

# پسماندهای کشاورزی مناسب در ایران برای تولید سوخت زیستی نسل دوم

مسیح کریمی علویجه<sup>۱</sup>، سهیلا یغمایی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله:

۹۴/۱۱/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۵/۰۳/۲۸

## چکیده:

در این پژوهش، پسماندهای کشاورزی مناسب در ایران برای تولید سوخت‌های زیستی و استان‌های دارای پتانسیل احداث پالایشگاه زیستی مشخص گردید. توزیع استانی پسماندهای غلات و بیواتانول و بیوگاز قابل تولید از آنها و همچنین میزان سوخت E10 و برق قابل تولید از این سوخت‌ها محاسبه شد. بیشترین تولید زراعی ایران غلات است. ایران با داشتن سهم ۰/۸۶ درصدی در تولید غلات و ۰/۹ درصدی در تولید پسماندهای کشاورزی جهان، پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی را دارد. در میان ۱۰ کشور اول تولیدکننده سوخت زیستی، تولیدات پسماند غلات ایران بیش‌تر از هلند است. از ۵۴/۳۴ میلیون تن پسماند تولیدشده از ۱۱ محصول عمده ایران، در حدود ۱۱/۲ میلیون تن قابل جمع‌آوری برای تولید سوخت زیستی است که در مجموع ۳/۸۱ میلیارد لیتر بیواتانول یا ۳/۱۵ میلیارد مترمکعب بیوگاز قابل تولید از این مقدار پسماند است.

## کلمات کلیدی:

انرژی زیستی، پسماند کشاورزی، زیست‌توده، سوخت زیستی

masih.karimi@chmail.ir

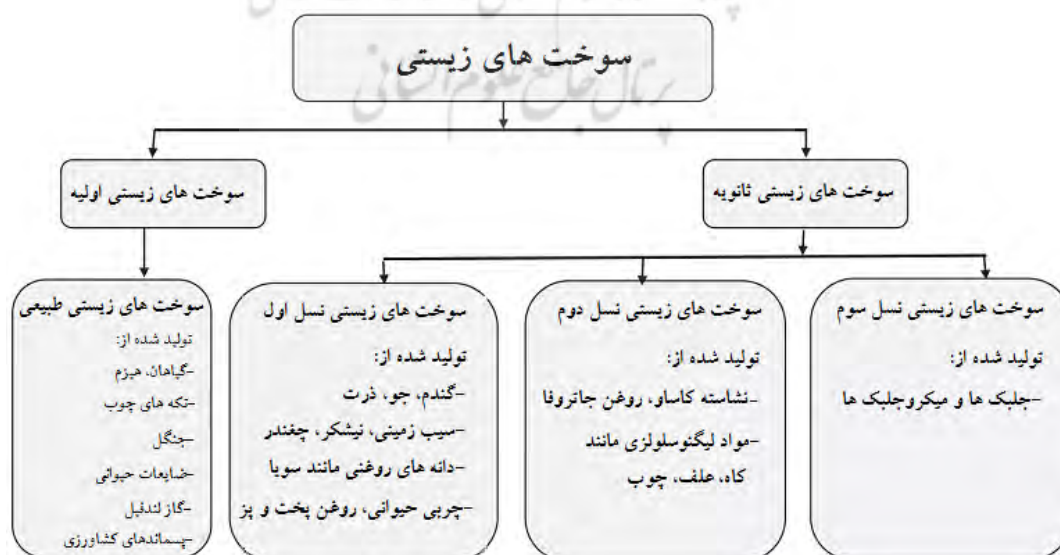
yaghmaei@sharif.edu

(۱) پژوهشگر مرکز تحقیقات، توسعه و کیفیت سازمان اتکا (نویسنده مسئول)

(۲) استاد دانشکده مهندسی شیمی و نفت دانشگاه صنعتی شریف

## مقدمه

انرژی در طول قرن گذشته دستخوش تحولات گسترده‌ای شده است. تا پیش از اکتشاف منابع فسیلی و صنعتی شدن کشورها، زیست‌توده به‌عنوان منبع اصلی انرژی برای گرمایش و پخت‌وپز انسان استفاده می‌شد. ولی امروزه انرژی فسیلی جز جدایی‌ناپذیر تأمین انرژی جهان شده است و سه منبع نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ به ترتیب حدود ۳۲/۶، ۲۳/۷ و ۳۰ درصد از کل انرژی مصرفی جهان را تأمین می‌کنند [۸]. با این وجود، به علت محدودیت شدید منابع فسیلی و اتمام آنها در آینده‌ای نزدیک و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های اجتماعی ناشی از آن، توجه دولت‌ها به زیست‌توده به‌عنوان منبعی پاک و تجدید پذیر و درعین حال فراوان معطوف شده است. سوخت‌های زیستی در دودسته سوخت‌های زیستی اولیه و ثانویه طبقه‌بندی می‌شوند. زیست‌توده موجود در طبیعت به‌عنوان سوخت زیستی اولیه شناخته می‌شود و سوخت‌های زیستی که در پالایشگاه‌های زیستی تولید می‌شوند در دسته ثانویه قرار می‌گیرند. سوخت‌های زیستی ثانویه خود دارای سه نسل تولید هستند. نسل اول تولید سوخت‌های زیستی از محصولات غذایی مانند ذرت است. از آنجایی که تولید از این منابع سبب ایجاد محدودیت در غذای انسان و حیوانات می‌شود، تلاش‌ها بر آن است تا از فناوری‌های جدید و از منابع کشاورزی غیرخوراکی و همچنین پسماندهای کشاورزی در جهت تولید سوخت‌های زیستی بهره گرفته شود. به این نسل از سوخت‌های زیستی، نسل دوم گفته می‌شود. در نسل سوم از میکرو جلبک‌ها استفاده می‌گردد که دارای بازدهی بسیار بالا در رشد و تولید روغن فراوان هستند. در شکل (۱) تقسیم‌بندی سوخت‌های زیستی نشان داده شده است.



شکل ۱) دسته‌بندی نسل‌های مختلف تولید سوخت زیستی بر اساس منبع تولید آن [۳].

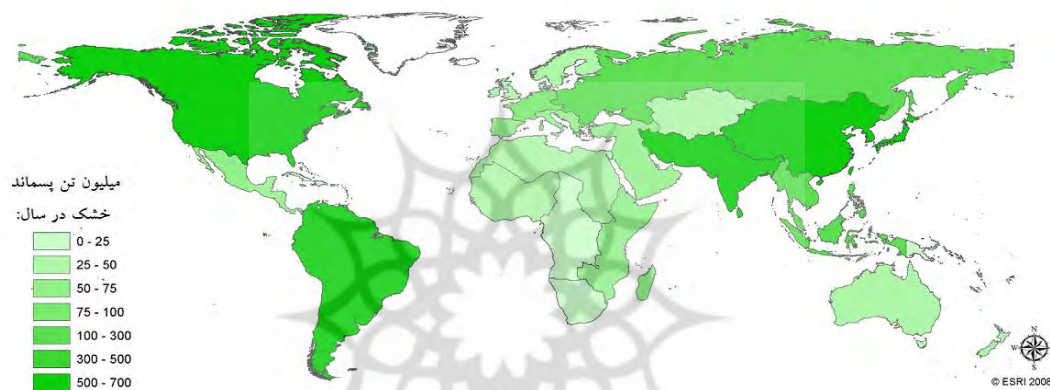
در حدود ۴۲ درصد دانه‌های ذرت آمریکا جهت تولید ۴۹ میلیارد لیتر بیواتانول استفاده می‌شود که ۱۰ درصد از تقاضای بنزین را کاهش داده است [۴۴]. سند استقلال و امنیت انرژی آمریکا [۳۴] در سال ۲۰۰۷ افزایش افزودن سوخت‌های زیستی به بنزین را از ۳۴ میلیارد لیتر در سال ۲۰۰۸ به ۱۳۶ میلیارد لیتر در سال ۲۰۲۲ با ۶۰ میلیارد لیتر سوخت زیستی نسل دوم از مواد لیگنوسلولزی بیان می‌کند. سالانه در حدود ۱۱/۰۴۴ میلیارد تن زیست‌توده کشاورزی در جهان تولید می‌شود [۴۱] که تنها با ۱/۵ میلیارد تن پسماندهای حاصل از برنج، ذرت، گندم، جو، جو دوسر، سورگوم و نیشکر می‌توان ۴۴۲ میلیارد لیتر بیواتانول در جهان تولید کرد [۲۶]. اگرچه کشورهای فاقد منابع نفتی توجه بیشتری به این منبع داشته‌اند، کشورهای توسعه‌یافته دارای منابع نفت و گاز مانند آمریکا و کانادا سرمایه‌گذاری‌های کلانی را در این حوزه انجام داده‌اند به طوری که در مجموع ۴۴/۱ درصد از کل سوخت زیستی تولیدی در جهان متعلق به کشورهای آمریکای شمالی است [۸] و ایالات متحده آمریکا در حال راه‌اندازی ۱۶۰ پالایشگاه زیستی تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی و منابع غیرخوراکی به‌عنوان سوخت زیستی نسل دوم است [۴۲]. تخمین زده شده است که در کشورهای درحال توسعه در حدود ۴۰ درصد از پسماندهای کشاورزی در زمین سوزانده می‌شود [۳۹]. ایران در میان ۱۰ کشور اول دنیا از نظر منابع نفت و گاز قرار می‌گیرد و بیشترین سهم تولید انرژی در ایران از نفت و گاز است (بیش از ۹۸ درصد در سال ۲۰۱۳) درحالی که مصرف انرژی جهانی دارای تنوع گسترده‌تری است و سهم جهانی ایران در استفاده از انرژی زیست‌توده و پسماند بسیار پایین است (کمتر از یک‌پنجاهم مصرف جهانی در سال ۲۰۱۳) [۲۳]. پرسش اصلی این است که وجود منابع عظیم نفت و گاز در این کشورها به معنای عدم برنامه‌ریزی برای رسیدن به منابع دیگر انرژی است؟ پاسخ به این سؤال اگرچه در سال‌های پیش با توجیه اقتصادی مثبت بود، هم‌اکنون فرصت برنامه‌ریزی و بومی‌سازی سایر منابع انرژی با توجه به سرعت بالای زوال منابع فسیلی محدود است. آلودگی هوا ناشی از افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی سبب ایجاد بیماری‌های تنفسی و ریوی شده است. هزینه‌های پاک‌سازی هوا و درمان بیماری‌های مرتبط با آلودگی خود چالشی دیگر است.

در پژوهش پیش رو، پسماندها و محصولات کشاورزی مناسب در ایران به‌منظور تولید سوخت‌های زیستی شناسایی شد و پتانسیل تولید بیواتانول و بیوگاز از این پسماندها محاسبه گردید. همچنین استان‌های دارای پتانسیل احداث پالایشگاه‌های زیستی نسل دوم مشخص گردید و توزیع استانی پسماندهای غلات و سوخت زیستی قابل تولید از آنها تعیین شد. محاسبه پتانسیل تولید سوخت ترکیبی E10 و برق از سوخت‌های زیستی از اهداف دیگر این پژوهش است.

### ارزیابی و بررسی شرایط کشور ایران در تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی

کشور ایران دارای سابقه طولانی در کشاورزی و علم است. موهبت‌های خدادادی فراوان در ایران از جمله منابع نفت و گاز وجود دارد اما به دلیل محدودیت شدید منابع نفت و گاز و بحران انرژی در آینده‌ای نزدیک و همچنین پیشرفت‌های سایر کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه در تولید سوخت‌های زیستی و بهره‌گیری از انرژی زیستی به‌عنوان یکی از

راه‌های تأمین انرژی آینده‌ی جهان، نیاز است تا پتانسیل ایران در تولید بیوشیمیایی انرژی زیستی مورد ارزیابی قرار گیرد. پیش از بررسی عوامل مؤثر در پتانسیل سنجی تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی در ایران، در دید کلی تخمین توزیع پسماندهای کشاورزی از گندم، جو، ذرت، برنج، سویا و نیشکر در مناطق مختلف جهان در شکل (۲) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ایران دارای وضعیت خوبی از نظر تولید پسماند کشاورزی است.



شکل ۲) تخمین توزیع جغرافیایی پسماندهای کشاورزی حاصل از گندم، جو، ذرت، برنج، سویا و نیشکر (۲۰۰۶-۲۰۰۸) [۶]

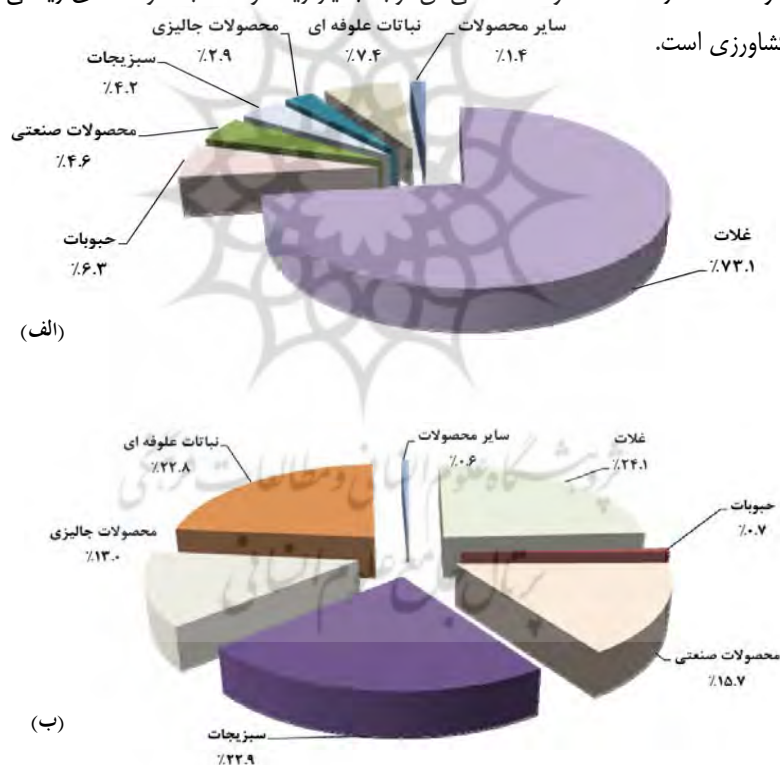
### محصولات کشاورزی مناسب در ایران برای تولید سوخت‌های زیستی

برای پتانسیل سنجی مناسب تولید سوخت‌های زیستی، ابتدا باید محصولات کشاورزی تولیدی در کشور شناخته شود و محصولات اصلی و توزیع جغرافیایی آنها بررسی گردد. سپس با توجه به پسماند حاصل از این محصولات می‌توان بازدهی تولید سوخت‌های زیستی مختلف را مشخص نمود. محصولات کشاورزی و زراعی گسترده‌ای در ایران از جمله گندم، جو، برنج، ذرت، پسته، نیشکر، چغندر قند، کلزا، سویا و خرما کشت می‌شود. بر اساس شکل (۳-الف)، در سال ۱۳۹۲ در حدود ۱۲/۲ میلیون هکتار سطح برداشت کشاورزی در ایران وجود داشته است که شامل سطح برداشت غلات (۷۳/۱ درصد)، نباتات علوفه‌ای (۷/۴ درصد)، حیوانات (۶/۳ درصد)، محصولات صنعتی (۴/۶ درصد)، سبزیجات (۴/۲ درصد)، محصولات جالیزی (۲/۹ درصد) و سایر محصولات زراعی (۱/۴ درصد) است. همچنین بیشترین تولید مربوط به غلات است. غلات ۲۴/۱ درصد از کل تولیدات زراعی را شامل می‌شود. سبزیجات با ۲۲/۹ درصد، نباتات علوفه‌ای با ۲۲/۸ درصد، محصولات صنعتی با ۱۵/۷ درصد، محصولات جالیزی با ۱۳ درصد، حیوانات با ۰/۷ درصد و سایر محصولات با ۰/۶ درصد در رتبه‌های بعدی از نظر تولید زراعی هستند (شکل ۳-ب).

### غلات

در میان تولیدات غلات، به ترتیب گندم با ۵۶/۷ درصد، جو با ۱۷/۱ درصد، شلتوک با ۱۴/۹ درصد و ذرت دانه‌ای با

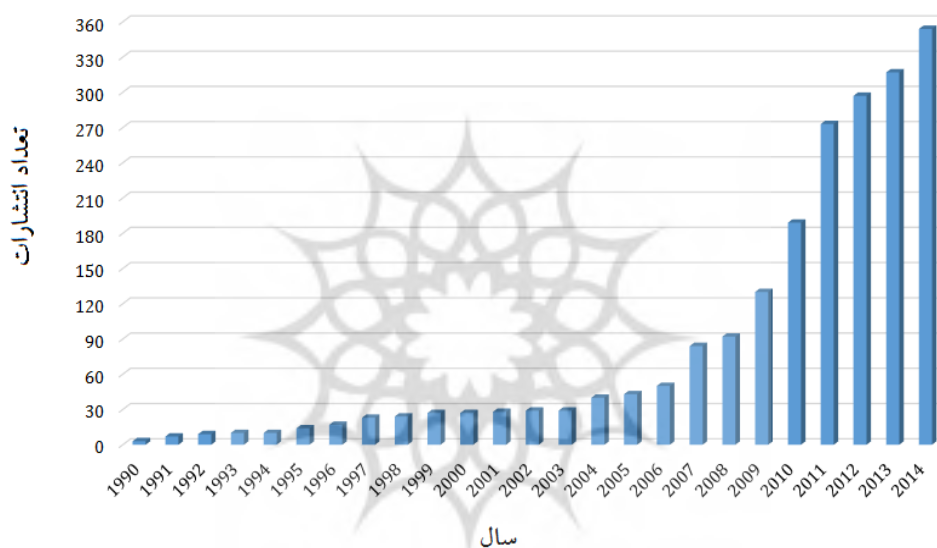
۱۱/۳ درصد بیشترین سهم را دارند [۱]. خوشبختانه در میان پسماندهای کشاورزی، گاه و پسماندهای حاصل از غلات بیشترین تولید را در جهان به خود اختصاص داده‌اند [۲۱، ۲۶] و این امر سبب به وجود آمدن حجم انبوهی از تحقیقات علمی و صنعتی جهت تولید سوخت‌های زیستی از این منابع شده است. بر اساس تحلیل داده‌ها در بانک اطلاعاتی اسکوپوس، تعداد انتشارات علمی در حوزه سوخت‌های زیستی از پسماندهای غلات از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ۲۱۲۶ تحقیق علمی در این رابطه منتشر شده است که از سال ۱۹۹۰ از تعداد ۳ انتشار به ۳۵۴ انتشار در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است. روند افزایش ناگهانی توجه به این حیطه از علم در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ آغاز شده است و علت اصلی آن توجه بسیار زیاد دولت‌ها به سوخت‌های زیستی نسل دوم و بویژه از پسماندهای کشاورزی است.



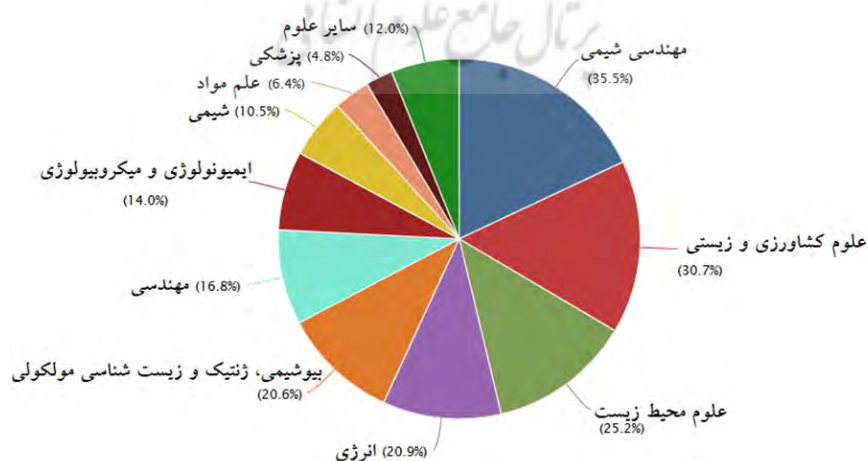
شکل ۳ (الف) درصد توزیع سطح برداشت محصولات زراعی و (ب) درصد توزیع تولید محصولات زراعی در ایران [۱]

علوم درگیر در این حوزه در شکل (۵) نشان داده شده است. مهندسی شیمی و علوم کشاورزی به ترتیب با داشتن ۷۵۴ و ۶۵۲ انتشار علمی از ۲۱۲۶ مطلب منتشر شده بیشترین سهم را در توسعه تحقیقاتی تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای غلات داشته‌اند. این مطلب می‌تواند به‌عنوان عاملی مهم در تولید سوخت‌های زیستی در ایران مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین، در نگاه اول کشور ایران دارای پسماندهای کشاورزی مناسبی است که در دنیا مورد توجه قرار گرفته‌اند و ایران

می‌تواند با استفاده از منابع عظیم علمی و تجربیات صنعتی ارائه‌شده، سوخت‌های زیستی را تولید نماید. از طرفی، مهم‌ترین گروه‌های درگیر در تولید سوخت‌های زیستی مهندسی شیمی و علوم کشاورزی هستند. بنابراین، باید بستر مناسب برای همکاری این گروه‌های علمی فراهم شود.



شکل ۴) تعداد انتشارات ارائه‌شده در حوزه تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای غلات



شکل ۵) علوم درگیر در تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای غلات

بر اساس اطلاعات و آمارهای فائو [۱۵] مقایسه تولید غلات و پسماندهای کشاورزی میان ایران با ۱۰ کشور اول تولیدکننده سوخت‌های زیستی در جهان به ترتیب شامل آمریکا، برزیل، آلمان، آرژانتین، اندونزی، فرانسه، چین، هلند، تایلند و کانادا [۸]، در شکل (۶) نشان داده شده است. در این مقایسه، ایران در مقام دهم و بالاتر از هلند قرار می‌گیرد. با این‌وجود، تولید سوخت زیستی هلند در سال ۲۰۱۴ برابر با ۱۴۴۵ میلیون تن معادل نفت خام بوده است [۸]. کمبود منابع کشاورزی و لیگنوسلولزی نسبت به سایر کشورهای موجود در این فهرست سبب شده است تا هلند از ضایعات روغن پخت‌وپز، چربی حیوانی و دانه‌های روغنی جهت تولید بیودیزل استفاده نماید. بیودیزل سوخت زیستی غالب تولیدی در این کشور است و بیواتانول سوخت بعدی است. میزان بیودیزل تولیدی در هلند تقریباً دو تا سه برابر بیواتانول است [۱۳، ۲۰]. کشورهای موجود در این فهرست به‌جز چین، آمریکا، برزیل و هلند به‌طور متوسط دارای سهم ۲/۲ و ۲/۳ درصدی از تولید غلات و پسماندهای کشاورزی در جهان هستند. ایران با داشتن سهم ۰/۸۶ درصدی در تولید غلات و ۰/۹ درصدی در تولید پسماندهای کشاورزی جهان، پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی را دارد.



شکل ۶) درصد جهانی تولید غلات و پسماند کشاورزی در ۱۰ کشور اول تولیدکننده سوخت زیستی به همراه ایران (۲۰۱۲)

## گندم

گندم غالب‌ترین محصول غلاتی ایران است و در سال ۲۰۱۳، حدود ۱۴ میلیون تن گندم در ایران تولید شده است [۱۶]. ۴۵ درصد از تولید گندم ایران به‌عنوان غذای انسان و ۵ درصد از آن به‌عنوان غذای دام استفاده می‌شود و در حدود ۵۰ درصد از آن به پسماند تبدیل می‌شود. بنابراین، یکی از مناسب‌ترین محصولات برای تولید سوخت‌های زیستی در ایران می‌تواند گندم باشد. استفاده از کاه گندم به‌عنوان منبع فراوان در کشور برای تولید این سوخت‌های دارای پتانسیل زیادی

است. استان‌های خوزستان، فارس، گلستان، خراسان رضوی، کردستان، کرمانشاه، همدان، آذربایجان غربی، اردبیل و آذربایجان شرقی از جمله استان‌های دارای پتانسیل بالا برای تولید این سوخت‌ها هستند و بیشترین میزان تولید گندم متعلق به این استان‌هاست [۱].

### جو

دومین محصول گروه غلات در ایران جو است. تولید جو در کشور در حدود  $3/2$  میلیون تن در سال ۲۰۱۳ بوده است [۱۶]. پسماندهای حاصل از کشت جو در حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد است و به‌عنوان یکی از غلات فراوان در جهان، برای تولید سوخت‌های زیستی مورد مطالعه زیادی قرار گرفته است. استان‌های اصلی تولیدکننده جو در ایران شامل خراسان رضوی، همدان، فارس، لرستان، کرمانشاه، اردبیل، اصفهان، مرکزی، گلستان و قزوین هستند [۱].

### برنج

آسیا به‌عنوان تولیدکننده اصلی برنج در جهان است. در حدود ۹۰ درصد از برنج در آسیا تولید می‌شود [۲۶]. در ایران نیز برنج به‌عنوان یکی از محصولات اصلی کشت می‌شود و در سال ۲۰۱۳ حدود  $2/9$  میلیون تن برنج در ایران تولید شده است [۱۶]. حدود ۶۵ درصد از برنج تولیدی برای مصرف انسان، ۵ درصد حیوان و ۳۰ درصد از آن به‌عنوان پسماند شناخته می‌شود. برنج در ایران به‌طور عمده در استان‌های مازندران، گیلان، خوزستان، گلستان و فارس تولید می‌شود و این استان‌ها دارای پتانسیل خوبی برای احداث واحدهای تولید سوخت زیستی از کاه برنج هستند [۱].

### ذرت

ذرت یکی از محصولات اصلی قاره آمریکاست و محصول اصلی تولید سوخت‌های زیستی در کشور ایالات متحده آمریکاست. پالایشگاه‌های زیستی آمریکا در مناطقی تجمع یافته‌اند که ذرت کشت می‌شود. با توجه به این نکته و همچنین در نظر گرفتن این محصول به‌عنوان یکی از غلات عمده ایران با تولید حدود  $2/6$  میلیون تن در سال ۲۰۱۳ [۱۶]، به نظر می‌رسد استفاده از پسماندهای ذرت دارای پتانسیل مناسبی برای تولید سوخت زیستی در ایران است. خوزستان با  $34/8$  درصد از کل تولید ذرت کشور، بیشترین سهم را دارد. استان‌های فارس، کرمانشاه، کرمان، همدان و قزوین در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند [۱].

### سیب‌زمینی

سبزیجات از جمله محصولات تولیدی فراوان در کشور ایران هستند. سیب‌زمینی با اختصاص سهم تولید حدود ۳۰ درصد در میان سبزیجات با تولید حدود  $5/6$  میلیون تن در سال ۲۰۱۳ [۱۶]، یکی از محصولات اصلی در ایران است. امروزه اهمیت این محصول کشاورزی در تولید سوخت‌های زیستی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. علاوه بر



پسماندهای سیب‌زمینی در زمین‌های کشاورزی، بخش زیادی از پسماند این محصول در صنایع غذایی مانند چیپس تولید می‌شود. علاوه بر اینکه عمده سیب‌زمینی نشاسته است، پوست آن نیز حاوی نشاسته، سلولز، همی‌سلولز و قندهای قابل تخمیر است و دارای پتانسیل بالایی برای تولید سوخت‌های زیستی است [۴، ۱۲]. محصولات دیگر گروه سبزیجات مانند گوجه‌فرنگی برای تولید سوخت‌های زیستی در فاز مطالعاتی قرار دارند و اهمیت پایین‌تری نسبت به سیب‌زمینی در این حوزه را دارند. استان‌های همدان، اردبیل، زنجان، کردستان، آذربایجان شرقی و اصفهان از جمله تولیدکنندگان این محصول هستند [۱].

### نباتات علوفه‌ای

نباتات علوفه‌ای عمده تولیدی در ایران شامل ذرت علوفه‌ای با سهم تولید ۴۸/۵ درصد، یونجه ۳۳/۵ درصد و شبدر ۸/۷ درصد هستند [۱] و تولید ایران در سال ۲۰۱۳ در حدود ۲۱/۵ میلیون تن بوده است [۱۶]. نباتات علوفه‌ای به‌عنوان خوراک دام استفاده می‌شوند. ایران، ترکمنستان و قفقاز اولین کشورهای هستند که یونجه را بیش از ۴۰۰۰ سال پیش کشت کرده‌اند و این گیاه از گیاهان بومی ایران است. کشورهای آمریکا، کانادا، روسیه، ایتالیا و چین از جمله کشورهای پیش‌تاز در تولید یونجه هستند [۹]. ایران از جمله مناطقی در آسیاست که دارای کشت مناسب این محصولات است. این منبع برای تولید انرژی زیستی علاوه بر خوراک دام در برخی کشورها مانند ایتالیا مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که نباتات علوفه‌ای مانند یونجه محتوی پروتئین بالایی هستند، مناسب برای تولید بیوگاز می‌باشند و مطالعاتی در این زمینه انجام شده است [۱۱]. استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، همدان، کرمان، سیستان و بلوچستان، خراسان رضوی، اردبیل، اصفهان، کردستان، قزوین، مازندران، تهران و گلستان از جمله استان‌های تولیدکننده نباتات علوفه‌ای در ایران هستند [۱].

### محصولات صنعتی

محصولات صنعتی، از جمله منابعی هستند که در دنیا برای تولید سوخت‌های زیستی بویژه بیودیزل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. روغن سویا و کلزا به‌عنوان منابع اصلی تولید بیودیزل شناخته شده‌اند و در آمریکا تولید تجاری بیودیزل به‌عنوان سوخت از روغن سویاست [۳۲]. چغندر قند و ملاس آن و همچنین نیشکر و ملاس آن از جمله منابعی هستند که برای تولید سوخت‌های زیستی مورد توجه بسیار زیادی قرار گرفته‌اند. تولید بیواتانول در برزیل اساساً از نیشکر است. ۵۵ درصد از چغندر قند در آمریکا در ایالت‌های مینه‌سوتا و نورت داکوتا تولید می‌شود. از این رو، مطالعات پتانسیل سنجی برای تولید بیواتانول از این محصول در این ایالت‌ها آغاز شده است [۲۲]. در ایران در سال ۲۰۱۲ نیشکر با ۶۱ درصد و چغندر قند با ۳۲/۴ درصد بیشترین سهم را در میان محصولات صنعتی دارند. در میان دانه‌های روغنی به ترتیب پنبه، کلزا و سویا دارای سهم ۱/۸، ۱/۶ و ۱/۴ درصدی هستند [۱].

## نیشکر

در سال ۲۰۱۳ میزان تولید نیشکر در ایران برابر با ۶/۲ میلیون تن بوده است [۱۶]. خوزستان تولیدکننده اصلی نیشکر در ایران است و مازندران در مقام دوم قرار دارد. احداث واحدهای بهره‌برداری از این محصول در خوزستان به نظر می‌رسد بسیار مناسب باشد. تولید انبوه و پسماندهای ناشی از آن شامل باگاس و ملاس می‌تواند به‌عنوان منبعی پایدار در این استان استفاده شود.

## چغندر قند

استان‌های خراسان رضوی، آذربایجان غربی، فارس، کرمانشاه، قزوین و لرستان از جمله استان‌های تولیدکننده این محصول هستند. تولید ایران در سال ۲۰۱۳ برابر با ۴/۲ میلیون تن بوده است [۱۶]. این محصول نیز می‌تواند همانند نیشکر به‌عنوان یکی از منابع تولید سوخت زیستی استفاده شود. ملاس چغندر قند حاصل از کارخانه‌های تولید قند و شکر یکی از منابع مناسب برای تولید سوخت زیستی است.

## دانه‌های روغنی

دانه‌های روغنی برای تولید بیودیزل استفاده می‌شود. کلزا، سویا و پنبه از محصولات روغنی گیاهی اصلی کشور ایران هستند و کنجد، زیتون، تخمه آفتابگردان، گل‌رنگ، بادام، ذرت، گردو و فندق از منابع دیگر موجود در کشور می‌باشند. درصد سهم تولید استان‌های اصلی تولیدکننده کلزا شامل مازندران، گلستان، اردبیل، همدان و قزوین است. سویا در ایران به میزان زیادی در استان گلستان کشت می‌شود و تولید غالب پنبه در استان خراسان انجام می‌شود [۱].

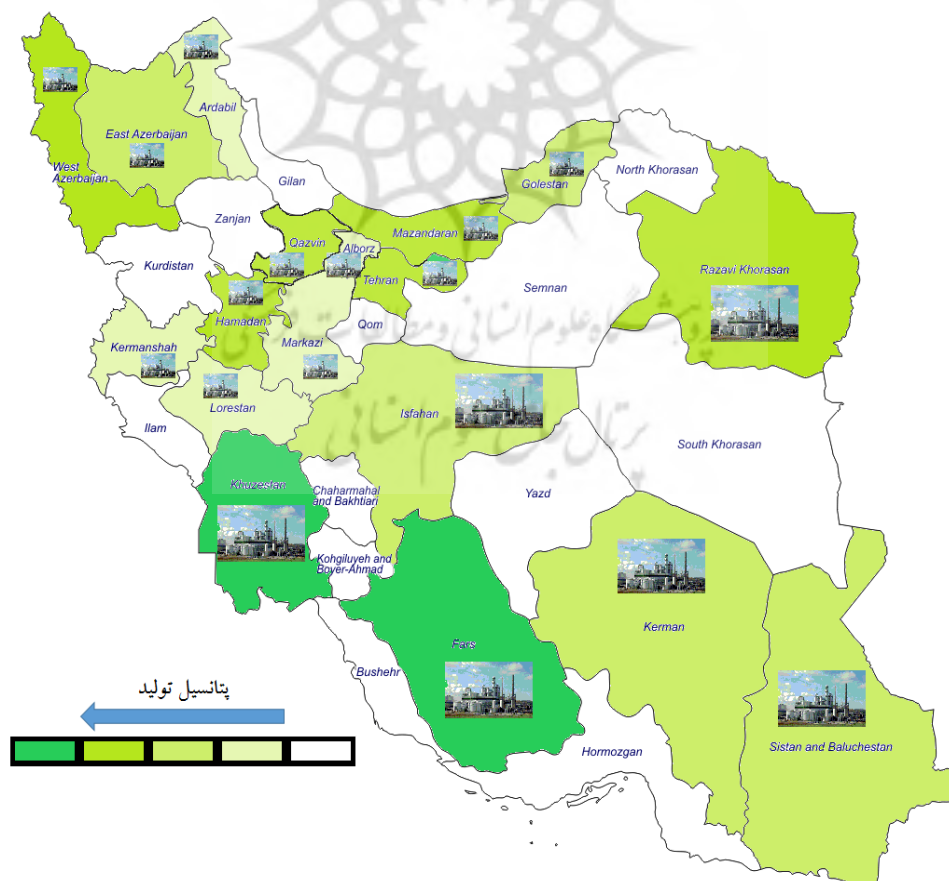
## محصولات باغی

محصولات باغی دارای پتانسیل بالایی برای تولید سوخت‌های زیستی هستند. تولید این محصولات برای سوخت زیستی در رقابت با غذاست ولی امروزه با مطالعات فراوانی که در زمینه سوخت‌های زیستی نسل دوم انجام شده است، ضایعات و پسماندهای این محصولات به‌عنوان یکی از منابع مناسب برای تولید سوخت زیستی معرفی شده است. پسماندهای تولیدی هنگام برداشت محصول و هرس کردن و همچنین پسماندهای حاصل از صنایع غذایی مصرف‌کننده این محصولات مانند پوست میوه می‌تواند برای تولید سوخت زیستی استفاده شود. تولید سوخت‌های زیستی از جمله بیواتانول، بیوگاز و همچنین تولید میکروبی اسید چرب به‌عنوان بیودیزل از این محصولات انجام شده است. بر اساس آمارهای اسکوپوس، توجه به پژوهش در زمینه استفاده از سیب، انگور، پرتقال و خرما برای تولید سوخت‌های زیستی از سال ۲۰۱۱ افزایش یافته و تاکنون بالغ بر ۱۲۲ انتشار علمی در این راستا ارائه گردیده است. بیشترین محصولات باغی ایران در

سال ۲۰۱۲ شامل سیب با ۱۹/۰۲ درصد، انگور با ۱۷/۲۶ درصد، پرتقال با ۱۵/۹۶ درصد، خرما ۶/۳۵ درصد و انار با ۵/۹ درصد از تولید هستند [۲].

### سیب

سیب به‌عنوان یکی از بیشترین تولیدات باغی ایران است. آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و تهران تولیدکنندگان اصلی سیب در ایران هستند [۲]. آسیا و اروپا تولیدکنندگان اصلی سیب هستند. چین دارای بیشترین تولید است و تولید ایران در حدود ۱۰ درصد تولید چین است. ایران جزء ۱۰ کشور اول دنیا در تولید سیب است [۳۶]؛ بنابراین یکی از پسماندهای کشاورزی دارای پتانسیل خوب برای تولید سوخت‌های زیستی در ایران ضایعات سیب است. تولید سیب ایران در سال ۲۰۱۳ برابر با ۱/۷ میلیون تن بوده است [۱۶].



شکل ۷) استان‌های دارای پتانسیل احداث پالایشگاه‌های زیستی برای تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی

## انگور

از جمله محصولات باغی فراوان در ایران انگور است. ایران از جمله تولیدکنندگان جهانی انگور است و تولید ایران در حدود ۳۰ درصد از تولید ایتالیا به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده انگور است [۳۷]. میزان تولید انگور کشور در سال ۲۰۱۳ در حدود ۲ میلیون تن بوده است [۱۶]. بنابراین، ضایعات این محصول برای تولید سوخت‌های زیستی دارای پتانسیل مناسبی است. استان‌های فارس، خراسان رضوی، قزوین و همدان از جمله تولیدکنندگان انگور در ایران هستند [۲].

## خرما

ایران پس از مصر به عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده خرما شناخته می‌شود [۳۸]. تولید خرما در سال ۲۰۱۳ در حدود یک میلیون تن بوده است [۱۶]. یکی از کاربردهای ضایعات خرما در ایران می‌تواند استفاده آن در تولید سوخت‌های زیستی می‌تواند باشد. استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان، خوزستان و بوشهر به عنوان تولیدکنندگان اصلی خرما در ایران هستند [۲]. خرما به عنوان یکی از محصولات اصلی کشورهای خاورمیانه و برخی کشورهای آفریقایی است. حجم زیاد منابع نفتی در خاورمیانه شرایط را برای تولید سوخت‌های ترکیبی زیستی-نفتی تسهیل می‌کند.

## استان‌های دارای پتانسیل احداث پالایشگاه‌های زیستی نسل دوم در ایران

با توجه به محصولات کشاورزی بررسی شده و استان‌های تولیدکننده آنها، استان‌های خوزستان، فارس، خراسان رضوی، مازندران، تهران، قزوین، همدان، آذربایجان غربی، گلستان، سیستان و بلوچستان، اصفهان، کرمان، آذربایجان شرقی، اردبیل، لرستان، کرمانشاه و مرکزی دارای پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی هستند. در شکل (۷)، تقسیم‌بندی استان‌های مختلف از نظر پتانسیل احداث پالایشگاه زیستی تولیدکننده این سوخت‌ها نشان داده شده است. لازم به ذکر است که سوخت‌های زیستی را می‌توان در واحدهای کوچک نیز تولید نمود و بخشی از انرژی همان واحد توسط این سوخت‌ها تأمین گردد. به عبارت دیگر، در هر کجا که پسماند کشاورزی تولید شود، پتانسیل تولید سوخت زیستی وجود خواهد داشت.

## مطالعه موردی پتانسیل تولید بیواتانول و بیوگاز

پس از تعیین پسماندهای کشاورزی مناسب بر اساس گستردگی و فراوانی تولید، می‌توان میزان سوخت زیستی قابل تولید از هر پسماند را بر اساس روش زیر تخمین زد:

▪ به ازای هر تن از محصول کشاورزی، پسماند مشخصی تولید می‌شود. مقدار پسماند توسط نسبت

پسماند به محصول (RPR<sup>۱</sup>) قابل محاسبه است:

$$RPR \times \text{کل محصول تولیدی} = \text{کل پسماند تولیدی}$$

تمامی پسماند برای تولید سوخت زیستی در دسترس نیست. مقداری از پسماند کشاورزی در زمین باقی می ماند تا محتوی آلی خاک فراهم شود و از فرسایش خاک جلوگیری گردد. این مقدار ۲ به طور متوسط تن پسماند به ازای هر هکتار است [۲۶, ۳۰]. از طرفی بخش قابل ملاحظه ای از پسماند کشاورزی در مراحل مختلف جمع آوری، انتقال و غیره و همچنین کاربردهای دیگر از دست می رود. پسماند قابل جمع آوری برای تولید سوخت زیستی ۳۵ درصد از کل پسماند باقی مانده پس از پوشش زمین در نظر گرفته می شود [۱۸]:

$$\text{میزان لازم برای پوشش زمین کشاورزی} = \frac{\text{سطح برداشت} \times ۲ - \text{کل پسماند تولیدی}}{۰/۳۵} \times \text{پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی}$$

سرانجام، با داشتن بازدهی تولید سوخت زیستی می توان میزان تولید بالقوه ی سوخت زیستی را محاسبه کرد:

$$\text{بازده تولید سوخت زیستی} \times \text{پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی} = \text{سوخت زیستی قابل تولید}$$

در این مطالعه، پسماندهای غلات شامل گندم، جو، برنج و ذرت و سایر محصولات کشاورزی غالب ایران شامل سیب زمینی، علوفه، نیشکر، چغندر قند، سیب، انگور و خرما برای تولید بیوگاز و بیواتانول در نظر گرفته شد. در جدول (۱) میزان تولید و سطح برداشت این محصولات به همراه پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی محاسبه شده است. از ۵۴/۳۴ میلیون تن پسماند تولید شده از ۱۱ محصول ذکر شده، در حدود ۱۱/۲ میلیون تن قابل جمع آوری برای تولید سوخت زیستی در ایران است. در جدول (۲) بازده و میزان تولید سوخت زیستی بیواتانول و بیوگاز از پسماندهای این محصولات نشان داده شده است. در مجموع ۳/۸۱ میلیارد لیتر بیواتانول یا ۳/۱۵ میلیارد مترمکعب بیوگاز قابل تولید از ۱۱/۲ میلیون تن پسماند است. در جداول (۳) تا (۶) میزان بیواتانول و بیوگاز قابل تولید در استان های اصلی تولید کننده غلات نشان داده شده است. استان های خوزستان، فارس و مازندران با پتانسیل تولید ۵۱۴/۵۹، ۴۳۷/۳۳ و ۲۶۲/۰۷ میلیون لیتر بیواتانول و ۲۸۵/۷۹، ۲۵۶/۴۱ و ۱۵۱/۱۹ میلیون لیتر بیوگاز به ترتیب مقام های اول تا سوم را در تولید این سوخت های زیستی از پسماندهای غلات ایران دارند. لازم به ذکر است اگرچه استان های لرستان، کرمانشاه و اردبیل تولید بیشتری از جو در مقایسه با اصفهان، مرکزی، گلستان و قزوین دارند (جدول ۴)، ولی به علت عملکرد پایین تر کشت یعنی نسبت تولید

1) Residue to Product Ratio

محصول به ازای سطح برداشت، میزان پسماند قابل جمع آوری ناچیز است. بیواتانول را می‌توان به‌عنوان سوخت خودرو استفاده کرد ولی به علت نیاز به تغییر موتور خودرو برای بیواتانول خالص (E100)، از ترکیب این سوخت با بنزین استفاده می‌شود.

جدول (۱) میزان تولید و سطح برداشت محصولات مورد مطالعه و پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی

میزان پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی (میلیون تن)	میزان لازم برای پوشش زمین (میلیون تن)	کل پسماند تولیدی (میلیون تن)	RPR	سطح برداشت (میلیون هکتار) [۱۶]	میزان تولید محصول (میلیون تن) [۱۶]	محصول
۳/۶۴	۱۴/۱	۲۴/۵	۱/۷۵ [۲۹]	۷/۰۵	۱۴	گندم
۰/۲۲۴	۳/۲	۳/۸۴	۱/۲ [۲۹]	۱/۶	۳/۲	جو
۱/۳۸۴	۱/۱۴	۵/۰۹۵	۱/۷۵۷ [۲۹]	۰/۵۷	۲/۹	برنج
۱/۴۸	۰/۸۵	۵/۰۸	۲ [۲۹]	۰/۴۲۵	۲/۵۴	ذرت
۱/۸۱۳	۰/۳۸	۵/۵۶	۱ [۱۷]	۰/۱۹	۵/۵۶	سیب‌زمینی
۰/۶۷۴	۱/۳	۳/۲۲۵	۰/۱۵ [۳۵]	۰/۶۵	۲۱/۵	علوفه
۰/۶۰۱	۰/۱۴۲	۱/۸۶	۰/۳ [۴۳]	۰/۰۷۱	۶/۲	نیشکر
۰/۹۵۱	۰/۲۱۳	۲/۹۳	۰/۷ [۱۷]	۰/۱۰۶۵	۴/۱۸۵	چغندر قند
۰/۲۰۶	۰/۲۶	۰/۸۵	۰/۵ [۲۴]	۰/۱۳	۱/۶۹۳	سیب
۰/۲۱۳	۰/۴۱۵	۱/۰۲	۰/۵ [۲۴]	۰/۲۰۸	۲/۰۵	انگور
۰/۰۱۸۷	۰/۳۲۶	۰/۳۸	۰/۳۵ [۴۳]	۰/۱۶۳	۱/۰۸	خرما
۱۱/۲۰	۲۲/۳۳	۵۴/۳۴	-	۱۱/۱۶	۶۴/۹۱	مجموع

ترکیب ۱۰ درصدی اتانول با بنزین (E10) به‌عنوان یکی از سوخت‌های رایج در جهان است. انرژی بیوگاز را می‌توان برای تولید برق در ژنراتورها استفاده کرد. حدود ۲ کیلووات ساعت برق را می‌توان از هر مترمکعب بیوگاز تولید نمود [۱۰]. در شکل (۸) پتانسیل تولید سوخت E10 و تولید برق از بیوگاز در استان‌های تولیدکننده عمده غلات ایران نشان داده شده است. مطابق این شکل، در سه استان خوزستان، فارس و مازندران می‌توان ۵/۱۵، ۴/۳۷ و ۲/۶۲ میلیارد لیتر E10 و ۵۷۱/۵۸، ۵۱۲/۸۲ و ۳۰۲/۳۹ گیگاوات ساعت برق تولید کرد و در مجموع، ۲۱/۷۶ میلیارد لیتر سوخت E10 و ۲۵۲۸/۵۱ گیگاوات ساعت برق قابل تولید از پسماندهای غلات در استان‌های نشان داده شده است.

جدول ۲) میزان تولید سوخت زیستی از پسماندهای مورد مطالعه

منبع	نوع سوخت زیستی	بازده تولید سوخت زیستی	مرجع	مقدار سوخت زیستی
گندم	بیواتانول	۴۳۲	[۷]	۱۵۷۲/۴۸
	بیوگاز	۲۷۰	[۳۳]	۹۸۲/۸۰
جو	بیواتانول	۳۵۰	[۱۹]	۷۸/۴۰
	بیوگاز	۳۰۰	[۳۳]	۶۷/۲۰
برنج	بیواتانول	۴۱۶	[۷]	۵۷۵/۸۹
	بیوگاز	۲۴۰	[۳۳]	۳۳۲/۲۵
ذرت	بیواتانول	۴۲۲	[۷]	۶۲۴/۷۷
	بیوگاز	۲۰۰	[۳۳]	۲۹۶/۱۰
سیب زمینی	بیواتانول	۱۱۰	[۱۹]	۱۹۹/۴۳
	بیوگاز	۳۳۸	[۲۷]	۶۱۲/۷۹
علوفه	بیواتانول	۴۵۱	[۲۸]	۳۰۳/۸۶
	بیوگاز	۴۲۰	[۲۷]	۲۸۲/۹۸
نیشکر	بیواتانول	۲۱۷	[۱۹]	۱۳۰/۴۸
	بیوگاز	۲۰۰	[۵]	۱۲۰/۲۶
چغندر قند	بیواتانول	۳۰۰	[۱۹]	۲۸۵/۲۳
	بیوگاز	۳۹۷	[۴۰]	۳۷۷/۴۶
سیب	بیواتانول	۶۵	[۱۹]	۱۳/۳۶
	بیوگاز	۲۲۸	[۳۱]	۴۶/۸۶
انگور	بیواتانول	۷۰	[۱۹]	۱۴/۹۰
	بیوگاز	۱۰۰/ ۵۱	[۱۴]	۲۱/۳۹
خرما	بیواتانول	۳۶۰	[۱۹]	۶/۷۲
	بیوگاز	۶۱۰	[۲۵]	۱۱/۳۸

واحد بازده تولید بیواتانول و بیوگاز به ترتیب لیتر بر تن و مترمکعب بر تن است.  
واحد مقدار بیواتانول و بیوگاز قابل تولید به ترتیب میلیون لیتر و میلیون مترمکعب است.

جدول ۳) بیواتانول و بیوگاز قابل تولید در ۱۰ استان اول تولیدکننده گندم

استان	تولید (میلیون تن)	سطح برداشت (میلیون هکتار)	کل پسماند قابل تولید	پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی	اتانول قابل تولید (میلیون لیتر)	بیوگاز قابل تولید (میلیون مترمکعب)
خوزستان	۱/۶۸	۰/۶۸	۲/۹۴	۰/۵۵	۲۳۷/۶۰	۱۴۸/۵۰
فارس	۱/۵۷	۰/۴۳	۲/۷۴	۰/۶۶	۲۸۵/۱۲	۱۷۸/۲۰
گلستان	۰/۹	۰/۳۷	۱/۵۷	۰/۲۹	۱۲۵/۲۸	۷۸/۳۰
خراسان رضوی	۰/۸۵	۰/۴۳	۱/۴۹	۰/۲۲	۹۵/۰۴	۵۹/۴۰
کردستان	۰/۸۵	۰/۶۶	۱/۴۹	۰/۰۶	۲۵/۹۲	۱۶/۲۰
کرمانشاه	۰/۸۴	۰/۴۷	۱/۴۷	۰/۱۹	۸۲/۰۸	۵۱/۳۰
همدان	۰/۸	۰/۳۹	۱/۴	۰/۲۱	۹۰/۷۲	۵۶/۷۰
آذربایجان غربی	۰/۶۷	۰/۴۴	۱/۱۸	۰/۱۱	۴۷/۵۲	۲۹/۷۰
اردبیل	۰/۶۶	۰/۳۹	۱/۱۵	۰/۱۳	۵۶/۱۶	۳۵/۱۰
آذربایجان شرقی	۰/۶۲	۰/۴۲	۱/۰۸	۰/۰۸	۳۴/۵۶	۲۱/۶۰
مجموع	۹/۴۴	۴/۶۸	۱۶/۵۱	۲/۵۰	۱۰۸۰/۰۰	۶۷۵/۰۰

جدول ۴) بیواتانول و بیوگاز قابل تولید در ۱۰ استان اول تولیدکننده جو

استان	تولید (میلیون تن)	سطح برداشت (میلیون هکتار)	کل پسماند قابل تولید	پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی	اتانول قابل تولید (میلیون لیتر)	بیوگاز قابل تولید (میلیون مترمکعب)
خراسان رضوی	۰/۳۸	۰/۱۶	۰/۴۶	۰/۰۵	۱۷/۵	۱۵
همدان	۰/۳	۰/۱	۰/۳۶	۰/۰۶	۲۱	۱۸
فارس	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۰۲	۷	۶
لرستان	۰/۲	۰/۱۲	۰/۲۴	-	-	-
کرمانشاه	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۲۳	-	-	-
اردبیل	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۲۲	-	-	-
اصفهان	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۳	۱۰/۵	۹
مرکزی	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۰۳	۱۰/۵	۹
گلستان	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۱	۳/۵	۳
قزوین	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۳	۱۰/۵	۹
مجموع	۲/۰۶	۰/۹۶	۲/۴۹	۰/۲۳	۸۰/۵۰	۶۹

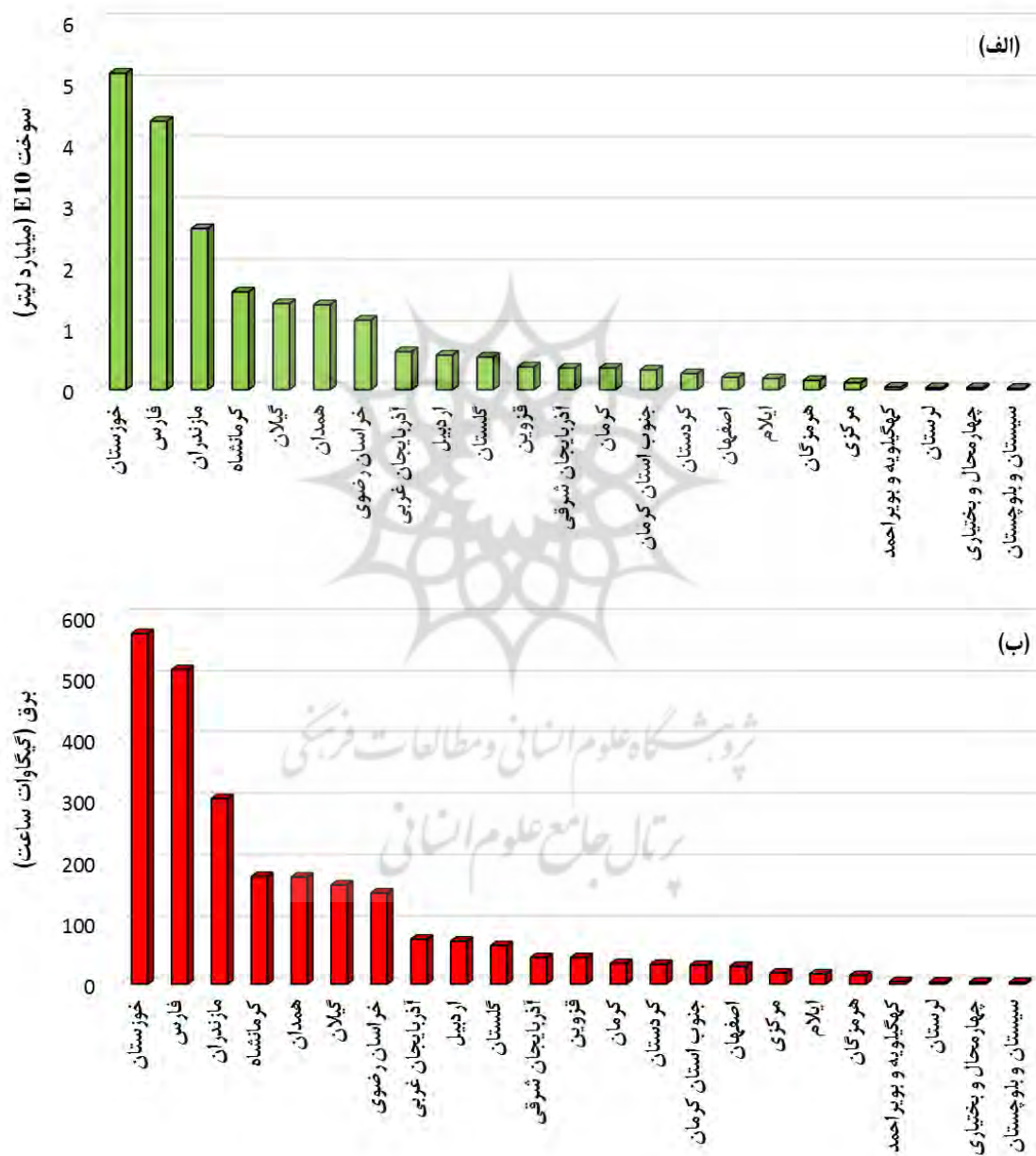


جدول ۵) بیواتانول و بیوگاز قابل تولید در ۱۰ استان اول تولیدکننده برنج

استان	تولید (میلیون تن)	سطح برداشت (میلیون هکتار)	کل پسماند قابل تولید	پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی	اتانول قابل تولید (میلیون لیتر)	بیوگاز قابل تولید (میلیون مترمکعب)
مازندران	۱/۲۸	۰/۲۲۱	۲/۲۴	۰/۶۳	۲۶۲/۰۷	۱۵۱/۱۹
گیلان	۰/۷۵	۰/۱۸۱	۱/۳۲	۰/۳۴	۱۴۰/۱۸	۸۰/۸۷
خوزستان	۰/۲۹	۰/۰۵۶	۰/۵۱	۰/۱۴	۵۸/۳۹	۳۳/۶۹
گلستان	۰/۲۵	۰/۰۵۴	۰/۴۵	۰/۱۲	۴۹/۲۵	۲۸/۴۲
فارس	۰/۱۶	۰/۰۲۳	۰/۲۷	۰/۰۸	۳۲/۹۵	۱۹/۰۱
اصفهان	۰/۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۸	۰/۰۲	۹/۶۹	۵/۵۹
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۳/۷۰	۲/۱۳
لرستان	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۲/۹۳	۱/۶۹
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۲/۶۷	۱/۵۴
سیستان و بلوچستان	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۲/۴۵	۱/۴۱
<b>مجموع</b>	<b>۲/۸۴</b>	<b>۰/۵۶</b>	<b>۳/۸۸</b>	<b>۱/۳۶</b>	<b>۵۶۴/۲۹</b>	<b>۳۲۵/۵۵</b>

جدول ۶) بیواتانول و بیوگاز قابل تولید در ۱۰ استان اول تولیدکننده ذرت

استان	تولید (میلیون تن)	سطح برداشت (میلیون هکتار)	کل پسماند قابل تولید	پسماند قابل جمع آوری برای سوخت زیستی	اتانول قابل تولید (میلیون لیتر)	بیوگاز قابل تولید (میلیون مترمکعب)
خوزستان	۰/۸۸	۰/۱۴	۱/۷۶	۰/۵۲	۲۱۸/۶۰	۱۰۳/۶۰
فارس	۰/۴۴	۰/۰۶	۰/۸۸	۰/۲۷	۱۱۲/۲۵	۵۳/۲۰
کرمانشاه	۰/۳۲	۰/۰۶	۰/۶۴	۰/۱۸	۷۶/۸۰	۳۶/۴۰
کرمان	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۳	۰/۰۸	۳۵/۴۵	۱۶/۸۰
جنوب کرمان	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۲۸	۰/۰۸	۳۲/۴۹	۱۵/۴۰
همدان	۰/۱	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۶	۲۶/۵۹	۱۲/۶۰
قزوین	۰/۱	۰/۰۱	۰/۲	۰/۰۶	۲۶/۵۹	۱۲/۶۰
ایلام	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۴	۱۷/۷۲	۸/۴۰
هرمزگان	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۴	۱۴/۷۷	۷/۰۰
آذربایجان غربی	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۴	۱۴/۷۷	۷/۰۰
<b>مجموع</b>	<b>۲/۳۲</b>	<b>۰/۳۷</b>	<b>۴/۶۴</b>	<b>۱/۳۷</b>	<b>۵۷۶/۰۳</b>	<b>۲۷۳/۰۰</b>



شکل ۸) پتانسیل پسماندهای غلات شامل گندم، جو، برنج و ذرت در (الف) تولید سوخت E10 و (ب) برق از بیوکاز در استان‌های مندرج در جداول (۳) تا (۶)

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست‌آمده، ایران دارای پتانسیل خوبی در تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی است. سوخت زیستی دارای ظرفیت مناسبی از نظر تولید از منابع مختلف است و تولید سوخت ترکیبی بر پایه آن نیاز کشور ایران است. استفاده از این سوخت‌ها نه تنها سبب صرفه‌جویی در سوخت‌های فسیلی و مدیریت مناسب پسماند کشاورزی در ایران می‌شود بلکه در درازمدت آلودگی هوا را به میزان فراوانی کاهش خواهد داد. رابطه مستقیمی میان توسعه صنعت کشاورزی و تولید سوخت زیستی نسل دوم وجود دارد. کشور ایران در تولید پسماند غلات در میان ۱۰ کشور تولیدکننده سوخت زیستی بالاتر از هلند قرار می‌گیرد. زیست‌توده محصولات کشاورزی شامل غلات (گندم، برنج، جو و ذرت) سیب‌زمینی، نباتات علوفه‌ای، محصولات صنعتی (نیشکر، چغندر قند و دانه‌های روغنی) و محصولات باغی (سیب، انگور و خرما) به‌عنوان بیشترین زیست‌توده‌های حاصل از کشاورزی در ایران هستند. استان‌های خوزستان، فارس، خراسان رضوی، مازندران، تهران، قزوین، همدان، آذربایجان غربی، گلستان، سیستان و بلوچستان، اصفهان، کرمان، آذربایجان شرقی، اردبیل، لرستان، کرمانشاه و مرکزی دارای پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی از پسماندهای کشاورزی هستند. کل پسماند کشاورزی تولیدشده را نمی‌توان برای تولید سوخت زیستی استفاده نمود و بخش عظیمی از آن قابل‌دسترس یا جمع‌آوری نخواهد بود. از ۵۴/۳۴ میلیون تن پسماند تولیدشده از ۱۱ محصول، در حدود ۱۱/۲ میلیون تن قابل جمع‌آوری برای تولید سوخت زیستی در ایران است. ۳/۸۱ میلیارد لیتر بیواتانول یا ۳/۱۵ میلیارد مترمکعب بیوگاز قابل‌تولید از ۱۱/۲ میلیون تن پسماند است. استان‌های خوزستان، فارس و مازندران با پتانسیل تولید ۵۱۴/۵۹، ۴۳۷/۳۳ و ۲۶۲/۰۷ میلیون لیتر بیواتانول و ۲۸۵/۷۹، ۲۵۶/۴۱ و ۱۵۱/۱۹ میلیون لیتر بیوگاز به ترتیب در جایگاه اول تا سوم در تولید این سوخت‌های زیستی از پسماندهای غلات قرار می‌گیرند. در مجموع، ۲۱/۷۶ میلیارد لیتر سوخت E10 و ۲۵۲۸/۵۱ گیگاوات ساعت برق از پسماندهای غلات در ایران قابل‌تولید است.

## منابع

- [1] Agricultural ministry of Iran, Crop production statistics, <http://www.maj.ir/Portal/File/ShowFile.aspx?ID=6f66d3e3-0884-4823-b12d-6319a2edad84>. (2012).
- [2] Agricultural ministry of Iran, Horticulture production statistics, <http://www.maj.ir/Portal/File/ShowFile.aspx?ID=72b1a90c-21e5-430f-9d81-cec1293550b6>. (2012).
- [3] Alam, F., et al. 2012. "Biofuel from Algae- Is It a Viable Alternative?", *Procedia Engineering*. Vol. 49, PP. 221-227.
- [4] Arapoglou, D., T. Varzakas, A. Vlyssides, and C. Israilides. 2010. "Ethanol production from potato peel waste (PPW)", *Waste Management*. Vol. 30, PP. 1898-902.

- [5] Badshah, M., D.M. Lam, J. Liu, and B. Mattiasson. 2012."Use of an Automatic Methane Potential Test System for evaluating the biomethane potential of sugarcane bagasse after different treatments", *Bioresource Technology*. Vol. 114, PP. 262-269.
- [6] Bentsen, N.S., C. Felby, and B.J. Thorsen. 2014."Agricultural residue production and potentials for energy and materials services", *Progress in Energy and Combustion Science*. Vol. 40, PP. 59-73.
- [7] Bhutto, A.W., K. Harijan, K. Qureshi, A.A. Bazmi, and A. Bahadori. 2015."Perspectives for the production of ethanol from lignocellulosic feedstock – A case study", *Journal of Cleaner Production*. Vol. 95, PP. 184-193.
- [8] BP p.l.c., BP Statistical Review of World Energy June 2015, <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-renewables-section.pdf>. (2015).
- [9] Cash, D. and H. Yuegao, (2009), *Alfalfa Establishment and Crop Management*, in *Alfalfa Management Guide for Ningxia*. D. Cash, Editor., Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- [10] David, S. and N. Abatzoglou, (2014), *A review of the bioenergy potential of residual materials in Quebec*, in *Waste to Energy*, S. Syngellakis, Editor., WIT Press.
- [11] Desideri, U.Z., F.; Arcioni, L.; Calderini, O.; Panara, F.; Todini, M., (2012), *Feasibility study to realize an anaerobic digester fed with vegetables matrices in central Italy*, in *Proceedings of the 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization and Simulation of Energy Conversion Systems and Processes, ECOS 2012*, U. Desideri, Manfrida, G, Sciubba, E, Editor., Firenze University Press, Florence, Italy: Firenze, Italy. pp. 209-217.
- [12] Durruty, I., N.E. Zaritzky, and J.F. González. 2013."Organic fractions influence on biogas generation from potato residues. Kinetic model generalization", *Biomass and Bioenergy*. Vol. 59, PP. 458-467.
- [13] EIA, International Energy Statistics, <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=79&pid=81&aid=1&cid=NL.&syid=2008&eyid=2012&unit=TBPD>, (accessed, U.S. Energy Information Administration.
- [14] Fabbri, A., G. Bonifazi, and S. Serranti. 2015."Micro-scale energy valorization of grape marcs in winery production plants", *Waste Management*. Vol. 36, PP. 156-165.
- [15] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division, <http://faostat3.fao.org/compare/E>, (accessed 9/2015).
- [16] FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division, Crops production, <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>, (accessed 9/2015).
- [17] Fischer, G., et al. 2010."Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios", *Biomass and Bioenergy*. Vol. 34, PP. 173-187.
- [18] Fry, P.J. and C. Koski, *Fields of Fuel: Environmental and Economic Considerations of Transitioning Boardman to Biomass Using Corn and Wheat Residue in a Three State Area*, <http://academic.reed.edu/es/assets/ES300-BiomassToBoardman-2014.pdf>. (2014), *Reed College*.

- [19] Ghobadian, B. 2012. "Liquid biofuels potential and outlook in Iran", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16, PP. 4379-4384.
- [20] Goh, C.S. and M. Junginger, Sustainable biomass and bioenergy in the Netherlands: Report 2013, <http://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Sustainable%20biomass%20and%20bioenergy%20in%20the%20Netherlands%20-%20Report%202013.pdf>. (2013), *Copernicus Institute, Utrecht Universit.*
- [21] Guo, T., M.D. Sanchez, P. Guo, Food, and A.O.o.t.U. Nations, (2002), *Animal Production Based on Crop Residues: Chinese Experiences*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [22] ustafson, C. Economics of Sugar Beet and Cane Biofuel ,<https://www.ag.ndsu.edu/energy/biofuels/energy-briefs/economics-of-sugar-beet-and-cane-biofuel>.
- [23] Hosseini, S.E., A.M. Andwari, M.A. Wahid, and G. Bagheri. 2013. "A review on green energy potentials in Iran", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 27, PP. 533-545.
- [24] Jingura, R.M. and R. Matengaifa. 2008. "The potential for energy production from crop residues in Zimbabwe", *Biomass and Bioenergy*. Vol. 32, PP. 1287-1292.
- [25] Khalid, A., M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, and L. Dawson. 2011. "The anaerobic digestion of solid organic waste", *Waste Management*. Vol. 31, PP. 1737-1744.
- [26] Kim, S. and B.E. Dale. 2004. "Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues", *Biomass and Bioenergy*. Vol. 26, PP. 361-375.
- [27] Koçar, G. and N. Civaş. 2013. "An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 28, PP. 900-916.
- [28] Koegel, R.G. and R.J. Straub, The potential for ethanol production from alfalfa fiber derived from wet fractionation. (1996), *U.S. Dairy Forage Research Center*.
- [29] Koopmans, A. and J. Koppejan, Agricultural and forest residues generation, utilization and availability. (1997), *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- [30] Krishna, K.R., (2013), *Principles of Nutrient Dynamics*, in *Agroecosystems: Soils, Climate, Crops, Nutrient Dynamics and Productivity*, K.R. Krishna, Editor., Apple Academic Press. pp. 319.
- [31] Nallathambi Gunaseelan, V. 1997. "Anaerobic digestion of biomass for methane production: A review", *Biomass and Bioenergy*. Vol. 13, PP. 83-114.
- [32] Omidvarborna, H., A. Kumar, and D.-S. Kim. 2014. "Characterization of particulate matter emitted from transit buses fueled with B20 in idle modes", *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 2, PP. 2335-2342.
- [33] Oosterkamp, W.J., (2014), *Chapter 13 - Use of Volatile Solids from Biomass for Energy Production*, in *Bioenergy Research: Advances and Applications*, V.K. Gupta, M.G.T.P. Kubicek, and J.S. Xu, Editors., Elsevier: Amsterdam. pp. 203-217.
- [34] Rahall, N., One Hundred Tenth Congress of the United States of America <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-110hr6enr/pdf/BILLS-110hr6enr.pdf>. (2007), *The 110th United States Congress*.

- [35] Renard, K.G., (1997), *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- [36] Saadat, A., The global distribution of apple output in 2005 as a percentage of the top producer (China - 24,017,500 tonnes) ,<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2005apple.PNG>. 2007.
- [37] Saadat, A., The global distribution of grape output in 2005 as a percentage of the top producer (Italy - 8,553,580 tonnes) ,<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2005grape.PNG>. 2007.
- [38] Saadat, A., The global distribution of date output in 2005 as a percentage of the top producer (Italy - 8,553,580 tonnes), <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2005dates.png>. 2007.
- [39] Saborío-Rodríguez, M., (2006), *Agri-Environmental Policies: Taking Advantage of Opportunities for Sustainable Development*. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture, Sustainable Rural Development.
- [40] Sawatdeenarunat, C., K.C. Surendra, D. Takara, H. Oechsner, and S.K. Khanal. 2015."Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities", *Bioresource Technology*. Vol. 178, PP. 178-186.
- [41] Scarlat, N., J.-F. Dallemand, F. Monforti-Ferrario, and V. Nita. 2015."The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts", *Environmental Development*. Vol. 15, PP. 3-34.
- [42] Solecki, M., A. Scodel, and B. Epstein, *Advanced Biofuel Market Report 2013, Capacity through 2016*, <http://www.e2.org/ext/doc/E2AdvancedBiofuelMarketReport2013.pdf>. (2013), *Environmental Entrepreneurs*.
- [43] Ullah, K., et al. 2015."Assessing the lignocellulosic biomass resources potential in developing countries: A critical review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 51, PP. 682-698.
- [44] USDA. US bioenergy statistics, <http://www.ers.usda.gov/data-products/us-bioenergy-statistics.aspx>. 2013.