مزایا و معایب گیاهان انرژی‌زا (جهت تولید سوخت‌های زیستی) مطالعه موردی میسکانتوس

امیر هاشمی نژاد [*۱]، عزت اله عسکری اصلی اردہ [۲]

۱. دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم- انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه محقق اردبیلی (a.hasheminezhad@uma.ac.ir)
۲. دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم ، دانشگاه محقق اردبیلی (ezzataskari@yahoo.co.uk)

چکیده

میسکانتوس یک گیاه C4 چندساله بار رشد بالا بوده که منشأ اصلی آن آسیای جنوب شرقی است. در فصل رشد (فصل سوم به بعد) تا بیش از ۴ متر رشد می‌کند. در آب‌وهوای معتدل اروپا ، بسته به موقعیت مکانی عملکرد جرم خشک ۱۰-۴۰ تن در هکتار در سال را از خود نشان می‌دهد. توانایی میسکانتوس برای رشد در مناطق حاشیه‌ای و در شرایط آب‌وهوایی نسبتاً سرد با جذب کربن دی‌اکسید و عملکرد تولید بالا، گزینه مناسبی برای تولید انرژی پاک از زیست‌توده است. میسکانتوس به‌طور عمده برای گرما و تولید الکتریسیته مورداستفاده قرار می‌گیرد، اما می‌توان از میسکانتوس (که صورت مرطوب) برداشت‌شده برای تولید اتانول استفاده کرد. در صورت برداشت خشک ، می‌تواند به‌صورت مستقیم و یا فرآوری شده به‌صورت پلیت در دیگ‌های زیست‌توده سوز مورداستفاده قرار گیرد. استفاده از میسکانتوس برای تولید بیوگاز در مرحله تحقیق قرار دارد و در صورت موفقیت منجر به تغییر در روند استفاده از زیست‌توده خواهد شد.

کلمات کلیدی: *میسکانتوس، زیست‌توده، سوخت زیستی، بیوگاز*

*نویسنده مسئول: a.hasheminezhad@uma.ac.ir

مزایا و معایب گیاهان انرژی‌زا (جهت تولید سوخت‌های زیستی) مطالعه موردی میسکانتوس

مقدمه

کشاورزی با ایجاد شرایطی که به نفع رشد گونه‌های موردنیاز انسان و تأکید بر گونه‌های نامطلوب کشت برای خاک و استفاده زیاد از سموم دفع آفات است ، طبیعت را مختل می‌کند. برای محصولات انرژی‌زا (برای تولید زیست سوخت‌ها) که عملکرد حداکثری در آن پارامتر اصلی برای به دست آوردن شرایط تعادل انرژی مثبت و تولید اقتصادی سودآور است ، نیز صادق است.لازم به ذکر است تضادهای ظریفی بین کشاورزی و طبیعت، تولید محصولات کشاورز و تولید زیست سوخت‌ها با پایه گیاهی، انتشار و کاهش گازهای گلخانه‌ای در سال‌های اخیر موردبحث قرارگرفته است.[۳۹]

میسکانتوس یک گیاهی چندساله ریزوماتیس و بومی شرق آسیا است .آزمایش های میدانی متعدد نشان داده است که این گیاه از نوع گیاهان ۴ کربنه C4 فتوسنتز کننده در دمای پایین بوده که دارای پتانسیل عملکرد بالا زیست‌توده با نیازهای ورودی کم است (شکل ۱) .[۱۰-۲۹]این گیاه نخستین بار در دهه ۱۹۳۰ توسط الکس اولسن گیاه‌شناس دانمارکی از ژاپن به اروپا آورده شد. امروزه میسکانتوس به‌عنوان یک گیاه علفی دائمی برای تولید انرژی در اروپا شناخته‌شده است و دارای ویژگی‌هایی ازجمله پتانسیل بالای ماده خشک و قابلیت رشد در سطح وسیع و در گستره آب‌وهوایی متفاوت از شمال تا جنوب اروپا می‌باشد.[۷]در حال حاضر هیبرد های متنوع در اقلیم‌ها و خاک‌های متفاوت ازجمله زمین‌های حاشیه‌ای که برای تولید مواد غذایی مناسب نیستند باهدف تهیه زیست‌توده مناسب برای مصارف مختلف مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند. امروزه ، تقریباً تمام تولیدات تجاری مبتنی بر ژنو تیپ جمع‌آوری‌شده در ژاپن در سال ۱۹۳۵ می‌باشد. [۳۰]

شکل۱- گونه‌های متفاوت از گیاه میسکانتوس

انتخاب محصول مناسب برای تولید سوخت‌های زیستی برای فرآیند تبدیل و عملکرد انرژی نقش اساسی دارد. علاوه بر تفاوت‌های فاحش زیست‌محیطی محصولات انرژی‌زا مختلف، میزان مصرف آب، مواد مغذی ، نیاز سموم دفع آفات و اثر کربن خاک از عوامل مهم در انتخاب محصول مناسب برای تولید زیست سوخت‌هاست. محصولات معمولاً به دودسته یک‌ساله و چندساله تقسیم‌بندی می‌شوند. به‌طورمعمول سالانه‌ها به دلیل کمبود کود و نیاز به سموم دفع آفات ، استفاده از مواد مغذی مؤثرتر ، ذخیره کربن خاک ، جذب بیشتر گازهای گلخانه‌ای و همچنین تنوع زیستی بالاتر، بهترین مشخصات محیطی را ارائه می‌دهند. [۱۱-۳۶]. گیاهان چندساله C4 از جنس میسکانتوس، که شامل دوجین گونه از این نوع گیاه است و بومی مناطق آسیای شرقی است، به دلیل عملکرد بالای محصول حتی در شرایط آب‌وهوایی سرد اروپای شمالی ؛ توجه‌های زیادی را به‌عنوان یک محصول بالقوه زیست‌توده در اروپا در دهه ۱۹۹۰ به خود جلب کرده بود[۱۲و۱۶].گونه‌هایی از گیاه میسکانتوس بین مقاوم‌ترین گونه‌های گیاهان C4 در برابر سرما هستند. و جذب کربن بیشتری را در دمای زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد از خود نشان می‌دهند. مکانیزم های بیوشیمایی مؤثر در این اختلاف دمایی پیچیده بوده و هنوز به‌طور کامل

مشخص نیست.[۴۲] نتایج تحقیقات اخیر به پیش‌بینی‌های جالب‌توجه در مورد پتانسیل تولید سوخت‌های زیستی و کاهش میزان آلاینده‌های گازهای گلخانه‌ای تولیدشده توسط گیاه C4 میسکانتوس منجر شده است.[۱۹و۱۶].به‌عنوان‌مثال برای ایالات‌متحده پیش‌بینی‌شده بود که اگر تنها ۹/۳٪ از کل زیمن های کشاورزی با استفاده از میسکانتوس کشت شود، قادر به تهیه زیست‌توده کافی برای رسیدن به هدف انرژی ۳۵ میلیارد گالن زیست سوخت خواهد بود درحالی‌که اگر ذرت به‌عنوان محصول انرژی‌زا انتخاب شود برای همین مقدار از زیست سوخت باید ۲۴/۴ ٪ از زمین‌های کشاورزی با ذرت کشت شود. [۱۳]. مشکلات جدی در دهه ۱۹۹۰ به علت ناسازگاری گیاهان در اولین زمستان بعد از کاشت با استفاده روش‌های جدید ژنتیک و عامل آب‌وهوا و توسعه روش‌های جدید کاشت منجر به کاهش ۸۰ درصدی تلفات شده است.[۵]

بااین‌حال ، بهبود امنیت استقرار و کاهش هزینه‌ها هنوز هم ازجمله مهم‌ترین هدف‌هاست. برای مثال پروش میسکانتوس از بذر به‌عنوان گزینه‌ای که ارزش سرمایه‌گذاری را دارد معرفی‌شده است[۴] این در حالی است که باهدف تولید ژنو تیپ‌های استریل برای جلوگیری از خطر انتشار ناخواسته پذر به طبیعت ، مغایرت دارد و احتمالاً تکثیر رویشی سالها به‌عنوان استاندارد باقی خواهد ماند.[۳۳]مبارزه با علف‌های هرز در حین استقرار محصول ضروری است و به‌راحتی با علف‌کش‌ها قابل انجام است، اما روش‌های مکانیکی برای کاهش بار شیمیایی نیز امکان‌پذیر است. بااین‌حال محصول بالغ میسکانتوس بسیار رقابت کننده است و تنها در صورت وجود برخی از علف‌های هرز مشکل‌ساز ، ممکن است مبارزه فوری ضروری باشد. ریشه‌کن کردن محصول میسکانتوس در صورت کاهش سودآوری و یا در صورت نیاز به تجدید آن ،آسان‌تر از ریشه‌کن کردن محصولات کشاورزی چوبی است.تجربه نشان داده است محصول می‌تواند با استفاده از کشت کننده‌های دوار و ادوات معمولی کشت‌شده و خاک‌ورزی‌های مکرر در طول تابستان منجر به ریشه‌کن شدن کامل گیاه می‌شود. برخی از کشت‌ها ممکن است با استفاده از علف‌کش‌ها همراه باشد.[۱]

تکثیر میسکانتوس

اولین تلاش‌ها برای تکثیر میسکانتوس به سال ۱۹۶۰ در آلمان مربوط می‌شود ، این تلاش بر روی تولید واریته هایی با مورفولوژی برگ‌ها و ساقه‌های متفاوت تمرکز داشت. در اواخر دهه ۱۹۸۰ گونه‌های وحشی میسکانتوس جمع‌آوری و تکثیران برای اهداف تولید انرژی آغاز شد. هیبریدهای به‌دست‌آمده در نقاط مختلف اروپا و در شرایط آب‌وهوایی متنوع مورد آزمایش قرار گرفت.[۲۷]در پروژه اخیر اتحادیه اروپا، هیبریدهای جدیدی به‌دست‌آمده که در شرایط غیر بهینه ازجمله خشک‌سالی، سرما و یا شوری مقاوم هستند. عملکرد ماده خشک محصول و عملکرد انرژی در هکتار ، به تبدیل انرژی جذب‌شده توسط ریشه بستگی دارد، معیار اصلی برای ارزیابی عملکرد محصول برای تولید انرژی زیستی است (شکل۳) .[۹]

هدف از تکثیر به حداکثر رساندن انرژی خالص و بازده محصول از طریق بهبود کارایی مصرف منابع غذایی در محصولات زراعی و زیستی باکیفیت برای موارد استفاده متفاوت همراه با حفظ عملکرد بالای زیست‌توده است.ویژگی‌های کیفیت زیست‌توده هنگام انتخاب ژنو تیپ‌ها برای مصارف خاص مرتبط هستند .بااین‌حال ، اغلب اختلافات بین کیفیت و عملکرد مشاهده می‌شود.[۲۸]عملکرد ماده خشک محصول و عملکرد انرژی در هکتار به انرژی تبدیل‌شده که توسط ریشه گیاه جذب می‌شود ، بستگی دارد و معیارهای اصلی برای ارزیابی عملکرد محصول برای انرژی زیستی است.[۸]اصلاح نژاد سعی در به حداکثر رساندن عملکرد خالص انرژی از طریق بهبود کارایی مصرف منابع و استفاده محصولات و زیست‌توده برای مصارف مختلف درحالی‌که عملکرد زیست‌توده بالایی را حفظ می‌کند، دارد.[۲۸]

شکل ۳- نمونه‌ای از مزارع میسکانتوس

موارد استفاده میسکانتوس

کاه میسکانتوس خشک‌شده که در بهار برداشت‌شده است، به‌عنوان ماده اولیه جامد زیست‌توده برای احتراق مستقیم یا فرایند تبدیل به گاز به شکل بسته‌های بزرگ ، مواد خردشده یا پلیت مورداستفاده قرار می‌گیرد.[۲۶] تلاش‌های اخیر برای توسعه میسکانتوس به‌عنوان محصول زیست سوخت با استفاده از تکنولوژی نسل دوم متمرکزشده‌اند. [۱۵و۳۷] فرآیند تخمیر با محتوی قابل‌توجهی از لیگنین مختل می‌شود، اگرچه این موضوع بین ژنو تیپ‌ها متفاوت است. در فصل پاییز و اوایل زمستان مقدار لیگنین گیاه پایین است و برداشت در این بازه زمانی می‌تواند بازده تبدیل بالایی به دست آورد.[۱۷]

میسکانتوس موارد کاربرد دیگری نیز داشته، درگذشته در چین از میسانتوس برای تولید کاغذ استفاده می‌شده[۲۲] همچنین برای تهیه رنگ زرد و پوشش خانه‌ها درگذشته کاربرد داشته است. درآمد حاصل از کشت میسکانتوس برای کشاورزیان تا ۱۰ برابر بیشتر از سایر مواد زیست‌توده برای تولید انرژی زیستی است. در ضمن تولید میسکانتوس ازنظر مزایای زیست‌محیطی مخصوصاً در مناطق با کشاورزی پراکنده و با شدت کمتر حائز اهمیت است. شیرابه نیترات حاصل از میسکانتوس برای مثال به‌اندازه گیاهان با تناوب کوتاه کم بوده و اغلب قابل‌مقایسه با مناطق طبیعی و جنگلی حتی در هنگام کود دهی است.[۳]

خصوصیات فیزیولوژیکی

میسکانتوس از نوع گیاهان C4 فتوسنتز کننده است. اگزالواستات (یک اسید آلی ۴ کربنه) اولین ترکیب تشکیل‌شده در طی این واکنش است که توسط کربوکسیلاژ فسفوئنولپیروات کاتالیز می‌شود.[۳۵]اگرچه میسکانتوس به‌طور کامل شناخته‌شده نیست ، اما از بسیاری دیگر از گونه‌های گیاهان C4 در شرایط آب‌وهوایی معتدل ازنظر بهره‌وری بیشتری در استفاده از منابع و توانایی رشد آن‌ها در شرایط دمای پایین نشان می‌دهد.(برخی هیبریدها توانایی فتوسنتز در دماهای زیر ۶ درجه سانتی‌گراد یعنی پایین‌تر از دمای آستانه فتوسنتز ذرت را دارند)[۴۳]باوجوداینکه میسکانتوس جزو گیاهان C4 است، گونه‌هایی از این گیاه توانایی تحمل سرما و زمستان‌های طولانی را دارند[۸]

انرژی حاصل از سوختن

در اروپا بخش زیادی از زیست‌توده میسکانتوس برای تولید گرما، برق، یا گرما و برق ترکیبی سوزانده می‌شوند. برای اهداف گرمایشی ، از این گیاه به‌عنوان سوخت مستقیم نیروگاه‌های حرارتی و نیروگاه‌های کوچک‌مقیاس زیست‌توده استفاده می‌شود. هم‌اکنون بویلر های با سوخت پلیت میسکانتوس درحال‌توسعه هستند. (شکل۲) تولید برق و گرما و همچنین نیروگاه‌های ترکیبی (CHP) که با استفاده از میسکانتوس و محصولات زیستی و بیولوژیکی کار می‌کنند به منابع عظیمی از این گیاه نیاز دارند. مناسب بودن زیست‌توده برای احتراق در این نیروگاه‌ها به محتوای خاکستر، پتاسیم ، کلرید و رفتار ذوب خاکستر بستگی دارد[۲۱] زیست‌توده میسکانتوس به دلیل داشتن پتاسیم و

کلراید بسیار زیاد در مقایسه با زیست‌توده چوب ،محدودیت‌های کیفی دارد. میزان پتاسیم گزارش‌شده بین ۰/۱۱ تا ۰/۱۲ درصد و مقدار کلراید بین ۰/۰۳ تا ۰/۱۶ درصد بسته به نوع ژنو تیپ و زمان برداشت متفاوت است[۴۱]

شکل ۲ - نمونه‌ای از بویلر های با سوخت زیست‌توده (میسکانتوس)

مقدار بالای پتاسیم منجر به دمای پایین ذوب خاکستر در احتراق میسکانتوس شده و میزان بالای کلراید منجر به ایجاد ترکیبات خورنده و آسیب به بویلر می‌شود. دمای ذوب خاکستر بالا برای فناوری‌های زیست‌توده (در مقیاس کوچک و متوسط) که برای احتراق با زیست‌توده چوب طراحی‌شده‌اند نقش مهمی دارد. و نیازمند حداقل دمای ذوب خاکستر ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای عملکرد ایمن را دارد.گزینه‌های مختلفی برای بهینه‌سازی کیفیت زیست‌توده در طول زنجیره تولیده به‌ویژه در سطح مزرعه وجود دارد. به‌عنوان‌مثال ، زمان برداشت تأثیر زیادی در ترکیبات معدنی زیست‌توده دارد که بر عملکرد ذوب هیدروژن تأثیر می‌گذارد. در یک تحقیق ماه مارس به‌عنوان زمان بهینه برداشت میسکانتوس در مناطق معتدل برای تولید زیست‌توده با پتاسیم کم ، کلرید، خاکستر و رطوبت کم در نظر گرفته می‌شود.[۲۰]

بیوگاز

استفاده از زیست‌توده میسکانتوس برای تولید بیوگاز برنامه‌ای است که در حال حاضر تحقیقات پیرامون آن در حال انجام است و هنوز به‌عنوان گیاهان مورداستفاده در تولید بیوگاز کاربرد عملی ندارد. چالش‌های متعددی وجود دارد تا اینکه میسکانتوس به منبع تولید بیوگاز تبدیل شود.. مهم‌ترین این چالش‌ها یافتن زمان بهینه برداشت این گیاه است که و هدف از آن تأمین کیفیت مناسب زیست‌توده و درعین‌حال بهره‌وری طولای مدت محصول می‌باشد. مورد دوم که چالش‌برانگیز تر است برداشت میسکانتوس در فصل بهار است، زیست‌توده برداشت‌شده در فصل بهار برای هضم بی‌هوازی نامطلوب است، و تلفات زیست‌توده در زمستان نیز منجر به کاهش عملکرد بیوگاز می‌شود. علاوه بر این افزایش میزان لیگنین در پاییز و زمستان منجر به کاهش کیفیت زیست‌توده برای هضم بی‌هوازی شده و در کل لیگنین عملکرد ویژه بیوگاز ارتباط منفی دارد[۲۵]

با توجه به دلایل ذکرشده میسکانتوس باید قبل از زمستان و به‌صورت سبز برداشت شود که درنتیجه عملکرد و کیفیت زیست‌توده بالاتری را ارائه می‌دهد ولی در عوض عملکرد محصول در سال بعد را با مشکل مواجه می‌سازد.

برداشت زودهنگام و سبز به ژنو تیپ‌هایی باتحمل برش سبز احتیاج دارد، که هنوز شناخته‌شده نیست. تحمل برش سبز عمدتاً با جابجایی کربوهیدرات‌ها به ریزوم ها همراه است، که برای جوانه زدن و رشد مجدد در بهار بعدی موردنیاز هستند[۳۱]این بدان معنی است که ژنو تیپ‌هایی که تحمل برش سبز را بهبود بخشیده‌اند، نیاز به شروع زودهنگام و تکمیل جابجایی کربوهیدرات‌ها دارند. عوامل مؤثر در این فرآیند گل‌دهی و رشد فعال هستند. به همین دلیل برداشت میسکانتوس برای مصارف بیوگاز باید در ماه اکتبر توصیه می‌شود. جهت حفظ بهره‌وری طولانی‌مدت محصول، مواد مغذی حذف‌شده توسط زیست‌توده برداشت‌شده باید با استفاده از هضم یا کود جایگزین شود.برخلاف کاربردهای تجاری تحقیقات زیادی برای استفاده از زیست‌توده میسکانتوس به‌صورت آسیاب شده به‌عنوان پیش تیمار انجام‌گرفته است. که به‌صورت قابل‌توجهی بر میزان و عملکرد تولید متان تأثیرگذار است. روش‌های پیش تیمار متفاوتی مورداستفاده قرارگرفته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: اکسترژن، آسیاب کردن، التراسوند، پیش تیمار با استفاده از قارچ قهوه‌ای و سفید و ...[۱۴]

در عمل، چنین فناوری‌های پیش‌تصفیه به‌طور فزاینده‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد، زیرا این امکان استفاده از بسترهای ورودی ارزان ، به‌عنوان‌مثال پسماندهای کشاورزی را فراهم می‌کند. با توجه به ماهیت چندساله ، پتانسیل بالای عملکردی، میسکانتوس یک محصول امیدوارکننده برای تهیه مقادیر زیادی زیست‌توده کم‌هزینه برای هضم بی‌هوازی است.

سوخت‌های مایع و بیوشیمیایی

میسکانتوس یک محصول معمولی برای تولید سوخت مایع (سوخت زیستی نسل اول) نیست، زیرا حاوی روغن‌های قابل‌استخراج و قندر بسیار پایینی است. زیست‌توده آن را می‌توان به‌عنوان لیگنوسلولز با محتوای سلولز و همی سلولز بالا توصیف کرد. محتوای سلولز و لیگنین می‌تواند تحت تأثیر انتخاب ژنو تیپ و زمان برداشت زیست‌توده باشد.[۱۶]

پالایشگاه‌های سوخت زیستی نسل دوم را می‌توان با توجه به مسیرهای تبدیل زیست‌توده به سوخت زیستی طبقه‌بندی کرد: ۱) ترموشیمیایی(فرآیند تبدیل به گاز و پیرولیز) ۲) بیوشیمیایی . درگیاهان چندساله که جهت تولید زیست‌توده پرورش داده شده‌اند، پیش تیمار زیست‌توده انجام‌شده و سلولز و همی سلولز به‌صورت آنزیمی به قندهای C5 و C6 هیدرولیز می‌شوند. در سال‌های اخیر مخمرهایی تولیدشده که نه‌تنها قندهای C6 بلکه قندهای C5را نیز به اتانول تبدیل می‌کنند. این در حالی است که فرآیند تبدیل بیوشیمیایی تنها قادر به استفاده از هولوسلولز است و روش تبدیل ترموشیمیایی نیز می‌تواند لیگنین را به سوخت زیستی مایع تبدیل کند. به‌این‌علت است که روش تبدیل ترموشیمیایی معمولاً برای فرآوری چوب و محصولات چوبی خام و روش بیوشیمیایی برای تبدیل پسماندهای کشاورزی مانند گاه کندم و ساقه‌های ذرت که محتوای لیگنین پایینی دارند مورداستفاده قرار می‌گیرند. میسکانتوس مکمل مناسبی برای این زیست‌توده‌هاست چون در فصل بهار و زمانی که هیچ پسماند کشاورزی در دسترس نیست (مانند کاه گندم در تابستان، کاه ذرت در پاییز) برداشت می‌شود. پریودهای زمانی نگهداری و ذخیره‌سازی طولانی‌مدت و پرهزینه، با ترکیب استفاده از این سه زیست‌توده قابل جلوگیری است.[۲۳-۲۴]

خطرات مرتبط با تولید میسکانتوس

رشد تهاجمی یکی از ویژگی‌های ایده‌ال برای یک محصول سوخت زیستی است. گونه‌های بذور این گیاه از مزارع پرورشی به مناطق طبیعی شرق آمریکا، از ماساچوست تا فلوریدا، گسترش‌یافته‌اند.[۶]در اروپا گونه‌ای از این گیاهان در مزارع آزمایشی کشت‌شده‌اند[۲۲] نمونه‌هایی نیز در چمن‌زارهای جمهوری چک و در شرایط متنوعی در آلمان گسترش‌یافته‌اند و این موضوع پتانسیل خطر گسترش نامتوازن این گیاه در اروپا را به همراه داشته است[۳۲]. چندین نوع بیماری برای گیاه میسکانتوس به ثبت رسیده ، اما گزارشی از این بیماری‌ها در اروپا ثبت‌نشده است. اگر کاشت گسترده میسکانتوس در آینده اتفاق بیفتد ، احتمالاً فشارهای ناشی از بیماری‌ها افزایش‌یافته و خطر

بیماری‌های شدید باید با نظارت مداوم و ارزیابی مستمر کنترل شود. میسکانتوس همچنین می‌تواند به‌عنوان حامل بیماری‌ها و آفات خطرناک برای محصولات معمولی باشد، که یک نمونه از آن کشف کرم ریشه ذرت غربی است[۳۸]

این موضوع که میسکانتوس تنوع زیستی را بهبود می‌بخشد یا کاهش می‌دهد، بستگی به استفاده از اراضی جایگزین و مدیریت عملکرد محصول دارد. در کشاورزی فشرده، مزارع میسکانتوس به دلیل کمبود خاک، کاهش سطح سموم دفع آفات و ایجاد مکان‌های مخفی به‌ویژه در فصل زمستان، تنوع زیستی را بهبود می‌بخشد.[۲]

در مقابل حیوانات بسیاری کمی هستند که به‌صورت مستقیم از میسکانتوس تغذیه می‌کنند، اگر مدیریت مزارع میسکانتوسی که به‌صورت کامل رشد پیداکرده‌اند و علف‌های هرز کاملاً سرکوب‌شده باشند و مزارع به حدی بزرگ باشند که حاشیه‌های مزرعه فقط کسر کوچکی از کل مزرعه را تشکیل دهد، بهره‌وری افزایش می‌یابد.[۳۴]

احتمال آتش‌سوزی یک ریسک بزرگ در مزارع میسکانتوس کاملاً رسیده است، که به‌صورت خشک برداشت و دربسته‌های بزرگ بسته‌بندی می‌شوند. این خطر در آب‌وهوای شرجی اروپای شمالی نسبت به مناطق با آب‌وهوای خشک کمتر است. یکی از راه‌های جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی برداشت محصول قبل از رسیدن کامل (خشک شدن) است. برداشت زودهنگام در زمانی که از گیاه برای تولید بیوگاز یا اتانول استفاده می‌شود می‌تواند به علت محتوای پایین لیگنین مفید باشد.[۴۰]

نتیجه‌گیری

در پایان می‌توان گفت میسکانتوس یک محصول بیوشیمیایی بسیار امیدوارکننده با مزایایی به‌مراتب بهتر در مقایسه با سایر منابع زیست‌توده است. ریسک‌هایی که همیشه در معرفی گونه‌های جدید محصولات کشاورزی وبلاخص محصولات انرژی‌زا وجود دارد باید در مورد میسکانتوس نیز جدی گرفته شود. در مورد خطر رشد تهاجمی باید در نظر گرفت که به علت عدم توانایی و سرعت رشد آهسته ریزوم جانبی ، احتمال این خطر حداقل است. چنین صفاتی را می‌توان در برنامه اصلاح ژنتیکی مرتفع ساخت. منابع زیست‌توده معمولاً به‌عنوان مخزنی برای آفات و بیماری‌ها عمل می‌کنند که این مورد باید در نظر گرفته شود تا افزایش مصرف سموم دفع آفات نباتی به حداقل ممکن برسد.

منابع

1. Beale CV, Long Steve P: Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitoning in the perennial C4-grasses Miscanthus giganteus and Spartina Cynosuroides. Biomass Bioenergy 1997, 12:419-428.
2. Bellamy PE, Croxton PJ, Heard MS, Hinsley SA, Hulmes L, Hulmes S, Nuttall P, Pywell RF, Rothery P: The impact of growing miscanthus for biomass on farmland bird populations. Biomass Bioenergy 2009, 33:191-19.
3. Christian DG, Riche AB: Nitrate leaching losses under Miscanthus grass planted on a silty clay loam soil. Soil Use Manage 1998, 14:131-135
4. Christian DG, Yates NE, Riche AB: Establishing Miscanthus sinensis from seed using conventional sowing methods. Ind Crop Prod 2005, 21:109-111.
5. Christian DG, Yates NE, Riche AB: Estimation of ramet production from Miscanthus giganteus rhizome of different ages. Ind Crop Prod 2009, 30:176-178.
6. Clifton-Brown JC, Lewandowski I, Andersson B, Basch G, Christian DG, Kjeldsen JB, Jorgensen U, Mortensen JV, Riche AB, Schwarz KU et al.: Performance of 15 Miscanthus genotypes at five sites in Europe. Agron J 2001, 93:1013-1019.

7. Clifton-Brown, J., Hastings, A., Mos, M., et al., 2017. Progress in upscaling *Miscanthus* biomass production for the European bio-economy with seed-based hybrids. GCB Bioenergy 9 (1), 6–17.
8. Clifton-Brown, J., Lewandowski, I., 2000. Overwintering problems of newly established *Miscanthus* plantations can be overcome by identifying genotypes with improved rhizome cold tolerance. The New Phytologist 148 (2), 287–294.
9. Clifton-Brown, J.C., Lewandowski, I., Andersson, B., et al., 2001. Performance of 15 genotypes at five sites in Europe. Agronomy Journal 93 (5), 1013–1019.
10. Davey, C.L., Jones, L.E., Squance, M., et al., 2017. Radiation capture and conversion efficiencies of Miscanthus sacchariflorus, M. sinensis and their naturally occurring hybrid M. ×giganteus. GCB Bioenergy 9 (2), 385–399.
11. Davis SC, Parton WJ, Dohleman FG, Smith CM, Del Grosso S, Kent AD, DeLucia EH: Comparative biogeochemical cycles of bioenergy crops reveal nitrogen-fixation and low greenhouse gas emissions in a Miscanthus giganteus agro-ecosystem. Ecosystems 2010, 13:144-156.
12. Dohleman FG, Long SP: More productive than maize in the midwest: how does Miscanthus do it? Plant Physiol 2009, 150:2104-2115.
13. Farage PK, Blowers D, Long SP, Baker NR: Low growth temperatures modify the efficiency of light use by photosystem II for CO2 assimilation in leaves of two chillingtolerant C4 species, Cyperus longus L. and Miscanthus giganteus. Plant Cell Environ 2006, 29:720-728.
14. Frydendal-Nielsen, S., Hjorth, M., Baby, S., et al., 2016. The effect of harvest time, dry matter
content and mechanical pretreatments on anaerobic digestion and enzymatic hydrolysis of miscanthus. Bioresource Technology 218, 1008–1015.
15. Hayes DJ, Hayes MHB: The role that lignocellulosic feedstocks and various biorefining technologies can play in meeting Ireland's biofuel targets. Biofuel Bioprod Biorefin 2009, 3:500-520.
16. Heaton Emily, Voigt Tom, Long Stephen P: A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water. Biomass Bioenergy 2004, 27:21-30.
17. Hodgson EM, Lister SJ, Bridgwater AV, Clifton-Brown J, Donnison IS: Genotypic and environmentally derived variation in the cell wall composition of Miscanthus in relation to its use as abiomass feedstock. Biomass Bioenergy 2010, 34:652-660.
18. Hodgson, E.M., Nowakowski, D.J., Shield, I., et al., 2011. Variation in *Miscanthus* chemical composition and implications for conversion by pyrolysis and thermo-chemical bio-refining for fuels and chemicals. Bioresource Technology 102 (3), 3411–3418.
19. Hughes JK, Lloyd AJ, Huntingford C, Finch JW, Harding RJ: The impact of extensive planting of Miscanthus as an energy crop on future CO2 atmospheric concentrations. Glob Change Biol Bioenergy 2010, 2:79-88.
20. Iqbal, Y., Lewandowski, I., 2014. Inter-annual variation in biomass combustion quality traits over five years in fifteen *Miscanthus* genotypes in south Germany. Fuel Processing Technology 121 (0), 47–55.
21. Iqbal, Y., Lewandowski, I., 2016. Biomass composition and ash melting behaviour of selected
miscanthus genotypes in Southern Germany. Fuel 180, 606–612.
22. Jones MB, Walsh M: Miscanthus for Energy and Fibre. James & James (Science Publishers) Ltd.; 2001

23. Kärcher, M.A., Iqbal, Y., Lewandowski, I., et al., 2015. Comparing the performance of *Miscanthus* × *giganteus* and wheat straw biomass in sulfuric acid based pretreatment. Bioresource Technology 180, 360–364.
24. Kärcher, M.A., Iqbal, Y., Lewandowski, I., et al., 2016. Efficiency of single stage- and two stage pretreatment in biomass with different lignin content. Bioresource Technology 211,787–791.
25. Kiesel, A., Lewandowski, I., 2017. *Miscanthus* as biogas substrate-cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. GCB Bioenergy 9 (1), 153–167.
26. Lewandowski I, Clifton-Brown JC, Scurlock JMO, Huisman W: Miscanthus: European experience with a novel energy crop. Biomass Bioenergy 2000, 19:209-227.
27. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Trindade, L.M., et al., 2016. Progress on optimizing miscanthus biomass production for the European bioeconomy: results of the EU FP7 project OPTIMISC. Frontiers in Plant Science 7, 1620.
28. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Trindade, L.M., et al., 2016. Progress on optimizing miscanthus biomass production for the European bioeconomy: results of the EU FP7 project OPTIMISC. Frontiers in Plant Science 7, 1620.
29. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O., et al., 2000. Miscanthus: European experience with a novel energy crop. Biomass Bioenergy 19 (4), 209–227.
30. Matumura, M., Hasegawa, T., Saijoh, Y., 1985. Ecological Aspects of *Miscanthus sinensis* var. Condensatus, *M. Sacchariflorus*, and their 3x-, 4x-hybrids, 1: Process of Vegetative Spread. Research Bulletin of the Faculty of Agriculture-Gifu University, Japan.
31. Purdy, S.J., Cunniff, J., Maddison, A.L., et al., 2015. Seasonal carbohydrate dynamics and climatic regulation of senescence in the perennial grass, *Miscanthus*. BioEnergy Research 8(1), 28–41.
32. Pysek P, Sadlo J, Mandak B: Catalogue of alien plants of the Czech Republic. Preslia 2002, 74:97-186
33. Quinn LD, Allen DJ, Stewart JR: Invasiveness potential of Miscanthus sinensis: implications for bioenergy production in the United States. Glob Change Biol Bioenergy 2010, 2:310-320.
34. Sage R, Cunningham M, Haughton AJ, Mallott MD, Bohan DA, Riche A, Karp A: The environmental impacts of biomass crops: use by birds of miscanthus in summer and winter in southwestern England. Biomass Bioenergy 2010, 152:487-499.
35. Sage, R.F., Zhu, X.G., 2011. Exploiting the engine of C(4) photosynthesis. Journal of Experimental Botany 62 (9), 2989–3000.
36. Semere T, Slater FM: Ground flora, small mammal and bird species diversity in miscanthus (Miscanthus giganteus) and reed canary-grass (Phalaris arundinacea) fields. Biomass Bioenergy 2007, 31:20-29.
37. Sorensen A, Teller PJ, Hilstrom T, Ahring BK: Hydrolysis of Miscanthus for bioethanol production using dilute acid presoaking combined with wet explosion pre-treatment and enzymatic treatment. Bioresour Technol 2008, 99:6602-6607.
38. Spencer JL, Raghu S: Refuge or reservoir? The potential impacts of the biofuel crop Miscanthus giganteus on a major pest of maize. PLoS ONE 2009, 4:e8336.
39. Tilman D, Hill J, Lehman C: Carbon-negative biofuels from lowinput high-diversity grassland biomass. Science 2006, 314:1598-1600.
40. Uellendahl H, Wang G, Moller HB, Jorgensen U, Skiadas IV, Gavala HN, Ahring BK: Energy balance and cost-benefit analysis of biogas production from perennial energy crops pretreated by wet oxidation. Water Sci Technol 2008, 58:1841-1847.

41. Van der Weijde, T., Alvim Kamei, C.L., Torres, A.F., et al., 2013. The potential of C4 grasses for cellulosic biofuel production. Frontiers in Plant Science 4, 107
42. Wang D, Portis AR Jr, Moose SP, Long SP: Cool C4 photosynthesis: pyruvate Pi dikinase expression and activity corresponds to the exceptional cold tolerance of carbon assimilation in Miscanthus giganteus. Plant Physiol 2008, 148:557-567
43. Wang, D., Portis, A.R., Moose, S.P., et al., 2008. Cool C4 photosynthesis: pyruvate Pi dikinase expression and activity corresponds to the exceptional cold tolerance of carbon assimilation in *Miscanthus* × *giganteus*. Plant Physiology 148 (1), 557–567.

Advantages and disadvantages of energy crops (for biofuel production): A case study of Miscanthus

Amir Hasheminezhad[1*], Ezzat allah askari asli ardeh [2]

1. Ph.D. student, Department of Biosystems Engineering, University of mohaghegh Ardabili
2. Associate professor, Department of Biosystems Engineering, University of mohaghegh Ardabili

Abstract

Miscanthus is a perennial high-growth C4 perennial plant originating in Southeast Asia. It grows to more than 4 meters in the growing season (third season onwards). In temperate Europe, depending on the location, dry mass yields 10–40 tones / ha. Miscantus's ability to grow in marginal areas and in relatively cold climates with high carbon dioxide uptake and high production efficiency is a good option for generating clean energy from biomass. Miscanthus is mainly used for heat and electricity generation, but can be used for the production of ethanol (harvested moist). In the case of dry harvesting, it can be used directly or processed as a plate in biomass burning boilers. The use of Miscanthus for biogas production is at the research stage and, if successful, will lead to changes in the biomass utilization process.

Key words: Miscanthus, biomass, biofuel, biogas

*Corresponding author
E-mail: a.hasheminezhad@uma.ac.ir