



تبدیل پسماند درخت موز به فرصت‌های اقتصادی و زیست‌محیطی

محمدعلی رستمی*

دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس،
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

چکیده

موز یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. پس از برداشت میوه، درخت موز یا تنه اصلی گیاه که ساقه کاذب محسوب می‌شود، دیگر میوه نخواهد داد و باید قطع شود. ساقه کاذب قطع شده، دارای برگ‌های زیادی است که به دلیل حجم زیاد، به یک پسماند آلی مشکل‌ساز تبدیل می‌شود. ساقه‌های ضایعاتی در مناطق موزکاری کشور مانند سیستان و بلوچستان معمولاً بدون استفاده دفع می‌شوند. این ساقه‌ها دارای ارزش بالقوه برای تولید محصولات متنوعی (خوراک دام، کود گیاهی و کمپوست، کاغذ و مقوا، کامپوزیت‌های زیستی و مواد بسته‌بندی تجزیه‌پذیر، مالچ کشاورزی، الیاف نساجی، صنایع دستی) هستند. در این مقاله، ضمن اشاره به کاربردهای ساقه کاذب و برگ درخت موز، به معرفی یک خردکن مخصوص برای تبدیل تنه درخت موز به قطعات کوچک پرداخته می‌شود.

واژگان کلیدی: تنه درخت موز، خردکن تنه موز، خوراک دام، ضایعات باغی، فرآوری زیستی، مدیریت پسماند



بیان مسئله

در سال‌های اخیر، تولید موز در ایران در حال افزایش است. مقدار تولید موز در استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۴۰۳، بیش از ۲۰۳ هزارتن از سطح زیرکشت ۷۱۳۶ هکتار بوده است. فاصله بین درختان موز بسته به نوع باغ (صنعتی یا سنتی) بین ۲ تا ۵ متر در نظر گرفته می‌شود که بر این اساس، بین ۴۰۰ تا ۲۰۰۰ درخت موز در هکتار کاشته می‌شود. هر درخت موز حدود ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم ضایعات ساقه و برگ تولید می‌کند.

تنه اصلی درخت موز (ساقه کاذب) باید پس از برداشت میوه قطع شود تا پاجوش‌های اطراف این ساقه رشد کرده و درخت جدیدی را تشکیل دهند (شکل ۱). ساقه‌های کاذب قطع شده دارای ترکیبات سخت تجزیه‌پذیر (لیگنین و سلولز) هستند. در مناطق کشت موز در ایران (سیستان و بلوچستان، هرمزگان) سالانه حدود ۲۰۰ هزارتن ضایعات تنه موز تولید می‌شود. ساقه‌های کاذب قطع شده، به دلیل ناآگاهی کشاورزان یا در دسترس نبودن روش‌های کاربردی و ساده برای استفاده از آنها، دور ریخته یا سوزانده می‌شوند (شکل ۲). دفن یا سوزاندن ضایعات تنه درخت موز چالش‌های زیست‌محیطی ایجاد می‌کند. سوزاندن تنه‌ها باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای (متان و دی‌اکسید کربن) می‌شود. دفن تنه‌های موز نیز به دلیل تجزیه‌ناپذیری، تولید شیرابه کرده و آلودگی خاک را به دنبال دارد. دورریز تنه درخت موز، هدررفت منابع محسوب می‌شود. زیرا تنه موز حاوی الیاف طبیعی، پتاسیم و ترکیبات آلی است که قابل بازیافت هستند. اگر روش‌هایی کاربردی، ساده و ارزان برای استفاده مجدد از این پسماند ارائه شود، سبب کاهش ضایعات کشاورزی شده و منبع درآمدی جدید برای کشاورزان ایجاد خواهد کرد.



شکل ۱- ساقه کاذب درخت موز

این مقاله با هدف آگاه‌سازی بهره‌برداران، تلاش دارد تا این موضوع را در سطح کشاورزی کشور مطرح کند و پیشنهادهایی برای به‌کارگیری تنه درخت موز و تبدیل آن به محصولات ارزشمند ارائه دهد. همچنین در این مقاله، یک خردکن مخصوص تنه درخت موز معرفی می‌شود که می‌تواند این ضایعات را به قطعات کوچک و قابل‌استفاده تبدیل کند.



شکل ۲- سوزاندن تنه درخت موز در کنار باغ

معرفی دستورالعمل

ترکیب شیمیایی تنه درخت موز

تنه درخت موز دارای مقادیر قابل‌توجهی فیبر خام، کربوهیدرات و برخی مواد معدنی است (جدول ۱). تنه درخت موز خردشده (شکل ۳)، پس از تخمیر، با سایر مواد مخلوط شده و برای تغذیه دام استفاده می‌شود (شکل ۴).

موارد استفاده از تنه درخت موز در کشورهای خارجی

در بسیاری از کشورها، پروژه‌های موفق در زمینه استفاده از تنه درخت موز انجام شده است. در کشور هند، از تنه درخت موز برای تولید الیاف برای ساخت کیسه‌های قابل‌بازیافت و نخ‌های دوخت زیست‌تخریب‌پذیر استفاده می‌شود. از این الیاف در صنایع نساجی برای تولید پارچه‌های ارگانیک و در مناطق خشک برای کاهش مصرف آب و افزایش بازده نهال‌های میوه استفاده می‌کنند. در فیلیپین از الیاف آن برای تولید کاغذهای زیست‌محیطی و تولید ظروف یک‌بارمصرف تجزیه‌پذیر و از تنه موز خرد و تخمیرشده به عنوان خوراک دام استفاده می‌کنند. در برزیل، از الیاف موز در تولید مبلمان سبک و مقاوم و از ترکیب الیاف موز با نشاسته برای تولید بیوپلاستیک استفاده کرده‌اند. در برنامه‌های جنگل‌کاری نیز از الیاف موز برای بهبود زنده‌مانی نهال‌های جنگلی در مناطق کم‌آب استفاده کرده‌اند.



جدول ۱- ترکیب شیمیایی تنه درخت موز

ترکیب	واحد	مقدار تقریبی (۱۰۰ گرم ماده تازه)
رطوبت	درصد	۹۱ - ۹۳
پروتئین	گرم	۰/۳ - ۰/۵
چربی	گرم	۰/۱ - ۰/۳
فیبر خام	گرم	۰/۶ - ۱
خاکستر	گرم	۰/۵ - ۰/۸
کربوهیدرات	گرم	۰/۴ - ۰/۶
پتاسیم	میلی گرم	۱۹۰ - ۲۶۰
کلسیم	میلی گرم	۲۰ - ۴۵
فسفر	میلی گرم	۱۸ - ۳۰
آهن	میلی گرم	۰/۳ - ۰/۶



شکل ۳- ساقه درخت موز خردشده تازه (راست) و پس از ۴ روز تخمیر بی‌هوازی با نمک معدنی و ملاس (چپ)



شکل ۴- ساقه درخت موز تخمیر و مخلوط‌شده با سایر مواد و آماده برای تغذیه دام

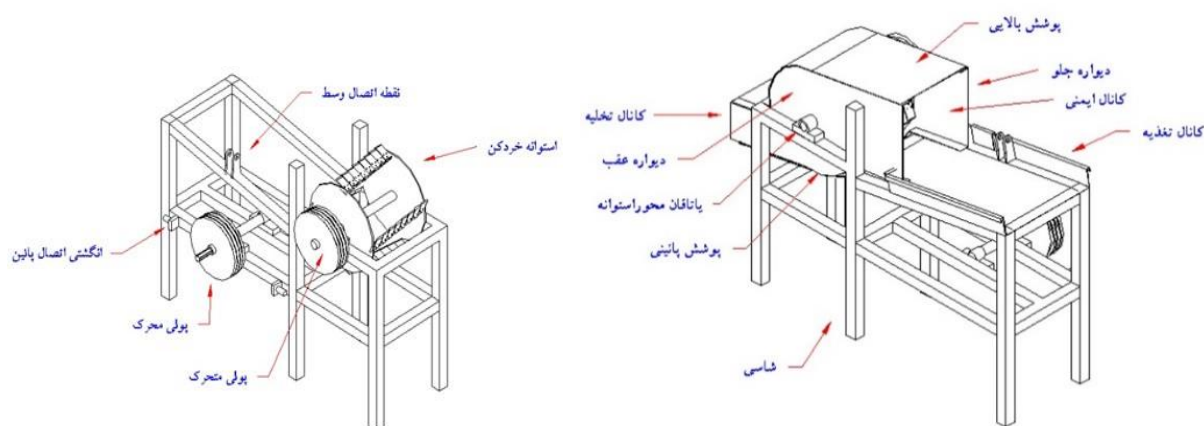


پژوهشگران در حال توسعه مکمل‌های غذایی بر پایه بقایای موز برای دام هستند که جایگزین علوفه‌های گران‌قیمت شوند. در کنیا و تانزانیا، تنه موز به عنوان پوشش طبیعی، اطراف گیاهان مرتعی برای حفظ رطوبت خاک استفاده شده است. کاربرد تنه موز جهت تولید مواد کامپوزیتی در صنعت خودرو و تولید چسب‌های زیست‌تخریب‌پذیر نیز در ژاپن در حال بررسی است.

معرفی دستگاه خردکن تنه درخت موز

شماتیک دستگاه خردکن تنه درخت موز در شکل ۵ نشان داده شده است (رستمی، ۱۳۸۵). این خردکن روی سه نقطه اتصال تراکتور سوار شده و نیروی چرخشی واحد خردکن را از محور توان‌دهی تراکتور دریافت می‌کند. این خردکن دارای ظرفیت نظری ۷/۵ تن در ساعت و توان مصرفی ۱۵/۴۴ اسب بخار است. دستگاه، دارای ۴ ردیف تیغه و هر ردیف دارای ۸ عدد تیغه است. دور استوانه برش، ۸۰۰ دور در دقیقه و سرعت خطی آن با توجه به قطر استوانه (۵۰ سانتی‌متر)، ۲۰/۹۴ متر بر ثانیه است. ارتفاع شاسی برای سهولت تغذیه دستگاه توسط یک شخص با قد متوسط به صورت ایستاده ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده و عرض کار خردکن برای خردکردن تنه درخت (قطر متوسط ۲۵ سانتی‌متر)، ۴۰ سانتی‌متر طراحی شده است. برای تأمین اهداف طرح، خردکن دارای شش واحد اساسی (واحد تغذیه، واحد خردکن محصول، واحد تخلیه، شاسی، تجهیزات انتقال نیرو و ایمنی، روپوش‌ها) است.

برای کار با این دستگاه، تنه درخت موز به صورت ثقیل آرام آرام به سیلندر خردکننده نزدیک شده و با اندکی فشار توسط کارگر، از دستگاه خارج می‌شود. انتقال نیرو و سه نقطه اتصال از جلوی دستگاه و محل ایستادن کارگر در عقب دستگاه است. به منظور رعایت ایمنی و جلوگیری از ریختن ذرات خردشده تنه درخت روی کاربر، قسمتی از کانال تغذیه متصل به واحد خردکننده، پوشیده شده و برای سهولت کار، قسمت انتهایی آن روباز است.



شکل ۵- شماتیک دستگاه خردکن تنه درخت موز



موارد پیشنهادی برای کاربرد تنه درخت موز در ایران

تولید کمپوست در باغ

تنه درخت موز حاوی مقادیر بالایی فیبر و کربوهیدرات است که در افزایش فعالیت میکروبی در فرآیند تجزیه مؤثر است (شکل ۶). پتاسیم، فسفر و نیتروژن موجود در تنه درخت موز برای رشد گیاه مفید است. تنه درخت موز همچنین دارای قابلیت تجزیه پذیری بالا است و طی ۶-۴ هفته به کمپوست تبدیل می شود. از تنه درخت موز می توان به روش سنتی یا با استفاده از دستگاه کمپوست ساز کوچک یا صنعتی (شکل ۷)، کمپوست تولید کرد.



شکل ۶- مقطع اسفنجی و دارای فیبر بالای ساقه کاذب موز



شکل ۷- دستگاه کمپوست ساز برای تولید کمپوست از تنه درخت موز



مراحل تولید کمپوست از تنه درخت موز به شرح زیر است:

۱- خردکردن تنه درخت موز: تنه موز باید به قطعات کوچک‌تر خرد شود تا سرعت تجزیه افزایش یابد. برای خردکردن تنه درخت موز یک دستگاه خردکن در داخل کشور طراحی و ساخته شده است.

۲- اختلاط با مواد دیگر: برای تعادل کربن و نیتروژن، تنه خردشده موز با مواد غنی از نیتروژن مانند کود دامی، تفاله سبزی‌ها یا خاک‌اره مخلوط شود. مواد مورد نیاز و مقدار مصرف آنها برای تهیه کمپوست در جدول ۲ آورده شده است.

۳- مدیریت رطوبت و هوادهی: میزان رطوبت کمپوست باید حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد باشد و به‌طور مرتب هوادهی شود تا تجزیه بهینه انجام شود. در زمان بارندگی، روی توده باید با پلاستیک یا برزنت پوشانده شود. همچنین از افزودن مواد پلاستیکی، فلزی یا شیمیایی به توده کمپوست خودداری شود.

ترکیب تنه درخت موز با کود حیوانی، کمپوستی با ۳۰ تا ۴۰ درصد ماده آلی تولید می‌کند. کمپوست تنه موز سبب بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. این کمپوست در تأمین عناصر مغذی برای گیاهان بدون نیاز به کودهای شیمیایی نقش دارد. افزایش فعالیت میکروبی و بهبود حاصلخیزی خاک نیز مزیت دیگر کمپوست تنه درخت موز است.

جدول ۲- مواد موردنیاز برای تهیه کمپوست از تنه درخت موز

نام ماده	توضیح	مقدار تقریبی
تنه خردشده موز	هر چه خردتر، بهتر	به میزان موجود در مزرعه
فضولات دام	برای تسریع تخمیر	به نسبت ۱ به ۲
خاک مزرعه	برای پوشش سطحی	به میزان لازم
آب	برای مرطوب نگه‌داشتن توده	به مقدار کافی

کاربرد در کشت گیاهان مرتعی

تنه درخت موز دارای ساختاری اسفنجی است که قادر به جذب آب و نگهداری آن برای مدت طولانی است. با قراردادن الیاف خردشده تنه درخت موز در اطراف ریشه گیاهان مرتعی یا نهال‌ها، آب در دوره‌های کم‌آبی در دسترس ریشه قرار می‌گیرد. به مرور زمان، الیاف تنه درخت موز تجزیه شده و مواد مغذی به خاک اضافه می‌کنند. از مزایای این روش می‌توان به کاهش نیاز به آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاهش تبخیر آب از سطح خاک و بهبود مدیریت منابع آبی و افزایش سرعت رشد گیاهان مرتعی و نهال‌های تازه کشت‌شده اشاره کرد. روش استفاده از ساقه درخت موز در کشت گیاهان مرتعی به ترتیب به شرح زیر است:



- خرد کردن تنه موز به صورت الیاف درشت.
- ایجاد چاله‌های کم عمق اطراف نهال‌ها و پُر کردن آنها با الیاف موز.
- مرطوب کردن الیاف برای افزایش توانایی جذب آب و نگهداری رطوبت.
- پوشاندن الیاف با خاک برای جلوگیری از خشک شدن سریع.

کاربرد به عنوان مالچ

استفاده از تنه خرد شده درخت موز به عنوان مالچ یک روش طبیعی، پایدار و مؤثر در کشاورزی به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. این مالچ برای جلوگیری از تبخیر آب و حفظ رطوبت خاک در باغ‌ها و مزرعه‌ها مناسب است. ساقه درخت موز دارای آب زیاد در بافت خود است. ساقه درخت موز مانند یک لایه محافظ، از تبخیر آب جلوگیری می‌کند و موجب حفظ رطوبت خاک می‌شود. مزیت دیگر مالچ، کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز است. پوشش مالچ، مانع از رسیدن نور خورشید به سطح خاک می‌شود و جوانه‌زنی علف‌های هرز را کاهش می‌دهد. از مزایای دیگر مالچ تنه درخت موز می‌توان به تقویت مواد آلی خاک، تنظیم دمای خاک و در نهایت، کاهش ضایعات کشاورزی اشاره کرد. این نوع مالچ با جذب گرمای خاکی و افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌ها، به بهبود ساختار و سلامت خاک نیز کمک می‌کند.

برای استفاده از تنه درخت موز به عنوان مالچ باید تنه‌ها به قطعات کوچک (۵ تا ۱۰ سانتی متری) خرد شده و در اطراف گیاهان روی خاک پخش شوند. برای جلوگیری از ایجاد بوی نامطبوع یا کپک، بهتر است تنه‌ها ابتدا کمی خشک شوند. در صورت نیاز می‌توان این مالچ را با مواد خشک دیگر مانند برگ یا خاک‌اره ترکیب کرد. لایه مالچ نباید خیلی ضخیم باشد. لایه ضخیم مالچ، مانع از رسیدن هوا به ریشه‌ها می‌شود. در مناطق مرطوب یا با آفات زیاد، استفاده از تنه موز باید با دقت انجام شود تا باعث جذب حشرات نشود.

تولید خوراک دام

شاخ و برگ و پسماند درختان موز سرشار از منابع پتاسیم و منیزیم است. این پسماندها تا ۲۵ درصد جیره غذایی دام را غنی‌سازی می‌کنند. باغداران می‌توانند از پسماند درختان موز با رعایت موازین لازم، برای تغذیه دام خود استفاده کنند یا آن را به گاوداری‌ها یا مرغداری‌ها برای استفاده در جیره غذایی بفروشند. با خرد کردن تنه درخت موز و آبگیری آن، شیر به دست می‌آید. از این شیر به‌دست آمده پس از ترکیب با سبوس یا سایر مواد مغذی، می‌توان به عنوان خوراک دام استفاده کرد.

از موارد کاربرد تنه درخت موز، استفاده در خوراک دام‌های نشخوارکننده (گاو، گوسفند و بز) و تغذیه طیور (مرغ گوشتی و تخم‌گذار) است. تنه درخت موز به عنوان مکمل غذایی به همراه منابع پروتئینی مانند کنجاله سویا یا تفاله نیشکر استفاده می‌شود. تنه فرآوری‌شده و به صورت سیلاژ (خوراک تخمیرشده) نیز برای بهبود هضم دام‌های نشخوارکننده و ماندگاری مصرف می‌شود. مقدار استفاده از آن در خوراک طیور باید حداکثر ۱۰ تا ۱۵ درصد جیره غذایی باشد. پودر آن نیز به عنوان جایگزین جزئی برای ذرت و سبوس در جیره غذایی طیور قابل استفاده است.

تولید سینی نهال

یکی از راهکارهای نوآورانه در زمینه استفاده از الیاف تنه درخت موز، تولید سینی‌های نهال زیست‌تخریب‌پذیر است. تنه درخت موز سرشار از الیاف سلولزی با قابلیت جذب بالا، استحکام مکانیکی خوب و تجزیه‌پذیری در طبیعت است. با تبدیل این الیاف به خمیر و ترکیب آن با مواد طبیعی دیگر (نشاسته، خاکاره)، می‌توان قالب‌هایی ساخت که به عنوان سینی نهال، مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از این سینی‌ها، به‌ویژه در نهالستان‌ها، مزارع ارگانیک و پروژه‌های کشاورزی، می‌تواند گامی مهم در مسیر کشاورزی پایدار و کاهش ضایعات کشاورزی باشد. سینی‌های نهال می‌توانند جایگزین گلدان‌های پلاستیکی شده و در کاهش آلودگی‌های پلاستیکی و توسعه باغبانی پایدار مؤثر باشند (آنیرو^۱ و همکاران، ۲۰۲۴). این سینی‌ها به دلیل زیست‌تخریب‌پذیری، تجدیدپذیری، سبکی و خواص بیوشیمیایی و استحکام بالا، گزینه‌های مناسبی برای جایگزینی پلیمرهای مصنوعی هستند. سینی‌های نهال، مواد مغذی به بستر خاک اضافه می‌کنند. هزینه تولید این سینی‌ها پایین‌تر از سینی‌های پلاستیکی قابل بازیافت است.

برای تهیه این سینی‌ها، تنه موز خردشده را با خاک و مقدار کمی چسب طبیعی (نشاسته یا خاک رُس) ترکیب کرده و در قالب‌های سینی نهال ریخته تا خشک شوند.

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

تنه درخت موز حاوی الیاف سلولزی باکیفیت است که در داخل کشور می‌توان در تولید کمپوست، افزایش ظرفیت نگهداری آب در کشت گیاهان مرتعی، تولید مالچ و در خوراک دام استفاده کرد. توصیه می‌شود که باغداران و کشاورزان با استفاده از دستگاه خردکن، از این ضایعات برای تولید محصولات باارزش استفاده کنند.

^۱ Anirudh



فهرست منابع

- ۱- رستمی، محمدعلی. ۱۳۸۵. طراحی، ساخت و ارزیابی خردکن تنه درخت موز. *مجله علم و فناوری*، ۵ (۱)، ص ۵۶-۶۳.
2. Anirudh, M.K., A.N. Lal, M.P. Harikrishnan, J. Jose, J. Thasim, A.S.Warrier and A. Kothakota. 2024. Sustainable seedling pots: Development and characterisation of banana waste and natural fibre-reinforced composites for horticultural applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 270: 132070.

