواند مشکلات جبران ناپذیری ایجاد کند. زیرا علاوه بر بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن و نیز اندازه آن‌ها که منجر به عدم تعادل نیتروژن به‌خصوص در مراحل ابتدایی رشد گیاه می‌شود، موجب انتقال و شیوع آفات و بیماریهای قارچی، باکتریایی و یا ویروس‌های موجود در کشت قبلی می‌گردد. در مجموع، توسعه و استفاده از بسترهای آلی فراآوری شده با پایه چوبی که از منابع تجدیدپذیر داخلی تولید می‌شوند، می‌تواند علاوه بر کاهش وابستگی به بسترهای وارداتی، گامی مؤثر در جهت مدیریت پایدار خاک، بهبود بهره‌وری آب و افزایش پایداری تولید در گلخانه‌های خاکی کشور باشد.

جدول ۱- مقایسه کمی و کیفی مهم‌ترین بسترهای آلی مورد استفاده در گلخانه‌های خاکی (۱، ۷، ۸، ۱۰)

شاخص	بستر پسته	بستر دامی	بستر گیاهی	بستر پنبه	بستر پسته
pH	۶.۸-۸.۰	۶.۵-۷.۸	۳.۵-۵.۵	۵.۵-۶.۸	۴.۵-۶.۵
EC (dS m ⁻¹)	۲-۸	۴-۱۲	<۰.۵	۰.۳۵-۱.۲۰	<۰.۵
چگالی ظاهری (g cm ⁻³)	۰.۳۵-۰.۷۰	۰.۴۰-۰.۷۵	۰.۰۸-۰.۰۲	۰.۰۵-۰.۱۵	۰.۰۵-۰.۱۵
تخلخل کل (%)	۴۵-۶۵	۴۰-۶۰	۸۵-۹۵	۹۰-۹۶	۸۵-۹۵
ظرفیت نگهداری آب (%)	۴۰-۶۰	۳۵-۵۰	۷۰-۸۵	۷۰-۹۰	۵۵-۷۵
ظرفیت هوادهی (%)	۱۰-۲۰	۱۰-۱۸	۲۰-۳۵	۲۰-۳۵	۳۰-۴۵
ماده آلی (%)	۳۵-۶۰	۴۰-۷۰	>۹۰	>۹۰	>۹۰
نسبت C/N	۱۵-۲۵	۸-۱۵	۴۰-۶۰	۷۰-۱۰۰	۸۰-۲۵۰
نیترژن کل (%)	۱-۳	۲-۵	۱-۲	۰.۳-۰.۸	-
فسفر کل (%)	۰.۵-۱.۵	۱-۳	بسیار کم	-	-
پتاسیم کل (%)	۱-۳	۱-۳	کم	۱-۲	-
سرعت تجزیه در خاک	متوسط	زیاد	کم	کم	کم
خطر افزایش شوری	متوسط	زیاد	بسیار کم	کم	بسیار کم
بهبود ساختمان خاک	زیاد	متوسط	زیاد	زیاد	بسیار زیاد
بهبود رشد ریشه	زیاد	متوسط	بسیار زیاد	بسیار زیاد	بسیار زیاد
مناسب برای خاک سنگین	بسیار مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	بسیار مناسب
مناسب برای خاک سبک	مناسب	مناسب	بسیار مناسب	بسیار مناسب	مناسب

دستورالعمل گام به گام استفاده از مواد آلی در گلخانه‌های خاکی



شکل ۲- دستورالعمل گام به گام استفاده از مواد آلی در گلخانه‌های خاکی

منابع

- ۱- Abad, M., Noguera, P., & Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource technology*, 77(2), 197-200.
- ۲- Barrett, G. E., Alexander, P. D., Robinson, J. S., & Bragg, N. C. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems: A review. *Scientia Horticulturae*, 212, 220–234. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030>.
- ۳- Carlile, W. R., Cattivello, C., & Zaccheo, P. (2015). Organic growing media: Constituents and properties. *Vadose Zone Journal*, 14(6). <https://doi.org/10.2136/vzj2014.09.0125>.
- ۴- Gruda, N. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy*, 9(6), 298. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060298>.
- ۵- Hajirad, I., Pourmohammad, P. & Ahmadaali, J. A systematic review of the potential of soil amendments in mitigating drought stress in crops. *Discov Agric* 4, 28 (2026). <https://doi.org/10.1007/s44279-026-00476-9>
- ۶- Hayat, M., T. Sáez-Sandino, J. Wang, J. Li, G. Zhou, and B. K. Singh. 2026. “ *Compost-Based Organic Amendments and Synthetic Fertilizers Enhance Soil Health and Crop Yield Worldwide.*” *J Sustain Agric Environ* 5: e70157. <https://doi.org/10.1002/sae2.70157>.
- ۷- Oueld Lhaj M, Moussadek R, Mouhir L, Sanad H, Zouahri A, Spaccini R and Paradiso R (2026) Compost as a sustainable tool for greenhouse horticultural productivity: benefits, limitations, and state of the art. *Front. Sustain. Food Syst.* 10:1833979. doi: 10.3389/fsufs.2026.1833979
- ۸- Raviv, M., Lieth, J. H., & Bar-Tal, A. (Eds.). (2019). *Soilless Culture: Theory and Practice* (2nd ed.). Elsevier. pp. 590 pages. ISBN: 978-0-4445-2975-6.
- ۹- Sdao AE, Gruda NS, De Lucia B. (2025) Beyond Peat: Wood Fiber and Two Novel Organic Byproducts as Growing Media-A Systematic Review. *Plants* (Basel).14(13):1945. doi: 10.3390/plants14131945. PMID: 40647954; PMCID: PMC12251845.
- ۱۰- Sdao, A. E., Gruda, N. S., & De Lucia, B. (2025). Beyond peat: Wood fiber and two novel organic byproducts as growing media—A systematic review. *Plants*, 14(13), 1945. <https://doi.org/10.3390/plants14131945>.