

## ترسیب کربن، راهکاری در کاهش بحران‌های زیست محیطی

سعید ورامش<sup>۱</sup> سید محسن حسینی<sup>۲</sup> سعید شعبانی<sup>۳</sup> بهزاد بهتری<sup>۴</sup>

### چکیده:

اهداف توسعه‌ای و صنعتی شدن در سال‌های اخیر مسائل مختلف زیست محیطی از جمله آلودگی هوا و افزایش گازهای گلخانه‌ای (CO<sub>2</sub>) در اتمسفر، افزایش گرمای جهانی و دیگر بحران‌های زیست محیطی حاصل از آن را در پی داشته و توسعه پایدار منابع طبیعی و محیط زیست را با مشکل مواجه نموده است. خسارت سالانه حاصل از این آلودگی هوا در ایران 14420 میلیارد ریال، معادل 1/6 درصد از تولید ناخالص داخلی می‌باشد. نتایج کنوانسیون تغییرات اقلیمی نشان داد که از بین راهکارهای ارائه شده برای کاهش گازهای گلخانه‌ای، روش توسعه و گسترش پوشش درختی (از طریق مکانیسم ترسیب کربن) به عنوان بهترین روش شناخته شده و بیش از سایر روشها کاربرد دارد. جنگل‌کاری‌های انجام گرفته در شهرها توانایی جذب آلودگی هوا و حفظ انرژی را دارند. تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که توان سالانه جنگل‌ها و عرصه‌های جنگل‌کاری ایران از لحاظ ترسیب کربن، 180350000 تن بوده که ارزش اقتصادی آن بالغ بر 24627/76 میلیارد ریال می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** بحران‌های زیست محیطی، ترسیب کربن، توسعه پایدار، جنگل‌کاری، گازهای

گلخانه‌ای.

---

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی - دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی - گروه جنگلداری - دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی - دانشگاه تربیت مدرس

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

## مقدمه:

از 150 سال گذشته تاکنون میزان کربن اتمسفر در حدود 30٪ افزایش یافته است. گرم شدن هوا اثرات مخربی بر حیات روی کره زمین دارد و سبب وقوع بحران های شدید زیست محیطی از جمله تخریب اکوسیستم های طبیعی، کاهش تنوع زیستی، وقوع سیل، خشکسالی و برهم خوردن تعادل اقلیمی و اکولوژیکی می شود (عبدی، 1385). آلودگی هوا سیستم تنفسی و نیز قلب را تحت تاثیر قرار می دهد. بررسی ها نشان می دهد امروزه میزان مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا در شهرها، 5/2 برابر مناطق روستایی است و پدیده وارونگی موجب می شود که گازهای سمی در هوای بالای شهر حبس شده و به صورت خطرناک درآیند. گازهای آلاینده موجب بروز انواع بیماری های عصبی و به خصوص اضطراب و افسردگی، سردردهای میگرنی و بیماری های حاد تنفسی می شود. به گفته پزشکان متخصص تولد نوزادان کم وزن و مبتلا به سرطان و تخریب ساختار ژنتیکی از دیگر عوارض نامطلوب آلودگی هواست. تعداد سلول ها به دلیل عوامل نامساعد محیطی، عفونت ها و پایین آمدن قدرت دفاعی بدن افزایش یافته و تومورهای سرطانی به وجود می آید (خرد و ریاحی، 1386).

نگرانی های ناشی از مقدار کربن منتشر شده به جو و اثرات فراوان آن بر روی حیات بشری و همچنین جانوران و گیاهان روز به روز در حال افزایش است، چنانچه در پی این نگرانی ها، تقریباً همه کشورهای دنیا و از جمله ایران کنوانسیون را تحت عنوان کنوانسیون تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد (UNFCCC) امضا نموده و متعهد به یافتن روشهایی جهت متعادل نمودن محتوای گازهای گلخانه ای اتمسفر گردیدند (مداح عارفی، 1379). توسعه جنگل کاری در زمین های بایر به عنوان روشی برای کاهش CO<sub>2</sub> اتمسفری پیشنهاد شده است (Dyson، 1997). درختان با رشد خود کربن را در بافتها-یشان رسوب داده و با افزایش میزان بیومس درخت، CO<sub>2</sub> اتمسفری کاهش می یابد (Feamside، 1999). خاک در تعادل با اکوسیستم جنگل حاوی تراکم بالایی از کربن می باشد، لذا زمین های بایر و کشاورزی حاوی مقدار کمتری کربن نسبت به پتانسیل واقعی خود می باشند. افزایش ترسیب کربن،

معادل افزایش بیومس گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش آبی و بادی است. به همین سبب ترسیب کربن علاوه بردارای بودن ارزش-های حفاظتی و پایه‌ای به دلیل افزایش تولید بیومس، از نظر اقتصادی دارای ارزش است و می‌تواند به عنوان منفعت و سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیا اراضی تخریب شده مطرح گردد. به عبارت دیگر افزایش سطح جنگل، از طریق مکانیسم ترسیب کربن به عنوان عامل مهمی در دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد.

### مواد و روشها:

برای برآورد میزان ترسیب کربن در مناطق جنگل کاری شده مراحل زیر بایستی به ترتیب انجام بگیرد:

#### 1- روش نمونه برداری میدانی:

الف- انتخاب توده های جنگلی مورد نظر: سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و شاهد (جایی که عملیات جنگل کاری انجام نشده است).

ب- مشخص کردن الگوی نمونه‌گیری و برآورد تعداد، اندازه و شکل مناسب قطعات نمونه و روش نمونه‌برداری از درخت، پوشش علفی، لاشبرگ و خاک :

ج- در تمام قطعات نمونه ابتدا فهرست گونه‌های گیاهی موجود و فراوانی آنها ثبت می‌شود، سپس وزن تخمینی اندامهای هوایی گونه‌های درختی براساس اندازه‌گیری قطربرابرسینه، وزن سایر گونه‌ها بر اساس روش قطع و توزین و وزن لاشبرگ بر اساس روش نمونه‌برداری مستقیم یادداشت می‌گردند. علاوه‌براین صفات، درصد پوشش گونه‌های علفی و لاشبرگ، ارتفاع از سطح دریا، مقدار و جهت شیب یادداشت می‌شوند.

د- نمونه برداری از درخت، پوشش گیاهان علفی و لاشبرگ به منظور تعیین درصد ماده خشک صورت می‌گیرد. نمونه‌های خاک نیز که از عمق صفر تا 30 سانتیمتری گرفته شده، بصورت ترکیبی از هر پلات نمونه برداشت می‌شود.

## 2- روش تحقیق آزمایشگاهی:

درصد کربن آلی نمونه‌های درخت، بیومس گیاهی و لاشبرگ به روش احتراق در کوره الکتریکی با دمای 500 درجه سانتیگراد تعیین می‌شود و خصوصیات خاک شامل: درصد سنگ و سنگریزه، تعیین بافت به روش هیدرومتری بایکاس، وزن مخصوص ظاهری خاک از روش کلوخه، درصد رطوبت اشباع خاک، اندازه‌گیری pH گل‌اشباع به روش پتانسیومتری، تعیین هدایت الکتریکی در عصاره گل‌اشباع و اندازه‌گیری کربن آلی خاک به روش والکی و بلاک مشخص می‌گردند (Losi, 1997 MacDicken) و همکاران (2003 Redondo, 2007 جعفری حقیقی، 1382).

## 3- روش‌های تجزیه آماری اطلاعات:

پس از جمع‌آوری داده‌ها آنها را در نرم افزار Excel به عنوان بانک اطلاعاتی ذخیره نموده، سپس به منظور تجزیه و تحلیل و مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شده و در صورت نرمال بودن، همگنی آنها با آزمون لون مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورت نرمال و همگن بودن داده‌ها با آزمون ANOVA مقایسه کلی و با آزمون توکی یا دانکن مقایسه چند گانه صورت می‌گیرد. در صورت نرمال و همگن نبودن واریانس از دانت تی 3 استفاده خواهد شد. در صورت نرمال نبودن داده‌ها، با استفاده از آزمون‌های غیرپارامتری به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته می‌شود که در این صورت برای مقایسه کلی از آزمون کروسکال والیس و برای مقایسات چندگانه از آزمون من‌ویتنی‌یو استفاده خواهد شد.

## بحث:

نتایج کنوانسیون تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که از بین راهکارهای ارائه شده برای کاهش گازهای گلخانه‌ای روش توسعه و گسترش پوشش درختی (از طریق مکانیسم ترسیب کربن) به عنوان بهترین روش شناخته شده و بیش از سایر روشها کاربرد دارد. پتانسیل ترسیب کربن بر حسب گونه، مکان و شیوه مدیریت متفاوت است (Ken, 1999). بنابراین با شناخت گونه‌هایی که دارای قابلیت بیشتری جهت ترسیب کربن بوده و همچنین بررسی عوامل مدیریتی که بر فرایند ترسیب تاثیر گذار هستند، می‌توان اصلاح واحیا اراضی خشک و بیابانی را از منظر شاخص ترسیب کربن دنبال نمود. این امر می‌تواند یک نگرش سیستمی به اصلاح و احیا منابع طبیعی و در نتیجه توسعه پایدار باشد، چرا که در ضمن تامین حفاظت کمی و کیفی شرایط خاک، می‌تواند راهکاری موثر جهت مقابله با آلودگی هوا و بحران تغییر اقلیم و در نهایت دستیابی به توسعه پایدار زیست محیطی تلقی گردد.

تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که توان سالانه جنگل‌ها و عرصه‌های جنگل‌کاری شده ایران از لحاظ ترسیب کربن، سالانه حدود 1176000000 تن می‌باشد که ارزش اقتصادی آن بالغ بر 24627/76 میلیارد ریال است. (سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری 1382). توسعه جنگل‌کاری‌ها در مناطق خشک اثر معنی‌داری بر ترسیب کربن داشته و علاوه بر این مزایایی چون احیاء پوشش گیاهی در اراضی تخریب‌شده، کاهش رواناب و فرسایش خاک و بهبود تنوع زیستی را به دنبال دارد (Grunzweig و همکاران، 2003). 187 میلیون هکتار جنگل‌کاری در سراسر دنیا وجود دارد که تقریباً 5٪ نواحی جنگلی دنیا را شامل می‌شود (FAO، 2001). پروژه‌های جنگل‌کاری و جنگل‌داری به‌ویژه در مناطق تخریب‌شده، می‌تواند اثر قابل‌توجهی بر روی ترسیب کربن زیرزمینی داشته باشد. نسبت ترسیب کربن و مقدار و کیفیت ذخیره کربن بستگی به تعامل میان آب و هوا، خاک‌ها، گونه‌های درختی، ترکیبات شیمیایی لاشبرگ و مدیریت آنها دارد (Lal، 2005). تغییرات کاربری زمین سبب اختلال در اکوسیستم شده، می‌تواند در ذخیره کربن تاثیرگذار باشد، به‌ویژه تغییر جنگل به اکوسیستم کشاورزی

خواص مختلف خاک به‌ویژه تراکم و ذخیره کربن آلی خاک را تغییر می‌دهد، به گونه‌ای که سبب کاهش 20-50% ذخیره کربن آلی خاک می‌شود (Schlesinger 1985, Post and Mann 1990). در این راستا محققین ذیل به نتایج مشابهی در خصوص ترسیب کربن عرصه‌های جنگلکاری شده دست یافته‌اند:

Lemma و همکاران (2006) به این نتیجه رسیدند که جنگلکاری با گونه‌های *Cupressus lusitania* و *Pinus patula* به‌ترتیب منجر به افزایش 69/6 mg /ha و 29/3 ترسیب کربن پس از 20 سال می‌شود. همچنین Nosetto و همکاران (2006) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که جنگلکاری در مقایسه با مراتع اطراف، سبب افزایش 50٪ ترسیب کربن می‌شود ولی از لحاظ ترسیب کربن، هیچ تفاوتی بین مرتع چراشده و مرتع قرق‌شده وجود ندارد. Redondo-brenes (2007) نیز به این نتیجه رسید که میزان ترسیب کربن در درخت تا قبل از 10 سالگی در گونه‌های سریع‌الرشد بیشتر از گونه‌های کندرشد می‌باشد ولی در بلند مدت میزان ترسیب کربن در گونه‌های کندرشد بیشتر می‌باشد که احتمالاً وابسته به چگالی ویژه چوب و خصوصیات رشد آنها می‌باشد. نتایج مطالعات سینگ و همکاران (2003) در هند نشان داد که کربن آلی خاک با پوشش گیاهی همبستگی مثبت دارد.

مطالب فوق نشان دهنده اهمیت استفاده از مکانیسم ترسیب کربن جهت مقابله با افزایش گازهای گلخانه‌ای و دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد. متأسفانه در داخل کشور تاکنون تحقیقات کافی در این زمینه صورت نگرفته و ضروری است که تحقیقات بیشتر و اساسی در این رابطه انجام گرفته و به مجامع داخلی و بین‌المللی ارائه گردد تا از این روش طبق اصول علمی در جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای استفاده گردد.

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

با توجه به موارد اشاره شده در بالا به این نتیجه می‌رسیم که تلاش برای رسیدن به توسعه یک جانبه در بسیاری موارد اختلال و مشکلات زیست محیطی را موجب شده و پیامدهای مختلفی را نیز در پی

داشته است ، به گونه‌ای که دستیابی به توسعه پایدار منابع طبیعی و محیط زیست را با مشکل جدی مواجه کرده است. در حالی که با افزایش سطح جنگل‌های موجود از طریق جنگل‌کاری تا حدود زیادی می‌توان از این مسائل جلوگیری کرد. جنگل‌کاری سبب کاهش گازهای گلخانه‌ای از طریق ترسیب کربن در بیومس گیاهی و خاک می‌گردد و به این ترتیب باعث جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش حاصل-خیزی خاک و بهره‌وری اراضی برای تولید، حفظ توان زیستی ، جلوگیری از کاهش تنوع زیستی در طبیعت ، افزایش پایداری اکوسیستم و کاهش بیماری‌های مختلف می‌گردد. به عبارت دیگر در حفظ توان و تنوع زیستی در طبیعت نقش داشته و عامل مهمی در رسیدن به توسعه پایدار می‌باشد. بنابراین با در نظر گرفتن زیان اقتصادی حاصل از افزایش آلودگی هوا و تأثیری که جنگل‌کاری در جلوگیری از این زیان برای کشورمان دارد و با توجه به سیاست‌های کلان کشور در رابطه با پیشرفت صنعتی، که نتیجه آن افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و لزوم پایبندی به کنوانسیون تغییرات اقلیمی پیشنهاد می‌شود که همگام با روند صنعتی شدن کشور، به افزایش سطح جنگل‌کاری به صورت کاملاً علمی توجه ویژه‌ای به عمل آید.

## مراجع :

• عبدی، ن.، 1385: معرفی ترسیب کربن به عنوان شاخصی جهت سنجش توسعه پایدار منابع طبیعی. چکیده مقالات سومین همایش راهکارهای تحقق توسعه پایدار در کشاورزی و منابع طبیعی، اراک 5 دی ماه، صفحه 57-62.

• مداح عارفی، حسن، 1379: گزارش آماده سازی پروژه ترسیب کربن حسین آباد غیناب در استان خراسان. دفتر فنی تثبیت شن و بیابان زدایی، سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور.

• خردم، م. و ریاحی، ا. 1386: وضعیت آلودگی های زیست محیطی و نقش عرصه های طبیعی در تعدیل آن.

• معاونت طرح و برنامه و آمار سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور (۱۳۸۲) ، مطالعه تعیین ارزش کارکردها و خدمات عمده غیر تجاری جنگل ها و مراتع کشور- گزارش مدیریتی- ، مهندسین مشاور بوم آباد.

• جعفری حقیقی، م.، 1382: روش های تجزیه خاک- نمونه برداری و تجزیه های مهم فیزیکی و شیمیایی «با تأکید بر اصول تئوری و کاربردی. انتشارات ندای ضحی، 236ص.

• Davidson, E. A., Ackerman, I. L, 1993 : Changes In Soil Carbon Inventories Following Cultivation of Previously untilled Soils. Biogeochemistry. (20) , 161-193

• Dyson, F. J, 1997. Can We Control the Carbon dioxide in the Atmosphere? Energy (oxford) 2, 287-291.

• FAO (Food and Agriculture Organization) , 2001. State of the Worlds Forest 2001. Rome, Italy.

• Feamside, P. M, 1999. Forest and Global Warming Mitigation in Brazil: Opportunities in the Brazilian Forest Sector for responses to Global Warming



Under the "Clean Development Mechanism". *Biomass Bioenergy* ( 16 ) :171-189.

- Grunzweig, J. M., Lin T., Rotenberg E., Schwartz A. and Yakir D., 2003 : Carbon Sequestration in Arid-land Forest. *Global Change Biology* (9) : 5, 791-799
- Losi, C, J. & Siccama, T., G. & Condit, R. & Morales, J., 2003. Analysis of Alternative Method for Estimating Carbon Stock in Young Tropical Plantation,(184)355-368.
- Lema, B.& Kleja, D.B.& Nilsson,I.& Olsson, M, 2006. Soil Carbon Sequestration Under Different Exotic Tree Species in the South Western Highlands of Ethiopia. *Geoderma* . 13pp.
- MacDicken K. G., 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program. pp:91
- Newcomb, Ken, 1999 . Farming System Carbon Sequestration , Sustainable Intensive and Management, and Trade in Certified Emission Reductions , Proceeding of the June 15 and 16, world Bank round table
- Noretto, M.D. & Jobbagy, E.G.& Paruelo, J.M, 2006 . Carbon Sequestration in Semi-Arid Rangelands: Comparison of Pinus Ponderosa Plantations and Grazing Exclusion in NW Patagonia. *Journal of Arid Environment*(67) : 142-156
- Post, W. M., Mann, L. K., 1990 : Changes in Soil Organic Carbon and Nitrogen As a Result of Cultivation. In: Bouwman, A.F.(Ed), *Soils and the Greenhouse Effect*. J.Wiley and sons, Newyork, pp. 401-406.

- Redondo-Brenes, A, 2007. Growth, Carbon Sequestration and Management of Native Tree Plantation in Humid Regions of Costa Rica, Springer science + Business media B. V..
- Singh, G., Bala, N., Chaudhuri, K.K. and Meena, R.L., 2003. Carbonsequestration potential of common access resources in arid and semi-arid regions of northwestern India Indian Forester 129: 7, 859-864.
- Schlesinger, W. H., 1985 : Changes in Soil Carbon Storage and Associated Properties With Disturbance and Recovery. In: Trabalka, J.R., Reichle D.E.(Eds), the Changing Carbon Cycle: A Global Analysis. springer-verlog, New York, pp.194-220.