انرژی پایدار در کشاورزی

(توسعه انرژی‌های پایدار)

مترجمان:
ترحم مصری گندشمین
محمدعلی میسمی
علی میرزازاده

انرژی پایدار در کشاورزی

توسعه انرژی‌های پایدار

مولفـان:

Jochen Bundschuh

Guangnan Chen

مترجمان:

ترحم مصری گندشمین

محمدعلی میسمی

علی میرزازاده

انرژی پایدار در کشاورزی (توسعه انرژی‌های پایدار)

نام پدیدآور: مولفان [صحیح: ویراستار] یوخن بوندشو، گوانگنن چن؛
مترجمان ترحم مصری‌گندشمین، محمدعلی میسمی، علی میرزازاده.

مشخصات ظاهری: ۶۳۶ ص.:

شابک: 978-622-7258-94-3

عنوان اصلی: Sustainable energy solutions in agriculture

موضوع: کشاورزی -- مصرف انرژی--صرفه‌جویی در انرژی
Agriculture -- Energy consumption-- Energy conservation

رده بندی کنگره: S ۴۹۴/۵

رده بندی دیویی: ۳۳۸/۱

شماره کتابشناسی ملی: ۸۸۰۶۷۹۰

ویراستار: امیرحسین افکاری / صفحه‌آرا: فرشته خدایاری/ طرح جلد: علی رسول‌زاده،

✦ چاپ اول بهار ۱۴۰۱ ✦ قیمت ۱۳۵۰۰۰ تومان ✦

«حق چاپ محفوظ است»

اردبیل، انتهای خیابان دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، صندوق پستی ۱۷۹
۰۹۱۴۳۰۵۷۲۸۴ mesrigtm@uma.ac.ir
www.UMA.ac.ir/press

انسان اگر جریان قانون را در جهان هستی نادیده بگیرد، با شکست قطعی روبرو خواهد گشت و اگر خود را با آن قانون تطبیق نماید، پیروز خواهد بود.

علامه محمدتقی جعفری

فهرست مطالب

مقدمه مترجمان ۲۹

فصل اول ۳۱

به سوی کشاورزی مبتنی بر فناوری‌های با انرژی پایدار ۳۱

۱-۱ مقدمه ۳۱

۱-۱-۱ چالش‌ها ۳۸

۱-۲ گزینه‌های انرژی پایدار در کشاورزی ۳۹

۱-۲-۱ بازده انرژی ۴۰

۱-۲-۱-۱ افزایش بازده آبیاری و انرژی سیستم‌های آبی ۴۲

۱-۲-۱-۲ سرمایش و گرمایش ۴۳

۱-۲-۲ بیومس و پسماندهای آن به‌عنوان منبع سوخت، برق، و کودهای زیستی کربن خنثی ۴۴

۱-۲-۳ سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر غیرمتمرکز (خورشیدی، بادی، ژئوترمال) ۴۵

۱-۲-۴ سود اقتصادی غذای سبز ۴۵

۱-۳ جمع‌بندی ۴۶

منابع ۴۷

فصل دوم ۴۹

امنیت منابع انرژی در مزرعه: عرضه، تقاضا و بازده انرژی ۴۹

۲-۱ مقدمه ۴۹

۲-۱-۱ دسترسی انرژی ۵۱

۲-۱-۲ اثرات زیست‌محیطی ۵۴

۲-۱-۳ رابطه قیمت غذا با انرژی ۵۴

۲-۲ روندهای جهانی انرژی ۵۶

۲-۲-۱ پر کردن شکاف تولید آلاینده‌ها ۶۱

۲-۳ سایر مسائل مهم مربوطه ۶۳

۲-۳-۱ ثبات اقتصادی ۶۳

۲-۳-۲ رقابت بر سر کاربری زمین زراعی ۶۴

۲-۳-۳ تغییرات آب‌وهوایی خطرناک ۶۴

۲-۳-۴ اقدامات فعلی ناکافی است ۶۵

۲-۴ عرضه جهانی انرژی در بخش کشاورزی ۶۷

۲-۵ بازده انرژی در کشاورزی ۷۰

۲-۵-۱ تراکتور و ماشین‌آلات ۷۳

۲-۵-۲ آبیاری ۷۴

۲-۵-۳ کودها ۷۵

۲-۵-۴ مزارع لبنی ۷۶

۲-۵-۵ مزارع پرورش گاو و گوسفند ۸۰

۲-۵-۶ دامداری‌های فشرده (صنعتی) و پرورش ماهی ۸۱
۲-۵-۷ گلخانه ۸۵
۲-۵-۸ باغداری ۸۸
۲-۵-۹ برداشت ۹۱
۲-۶ جمع‌بندی ۹۴
منابع ۹۵

فصل سوم ۱۰۱
انرژی در تولید محصولات زراعی ۱۰۱
۳-۱ مقدمه ۱۰۱
۳-۲ توزیع انرژی در سیستم‌های زراعی ۱۰۲
۳-۳ بازده انرژی نهاده‌ها ۱۰۴
۳-۳-۱ عملیات ماشینی در مزارع ۱۰۴
۳-۳-۲ انتقال توان کششی ۱۰۵
۳-۳-۳ بازده عملیات خاک‌ورزی ۱۰۷
۳-۴ آماده‌سازی زمین و عملیات خاک‌ورزی ۱۰۹
۳-۴-۱ ادوات خاک‌ورزی ۱۰۹
۳-۴-۲ اهداف و کارکردهای خاک‌ورزی ۱۱۱
۳-۵ انرژی غیرمستقیم (نهان) ۱۱۲
۳-۵-۱ ماشین‌آلات ۱۱۲
۳-۵-۲ کود ۱۱۴
۳-۵-۳ مواد شیمیایی کشاورزی ۱۱۶
۳-۶ زراعت با انرژی مقرون‌به‌صرفه‌تر ۱۱۸
۳-۶-۱ ملاحظات کلی ۱۱۸
۳-۶-۲ کشاورزی بی‌خاک‌ورزی و حفاظتی ۱۲۰
۳-۶-۳ کنترل تردد در کشاورزی ۱۲۳
۳-۶-۴ فناوری‌های نوین و پیشرفته ۱۲۶
۳-۶-۴-۱ کشاورزی دقیق ۱۲۶
۳-۶-۴-۲ ناوبری دقیق ۱۲۷
۳-۶-۴-۳ رباتیک ۱۲۷
۳-۶-۵ مقایسه انرژی سیستم کشت ۱۲۸
۳-۷ جمع‌بندی ۱۳۰
منابع ۱۳۲

فصل چهارم ۱۳۷
مصرف انرژی فسیلی و نشر دی‌اکسیدکربن در کشاورزی ۱۳۷
۴-۱ مقدمه ۱۳۷
۴-۱-۱ مسائل و مشکلات مصرف انرژی ۱۳۷
۴-۱-۱-۱ انتشار GHG ۱۳۸
۴-۱-۱-۲ عرضه انرژی ۱۳۸

۴-۱-۱-۳ امنیت غذایی ۱۳۸
۴-۱-۱-۴ محصولات بیوسوخت ۱۳۹
۴-۱-۱-۵ هم‌نوایی با تغییرات آب‌وهوایی ۱۳۹
۴-۱-۲ تعیین بودجه انرژی مزرعه ۱۴۰
۴-۱-۲-۱ گروه ۱ ۱۴۰
۴-۱-۲-۲ گروه ۲ ۱۴۲
۴-۱-۲-۳ گروه ۳ ۱۴۲
۴-۱-۲-۴ صور دیگر انرژی ۱۴۲
۴-۲ روش پژوهش ۱۴۳
۴-۲-۱ مدل‌سازی مصرف انرژی مزرعه ۱۴۳
۴-۲-۲ محاسبات عملیات زراعی ۱۴۴
۴-۲-۳ تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی ۱۴۵
۴-۲-۴ میزان نشر دی‌اکسیدکربن از سوخت فسیلی ۱۴۶
۴-۲-۵ نشر گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی در مزرعه ۱۴۸
۴-۳ محاسبات انرژی مزرعه ۱۴۹
۴-۳-۱ کاربری اراضی ۱۵۰
۴-۳-۱-۱ کاربری زمین ۱۵۱
۴-۳-۱-۲ عملیات زراعی ۱۵۱
۴-۳-۱-۳ بودجه‌بندی مصرف انرژی در مزرعه ۱۵۲
۴-۳-۱-۴ مصرف انرژی فسیلی برای تولید دام ۱۵۳
۴-۴ جمع‌بندی ۱۵۴
منابع ۱۶۰

فصل پنجم ۱۶۵
فناوری‌های پربازده انرژی در کشاورزی پایدار و صنایع غذایی ۱۶۵
۵-۱ مقدمه ۱۶۵
۵-۲ مصرف انرژی در تولید کشاورزی و فرآوری غذا ۱۶۶
۵-۲-۱ مصرف انرژی در تولید کشاورزی ۱۶۶
۵-۲-۲ مصرف انرژی در صنایع غذایی ۱۶۸
۵-۲-۲-۱ مروری بر مصرف انرژی در صنایع غذایی ۱۶۸
۵-۲-۲-۲ مصرف انرژی در بخش‌های مختلف تولید غذا ۱۷۰
۵-۲-۲-۳ مصرف انرژی در دیگر محصولات غذایی ۱۷۱
۵-۲-۳ منابع انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی ۱۷۲
۵-۲-۳-۱ نهاده انرژی صنایع کشاورزی ۱۷۲
۵-۲-۳-۲ نهاده انرژی صنایع غذایی ۱۷۳
۵-۲-۴ بازده انرژی صنایع غذایی و کشاورزی ۱۷۷
۵-۳ حفظ و مدیریت انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی ۱۷۸
۵-۳-۱ حفظ انرژی در تولید کشاورزی ۱۷۸
۵-۳-۲ حفظ انرژی در صنایع غذایی و تجهیزات فرآوری ۱۸۰
۵-۳-۲-۱ صرفه‌جویی انرژی در تأمین بخار ۱۸۰

۵-۳-۲-۲ صرفه‌جویی انرژی در تأمین هوای فشرده ۱۸۱
۵-۳-۲-۳ صرفه‌جویی انرژی در عرضه برق ۱۸۱
۵-۳-۲-۴ صرفه‌جویی انرژی در مبدل‌های حرارتی ۱۸۲
۵-۳-۲-۵ صرفه‌جویی انرژی از طریق بازیابی گرمای اتلافی ۱۸۲
۵-۳-۳ صرفه‌جویی انرژی در عملیات واحد صنایع غذایی ۱۸۳
۵-۳-۳-۱ صرفه‌جویی انرژی در فرایندهای حرارتی ۱۸۳
۵-۳-۳-۲ صرفه‌جویی انرژی در فرایندهای تغلیظ، دهیدراسیون و خشک‌کردن ۱۸۴
۵-۳-۳-۳ صرفه‌جویی انرژی در تبرید و انجماد ۱۸۵
۵-۴ فناوری‌های با بازده بالای انرژی در صنایع کشاورزی و غذایی ۱۸۷
۵-۴-۱ چرخه‌های جدید ترمودینامیکی و کاربردهای آن ۱۸۷
۵-۴-۱-۱ پمپ حرارتی ۱۸۷
۵-۴-۱-۲ چرخه‌های تبرید نوین ۱۹۰
۵-۴-۱-۳ لوله‌های حرارتی ۱۹۴
۵-۴-۲ کاربرد فرایندهای غذایی غیرحرارتی ۱۹۵
۵-۴-۲-۱ تابش به مواد غذایی ۱۹۶
۵-۴-۲-۲ میدان الکتریکی پالس‌دار ۱۹۶
۵-۴-۲-۳ فرآوری فشار بالا ۱۹۷
۵-۴-۲-۴ پردازش غشایی ۱۹۷
۵-۴-۲-۵ فرآوری سیال فوق بحرانی ۱۹۸
۵-۴-۳ روش‌های گرمایشی نوین ۱۹۹
۵-۴-۳-۱ گرمایش مایکروویوی ۱۹۹
۵-۴-۳-۲ گرمایش اهمی ۲۰۰
۵-۴-۳-۳ تابش مادون‌قرمز ۲۰۱
منابع ۲۰۱

فصل ششم ۲۰۵
هوشمندسازی انرژی در صنایع غذایی: سیاست‌گذاری، فناوری و رویکردها ۲۰۵
۶-۱ مقدمه ۲۰۵
۶-۱-۱ چالش‌های کلیدی ۲۰۷
۶-۱-۲ مقیاس‌های فعالیت کشاورزی ۲۱۰
۶-۱-۲-۱ کشاورزانی معیشتی ۲۱۲
۶-۱-۲-۲ مزارع خانوادگی کوچک ۲۱۲
۶-۱-۲-۳ کسب‌وکارهای کوچک ۲۱۳
۶-۱-۲-۴ مزارع بزرگ ۲۱۳
۶-۲ نهاده‌های انرژی و نشر GHG ۲۱۵
۶-۲-۱ نهاده‌های انرژی در تولید اولیه ۲۱۹
۶-۲-۱-۱ تراکتور و ماشین‌آلات ۲۲۰
۶-۲-۱-۲ آبیاری ۲۲۱
۶-۲-۱-۳ کودها ۲۲۲
۶-۲-۱-۴ دام و طیور ۲۲۲

۶-۲-۱-۵ کشت حفاظتی در گلخانه ۲۲۳
۶-۲-۱-۶ پرورش ماهی و صنایع شیلات ۲۲۳
۶-۲-۱-۷ جنگلداری ۲۲۴
۶-۲-۲ انرژی در فعالیت‌های پس از برداشت ۲۲۴
۶-۲-۲-۱ خشک‌کردن، سرد کردن و انبارداری ۲۲۴
۶-۲-۲-۲ حمل‌ونقل و توزیع ۲۲۵
۶-۲-۳ فرآوری مواد غذایی ۲۲۸
۶-۲-۳-۱ نگهداری و پخت‌وپز ۲۲۸
۶-۳ ابعاد انسانی ۲۲۹
۶-۳-۱ ضایعات پسماندهای غذایی ۲۳۰
۶-۳-۲ تغییر رژیم غذایی ۲۳۳
۶-۳-۳ سیستم‌های مدرن انرژی ۲۳۵
۶-۴ کشاورزی منبع انرژی تجدیدپذیر ۲۳۵
۶-۴-۱ منابع انرژی تجدیدپذیر ۲۳۷
۶-۴-۲ سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر ۲۳۹
۶-۴-۲-۱ بیومس و بیوانرژی ۲۴۰
۶-۴-۲-۲ انرژی تجدیدپذیر به‌استثنای بیومس ۲۴۳
۶-۴-۳ پتانسیل کشاورزی با انرژی هوشمند ۲۴۵
۶-۴-۳-۱ چشم‌انداز سیستم‌های کشاورزی ۲۴۵
۶-۴-۳-۲ روندهای سازمانی و کسب‌وکارهای خلاقانه ۲۴۹
۶-۵ سیاست‌گذاری‌ها ۲۵۰
۶-۵-۱ خط‌مشی‌های فعلی ۲۵۱
۵-۵-۲ ریل‌گذاری برای آینده ۲۵۳
۶-۵-۲-۱ کشاورزی ۲۵۳
۶-۵-۲-۲ دسترسی به انرژی ۲۵۴
۶-۵-۲-۳ تغییرات اقلیمی ۲۵۴
۶-۵-۲-۴ افزایش بهره‌وری مصرف انرژی ۲۵۵
۶-۵-۲-۵ استفاده از انرژی تجدیدپذیر ۲۵۵
۶-۵-۲-۶ رفتار انسانی ۲۵۸
۶-۶ مواد غذایی با انرژی هوشمند ۲۵۹
منابع ۲۶۱

فصل هفتم ۲۶۹
وابستگی غذا به انرژی، آب در زراعت آبی ۲۶۹
۷-۱ مقدمه ۲۶۹
۷-۱-۱ انرژی در کشاورزی ۲۷۰
۷-۲ رابطه انرژی و آب در تولید ۲۷۱
۷-۲-۱ انرژی آبیاری ۲۷۳
۷-۲-۱-۱ فاکتورهای مؤثر بر مصرف انرژی آبیاری ۲۷۵
۷-۲-۲ انرژی کود ۲۷۶

۷-۲-۳ انرژی مواد شیمیایی کشاورزی ۲۷۷
۷-۲-۴ انرژی ماشین‌آلات و تجهیزات ۲۷۸
۷-۲-۴-۱ فاکتورهای مؤثر بر مصرف نهاده انرژی در زراعت ۲۷۸
۷-۳ الگوهای مصرف انرژی در کشاورزی آبی ۲۷۹
۷-۳-۲ الزامات داده‌ها ۲۸۱
۷-۳-۳ آنالیز مصرف آب و انرژی ۲۸۲
۷-۳-۳-۱ نیازهای آبی محصولات ۲۸۲
۷-۳-۳-۲ محاسبه انرژی ۲۸۲
۷-۳-۴ جمع‌بندی ۲۸۴
۷-۳-۴-۱ شرایط پایه‌ای مصرف آب و انرژی ۲۸۴
۷-۳-۴-۲ پتانسیل صرفه‌جویی آب و انرژی در آبیاری تحت‌فشار ۲۸۷
۷-۴ راهبردهای مدیریت پایدار انرژی و آب در کشت آبی ۲۹۱
۷-۴-۱ ملاحظات فنی ۲۹۱
۷-۴-۲ ملاحظات سیاسی ۲۹۲
۷-۵ جمع‌بندی ۲۹۳
منابع ۲۹۴

فصل هشتم ۲۹۹
مصرف انرژی و پایداری آن در دامپروری ۲۹۹
۸-۱ انرژی و پرورش دام و طیور ۲۹۹
۸-۱-۱ انرژی چیست؟ ۳۰۱
۸-۱-۲ مصرف انرژی و آلاینده‌ها ۳۰۳
۸-۱-۳ انرژی مستقیم و غیرمستقیم ۳۰۴
۸-۱-۴ بازده ۳۰۵
۸-۱-۵ آنالیز انرژی ۳۰۶
۸-۱-۵-۱ روش‌های تحلیل انرژی ۳۰۶
۸-۱-۵-۲ نسبت انرژی ۳۰۹
۸-۱-۵-۳ مصرف انرژی ویژه ۳۱۱
۸-۱-۵-۴ انواع آنالیز انرژی ۳۱۳
۸-۲ پایداری تولیدات دامی ۳۱۵
۸-۲-۱ پایداری ۳۱۵
۸-۲-۲ معادل‌های CO_2 ..... ۳۱۹
۸-۲-۳ نشر GHG توسط احشام ۳۱۹
۸-۳ مصرف انرژی در تولیدات احشام ۳۲۱
۸-۳-۱ تولید خوراک دام ۳۲۱
۸-۳-۱-۱ تولید محصول ۳۲۲
۸-۳-۱-۲ تولید علف و یونجه ۳۲۴
۸-۳-۱-۳ محصولات کنسانتره ۳۲۵
۸-۳-۲ تهویه ۳۲۵
۸-۳-۳ روشنایی ۳۲۸

۸-۳-۴ گرمایش محل زندگی حیوانات ۳۳۰
۸-۳-۴-۱ رسانش گرما ۳۳۱
۸-۳-۴-۲ تلفات گرمای ناشی از تهویه ۳۳۴
۸-۳-۵ پیایش مصرف انرژی ۳۳۵
۸-۴ مصرف و صرفه‌جویی انرژی در تولیدات دامی ۳۳۷
۸-۴-۱ مصرف انرژی در تولیدات دامی ۳۳۷
۸-۴-۲ مصرف انرژی در تولید شیر ۳۳۸
۸-۴-۲-۱ سیستم تولید شیر ۳۳۸
۸-۴-۲-۲ انرژی مصرفی در تولید شیر ۳۴۰
۸-۴-۲-۳ تولید خوراک و مواد خوراکی ۳۴۱
۸-۴-۲-۴ استفاده از انرژی مستقیم ۳۴۲
۸-۴-۲-۵ شیردوشی و سرد کردن شیر ۳۴۳
۸-۴-۲-۶ روشنایی ۳۴۶
۸-۴-۲-۷ تهویه ۳۴۷
۸-۴-۲-۸ پمپاژ آب و آب داغ ۳۴۹
۸-۴-۲-۹ پرورش گاو ۳۵۰
۸-۴-۴ مصرف انرژی در تولید جوجه‌های گوشتی ۳۵۱
۸-۴-۴-۱ تولید جوجه‌های گوشتی ۳۵۱
۸-۴-۴-۲ مصرف انرژی در تولیدات جوجه‌های گوشتی ۳۵۲
۸-۴-۴-۳ روشنایی ۳۵۵
۸-۴-۴-۴ تهویه ۳۵۷
۸-۴-۴-۵ گرمایش ۳۵۹
۸-۴-۴-۶ خوراک و تغذیه ۳۶۰
۸-۵ جمع‌بندی ۳۶۳
منابع ۳۶۴

فصل نهم ۳۶۷
موتور دیزل منبع اصلی توان کشاورزی: کاهش آلایندگی و مکانیزاسیون پایدار ۳۶۷
۹-۱ موتور دیزل به‌عنوان اصلی‌ترین منبع توان کشاورزی ۳۶۷
۹-۲ مقررات جهانی نشر آلاینده‌های غیرجاده‌ای ۳۶۸
۹-۳ ساختمان موتورهای دیزل ۳۷۵
۹-۳-۱ سیستم احتراق ۳۷۵
۹-۳-۲ سیستم الکترونیکی کنترل موتور ۳۷۷
۹-۳-۳ سیستم پاشش سوخت ۳۷۹
۹-۳-۴ توربوشارژر ۳۸۱
۹-۳-۵ گردش دوباره گاز خروجی ۳۸۳
۹-۴ فناوری‌های پیش‌تیمار گازهای اگزوز ۳۸۴
۹-۴-۱ ذرات معلق و NO_x ۳۸۴
۹-۴-۲ فیلتراسیون خروجی ۳۸۵
۹-۴-۳ روش‌های بازتولید ۳۸۵

۹-۴-۴ فناوری‌های بازیافت فعال ۳۸۶
۹-۴-۵ کاتالیست اکسیداسیون دیزل (DOC) ۳۸۸
۹-۴-۶ فیلتر ذرات دیزل (DPF) ۳۸۹
۹-۴-۷ بستن کیت کاتالیزور ۳۹۰
۹-۴-۸ سیستم تعیین دوز سوخت خروجی ۳۹۰
۹-۴-۹ یکپارچه‌سازی و کنترل سیستم‌های پس‌سوز ۳۹۱
۹-۴-۹-۱ کنترل دمای خروجی DOC ۳۹۱
۹-۴-۹-۲ پیش‌بینی مقدار دوده ۳۹۲
۹-۴-۹-۳ کنترل بازیابی فعال ۳۹۳
۹-۴-۱۰ فناوری‌های تیمار NOx اگزوز موتورهای دیزل ۳۹۵
۹-۴-۱۰-۱ کاهش کاتالیزوری انتخابی (SCR) ۳۹۶
۹-۵ تجمیع رده‌های آلاینده‌های دیزل ۳۹۸
۹-۵-۱ موتورهای رده ۳ و قبل‌تر ۳۹۸
۹-۵-۲ مطابقت با US EPA رده ۴ ۳۹۹
۹-۶ سوخت زیستی برای موتورهای دیزل مدرن ۴۰۲
منابع ۴۰۳

فصل دهم ۴۰۵
تولید بیوسوخت‌ها از میکروجلبک ۴۰۵
۱۰-۱ مقدمه ۴۰۵
۱۰-۱-۱ مقدمه‌ای بر سوخت‌های زیستی ۴۰۵
۱۰-۱-۲ تاریخچه بررسی سوخت‌های زیستی از ریزجلبک ۴۰۶
۱۰-۱-۳ مزایای بالقوه استفاده از ریزجلبک‌ها به‌عنوان ماده اولیه سوخت زیستی ۴۰۷
۱۰-۱-۴ مروری بر تولید سوخت زیستی از ریزجلبک ۴۰۸
۱۰-۱-۵ وضعیت فعلی تولید تجاری سوخت زیستی ریزجلبک و چشم‌اندازهای آینده ۴۱۲
۱۰-۲ خصوصیات کلی ریزجلبک ۴۱۳
۱۰-۲-۱ طبقه‌بندی و خصوصیات کلی ۴۱۳
۱۰-۲-۱ تأمین منابع و نگهداری از گونه‌ها یا واریته‌های ریزجلبک ۴۱۴
۱۰-۲-۳ پروفیل شیمیایی ریزجلبک ۴۱۵
۱۰-۲-۳-۱ ترکیب تقریبی ۴۱۵
۱۰-۲-۳-۲ جنبه‌های کیفی ترکیب تقریبی- اسیدهای آمینه و قندها ۴۱۶
۱۰-۲-۳-۳ دسته بندی چربی و اسیدهای چرب ۴۱۸
۱۰-۲-۳-۴ سایر اجزای شیمیایی ریزجلبک‌های موردتوجه در زمینه تجاری ۴۲۰
۱۰-۳ انتخاب واریته‌های مناسب برای مواد اولیه سوخت زیستی ۴۲۴
۱۰-۳-۱ سرعت رشد و تحمل شرایط زیست‌محیطی در محیط‌های کشت کوچک ۴۲۴
۱۰-۳-۲ غربالگری چربی کل و کیفیت اسید چرب ۴۲۴
۱۰-۳-۳ معیارهای دیگر برای انتخاب واریته ۴۲۷
۱۰-۴ افزایش مقیاس و گسترش تولید زیست‌توده ریزجلبک ۴۲۷
۱۰-۴-۱ ملاحظات کلی ۴۲۷
۱۰-۴-۱-۱ نور و دما ۴۲۸

۱۰-۴-۱-۲ مواد مغذی غیرارگانیک ۴۳۰
۱۰-۴-۱-۳ CO_2 ۴۳۱
۱۰-۴-۱-۴ زمین و آب ۴۳۱
۱۰-۴-۲ سیستم حوضچه ۴۳۳
۱۰-۴-۳ فوتوبیوراکتورها (PBRs) ۴۳۶
۱۰-۴-۴ سیستم‌های تخمیر ۴۳۹
۱۰-۴-۵ سیستم‌های رشد ترکیبی ۴۳۹
۱۰-۴-۶ بهره‌وری سیستم‌های رشد ریزجلبک ۴۴۰
۱۰-۴-۷ بهبود بهره‌وری از طریق روشهای فنی و بیولوژیکی ۴۴۲
۱۰-۴-۷-۱ طراحی سیستم کشت ۴۴۲
۱۰-۴-۷-۲ رویکردهای اکولوژیکی ۴۴۳
۱۰-۴-۷-۳ اصلاح نژاد و مهندسی ژنتیک ۴۴۳
۱۰-۵ جمع‌آوری بیومس ریزجلبک ۴۴۴
۱۰-۵-۱ لخته سازی ۴۴۵
۱۰-۵-۲ رسوب‌گذاری گرانشی ۴۴۶
۱۰-۵-۳ شناورسازی ۴۴۷
۱۰-۵-۴ سانتریفیوژ ۴۴۷
۱۰-۵-۵ فیلتراسیون ۴۴۸
۱۰-۵-۶ سایر تکنیک‌های جداسازی ۴۴۹
۱۰-۶ تبدیل بیومس به سوخت زیستی ۴۴۹
۱۰-۶-۱ خشک‌کردن بیومس ریزجلبک ۴۴۹
۱۰-۶-۲ استخراج روغن ۴۵۰
۱۰-۶-۳ فرایندهای استخراج سوخت زیستی از ریزجلبک ۴۵۲
۱۰-۶-۳-۱ تولید بیودیزل ۴۵۲
۱۰-۵-۳-۲ تولید بیونفت از طریق مایع سازی حرارتی ۴۵۲
۱۰-۶-۳-۳ گاز سنتزی ۴۵۳
۱۰-۶-۳-۴ پیرولیز (تجزیه حرارتی) ۴۵۳
۱۰-۶-۳-۵ احتراق مستقیم ۴۵۴
۱۰-۶-۳-۶ فرایند تخمیر و تولید بیواتانول ۴۵۵
۱۰-۶-۳-۷ تولید هیدروژن از طریق تخمیر یا بیوفوتولیز ۴۵۷
۱۰-۶-۳-۸ هضم بیهوازی و تولید متان ۴۵۷
۱۰-۷ تجاری‌سازی تولید ۴۵۸
۱۰-۷-۱ وضعیت فعلی صنعت ۴۵۸
۱۰-۷-۲ اقتصاد تولید سوخت زیستی ۴۶۰
۱۰-۷-۳ تصفیه‌خانه‌های زیستی یکپارچه ۴۶۴
۱۰-۷-۴ پایداری زیست‌محیطی و آنالیز چرخه حیات (LCA) ۴۶۶
۱۰-۷-۵ عوامل سیاسی و اجتماعی ۴۶۹
۱۰-۸ جمع‌بندی ۴۷۰
منابع ۴۷۲

فصل یازدهم **۴۸۱**
عملکرد و آلایندگی بیودیزل **۴۸۱**
۱۱-۱ مقدمه ۴۸۱
۱۱-۱-۱ نیاز به بیودیزل ۴۸۲
۱۱-۱-۲ سوخت زیستی ۴۸۴
۱۱-۱-۳ تولید بیودیزل ۴۸۶
۱۱-۲ آلایندگی بیودیزل ۴۸۷
۱۱-۲-۱ NOx ۴۸۷
۱۱-۲-۲ CO_2 ..... ۴۹۰
۱۱-۲-۳ نشر HC بیودیزل ۴۹۱
۱۱-۲-۴ آلایندگی ذرات معلق (PM) ۴۹۲
۱۱-۳ عملکرد بیودیزل ۴۹۳
۱۱-۳-۱ مصرف سوخت ویژه ترمزی ۴۹۳
۱۱-۳-۲ بهره‌وری ۴۹۴
۱۱-۴ تأثیر کاتالیزور یا مواد افزودنی ۴۹۴
۱۱-۴-۱ تأثیر کاتالیزور بر آلایندگی بیودیزل ۴۹۵
۱۱-۴-۲ تأثیر کاتالیزور و افزودنی‌ها بر عملکرد بیودیزل ۴۹۵
۱۱-۴-۲-۱ مصرف سوخت ویژه ترمزی ۴۹۵
۱۱-۴-۲-۲ بازده ۴۹۶
۱۱-۵ جمع‌بندی ۴۹۶
منابع ۴۹۶

فصل دوازدهم **۴۹۹**
بیوگاز **۴۹۹**
۱۲-۱ مقدمه ۴۹۹
۱۲-۲ بیوگاز چیست؟ ۴۹۹
۱۲-۳ تاریخچه مختصر ۵۰۰
۱۲-۴ هضم بی‌هوازی ۵۰۳
۱۲-۵ استفاده از بیوگاز ۵۰۵
۱۲-۶ استفاده از مایع یا لجن ۵۰۶
۱۲-۷ مدل‌سازی عملکرد هاضم ۵۰۶
۱۲-۸ عملکرد هاضم ۵۰۷
۱۲-۹ انواع هاضم‌ها ۵۰۸
۱۲-۱۰ ذخیره گاز ۵۱۱
۱۲-۱۱ امنیت ۵۱۳
۱۲-۱۱-۱ آتش‌سوزی یا انفجار ۵۱۳
۱۲-۱۱-۲ بیماری ۵۱۳
۱۲-۱۱-۳ خفگی ۵۱۳
۱۲-۱۲ هضم پیشرفته ۵۱۵
۱۲-۱۲-۱ هاضم‌های با سرعت‌بالا ۵۱۶

۱۲-۱۲-۲ هاضم‌های دومرحله‌ای ۵۱۷
۱۲-۱۲-۳ فیلترهای بی‌هوازی ۵۱۷
۱۲-۱۲-۴ هاضم‌های لجن نمدی با جریان روبه‌بالا (UASB) ۵۱۸
۱۲-۱۲-۵ هاضم‌های با محیط رشد معلق ۵۱۸
۱۲-۱۲-۶ هاضم‌های آب‌شور ۵۱۹
۱۲-۱۲-۷ هضم مواد جامد ۵۱۹
۱۲-۱۳ سیستم‌های بسته ۵۲۰
۱۲-۱۴ راه‌اندازی ۵۲۰
۱۲-۱۵ بررسی عملکرد هاضم ۵۲۱
۱۲-۱۵-۱ نمایشگر درصد CO_2 ۵۲۱
۱۲-۱۵-۲ اندازه‌گیری فشار گاز ۵۲۲
۱۲-۱۶ مشعل‌ها ۵۲۳
۱۲-۱۷ عیب‌یابی ۵۲۵
۱۲-۱۸ جمع‌بندی ۵۲۵
منابع ۵۲۶

فصل سیزدهم ۵۲۹
گازی‌سازی حرارتی پسماندهای کشاورزی و تولید انرژی ۵۲۹
۱۳-۱ مقدمه ۵۲۹
۱۳-۲ پسماندهای بیومس ۵۳۰
۱۳-۲-۱ خواص بیومس ۵۳۲
۱۳-۲-۲ بیومس برای تولید انرژی ۵۳۲
۱۳-۳ گازی‌سازی حرارتی ۵۳۸
۱۳-۳-۱ پیرولیز به‌عنوان فرایند اساسی در گازی‌سازی بیومس ۵۴۰
۱۳-۳-۲ برشته کردن بیومس ۵۴۱
۱۳-۳-۳ واکنش‌های اصلی گازی‌سازی ۵۴۴
۱۳-۳-۴ روش‌های گازی‌سازی بیومس ۵۴۷
۱۳-۳-۵ محصولات جانبی حاصل از گازی‌سازی و روش‌های حذف بیومس ۵۶۰
۱۳-۳-۶ پارامترهای طراحی راکتور گازی‌سازی ۵۶۲
منابع ۵۶۵

فصل چهاردهم ۵۶۹
دیدگاه خلاقانه: تغییر مسیر به‌سوی اقتصاد زیست محور ۵۶۹
۱۴-۱ چرا به یک اقتصاد زیستی نیاز داریم ۵۶۹
۱۴-۱-۱ به‌سوی آینده‌ای پایدار ۵۶۹
۱۴-۱-۲ رابطه بین کشاورزی و انرژی ۵۶۹
۱۴-۱-۳ چالش‌های پیش روی کدام‌اند؟ ۵۷۰
۱۴-۱-۴ رویکرد هوشمندانه: اقتصاد زیستی ۵۷۲
۱۴-۲ کشاورزی: اساس و پایه اقتصاد زیستی ۵۷۴
۱۴-۲-۱ کشاورزی و غذا ۵۷۴

۱۴-۲-۲ حاصلخیزی خاک ۵۷۶
۱۴-۲-۳ کاربری زمین ۵۷۸
۱۴-۲-۴ مواد زائد زنجیره غذا ۵۸۰
۱۴-۲-۵ بیومس برای مصارف غیرخوراکی ۵۸۱
۱۴-۳ بیومس اساس انرژی پایدار ۵۸۳
۱۴-۳-۱ تقاضای فعلی انرژی ۵۸۳
۱۴-۳-۲ انرژی در برابر غذا ۵۸۶
۱۴-۳-۳ تعادل کربنی و نیاز اقتصاد زیستی ۵۸۷
۱۴-۳-۴ پایداری بیومس ۵۹۰
۱۴-۴ روش آبشاری استفاده پایدار از بیومس ۵۹۱
۱۴-۵ مطالعه موردی رویکرد آبشاری در هلند ۵۹۶
۱۴-۵-۱ اعداد و ارقام ۵۹۶
۱۴-۵-۲ Trias Biologica: شکر ۵۹۶
۱۴-۵-۲-۱ کربن‌زدایی ۵۹۷
۱۴-۵-۲-۲ جایگزینی کربن فسیلی با کربن زیستی ۶۰۰
۱۴-۵-۲-۳ رویکرد آبشاری ۶۰۱
۱۴-۵-۲-۴ کربن‌زدایی ۶۰۲
۱۴-۵-۲-۵ جایگزینی ۶۰۲
۱۴-۵-۲-۶ رویکرد آبشاری ۶۰۳
۱۴-۵-۳ تصفیه زیستی و رویکرد آبشاری علوفه ۶۰۳
پتانسیل پالایش علوفه ۶۰۶
۱۴-۵-۴ ساخت زنجیره کامل کود دامی ۶۰۶
منابع ۶۱۰

فصل پانزدهم ۶۱۵
افزایش دستیابی به انرژی در مناطق روستایی ۶۱۵
۱۵-۱ مقدمه ۶۱۵
۱۵-۱-۱ دسترسی به انرژی در کشورهای درحال‌توسعه فرصت‌ها و تهدیدها ۶۱۶
۱۵-۱-۱-۱ تأثیر موقعیت جغرافیایی (تفاوت بین‌قاره‌ای) ۶۱۶
۱۵-۱-۱-۲ توزیع غیرمتمرکز منابع تجدیدپذیر ۶۱۶
۱۵-۱-۱-۳ ارائه خدمات انرژی در دوردست‌ها ۶۱۷
۱۵-۲ سیاست‌های دسترسی به انرژی ۶۱۸
۱۵-۲-۱ نقش آژانس‌های برق‌رسانی روستایی ۶۱۹
۱۵-۲-۱-۱ تنظیمات آسان ۶۱۹
۱۵-۲-۱-۲ استانداردهای عملیاتی ۶۲۰
۱۵-۲-۱-۳ برنامه‌ریزی ۶۲۰
۱۵-۲-۱-۴ چه کسی باید خدمات الکتریکی بدون شبکه را تنظیم کند و چرا ؟ ۶۲۱
۱۵-۲-۲ سرمایه‌گذاری و مسئله کمک‌های دولتی ۶۲۲
۱۵-۲-۲-۱ یارانه‌های فناوری شبکه‌های خرد ۶۲۴
۱۵-۲-۲-۲ یارانه سیستم‌های مستقل غیرمتمرکز ۶۲۵

۱۵-۲-۳ نقش شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات انرژی در بخش روستایی (RESCOs)..... ۶۲۵
۱۵-۲-۳-۱ مدل‌های مختلف تجاری برای افزایش دسترسی به انرژی در مناطق روستایی..... ۶۲۶
۱۵-۲-۳-۲ تأمین مالی و خرید تجهیزات..... ۶۲۷
۱۵-۲-۳-۳ مدل هزینه خدمات..... ۶۳۰
۱۵-۲-۳-۴ هزینه خدمات در مقابل اعتبارهای خرد..... ۶۳۱
۱۵-۲-۳-۵ افزایش دسترسی به انرژی با استفاده از محصولات جانبی کشاورزی..... ۶۳۲
منابع..... ۶۳۴

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ سهم جهانی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای صنعت غذا (FAO, 2011) ۳۳
شکل ۱-۲ نهاده انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشاورزی نیوزلند (Barber, 2004) ۳۴
شکل ۱-۳ تولید نفت و مصرف انرژی در جهان (WEO) (EWG, 2007) ۳۴
شکل ۱-۴ قیمت تخمینی و واقعی نفت (Fell, 2012) ۳۵
شکل ۱-۵ پیش‌بینی افزایش سطح آب‌دریا (IPCC) و مقدار واقعی (Rahmstorf *et al.*, 2007; 2010) ۳۵
شکل ۱-۶ زمین قابل‌کشت و زیر کشت محصولات چندساله (Alexandratos and Bruinsma, 2012) ۴۰
شکل ۱-۷ زمین زیر کشت آبی در حال استفاده (Alexandratos and Bruinsma, 2012) ۴۱
شکل ۱-۸ راندمان سیستم‌های آبیاری متداول (Mushtaq and Maraseni, 2011) ۴۳
شکل ۱-۲ مجموع دی‌اکسیدکربن منتشرشده از احتراق گاز طبیعی، نفت و زغال در اتمسفر ۵۰
شکل ۲-۲ مقایسه تغییرات شاخص قیمت محصولات کشاورزی و نفت خام ازسال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ ..... ۵۶
شکل ۲-۳ روند تغییرات قیمت انرژی، مواد غذایی و مواد کشاورزی خام (Index Mundi, 2012) ۵۶
شکل ۲-۴ پیش‌بینی نیاز انرژی جهان تا سال ۲۰۳۵ بر اساس مصرف انرژی تا سال ۲۰۰۹ و سناریوی سیاست‌های جدید (IEA, 2011) ۶۰
شکل ۲-۵ پتانسیل کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن حوزه انرژی در سناریوی IEA 450 در مقایسه با سناریوی سیاست‌های جدید تا سال ۲۰۳۵ (IEA, 2011) ۶۲
شکل ۲-۶ پتانسیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۰ در بخش‌ها و کشورهای مختلف با در نظر گرفتن سناریوهای متفاوت قیمت‌گذاری کربن معادل (IPCC, 2007) ۶۷
شکل ۲-۷ انرژی نهایی مصرف‌شده در سال ۲۰۰۸ شامل منابع تجدیدپذیر، دیریافت (نفت، زغال‌سنگ، گاز طبیعی و انرژی هسته‌ای) و بیومس (Sims *et al.*, 2011; IEA, 2010) ۶۹
شکل ۲-۸ سهم نهاده‌های مختلف انرژی در زنجیره تأمین مواد غذایی و کشاورزی در دو کشور توسعه‌یافته و توسعه‌نیافته (ایالات‌متحده با GDP بالا و افریقا با GDP پایین) (Heller and Keoleian, 2000) ۷۱
شکل ۲-۹ جریان نهاده انرژی مستقیم و انرژی ستانده جانبی مفید یک گاوداری متداول (CAE, 1996) ۷۷
شکل ۲-۱۰ تفکیک سهم برق مصرفی یک مزرعه لبنی دیم (CAE, 1996) ۷۸
شکل ۲-۱۱ جریان انرژی مستقیم دامپروری و ستانده انرژی آن (CAE, 1996) ۸۱
شکل ۲-۱۲ تقاضای سوخت مایع یک دامپروری (گاو و گوسفند) متداول (CAE, 1996) ۸۳
شکل ۲-۱۳ نهاده انرژی مرغداری و ستانده‌های محصولات جانبی آن (CAE, 1996) ۸۳
شکل ۲-۱۴ نهاده انرژی مرغداری‌های متداول (CAE, 1996) ۸۴
شکل ۲-۱۵ جریان انرژی مستقیم یک گلخانه متداول (CAE, 1996) ۸۶
شکل ۲-۱۶ جریان انرژی مستقیم در یک باغ (CAE, 1996) ۸۹
شکل ۲-۱۷ نهاده‌های انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم در یک باغ سیب نیوزلند (Farter, 2010) ۹۰
شکل ۲-۱۸ جریان نهاده انرژی مستقیم در کشت و زرع (CAE, 1996) ۹۲
شکل ۲-۱۹ نهاده انرژی مستقیم و غیرمستقیم زراعت و سبزیجات (Barber, 2004) ۹۲
شکل ۲-۲۰ مصرف نهایی نهاده سوخت مایع در کشت و زرع متداول (CAE, 1996) ۹۳
شکل ۳-۱ اتلاف انرژی کششی در المان‌های مختلف (ASAE, D.208) ۱۰۹
شکل ۳-۲ کاشت بلافاصله پس از برداشت در سیستم کنترل تردد Queensland ۱۲۵
شکل ۴-۱ ساماندهی ۲۲ عملیات میدانی در مدل شبیه‌سازی F4E2 ..... ۱۴۱
شکل ۴-۲ وضعیت عملیات خاک‌ورزی زمین‌های زراعی در برخی ایالات کانادا طی سه دوره ۱۴۷
شکل ۵-۱ منابع انرژی و میزان مصرف آن‌ها در کشاورزی چین (Lu *et al.*, 2011) ۱۷۳

شکل ۲–۵ نهاده انرژی صنایع غذایی ایالات‌متحده در سال ۲۰۰۲ (US EPA, 2007) ۱۷۶
شکل ۳–۵ مصرف انرژی به تفکیک زیربخش‌های نهایی (Wang, 2008) ۱۷۶
شکل۴–۵ بازده انرژی و اکسرژی مؤثر کشاورزی در کشورهای مختلف (Ahamed *et al.*, 2011) ۱۷۸
شکل ۵–۵ شماتیک سیستم گرمایی مایع–مایع برای پاستوریزاسیون شیر (Ozyurt et al, 2004) ۱۸۹
شکل۶–۵ دیاگرام شماتیک یک خشک‌کن (رطوبت‌گیر) با پمپ حرارتی متداول (Wang, 2008) ۱۸۹
شکل ۷-۵ شماتیک خشک‌کن با استفاده از پمپ حرارتی هوا–آب (Kuzgunkaya and Hepbasli, 2007) ۱۹۰
شکل ۸-۵ چرخه تبرید جذبی (Sun and Wang, 2001) ۱۹۰
شکل ۹–۵ چرخه تبرید بخچال (Sun and Wang, 2001) ۱۹۲
شکل ۱۰–۵ چرخه جذب سطحی تبرید (Wang, 2008) ۱۹۳
شکل ۱۱–۵ شماتیک یک لوله حرارتی (Wang, 2008) ۱۹۵
شکل ۱–۶ جریان انرژی و مالی در یک مزرعه خانوادگی کوچک ۲۱۳
شکل ۲–۶ جریان انرژی در شرکت‌های کشاورزی بزرگ ۲۱۴
شکل ۳–۶ سهم بخش‌های مختلف زنجیره تأمین غذا و کشاورزی از انرژی ۲۱۶
شکل ۴–۶ میزان کل نشر گازهای گلخانه‌ای آنتروپوژنیک در سال ۲۰۰۶ (IPCC, 2007) ۲۱۷
شکل ۵–۶ سهم جهانی نشر گازهای گلخانه‌ای آنتروپوژنیک در زنجیره تأمین خواربار ۲۱۷
شکل ۶–۶ انتشار GHG در زنجیره خواربار انگلستان (DEFRA, 2011) ۲۱۸
شکل ۷-۶ انتشار GHG در زنجیر خواربار ایالات‌متحده (USDA, 2009) ۲۱۸
شکل ۸–۶ حمل‌ونقل جاده‌ای محصولات کشاورزی در کشورهای توسعه‌نیافته ۲۲۶
شکل ۹–۶ خشک‌کردن ارزن و غلات در هوای آزاد و تضییع آن توسط پرندگان و جوندگان ۲۳۱
شکل ۱۰–۶ سهم بخش‌های مختلف در اتلاف انرژی زنجیره تأمین غذا و کشاورزی، ۲۳۲
شکل ۱۱–۶ سرانه تأمین انرژی روزانه در رژیم غذایی متداول در ایالات‌متحده (Bomford, 2011) ۲۳۴
شکل ۱۲–۶ منابع انرژی تجدیدپذیر در زنجیره تأمین غذا (IPCC, 2011c) ۲۳۹
شکل ۱۳–۶ هزینه برق، گرما و بیوسوخت‌های مایع حاصل از منابع تجدیدپذیر (ستون افقی) و منابع فسیلی معادل آن‌ها (ستون عمودی) (IPCC, 2011d) ۲۴۱
شکل ۱۴-۶ شماتیک سیستم یکپارچه تولید پایدار و عرضه غذا و انرژی (IEA, 2009) ۲۴۷
شکل ۱-۷ نقشه منطقه مورد مطالعه در استرالیا ۲۸۱
شکل ۲–۷ روابط بین مصرف آب و انرژی آبیاری با آب سطحی و زیرزمینی در مزارع مختلف ۲۸۶
شکل ۳–۷ آب مصرفی مزارع مورد مطالعه در مناطق با آبیاری سطحی ۲۸۸
شکل ۴–۷ مصرف انرژی مزارع مورد مطالعه در مناطق با آبیاری سطحی ۲۸۸
شکل ۶–۷ آب زیرزمینی مصرفی در مزارع مورد مطالعه ۲۹۰
۷–۷ آب زیرزمینی مصرفی مزارع مورد مطالعه با استفاده از پمپ دیزل ۲۹۰
شکل ۱–۸ روند تولید فرآورده‌های دام و طیور (FAO Database, 2013) ۳۰۰
شکل ۲–۸ توزیع انرژی خوراک در تولید شیر (Dairy Note) ۳۰۳
شکل ۳–۸ سیستم تولیدات دامی ۳۰۵
شکل ۴–۸ جریان انرژی یک مزرعه ۳۰۷
شکل ۵–۸ جریان انرژی در گاوداری شیری ۳۱۰
شکل ۶–۸ نمونه مصرف انرژی در یک مزرعه لبنی ۳۱۸
شکل ۷–۸ انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید فرآورده‌های دام و طیور (OECD/FAO, 2011) ۳۱۸
شکل ۸–۸ مصرف انرژی تولید شیر در مزرعه ۳۲۲
شکل ۹–۸ مصرف انرژی تولید گوشت قرمز در پنج کشور اروپایی (AGREE, 2012) ۳۲۲
شکل ۱۰–۸ سهم گرما، برق و مواد غذایی در نهاده انرژی یک مزرعه جوجه‌های گوشتی ۳۲۳
شکل ۱۱–۸ مصرف انرژی در تولید جوجه ۳۹۰۰kWh/ha (Ahokas, 2013) ۳۲۴
شکل ۱۲–۸ سهم مصرف انرژی در تولید علوفه سیلویی (۱۵/۵MJ/ha) ۳۲۴
شکل ۱۳–۸ رابطه سرعت تهویه به وزن دام (دمای محیط ۸°C– و رطوبت ۵۰٪)(Mannfors and Hautala, 2011). ۳۲۶

شکل ۸–۱۴ بازده و طول عمر لامپ‌های حبابی (ASAE EP344.3, 2010, Gustafson and Morgan, 2004) ۳۲۹
شکل ۸–۱۵ مثالی از تولید و اتلاف گرما توسط دام (۲۴۰۰ دام با وزن متوسط ۶۰ kg) ۳۳۲
شکل ۸–۱۶ رسانایی حرارت سازه ۳۳۲
شکل ۸–۱۷ نمونه‌ای از سنجنده‌های انرژی الکتریسیته ۳۳۶
شکل ۸–۱۸ جریان انرژی در مزارع تولید شیر، گوشت و محصولات زراعی ۳۳۹
شکل ۸–۱۹ مصرف برق در یک مزرعه لبنی در استونی ۳۴۳
شکل ۸–۲۰ انرژی ویژه شیر [kJ/kg milk] و مصرف کل برق گاوداری (۵۹۶ گاو) در استونی (۲۰۱۱) ۳۴۴
شکل ۸–۲۱ سیستم پیش سرمایش شیر ۳۴۵
شکل ۸–۲۲ نمونه سیستم بازیابی گرما در خنک‌کننده شیر ۳۴۶
شکل ۸–۲۳ مصرف سالانه برق یک گاوداری (۵۶۹ گاو) ۳۴۸
شکل ۸–۲۴ مصرف برق تهویه و گرمایش یک گاوداری (۵۶۹ گاو) ۳۴۸
شکل ۸–۲۵ مصرف آب یک گاوداری (۵۶۹ گاو) ۳۴۹
شکل ۸–۲۶ نهاده و ستانده‌های انرژی مرغداری ۳۵۲
شکل ۸–۲۷ توان لامپ یک مرغداری (Rajaniemi and Ahokas, 2012) ۳۵۷
شکل ۸–۲۸ مصرف انباشته انرژی هفت مرغداری گوشتی در فنلاند ۳۶۰
شکل ۹–۱ بهبود بازده مصرف سوخت تراکتورهای زراعی ۳۶۸
شکل ۹–۲ الزامات EPA برای انتشار موتورهای دیزل غیرجاده‌ای (40CFR Part 89 & 1039; CFR, 2009) ۳۷۰
شکل ۹–۳ الزامات آلایندگی ماشین‌های غیرجاده‌ای و موتورهای دیزلی بر مبنای گروه‌های توانی ۳۷۱
شکل ۹–۴ تعریف منطقه حد آستانه (NTE) ۳۷۱
شکل ۹–۵ سیکل آزمون غیرجاده‌ای رده ۴ (کد شماره ۴ مقررات فدرال US) ۳۷۲
شکل ۹–۶ مقایسه آزمون غیرجاده‌ای (NRTC) با آزمون هشتگانه ۳۷۲
شکل ۹–۷ مقایسه الزامات انتشار در وسایل نقلیه جاده‌ای و غیرجاده‌ای ۳۷۴
شکل ۹–۸ فرایند احتراق دیزل (Dec, 1996; 2005) ۳۷۶
شکل ۹–۹ تأثیر محتوای اکسیژن تنفس (مکش) بر میزان NOx خروجی ۳۷۷
شکل ۹–۱۰ تأثیر دمای تنفس بر NOx خروجی موتور John Deere 6090 ۳۷۷
شکل ۹–۱۱ شماتیک یک سیستم کنترل موتور رده ۴ ۳۷۸
شکل ۹–۱۲ رشد (نرمال شده) مشخصه‌های تحت کنترل موتور ۳۷۸
شکل ۹–۱۳ عناصر یک سیستم پاشش ردیفی متداول (www.alexdisel.com) ۳۷۹
شکل ۹–۱۴ فشار انژکتور سوخت مربوط به بازده سوخت ۳۸۰
شکل ۹–۱۵ توربوشارژرهای شکل متغیر از نوع پره چرخشی (Honeywell) ۳۸۱
شکل ۹–۱۶ گذرگاه دو لایه VGT (Kangyue Turbocharger, Ltd) ۳۸۲
شکل ۹–۱۷ سیستم هوا در یک موتور چهارسیلندر حاوی EGR سرد و توربوشارژر دومرحله‌ای ۳۸۲
شکل ۹–۱۸ رابطه بین NOx خروجی موتور و دبی EGR ۳۸۴
شکل ۹–۱۹ رابطه بین بازده حرارتی، NOx اگزوز موتور و دبی EGR (Koeberlein, 2012) ۳۸۴
شکل ۹–۲۰ ترکیبات و توزیع اندازه ذرات PM ۳۸۵
شکل ۹–۲۱ نمونه فیلتر جریان کامل ذرات کوردیریت ۳۸۶
شکل ۹–۲۲ پنجره دمای بازیابی فعال و غیرفعال DPF ۳۸۶
شکل ۹–۲۳ تلفیق DOC/DPF با حسگرهای مربوطه ۳۸۷
شکل ۹–۲۴ شماتیک کنترل دمای اگزوز ۳۸۷
شکل ۹–۲۵ پوشش کاتالیستی DOC روی کوردیریت ۳۸۸
شکل ۹–۲۶ تبدیل HC و NO و بازده آن نسبت به دمای اگزوز ۳۸۹
شکل ۹–۲۷ تقسیم‌بندی SiC DPF و کوردیریت DPF ۳۹۰
شکل ۹–۲۸ قالب‌بندی DOC و DPF ۳۹۱
شکل ۹–۲۹ شبیه‌سازی CFD تبخیر سوخت دیزل و یکنواختی ترکیب ۳۹۳

شکل ۳۰–۹ بارگذاری دوده در مقایسه با افت فشار فیلتر ۳۹۳
شکل ۳۱–۹ شبیه‌سازی تلفات گرمایی از DOC/DPF در شرایط بازیابی مختلف ۳۹۴
شکل ۳۲–۹ تأثیر دمای DPF و دور موتور در بازیابی فعال ۳۹۴
شکل ۳۳–۹ تحلیل المان محدود (FEA) و نمایش تمرکز تنش منطقه میانی DPF (چپ) و نقطه شکست (راست) ۳۹۵
شکل ۳۴–۹ مبدل SCR و تبدیل NOx و NH3 ..... ۳۹۵
شکل ۳۵–۹ بازده تبدیل NOx در Fe-SCR و Cu-SCR و نسبت یک‌به‌یک NH3/NO ۳۹۷
شکل ۳۶–۹ موتور PowerTech Plus رده ۳ جان‌دیر ۴۰۰
شکل ۳۷–۹ تصویر شماتیکی موتور نهایی رده ۴ نهایی ۴۰۱
شکل ۳۸–۹ بهینه‌سازی مصرف کل ۴۰۲
شکل ۱–۱۰ مرور اجمالی بر فرایند تبدیل ریزجلبک به انرژی زیستی(Huesemann and Benemann, 2009) ۴۰۹
شکل ۲–۱۰ نمونه‌ای از آبراهه‌های چرخشی کارخانه Sapphire در الف)Las Cruces و ب)Columbus, NM ۴۳۴
شکل ۳–۱۰ سیستم فوتوبیوراکتور biofence (National Research Council of Canada) ۴۳۵
شکل ۴–۱۰ راکتور لوله‌ای Greenfuels (www.flickr.com) ۴۳۸
شکل ۵–۱۰ مراحل پردازش و تولید اتانول از ریزجلبک (Suali and Sarbatly, 2012) ۴۵۶
شکل ۶–۱۰ تصفیه یکپارچه و تولید محصولات انرژی و مواد جانبی ۴۶۵
شکل ۱–۱۱ واکنش شیمیایی تولید بیودیزل با پایه کاتالیز ۴۸۶
شکل ۱–۱۲ بازده متان مواد مختلف در فرایند تولید بیوگاز (Oechsner, 2013) ۵۰۷
شکل ۲–۱۲ تولید گاز به ازای حجم هاضم در ۳۵ درجه سلسیوس (فضولات خوک) ۵۰۸
شکل ۳–۱۲ مقدار گاز تولیدشده به ازای واحد خوراک اضافه‌شده در ۳۵ درجه سلسیوس (فضولات دام) ۵۰۹
شکل ۴–۱۲ هاضم نوع هندی ۵۰۹
شکل ۵–۱۲ هاضم نوع چینی ۵۰۹
شکل ۶–۱۲ هاضم با جریان پلاگ ۵۱۰
شکل ۷–۱۲ هاضم نوع CFST ۵۱۰
شکل ۸–۱۲ هاضم نوع UASB ۵۱۰
شکل ۹–۱۲ هاضم بستر معلق ۵۱۱
شکل ۱۰–۱۲ ذخیره گاز در هاضم گنبد ثابت چینی ۵۱۱
شکل ۱۱–۱۲ ذخیره گاز در درام شناور ۵۱۲
شکل ۱۲–۱۲ کیسه‌های ذخیره انعطاف‌پذیر بیوگاز ۵۱۲
شکل ۱۳–۱۲ دو طرح برای دام شعله یا سیستم جلوگیری از بازگشت آتش ۵۱۴
شکل ۱۴–۱۲ دام شعله فلزی و تجاری (Flammer GmbH) ۵۱۵
شکل ۱۵–۱۲ روش استفاده از سرنگ ۵۲۲
شکل ۱۶–۱۲ اندازه‌گیری فشار گاز ۵۲۳
شکل ۱۷–۱۲ ترتیب قرارگیری مانومتر ۵۲۴
شکل ۱۸–۱۲ شعله ساده مشعل ۵۲۴
شکل ۱–۱۳ دیاگرام تبدیل بیومس به محصول نهایی ۵۳۰
شکل ۲–۱۳ سهم اجزای بیومس ۵۳۴
شکل ۳–۱۳ مصارف سینگاز (Kordylewski, 2008) ۵۳۸
شکل ۴–۱۳ بازده محصول نهایی در شرایط پیرولیز ۵۴۱
شکل ۵–۱۳ راکتور جریان روبه‌پایین ۵۵۰
شکل ۶–۱۳ راکتور جریان روبه‌بالا ۵۵۲
شکل ۷–۱۳ سیستم تولید توان و مبدل سینگاز ۵۵۶
شکل ۸–۱۳ تأثیر SGR بر پارامترهای عملیاتی راکتور جریان روبه‌پایین (Sivakumar *et al.*, 2006) ۵۶۳
شکل ۱–۱۴ رابطه بین بیوانرژی به‌عنوان بخشی از اقتصاد زیستی و اقتصاد کربن‌محور (فسیلی) ۵۷۳
شکل ۲–۱۴ عرضه جهانی مواد غذایی و سرانه غذا (FAOSTAT, 2013) ۵۷۵

شکل ۳–۱۴ تحولات جمعیت جهان و مصرف کود (Smil, 2001). ۵۷۹
شکل ۴–۱۴ تخمین متوسط تلفات و تبدیل زنجیره تأمین غذای جهان (Lundqvist, 2008) ۵۸۰
شکل ۵–۱۴ نیاز جهانی به نهاده اولیه انرژی (به‌استثنای برق) (IEA 2012) ۵۸۲
شکل ۶–۱۴ سرانه مصرف انرژی (۲۰۰۵–۱۹۹۰) در برابر GDP (Nonhebel, 2012) ۵۸۷
شکل ۷–۱۴ منبع تأمین نهاده انرژی جهان در سال ۲۰۱۰ (IEA 2012a). ۵۸۸
شکل ۸–۱۴ کل بیومس (اگزاژول در سال) تولیدی (Krausmann *et al.*, 2008; Haberl 2007) ۵۸۸
شکل ۹–۱۴ هرم ارزش آبشاری بیومس از ارزش‌افزوده کم تا بالاترین ارزش‌افزوده (LNV, 2007) ۵۹۴
شکل ۱۰–۱۴ افزایش عملکرد (تن در هکتار) محصول شکر در هلند (Cosun, 2012b) ۵۹۸
شکل۱۱–۱۴ کاهش مصرف کودهای نیتراته مزارع چغندرقند Suiker Unie (IRS Bietenstatistiek 2012) ۵۹۸
شکل ۱۲–۱۴ بهبود بازده (۵۰٪) انرژی در فرآوری چغندرقند (هلند) Suiker Unie ۶۰۰
شکل ۱۳–۱۴ ردپای کربن در تولید شکر ($480 kgCO_{2\text{-eq}}$ در هر تن شکر) گرانوله (Suiker Unie, 2012a) ۶۰۰
شکل ۱۴–۱۴ رویکرد آبشاری تولید شکر (Suiker Unie2012c) ۶۰۱
شکل ۱۵–۱۴ تبدیل علوفه در گاو (چپ) و تبدیلات یک تصفیه‌خانه زیستی IEA (راست) (Cherubiniet *et al.*, 2009) ۶۰۵
شکل ۱۶–۱۴ جریان کود دامی در کشاورزی سنتی و مدرن ۶۰۸
شکل ۱۷–۱۴ تولید کود حیوانی (برحسب میلیون تن) در هلند(CBS, 2012a) ۶۰۹
شکل ۱۸–۱۴ دیاگرام تولید و مصارف کود حیوانی ۶۰۹
شکل ۱–۱۵ مقایسه پرداخت هزینه خدمات و تأمین اعتبار خرد ۶۳۲

فهرست جداول

جدول ۱-۲ انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای [Gt $CO_{2\text{-eq}}$] به‌واسطه فعالیت‌های انسانی (IEA, 2011) ۶۱
جدول ۲-۲ مقایسه عملکرد و تراکم انرژی ذرت ایالات‌متحده طی سال ۱۹۴۵ و ۲۰۰۷ (Smil, 2008) ۷۰
جدول ۳-۲ بهبود بازده انرژی با رویکردهای فنی و اجتماعی در کشاورزی و ماهیگیری ۷۲
جدول ۴-۲ مقایسه مصرف توان الکتریکی در صنایع لبنی چهار کشور منتخب (CAE, 1996) ۷۸
جدول ۵-۲ نهاده‌های انرژی و شدت مصرف انرژی در دامپروری (CAE, 1996) ۸۲
جدول ۶-۲ جریان انرژی مستقیم نهاده سوخت مایع در عملیات باغ کیوی، انگور و سیب (CAE, 1996) ۹۰
جدول ۱-۳ نهاده تقریبی انرژی در سیستم زراعی ایالات‌متحده (Pimental, 2009) ۱۰۳
جدول ۲-۳ مصرف سوخت در عملیات زراعی محصولات متداول ۱۰۴
جدول ۳-۳ مقادیر بازده کششی تراکتورهای متداول $[P_{db}/P_{pto}]^*$ ۱۰۷
جدول ۴-۳ انرژی غیرمستقیم در نهاده کودها (Zentner, 2004) ۱۱۵
جدول ۵-۳ مقادیر نهاده انرژی در علف‌کش‌های متداول (Zentner *et al.*, 2004) ۱۱۸
جدول ۶-۳ تأثیر خاک‌ورزی و تردد بر تولید غلات ۱۳۲
جدول ۱-۴ مشخصات و تبدیلات مرتبط با ۶ منبع نهاده انرژی سوختی ۱۴۸
جدول ۲-۴ نشر گازهای گلخانه‌ای در اراضی کشاورزی هفت ایالت کانادا ۱۵۰
جدول ۳-۴ انتشار CO_2 فسیلی مزارع کانادا طی سه سال (متناسب با اطلاعات زراعی شکل ۴-۱) ۱۵۲
جدول ۴-۴ نهاده و ستانده انرژی کشاورزی ایالات کانادا برحسب واحد مصرف انرژی فسیلی ۱۵۳
جدول ۵-۴ بودجه انرژی چهار صنعت عمده دامپروری شرق و غرب کانادا در طی سه سال مطالعه ۱۵۷
جدول ۱-۵ نهاده انرژی برخی محصولات در کشاورزی (Alluvione *et al.*, 2011) ۱۶۷
جدول ۲-۵ ستانده انرژی برخی محصولات در سیستم‌های کشت متفاوت (Alluvione *et al.*, 2011) ۱۶۸
جدول ۳-۵ شاخص انرژی و مصرف آن در صنایع غذایی ایالات‌متحده (US Census Bureau, 2006) ۱۶۹
جدول ۴-۵ انرژی مصرفی صنایع غذایی در هلند طی سال ۲۰۰۱ (Ramirez *et al.*, 2006a) ۱۷۴
جدول ۵-۵ خلاصه روش‌های صرفه‌جویی انرژی در کارخانه Nestle (Muller *et al.*, 2007) ۱۸۳
جدول ۶-۵ فرایندهای حرارتی و غیرحرارتی غیرفعال باکتری‌های شیر (Lado and Yousef, 2002) ۱۹۶
جدول ۱-۶ مقایسه ساختار کشاورزی صنعتی و معیشتی بر اساس مقیاس تولید، نیاز به نیروی کار، وابستگی مستقیم و غیرمستقیم به سوخت فسیلی و تراکم انرژی (FAO, 2011a) ۲۱۱
جدول ۲-۶ نهاده‌های انرژی مصرفی در مزرعه به ازای هر کیلوگرم فراورده حیوانی (Smil, 2008) ۲۲۲
جدول ۳-۶ سهم جابجایی مواد غذایی به تفکیک روش جابجایی (Bernatz, 2010; Smil, 2008; Heinberg and Bomford, 2009) ۲۲۷
جدول ۴-۶ نهاده انرژی و پتانسیل فروش انرژی فعالیت‌های کشاورزی (IPICC, 2011c) ۲۴۴
جدول ۱-۷ معادل انرژی نهاده‌ها (Jackson *et al.*, 2010) ۲۸۴
جدول ۲-۷ انرژی مورد نیاز برای پمپاژ آب ۲۸۵
جدول ۳-۷ نهاده‌های آب و انرژی در آبیاری ثقلی (سطحی) و تحت‌فشار (پمپ دیزل) ۲۸۶
شکل ۵-۷ مصرف انرژی مزارع آبیاری شده با آب سطحی (بالا) و آب زیرزمینی (پایین) ۲۸۹
جدول ۱-۸ مقادیر متداول گرمای پایین ماده خشک ۳۰۲
جدول ۲-۸ نکات مهم در آنالیز انرژی ۳۱۱
جدول ۳-۸ نسبت‌های انرژی نهاده‌های متداول در تولید کشاورزی ۳۱۲
جدول ۴-۸ نهاده انرژی در تولید شیر ۳۱۷
جدول ۵-۸ مصرف انرژی در تولید خوراک (Ahokas, 2013; Mikkola and Ahokas, 2009; Sainz, 2003) ۳۲۳

جدول ۶–۸ مقادیر روشنایی متداول دامداری (ASAE EP344.3, 2010) ۳۲۹
جدول ۷–۸ دمای بهینه محیط نگهداری دام (MMM RMO C2.2). ۳۳۰
جدول ۸–۸ رسانایی گرمایی برخی مواد ۳۳۲
جدول ۹–۸ فشردگی تولیدات دامی (FAO, 2011) ۳۳۷
جدول ۱۰–۸ نهاده‌های مصرفی به ازای تولید یک کیلوگرم فرآورده دام و طیور (Pimentel, 2004) ۳۳۸
جدول ۱۱–۸ مصرف انرژی در محصولات لبنی ۳۴۱
جدول ۱۲–۸ مصرف انرژی تولید جوجه‌های گوشتی ۳۵۴
جدول ۱۳–۸ مصرف انرژی گرمایشی و برق در مرغداری‌ها ۳۵۶
جدول ۱–۹ الزامات عمر مفید موتور ۳۷۲
جدول ۲–۹ مقایسه نمونه روش گذرای آزمون در دنیا ۳۷۳
جدول ۳–۹ خواص کلیدی فیلترهای ذرات خروجی اگزوز دیزل ۳۸۹
جدول ۴–۹ تبادل فناوری‌های مختلف de-NOx ۳۹۵
جدول ۵–۹ فناوری‌های رده ۳ موتور ۳۹۹
جدول ۱–۱۰ شرکت‌های مهم فعال در حوزه تجاری‌سازی سوخت‌های زیستی ریزجلبک‌ها ۴۱۰
جدول ۲–۱۰ شرکت‌های مهم فعال در حوزه محیط کشت ریزجلبک‌ها (www.wfcc.info) ۴۱۶
جدول ۳–۱۰ ترکیب اسید چرب برخی ریزجلبک‌ها با قابلیت تبدیل به سوخت زیستی ۴۲۲
جدول ۴–۱۰ بررسی مقدار چربی برخی از ریزجلبک‌های روغنی مورداستفاده برای تولید سوخت زیستی ۴۲۵
جدول ۵–۱۰ مقایسه سیستم‌های باز (حوضچه‌ها) و سیستم‌های بسته (فوتوبیوراکتور PBRs) تولید ریزجلبک فوتوتروفیک (Pulz, 2001; Ratha and Prasanna, 2012) ۴۳۶
جدول۶–۱۰ بهره‌وری بیومس و چربی ریزجلبک در سیستم‌های کشت فوتوتروپیک (فلاسک، حوضچه، سیستم‌های فوتوبیوراکتور) و هتروتروفیک ۴۴۱
جدول ۷–۱۰ هزینه [US$/L]بالقوه تولید زیست‌توده جلبک و بیودیزل، برپایه سیستم‌ها و سناریوهای مختلف تولید ۴۶۲
جدول ۱–۱۱ مصرف جهانی نفت (BP, 2012) ۴۸۳
جدول ۲–۱۱ تولید سوخت زیستی (BP, 2012) ۴۸۳
جدول ۳–۱۱ روغن تولیدی در هکتار محصولات مختلف برحسب لیتر (Kurki, 2010) ۴۸۸
جدول ۴–۱۱ مقایسه آلایندگی بیودیزل و سوخت دیزل (US EPA, 2002) ۴۸۹
جدول ۱–۱۲ معادلهای بیوگاز (Palmer, 1988) ۵۰۶
جدول ۱–۱۳ دانسیته انرژی منابع زیستی توده (Chmielniak *et al.*, 2008) ۵۳۱
جدول ۲–۱۳ پارامترهای بیومس (Domanski *et al.*, 2007) ۵۳۳
جدول ۳–۱۳ میزان گرمای مواد بیومس (Domanski *et al.*, 2007) ۵۳۴
جدول ۴–۱۳ آلودگی‌های حاصل از بیومس (Domanski *et al.*, 2007) ۵۳۶
جدول ۵–۱۳ آلودگی‌های حاصل از بیومس در صنعت کاغذ (Domanski *et al.*, 2007) ۵۳۶
جدول ۶–۱۳ خواص فیزیکی و شیمیایی لجن فاضلاب و زباله شهری (Domanski *et al.*, 2007) ۵۳۷
جدول ۷–۱۳ پارامترهای فرایند انواع روشهای پیرولیز ۵۴۰
جدول ۸–۱۳ تفاوت پلت چوبی و پلت چوبی برشته‌شده (Janowicz, 2006) ۵۴۴
جدول ۹–۱۳ ترکیب و مقدار سینگاز بیومس در راکتور بسترثابت (Domanski *et al.*, 2007) ۵۵۴
جدول ۱۰–۱۳ ترکیب گاز سینگاز زباله در راکتور تحت‌فشار (Domanski *et al.*, 2007) ۵۵۴
جدول ۱۱–۱۳ مقایسه انواع راکتورهای گازساز (Skorek and Kalina, 2005) ۵۵۸
جدول ۱۲–۱۳ کیفیت مطلوب گاز سیستم‌های تبدیل انرژی (Skorek and Kalina, 2005) ۵۵۹
جدول ۱۳–۱۳ منابع حرارتی سیستم‌های ترکیبی یا موتور پیستونی (Verhoeff *et al.*, 2011) ۵۵۹
جدول ۱۴–۱۳ محصول فرایند گازی‌سازی بیومس (Domanski *et al.*, 2007) ۵۶۲
جدول ۱۵–۱۳ فیلترهای مورداستفاده برای حذف مواد قیری سینگاز (Bergman and Kiel, 2005) ۵۶۲
جدول ۱۶–۱۳ علائم مسمومیت با مونوکسیدکربن در غلظت‌های مختلف ۵۶۵
جدول ۱–۱۴ مرز پایداری محیط‌زیست زمین (Rockström *et al.*, 2009) ۵۷۳

جدول ۲–۱۴ تولید جهانی گوشت طی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ (Bruinsma 2002) ۵۷۵
جدول ۳–۱۴ مروری بر محصولات زیستی توسعه یافته در سال‌های ۲۰۰۰–۱۹۸۰ (Bos *et al.*, 2008). ۵۸۳
جدول۴–۱۴ برآورد مصرف سالانه منابع فسیلی و زیستی جهان (Krausmann *et al.*, 2008; IEA 2012) ۵۸۹
جدول ۵–۱۴ معیارهای پایداری بیوانرژی جهان (FAO, 2011) ۵۹۲
جدول ۶–۱۴ گزینه‌های منتخب رویکرد آبشاری بیومس برای یک اقتصاد زیستی پایدار ۵۹۵
جدول ۷–۱۴ هلند به روایت اعداد و ارقام ۵۹۹
جدول ۱–۱۵ گزینه‌های فروش سامانه انرژی خورشیدی خانگی گارمین شاکتی (Miller, 2009) ۶۲۹

به سوی کشاورزی مبتنی بر فناوری‌های با انرژی پایدار

Jochen Bundschuh, Guangnan Chen & Shahbaz Mushtaq

جامعه مدرن برای حفظ رشد اقتصادی و استانداردهای زندگی، وابستگی شدیدی به سوخت‌های فسیلی دارد. باید محدودیت‌های فیزیکی کره زمین در مواجهه ما با منابع محدود نفت و گاز طبیعی و نیز تأثیر انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف آن در جو زمین را مورد توجه قرار داد. میزان وابستگی ناگزیر ما به انرژی در رقابت صنعتی و اقتصادی کشورها برای عموم مردم تبیین نشده است.
Minutes, Debate of Senate (Eerste Kamer), 2009 (in Dutch)

۱-۱ مقدمه

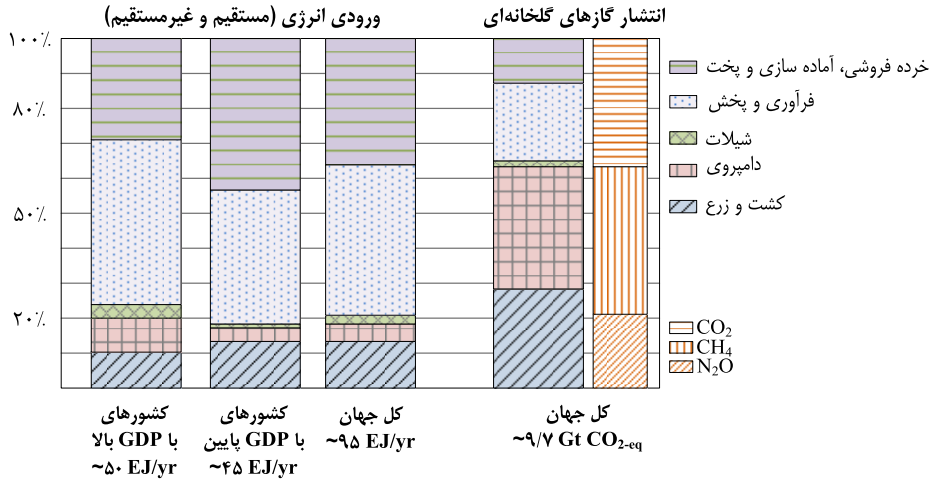
کشاورزی، مجموعه‌ای از صنایع مانند تولید ماشین‌آلات، کود، کنسانتره‌های خوراک دام، مواد شیمیایی کشاورزی، آبیاری و عملیات زراعی است که همگی فعالیت‌های انرژی محور هستند. پاسخگویی به تقاضای رو به رشد مواد غذایی، کشاورزی را به مصرف بیش از پیش انرژی مجبور کرده است و مهم‌تر از آن زمین‌های کشاورزی در حال پیشروی به مناطقی هستند که قبلاً برای زراعت ایده‌آل و مناسب نبودند، این امر منجر به افزایش تقاضای انرژی می‌شود که متناسب با میزان افزایش تولید مواد غذایی حاصله نیست. در بسیاری از موارد، هزینه انرژی ممکن است ۲۰ تا ۵۰ درصد کل هزینه تولید کشاورزی را دربر گیرد، این هزینه شامل هزینه‌های تولید و حمل‌ونقل نهاده‌هایی مانند کود را نیز شامل می‌شود. خاک‌هایی که ازنظر مواد مغذی فقیر هستند نه تنها به مقادیر زیادی کود بلکه به مقادیر زیادی آب برای آبیاری نیز نیاز دارند که در برخی موارد باید از اعماق بسیار زیاد پمپ شود. افزایش محدودیت‌های دسترسی به آب سطحی که ناشی از نوسانات فصلی و تحلیل مداوم کیفیت آن درنتیجه آلودگی‌های انسانی است، موجب شده که در بسیاری از مناطق، آب‌های زیرزمینی به منبع اصلی آبیاری و مقاصد کشاورزی تبدیل شود. اهمیت آب‌های زیرزمینی با توجه به حفظ منابع غذایی برای جمعیت رو به رشد جهان، بدون شک در آینده افزایش

خواهد یافت. در برخی مناطق یا کشورها، تنها گزینه تولید مواد غذایی نمک‌زدایی از آب دریا یا آب‌شور یا آب زیرزمینی شور است که فرایندی انرژی‌بر است.

تداوم ناگزیر تولید کشاورزیِ جهانی که با رشد جمعیت و اقتصاد مواجه است، نیازمند تأمین پایدار رشد انرژی و آب شیرین در فرایندهای تولید است. این کار باید با کاهش یا اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل شود که در صورتی رخ خواهد داد که تقاضای مازاد برای انرژی توسط سوخت‌های فسیلی و فناوری‌های زراعی متعارف برآورد شود. این سناریوی افزایش رقابت برای منابع آب و انرژی ضرورتاً مستلزم توسعه و اجرای رویکردهای زراعی خلاقانه و تلفیقی است. در جهان درحال‌توسعه با نرخ بالای رشد جمعیت، اقتصادهای نوظهوری که به سرعت در حال گسترش هستند و افزایش استانداردهای زندگی، نیازمند تلاش بیشتر برای تأمین نیاز غذایی است. این مسئله را می‌توان به روشنی با استفاده از پارامتر تقاضای برق نشان داد و پیش‌بینی می‌شود که در فاصله ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۵ متوسط جهانی تقاضای برق تا ۷۰ درصد (متوسط رشد سالانه ۲/۲ درصد)، رشد را تجربه کند (IEA, 2012). کشورهای درحال‌توسعه (غیر وابسته به OEDC) متوسط نرخ رشد سالانه ۳/۳ درصدی را تجربه خواهند کرد درحالی‌که کشورهای صنعتی (کشورهای OECD) به نرخ رشد ۰/۹ درصدی بسنده خواهند کرد (IEA 2012, New Policies Scenario). سناریوی سیاست‌های جاری و سناریوی ۴۵۰ به ترتیب افزایش ۲/۶ درصدی و ۱/۷ درصدی تقاضای سالانه را پیش‌بینی کرده است.

بر مبنای برآوردهای فائو، تولید جهانی غذا باید رشد ۷۰ درصدی داشته باشد تا بتواند جمعیت جهان را که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد نفر برسد را تغذیه کند. ازآنجاکه پیش‌بینی می‌شود تقاضای انرژی جهان در دوره ۲۰۳۵–۲۰۱۰ نزدیک ۳۰ درصد و استخراج سالانه آب شیرین در جهان حدود ۱۲–۱۰ درصدی به ازای هر دهه (متناظر با افزایش ۳۸ درصدی از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۲۵) افزایش داشته باشد (UNESCO, 1999)، امنیت منابع انرژی و آب چالش کلیدی پیش روی جوامع مدرن است. محدودیت منابع آب شیرین که بیشترین بخش آن در کشاورزی استفاده می‌شود، رقابت بر سر آب برای مقاصد زراعی، صنعتی و نیز مصرف شهری را تشدید خواهد کرد. غلبه بر این محدودیت مستلزم تولید انبوه آب شیرین از منابع جایگزین است، برای مثال از آب دریا یا شوره‌زار یا آب زیرزمینی شور.

پیش‌بینی می‌شود که حدود ۳۰ درصد انرژی کل جهان، در بخش غذا مصرف شود (FAO, 2011). شکل ۱-۱ مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) قسمت‌های مختلف بخش غذا را در کشورهای درحال‌توسعه (GDP پایین) و کشورهای توسعه‌یافته (GDP بالا) نشان می‌دهد. حدود ۲۰ درصد کل انرژی مصرفی حوزه غذا، در تولید محصولات کشاورزی خام (کشت و زرع و پرورش احشام) مصرف می‌شود درحالی‌که این فعالیت‌ها حدود ۶۵ درصد GHG کل بخش غذا را تولید می‌کنند (شکل ۱–۱).



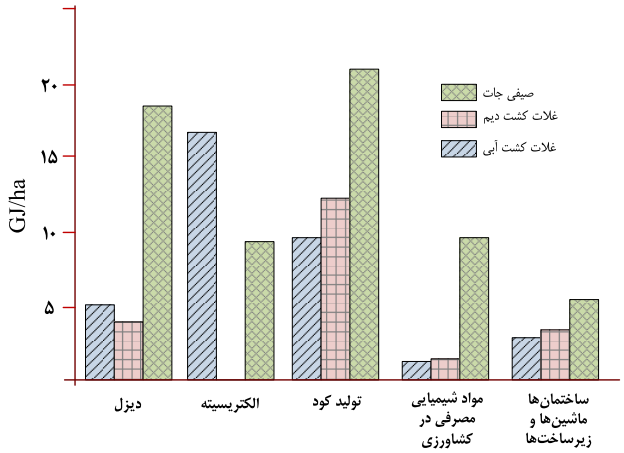
شکل ۱-۱ سهم جهانی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای صنعت غذا (FAO, 2011)

[اگزاژول برابر 10^{18} ژول]

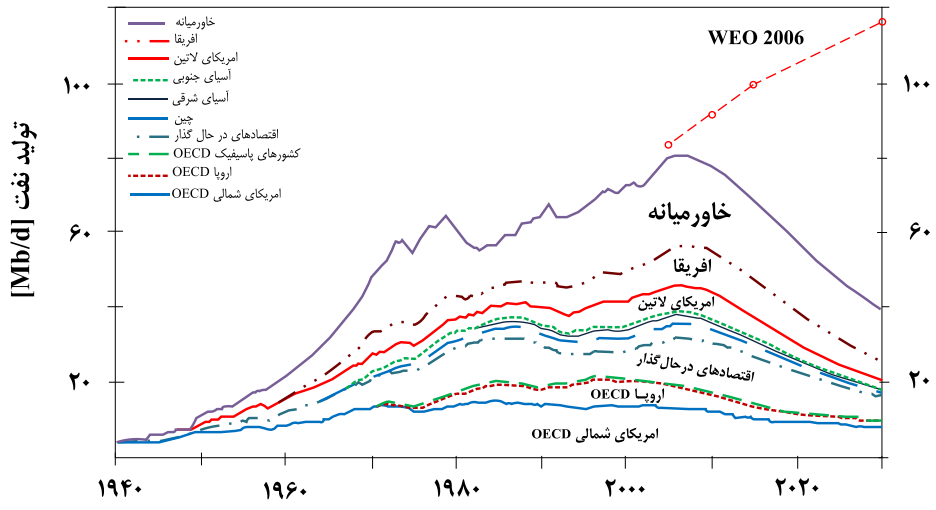
مصرف انرژی در صنایع کشاورزی و دامپروری کشور نیوزلند در شکل ۲–۱ نشان داده شده است. در برخی محصولات، نهاده‌های مستقیم انرژی در زمین زراعی ازجمله مواد شیمیایی و کودها ۸۰–۷۰ درصد انرژی کل مصرفی فرایند تولید را شامل می‌شوند (Chen *et al.*, 2013).

حجم منابع سوخت فسیلی که هنوز هم منبع اصلی انرژی در بخش کشاورزی است، بسیار محدود شده است. نفت، از اوج تولید خود رد شده و روند نزولی رشد خود را آغاز کرده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ مقدار تولید به نصف آن در سال ۲۰۱۰ کاهش یابد (شکل ۱–۳، EWG, 2007). کاهش عرضه به افزایش قیمت نفت و سایر سوخت‌های فسیلی منجر خواهد شد

(شکل ۱-۴). همین محدودیت در مورد آب شیرین نیز صادق است؛ طوری که تقاضا برای آن در حال افزایش اما دسترسی به آن به دلیل آلودگی انسانی در حال کاهش است (UNEP, 2008; UNESCO, 1999).

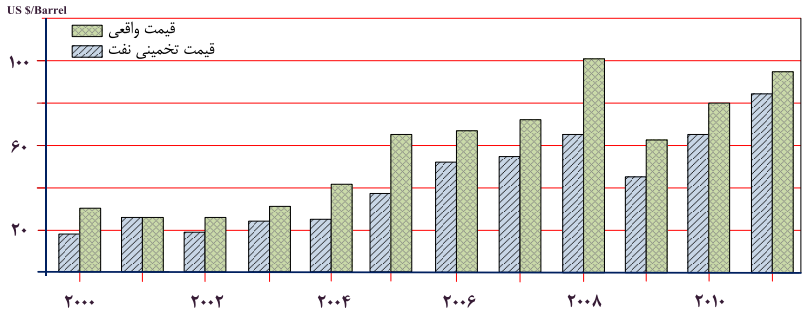


شکل ۲-۱ نهاده انرژی مستقیم و غیرمستقیم در کشاورزی نیوزلند (Barber, 2004)

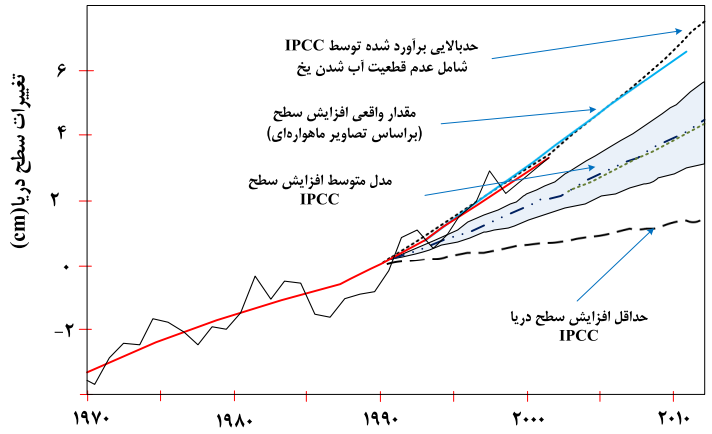


شکل ۳-۱ تولید نفت و مصرف انرژی در جهان (WEO) (EWG, 2007)

[میلیون بشکه در روز]



شکل ۴-۱ قیمت تخمینی و واقعی نفت (Fell, 2012)



شکل ۵-۱ پیش‌بینی افزایش سطح آب‌دریا (IPCC) و مقدار واقعی (Rahmstorf *et al.*, 2007; 2010)

علاوه بر مشکل کمیابی، سوخت‌های فسیلی عامل اصلی گرم شدن کره زمین نیز هستند. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، صنایع کشاورزی نقش زیادی در انتشار GHG و گرم شدن کره زمین دارند که پیامدهای آن سریع‌تر و شدیدتر از آن چه که قبلاً فکر می‌کردیم فرا می‌رسند (Fell, 2012). این پیامدها شامل ذوب شدن پوشش یخ‌های قطبی (The Cryosphere Today, 2012) و درنتیجه افزایش سطح آب دریا است (شکل ۵-۱) که احتمال سیل در مناطق ساحلی جهان را افزایش می‌دهد. گرم شدن کره زمین همچنین عامل افزایش فراوانی و شدت پدیده‌های آب‌وهوایی، مانند خشک‌سالی‌های شدید، سیلاب، بارش‌های شدید، گردباد، طوفان و آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع است که سبب آسیب شدید به زیرساخت‌ها، خسارت اقتصادی و افزایش خطرات جانی

می‌گردد. به‌علاوه، درنتیجه گرم شدن کره زمین، لایه منجمد دائمی زمین ذوب‌شده و گاز متان گلخانه‌ای را آزاد می‌کند.

از بحث فوق می‌توان نتیجه گرفت که منابع غذایی به‌طور ذاتی با انرژی، آب و مسائل آب‌وهوایی عجین شده‌اند و لازم است که به‌صورت یکپارچه مدیریت شوند. در دسترس بودن آب شیرین و انرژی شدیداً با توسعه انسانی و اقتصادی در ارتباط است. استفاده از سوخت‌های فسیلی و فناوری‌های کشاورزی متداول برای برآوردن نیازهای رو به رشد کشاورزی، به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن متناسب با افزایش تقاضای انرژی منجر خواهد شد.

امنیت غذایی مستلزم تأمین امنیت انرژی و آب است. درنتیجه، تأمین امنیت عرضه انرژی و آب و درعین‌حال کاهش تغییرات آب‌وهوایی، چالش کلیدی جامعه مدرن برای تغذیه جمعیت است؛ بنابراین پیاده‌سازی فناوری‌های بهره‌ور آب و انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر، همراه با روش‌های حفظ انرژی و انتقال گازهای گلخانه‌ای از دی‌اکسیدکربن اتمسفر به خاک و بیومس ضروری هستند. اگر فناوری‌های خلاقانه و مقرون به‌صرفه و راه‌حل‌های کم‌هزینه تدوین نشوند، امنیت غذایی جهان ممکن است به خطر بیفتد. دولت‌ها و صاحبان صنایع جهانی باید فناوری‌های مدرن، با نشر GHG پایین و ازنظر انرژی مقرون به‌صرفه و نیز تمهیدات مدیریتی را در بخش کشاورزی تقویت کنند.

عمده تصمیم‌گیرندگان حوزه کشاورزی بر این باورند که این گزینه‌ها ازنظر اقتصادی دوام ندارند؛ که البته، خلاف آن صادق است: استفاده از فناوری‌های جدید به‌شرط تولید انبوه، به مشاغل جدید و رشد اقتصادی منجر خواهد شد. نمونه موفق این مدعا کشور آلمان است که استخدام در بخش انرژی تجدیدپذیر از حدود ۶۶،۶۰۰ در سال ۱۹۹۸ به ۳۷۷،۸۰۰ در سال ۲۰۱۲ رسیده است و قرار است این رقم در سال ۲۰۲۰ به ۵۰۰،۰۰۰ برسد که رتبه دوم استخدام را بعد از صنعت خودروسازی در آلمان دارد (Agentur für Erneuerbare Energien, 2013).

در بسیاری موارد قیمت‌های بالا و در حال رشد سوخت‌های فسیلی تأثیر مالی منفی بر بخش کشاورزی داشته است و معرفی فناوری‌های با کارآمدی بالای انرژی و کم‌کربن را در کشاورزی توجیه می‌کند. از دیگر منافع این جایگزینی، کاهش هزینه‌های پنهان مانند هزینه‌های مربوط به سلامت انسانی و خسارت زیست‌محیطی ناشی از مصرف حجم بالای سوخت‌های فسیلی و همچنین کاهش هزینه‌های تولید کشاورزی و به حداقل رسیدن قیمت نهایی محصولات کشاورزی است.

همچون سایر فناوری‌های نو ازجمله تلویزیون‌های پلاسما و تلفن‌های همراه که تنها در طول چند سال فراگیر شدند، فناوری‌های کم‌مصرف و کم‌کربن نیز خواهند توانست سریع‌تر از آنچه تصور می‌شود صنایع کشاورزی را درنوردند (Fell, 2012). برخی از فناوری‌های کشاورزی پایدار در حال حاضر در مقیاس تجاری موجود هستند، معهذا عطش توسعه مداوم فناوری‌های جدید همچنان وجود دارد. فراگیری فناوری‌ها نیازمند سیاست‌گذاری مطلوب و همراهی توان مالی است که نتیجه آن همکاری نزدیک سیاست‌گذاران و بخش مالی و ایجاد مکانیسم‌ها، انگیزه‌ها و گزینه‌های جبرانی است (Fell, 2012).

فراگیر شدن فناوری‌های انرژی پایدار در کشاورزی مستلزم سیاست‌های حمایتی فعالانه برای ورود و نفوذ در بازار است تا کشاورزان به‌صورت گسترده از آن استفاده نمایند. تولیدکنندگان باید بازارهای بخش کشاورزی را بشناسند و دولت‌ها باید مسیر انتقال منابع مالی بخش خصوصی (صاحبان صنایع و کاربران بخش کشاورزی) را به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پایدار هموار کنند. زمانی که سرمایه‌گذاری روی فناوری‌های انرژی پایدار شروع به بازدهی کنند، افزایش مقیاس تولید به کاهش هزینه تولید و نفوذ بیشتر در بازار منجر خواهد شد. فل (۲۰۲۰) دوره ۱۵ تا ۲۰ ساله را برای توسعه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر خودپایدار[1] یا انجام اقدامات برای رسیدن به بلوغ اقتصادی خودکار پیش‌بینی کرده است، با لحاظ کردن مقررات مؤثر دولتی و پشتیبانی سیاسی فعال، می‌توان انتظار داشت که ظهور فناوری‌های کشاورزی سبز در همین بازه زمانی به نتیجه برسد.

در اغلب کشورها، بخش کشاورزی از طرف دولت یارانه دریافت می‌کند؛ این یارانه شامل فناوری‌های انرژی ناپایدار، مانند یارانه یا معافیت مالی برای موتورهای دیزل به‌کاررفته در مزارع است. انتظار می‌رود که سیاست‌گذاری‌ها در راستای حذف منافع معیوب و در عوض ارائه انگیزه‌های اقتصادی برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پایدار و تقویت نفوذ این فناوری‌ها در بازار باشد. تنها در این صورت است که بخش خصوصی (که بیشتر از دولت به بازدهی سرمایه می‌اندیشد)، در توسعه و افزایش تولید این فناوری‌ها سرمایه‌گذاری خواهد کرد. افزایش تولید منجر به کاهش هزینه و عدم نیاز به سوبسید دولتی خواهد شد، مانند آنچه در مورد پنل‌های آفتابی اتفاق افتاد.

---

[1] self-sustaining renewable energy technologies

تولید انبوه فناوری‌های کم‌مصرف و کم‌کربن در کشاورزی، به کاهش قیمت خرید منجر شده و درعین‌حال افراد بیشتر و بیشتری را متقاعد می‌کند که این فناوری‌ها منجر به صرفه‌جویی در انرژی می‌شوند؛ زمانی که هزینه انرژی منابع فسیلی، به‌ویژه به دلیل کمبود و هزینه‌های پنهان آن افزایش یابد، به‌کارگیری فناوری‌های جدید با هزینه‌هایی معقول عملی خواهد شد.

۱-۱-۱ چالش‌ها

علی‌رغم پیش‌بینی کاهش نرخ رشد جمعیت جهانی به میزان ۰/۷۵- درصد در هر سال طی ۴۰ سال آتی تا سال ۲۰۵۰ (Alexandratos and Bruinsma, 2012)، پیش‌بینی‌های فائو نشان می‌دهد که برای تأمین تقاضای رو به رشد غذا در سال ۲۰۵۰، تولید مواد غذایی باید افزایش ۷۰ درصدی (متوسط افزایش سالانه ۱/۱ درصدی) نسبت به سال ۲۰۰۵-۲۰۰۷ داشته باشد.

سیستم فعلی تأمین مواد غذایی در ایالات‌متحده آمریکا شامل زراعت، فرآوری، بسته‌بندی و توزیع مواد غذایی، سهمی معادل ۱۹ درصد از کل مصرف سوخت فسیلی را تشکیل می‌دهند (Pimentel, 2006). در مطالعه دیگری سرانه تغذیه یک امریکایی معادل ۱۵۰۰ لیتر نفت در سال گزارش شده است (Pimentel and Giampietro, 1994). در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، مصرف سوخت فسیلی در سیستم غذایی تقریباً معادل میزان مصرف در سامانه حمل‌ونقل است.

رشد جمعیت، افزایش سرانه مصرف و تغییر ذائقه غذایی به مصرف بیشتر محصولات دامی ازجمله عوامل مؤثر در این تغییرات است (Alexandratos and Bruinsma, 2012; FAO, 2012). انتظار می‌رود که افزایش تولید کشاورزی عمدتاً از مسیر افزایش بهره‌وری تولیدات زراعی، دامی و شیلات باشد (FAO, 2009). لازم است متذکر گردد که با افزایش جمعیت و تداوم رشد اقتصادی، انتظار می‌رود تقاضای جهانی انرژی و آب (همان‌طور که قبلاً ذکر شد) به روند تصاعدی خود ادامه دهد. در آینده‌ای که تشنه آب کم‌کربن است، تداوم رشد تولید به چند دلیل کار ساده‌ای نیست:

- امروزه خاک و منابع آبی بیش از گذشته تحت‌فشار قرار دارند و افت کمی و کیفی آن‌ها هر روز بیشتر و بیشتر می‌شود. همچنین تخریب خاک، تبدیل شدن زمین‌های کشت آبی به شوره‌زار و رقابت بر سر مصارفی به‌غیراز کشاورزی هم مزید بر علت شده است (شکل‌های ۶,۱ و ۷,۱).
- زمین‌های قابل‌کشت و زرع کشورهای درحال‌توسعه مخصوصاً بعد از دهه ۸۰ میلادی کاهش یافته است (شکل ۶-۱). البته، با استناد به یافته‌های Fischer و همکاران (۲۰۱۱)، مقدار قابل‌توجهی زمین زراعی با پتانسیل کشت دیم در سطح جهان وجود دارند که بعد از کسر

مساحت جنگل‌ها، مصارف غیر کشاورزی مانند سکونت‌گاه‌های انسانی و خاک با کیفیت پایین و حاشیه‌ای قابل‌استفاده می‌باشند. دراین‌ارتباط برآورد می‌شود که حدود ۱/۴ میلیارد هکتار زمین قابل‌کشت و زرع با کیفیت خوب وجود دارد که می‌تواند وارد چرخه تولید شود (Alexandratos and Bruinsma, 2012).

- آب یک منبع حیاتی دیگر است که در طول تاریخ، سهم قابل‌ملاحظه‌ای در امنیت غذایی ایفا نموده است. از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲، مساحت کشت آبی در جهان بیش از دو برابر (تا ۳۰۰ میلیون هکتار) افزایش یافته است (Alexandratos and Bruinsma, 2012). بااین‌وجود کشاورزی آبی در رقابت شدید با بخش‌های غیر کشاورزی نیز تحت‌فشار قرار دارد که ممکن است به علت تأثیر بالقوه تغییرات آب‌وهوایی بر پراکنش بارش، رقابت بر سر منابع آبی که به‌طور روزافزون در حال کمیاب شدن هستند را بیشتر تشدید کند (Mushtaq *et al.*, 2012; Torriani *et al.*, 2007). بنابراین، امکان گسترش آبیاری، بدون سرمایه‌گذاری در روش‌های محدودکننده مصرف، افزایش بازده و مصرف دوباره آب وجود نخواهد داشت (Mushtaq *et al.*, 2013). اگرچه منابع آب تجدیدپذیر در جهان قابل‌توجه است ولی این منابع در مناطقی مانند خاورمیانه، شمال آفریقا یا شمال چین که بیشترین نیاز به آب وجود دارد، شدیداً کمیاب است (Alexandratos and Bruinsma, 2012). اکساندارتوس و برونسما (۲۰۱۲) مدعی هستند که نواحی کشت آبی را در کشورهای درحال‌توسعه می‌توان طی سال‌های ۲۰۰۵/۰۷ تا ۲۰۵۰ تا ۲۰ میلیون هکتار (۶/۶ درصد) افزایش داد (شکل ۷-۱). با کشت توأم چند محصول در مزارع کشت آبی، می‌توان پتانسیل تولید را نیز معادل ۳۴ میلیون هکتار افزایش داد.
- انرژی: بیش از یک قرن است که سوخت‌های فسیلی انرژی جهان ما را تأمین می‌کنند. منابع سوخت‌های فسیلی محدود است و بهبود بازده انرژی در مزرعه، امری اجتناب‌ناپذیر است. رشد قیمت سوخت، افزایش تقاضا برای مواد غذایی سبز و لزوم کاهش قابل‌ملاحظه در انتشار گازهای گلخانه‌ای، کشف منابع انرژی تجدیدپذیر و جایگزین جدید را روز به روز پررنگ‌تر می‌کند.

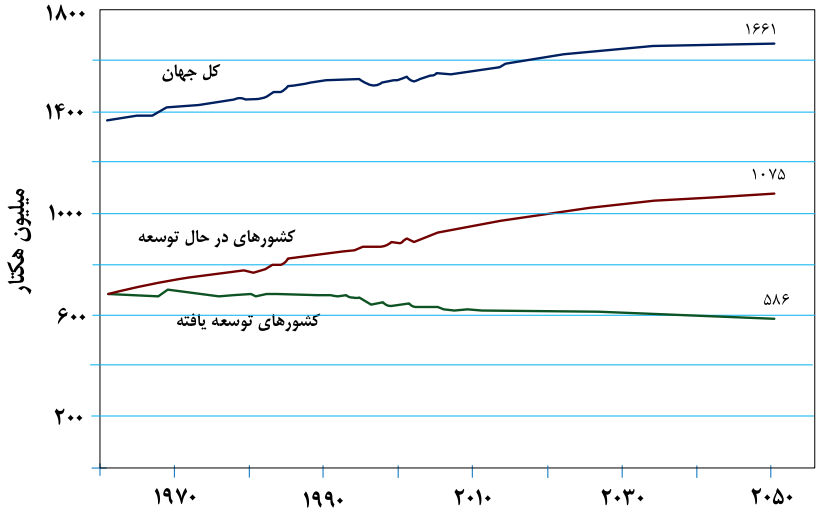
۱-۲ گزینه‌های انرژی پایدار در کشاورزی

" برآمدن از عهده چالش‌های امنیت غذایی، امنیت انرژی و توسعه اقتصادی در بستر رشد بی‌وقفه جمعیت، مستلزم تمرکز و توسعه مجدد کشاورزی است،" ... "کشاورزی می‌تواند و باید به پایه اقتصاد سبز در آینده تبدیل شود"... "وقت آن رسیده که دیگر با غذا، آب، و انرژی به‌عنوان مسائل مجزا برخورد نکنیم و به‌جای رقابت کردن بر سر آب، چالش متعادل‌سازی هوشمندانه نیازهای این سه بخش، یافتن فرصت‌هایی برای کاهش اتلاف و شناسایی راه‌هایی که می‌توان از طریق آن، آب را به اشتراک گذاشت و دوباره مصرف کرد را به عهده بگیریم"...

سیستم‌های کشاورزی هوشمند، که از منابعی چون آب، زمین و انرژی بهره می‌برند، باید در راس اقتصاد کشاورزی فردا قرار گیرند."

Alexander Mueller
معاون دبیر کل فائو در منابع طبیعی، کنفرانس نکسوس، بن ۲۰۱۱

بیشتر فناوری‌ها و گزینه‌هایی که به‌عنوان راه‌حل‌های انرژی پایدار در کشاورزی لازم است، در حال حاضر وجود دارند. اقدامات پیشنهادی و مهم‌تر از آن اجزاء این سیستم‌ها، مانند پنل‌های خورشیدی به‌صورت انبوه در بازارها موجود است. ارزیابی دوام کاربرد آن‌ها در کشاورزی نیز به‌صورت عملی در مزرعه انجام شده (Chen *et al.*, 2009) و مسائل فنی بالقوه در زمینه کاربرد آن‌ها روشن شده است.



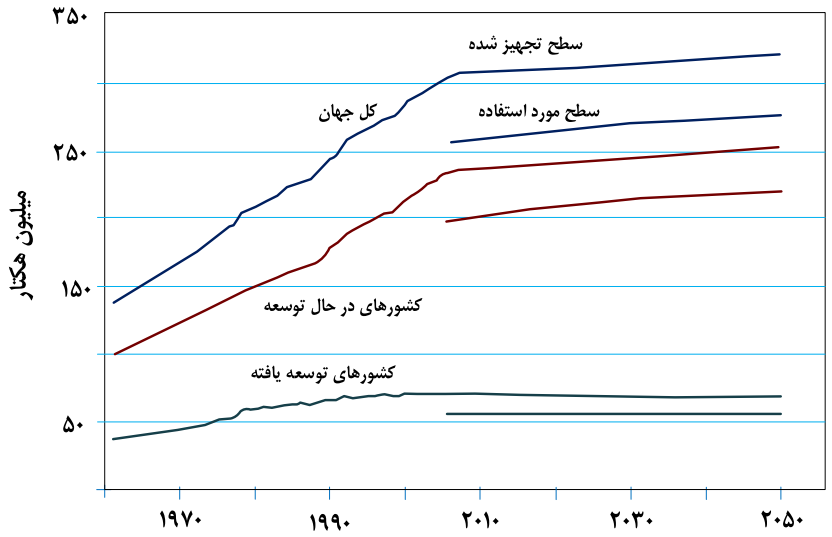
شکل ۶-۱ زمین قابل‌کشت و زیر کشت محصولات چندساله (Alexandratos and Bruinsma, 2012)

۱-۲-۱ بازده انرژی

بهبود بازده انرژی و حفظ انرژی به‌منظور کاهش تقاضای انرژی و درنتیجه کاهش قیمت انرژی در کشاورزی ضروری است. بهبود بازده انرژی منجر به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و درنتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به دنبال خواهد داشت. به‌علاوه، کاهش تقاضای انرژی

نیز به‌طور نسبی هزینه‌های سرمایه‌گذاری توسعه مزرعه یا تغییر از سوخت‌های فسیلی به منابع محلی انرژی تجدیدپذیر را کاهش خواهد داد.

در هر جزء کشاورزی که انرژی مصرف می‌شود، تقاضای آن را نیز می‌توان کاهش داد. برای مثال، مصرف انرژی فسیلی در سیستم فعلی صنایع غذایی را می‌توان با ایجاد تغییرات مناسب در فناوری به‌طور معنی‌داری کاهش داد. انرژی نهایی مصرف شده برای تولید ذرت در ایالات‌متحده را از طریق استفاده از ماشین‌آلات کوچک‌تر و سوخت کمتر، جایگزینی مصرف کودهای تجاری نیتروژن با حبوبات و کود دامی و به‌کارگیری تکنیک‌های جایگزین خاک‌ورزی حفاظتی تا بیش از ۵۰ درصد کاهش داد (Pimentel *et al.*, 2008).



شکل ۷-۱ زمین زیر کشت آبی در حال استفاده (Alexandratos and Bruinsma, 2012)

Pellizzi و همکاران (۱۹۸۸) نشان دادند که با بهبود مدیریت و عملیات زراعی، مصرف فعلی انرژی را می‌توان به‌صورت واقع‌گرایانه ۱۵-۱۲ درصد در تراکتورها، ۳۰ درصد در خاک‌ورزی و ۱۰ درصد در ماشین‌های برداشت، کاهش داد. براون و الیوت (۲۰۰۵) بیشترین محل صرفه‌جویی انرژی را در سیستم‌های موتوری به‌ویژه پمپ‌های آبیاری گزارش داده‌اند. Pathak and Bining (۱۹۸۵) صرفه‌جویی بیش از ۵۰ درصد در مصرف سوخت را از طریق بهبود تجهیزات آبیاری و اقدامات

مدیریتی امکان‌پذیر دانسته‌اند. ممیزی بازده انرژی در سیستم‌های آبیاری به‌طور متوسط صرفه‌جویی‌های حداقل ۱۰ درصدی هزینه انرژی و در بسیاری موارد تا ۴۰ درصد را در ایالات‌متحده شناسایی کرده است. اغلب مالکان سیستم‌های آب‌رسانی از ناکارآمدی مجموعه خود غافل هستند.

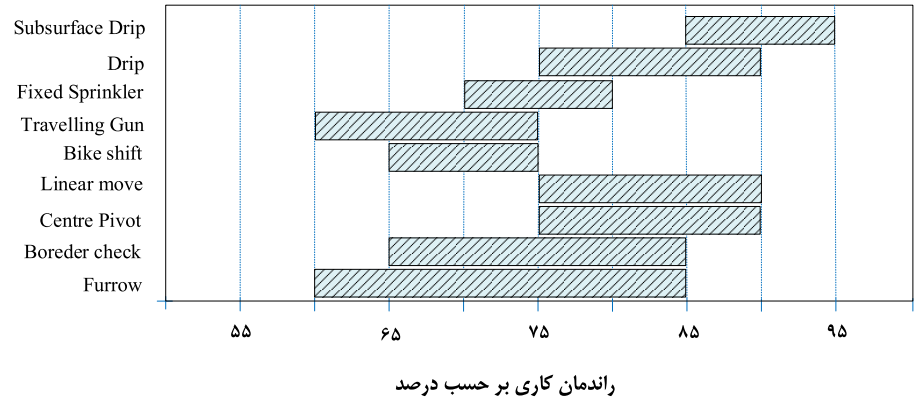
آب شریان حیاتی کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. کارایی کشاورزی آبی به‌طور بالقوه دو برابر کشاورزی دیم است که نه‌تنها نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی دارد، بلکه در حرکت چرخ اقتصاد ملی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند (Entry *et al.*, 2002). افزایش جمعیت جهان، تغییرات اقلیمی و افزایش رقابت بخش‌های مختلف ازجمله محیط‌زیست برای دسترسی به منابع کمیاب آب، کشاورزی آبی را برای اتخاذ بهترین تمهیدات به‌منظور حصول اطمینان از بازده مصرف آب و بهره‌وری تحت‌فشار زیادی قرار داده است.

روش‌های آبیاری متداول بازدهی پایینی دارند و پتانسیل افزایش بهره‌وری و درنتیجه افزایش تولید یا کاهش مصرف آب در کشاورزی و درنتیجه امکان افزایش دسترسی به آب برای مصارف غیر کشاورزی وجود دارد (Clemmens, 1998; Green *et al.*, 1996; Mushtaq *et al.*, 2013; Robinson, 2004). البته، اگر صرفه‌جویی آب منجر به افزایش مصرف انرژی و انتشار بیشتر GHG شود، ممکن است عواقب اقتصادی و زیست‌محیطی نامطلوبی به بار آورد. کشاورزی در حال حاضر به‌شدت به استفاده از سوخت‌های فسیلی وابسته است. با توجه به پیش‌بینی‌های پیک نفت، فناوری‌های متداول آبیاری احتمالاً با هزینه‌های انرژی بالاتری به چالش کشیده خواهند شد (Foran, 1998).

۱-۲-۱-۱ افزایش بازده آبیاری و انرژی سیستم‌های آبی

سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار دارای پتانسیل افزایش بازده مصرف آب هستند. بر مبنای بیش‌ترین بازده‌های ممکن، فناوری آبیاری قطره‌ای عملکرد بهتری از سیستم‌های آب‌پاشی دارند و هر دو در مقایسه با آبیاری سطحی حداکثر بازده بیشتری دارند (شکل ۸-۱). البته، طراحی و مدیریت سیستم می‌تواند تأثیر زیادی بر بازده مصرف آب داشته باشد. برای مثال، یک سیستم آبیاری غرقابی با استفاده از کنترل مرزها، یک سیستم آبیاری تحت‌فشار با استفاده از حرکت شعاعی یا خطی و یک سیستم آبیاری قطره‌ای، بسته به طراحی سیستم و توان مدیریتی می‌توانند به بازده یکسانی منجر

شوند. البته، مدیریت ضعیف سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار نسبت روش غرقابی آسیب‌پذیری کمتری دارد.



شکل ۸-۱ راندمان سیستم‌های آبیاری متداول (Mushtaq and Maraseni, 2011)

سیستم‌های آبیاری سطحی عموماً بر اساس گرانش عمل نموده و نیازی به انرژی اضافی نداشته و GHG منتشر نمی‌کنند. Mushtaq and Maraseni (۲۰۱۱) گزارش نموده‌اند که به‌طور متوسط سیستم آبیاری سنترپیووت که با پمپ‌های برقی کار می‌کنند در مقایسه با سیستم‌های آبیاری سطحی معادل ۹۰۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن بیشتری به ازای هر مگالیتر ($kgCO_{2\text{-}e}/ML$) گاز گلخانه‌ای نشر می‌دهند. این مقدار برای سیستم آبیاری قطره‌ای ۵۶۸ $kgCO_{2\text{-}e}/ML$ است. البته سیستم‌های آبیاری قطره‌ای (بین ۷۷۷ MJ/ML و ۳۲۶۲ MJ/ML) بسته به سیستم زراعی و اندازه زراعت در مقایسه با سیستم‌های سنترپیووت (بین ۴۱۲۷MJ/ML و ۲۳۲۱) و در سیستم با حرکت جانبی (بین ۴۱۹۵MJ/ML و ۲۸۸۴)، ۲۸ درصد انرژی کمتری مصرف می‌کنند و درنتیجه، حدود ۲۵ درصد GHG کمتری نیز تولید می‌کنند.

۱-۲-۱-۲ سرمایش و گرمایش

فعالیت‌های کشاورزی نیاز قابل‌توجهی به گرمایش و نیز خنک کردن دارند، به‌عنوان مثال می‌توان به گرم کردن گلخانه برای تولید سبزی‌ها، میوه و گل‌ها در اغلب نواحی اشاره کرد. انبارها و سردخانه‌ها نیز به‌طور متوسط در طول سال برق زیادی مصرف می‌کنند و سهم قابل‌توجهی را در

هزینه‌های کسب‌وکار به‌ویژه در عرضه محصولات گوشتی، باغی و تره‌بار دارند. عناصر فنی و عملیاتی سیستم‌های خنک‌سازی مدرن پتاسیل کاهش مصرف انرژی حدود ۴۰–۱۵ درصد را دارند. ارتقای عایق‌بندی حرارتی ساختمان‌ها، کاهش هزینه‌های گرم کردن و خنک‌سازی و درنتیجه کاهش تقاضای انرژی را به دنبال دارد؛ درحالی‌که تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر (برای مثال انرژی خورشیدی) انرژی مازاد بر نیاز مزرعه را تولید خواهد کرد. افزایش مداوم کارآیی و بهره‌وری انرژی دستگاه‌های برقی صنایع کشاورزی نیز نتایج مناسبی را به دست خواهد داد؛ به‌عنوان مثال تجهیز سیستم‌های روشنایی به لامپ‌های فلورسنت، LEDها یا OLEDها مصرف برق را کاهش می‌دهد. فرایندهای متنوعی در صنایع کشاورزی وجود دارند که بازده انرژی آن را می‌توان به‌سرعت بهبود بخشید.

۱-۲-۲ بیومس و پسماندهای آن به‌عنوان منبع سوخت، برق، و کودهای زیستی کربن خنثی

بیومس را می‌توان با کشت محصولات مناسب برای تولید انواع سوخت‌های زیستی تولید نمود. بیواتانول محصول زیستی مناسب برای جایگزینی با بنزین و بیوگاز جایگزین مناسبی برای گاز طبیعی است. بیودیزل جایگزین مناسبی برای دیزل بر پایه سوخت فسیلی است که تنها با تغییرات جزئی در موتور دیزل این امر امکان‌پذیر می‌شود. سوخت‌های زیستی برای تولید برق به‌ویژه در مصارف خارج از شبکه، گزینه بسیار اقتصادی و مناسبی است.

در مقایسه با بیودیزل، روغن گیاهی خالص به‌راحتی و بدون تلاش فنی زیاد تولید می‌شوند. روغن‌های گیاهی خالص در موتورهای دیزل قدیمی‌تر که اغلب در کشورهای درحال‌توسعه برای تأمین برق به کار می‌روند، می‌توانند به‌عنوان سوخت بکار روند، در موتورهای دیزل مدرن استفاده از روغن‌های گیاهی به‌عنوان سوخت نیازمند یک سری تبدیلات فنی است (Fell, 2012).

بنابراین، سوخت‌های زیستی نیاز به خرید تجهیزات مدرن کشاورزی و سوخت‌های فسیلی گران‌قیمت را که تا نقطه مصرف مسیرهای طولانی طی می‌کنند، کاهش داده و درنتیجه به‌طور قابل‌توجهی هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهند.

در اغلب فرایندهای صنایع کشاورزی و غذا تنها بخش کوچکی از محصول استخراج و مابقی معمولاً دور ریخته می‌شود. به‌عنوان مثال در برزیل سالانه از حدود یک گیگاتن نیشکر فقط ۱۰۰ مگاتن شکر تولید می‌شود (Fell, 2012). این پسماند بیومس می‌تواند برای تولید سوخت زیستی و

برق، بکار رود. همچنین، پسماندهای بیومسی را می‌توان به زغال زیستی (برای مثال از طریق کربنیزاسیون هیدروترمال) تبدیل نمود و به‌عنوان کود مورداستفاده قرار داد که نیاز به کودهای معدنی را کاهش می‌دهد. چشم‌انداز کلی این اقدامات افزایش منافع اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست و پایداری آب‌وهوایی است.

۱-۲-۳ سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر غیرمتمرکز (خورشیدی، بادی، ژئوترمال)

فرآیندها و عملیات کشاورزی متعددی به انرژی به‌صورت مکانیکی، برق یا گرما نیاز دارند که می‌توان آن را با انرژی خورشیدی، بادی و یا ژئوترمال، بسته به منبع محلی و کاربرد کشاورزی خاص تأمین کرد. برای مثال، انرژی خورشیدی و بادی در تأمین انرژی برق ماشین‌آلات خارج از شبکه ازجمله پمپ‌های آبیاری اقتصادی هستند.

علاوه بر این از انرژی بادی می‌توان به‌صورت مکانیکی و برای پمپاژ نیز استفاده کرد؛ تابش خورشیدی را نیز می‌توان به‌صورت مستقیم برای خنک کردن یا گرم کردن محیط و تولید آب گرم به کار برد؛ انرژی لازم برای نمک‌زدایی از آب و تصفیه فاضلاب کشاورزی را نیز می‌توان به‌صورت مستقیم از گرمای خورشید یا ژئوترمال تأمین نمود. برق تولید شده از منابع انرژی بادی و خورشیدی را نیز می‌توان برای نمک‌زدایی از آب با استفاده از فناوری‌های غشایی به کار برد که هزینه بیشتری نسبت به روش‌های حرارتی دارد. گرمای ژئوترمال را می‌توان توسط پمپ‌های گرمایی برای گرم یا خنک کردن محیط مورداستفاده قرار داد. بسته به دمای منابع ژئوترمال، گرمای ژئوترمال را می‌توان برای خشک‌کردن محصولات کشاورزی، گرم کردن گلخانه، خاک و آکواریوم مورداستفاده قرار داد. بیومسی که در محل تولید می‌شود نیز به‌عنوان منبع انرژی، امکان استفاده به‌صورت سوخت زیستی برای ماشین‌آلات، یا تولید گرما و برق را دارد.

۱-۲-۴ سود اقتصادی غذای سبز

بررسی سود اقتصادی کشاورزان از محل تولید غذای سبز در کشور آلمان نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۰، فروش غذای سبز تا ۳۰۰ درصد افزایش یافته است (BÖLW, 2011; Fell, 2012). غذای ارگانیک علاوه بر نقش مهم آن در محافظت از آب‌وهوا و محیط‌زیست، به‌عنوان تغذیه سالم در مدارس، بیمارستان‌ها و خانه‌های سالمندان اهمیت قابل‌توجهی دارد. افرادی

که تغذیه سالمی دارند نسبت به کسانی که سال‌ها غذاهای ناسالم مصرف کرده‌اند، کارآمدتر هستند (Fell, 2012).

۱-۳ جمع‌بندی

کشاورزی مدرن به‌شدت وابسته به سوخت‌های فسیلی است و هزینه انرژی یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی محسوب می‌شود. تولید محصولات کشاورزی و مواد غذایی ۷۰ درصد برداشت آب جهانی را به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود که در فاصله سال‌های ۲۰۳۱-۲۰۱۰ تقاضای انرژی جهان تا ۳۰ درصد و تقاضای برق تا ۷۰ درصد افزایش یابد که هزینه انرژی و تولید کشاورزی را افزایش خواهد داد. برخی از این نیازها توسط انرژی زیستی برطرف خواهد شد که به‌نوبه خود رقابت بر سر منابع به‌ویژه آب را نیز تشدید خواهد کرد، لذا بازده حداکثری استفاده از این منابع اهمیت فزاینده‌ای دارد. همان‌طور که هزینه‌های سوخت فسیلی در حال افزایش است، تمرکز بر کارآمدی انرژی برای کمک به حداقل رساندن اثرات افزایش هزینه‌های انرژی و رقابت نیز مورد تأکید است.

منابع انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی خورشیدی، بادی، نیروی آبی، بیومس، بیوگاز و ژئوترمال است که جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر در عملیات کشاورزی علاوه بر صرفه‌جویی هزینه انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش خواهد داد. خشک‌کردن محصولات با کمک نور خورشید، گرم کردن آب و فضا با انرژی خورشیدی، آبیاری خورشیدی و استفاده از بیومس برای مقاصد گرم کردن و تولید برق ازجمله نمونه‌های کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی است و از دیگر کاربردهای آن می‌توان به حصارهای الکتریکی خارج از شبکه برق، نورپردازی، آبیاری، تأمین آب دامداری‌ها، تصفیه فاضلاب، هوادهی حوضچه‌های هضم، ارتباطات و تجهیزات راه دور و سایر موارد اشاره کرد.

به‌طورکلی، آینده انرژی تجدیدپذیر با توجه به اتمام منابع و قیمت بالای سوخت‌های فسیلی و درعین‌حال تداوم کاهش قیمت انرژی تجدیدپذیر، به‌طور قطع و یقین مثبت است. نمونه‌های موفق به‌کارگیری منابع انرژی جایگزین در صنایع کشاورزی به‌وفور یافت می‌شوند. ترویج عملی در روستاها و مزارع نیز برای به‌کارگیری گسترده این فناوری‌ها لازم است. همچنین لازم است برای

شناسایی مسیرهای مناسب و چارچوب‌های سیاسی برای تشویق و جذب بازارهای آتی تحقیقات بیشتری انجام گیرد.

منابع

Agentur für Erneuerbare Energien: Entwicklung der Arbeitsplätze im Bereich Erneuerbare Energien.2013, http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/AEE_Entwicklung_EE-Arbeitsplaetze_98-12_Mar13.pdf (accessed September 2013).

Alexandratos, N. & Bruinsma, J.: World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Workingpaper No. 12-03, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2012.

Antonietti, M., Murach, D. & Titirici, M.M.: Opportunities for technological transformations. From climate change to climate management? In: H.-J. Schellnhuber (ed): Global sustainability: A nobel cause.Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2010, pp. 319–330.

Barber, A.: Seven case study farms: total energy and carbon indicators for New Zealand arable and vegetable production. Agrilink New Zealand Limited, Auckland, New Zealand, 2004.

BÖLW(Bund ökologische Lebenmittelwirtschaft e.V.: Zahlen, Daten, Fakten: Die Bio-Branche 2011. Berlin,Germany, 2011, http://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Zahlen__Daten__Fakten ZDF2011.pdf (accessed September 2013).

Brown, E. & Elliot, R.N.: Potential energy efficiency savings in the agriculture sector. The AmericanCouncil for an Energy-Efficient Economy,Washington, DC, 2005, http://www.aceee.org/pubs/ie053.htm(accessed September 2013).

Chen, G., Baillie, C. & Kupke, P.: Evaluating on-farm energy performance in agriculture. Austral, J. Multi-Discipl. Eng. 7:1 (2009), pp. 55–61.

Chen, G., Baillie, C, Eady, S. & Grant, T.: Developing life cycle inventory for life cycle assessment ofAustralian cotton. Australian Life Cycle Assessment Conference, 14–18 July 2013, Sydney, 2013.

Clemmens, A.J.: Achieving high irrigation efficiency with modern surface. IA Expo Technical Conference,Irrigation Association, November 1998, Falls Church, VA, 1998, pp. 161–168.

Entry, J.A., Sojka, R.E. & Shewmaker, G.E.: Management of irrigated agriculture to increase organic carbonstorage in soils. Soil Sci. Soc Am. J. 66:6 (2002), pp. 1957–1964.

EWG (Energy Watch Group): Crude oil. The supply outlook. EWG-Series No. 3, 2007, http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Oilreport_10-2007.pdf (accessed September 2013).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): How to feed the world in 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2009, www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_200.pdf (accessed September 2013).FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): Energy-smart food for people and climate.

Issue Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy 2011, http://www.fao.org/docrep/014/i2454e/i2454e00.pdf (accessed September 2013).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): Energy-smart food at FAO: An overview.

FAO, Rome, Italy, 2012, http://www.fao.org/docrep/015/an913e/an913e.pdf (accessed September 2013).

Fell H.-J.: Global cooling: Strategies for climate protection. CRC Press, Boca Raton, FL, 2012.

Fischer, G., van Velthuizen, H. & Nachtergaele, F.: GAEZ v3.0 – Global Agro-ecological Zones Model documentation. IIASA, Luxemburg, 2011, http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/GAEZv3.0/gaez2010-Flyer_1final1.pdf (accessed September 2013).

Foran, B.: Looking for opportunities and avoiding obvious potholes: some future influences on agricultureto 2050. In: D.L. Michalk & J.E. Pratley (eds): Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference,20–23 July 1998, Charles Sturt University,WaggaWagga, NSW, Australia, 1998.

Green, G., Sunding, D. & Zilberman, D.: Explaining irrigation technology choices: a microparameter approach. Am. J. Agr. Econ. 78:4 (1996), pp. 1064–1072.

IEA (International Energy Agency): World Energy Outlook 2012. Paris, France, 2012, http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf (accessed September 2013).

Mushtaq, S. & Maraseni, N.T.: Technological change in the Australian irrigation industry: Implicationsfor future resource management and policy development. Waterlines Report Series No [53.], August2011, National Water Commission, Canberra, ACT, Australia, 2011,http://archive.nwc.gov.au/__data/assets/pdf_file/0013/10921/Waterlines_53_PDF_Fellowship_Technological_change_in_the_irrigation_industry.pdf (accessed September 2013).

Mushtaq, S., Chen, C., Hafeez, M., Maroulis, J. & Gabriel, H.: The economics value of improvedagrometeorological information to irrigators amid climate variability. Int. J. Climatol. 32:4 (2012),pp. 567–581.

Mushtaq, S. Maraseni, T.N. & Reardon-Smith, K.: Climate change and water security: estimating the greenhousegas costs of achieving water security through investments in modern irrigation technology. Agr.Syst. 117 (2013), pp. 78–89.

Pathak, B.S. & Bining, A.S.: Energy use pattern and potential for energy saving in rice-wheat cultivation.Energy Agri. 4 (1085), pp. 271–278.

Pellizzi, G; Cavalchini, A.G. & Lazzari, M.: Energy savings in agricultural machinery and mechanization.Elsevier Science Publishing Co. NewYork, 1988.

Pimentel, D.: Impacts of organic farming on the efficiency of energy use in agriculture. The Organic Center,Cornell University, 2006, http://www.organicvalley.coop/fileadmin/pdf/ENERGY_SSR.pdf (accessed September 2013).

Pimentel, D. & Giampietro, M.: Food, land, population and the U.S. economy. Carrying Capacity Network,11/21/1994, http://www.dieoff.com/page55.htm (accessed September 2013).

Pimentel, D.,Williamson, S., Alexander, C., Gonzalez-Pagan, O., Kontak, C.&Mulkey, S.: Reducing energyinputs in the US food system. Human Ecology 36 (2008), pp. 459–471.

Rahmstorf, S., Cazenave, A., Church, J.A., Hansen, J.E., Keeling, R.F., Parker, D.E. & Somerville, R.C.J.:Recent climate observations comparedtoprojections.Science316:5825(2007), 2010 data,http://www.pikpotsdam.de/~stefan/update_science2007.html (accessed September 2013).

Robinson, D.W.: Economic analysis of deficit irrigation on broadacre crops to improve on-farm water useefficiency. Master of Economics Thesis, University of New England, Armidale, NSW, Australia, 2004.

The Cryosphere Today:A webspace devoted to the current state of our cryosphere. The University of Illinoisat Urbana Champaign, 2012, http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/ (accessed September 2013).

Torriani, D., Calanca, P., Lips, M., Ammann, H., Beniston, M.& Fuhrer, J.: Regional assessment of climate change impacts on maize productivity and associated production risk in Switzerland. Reg. Environ. Change 7:4 (2007), pp. 209–221.

UNEP: VitalWater Graphics. United Nations Environmental Programme, Nairobi, Kenya, 2008.

UNESCO: Summary of the Monograph 'World Water Resources at the beginning of the 21st Century',prepared in the framework of IHP UNESCO, Paris, France, 1999.

امنیت منابع انرژی در مزرعه: عرضه، تقاضا و بازده انرژی

Ralph E.H. Sims

۲-۱ مقدمه

در مقایسه با میزان تولید در فاصله سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵، برای برآوردن نیازهای رو به افزایش رژیم غذایی پرپروتئین جمعیت رو به رشد جهان تا سال ۲۰۵۰، افزایش ۷۰ درصدی در تولید مواد غذایی، موردنیاز است (FAO, 2009a). تغذیه جمعیت پیش‌بینی‌شده جهان که در سال ۲۰۵۰ بالغبر ۹ میلیارد نفر خواهد بود، مستلزم تشدید و تعمیق تولید محصولات زراعی و دامی است. انتظار تأمین این مقدار محصول از محل بهبود و افزایش کارایی تولید محصولات کشاورزی، دامی، طیور و شیلات امکان‌پذیر نیست. برای پاسخگویی به این نیاز باید سالانه حدود ۱,۰۰۰ مگاتن غلات و تقریباً ۲۰۰ Mt/year گوشت قرمز و ماهی بیشتری تولید شود. البته، اگر قرار باشد اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) تحقق یابد، این افزایش به علت وابستگی بیشتر به منابع سوخت‌های فسیلی محدود خواهد شد.

ذخایر کافی منابع انرژی همچون اورانیوم، زغال‌سنگ، گاز طبیعی و نفت برای تداوم مصرف فعلی به‌شرط بهبود بازده تبدیل انرژی در چند دهه‌ی آتی وجود دارد. این‌که چگونه به بهترین نحو از این منابع استفاده کنیم، طوری که ازنظر زیست‌محیطی قابل‌قبول باشد و درعین‌حال نیازهای جوامع در حال رشد و اقتصادهای درحال‌توسعه را برآورده سازیم، چالش مهم آینده انرژی است.

با توجه به ذخایر مشخص، قابل بازیابی و منابع بالقوه متعارف و غیرمتعارف نفت، گاز طبیعی و زغالی که وجود دارند، مقدار کربنی که با احتراق این سوخت‌های فسیلی در جو آزاد خواهد شد از اهمیت برخوردار هستند (شکل ۱-۲). مجموع انتشار دی‌اکسیدکربنی که برای تأمین گرما، تولید برق و حمل‌ونقل از اواسط قرن نوزدهم و از آغاز انقلاب صنعتی از احتراق سوخت‌های فسیلی در اتمسفر آزاد شده است بالغبر ۱,۱۰۰Gt CO_2 (گیگا یا میلیارد تن دی‌اکسیدکربن) است (Sims *et*

انرژی در تولید محصولات زراعی

Jeff N. Tullberg

۳-۱ مقدمه

مقدار نهاده انرژی در کشاورزی بی‌شک اصلی‌ترین عامل متمایزکننده کشاورزی مدرن و کشاورزی کشورهای کمتر توسعه‌یافته است و عاملی است که امکان تولید غذای بیشتر توسط نیروی کار کمتر را فراهم می‌کند. در سیستم‌های فقیر، انرژی به‌صورت غذای انسان یا دام مصرف می‌شود، اما در کشاورزی مدرن افزایش سطح انرژی به شکل سوخت ماشین‌آلات، کود یا مواد شیمیایی در سیستم توزیع می‌شود. اغلب این مواد از منابع فسیلی ارزان‌قیمت تأمین می‌شود، لذا اقتصاد انرژی کشاورزان و سازمان‌های تحقیقات کشاورزی کشورهای توسعه‌یافته دارای اهمیت کمتری است.

انرژی فسیلی ارزان‌قیمت با کمبود توان دامی در خاک‌ورزی بکار گرفته شد که امکان خاک‌ورزی عمیق‌تر و پرقدرت را فراهم نمود. سیستم‌های مکانیزاسیون کشاورزی امکان توزیع و مصرف انرژی را در خاک فراهم نمودند. پیامد تداوم این روش‌های کشت و زرع، تجزیه ساختمان خاک و فرسایش بیشتر، افزایش بازده مصرف آب و کود است. پیامد این فرایند در مناطق خشک به‌صورت ناگهانی و گاهی شدید اتفاق می‌افتد که مقدار و شدت آن قابل‌تأمل است و عواقبی ازجمله آلودگی مسیر آب با گل‌ولای، مواد مغذی و مواد شیمیایی کشاورزی در هر ناحیه کشاورزی مدرن قابل‌مشاهده است. این فصل، به‌طورکلی در خصوص ارتقای بازده انرژی[1] بحث می‌کند. بازده انرژی به‌صورت مقدار نهاده انرژی به ازای هر واحد ستانده محصول کشاورزی (اعم از زراعی، باغی، یا دامی و ...) تعریف می‌شود.

[1] energy efficiency

مصرف انرژی فسیلی و نشر دی‌اکسید کربن در کشاورزی

James Arthur Dyer, Raymond Louis Desjardins & Brian Glenn McConkey

۴-۱ مقدمه

این فصل میزان نهاده انرژی مصرفی مزارع کشاورزی را موردبررسی قرار می‌دهد و نقش این نهاده را در انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) بحث خواهد کرد. اگرچه مثال‌های ذکرشده از کشور کانادا انتخاب شده‌اند، ولی در اغلب سیستم‌های کشاورزی مکانیزه صادق است. مصرف نهاده انرژی در کشاورزی یکی از نکات کلیدی چالش‌های جهانی در حوزه‌های مختلف ازجمله انتشار گازهای گلخانه‌ای، عرضه انرژی، امنیت جهانی غذا، مواد اولیه بیوسوخت‌ها و تطابق با تغییرات اقلیمی[1] (CC) است.

۴-۱-۱ مسائل و مشکلات مصرف انرژی

سیاست‌گذاری‌های این حوزه را می‌توان به‌صورت ذیل خلاصه کرد:

مشکلات مصرف انرژی	چالش‌های پژوهشی و سیاست‌گذاری
انتشار GHG	سنجش و کاهش اثرات کربن در تولید کشاورزی
عرضه انرژی	تضمین عرضه مقرون‌به‌صرفه انرژی در مزارع
امنیت غذایی	فعال‌سازی مکانیزاسیون تولید مواد غذایی
محصولات بیوسوخت	مقایسه مصرف انرژی برای تولید مواد اولیه و انرژی حاصل
تطبیق با CC	سنجش اثرات کربن در سیستم‌های نوظهور کشاورزی

[1] climate change

فناوری‌های پربازده انرژی در کشاورزی پایدار و صنایع غذایی

Lijun Wang

۵-۱ مقدمه

افزایش قیمت حامل‌های انرژی و نگرانی‌های ناشی از آلایندگی گازهای گلخانه‌ای، کشاورزان را به جایگزینی عملیات انرژی‌بر با عملیات کشاورزی کاراَ و افزایش بازدهی انرژی، افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در صنایع کشاورزی و غذایی سوق داده است (Wang, 2008). افزایش کارآیی انرژی در صنایع کشاورزی و غذایی نباید فقط به‌منظور تأمین منافع اقتصادی دنبال شود، تأثیر دغدغه‌های زیست‌محیطی، پایداری اجتماعی، امنیت عرضه انرژی و رقابت صنایع دیگر را نباید در این تغییر نادیده گرفت. این فصل با بررسی مصرف انرژی در تولید کشاورزی و تجهیزات فرآوری مواد غذایی شروع می‌شود و سپس امکان‌های صرفه‌جویی انرژی را بررسی و اقدامات لازم برای حفظ انرژی را بحث خواهد کرد.

فناوری‌های مدرن ازجمله چرخه‌های ترمودینامیکی نوین (Kuzgunkaya and Hepbasli, 2007; Ozyurt*et al.,* 2004)، فرایندهای تبدیلی غیرحرارتی مواد غذایی (Brown *et al.,* 2007; Toepfl *et al.,* 2006) و روش‌های گرمادهی جدید (Nguyen *et al.,* 2013; Yang *et al.,* 2010) روش‌های جایگزین سیستم‌های متداول و پرمصرف انرژی در صنایع کشاورزی و غذایی هستند. این فناوری‌های نوظهور پتانسیل جدیدی برای کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های تولید و بهبود پایداری تولید کشاورزی و فرآوری مواد غذایی به وجود آورده‌اند.

هوشمندسازی انرژی در صنایع غذایی: سیاست‌گذاری، فناوری و رویکردها

Ralph E.H. Sims & Alessandro Flammini

۶-۱ مقدمه

تمام مراحل **زنجیره تأمین غذای** مردم دنیا از چراگاه تا میز غذاخوری نیازمند مصرف انرژی است و علاوه بر تولید (مزرعه) تمام مراحل مختلف فرآوری، ذخیره‌سازی، جابجایی، پخت‌وپز و غیره به‌شدت به سوخت‌های فسیلی وابسته است. بر اساس پیش‌بینی سازمان غذا و خواربار جهانی (FAO, 2009a) تا سال ۲۰۵۰ مردم دنیا باید ۶۰ درصد غذای بیشتری تولید کنند تا بتوانند بر نیازهای رو به رشد ناشی از رشد مداوم جمعیت و رژیم‌های غذایی پر از پروتئین فائق آیند؛ بنابراین با روال فعلی وابستگی‌های انرژی چنین روندی را تجربه خواهند کرد:

- سوخت فسیلی که به‌طور مستقیم در تراکتور (خاک‌ورزی، داشت، برداشت)، کامیون، قایق، پمپ آب (آبیاری)، گرم‌کن‌ها (خشک‌کردن محصولات)، فرآوری، آماده‌سازی و پخت غذا مصرف می‌شود.
- سوخت فسیلی که به‌طور غیرمستقیم برای تأمین نهاده‌های مصرفی ازجمله کودها، آفت‌کش‌ها؛ زغال‌سنگ برای تولید برق، تولید فولاد ماشین‌آلات کشاورزی، سیمان برای ساخت‌وساز و محصولات نفتی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

نکته: امنیت طولانی‌مدت منابع آینده سوخت‌های فسیلی به خاطر کاهش احتمالی مخازن، نوسان قیمت و انباشت گازهای گلخانه‌ای (ناشی از احتراق آن‌ها) در هاله‌ای از ابهام است (فصل دوم).

وابستگی غذا به انرژی، آب در زراعت آبی

Tamara Jackson & Munir A. Hanjra

۷-۱ مقدمه

مصرف انرژی و آب اساس فرایندهای تولید کشاورزی بوده و برای تشکیل بافت گیاهی لازم و ضروری است. نگرانی‌های ناشی از تغییر اقلیم و امنیت تأمین انرژی، استفاده کارای منابع انرژی را گریزناپذیر نموده است. تأثیر استفاده از منابع ازجمله آب و انرژی بر محیطزیست در یک سیستم پیچیده طبیعی اجتناب‌ناپذیر است. استفاده بلندمدت و تخلیه مخازن طبیعی انرژی مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی منجر به گرم شدن زمین و تقاضای رو به رشد آب از ارتباط تنگاتنگ این منابع حکایت می‌کند (Graham *et al.,* 2003). افزایش بهره‌وری کشاورزی تابعی از میزان نهاده انرژی است به‌طوری‌که مصرف انرژی فسیلی و افزایش بهره‌وری کشاورزی همبستگی مثبتی باهم داشته‌اند (Sayin *et al.,* 2005; Conforti and Giampetrio, 1997). با توجه به چالش و نیاز به افزایش بهره‌وری کشاورزی برای حصول امنیت غذایی، انتظار می‌رود که در سال‌های پیش رو، روند مصرف انرژی در کشاورزی همچنان صعودی باشد. تحلیل مصرف آب و انرژی در کشاورزی گام مهمی در شناسایی گلوگاه‌های اتلاف و تعیین الگوی تخصیص بهتر منابع کمیاب (انرژی و آب) به‌منظور تقویت تولید محصول است.

مطالعات متعددی مصرف انرژی را در کشاورزی کشورهای مختلف اندازه‌گیری نموده‌اند. گزارش‌شده است که تقریباً ۲۳ درصد از انرژی مستقیم مصرف‌شده در کشت و زرع ایالات‌متحده برای پمپاژ آب در مزرعه مصرف‌شده است (Hodges *et al.,*. 1994; Lal 2004)، فلذا آبیاری سهم بالایی در هزینه انرژی کشاورزان دارد. مصرف انرژی برای پمپاژ آب زیرزمینی بسیار بیشتر از انرژی

مصرف انرژی و پایداری آن در دامپروری

Jukka Ahokas, Mari Rajaniemi, Hannu Mikkola, Jüri Frorip, Eugen Kokin, Jaan Praks, Väino Poikalainen, Imbi Veermäe & Winfried Schäfe

۸-۱ انرژی و پرورش دام و طیور

جمعیت جهان در سال ۱۹۶۰ میلادی ۳ میلیارد نفر و در سال ۲۰۱۰ هفت میلیارد نفر بود، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۵۰ این تعداد به بیش از ۹ میلیارد نفر خواهد رسید. در طی همین زمان، تعداد حیوانات اهلی (گاو و گوسفند، مرغ و دام) از ۴۶ میلیارد در سال ۱۹۶۰ به ۲۲۱ میلیارد در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است (FAO Database, 2013).

افزایش جمعیت انسان‌ها به معنای افزایش تقاضا برای محصولات غذایی است. با افزایش سطح رفاه، مردم ترجیح می‌دهند بجای محصولات زراعی بیشتر از محصولات دامی تغذیه کنند. تخمین زده می‌شود که تولید جهانی گوشت و شیر از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ دو برابر شود. شکل ۱-۸ نشان می‌دهد که چگونه سرانه مهم‌ترین محصولات تولیدی احشام طی ۵۰ سال گذشته (به‌جز گوشت گاو که تقریباً ثابت باقی مانده است) افزایش یافته است (FAO Database, 2013). البته ذکر این نکته لازم است که اگر سرانه تولید محصولات دامی افزایش یابد یا ثابت بماند، تولید کل حتماً افزایش یافته است چون‌که جمعیت جهان روند افزایشی دارد.

به دلیل افزایش تعداد حیوانات و بهبود عملکرد محصول، تولید افزایش یافته است. محصولات حیوانی نسبت به محصولات گیاهی به انرژی بیشتری نیاز دارند. در محصولات گیاهی نسبت انرژی (انرژی ستانده محصول به انرژی مصرف‌شده در تولید) از ۳ تا ۱۵ متغیر (بسته به نوع محصول و میزان تولید) است.

موتور دیزل منبع اصلی توان کشاورزی: کاهش آلایندگی و مکانیزاسیون پایدار

Xinqun Gui

۹-۱ موتور دیزل به‌عنوان اصلی‌ترین منبع توان کشاورزی

در سال ۲۰۱۲ جمعیت جهان از مرز هفت میلیارد نفر گذشت. برای اولین بار در سال ۲۰۱۲، ۵۰٪ از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کردند که بیانگر شتاب روند مهاجرت جمعیت از نواحی روستایی به نواحی شهری است. در سال ۱۹۰۰، کشاورزان، حدود ۴۰٪ نیروی کار در ایالات‌متحده بودند. امروزه این عدد به کمتر از ۲٪ رسیده است. در این میان، از زمان جنگ جهانی دوم به بعد تراکم انرژی مصرفی بخش کشاورزی به‌صورت مداوم کاهش‌یافته است (Davidson). توجه کنید که با توجه تعداد کم‌تر نیروی کار شاغل در حوزه کشاورزی، تغذیه جمعیت رو به رشد باید توسط نیروی کار اندک شاغل در بخش منابع غذایی تأمین گردد. مطابق با نظر سرویس تحقیقاتی اقتصادی USDA، سطح تولیدات مزارع ایالات‌متحده در سال ۲۰۰۹، ۱۷۰٪ بالاتر از میزان آن در سال ۱۹۴۸ بود که این رشد تا حدودی ناشی از مکانیزاسیون می‌باشد (www.ers.usda.gov). تعجبی ندارد که آکادمی ملی مهندسی ایالات‌متحده، مکانیزاسیون کشاورزی را به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای مهندسی قرن بیستم معرفی کرده است (www.greatachievements.org). موتور احتراق داخلی، قلب مکانیزاسیون کشاورزی است که برای اولین بار در سال ۱۹۰۲ در دل تراکتورهای مزرعه‌ای جا خوش کرد تا نیروی محرکه تراکتورها، کمباین‌ها و سایر ادوات کشاورزی را تأمین کند.

تولید بیوسوخت‌ها از میکروجلبک

Malcolm R. Brown & Susan I. Blackburn

۱۰-۱ مقدمه

۱۰-۱-۱ مقدمه‌ای بر سوخت‌های زیستی

پیش‌بینی می‌شود که استفاده از انرژی در جهان تا پایان این قرن، ۵ برابر شود (Huesemann, 2006). امروزه، حدود ۸۰٪ از تقاضای انرژی از طریق سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود، ذخایر و منابع این سوخت‌ها به‌سرعت در حال تخلیه است و هزینه‌ی تولید آن‌ها هر روز بیشتر و بیشتر می‌شود. به‌علاوه، نگرانی روزافزون در مورد تأثیر زیست‌محیطی سوزاندن سوخت‌های فسیلی و رابطه آن با تغییرات آب‌وهوایی، توسعه و استفاده از منابع انرژی جایگزینی که پایدارتر و تجدیدپذیر باشند را ضروری ساخته است. اگرچه از آب، خورشید، باد و زیست‌توده برای کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی بهره‌برداری می‌شود، اما استفاده از منابع قابل‌احتراق زیست‌توده، برای نمونه سوخت‌های زیستی، نقش مهمی در جایگزینی سوخت‌های فسیلی ایفا خواهند کرد. مزیت سوخت‌های زیستی این است که آن‌ها باعث می‌شوند تا انرژی به‌صورت شیمیایی ذخیره شود و می‌توان از مشتقات آن‌ها در موتورهای موجود و زیرساخت‌های حمل‌ونقل از طریق ترکیب با سوخت‌های متداول، برای مثال دیزل نفت خام استفاده کرد (Amaro *et al.*, 2011). البته، برخی فکر می‌کنند که ترکیب سبک در سطوح فعلی (برای مثال E10) درواقع یک تقویت‌کننده سوخت فسیلی است و نقش کمی در ترغیب جایگزین سوخت‌های زیستی با سوخت‌های فسیلی دارد (Batten, 2008).

طی چند دهه گذشته، سوخت‌های زیستی، به‌ویژه بیودیزل و اتانول به‌صورت تجاری از فرآوری محصولات زراعی (برای مثال سویا، خرما، ذرت، چغندرقند، نیشکر) تولید شده‌اند. این‌ها اصطلاحاً

عملکرد و آلایندگی بیودیزل

Syed Ameer Basha

۱۱-۱ مقدمه

بیودیزل یک سوخت پاک جایگزین است که از منابع تجدیدپذیر تولید می‌شود. این سوخت ترکیبی از آلکیل استرهای اسید چرب است که از روغن‌های گیاهی، چربی‌های حیوانی، یا روغن-های بازیافت شده تولید می‌شود. بیودیزل را می‌توان در موتورهای احتراق داخلی دیزل به شکل خالص آن بدون نیاز به اصلاح یا تغییر به کار برد. استفاده از بیودیزل آسان است، بیودیزل تجزیه-پذیر و غیرسمی بوده و در اصل عاری از گوگرد و ترکیبات آروماتیک است. این ماده معمولاً به‌عنوان افزودنی سوخت دیزل به‌منظور کاهش سطح ذرات معلق، مونوکسیدکربن، هیدروکربن‌ها و گازهای دیگر وسایل نقلیه دیزلی استفاده می‌شود. بیودیزل به‌عنوان یک افزودنی نیز به سوخت دیزل اضافه می‌شود که به نسبت‌های ۵، ۱۰ یا ۲۰ درصد (B5، B10 یا B20) استفاده می‌شود. عدد پی‌نوشت نشان دهنده درصد بیودیزل مخلوط شده با دیزل نفتی است. در ایالات‌متحده، بیشتر بیودیزل از روغن سویا یا روغن بازیافتی آشپزخانه تولید می‌شود. چربی‌های حیوانی، سایر روغن‌های گیاهی و روغن‌های بازیافتی نیز بسته به قیمت و دسترسی به آن‌ها می‌توانند برای تولید بیودیزل استفاده شوند. در آینده نیز مخلوطی از انواع چربی‌ها و روغن‌ها ممکن است برای تولید بیودیزل استفاده شود. بیودیزل طی فرایند شیمیایی به نام ترانس استریفیکاسیون ساخته می‌شود که در آن گلیسیرین از چربی یا روغن گیاهی تفکیک می‌شود. این فرایند دو محصول به‌جای می‌گذارد: متیل استرها (نام شیمیایی بیودیزل) و گلیسیرین (یک محصول جانبی ارزشمند که معمولاً برای استفاده در صابون و سایر محصولات به فروش می‌رسد). بیودیزل تنها سوخت جایگزینی است که به‌طور کامل الزامات

بیوگاز

Paul Harris & Hans Oechsner

۱۲-۱ مقدمه

هضم بی‌هوازی (AD) یک فرایند طبیعی تبدیل پسماندهای بیولوژیکی است که در ابتدا برای تصفیه فاضلاب انسان و دام استفاده می‌شد که بعدها برای تولید انرژی تجدیدپذیر از بقایای محصولات کشاورزی نیز بکار برده شد. میکروب‌های AD از بخش قابل‌تجزیه پسماندها برای تأمین مواد مغذی و انرژی استفاده می‌کنند و بخش‌هایی از پسماندها که چندان قابل‌تجزیه نیستند عمدتاً دست‌نخورده باقی می‌مانند. AD تنها یک فرایند "دفع" پسماند نیست، باقیمانده این فرایند علاوه بر کاهش حجم، بو و جمعیت پاتوژنی، کود مناسبی برای تولید کشاورزی نیز محسوب می‌شود. در طول فرایند هضم، انرژی تجدیدپذیر به شکل متان نیز آزاد می‌شود. سیستم AD که مدلی صنعتی از سیستم طبیعی معده است را می‌توان از یک سیستم کاملاً ساده و خانگی تا سیستم‌های صنعتی پیچیده و بزرگ به کار برد. هضم بی‌هوازی را می‌توان به‌عنوان بخشی از سیستم تیمار پسماند یا فرایند تولید انرژی موردتوجه قرار داد که علاوه بر کاهش حجم، استفاده مجدد و بازیافت انرژی به کاهش بار آلودگی تحمیل‌شده به زمین نیز کمک کند.

۱۲-۲ بیوگاز چیست؟

بیوگاز به‌عنوان گاز مرداب یا گاز طبیعی نیز شناخته می‌شود، ترکیبی از متان (CH_4) و دی‌اکسیدکربن (CO_2) که به‌صورت بیولوژیکی از منابع بیولوژیکی تولیدشده است. تشکیل بیوگاز زمانی رخ می‌دهد که میکروب‌ها در غیاب اکسیژن مواد بیولوژیکی مرطوب را تجزیه کنند، این

گازی‌سازی حرارتی پسماندهای کشاورزی و تولید انرژی

Janusz Piechocki, Dariusz Wi´sniewski & Andrzej Białowiec

۱۳–۱ مقدمه

فرایند گازی‌سازی تبدیل بیومس یا مواد زائد به سوخت‌های گازی است. گازی‌سازی فناوری جایگزین فرایند تخمیر بی‌هوازی با استفاده از باکتری‌های متان‌زا است. گازی‌سازی را می‌توان به‌عنوان طیف وسیعی از فرایندهای ترمودینامیکی، تبادل گرمایی زیست‌توده و واکنش‌های شیمیایی گرماگیر و گرماده چند جهتی تعریف کرد که در دماهای بالا اتفاق افتاده و منجر به تبدیل سوخت جامد به شکل گازی می‌شود. به‌غیراز بیومسی که تبدیل به گاز می‌شود، عوامل دیگری ازجمله بخار، هوا، اکسیژن، یا دی‌اکسیدکربن نیز در این فرایند نقش دارند.

مقدار و ترکیب گاز سنتز شده در فرایند گازی‌سازی بیومس بیشتر به نوع بیومس و شرایط گازی‌سازی ازجمله دما، فشار و روش گازی‌سازی بستگی دارد که در این فصل با جزئیات بیشتری موردبحث قرار خواهد گرفت.

تبدیل بیومس به انرژی سریع‌ترین بخش رشد تجارت انرژی در بسیاری از کشورهای اتحادیه اروپا است. مصرف مداوم و تخلیه تدریجی ذخایر سوخت‌های فسیلی و تأثیرات زیست‌محیطی منفی مصرف آن‌ها، پژوهش و جست‌وجوی برای یافتن منابع انرژی تجدیدپذیر و نیز روش‌های نوین پردازش سوخت‌های جایگزین را بیشتر کرده است. قیمت برق، انرژی حرارتی و سوخت در حال افزایش است. قیمت‌های بالاتر حامل‌های انرژی فسیلی و سیاست‌هایی که خواستار افزایش سیستماتیک سهم انرژی تجدیدپذیر در تولید کل هستند، تقاضا برای انرژی تجدیدپذیر را افزایش داده است، اگرچه در برخی موارد این نوع انرژی گران‌قیمت‌تر از منابع انرژی متداول باشد.

دیدگاه خلاقانه: تغییر مسیر به‌سوی اقتصاد زیست محور

Nicole van Beeck, Albert Moerkerken, Kees Kwant & Bert Stuij

۱۴-۱ چرا به یک اقتصاد زیستی نیاز داریم

۱۴-۱-۱ به‌سوی آینده‌ای پایدار

حرکت به‌سوی آینده‌ای پایدار، نیازمند توجه و توسعه همبسته سیستم‌های انرژی و کشاورزی است. مهم‌ترین عامل این وابستگی متقابل از این واقعیت نشات می‌گیرد که ما در جامعه‌ای بر پایه کربن زندگی می‌کنیم. انسان هرساله مقادیر زیادی کربن را به شکل‌های مختلف ازجمله غذا، خوراک، مواد یا انرژی مصرف می‌کند. بیشتر این کربن فسیلی بوده و سهم غالب آن‌ها به‌صورت انرژی مصرف می‌شود. مقدار قابل‌توجهی از کربن زیستی به‌صورت محصولات کشاورزی مصرف می‌شود.

شواهد نشان می‌دهد با الگوهای فعلی تولید، ما به‌گونه‌ای از مرزهای امکان تولید جهانی عبور کرده‌ایم و بصورت نگران کننده‌ای زندگی همه موجودات را نیز به خطر انداخته است (بخش ۳-۱-۱۴) و تضمین آینده پایدار را با چالش جدی مواجه کرده است. یکی از مهم‌ترین گام‌ها، جایگزین کردن کربن فسیلی با کربن زیستی و حرکت به سمت‌وسوی اقتصاد زیستی است. بخش کشاورزی (و صنایع چوب و جنگل) تأمین‌کننده اصلی بیومس بوده و نقش حیاتی در روند این انتقال ایفا خواهد کرد.

۱۴-۱-۲ رابطه بین کشاورزی و انرژی

انرژی و کشاورزی به یکدیگر وابسته هستند. انرژی برای هر نوع فعالیت اقتصادی ازجمله فعالیت‌های بخش کشاورزی لازم است. بخش کشاورزی برای تولید مواد اولیه و غذای انسان و

افزایش دستیابی به انرژی در مناطق روستایی

Xavier lemaire

۱۵-۱ مقدمه

دسترسی آسان به انرژی، یکی از اصلی‌ترین اولویت‌های توسعه مناطق روستایی است. تأمین برق مصرفی روستا از طریق توسعه شبکه انتقال سراسری و یا به‌طور فزاینده از طریق تولید غیرمتمرکز و ترکیبی از فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر[1] (RETs) و با همکاری عمومی و سرمایه‌گذاری بخش خصوصی قابل تحقق است (Kammen and Kirubi, 2008).

با سیاست‌گذاری پایدار و مقررات مناسب می‌توان فعالیت بخش خصوصی را در سرمایه‌گذاری و سرویس‌دهی انرژی در روستا تضمین کرد و طیف وسیعی از خدمات انرژی را به دست روستاییان رساند. سیستم‌های تأمین انرژی کوچک یا متوسط (شبکه محلی) برای بهره‌برداری کشاورزی و روستاییان مناسب است.

این فصل روش‌های تأمین انرژی مناطق روستایی کشورهای درحال‌توسعه را بررسی خواهد کرد که تجربه تأمین نیاز بیش از ۲ میلیون انسان را به کمک نیم میلیون منابع کوچک تأمین می‌کنند (International Fund for Agricultural Development). این کار نتیجه سیاست‌ها، مقررات و الگوهای تجاری متناسبی است که فناوری‌های RE کوچک و گسترده‌ای را سرپا نگه داشته است. این تجهیزات انرژی را به‌عنوان محصول جانبی فعالیت‌های کشاورزی تولید و عرضه می‌کند. کاهش هزینه فناوری‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه فتوولتاییک خورشیدی، ترویج و آموزش سیستم‌های توزیع و

[1] renewable energy technologies

SUSTAINABLE ENERGY SOLUTIONS IN AGRICULTURE

(SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT)

Jochen Bundschuh & Guangnan Chen

Translated By:

Tarahom Mesri Gundoshmian

Mohammad Ali Maysami

Ali Mirzazadeh

9 786227 258943