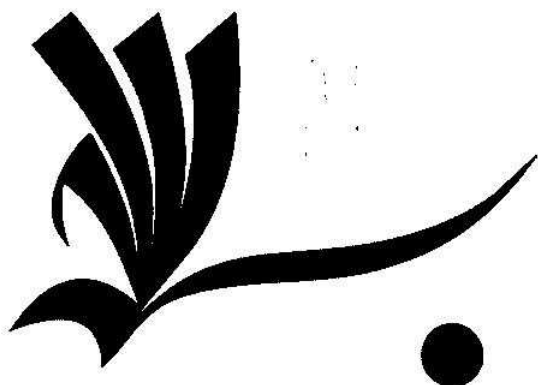




تولید بیوشیمیایی انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی

مؤلفان:

مسیح کریم خانویچه

(پژوهشگر مرکز تحقیقات و نوآوری سازمان اتکا)

دکتر سهیلا یغمایی

(هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف)

سرشناسه	: کریمی علویجه، مسیح، ۱۳۶۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: تولید بیوشیمیایی انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی / مسیح کریمی علویجه، سهیلا ینمایی.
مشخصات نشر	: تهران: اتکا، مرکز تحقیقات و توسعه، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۵۳۲ س: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۸۲۰۴-۳۳-۶-۲۵۰۰۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: پسماندهای کشاورزی — ایران — بازیافت
موضوع	: Agricultural wastes — Recycling — Iran
موضوع	: پسماند فرآورده‌های زراعی — ایران — مدیریت
موضوع	: Crop residue management — Iran
موضوع	: انرژی زیست توده — ایران
موضوع	: Biomass energy — Iran
سازمان	: ینمایی، سهیلا، ۱۳۳۷ -
شماره	: ۱۳۹۵
شماره	: ۲۶۲/۷۲۸۲۰
شماره	: ۱۶۰۹



انتشارات مرکز تمیز و توسعه کتابخانه‌ها (اتکا)

عنوان:	تولید بیوشیمیایی انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی
تألیف:	مسیح کریمی علویجه، سهیلا ینمایی
ویراستار فنی:	دکتر سیدشهاب الدین محمدی
ویراستار ادبی:	وحید محمدی
زمان و نوبت چاپ:	مردادماه ۱۳۹۵، اول
شمارگان:	۲۰۰
طراح جلد:	نوید یوسفی و پیمان بهمنی
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۸۲۰۴-۳۳-۶-۲۵۰۰۰
بهاء:	۲۵۰۰۰ ریال

کلیه حقوق چاپ این کتاب محفوظ و متعلق به مرکز تحقیقات و نوآوری سازمان اتکا است. هر نوع تکثیر یا نشر تمام یا بخشی از این کتاب منوط به اجازه کتبی سازمان اتکا خواهد بود.

نشانی: تهران، خ امام خمینی (ره)، خ شهید مرادی، ساختمان شهدای مرکزی اتکا، طبقه دوم
تلفن: ۰۲۱-۶۱۹۱۵۱۳۴، ۰۲۱-۶۱۹۱۵۳۵۵، وبسایت: www.etkaec.ir ایمیل: tcc@ERDCenter.com

بسمه تعالی

«کار علمی و تحقیقاتی تان را جدی بگیرید... دانش خیلی از نیازهای شما در دانشگاه‌ها وجود دارد.»

مقام معظم رهبری حضرت امام خامنه‌ای (مدظله العالی)

شناخت درست و بهره‌برداری مناسب از منابع انرژی در هر کشوری در پیشرفت و استقلال آن کشور نقش مؤثری دارد. کشور عزیزمان ایران علاوه بر داشتن منابع عظیم نفت و گاز، دارای موهبت‌های خدادادی دیگری در زمینه انرژی تجدیدپذیر و پاک است. پسماندهای کشاورزی به‌عنوان منبعی قابل اطمینان برای تولید سوخت‌ها، زیستی، نویدبخش کاهش وابستگی به منابع فسیلی، کاهش قابل ملاحظه‌ی آلودگی‌های ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های اجتماعی حاصل از آن است.

کتاب حاضر به بررسی اهمیت کنونی بازار جهانی و پتانسیل پسماندهای کشاورزی مناسب در کشور عزیزمان ایران برای تولید سوخت‌های زیستی مختلف، تأثیرات زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از ورود این سوخت‌ها به بازار و سپس فرآیندهای بالادستی و پایین‌دستی در تولید و خالص‌سازی سوخت‌های زیستی راه‌بردبرای قرار می‌دهد.

این کتاب توسط پژوهشگر مرکز تحقیقات توسعه انرژی سازمان اتکا جناب آقای مسیح کریمی علویجه با نظارت و همکاری خانم دکتر سهیلا یغمایی استاد دانشکده مهندسی شیمی و نفت دانشگاه صنعتی شریف تألیف گردیده است. ضمن سپاسگزاری از مؤلف محترم و استاد گرامی هتمای ایشان، امیدوارم این اثر در جهت ارتقا دانش مدیران و دست‌اندرکاران حوزه انرژی در میهن عزیز اسلامی ایران و به‌ویژه سازمان اتکا مورد بهره‌برداری قرار گیرد. انشاء...

محمد مهدی کمالی

مدیرعامل سازمان اتکا

فهرست مطالب

۱	فهرست مطالب
۱۱	فصل ۱: وضعیت سوخت‌های زیستی در ایران و جهان
۱۲	۱-۱ مقدمه
۱۳	۲-۱ چالش انرژی جهان و جذابیت بهره‌برداری از انرژی‌های تجدید پذیر
۱۹	۳-۱ زیست توده
۲۲	۴-۱ انرژی زیستی
۲۵	۵-۱ سوخت‌های زیستی
۲۸	۱-۵-۱ بیواتانک
۳۱	۲-۵-۱ بیودیزل
۳۳	۳-۵-۱ بیوبتانول
۳۵	۴-۵-۱ بیوگاز
۴۰	۵-۵-۱ بیوهیدروژن
۴۲	۶-۱ وضعیت بازار جهانی سوخت‌های زیستی
۴۲	۱-۶-۱ میزان تولید و مصرف سوخت‌های زیستی در جهان
۴۴	۲-۶-۱ بازار سوخت‌های زیستی در ایالات متحده آمریکا
۵۸	۳-۶-۱ بازار سوخت‌های زیستی در برزیل
۶۲	۴-۶-۱ بازار سوخت‌های زیستی در چین
۶۸	۷-۱ ارزیابی و بررسی شرایط کشور ایران در تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی
۶۸	۱-۷-۱ محصولات کشاورزی مناسب در ایران برای تولید سوخت‌های زیستی
۷۲	۱-۱-۷-۱ غلات
۷۹	۲-۱-۷-۱ سبزیجات: سیب‌زمینی
۷۹	۳-۱-۷-۱ نباتات علوفه‌ای

- ۸۱-۱-۷-۱ محصولات صنعتی..... ۸۱
- ۸۶-۱-۷-۱ محصولات باغی..... ۸۶
- ۸۹-۲-۷-۱ روش پتانسیل سنجی تولید سوخت زیستی از پسماندهای کشاورزی..... ۸۹
- ۹۵-۲-۷-۱ پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی ترکیبی از پسماندهای کشاورزی و میزان کاهش آلودگی هوا..... ۹۵
- ۱۰۶-۸-۱ منابع..... ۱۰۶
- فصل ۲: فرایندهای بالادستی در تولید سوخت زیستی از پسماندهای کشاورزی..... ۱۱۹
- ۱-۲-۱ مقدمات..... ۱۲۰
- ۲-۲-۱ حیف کلی فرآیند تولید سوخت زیستی..... ۱۲۱
- ۳-۲-۱ مواد لیگ سلولز و پیش‌فرآوری پسماندهای کشاورزی..... ۱۲۴
- ۱-۳-۲-۱ ترکیب درصد، اندازه، می‌سلولز و لیگنین در پسماندهای کشاورزی..... ۱۲۴
- ۱-۳-۲-۱ سلولز..... ۱۲۴
- ۲-۳-۲-۱ همی سلولز..... ۱۲۵
- ۳-۳-۲-۱ لیگنین..... ۱۲۶
- ۲-۳-۲ روش‌های پیش‌فرآوری پسماندهای کشاورزی..... ۱۲۷
- ۱-۲-۳-۲ پیش‌فرآوری فیزیکی..... ۱۲۸
- ۲-۲-۳-۲ پیش‌فرآوری فیزیکی- شیمیایی..... ۱۳۱
- ۳-۲-۳-۲ پیش‌فرآوری شیمیایی..... ۱۳۵
- ۴-۲-۳-۲ پیش‌فرآوری بیولوژیکی..... ۱۳۹
- ۵-۲-۳-۲ روش‌های سمیت زدایی و حذف مواد بازدارنده از پسماندهای کشاورزی پیش‌فرآوری شده..... ۱۴۲
- ۶-۲-۳-۲ معیارهای انتخاب روش پیش‌فرآوری..... ۱۴۲
- ۴-۲-۴-۲ هیدرولیز پسماند کشاورزی پیش‌فرآوری شده..... ۱۴۴
- ۱-۴-۲-۴ هیدرولیز شیمیایی..... ۱۴۶
- ۱-۱-۴-۲ هیدرولیز با اسید غلیظ..... ۱۴۷

- ۱۴۸..... ۲-۱-۴-۲ هیدرولیز با اسید رقیق
- ۱۴۹..... ۳-۱-۴-۲ انواع راکتورهای هیدرولیز با اسید رقیق
- ۱۵۲..... ۴-۱-۴-۲ استفاده‌ی صنعتی از فناوری هیدرولیز شیمیایی با اسید
- ۱۵۴..... ۲-۴-۲ هیدرولیز آنزیمی
- ۱۵۷..... ۱-۲-۴-۲ استفاده‌ی صنعتی از فناوری هیدرولیز آنزیمی
- ۱۵۹..... ۵-۲ عملیات تولید بیوشیمیایی سوخت‌های زیستی
- ۱۶۰..... ۱-۵-۲ روش‌های عملیات تخمیر
- ۱۶۳..... ۱-۱-۵-۲ تخمیر پیوسته
- ۱۶۸..... ۲-۱-۵-۲ تخمیر پیوسته، خوراک‌دهی شده
- ۱۷۱..... ۳-۱-۵-۲ تخمیر پیوسته
- ۱۷۷..... ۴-۱-۵-۲ عملیات تخمیر ترکیبی، ای تولید سوخت زیستی از پسماندهای کشاورزی
- ۱۸۷..... ۲-۵-۲ طراحی فرمانتور
- ۱۸۹..... ۱-۲-۵-۲ مواد مورد استفاده در ساخت فرمانتور
- ۱۹۴..... ۲-۲-۵-۲ انتخاب میکروارگانیسم، آپ‌بندی مناسب، حذف شرایط ضدعفونی
- ۲۰۲..... ۳-۲-۵-۲ همزن و اختلاط
- ۲۱۵..... ۴-۲-۵-۲ انتقال حرارت و کنترل دمای فرمانتور
- ۲۱۸..... ۳-۵-۲ آماده‌سازی محیط کشت
- ۲۲۵..... ۱-۳-۵-۲ بافر
- ۲۲۶..... ۲-۳-۵-۲ ضد کف
- ۲۲۹..... ۴-۵-۲ استریل کردن فرمانتور و محیط کشت
- ۲۳۰..... ۱-۴-۵-۲ استریل کردن فرمانتور و تجهیزات
- ۲۳۴..... ۲-۴-۵-۲ استریل کردن محیط کشت
- ۲۴۱..... ۳-۴-۵-۲ استریل کردن هوا

۲۴۶	۵-۵-۲ نگهداری میکروارگانیزم، آماده‌سازی مایه تلقیح و توسعه‌ی آن
۲۴۶	۵-۵-۲-۱ نگهداری میکروبی در دمای پایین
۲۴۸	۵-۵-۲-۲ نگهداری میکروبی در شکل خشک و بی‌آب شده
۲۵۰	۵-۵-۳ مایه تلقیح و توسعه‌ی آن
۲۵۱	۶-۲ محصولات جانبی فرآیند تولید بیوشیمیایی سوخت زیستی
۲۵۸	۷-۲ مطالعه‌ی موردی تولید بیوشیمیایی سوخت زیستی و محصولات جانبی از پسماندهای کشاورزی ایران و چین
۲۸۳	۸-۲ منابع
۲۹۹	فصل ۳: فرآیندهای پایه‌ای در تولید بیوشیمیایی سوخت زیستی از پسماندهای کشاورزی
۳۰۰	۱-۳ مقدمه
۳۰۱	۲-۳ توصیف کلی فرآیندهای جداسازی و خالص‌سازی
۳۰۴	۳-۳ فناوری‌های خالص‌سازی و جداسازی سوخت‌های زیستی
۳۰۴	۱-۲-۳ تقطیر
۳۱۱	۱-۱-۳-۳ اتانول بی‌آب
۳۲۲	۲-۱-۳-۳ تقطیر بی‌بوئانول
۳۲۴	۲-۳-۳ فرآیندهای غشایی
۳۳۱	۱-۲-۳-۳ کاربرد غشا در فرآیندهای پیش‌فرآوری، هیدرولیز و تخمیر
۳۳۹	۲-۲-۳-۳ کاربرد غشا برای بازیابی سوخت زیستی
۳۴۴	۳-۳-۳ جذب سطحی
۳۷۵	۴-۳-۳ تبخیر
۳۷۶	۱-۴-۳-۳ تبخیرکننده حرارت دهی مستقیم
۳۷۶	۲-۴-۳-۳ تبخیرکننده لوله‌بلند
۳۷۸	۳-۴-۳-۳ تبخیرکننده جریان اجباری

۳۷۸	 ۴-۳-۳ تبخیرکننده فیلم نازک هم زده
۳۷۹	 ۵-۴-۳ تبخیرکننده لوله-کوتاه
۳۸۰	 ۶-۴-۳ تبخیرکننده های چندمرحله ای
۳۸۴	 ۴-۳ منابع
۳۹۵	 فصل ۴: ارزیابی اقتصادی و شبیه سازی واحد تولید سوخت زیستی
۳۹۶	 ۱-۴ مقدمه
۳۹۷	 ۲-۴ مدت، بیت و مهندسی واحدهای تولید محصولات شیمیایی
۴۰۰	 ۳-۴ تخمین هزینه سرمایه گذاری کارخانه
۴۰۱	 ۱-۳-۴ هزینه ثابت، سرمایه گذاری (FCI)
۴۰۲	 ۱-۱-۳-۴ سرمایه در گردش، سوددهی کارخانه (ISBL)
۴۰۲	 ۲-۱-۳-۴ سرمایه خارج از محدوده کارخانه (OSBL)
۴۰۴	 ۳-۱-۳-۴ هزینه های مهندسی
۴۰۵	 ۴-۱-۳-۴ هزینه های تصادفی و پیش بینی نش
۴۰۶	 ۲-۳-۴ سرمایه در گردش (WCI)
۴۰۷	 ۳-۳-۴ صحت و هدف از تخمین هزینه سرمایه گذاری
۴۰۷	 ۱-۲-۳-۴ طبقه بندی تخمین هزینه بر اساس استاندارد انجمن بین المللی مهندسان (AACE)
۴۱۰	 ۲-۲-۳-۴ روش منحنی هزینه
۴۱۱	 ۳-۲-۳-۴ روش شمارش مرحله یا واحدهای عملکردی
۴۱۳	 ۴-۲-۴ تخمین هزینه تجهیزات خریداری شده
۴۱۳	 ۱-۴-۳-۴ روش منحنی هزینه برای تخمین قیمت تجهیزات خریداری شده
۴۱۸	 ۵-۳-۴ تخمین هزینه نصب
۴۲۲	 ۱-۵-۳-۴ ضرایب لنگ
۴۲۴	 ۲-۵-۳-۴ تخمین دقیق تر هزینه نصب تجهیزات

- ۴-۳-۶ افزایش هزینه ۴۲۸
- ۴-۳-۷ ضرایب مکان ۴۲۹
- ۴-۴ تخمین هزینه‌ی تولید ۴۳۲
- ۴-۴-۱ هزینه‌های نیروی کار عملیاتی ۴۳۶
- ۴-۴-۲ هزینه‌های مواد جانبی ۴۳۸
- ۴-۴-۳ هزینه‌های تصفیه پساب و دفع زباله ۴۴۴
- ۴-۴-۴ هزینه‌های مواد خام ۴۴۸
- ۴-۵ تحلیل و ارزیابی اقتصادی طرح ۴۵۰
- ۴-۵-۱ اتو بهره ۴۵۳
- ۴-۵-۱-۱ بهره سالانه ۴۵۳
- ۴-۵-۱-۲ بهره‌ی ترکیبی ۴۵۳
- ۴-۵-۲ مبنای زمانی در محاسبات ۴۵۵
- ۴-۵-۲-۱ نرخ بهره‌ی سالانه‌ی مؤثر ۴۵۵
- ۴-۵-۳ نمودار جریان نقدینگی (CFD) ۴۵۷
- ۴-۵-۳-۱ نمودار جریان نقدینگی گسترده ۴۵۷
- ۴-۵-۳-۲ نمودار جریان نقدینگی تجمعی ۴۵۷
- ۴-۵-۴ محاسبات اقتصادی با استفاده از نمودار جریان نقدینگی ۴۵۹
- ۴-۵-۴-۱ مقرری سالانه ۴۶۱
- ۴-۵-۴-۵ تورم ۴۶۴
- ۴-۵-۶ استهلاک ۴۶۶
- ۴-۵-۶-۱ روش‌های تخمین هزینه‌ی استهلاک ۴۶۷
- ۴-۵-۷ جریان نقدینگی کارخانه ۴۷۲
- ۴-۵-۸ تحلیل نقطه‌ی سربه‌سری بر اساس صفر شدن ناخالص ۴۷۵

- ۴-۵-۸-۱ تعیین اندازه‌ی کارخانه با تحلیل نقطه‌ی سربه‌سری بر اساس صفر شدن سود ناخالص ۴۷۷
- ۴-۵-۹ تحلیل نمودار جریان نقدینگی کارخانه ۴۸۲
- ۴-۵-۱۰ معیارهای سودآوری کارخانه ۴۸۶
- ۴-۵-۱۰-۱ معیارهای غیر نزولی برای تحلیل سودآوری کارخانه ۴۸۶
- ۴-۵-۱۰-۲ معیارهای نزولی برای تحلیل سودآوری کارخانه ۴۸۷
- ۴-۵-۱۱ تحلیل نقطه‌ی سربه‌سری بر اساس صفر شدن NPV ۴۹۴
- ۴-۱۱- تعیین اندازه‌ی کارخانه با تحلیل نقطه‌ی سربه‌سری بر اساس صفر شدن NPV ۴۹۷
- ۴-۵-۱۲ تحلیل حساسیت ۵۰۱
- ۴-۵-۱۳ ارزیابی ریسک خلیج سودآوری کارخانه ۵۰۴
- ۴-۶ شبیه‌سازی واحدهای شیمیایی و ترازوهای شبیه‌ساز ۵۱۰
- ۴-۷ منابع ۵۲۹

پیشگفتار

افزایش آگاهی‌های انسان از پیچیدگی‌های آفرینش سبب تغییر نگرش‌های بنیادین به جهان و موهبت‌های موجود در آن شده است و از این‌رو علوم متنوعی در راستای کشف حقایق خلقت و افزایش کیفیت زندگی بشر توسعه پیدا کرده است. اکتشاف و شناخت منابع فسیلی سبب تحول اساسی در صحنه‌ی بین‌المللی شد و تلاش‌های گسترده‌ای در راستای استخراج و بهره‌برداری از این منابع شکل گرفت که سبب تبدیل سوخت‌های فسیلی به‌عنوان منبع اصلی انرژی در سراسر جهان شد. توسعه و شکوفایی صنایع نیازمند انرژی است. با بهره‌برداری از منابع فسیلی جهش چشمگیری در انقلاب صنعتی در جهان رخ داد به‌طوری‌که تصور دنیای بدون نفت و سایر منابع فسیلی مکان‌پذیر نیست و نوسانات اقتصادی وابستگی شدیدی به وضعیت این نوع سوخت‌ها دارد.

پس از بحران نفتی دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی، نگرش‌های جدیدی در بهره‌برداری از سایر منابع انرژی به‌ویژه در کشورهای غنا، منابع فسیلی شکل گرفت. همچنین امروزه اهمیت حفظ محیط‌زیست بسیار افزایش یافته است و جدای از بحث تأمین انرژی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی از اولویت‌های تحقیقاتی به شمار می‌آید. به پایان رسیدن ذخایر فسیلی، حقیقتی است که در آینده‌ای نزدیک تمامی کشورهای جهان، چه دارای منابع فسیلی و چه فاقد این منابع، با آن مواجه خواهند شد. با توجه به اهمیت فراوان این موضوع تلاش‌های بین‌المللی برای افزایش توجهات به منابع جایگزین شکل گرفته و به سرعت در حال توسعه است. زیست‌توده به‌عنوان یکی از منابع فراوان و وسیع که در سراسر جهان یافت می‌شود، می‌تواند برای تأمین انرژی بشر در آینده استفاده شود. این منبع پاک و تجدید پذیر است.

کشاورزی نیاز اساسی بشر است و بدون توجه به آن تأمین غذای انسان با بحران اساسی مواجه خواهد شد. بنابراین توسعه‌ی صنعت کشاورزی لازمی برای بقای هر کشوری است. باوجودآنکه در دهه‌های پیشین تولید سوخت‌های زیستی نسل اول از محصولات کشاورزی مانند غلات رونق گرفت، هم‌اکنون با کمبود غذا در جهان و رشد جمعیت، استفاده از محصولات کشاورزی برای تولید انرژی قابل‌رقابت با استفاده از آن‌ها به‌عنوان غذا نیست.

پسماندهای حاصل از محصولات کشاورزی به‌عنوان یکی از انواع اصلی زیست‌توده در جهان شناخته می‌شود. تولید انرژی از این مواد در رقابت با تأمین غذا نیست. از طرفی سوزاندن این پسماندها در زمین‌های کشاورزی سبب تضعیف خاک و مشکلات زیست‌محیطی و بوم‌شناختی می‌شود؛ از این‌رو در دهه‌ی گذشته و به‌ویژه سال‌های اخیر توجهات علمی و صنعتی کلانی به

پسماندهای کشاورزی به عنوان منبع پایدار، تجدید پذیر، فراوان و ارزان قیمت شکل گرفته است و بر اساس بانک اطلاعاتی اسکوپوس^۱ از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بالغ بر ۴۰۰۰ انتشار علمی در این زمینه ارائه گردیده است و بر اساس بانک اطلاعاتی کارگروه ۳۹ آژانس بین المللی انرژی^۲ تا سال ۲۰۱۵ در حدود ۸۷ طرح صنعتی برای تولید بیوشیمیایی سوخت های زیستی از پسماندهای کشاورزی در سراسر جهان ارائه شده است. بنابراین تأمین بخشی از انرژی کشور با بهره گیری از پسماندهای کشاورزی می تواند سبب تشویق سرمایه گذاران و کشاورزان شود که رونق صنعت کشاورزی را به همراه خواهد داشت. بر اساس چشم انداز علم و فناوری مندرج در نقشه جامع علمی کشور، بهره داری از منابع انرژی های نو و تجدید پذیر، بازیافت و تبدیل انرژی، کاهش آلودگی را و فناوری های زیست محیطی از اولویتهای اصلی به شمار می آید.

در این کتاب اهمیت به مانده های کشاورزی به عنوان منبعی ارزشمند جهت تولید انرژی و کاهش آلودگی هوا و هزینه های اجتماعی مرتبط با آن در جهان و ایران به طور جامع بحث می شود و فرآیندهای بالادستی، پایلوتی و روش های ارزیابی فنی و اقتصادی پالایشگاه های زیستی برای تولید سوخت های زیستی در پسماندهای کشاورزی تشریح می گردد. این اثر می تواند به عنوان مرجعی برای تحقیقات دانشجویی، علمی، مطالعات صنعتی و آزمایشگاهی، مهندسان و علوم مرتبط به ویژه مهندسان شیمی، مهندسان انرژی، انرژی به کار رود. از طرفی سیاست گذاران با مطالعه این کتاب تصمیمات آگاهانه تری در ارتباط با مدیریت پسماندهای کشاورزی می توانند اتخاذ کنند. سیاست های آینده ممکن است شامل اقدامات تحقیق و توسعه، معافیت های مالیاتی و یارانه های دولتی برای تولیدکنندگان و کشاورزان، تسهیل تشویقی به منظور ایجاد انگیزه در کشاورزان برای جمع آوری پسماندهای کشاورزی و قوانین - ریمه های برای سوزاندن این مواد در زمین های کشاورزی باشد.

¹ <http://www.scopus.com>

² <http://demoplants.bioenergy2020.eu>