طراحی دستگاه بیوچار جهت بهینه‌سازی پسماندهای باغی

فاطمه سلکی چشمه سلطانی[1*]، علی جعفری[2]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم-گرایش طراحی و ساخت، دانشگاه تهران (کرج)؛ solki.fatemeh.che@ut.ac.ir
۲. استاد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران؛ jafarya@ut.ac.ir

چکیده

بیوچار ازجمله موادی است که با افزودن به خاک‌های کشاورزی و زراعی مواد آلی آن را تأمین می‌کند. این ماده در غیاب اکسیژن و در دمای بالای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد با روش پیرولیز تولید می‌گردد. بیوچار از مواد زائد ازجمله ضایعات کشاورزی مانند کاه و کلش گندم و باگاس نیشکر، پسماندهای باغی، پسماند و لجن فاضلاب‌ها و کودهای دامی تولید می‌شود. افزودن این ماده به خاک علاوه بر تأمین مواد آلی خاک، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش مقاومت کششی خاک و افزایش نفوذپذیری ریشه‌های گیاهان در خاک را به دنبال دارد. در پژوهش حاضر یک مخزن تولید بیوچار طراحی گردید و مقدار تنش گسیختگی آن بر اساس معیار وان میسز و تغییر شکل مخزن در اثر باهای وارده بر مخزن در تحلیل استاتیکی و مودال بررسی شد. حداکثر مقدار تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز در تحلیل استاتیکی و مودال به ترتیب برابر با ۱/۳۳۱۹×۱۰^{۷} و ۲/۰۲۹۴ ×۱۰^{۷} پاسکال و حداکثر مقدار تغییر شکل در اثر بارهای وارده بر مخزن در تحلیل استاتیکی و مودال به ترتیب برابر با ۰/۰۰۳۷۱۵۵ و ۰/۰۱۱۶۳۷ متر می‌باشد.

کلمات کلیدی: *زغال زیستی، مواد آلی، تحلیل استاتیکی، تحلیل مودال*

نویسنده مسئول: solki.fatemeh.che@ut.ac.ir

طراحی دستگاه بیوچار جهت بهینه‌سازی پسماندهای باغی

مقدمه

استفاده از کودهای آلی در خاک‌های کشاورزی برای افزایش حاصلخیزی خاک امری ضروری است. بیوچارها تأمین‌کننده مواد الی در خاک‌های کشاورزی هستند که دارای مزایایی ازجمله کاهش گازهای گلخانه‌ای، جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی موجود در خاک، بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک، کاهش مقاومت کششی خاک و افزایش نفوذ ریشه می‌باشد [۳].

بیوچار (زغال زیستی) از پیرولیز بیومس در غیاب اکسیژن و با سرعت بسیار آهسته و در دمای بالای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید می‌گردد. هنگامی‌که زغال برای مدیریت طبیعت و افزایش حاصل خیزی به خاک اضافه می‌شود بیوچار یا زغال زیستی را توصیف می‌کند [۵ و ۸]. بیوچارها بسیار تغییرپذیر بوده و عواملی ازجمله ماده اولیه و شرایط پیرولیز، بر نوع بیوچار تأثیرگذار می‌باشند [۸].

برای تولید بیوچار از دستگاه‌هایی که دارای مخزن بزرگ هستند استفاده می‌شود؛ زیست‌توده‌ها در درون این مخزن‌ها با دمایی بین دمای ۲۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد و در غیاب اکسیژن حرارت داده می‌شوند [۲ و ۴]. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و پایداری بیوچار، دما می‌باشد [۴]. دستگاه‌های تولید بیوچار به دستگاه گرما کافت کننده معروف هستند. بقایای محصولات کشاورزی ازجمله کاه و کلش گندم و شلتوک برنج ، باگاس نیشکر، لجن فاضلاب‌ها، کودهای دامی و تایر ازجمله زیست‌توده و مواد آلی قابل‌تبدیل به بیوچار می‌باشند [۳ و ۴]. همچنین از ضایعات و پسماندهای باغی که در اثر برداشت سنتی محصولات تولید می‌شود نیز می‌توان برای تولید بیوچار استفاده کرد.

بهبود خاک، مدیریت ضایعات، کاهش تغییرات اقلیمی و تولید انرژی چهار علت اصلی تولید بیوچار می‌باشد [۲]. همان‌طور که اشاره شد، افزودن بیوچار به خاک ویژگی‌های شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی خاک را تغیر می‌دهد و سبب بهبود آب و مواد مغذی موجود در خاک می‌شود و همین امر افزایش حاصل خیزی آن را به دنبال دارد [۸]. استفاده از بیوچار دارای مزایای زیست‌محیطی مختلفی ازجمله توقف طولانی مدت کربن در خاک می‌شود [۷].

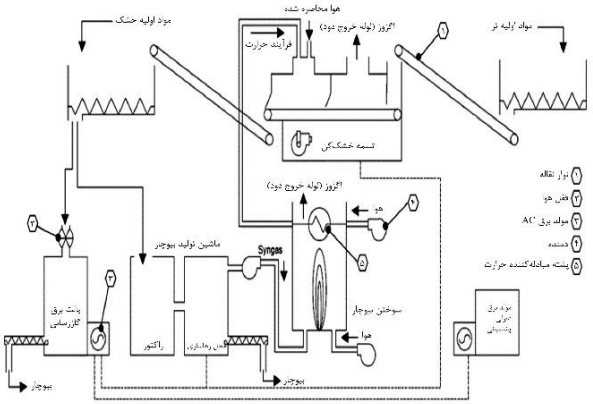
عوامل مختلفی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و پایداری بیوچار تأثیر می‌گذارند که مهم‌ترین این عوامل دما می‌باشد. مقدار بیوچار تولید شده، درصد کربن، ترکیبات موجود در آن، میزان خلل و فرج، وزن مخصوص، مواد فرار، سطح ویژه، خصوصیات شیمیایی و ساختمان فیزیکی، جذب سطحی آب و یون و مقدار PH ازجمله مواردی که هستند که دما بر آن‌ها اثر مستقیم دارد [۲].

پژوهش‌های متفاوتی در زمینه بیوچار، تأثیر آن بر خاک و محصول صورت گرفته است که برخی از آن‌ها به‌طور مختصر شرح داده خواهد شد. در پژوهشی انجام‌شده سهم تأثیر تولید و توسعه استفاده از بیوچار در محیط‌زیست مورد بررسی قرار گرفت [۵]. در پژوهشی صورت گرفته تأثیر بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به تفکیک بررسی شد [۴ و ۲]. در پژوهشی انجام شده یک دستگاه خشک‌کن کمربندی و تولید گاز در یک کارخانه تولید بیوچار برای استفاده از گرمای آن برای خشک کردن مواد اولیه زیست‌توده از بقایای جنگل و تأمین انرژی الکتریکی مورد بررسی قرار گرفتند [۶]. در پژوهشی تأثیر به‌کارگیری بیوچار در مزرعه گندم مورد بررسی قرار گرفت [۸]. در پژوهشی تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر خصوصیات شیمیایی خاک لوم شنی ازجمله کربن آلی، ازت کل، فسفر قابل جذب، ظرفیت تبادل کاتیونی

و آنیونی، اسیدیته و هدایت الکتریکی به‌صورت تصادفی مورد بررسی قرار گرفت [۳]. در پژوهشی دیگر تولید بیوچار از دیدگاه اقتصادی بررسی شده است [۹]. در پژوهش حاضر یک نمونه دستگاه تولید بیوچار در نرم‌افزار انسیس طراحی شد و تحلیل‌های استاتیکی و مودال بر روی آن صورت گرفته پذیرفت.

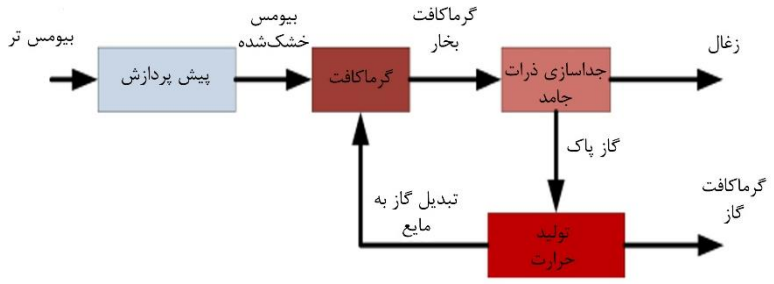
مواد و روش‌ها

دستگاه‌های تولید بیوچار (زغال زیستی) شامل یک کوره و مخزن می‌باشند که مواد اولیه ازجمله ضایعات کشاورزی ازجمله باگاس نیشکر، شلتوک برنج و کاه و کلش گندم؛ لجن فاضلاب‌ها و کودهای دامی در داخل آن ریخته می‌شود و توسط کوره گرم می‌گردند. این مواد در شرایطی که اکسیژن وجود ندارد یا مقدار آن حداقل است سوزانده می‌شوند و بیوچار تولید می‌گردد. مراحل تهیه بیوچار در شکل ۱ نشان داده شده است.

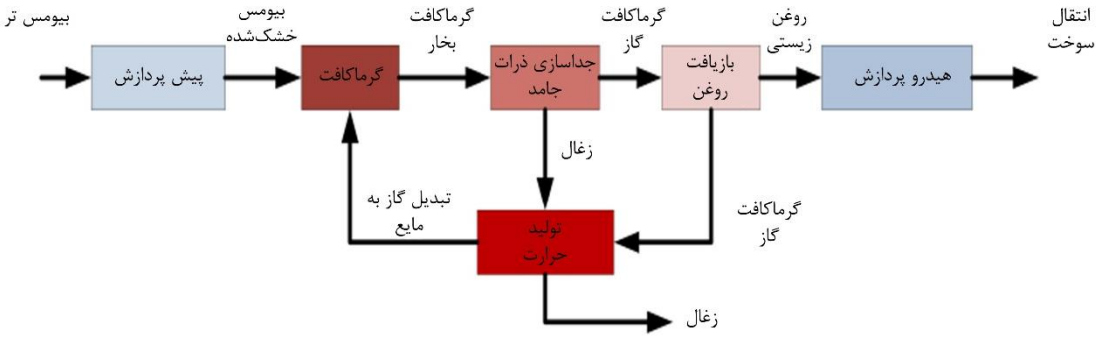


شکل ۱. نمایش شماتیک از تهیه بیوچار [٦]

بیوچار در طی فرآیند پیرولیز تولید می‌گردد؛ فرآیند پیرولیز بر اساس بازه دما به سه دسته تقسیم می‌شود که عبارت‌اند از: پیرولیز آهسته در دمای ۲۰۰ تا ۹۵۰ سانتی‌گراد، پیرولیز سریع در دمای ۸۵۰ تا ۱۲۵۰ سانتی‌گراد و پیرولیز خیلی سریع در دمای ۱۰۵۰ تا ۱۳۰۰ سانتی‌گراد [۱]. فرآیند پیرولیز (گرما کافت) آهسته و سریع برای تولید بیوچار به ترتیب در شکل ۲ و۳ نشان داده شده است.

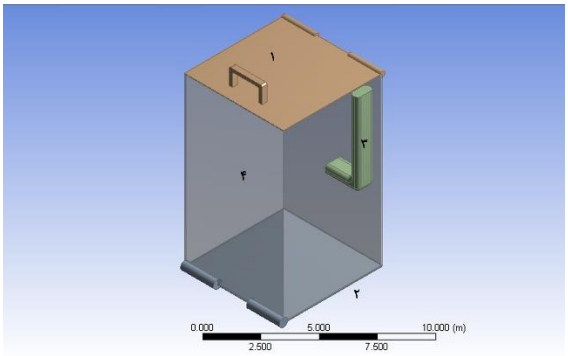


شکل ۲. گرما کافت آهسته برای تولید بیوچار و گاز [۹]



شکل۳. گرما کافت سریع برای تولید بیوچار و انتقال سوخت [۹]

یک نمونه مخزن برای سوزاندن پسماند برای تبدیل به بیوچار در نرم‌افزار انسیس طراحی شد. این مخزن به شکل یک مکعب مستطیل با سطح مقطع مربعی با طول ضلع شش متر و ارتفاع ده متر و ضخامت ۵۰ میلی‌متر طراحی گردید. جنس مخزن برای مدل‌سازی استیل با در نظر گرفته شد. قسمت بالایی و پایینی این مخزن دارای لولا می‌باشد که امکان باز شدن درب مخزن را فراهم می‌کند. قسمت بالایی، محل ورود پسماند در نظر گرفته شد که یک دستگیره به‌منظور باز و بسته کردن آن در طراحی مشخص گردید. قسمت پایین نیز محل تخلیه بیوچار می‌باشد که پس از تولید بیوچار این قسمت باز می‌شود و بیوچار تولیدی از آن قسمت تخلیه می‌گردد. نمای طراحی‌شده این مخزن در شکل ۴ نمایش داده‌شده است.



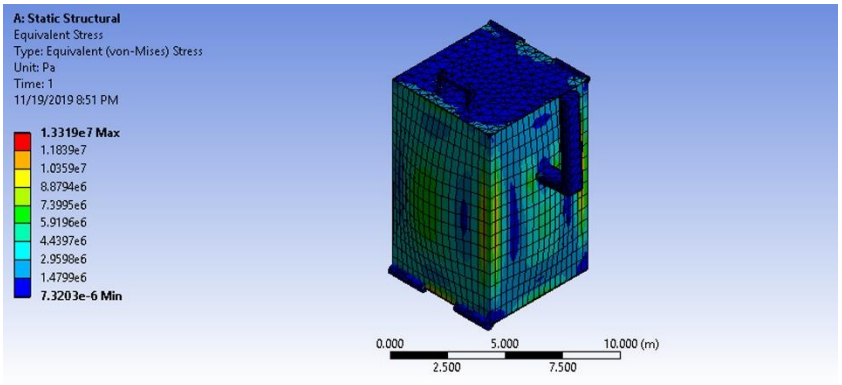
شکل٤. نمای طراحی‌شده در نرم‌افزار انسیس (۱- در بالایی و محل ورود پسماند، ۲- در پایینی و محل تخلیه بیوچار، ۳- لوله خروج دود و ٤- بدنه اصلی مخزن)

تغییر شکل مخزن طراحی شده تحت بارهای وارده و تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز[1] در تحلیل استاتیکی مخزن تولید بیوچار طراحی شده بررسی شدند.

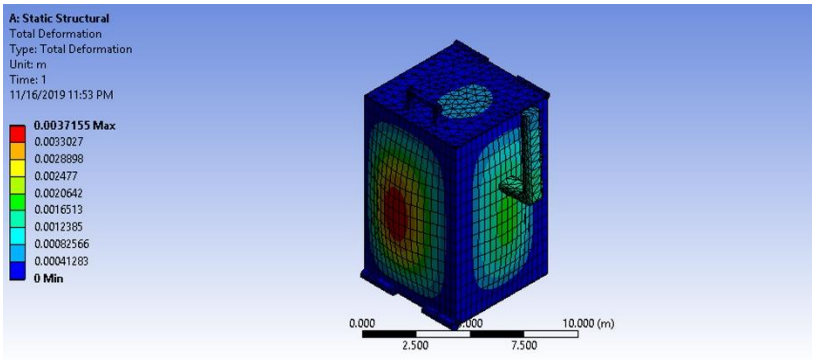
1 Von-Mises

نتایج و بحث

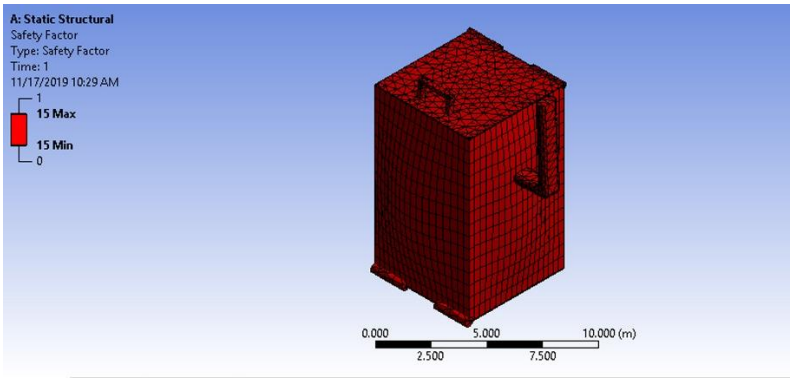
یک مخزن جهت تولید بیوچار به‌منظور استفاده بهینه از ضایعات طراحی گردید و تحلیل استاتیکی فشار بر روی آن انجام شد و نتایج در شکل‌های پنج، شش و هفت نمایش داده‌شده است. همچنین بر روی مخزن طراحی شده تحلیل مودال[۲] با ده مود ارتعاشی صورت گرفت و در این تحلیل تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز و تغییر شکل در نقاط مختلف در اثر بارهای وارده محاسبه گردید. نتایج تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز در شکل هشت و نتایج تغییر شکل در نقاط مختلف در اثر بارهای وارده در شکل نه نمایش داده شده است.



شکل۵. تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز

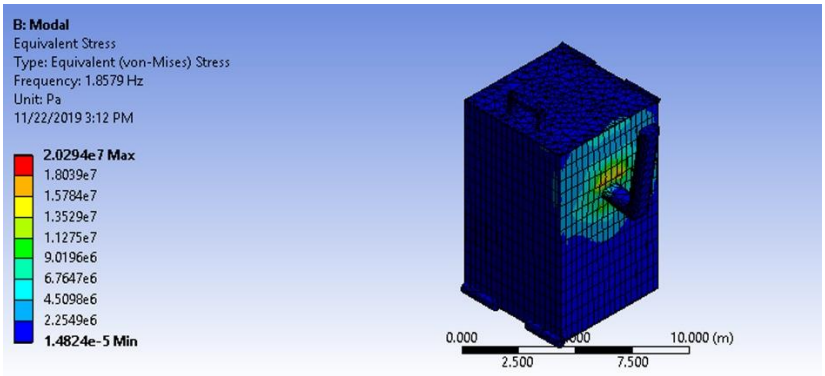


شکل٦. تغییر شکل در نقاط مختلف بر اساس بارهای وارده

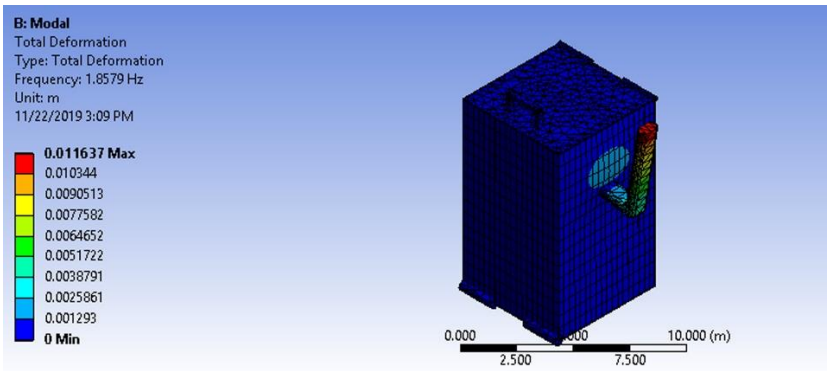


2 Modal

شکل۷. مقادیر ضریب اطمینان



شکل۸. تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز در تحلیل مودال



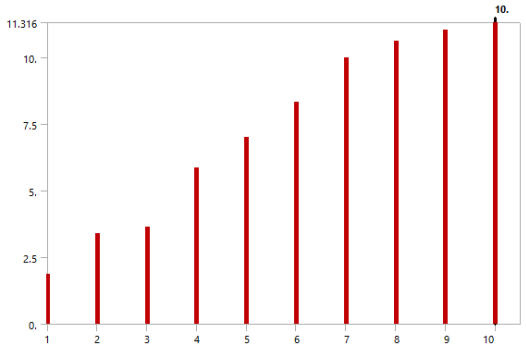
شکل۹. تغییر شکل در نقاط مختلف بر اساس بارهای وارده در تحلیل مودال

مقدار تنش برشی، تغییر شکل و ضریب اطمینان حداقل و حداکثر محاسبه گردید و مقادیر آن نیز نمایش داده شد. حجم این مخزن ۳۶۰ مترمکعب می‌باشد که در حالت ایده‌آل فرض می‌شود که تمام حجم مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بر اساس منابع موجود یک دستگاه تولید بیوچار دارای ظرفیت ورودی پسماند ۳۸۵ کیلوگرم در ساعت می‌باشد. این دستگاه قابلیت تولید ۴۳ کیلوگرم در ساعت بیوچار را دارد. محتویات ورودی به دستگاه باید دارای رطوبت ۲۵ درصد باشند و همچنین مقدار خاکسترهای موجود در پسماندها کمتر از ۱۵ درصد باشد [۸]. فرض می‌گردد که ظرفیت ورودی پسماند مخزن طراحی‌شده ۳۵۰ کیلوگرم در ساعت باشد با توجه به دستگاه تولید بیوچار ذکرشده مقدار بیوچار تولیدی ۳۹/۰۹ کیلوگرم در ساعت محاسبه گردید.

بر اساس نتایج حاصل بیشترین و کمترین مقدار تغییر شکل مخزن برابر با ۰/۰۰۳۷۱۵۵ و ۰ متر می‌باشد که در وسط وجه‌های دیواره‌های مخزن بیشترین و در گوشه‌ها و محل اتصال دیواره‌ها کمترین تغییر شکل رخ می‌دهد. همچنین با توجه به نتایج تحلیل گسیختگی بر اساس معیار وان میسز حداکثر تنش گسیختگی با مقدار $۱/۳۳۱۹\times۱۰^{۷}$ پاسکال به نقاط اتصال دیواره‌های مخزن اتفاق می‌افتد. همچنین محل اتصال لوله خروج دود در تحلیل مودال بیشترین نقطه‌ای است که ممکن است در معرض تخریب قرار بگیرد. بیشترین و کمترین مقدار تنش گسیختگی بر اساس معیار وان میسز در تحلیل مودال برابر با $۲/۰۲۹۴\times۱۰^{۷}$ و $۱/۴۸۲۴\times۱۰^{-۵}$ پاسکال فرکانس در ۱/۸۵۷۹ هرتز اتفاق می‌افتد. همچنین بیشترین و کمترین مقدار تغییر

شکل مخزن در تحلیل مودال در فرکانس ذکر شده برابر با ۰/۰۱۱۶۳۷ و ۰ متر می‌باشد. مقادیر فرکانس‌های ده مود استفاده شده در تحلیل مودال در شکل ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۱۰. مقادیر فرکانس‌های بررسی شده در تحلیل مودال

سالانه مقدار زیادی ضایعات در بخش‌های مختلف ازجمله کشاورزی تولید می‌گردد و مدیریت ویژه‌ای برای استفاده از آن‌ها صورت نگرفته است. در باغات کشور در اثر عدم مدیریت برداشت محصول در استفاده از روش‌های مکانیزه برداشت محصولات باغی، مقدار قابل‌توجهی از محصولات به ضایعات و پسماند تبدیل می‌شوند. مقدار زیادی از محصولات باغی در اثر عدم برداشت به موقع محصول به دلیل کافی نبودن تعداد کارگران فصلی برای برداشت و آسیب‌دیدگی میوه‌ها به دلیل استفاده از روش‌های برداشت سنتی ازجمله پاره و سوراخ شدن میوه در اثر برخورد چوب با میوه، قابل استفاده نبوده و به ضایعات تبدیل می‌گردند. توصیه می‌گردد با تبدیل این ضایعات به بیوچار و اضافه کردن آن به خاک‌های کشاورزی و باغی، مواد آلی موردنیاز آن‌ها تأمین شود. همچنین می‌توان از انرژی حاصل از سوختن ضایعات برای تولید انرژی الکتریسیته استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به‌منظور استفاده بهینه از ضایعات تولید شده در بخش‌های مختلف ازجمله کشاورزی توصیه می‌گردد که پسماند و ضایعات تولید شده به بیوچار (زغال زیستی) تبدیل شود. بدین منظور یک مخزن تولید بیوچار طراحی گردید و تحلیل‌های مختلفی ازجمله تحلیل‌های استاتیکی و مودال بر روی این مخزن صورت پذیرفت. حداکثر مقدار تنش گسیختگی بر اساس معیار وان مسیز و تغییر شکل در اثر بارهای وارده بر مخزن به ترتیب برابر با $۱/۳۳۱۹\times۱۰^{۷}$ پاسکال و ۰/۰۰۳۷۱۵۵ متر می‌باشد. همچنین حداکثر مقدار تنش گسیختگی بر اساس معیار وان مسیز و تغییر شکل در اثر بارهای وارده بر مخزن در تحلیل مودال با ده مود ارتعاشی به ترتیب با $۲/۰۲۹۴\times۱۰^{۷}$ پاسکال و ۰/۰۱۱۶۳۷ متر است.

منابع

۱. بهشتی، م.، علیخانی، ح.، متشرع‌زاده، ب. و محمدی، ل. ۱۳۹۵. تغییرات کیفیت بیوچار تولید شده از کود گاوی در طی فرایند پیرولیز آهسته در دماهای مختلف. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷(۱): ۲۵۹- ۲۶۷.

۲. خادم، ا.، رئیسی، ف. و بشارتی، ح. ۱۳۹۶. مروری بر اثرات کاربرد بیوچار بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک. نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی، ۵(۱): ۱۳- ۳۰.

۳. دیوبند هفشجانی، ل.، ناصری، ع.ع.، هوشمند، ع.، عباسی، ف. و سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر کاربرد بیوچار باگاس نیشکر بر خصوصیات شیمیایی یک خاک لوم شنی. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی-پژوهشی)، ۴۰(۱): ۶۳-۷۲.

۴. عظیم‌زاده، ی. و نجفی، ن.ا. ۱۳۹۵. اثر بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک. نشریه مدیریت اراضی، ۴(۲): ۱۶۱- ۱۷۳.

5. Downie A. 2011. Biochar production and use: environmental risks and rewards.
6. Eggink, A.J., Palmer, K.D., Servery, M.A., Carter, D.J. and Jacobson, A.E. 2018. Utilization of wet forest biomass as both the feedstock and electricity source for an integrated biochar production system. Applied engineering in agriculture, 34(1): 125- 134.
7. Fang, Y., Singh, B., Singh, B.P. and Krull, E. 2014. Biochar carbon stability in four contrasting soils. European journal of soil sciene, 65: 60-71.
8. Farrell, M., M.Macdonald, L., Butler, G., Chirino-Valle, I. and M.Condron, M. 2014. Biochar and fertilizer applications influence phosphorus fractionation and wheat yield. Biol fertil soils, 50: 169-178.
9. R.Brown, T., M.Wright, M. and C.Brown R. Estimating profitability of two biochar production scenarios: slow pyrolysis vs. fast pyrolysis.

Design of biochar machine to optimize garden waste

Fatemeh Solki Cheshmeh Soltani[1], Ali Jafari[2]

1. Master student in Mechanic of Bio system engineering, university of Tehran, Karaj, Iran
2. Professor in Mechanic of Biosystems Engineering, University of Tehran

Abstract

Biochar is one of the materials that it provides by adding organic matter to agricultural soils. It is produced by pyrolysis in the absence of oxygen at temperatures above 400 ° C. Biofuels are produced from by-products such as agricultural waste like wheat straw and sugarcane bagasse, garden waste, sewage sludge and manure. Adding this material to soil provide soil organic matter, improves soil physical and chemical properties, reduces soil tensile strength and increases plant root permeability in soil. In this study, a biochar production tank was designed and its failure stress was evaluated based on Van Mises criterion and the deformation of the tank due to the impacts on the tank in static and modal analysis. The maximum values of fracture stress according to Van Mises criterion in static and modal analysis were 1.3319 107 107 and 2. 0294 107 107 Pa, respectively and the maximum values of deformation due to reservoir loads in static and modal analyzed were 0037155 and 011637 m respectively.

Keywords: Biochar, Organic matter, Statistical analysis, Modal analysis

*Corresponding author
E-mail: solki.fatemeh.che@ut.ac.ir