

## کاه و کلش برنج، زیست‌توده‌ای ارزشمند با کاربردهای فراوان

رضا ناصری هرسینی<sup>۱\*</sup>، علی‌رضا فلاح نصرت‌آباد<sup>۲</sup>، حامد کیومرثی<sup>۱</sup>

۱- استادیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، رشت، ایران

۲- دانشیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج، ایران

\* نویسنده مسئول: r.naseri@areeo.ac.ir

### چکیده

کاه و کلش برنج حجم عظیمی از زیست‌توده لیگنوسلولزی حاصل از فعالیت‌های زراعی سالیانه در استان‌های شمالی کشور را به خود اختصاص می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که مجموع کاه و کلش حاصل از کشت برنج در سه استان مازندران، گیلان و گلستان سالانه بالغ بر ۳/۶ میلیون تن است. این منبع عظیم و ارزشمند مواد آلی که با بهره‌گیری از انرژی خورشیدی و مواد آلی و شیمیایی نهفته در خاک و به‌عبارت دیگر با کمترین هزینه، هر ساله در دسترس قرار می‌گیرد، با وجود کاربردهای سنتی و نوین بسیاری که امروزه در جهان برای آن متصور است، متأسفانه عموماً در کشور به‌عنوان محصولی مازاد و غیرقابل مصرف قلمداد شده و نسبت به حذف آسان و کم‌هزینه آن، یعنی سوزاندن در سطح مزارع، اقدام می‌شود. قالب فعالیت‌های پژوهشی در کشور نیز بر بهبود عملکرد کشت برنج و شلتوک قابل دستیابی از واحد سطح شالیزارها متمرکز بوده و شناسایی راهکارهای بهره‌گیری از کاه و کلش برنج و معرفی آن‌ها به زارعین و بهره‌برداران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در متن حاضر تلاش شده است تا راهکارهای قابل اجرا در مقیاس روستایی و نیمه صنعتی برای بهره‌گیری از این زیست‌توده ارزشمند گردآوری و معرفی شوند.

**واژگان کلیدی:** کاه و کلش، زیست‌توده، سوزاندن، افزایش بهره‌وری

### بیان مساله

برنج در ۱۹ استان کشور کشت می‌شود. سطح زیر کشت برنج در کشور در سال زراعی ۹۸-۹۹ بالغ بر ۸۵۴،۸۷۴ هکتار بوده و تولید شلتوک برنج در این سال زراعی ۴،۵۶۰،۶۹۳ تن بوده است که استان گیلان ۲۴/۰۲ درصد از این میزان را به خود اختصاص داده است. (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹).

نسبت کاه و کلش برنج (به عنوان محصول فرعی) به شلتوک (محصول اصلی) بسته به رقم برنج، شرایط رشد و روش برداشت (برداشت کف‌بر برنج، کاه بیشتری را تولید خواهد کرد) در دامنه ۰/۷ تا ۱/۴ (به طور میانگین ۱/۱) قرار دارد و بنابراین مقدار کاه و کلش برنج تولیدی در کشور و استان گیلان را می‌توان به ترتیب ۵،۰۱۶،۰۰۰ و ۱،۲۰۴،۹۸۰ تن (۲۴/۰۲ درصد از تولید کشوری) برآورد کرد. کاه و کلش برنج در غالب موارد به‌عنوان محصولی فاقد ارزش در نظر گرفته شده و زارعین به‌عنوان ساده‌ترین، کم‌هزینه‌ترین و سریع‌ترین شیوه دفع، نسبت به آتش زدن آن در سطح زمین اقدام می‌کنند (شکل ۱). به طور قطع این رویکرد نه تنها هیچ‌گونه مزیتی را در بر ندارد، بلکه معایب بسیاری از منظر مسایل محیط زیستی، ایمنی حمل و نقل جاده‌ای، کیفیت زراعی زمین و به دنبال آن معیشت خانوارهای کشاورزان متوجه آن است و این در حالی است که کاه و کلش برنج ترکیبی قابل فرآوری را جهت استفاده در مصارف متنوع کشاورزی و دامپروری مانند بهبود کیفیت خاک از طریق کربونیزاسیون و تولید کمپوست، در تولید انرژی زیستی و نیز در مصارف صنعتی مانند تولید مواد اولیه‌ای از جمله سیلیس و فیبر زیستی، در اختیار ما قرار می‌دهد.



شکل ۱- سوزاندن کاه و کلش برنج در سطح مزارع

سوزاندن کاه و کلش در مزارع باعث انتشار آلاینده‌های مختلفی به اتمسفر می‌شود که این امر نه تنها آلودگی شدید هوا را به دنبال دارد، بلکه سبب بروز انواع آلام و بیماری‌ها در انسان شده و اثرات منفی بر محیط زیست بر جای می‌گذارد. آلاینده‌های هوا با انباشت در منابع آب و خاک موجب افت کیفیت آن‌ها می‌شوند (جمشیدی و حسامی، ۱۳۹۰). علاوه بر این، سوزاندن کلش موجب می‌شود لایه سطحی خاک بر اثر حرارت فشرده، ترد و شکننده شده و ساختمان خاک تخریب شود و در نتیجه، مقاومت خاک در مقابل فرسایش آبی و بادی کاهش پیدا می‌کند. حرارت ناشی از آتش‌سوزی، مواد آلی خاک را تا عمق چهار سانتی‌متر و میکروارگانیسم‌ها را تا عمق ۱۲ سانتی‌متری در معرض آسیب قرار می‌دهد. نکته حایز اهمیت این است که سوزاندن بقایای گیاهی، مانند کاه و کلش، اثرات خود را در کوتاه مدت نشان نمی‌دهد و اثرات مخرب آن بعد از ۱۰ تا ۱۵ سال مشخص خواهد شد (سپهوند، ۱۳۸۸). کاه و کلش برنج ترکیبی قابل فرآوری را جهت استفاده در مصارف متنوع کشاورزی و دامپروری، مانند بهبود کیفیت خاک از طریق کربونیزاسیون و تولید کمپوست، در تولید انرژی زیستی و نیز در مصارف صنعتی مانند تولید مواد اولیه‌ای از جمله سیلیس و فیبرزیستی، در اختیار ما قرار می‌دهد. هر چند ممکن است برخی از این مصارف در حال حاضر و با توجه به سطح تکنولوژی‌های به کار گرفته شده و دسترسی به دیگر اقلام رقابتی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشند. در هر حال، با بکارگیری اقداماتی آزموده شده در مراجع مختلف می‌توان به سوی مدیریت پایدار کاه و کلش برنج گام برداشت که در ادامه به شناخته شده‌ترین این موارد اشاره خواهد شد.

## معرفی راهکار

۱) استفاده از کاه و کلش برنج برای بهبود حاصلخیزی خاک: مخلوط کردن کاه و کلش برنج با خاک شالیزارها با اعمال مدیریتی مناسب می‌تواند بهبود حاصلخیزی خاک را به دنبال داشته باشد. در واقع، معمول‌ترین و مناسب‌ترین مدیریت کاه و کلش برای اراضی که زیر کشت مجدد برنج نمی‌روند، پخش کردن یکنواخت آن‌ها در سطح خاک و مخلوط کردن آن‌ها با خاک از طریق شخم بلافاصله پس از برداشت محصول اول برنج است. باید به خاطر داشت که مدیریت نامناسب این اقدام می‌تواند نتیجه عکس به دنبال داشته و منجر به کاهش بازدهی تولید محصول در کشت‌های بعدی شود؛ به‌ویژه در صورت تصمیم به کشت دوم در مزارع برنج، مخلوط کردن کاه و کلش برنج با خاک شالیزارها به دلیل کندی روند تجزیه آن چندان قابل توصیه نخواهد بود. در این راستا، افزایش سرعت تجزیه کاه و کلش برنج در پژوهش‌های متعددی مورد بررسی قرار گرفته است که در این بین استفاده از قارچ‌های مختلف بیش از دیگر موارد مورد توجه قرار دارد. در هر حال، در صورت تصمیم به کشت دوم در اراضی شالیزاری، می‌بایست کاه و کلش به جای مانده طی برداشت محصول از سطح زمین جمع‌آوری و بستر مناسب برای کشت دوم با اجرای عملیات خاک‌ورزی با استفاده از گاواهن دوار یا روتیواتور و یا دو تا سه مرتبه

دیسک زدن ایجاد شود (یوسفی و حسینی چالستری، ۱۳۹۹).

۲) استفاده از کاه و کلش برنج برای پرورش قارچ: کاه و کلش برنج غنی از عناصر غذایی و مورد نیاز میکروارگانیسمها بوده و بنابراین بستر بسیار مناسبی برای رشد و پرورش قارچها از جمله قارچهای خوراکی، به حساب می آید (شکل ۲). قارچهای کاه و کلش برنج، با نام علمی *Volvariella volvacea*، به عنوان گونه های قارچی با فرایند پرورش آسان شناخته می شوند، چرا که دوره نهفتگی<sup>۱</sup> آن ها کوتاه بوده و تنها ۱۴ روز به طول می انجامد. با سرمایه گذاری بیشتر و پرورش قارچ در سالن های بسته می توان عملکرد تولیدی این قارچها را تا بیش از دو برابر (معادل ۲/۰ کیلوگرم به ازای هر ۱۰ کیلوگرم کاه و کلش خشک) افزایش داد (بانک اطلاعاتی برنج، ۲۰۲۱).



شکل ۲- پرورش قارچ خوراکی با استفاده از کاه و کلش برنج

۳) فرآوری و تهیه سیلاژ کاه و کلش برنج برای تغذیه دام: سطح زیر کشت بالای برنج در استانهای شمالی حاشیه دریای خزر سبب شده است تا دامداران این مناطق از کاه و کلش برنج به عنوان بخش اصلی علوفه در ترکیب خوراک نشخوارکنندگان استفاده کنند. با این حال، استفاده از کاه و کلش برنج به عنوان بخش غالب خوراک بنا به دلایلی از جمله محتوای اندک مواد مغذی، ماهیت لیگنینی دیواره سلولی و درصد بالای سیلیس، قادر به تأمین مواد مغذی مورد نیاز جهت پشتیبانی از عملکرد تولیدی مطلوب در نشخوارکنندگان نخواهد بود. با این وجود می توان با روشهایی ساده نسبت به افزایش انرژی و غلظت پروتئین خام در این ماده خوراکی و نیز افزایش قابلیت هضم آن اقدام کرد. روشهای فرآوری جهت بهبود هضم کاه و کلش غلات به سه دسته شیمیایی، فیزیکی و زیستی یا ترکیبی از آنها تقسیم می شوند (جوشی و دیگران، ۲۰۱۹؛ شکل ۳). از جمله روشهای فیزیکی می توان به خرد کردن و چاپر زدن، خیس ساندن، پلت کردن، بخار دادن، تاباندن اشعه و یا حرارت دادن کاه و کلش برنج تحت فشار و رطوبت اشاره کرد. در فرآوری شیمیایی، از مواد قلیایی، ترکیبات اسیدی یا عوامل اکسیداتیو استفاده می شود. هیدروکسید سدیم، آمونیاک و اوره معمولترین ترکیبات قلیایی مورد استفاده هستند. در این بین تهیه هیدروکسید سدیم برای استفاده در مزارع کوچک چندان آسان نبوده و در کنار هزینه بالا می تواند با افزایش سطح سدیم در محیط، منجر به بروز آلودگی محیط زیستی شود. فرآوری کاه و کلش غلات با آمونیاک خشک یا آبدار، اوره یا دیگر منابع آزاد کننده آمونیاک نه تنها سبب افزایش تجزیه پذیری کاه و کلش می شود، بلکه محتوای نیتروژن این مواد خوراکی را نیز افزایش داده و با ممانعت از رشد کپکها سبب محافظت و انبارداری بهتر کاه و کلش می شود. از سوی دیگر، ویژگی جذب رطوبتی بالای کاه و کلش برنج آن را به ترکیبی مناسب برای بهبود کیفیت سیلاژ دیگر محصولات فرعی حاوی درصد رطوبت بالا بدل ساخته است. به طور مشخص از این ویژگی کاه و کلش برنج در تهیه سیلاژ تغاله مرکبات استفاده شده و بسته به رطوبت اولیه تغاله، با افزودن مقادیر کافی کاه و کلش برنج خرد شده، رطوبت محصول را به درصد مطلوبی که متضمن عملکرد مطلوب سیلو باشد، کاهش می دهند.



شکل ۳- خرد و سیلو کردن کاه برنج جهت استفاده در تغذیه دام

۴) تولید کمپوست: تولید پنج تن شلتوک برنج در هر هکتار با برداشت ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۳ کیلوگرم فسفر، ۱۵۵ کیلوگرم پتاسیم، ۲۵ کیلوگرم منیزیم، ۲۰ کیلوگرم کلسیم، پنج کیلوگرم گوگرد، یک کیلوگرم آهن، ۷۰۰ گرم منگنز، ۵۰۰ گرم روی، ۱۵۰ گرم مس، ۲۰۰ گرم بُر و ۲۵۰ کیلوگرم سیلیسیم از خاک همراه است (دوبرمن و فیرهاست، ۲۰۰۰؛ ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). بنابراین چنانچه بقایای گیاه با شخم به زمین برگردانده نشده و از مزرعه خارج شود، استفاده از کودهای حاوی این عناصر ضرورت پیدا می‌کند. علاوه بر این، می‌توان با تهیه مخلوطی متشکل از کاه و کلش برنج، فضولات دام و آنزیم‌ها نسبت به تبدیل کاه و کلش برنج به کمپوست اقدام کرد. برای بهینه ساختن این فرایند مخلوط حاصل سیلو می‌شود. کمپوست حاصله می‌تواند به‌عنوان بستر رشد سبزیجات و دیگر محصولات زراعی مورد استفاده قرار گرفته یا با هدف ترمیم توان حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود بافت و ظرفیت بافاری خاک در سطح مزارع برنج مورد استفاده قرار گیرد (رضوی‌پور و بابازاده، ۱۳۹۵؛ شکل ۴). کمپوست را می‌توان در سطح خاک پخش کرده یا در ادامه از طریق شخم زدن آن را با خاک مخلوط کرد. ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر از انواع کمپوست برای پوشیدن در سطح خاک می‌تواند کافی باشد.



شکل ۴- تهیه کمپوست از کاه و کلش برنج

۵) کاهش میزان فرسایش خاک: به‌کارگیری پسماندهای زراعی به‌صورت یک لایه حفاظتی روی خاک علاوه بر جذب انرژی جنبشی قطرات باران، قادر است با افزایش مقاومت برشی سطح خاک، فرسایش خاک را به میزان چشمگیری کاهش دهد. سوابق نشان داده است که استفاده از مالچ کاه و کلش علاوه بر کاهش میزان فرسایش آبی، شدت و میزان تبخیر را نیز کاهش می‌دهد. بدین منظور، ایجاد پوششی ۹۰ درصدی از کاه و کلش برنج با حداقل ضخامت در سطح خاک می‌تواند با کارایی مناسبی اثر محافظتی خود را نشان دهد.

۶) بهسازی خاک‌های ترک‌دار شالیزاری: در خاک‌های شالیزاری رسی، جریان غرقابی موقتی با خشک شدن دوره‌ای خاک

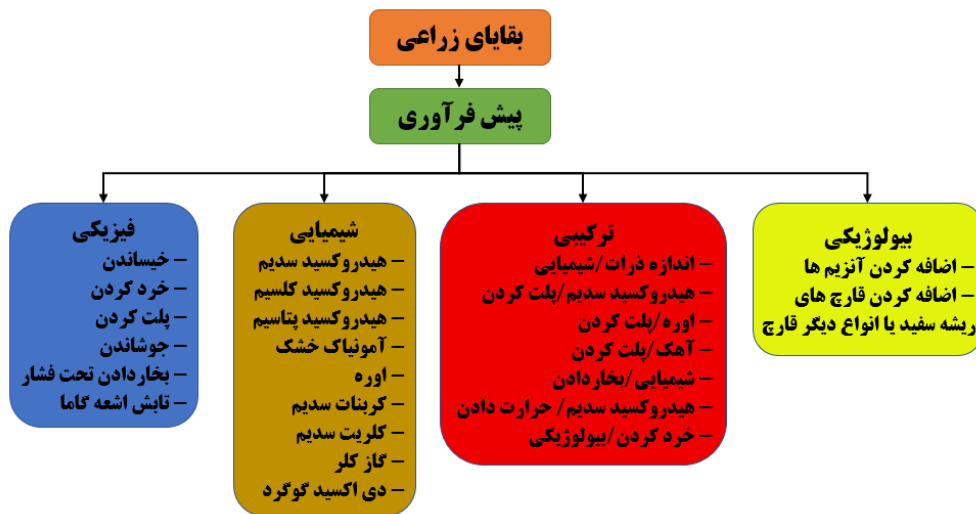
همراه است که موجب تشکیل ترک در خاک می‌شود. در نتیجه، با شروع مجدد آبیاری، آب و مواد محلول به سرعت بر اثر جریان ترجیحی از میان ترک‌ها به عمق زیرین خاک جریان می‌یابند که نتیجه آن خشکی ناحیه ریشه، کمبود آب و مواد غذایی برای گیاهان و آلودگی آب‌های زیرزمینی و لایه‌های زیرین خاک خواهد بود (آزمسا و رشتچی، ۱۳۸۴). استفاده از کودهای آلی با کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و از طرف دیگر با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش پهنای و عمق ترک‌های خاک داشته باشد. نتایج پژوهش‌های انجام شده در مؤسسه تحقیقات برنج کشور نیز گویای آن است که استفاده از کاه و کلش برنج خرد شده در ترکیب خاک سطحی باغ‌ها و شالیزارها (تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک) به نسبت وزنی ۱/۵ درصد می‌تواند از یک‌سو موجب افزایش معنی‌دار زمان مورد نیاز برای تشکیل ترک‌ها در مرحله خشک شدن خاک و از سوی دیگر کاهش معنی‌دار زمان لازم برای از بین رفتن ترک‌ها در مرحله تر شدن (فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری) شود.

۷) تولید بیوجار (زغال زیستی): بیوجار، ترکیبی غنی از کربن، به‌عنوان منبعی آلی برای افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک و بهبود حاصلخیزی خاک، ذخیره و تثبیت کربن، بهبود ظرفیت نگهداشت آب و تصفیه آب نفوذ یافته در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محصول با تجزیه حرارتی مواد آلی یا زیست‌توده تحت شرایط تأمین محدود اکسیژن در دمای ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس تولید می‌شود. کاه و کلش برنج پتانسیل بسیار بالایی جهت استفاده در فرایند تولید بیوجار دارد (شکل ۵).



شکل ۵- بیوجار تولید شده از کاه و کلش برنج

۸) تولید بیوگاز و کود آلی: فرایند تولید بیوگاز عبارت است از تخمیر ترکیبات لیگنوسلولزی به وسیله میکروارگانیسم‌ها در شرایط بی‌هوازی که علاوه بر تولید متان، تولید دی‌اکسیدکربن و ترکیبات هضمی غنی از مواد مغذی را نیز در پی دارد. از مواد هضمی به‌دست آمده در طی تخمیر بی‌هوازی نیز می‌توان به‌عنوان کود آلی در اراضی کشاورزی استفاده کرد. در بین انواع مختلف و متنوع بقایای کشاورزی موجود، کاه و کلش برنج دارای قابلیت زیادی برای تبدیل به بیومتان است. با این حال، تخمیر بی‌هوازی کاه و کلش برنج با چالش‌هایی مواجه است که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد آن دارد و مهم‌ترین آن‌ها نسبت بالای کربن به نیتروژن در کاه و کلش برنج و ساختار لیگنینی شده دیواره سلولی آن است که به‌ترتیب از راهکارهایی مانند ترکیب کاه و کلش برنج با برخی مواد اولیه دارای غلظت بالای نیتروژن (شامل کود دامی، فضولات طیور، مدفوع و ادرار خوک، پسماندها و فاضلاب‌های شهری و دورریزهای غذایی) و انجام برخی فرایندهای مقدماتی روی کاه و کلش برنج (مشابه آنچه که در بحث سیلو کردن و غنی‌سازی کاه و کلش برنج عنوان شد) برای رفع نسبی این موانع استفاده می‌شود (شکل ۶). تولید بیوگاز از کاه و کلش برنج در مقیاس روستایی به‌عنوان راهکاری که ضمن تأمین اهداف محیط زیستی، توانمندسازی جوامع روستایی را نیز دنبال می‌کند از سوی مؤسسات تحقیقاتی مختلف و به‌طور ویژه در شرق و جنوب شرق آسیا در حال ترویج است (بانک اطلاعاتی برنج، ۲۰۲۱) و شیوه‌های اجرایی مختلفی برای این اقدام ارائه شده است (شکل ۷).



شکل ۶- فرایندهای پیش فرآوری کاه برنج



شکل ۷- نمونه‌هایی از فرآیند تولید بیوگاز از کاه و کلش برنج در مقیاس روستایی

۹) تولید الکل از کاه و کلش برنج: یکی دیگر از روش‌های استحصال انرژی نهفته در زیست توده، تولید الکل از این ترکیبات است. ساده‌ترین فرآیند تولید الکل از زیست توده به صورت تخمیر گلوکز در حضور مخمر ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) است که به تولید اتانول می‌انجامد. یکی از امتیازات این روش، سازگاری آن برای توسعه در مناطق پر رونق کشاورزی است که می‌تواند فرآورده‌های کربوهیدراته و محصولات زراعی فرعی را جذب کرده و ترکیب

حاصله در همان جوامع کشاورزی و روستایی برای کارکرد موتورها، دستگاه‌های کشاورزی و خودروها و مصارف خانگی قابل استفاده خواهد بود.

۱۰) استفاده از کاه و کلش و پوسته برنج به‌عنوان بستر دام و طیور: استفاده از کاه و کلش غلات از دیرباز به‌عنوان بستر نگهداری دام، به‌ویژه گاو شیری، رواج داشته است. در بحث پرورش طیور، تراشه چوب مهم‌ترین و رایج‌ترین نوع بستر به‌شمار می‌آید که امروزه کاربرد آن به‌دلیل رقابت با دیگر مصارف صنعتی به‌شدت محدود شده و مواد جایگزین متعددی برای آن معرفی شده است و در این بین کاه و کلش غلات و پوسته برنج از منابع مطرح به‌شمار می‌آیند.

۱۱) تولید بریکت‌های سوختی از کاه و کلش و سبوس برنج: امروزه در تلاش برای تخفیف شدت اثرات محیط زیستی استفاده از منابع سوخت فسیلی، ابداعاتی برای تولید ترکیباتی با کارایی مشابه زغال سنگ به انجام رسیده است که ضمن کاهش حجم استفاده از این منبع انرژی تجدیدناپذیر، کاهش انتشار گازهای مضر در هوا را نیز به‌دنبال دارند. از جمله این ابداعات که با استقبال گسترده‌ای نیز مواجه شده است تولید بریکت‌های سوختی از زیست توده (به‌طور مشخص بقایای زراعی) است. تولید بریکت‌های بقایای کشاورزی نسبت به سوزاندن آن‌ها به شکل دست نخورده دارای مزایای مهمی از جمله افزایش ارزش حرارتی خالص در واحد حجم بقایا، حمل و نقل و ذخیره آسان‌تر و مواجهه با بقایایی با اندازه و کیفیت یکنواخت است. با گسترش تولید و استفاده از بریکت کاه و کلش برنج می‌توان گام مهم و ارزشمندی در حفظ و صیانت از درختان جنگلی که به منظور تولید زغال مورد استفاده قرار می‌گیرند، برداشت (شکل ۸).



شکل ۸- شکل‌های رایج بریکت کاه و کلش برنج

۱۲) تولید خمیر کاغذ از کاه و کلش برنج: استفاده بهینه از پسماندهای زراعی در صنعت تولید کاغذ می‌تواند مصداق مناسبی از توسعه پایدار باشد که از یک طرف مانع تخریب بی‌رویه جنگل‌ها برای استفاده در صنعت چوب و کاغذ شده و از طرف دیگر به‌دلیل کوتاه بودن دوره رشد محصولات زراعی و بهره‌برداری بقایای حاصل از برداشت آن‌ها می‌تواند نقش مهمی در بهبود روند تأمین مواد اولیه مورد نیاز صنعت تولید کاغذ داشته باشد (فائو، ۲۰۲۰).

۱۳) تولید مصالح ساختمانی از کاه و کلش برنج: امروزه مصالح ساختمانی متنوعی با استفاده از اشکال فرآوری شده و فرآوری نشده کاه و کلش برنج تولید می‌شوند. به‌طور ویژه در کشورهای توسعه یافته تقاضا برای استفاده از مصالح همسو با پایداری محیط زیست هر ساله رو به افزایش است. از جمله موارد مصرف کاه و کلش برنج در این حیطة می‌توان به تهیه ورقه‌های نئوپان، ورقه‌های ام‌دی‌اف، تخته‌های دوجداره کاه و کلش برنج (قابل استفاده به‌عنوان عایق صدا و دما)، تخته‌ها و بلوک‌های ترکیبی با سیمان (مورد استفاده در پنل‌های سقفی و بلوک‌های ساختمانی)، پوشش سقف گالی، تخته‌های کامپوزیت و در نهایت استفاده از بسته‌های کاه و کلش برنج به‌عنوان جدار داخلی دیواره‌های بیرونی ساختمان‌ها اشاره کرد (کیچسرز، ۲۰۱۶) (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه‌هایی از مصالح ساختمانی تولیدی از کاه و کلش برنج

(الف) ورقه ام‌دی‌اف، (ب) ورقه نئوپان، (ج) تخته‌ها و بلوک‌های ترکیبی با سیمان، (د) تخته‌های دوجداره، (ه) بسته‌های کاه و کلش برنج به‌عنوان جدار داخلی دیواره‌های بیرونی، (و) پوشش سقف گالی

### توصیه ترویجی

کاه و کلش برنج پس از خشک شدن در سطح زمین غالباً به‌عنوان محصولی بی‌ارزش سوزانده می‌شود. هر چند از دیرباز استفاده از کاه و کلش برنج به‌عنوان خوراک دام (در نیمه دوم سال) در بین خانوارهای زارعین سنتی رواج دارد و در سال‌های اخیر نیز بنا به فعالیت‌های ترویجی صورت گرفته از یک سو و افزایش ارزش ریالی کاه و کلش برنج به‌عنوان خوراک دام، از سوی دیگر، از فراگیری آتش زدن کاه و کلش برنج در سطح زمین‌های زراعی کاسته شده است. با این حال باید توجه داشت که علاوه بر کاربردهای بیان شده، امروزه کاربری‌های بسیاری برای کاه و کلش برنج مطرح شده که بسیاری از این موارد در مقیاس کوچک نیز قابل اجرا بوده و می‌تواند ضمن به همراه داشتن مزایای محیط زیستی متعدد، هر ساله از هدر رفت حجم عظیمی از این زیست توده ارزشمند جلوگیری کند. برای دستیابی به این مهم، در گام نخست نیاز است تا راهبردهای موجود معرفی و شناسانده شوند و در ادامه بهره‌برداران بالقوه با در نظر گرفتن مقیاس فعالیت و قدرت سرمایه‌گذاری نسبت به خلق ارزش افزوده از کاه و کلش برنج در مسیر راهبردهای موجود اقدام نمایند. در حال حاضر، به نظر می‌رسد استفاده از کاه و کلش



برنج برای بهبود حاصلخیزی و کاهش فرسایش خاک، تولید کمپوست و تولید سیلاژ جهت تغذیه دام راهکارهای ارجحی هستند که در مقیاس کوچک و با حداقل اتکا بر تأسیسات و سرمایه‌گذاری‌های جدید در دسترس زارعین و دامداران قرار دارند.

### فهرست منابع

- آزماسا، س.ل. و رشتچی، ل. ۱۳۸۴. مجموعه تجربیات شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی گیلان در مدیریت بحران. کارگاه آموزش مدیریت آب در شالیزار. مؤسسه تحقیقات برنج کشور.
- آمارنامه جهاد کشاورزی، جلد دوم. ۱۳۹۹. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. <https://www.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub65/98-99.pdf>
- رضوی‌پور، ت.، بابازاده، ش. ۱۳۹۵. تبدیل کاه و کلش برنج به کمپوست و موارد استفاده از آن. انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور. نشریه ترویجی شماره ۱۵.
- سپهوند، مراد. ۱۳۸۸. تأثیر سوزاندن کاه و کلش گندم بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک. همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی. دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دانشکده کشاورزی. پ. جمشیدی، ا.ا. و حسامی، ع.ا. ۱۳۹۰. حفظ بقایای غلات بر خاک گامی به سوی کشاورزی پایدار، اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار، خوزستان، دانشگاه پیام نور استان خوزستان
- ملکوتی، م. ج. و م. کاووسی. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل برنج. وزارت جهادکشاورزی - معاونت زراعت. صفحه ۶۱۱.
- یوسفی، ر.، حسینی چالستری، م. ۱۳۹۹. دستورالعمل فنی تولید ترتیکاله به عنوان کشت دوم در اراضی شالیزاری (اقلیم گرم و مرطوب). انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور، نشریه فنی شماره ۴۹.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T.H. 2000. Crop nutrient requirements- the nutritional balance concept. In: Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management. PPI and IRRI Handbook series. pp 12-38.
- FAO. 2020. Pulp and paper capacities – Survey. 2016- 2021. <https://doi.org/10.4060/cb1212t>
- IRRI Rice Knowledge Bank. 2021. Off-field rice straw management. <http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/ricestraw>
- Joshi, A.K., Barma, N.C.D., Hakim, M.A., Kalappanavar, I.K., Naik, V.R., Biradar, S.S. and Blümmel, M. 2019. Opportunities for wheat cultivars with superior straw quality traits targeting the semi-arid tropics. Field Crops Research; 231:51-56.
- Keijsers, E.R.P. 2016. Sustainable building materials from rice straw. Agrotechnology and Food Sciences Group. Wageningen. <https://edepot.wur.nl/50870>