



بررسی اثرگذاری گونه‌های درختی بر گسیل گازهای گلخانه‌ای از خاک جنگل‌های دست‌کاشت (مطالعه موردی: ساری)

لیلا وطنی^۱، سید محسن حسینی^{۲*}، محمود رائینی سرجاز^۳، سید جلیل علوی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۱

چکیده

انباشت گازهای گلخانه‌ای در نیوار زمین گرمایش فراگیر و پی‌آیند آن تغییر اقلیم را در پی داشته است. برای کاهش تغییر اقلیم و سازگاری با آن راهکارهایی چند پیشنهاد شده است. کاشت درختان جنگلی و مدیریت کاهش فرآیندهای واکافت مواد آلی خاک، به ترتیب راهکارهایی برای به دام‌اندازی دی‌اکسید کربن نیوار و کاهش گسیل گازهای گلخانه به نیوار می‌باشند. هدف این پژوهش بررسی اثرگذاری گونه‌های درختی بر گسیل گازهای گلخانه‌ای (CH_4 ، N_2O و CO_2) از خاک جنگل‌های دست‌کاشت در ساری می‌باشد. در این پژوهش جنگل کاری‌های ۲۰ ساله با گونه‌های درختی افراپلت، توسکا، بلوط، بلندمازو، صنوبر و زربین برگزیده و شار گسیل گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O از خاک توده‌های درختی برای دو فصل تابستان و زمستان اندازه‌گیری شد. در هر توده درختی ۳ محفظه گردآوری گاز در ژرفای ۱۰ سانتی‌متری خاک نصب شد. نوع و شار گسیل گازها با دستگاه گازکروماتوگرافی اندازه‌گیری شد. یافته‌ها گویای تفاوت بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.01$) نرخ گسیل گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O از خاک در توده‌های درختی در فصل تابستان بود، ولی در فصل زمستان تنها نرخ گسیل گاز CO_2 تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.05$) در میان توده‌های درختی نشان داد. یافته‌های دسته‌بندی تاپسیس نشان داد که از خاک گونه‌های بلوط، افراپلت، زربین، توسکا و صنوبر به ترتیب گازهای گلخانه‌ای کم‌تری گسیل می‌شود. از این رو پیشنهاد می‌شود در آینده برای جنگل کاری به این مورد توجه شود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، جنگل کاری، خاک، کاهش، متان

مقدمه

پدیده تغییر اقلیم که در پی افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسید کربن در جو (نیوار) به وجود آمده است (Haghdoust et al., 2011)، باعث افزایش گرمایش کره زمین شده است (Mahmoudi-Taleghani et al., 2006). گرمایش جهانی و تغییر اقلیم به عنوان

مهم‌ترین چالش‌ها در توسعه پایدار هستند و پیامدهای منفی چشم‌گیری بر بوم‌سامانه‌های خشکی و دریایی دارند (Taghdisian and Minapour, 2002). یکی از اقتصادی‌ترین راهکارها برای رویارویی با تغییرات اقلیمی، گسترش و توسعه جنگل‌ها می‌باشد. در واقع درختان می‌توانند با کاهش نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای باعث کاهش پیامدهای تغییر اقلیم شوند (Haren et al., 2013). بوم‌سامانه‌های جنگلی در ابعاد جهانی نقش کلیدی در پیوند با تعدیل پیامدهای تغییر اقلیم (جذب گاز کربنیک جو و ذخیره آن در پوشش‌های گیاهی و خاک) دارند (Jafari, 2008). امروزه جنگل‌ها به دلایل مختلف در حال ویرانی و سطح آن‌ها رو به کاهش است، از این رو افزایش سطح جنگل از راه جنگل کاری در بسیاری از کشورهای جهان مورد توجه و تأکید قرار گرفته است (Paul et al., 2002; Liu et al., 2014). جنگل کاری برای تعدیل اثرات تغییر اقلیم ضروری است (Allen et al., 2015). اما

^۱ دانشجوی دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع

طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران

^۲ استاد گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم

دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران

(*) نویسنده مسئول: hosseini@modares.ac.ir

DOI: 10.22125/agmj.2019.178532.1063

^۳ استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

ساری، مازندران، ایران

^۴ استادیار گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی و

علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران

مربوط به دما و رطوبت خاک بود، درحالی که گسیل گاز CH_4 خاک به تغییرات فصلی وابسته نبود. در پژوهش Liu et al., (2014) فقط نرخ گسیل گاز CO_2 در خاک دارای الگوی فصلی مشخصی بود و در فصل بارندگی بسیار بیش تر از فصل خشک بوده است، اما گسیل گازهای CH_4 و N_2O به طور معنی داری به دما و رطوبت خاک ارتباط نداشت و هیچ تفاوت فصلی را نشان نداد. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که گونه های درختی تأثیر معنی داری بر نرخ گسیل گازهای CO_2 و N_2O داشتند اما این تأثیر در مورد گاز CH_4 صدق نمی کرد. امروزه این که چگونه درختان و جنگل ها بر چرخه های آب، انرژی و کربن اثر می گذارند و چگونه می توان از آن ها برای بهبود و تداوم سازگاری با تغییرات اقلیمی استفاده کرد، مسأله بسیار مهمی است که برای برنامه ریزی توسعه جنگل ضروری است (Ellison, 2018). اما این که برای توسعه جنگل ها از چه گونه های درختی استفاده شود تا در آینده بتواند باعث کاهش پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیم شوند موضوعی است ضروری که در شرایط کنونی می بایست مورد توجه برنامه ریزان جنگل قرار بگیرد. از این رو این پژوهش با هدف مشخص نمودن نرخ گسیل گازهای گلخانه ای در خاک توده های دست کاشت با چهار گونه درختی پهن برگ و یک گونه سوزنی برگ در دو فصل تابستان و زمستان و تعیین تأثیر نوع گونه درختی بر گسیل گازهای گلخانه ای (CH_4 ، N_2O و CO_2) در جنگل کاری های منطقه پایین بند طرح جنگل داری مهدشت ساری در استان مازندران انجام شد. فرض پژوهش بر این است که نرخ گسیل گاز گلخانه ای CO_2 در دو فصل تابستان و زمستان در توده های پهن برگ بیش تر از توده سوزنی برگ می باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده طرح جنگل داری مهدشت واقع در حوزه آبخیز تچن شهرستان ساری در استان مازندران در محدوده ۵۳ درجه تا ۵۳ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ۳۰ درجه تا ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). شیب دامنه منطقه عموماً رو به شمال و شمال غربی است و متوسط ارتفاع منطقه پژوهش ۴۵۰ متر از سطح دریا می باشد.

مهم ترین مسأله در جنگل کاری تعیین گونه درختی مناسب است. گونه های درختی سوزنی برگ و پهن برگ می توانند اثرات متفاوتی بر خاک و پوشش گیاهی ناحیه داشته باشند (Shaabanian et al., 2010). یکی از اثرات درختان بر محیط، گسیلیدن گازهای گلخانه ای در خاک است. درختان می توانند با کاهش نرخ گسیل گازهای گلخانه ای باعث کاهش پیامدهای تغییر اقلیم شوند (Liu et al., 2014; Haren et al., 2013). خاک به عنوان چشمه^۱ و چاهک^۲ گازهای CH_4 ، N_2O و CO_2 می باشد (Oertal et al., 2016). گازهای منتشر شده (گسیلیده) از خاک جنگل طی فرایند تجزیه و تنفس گیاهان و میکروارگانیسم های (ریزاندامگان) همزیست با درختان آزاد می شوند (Unger and Yue, 2014). بررسی گسیل گازهای گلخانه ای CH_4 ، N_2O و CO_2 در جنگل های سوزنی برگ عرض های جغرافیایی شمالی نشان داد که رطوبت بر نرخ گسیل گاز CO_2 اثر دارد در حالی که نرخ گسیل گازهای CH_4 و N_2O تحت تأثیر رطوبت تغییر چندانی نداشت (Torga et al., 2017). اما پژوهش Lu et al., (2014) نشان داد که دما شدیداً بر گسیل گاز CO_2 در خاک اثرگذار است و رطوبت بر نرخ گسیل گاز N_2O تأثیر فراوانی دارد. در پژوهش (Morishita et al., 2007)، مشخص شد که نرخ گسیل گازهای CH_4 ، N_2O ، NO و CO_2 با افزایش دمای خاک افزایش یافته است. فاکتورهای دما و رطوبت هر دو بر نرخ گسیل گازهای CH_4 و CO_2 مؤثر بوده اند اما تنها رطوبت بر نرخ گسیل گاز N_2O اثرگذار بود. با افزایش رطوبت خاک نرخ گسیل گاز نیتروژن اکسید به دلیل محدودیت اکسیژن کاهش یافت. در پژوهش (Cheng and Alberta, 2013) مشخص شد که در جنگل پهن برگ با افزایش دمای خاک در فصل تابستان نرخ گسیل گازهای N_2O و NO افزایش یافت اما در جنگل سوزنی برگ افزایش دما تأثیر چندانی بر گسیل این گازها نداشت. در برخی پژوهش های انجام شده نرخ گسیل CO_2 و N_2O به دمای خاک وابستگی نشان داد اما گسیل CH_4 وابسته به دما خاک نبود (Krause et al., 2013). این مسأله در پژوهش (Wang et al., 2012) نیز دیده شد و گسیل CO_2 و N_2O در خاک منطقه جنگل کاری آمیخته به رویدادهای فصلی وابسته بود. این تغییرات بیش تر

¹ Source

² Sink

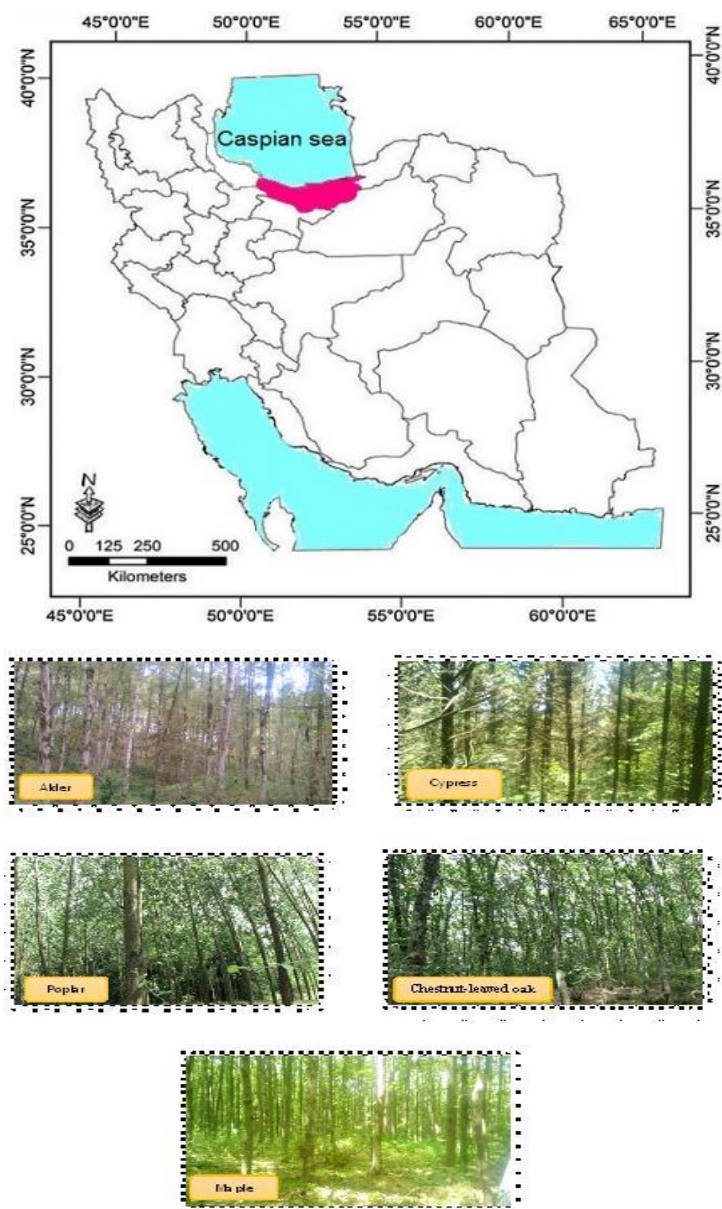


Figure 1- Study sites in low land forest at Mahdasht Sari - Mazandaran

شکل ۱ - منطقه مورد مطالعه در جنگل‌های پایین بند منطقه مهدشت ساری - مازندران

منطقه معتدل و مرطوب با زمستان سرد می‌باشد دوره خشکی منطقه تحقیق از اوایل خرداد ماه شروع شده و تا اواخر مرداد ماه ادامه می‌یابد (شکل ۲). از لحاظ زمین‌شناسی منطقه دارای سنگ مادری شامل ماسه سنگ آهکی، آهک مارنی و مارن آهکی بوده و پایداری زمین ضعیف می‌باشد. خاک منطقه نیز غالباً قهوه‌ای شسته شده و عمق خاک نسبتاً ژرف و عمق ریشه‌دوانی متوسط و بافت خاک متوسط می‌باشد (Organization of forests and rangelands, 2010).

این منطقه در سال ۱۳۷۵ با گونه‌های مختلف درختی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ با فاصله کاشت ۲×۲ متر جنگل‌کاری شد. سطح جنگل‌کاری خالص با هر گونه حداقل سه هکتار می‌باشد و عملیات پرورشی یکسانی برای توده‌ها انجام شده است. گونه‌های درختی منطقه پژوهش شامل افرا پلت^۱، توسکا قشلاقی^۲، بلوط بلندمازو^۳ و زربین^۴ در درون جنگل و یک عرصه درخت‌کاری شده با گونه صنوبر^۵ در پیرامون جنگل می‌باشد. آب و هوای

^۱ Maple (*Acer velutinum* Bioss)

^۲ Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn)

^۳ Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C.A.Mey)

^۴ Cypress (*Cupressus sempervirens* var. *Horizontalis*)

^۵ Populus deltoids Barter.ex Marsh

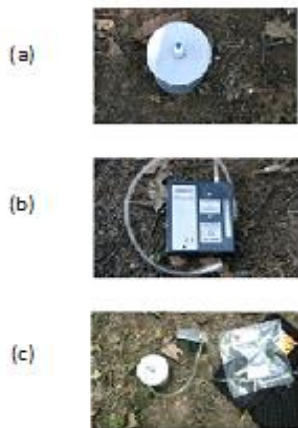


Figure 3- Chamber(a) Air sampling set up(b) Collecting the air sample in special sampling bag (c)
 شکل ۳- (a) محفظه حبس هوا (a) دستگاه نمونه برداری هوا (b) جمع آوری نمونه هوا داخل کیسه مخصوص نمونه برداری (c)
 از سرنگ گازی یک میلی‌لیتری برای برداشت نمونه از کیسه هوا و تزریق به دستگاه گازکروماتوگراف استفاده شد. برای افزایش دقت کار، تزریق هر نمونه سه تا چهار بار انجام و میانگین آن گزارش شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه آماری داده‌ها (در قالب طرح فاکتوریل با پایه طرح کاملاً تصادفی) از آنالیز واریانس یک‌طرفه^۲ استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف^۳ و همگنی واریانس با استفاده از آزمون Levene، مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون SNK^۴ استفاده شد. اولویت‌بندی و رج‌بندی گونه‌ها با توجه به تلفیق نتایج داده‌ها در دو فصل تابستان و زمستان با استفاده از روش تاپسیس انجام شد.

رتبه‌بندی با استفاده از روش تاپسیس^۵

روش‌ها و فنون مختلفی برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد و تاپسیس یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)^۶ است. در این روش تصمیم‌گیری تعدادی گزینه m و تعدادی معیار n برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند. معیارها می‌توانند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند،

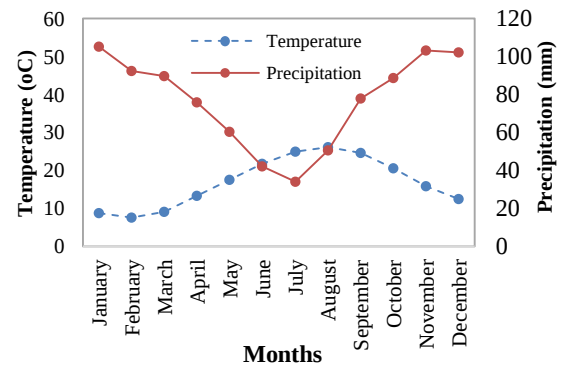


Figure 2- Mean monthly temperature and precipitation in study area based on Mahdasht meteorological station data

شکل ۲ - میانگین ماهانه دما و بارندگی در منطقه مورد مطالعه بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی مهدشت

اندازه‌گیری نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای

برای محاسبه نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای (CH_4 ، CO_2 و N_2O) در ابتدای فصل تابستان سال ۱۳۹۶ تعداد سه محفظه مخصوص (لوله PVC با قطر ۱۰ و طول ۲۰ سانتی‌متر با درپوش مخصوص که دارای شیر تخلیه هوا می‌باشد) در خاک هر توده درختی نصب شد تا نمونه‌برداری طی دو فصل تابستان و زمستان انجام شود (شکل 3a). در زمان انجام نمونه‌برداری پس از قرار دادن درپوش محفظه بر روی آن هوای درون محفظه توسط دستگاه نمونه‌برداری هوا^۱ تخلیه شد (شکل 3b). یک ساعت بعد نمونه‌برداری هوا توسط دستگاه پمپ هوا انجام شد (شکل 3c). برای نمونه‌برداری به ترتیب زیر اقدام شد
 ۱- کالیبره کردن پمپ نمونه‌برداری ۲- وصل کردن خروجی هوای پمپ به کیسه هوا و روشن نمودن پمپ ۳- باز کردن شیر ورودی کیسه هوا و انتقال هوا به کیسه ۴- بستن شیر کیسه هوا و خاموش کردن پمپ نمونه‌برداری و ارسال کیسه‌های حاوی گاز به آزمایشگاه. برای آنالیز نمونه‌ها از دستگاه گازکروماتوگراف مدل Agilent 6890N با ستون CP-sil-، Chrompack capillary column 13CB استفاده شد. به این ترتیب که نخست با تزریق یک میلی‌لیتر از نمونه استاندارد (در غلظت‌های مختلف) به دستگاه، منحنی کالیبراسیون آماده شده و سپس یک میلی‌لیتر از نمونه هوای موجود در کیسه نمونه‌برداری به دستگاه تزریق شد.

¹ One-Way ANOVA

³ Kolmogorov-Smirnov

⁴ Student- Newman- Keuls

² Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

³ Multiple Criteria Decision Making

¹ Air sampling pump- SKC standard

فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل

در این مرحله میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی با استفاده از معادله ۲ محاسبه خواهد شد. گام نهایی محاسبه راه‌حل ایده‌آل است. در این مرحله میزان فاصله نسبی هر گزینه به ایده‌آل‌های مثبت (v_{j+}) و منفی (v_{j-}) با معادله‌های ۲ و ۳ محاسبه می‌شود.

$$d_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j+})^2} \quad (2)$$

v_{ij} مقدار عددی نرمال شده موزون و d_{i+} فاصله از ایده‌آل مثبت می‌باشد.

$$d_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j-})^2} \quad (3)$$

d_{i-} فاصله از ایده‌آل منفی می‌باشد. در نهایت مقدار عددی CL_i با استفاده از معادله ۴ مشخص می‌شود. این مقدار بین صفر و یک می‌باشد.

$$CL_i^* = \frac{d_{i-}}{d_{i-} + d_{i+}} \quad (4)$$

CL_i^* نزدیکی نسبی به راه‌کار ایده‌آل می‌باشد. هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد راه‌کار به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر و در نتیجه راه‌کار بهتر می‌باشد.

نتایج و بحث

گسیل گاز دی اکسید کربن در تابستان و زمستان ویژگی‌های دمای خاک و رطوبت خاک و هوا در هنگام نمونه‌برداری به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که مقدار گسیل گاز گلخانه‌ای CO_2 از خاک توده‌های مختلف درختی در دو فصل تابستان ($P \leq 0.01$) و زمستان ($P \leq 0.05$) اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها (SNK) نشان داد که در فصل تابستان توده‌های توسکا، افرا و صنوبر از نظر نرخ گسیل گاز CO_2 دارای بیش‌ترین نرخ توده‌های بلوط و زربین به ترتیب دارای کم‌ترین نرخ گسیل گاز CO_2 بودند. اما در فصل زمستان توده زربین دارای بیش‌ترین نرخ گسیل و توده‌های افرا و بلوط دارای کم‌ترین نرخ گسیل گاز CO_2 بوده‌اند.

همچنین واحد اندازه‌گیری آن‌ها نیز می‌تواند متفاوت باشد. به هر گزینه بر پایه هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازها می‌توانند برپایه اندازه کمی و واقعی یا کیفی و نظری باشد و یک ماتریس تصمیم $m \times n$ تشکیل شود. منطبق اصولی این مدل راه حل ایده‌آل (مثبت) و راه حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند (Mahtabi et al., 2012). راه حل ایده‌آل (مثبت) راه حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله از راه حل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس گزینه‌هایی که بیش‌ترین همانندی را با راه حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. از مهم‌ترین دلایل استفاده از روش تاپسیس در این مقاله استفاده از قابلیت این روش در مد نظر قرار دادن همزمان چندین معیار در فرایند ارزیابی می‌باشد این در حالی است که در پژوهش‌های پیشین، بیش‌تر از روش امتیازدهی، با در نظر گرفتن یک معیار برای ارزیابی، استفاده می‌شده است (Mahtabi et al., 2012). این روش شامل مراحل زیر است:

تشکیل ماتریس تصمیم

در روش TOPSIS با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود و یک ماتریس تصمیم $m \times n$ تشکیل می‌شود.

نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

برای نرمال‌سازی مقادیر از روش برداری به شرح معادله ۱ استفاده می‌شود.

$$nij = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

x_{ij} مقدار عددی هر داده و $\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$ مجموع مجذور مربع داده‌ها و nij مقدار نرمال شده هر داده می‌باشد.

محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی

محاسبه PIS^1 و NIS^2 گام بعدی است. در این گام برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت (A^+) و یک ایده‌آل منفی (A^-) محاسبه می‌شود.

⁴ Positive Ideal Point

⁵ Negative Ideal Point

Table 1- Temperature of air and soil and soil moisture during taking the samples in summer and winter (August and February)

جدول ۱- دمای هوا و خاک و رطوبت خاک در زمان برداشت نمونه‌ها در تابستان و زمستان (مرداد و بهمن)

Seasons	Parameter	Planted forests				
		Poplar	Oak	Maple	Alder	Cypress
Summer	Air temperature °C	33.8	32.3	32.8	33.5	33
	Soil temperature °C	28	25.2	25.5	26.5	27.7
	Litter temperature °C	30	26.5	26.5	27.5	28
	Soil water content (%)	12.5	3.4	9.4	11.5	4.2
Winter	Air temperature °C	11.5	11.6	11.7	11.5	11.2
	Soil temperature °C	9.5	8	8.5	7.5	7.1
	Litter temperature °C	10	8.5	9	8	7.5
	Soil water content (%)	20.4	18	26	37	15.4

Table 2- Mean values of CO₂ emission (ppm) in summer and winter (August and February)

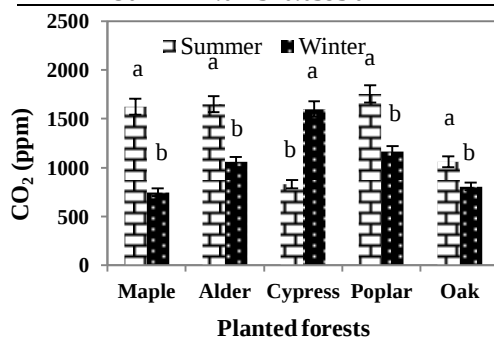
جدول ۲- مقادیر میانگین گسیل گاز CO₂ (ppm) در تابستان و زمستان (مرداد و بهمن)

Season	Planted forest	Mean values± SE	F value	P value
Summer	Maple	1625±76.53 a	69.506	0.000
	Alder	1648.66±61.86 a		
	Cypress	830.33±7.96 c		
	Poplar	1753.33±18.55 a		
	Oak	1059.66±45.48 b		
Winter	Maple	746.5±32.04 b	3.615	0.045
	Alder	1056±19.05 ab		
	Cypress	1600±226.84 a		
	Poplar	1164.5±326.49 ab		
	Oak	806.5±31.46 b		

Table 3- Mean values of CH₄ emission (ppm) in summer and winter (August and February)

جدول ۳- مقادیر میانگین و آنالیز واریانس مقادیر گسیل گاز CH₄ (ppm) در تابستان و زمستان (مرداد و بهمن)

Season	Tree species	Mean values	F value	P value
Summer	Maple	1.376±0.0006 b	27.984	0.000
	Alder	1.34±0.0135 b		
	Cypress	1.72±0.0161 a		
	Poplar	1.82±0.0076 a		
	Oak	1.21±0.0086 b		
Winter	Maple	1.152±0.04 a	1.674	0.232
	Alder	1.2545±0.0125 a		
	Cypress	1.272±0.108 a		
	Poplar	1.1925±0.282 a		
	Oak	1.0145±0.0395 a		

Figure 4- CO₂ emission from soil in planted stands in summer and winter

شکل ۴- گسیل گاز CO₂ از خاک در توده‌های دست‌کاشت در تابستان و زمستان

مقایسه گسیل گاز CO₂ در دو تابستان و زمستان (آزمون t مستقل) نشان داد که میزان گسیل گاز CO₂ در دو فصل تفاوت آماری معنی‌داری دارد. میزان گسیل گاز CO₂ در توده‌های پهن‌برگ در فصل تابستان بیش‌تر از فصل زمستان بود ولی میزان آن در توده سوزنی‌برگ در فصل زمستان بیش‌تر از تابستان بود (شکل ۴).

گسیل گاز متان در تابستان و زمستان

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد مقدارگسیل گاز گلخانه‌ای CH₄ از خاک توده‌های مختلف درختی در فصل تابستان تفاوت آماری معنی‌داری دارد (P≤0.01) اما در فصل زمستان گسیل گاز متان اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها (آزمون SNK) نشان داد که در فصل تابستان نرخ گسیل گاز CH₄ در توده‌های زربین و صنوبر دارای بیش‌ترین مقدار و در توده‌های افرا، توسکا و بلوط به ترتیب دارای کم‌ترین مقدار بوده است. مقدار گسیل گاز CH₄ از خاک توده‌های مختلف در فصل زمستان تفاوت معنی‌داری نداشت. در مجموع میزان گسیل گاز CH₄ در فصل تابستان بیش‌تر از فصل زمستان بود (شکل ۵).

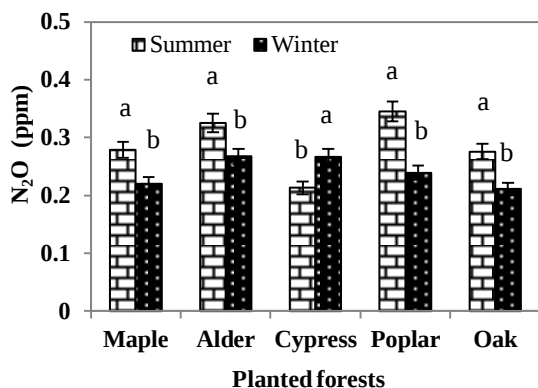


Figure 6- N₂O emission from soil in planted stands in the summer and winter

شکل ۶- گسیل گاز N₂O از خاک در توده‌های دست کاشت در تابستان و زمستان

رتبه‌بندی گونه‌های درختی با روش TOPSIS

نتایج داده‌های نرمال شده پژوهش به شرح مندرج در جدول ۵ می‌باشد. برای نرمال‌سازی مقادیر از روش برداری استفاده شد.

Table 5- Normalized values of research data
جدول ۵- مقادیر نرمال شده داده‌های تحقیق

Greenhouse gases emissions (ppm)	Alder	Maple	Cypress	Poplar	Oak
CO ₂ Summer	0.515	0.508	0.259	0.548	0.331
CO ₂ Winter	0.422	0.298	0.569	0.466	0.322
N ₂ O Summer	0.499	0.428	0.327	0.53	0.424
N ₂ O Winter	0.494	0.407	0.493	0.442	0.39
CH ₄ Summer	0.396	0.407	0.51	0.538	0.358
CH ₄ Winter	0.475	0.436	0.482	0.452	0.384

محاسبه PIS و NIS به شرح مندرج در جدول ۶ می‌باشد. نتایج اولویت‌بندی روش تاپسیس نشان داد که با توجه به نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای در دو فصل تابستان و زمستان به ترتیب گونه‌های بلوط، افرا، زربین، توسکا و صنوبر با گسیل کمتر گازهای گلخانه‌ای اولویت‌بندی شدند (جدول ۷). بررسی گسیل گازهای گلخانه‌ای در خاک جنگل نشان داد نوع گونه درختی بر فرایندهای بیولوژیکی خاک اثر دارد، این یافته با نتیجه پژوهش Haren et al., (2013) هم‌خوانی داشت و نرخ گسیل انواع گازهای اصلی گلخانه‌ای تحت تأثیر گونه‌های مختلف درختی متفاوت بود. شرایط آب و هوایی و بالا بودن

گسیل گاز نیتروژن اکسید در تابستان و زمستان

آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که در فصل تابستان مقدار گسیل گاز N₂O از خاک توده‌های مختلف درختی تفاوت معنی‌داری دارد (P≤0.01). اما در فصل زمستان گسیل گاز N₂O اختلاف معنی‌داری را در بین توده‌های مختلف درختی نشان نداد (جدول ۴).

Table 4- Mean values of N₂O emission (ppm) in summer and winter (August and February)

جدول ۴- مقادیر میانگین و آنالیز واریانس مقادیر گسیل گاز N₂O (ppm) در تابستان و زمستان (مرداد و بهمن)

Season	Tree species	Mean values	F value	P value
Summer	Maple	0.279±0.001 b	22.834	0.000
	Alder	0.325±0.013 a		
	Cypress	0.213±0.016 c		
	Poplar	0.345±0.008 a		
	Oak	0.276±0.009 b		
Winter	Maple	0.2205±0.010 a	1.833	0.199
	Alder	0.2675±0.004 a		
	Cypress	0.267±0.013 a		
	Poplar	0.2395±0.039 a		
	Oak	0.211±0.008 a		

نرخ گسیل گاز N₂O در فصل تابستان در توده‌های توسکا و صنوبر دارای بیش‌ترین مقدار و در توده‌های افرا، بلوط و زربین به ترتیب دارای کم‌ترین مقدار بوده است. نتیجه آزمون t مستقل نشان داد که مجموع میزان گسیل گاز N₂O در توده‌های پهن‌برگ در فصل تابستان بیش‌تر از فصل زمستان بود ولی میزان گسیل آن در توده سوزنی‌برگ زربین در فصل زمستان بیش‌تر از فصل تابستان بود (شکل ۶).

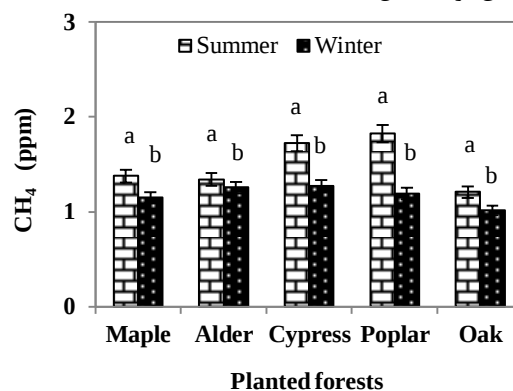


Figure 5- CH₄ emission from soil in planted stands in summer and winter

شکل ۵- گسیل گاز CH₄ از خاک در توده‌های دست کاشت در تابستان و زمستان

N_2O از خاک جنگل می‌باشند. این موضوع در پژوهش Cheng and Alberta, (2013) بررسی شد در منطقه پژوهش گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ وجود داشت، تأثیر افزایش دما بر خاک این دو نوع جنگل متفاوت بود. در جنگل پهن‌برگ با افزایش دمای خاک نرخ گسیل گازهای NO و N_2O افزایش یافت اما در جنگل سوزنی‌برگ افزایش دما تأثیر چندانی بر گسیل این گازها نداشت. نتایج این پژوهش با پژوهش حاضر در مورد پهن‌برگان همخوانی داشت ولی در مورد گونه سوزنی‌برگ همخوانی نداشت. گسیل گازهای گلخانه‌ای در خاک جنگل کوهستانی در شمال چین توسط Liu et al., (2006) بررسی شد این منطقه با گونه‌های مختلف درختی احیا شده بود. گسیل گاز CO_2 در خاک نشان دهنده الگوی فصلی مشخصی بود به طوری که در طول فصل زمستان بسیار بیش‌تر از فصل تابستان بود اما گسیل CH_4 و N_2O به دما و رطوبت خاک و یا تعامل آن‌ها ارتباط نداشت و هیچ تفاوتی را در فصول خشک و بارندگی نشان نداد، نتایج این بخش پژوهش برخلاف نتیجه پژوهش حاضر بود چون نرخ گسیل گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O در توده‌های پهن‌برگ در فصل گرم تابستان بیش‌تر از فصل زمستان بود و بین نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای در دو فصل تابستان و زمستان اختلاف وجود داشت. در شرایط تغییر اقلیم افزایش سطح جنگل‌کاری به منظور ترسیب کربن از ضروریات است و تأثیر جنگل‌کاری‌ها بر نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای باید مشخص شود. تأثیر جنگل‌کاری بر گسیل گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O در پژوهش Dou et al., (2015) نشان داد که جنگل‌کاری منجر به افزایش گسیل دی‌اکسید کربن خاک تا ۶۴ درصد و نیز افزایش نیتروژن‌اکسید به میزان ۵۴ درصد در سال شده است. اوج جریان گسیل CO_2 و CH_4 در تابستان و اوج جریان N_2O در فصل زمستان بوده است. این نتیجه با نتیجه پژوهش حاضر در خصوص گازهای CO_2 و CH_4 در فصول تابستان و زمستان همخوانی داشت ولی در مورد گاز N_2O همخوانی نداشت. نتایج پژوهش Wang et al., (2012) نشان داد که گسیل گازهای CO_2 و N_2O در جنگل‌کاری به تغییرات فصلی وابسته بوده است، درحالی‌که گسیل گاز CH_4 در خاک به روند فصلی وابستگی نشان نداد. این یافته با نتیجه پژوهش حاضر در

رطوبت بر نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای اثرگذار است. افزایش رطوبت موجب کاهش نرخ گسیل گاز CO_2 شد ولی بر نرخ گسیل گازهای CH_4 و N_2O اثرگذار نبود این افزایش رطوبت ناشی از تغییرات رطوبت در دو فصل تابستان و زمستان می‌باشد که توسط Torga et al., (2017) در جنگل‌های عرض‌های جغرافیایی شمالی و در بین گونه‌های درختی مختلف بررسی شد. نتایج این پژوهش در خصوص نرخ گسیل CO_2 و N_2O با نتیجه گسیل CO_2 و N_2O پهن‌برگان پژوهش حاضر همخوانی داشت ولی در مورد گونه سوزنی‌برگ زربین نتیجه متفاوت بود چرا که نرخ گسیل CO_2 و N_2O در خاک تحت پوشش گونه زربین در فصل زمستان افزایش یافته بود.

Table 6- Positive and negative ideals
جدول ۶- ایده آل‌های مثبت و منفی

Planted forest	Positive ideal point (PIS)	Negative ideal point (NIS)	Sum of the Positive ideal point and Negative ideal point
Oak	0.1228	0.4149	0.5377
Poplar	0.4384	0.1237	0.5621
Cypress	0.4001	0.3536	0.7537
Maple	0.2781	0.3348	0.6129
Alder	0.3618	0.2095	0.5713

Table 7- The final priority of tree species considering the lower emission of greenhouse gases in summer and winter

جدول ۷- اولویت بندی نهایی گونه‌های درختی با توجه به

گسیل کم‌تر گازهای گلخانه‌ای در تابستان و زمستان

Planted forest	CL	Priority
Oak	0.772	1
Maple	0.546	2
Cypress	0.469	3
Alder	0.367	4
Poplar	0.22	5

در پژوهش حاضر نرخ گسیل گاز CH_4 در فصل زمستان به کم‌تر از فصل تابستان بود این نتیجه با نتیجه پژوهش Torga et al. (2017) متفاوت بود چرا که در پژوهش ایشان نرخ گسیل این گاز در فصل زمستان افزایش یافته بود. افزایش دما باعث افزایش نرخ گسیل CO_2 می‌شود (Lu and Cheng, 2008) دما شدیداً بر گسیل CO_2 در خاک اثرگذار بود اما رطوبت جز عوامل اصلی اثرگذار بر گسیل گاز CO_2 نبود. این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر در مورد توده‌های پهن‌برگ همخوانی داشت اما در مورد توده سوزنی‌برگ زربین متفاوت بود. گونه‌های درختی و تغییرات دمایی حاصل از تغییرات فصل دو عامل اثرگذار بر گسیل گازهای NO و

غیرمستقیم تغییرات اقلیم را بر جنگل‌کاری‌ها بررسی نمایند و برای توسعه جنگل‌ها به مسأله تغییرات اقلیمی توجه نمایند، جنگل‌کاری‌ها می‌تواند باعث تعدیل پیامدهای تغییر اقلیم شود (Locatelli et al., 2015) و اگر این عوامل نادیده گرفته شوند برنامه‌ریزان قادر به ارزیابی تأثیر پوشش زمینی بر تغییر اقلیم و سازگاری آن‌ها و کاهش پیامدهای تغییر اقلیم نخواهند بود. تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بیش‌تر تحت تأثیر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای رخ داده است بنابراین برای کاهش پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی ضروری است نسبت به کاهش گسیل گازهای گلخانه‌ای به طرق مختلف اقدام شود. جنگل‌کاری و توسعه جنگل‌ها یکی از اقتصادی‌ترین راهکارها است. جنگل‌کاری با گونه‌های مختلفی انجام می‌شود و هر یک از گونه‌های درختی بر نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای در خاک تأثیر متفاوتی دارند. فرضیه پژوهش یعنی بیش‌تر بودن نرخ گسیل گاز CO_2 در توده‌های پهن‌برگ نسبت به سوزنی‌برگ در فصل تابستان تأیید می‌شود اما این فرضیه در فصل زمستان رد می‌شود چرا که نرخ گسیل گاز CO_2 در توده سوزنی‌برگ در فصل زمستان بیش‌تر از توده‌های پهن‌برگ بود. استفاده از روش تاپسیس در این پژوهش به دلیل بررسی تلفیقی و هم‌زمان تأثیر دو معیار (گسیل گازهای گلخانه‌ای در دو فصل) در جنگل‌کاری با گونه‌های مختلف بود. نتایج اولویت‌بندی روش تاپسیس نشان داد که گونه‌های بلوط، افرا، زربین، توسکا و صنوبر به ترتیب با گسیل کم‌تر گازهای گلخانه‌ای در دو فصل تابستان و زمستان گونه‌های بهتری برای انتخاب در عملیات جنگل‌کاری در منطقه پژوهش می‌باشند. اکنون با استفاده از نتایج این پژوهش و سایر پژوهش‌های مرتبط می‌توان نسبت به شناسایی و تعیین گونه‌هایی که منجر به کاهش گسیل گازهای گلخانه‌ای می‌شوند در برنامه‌های جدید جنگل‌کاری اقدام کرد. فاکتور گسیل گازهای گلخانه‌ای تنها یک عامل اثرگذار بر گرمایش جهانی است و برای تعیین گونه مناسب در توسعه جنگل‌ها تحت شرایط گرمایش جهانی می‌بایست این فاکتور در کنار سایر فاکتورهای اثرگذار بر گرمایش جهانی (مانند آلودگی، تفرق درختان، ترسیب کربن و نیتروژن و گسیل ذرات آئروسول) مورد توجه مدیران جنگل قرار گیرد.

مورد گسیل گازهای CO_2 و N_2O هم‌خوانی داشت، ولی در مورد گسیل گاز CH_4 هم‌خوانی نداشت چون در پژوهش حاضر نرخ گسیل گاز متان در دو فصل متفاوت بود. نتایج پژوهش (Morishita et al., 2007) نشان داد که نرخ گسیل گازهای CO_2 ، CH_4 و N_2O با افزایش دمای خاک افزایش و نرخ گسیل گاز N_2O با افزایش رطوبت خاک کاهش یافته است. این نتیجه با پژوهش حاضر در مورد گاز نیتروژن اکسید هم‌خوانی داشت اما نرخ گسیل گاز CH_4 با کاهش رطوبت خاک کاهش یافت که این بخش برخلاف پژوهش حاضر بود چرا که در پژوهش حاضر گسیل گاز متان با کاهش رطوبت در فصل تابستان باز هم مقدار بیش‌تری نسبت به فصل زمستان داشت. دما و رطوبت خاک هر دو به طور مجزا بر گسیل این گازها مؤثر هستند. نتایج این پژوهش نشان داد که نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O در خاک توده‌های پهن‌برگ در فصل تابستان بیش‌تر از فصل زمستان می‌باشد اما در مورد گونه سوزنی‌برگ زربین نتیجه تفاوت داشت. نرخ گسیل گازهای CO_2 و N_2O در فصل زمستان در خاک توده زربین بیش‌تر از نرخ آن در فصل تابستان بود این مسأله احتمالا به همیشه سبز بودن این گونه و فعالیت حیاتی در کل طول سال مرتبط باشد. همچنین نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، CH_4 و N_2O در فصل تابستان در بین توده‌های درختی تفاوت معنی‌داری داشت اما در فصل زمستان این تفاوت تنها در مورد گسیل گاز CO_2 مشاهده شد و نرخ گسیل گازهای گلخانه‌ای CH_4 و N_2O در در بین توده‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی باعث ایجاد بی‌ثباتی برای جنگل‌ها شده است و مدیریت آن را مشکل‌تر ساخته است. برای مدیریت مناطق جنگلی دست‌کاشت باید به این نکته توجه داشت که شرایط و محیط آینده با محیط کنونی تفاوت خواهد داشت اما نمی‌توان در مورد این تفاوت‌ها با اطمینان اظهارنظر کرد. در این شرایط مدیران باید با ادغام استراتژی‌های سازگار با تغییرات اقلیم، استفاده از گزینه‌های انعطاف‌پذیر و محافظت از منابع نسبت به ایجاد جنگل اقدام نمایند (Sok et al., 2012). اگر مدیران جنگل پیش‌بینی‌های لازم برای کاهش اثرات مستقیم و

منابع

- Allen, K., Corre, M.D., Tjoa, A., Veldkamp, E. 2015. Soil Nitrogen-Cycling Responses to Conversion of Lowland Forests to Oil Palm and Rubber Plantations in Sumatra, Indonesia. *PLoS One*, 29;10(7): 0133325
- Cheng, Z. C., Alberta, J. Z. 2013. Effects of soil pH and salt on N₂O production in adjacent forest and grassland soils in central Alberta, Canada. *Soils and Sediments*, 13 (5):863-868.
- Dou, X., Chen, B., Black, T., Jassal, R.S., Che, M. 2015. Impact of Nitrogen Fertilization on Forest Carbon Sequestration and Water Loss in a Chronosequence of Three Douglas-Fir Stands in the Pacific Northwest. *Forests*, 6(6): 1897-1921; <https://doi.org/10.3390/f6061897>.
- Ellison, J.C. 2018. Effects of Climate Change on Mangroves Relevant to the Pacific Islands University of Tasmania, Australia Pacific marine climate change report card. *Science Review* : 99-111.
- Haren, R.V., Oldenborgh, G.J., Lenderink, G. Hazeleger, W. 2013. Evaluation of modeled changes in extreme precipitation in Europe and the Rhine basin. *environmental Research Letter*, (8) 014053 (7p).
- Haghdoust, N., Akbarinia, M., Varamesh, S. Hosseini, S.M. 2011. The Effect of Replacement of Devastated Forests with plantation on Soil Fertility and Sequestration. *Journal of environmental studies*, 38(3): 135-146.
- Jafari, M. 2008. Investigation and analysis of climate change factors in Caspian Zone forests for last fifty years. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16 (2): 314-326. (In Farsi)
- Krause, K., Niklaus, P.A., Schleppi, P. 2013. Soil-atmosphere fluxes of the greenhouse gases CO₂, CH₄ and N₂O in a mountain spruce forest subjected to long-term N addition and to tree girdling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 181:61-68. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.07.007>
- Liu, X.P., Zhang, W.J., Hu, C.S., Tang, X.G. 2014. Soil greenhouse gas fluxes from different tree species on Taihang Mountain, North China. *Biogeosciences*, 11: 1649-1666. doi:10.5194/bg-11-1649-2014.
- Locatelli, B., Pavageau, C., Pramova, E., Di Gregorio, M. 2015. Integrating climate change mitigation and adaptation in agriculture and forestry: opportunities and trade-offs, *Wiley Interdisciplinary reviews-climate change*, 6: 585-598.
- Lu, X. Cheng, G. 2008. Climate change effects on soil carbon dynamics and greenhouse gas emissions in *Abies fabri* forest of subalpine, southwest China. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(5): 1015-1021. DOI:10.1016/j.soilbio.2008.10.028
- Mahtabi ughani, M., Najafi, A., Unesi, H., Moeedoddini, M. 2012. Application of tools in planning and managing of urban hysteresis. *Human and environment*, 10(4): 57-66. (In Farsi)
- Mahmoudi-Taleghani, A., Zahedi, R., Amiri, G.H., adeli, A., Sagheb Talebi, KH. 2006. Estimation of carbon sequestration in forests under the management of a case study of Golband Forest in the north of the Iran. *Journal of Forest and Poplar Research*, 15: 241-252. (In Farsi)
- Morishita, T., Sakata, T., Takahashi, M., Ishizuka, S., Mizoguchi, T., Inagaki, Y., Terazawa, K., Sawata, S., Igarashi, M., Ya-suda, H., Koyama, Y., Suzuki, Y., Toyota, N., Muro, M., Kinjo, M., Yamamoto, H., Ashiya, D., Kanazawa, Y., Hashimoto, T., Umata, H. 2007. Methane uptake and nitrous oxide emission in Japanese forest soils and their relationship to soil and vegetation types, *Soil Science. Plant Nutrition*, 53: 678-691.
- Organization of forests and rangelands. 2010. *Forestry plan in Mahdasht*. (In Farsi)
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., Erasmi, S. 2016. Greenhouse gas emissions from soils. *Chemie der Erde. Geochemistry*, 76(3): 327-352.
- Paul, K. I., Polglase, P. J., Nyakuengama, J.G. Khanna, P. K. 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*, 168(1-3): 241-257.
- Shaabanian, N., Heydari, M., Zeinivand, M. 2010. Effect of afforestation with broad leaved and conifer species on herbaceous diversity and some physico-chemical properties of soil (Case study: Dushan afforestation - Sanandaj). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(3), 446. (In Farsi)
- Sok, V., Boruff, B.J., Morrison-Saunders, A. 2012. Addressing climate change through environmental impact assessment: international perspectives from a survey of IAIA members *Impact Assessment and Project Appraisal*. 29 (4) : 317-325.
- Taghdisian, H., Minapour, S. 2002. Climate change, what we need to know, the National Environmental Climate Change Project Office, in collaboration with United Nations Office of Civil Aviation, Tehran, Environmental Protection Agency. (In Farsi)
- Torga, R., Mander, Ü., Soosaar, K., Kupper, P., Tullus, A., Rosenvald, K., Ostonen, I., Kutti, S., Jaagus, J., Söber, J., Maddison, M., Kaasik, A., Lõhmus, K. 2017. Weather extremes and tree species shape soil greenhouse gas fluxes in an experimental fast-growing deciduous forest

of air humidity manipulation, Ecological Engineering, 106: 369-377.

Unger, N., Yue, X. 2014. Strong chemistry-climate feedbacks in the Pliocene, geophysical

research letter, 41: 527-533.

Wang, L., Wang, F., Yuan, L. 2012. Study on the carbon tax on forest resource, Forestry economics, 11(2): 76-82.



The effect of tree species on greenhouse gas emissions from forest plantation soils (Case study: Sari, Iran)

L. Vatani¹, S. M. Hosseini^{2*}, M. Raeini Sarjaz³, S. J. Alavi⁴

Received: 19/04/2019

Accepted: 23/07/2019

Abstract

Accumulation of greenhouse gases in the Earth's atmosphere resulted in global warming and climate change. To mitigate climate change and cope with its consequences several strategies has been proposed. Silviculture and organic matters decomposition management, respectively, propose to sequester carbon and mitigate atmospheric greenhouse gases. The aim of this study is to evaluate the influence of tree species on soil greenhouse gas (CO₂, CH₄, N₂O) emissions within forest plantations. For this purpose 20-year old maple, alder, oak, poplar and cypress species plantations were chosen in Sari region, Iran, and soil CO₂, CH₄, N₂O emission rates measured during summer and winter times. Within each plantation area, 3 collecting gas chambers were installed at 10 cm soil depth randomly. The kind of emitted gases and their emission rates measured using gas chromatography. The results indicates that there are highly significant differences ($P \leq 0.01$) between tree plantations for CO₂, CH₄ and N₂O gas emissions in the summer time, while during winter significant difference ($P \leq 0.05$) observes for CO₂ emission. The TOPSIS ranking indicates that oak, maple, cypress, alder and poplar, respectively, are the more favorite sites in declining greenhouse gas emissions. Therefore, it concluded that in future silviculture attempts this issue should be taken into considerations.

Keywords: Climate change, Methane, Mitigation, Silviculture, Soil



¹ Ph. D. Candidate of Forest Ecology, Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor, Mazandaran, Iran

² Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor, Mazandaran, Iran

(*Corresponding Author's Email Address: hosseini@modares.ac.ir)

DOI: 10.22125/agmj.2019.178532.1063

³ Professor, Department of water engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran

⁴ Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran