

بایش ملی انسان، محیط زیست و توسعه پایدار  
بانگاه پژوهش، سکران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان

۱۳۸۸/۱۲/۱۱

## ترسیب کربن، نگاهی نو به اکوسیستم های مرتعی در جهت دستیابی به توسعه پایدار

### نسرین کلاهی<sup>۱</sup>

#### چکیده:

امروزه معضلات زیست محیطی، تخریب سرزمین و بیابانزایی، برای ساکنان زمین بسیار جدی است و به دنبال آن چالشهای مهم در مسیر دستیابی به توسعه پایدار قرار دارد. از این رو یافتن راهکارهای جدید، جهت مبارزه با مشکلات ضروری است از جمله این راه حلها، توجه بیشتر به اکوسیستم های خاکی و اجزای مختلف آن در ذخیره کربن اتمسفری یا به بیانی تازه تر ترسیب کربن است. خاک و پوشش گیاهی در هر سرزمین، علاوه بر فواید رایج، در تعدیل جریانات هوایی از طریق کاهش دی اکسید کربن اتمسفری و ذخیره آن در اندام ها و اجزاء خود، نقش مهمی دارند. در مقاله پیش رو به بررسی ترسیب کربن در اکوسیستمهای مختلف جهان (آبی و خاکی) و مقایسه آنها با یکدیگر پرداخته شده است. نتایج بیانگر این مطلب هستند که اکوسیستم های آبی و اقیانوسها به علت وسعت فراوانی که دارند، بزرگترین منبع ذخیره کربن هستند و پس از آن در اکوسیستمهای خاکی، عنصر خاک و سپس گیاهان خشبی و بوته ای دارای بالاترین میزان ذخایر کربن می باشند. در این میان توجه به احیا و اصلاح پوشش گیاهی سازگار با شرایط مناطق مختلف خصوصا مناطق خشک و نیمه خشک بسیار تاکید می گردد. وسعت زیاد این اراضی در سراسر دنیا و پتانسیل بالا در استقرار گونه های بوته ای و مقاوم به کمبود رطوبت و تولید حجم بالای بیوماس و لاشبرگ، از مزایای اکوسیستم های خشک و نیمه خشک است

کلمات کلیدی: تغییرات آب و هوایی، ترسیب کربن، توسعه پایدار

مقدمه:

### تعاریفی از ترسیب کربن:

- ۱- ترسیب کربن عبارتست از ، توانایی درختان و سایر گیاهان و خاک برای جذب دی اکسیدکربن از اتمسفر و ذخیره آن بصورت کربن در چوب ، ریشه ، برگ و خاک (۱۱) .
- ۲- ترسیب کربن در خاک عبارتست از افزایش غلظت یا ذخیره مواد آلی در خاک و در مرحله بعد کربناتهای خاک (۸) .
- ۳- ترسیب کربن به ذخیره کربن بصورت پایدار در خاک و گیاه اشاره می کند که به صورت مستقیم و غیرمستقیم در دی اکسیدکربن اتمسفری روی می دهد . ترسیب کربن در خاک توسط میکروارگانیسمها صورت می گیرد که دی اکسیدکربن را در ساختار کربناتهای کلسیم و منیزیم به کار می برند . ترسیب کربن در گیاهان نیز از طریق فتوسنتز و تبدیل دی اکسید کربن در بیوماس گیاهی صورت می گیرد (۱۲) .
- ۵- ترسیب کربن به ذخیره طولانی مدت کربن در اکوسیستمهای زمینی، زیرزمینی و اقیانوسها گفته می شود که منجر به کاهش یا تعدیل دی اکسیدکربن اتمسفری میشود ، که در برخی نقاط از طریق گسترش پوششهای طبیعی و دست کاشت و سایر روشها صورت می گیرد (۷) .
- ۶- به توانایی درختان و سایر گیاهان و خاک برای انتقال دی اکسیدکربن از اتمسفر و ذخیره آن در چوب ، ریشه ، برگها و خاک گفته می شود (۱۱) .
- ۷- ترسیب کربن عبارتست از اسارت دی اکسیدکربن اتمسفری توسط گیاهان و سایر ذخیره گاههای کره حیات . این گازها می توانند در خاک ذخیره شوند ، در اعماق اقیانوسها تزریق گردند و یا به مواد جامد صخره ها تبدیل شوند (۷) .
- ۸ - ترسیب کربن در جنگل ناشی از تعادلی است که بین مراحل مختلف سیکل کربن از جمله فتوسنتز ، رشد گیاه ، تراکم و انباشت کربن در خاکها صورت می گیرد و دفع کربن ناشی از تنفس اندامهای زنده ، نابودی درختان ، تجزیه میکروبی لاشبرگ ، اکسیداسیون کربن خاک و تخریب سرزمین صورت می گیرد (۶) .
- ۹- کربن سهم مهمی در کلیه ارگانیسمهای زنده دارد و بطور وسیعی در بیوماس گیاهی موادآلی خاک ، گازهای اتمسفری و اقیانوسها یافت می شود . براین اساس ترسیب کربن نیز واژه ای است که به ذخیره طولانی مدت کربن در اقیانوسها ، خاکها، گیاهان (خصوصا درختان ) سنگها وکانیها اطلاق می شود (۷) .

### تغییرات جهانی آب و هوایی:

روند سریع و روبه رشد صنعتی شدن در جوامع مختلف و گسترش بی حد و حصر کارخانجات و سیل عظیم اتومبیلها به بازار فروش ، بشریت را به سمت پیشرفتی در خلاف جهت چرخه های طبیعی سوق داده است . در این میان حجم عظیمی از آلاینده ها نیز به اتمسفر اضافه شده اند . آلودگی هوا در جوامع صنعتی و شهری از شدت بیشتری برخوردار است . این مراکز دربرگیرنده نیمی از جمعیت دنیا هستند که به طور دائم با انواع آلودگیها دست و پنجه نرم میکنند . دربرابر موضوعی با این اهمیت ، اختیار کردن رفتاری انفعالی و احساسی و تنها گریستن برای بهشت گمشده جوامع روستایی ، کاری عبس و بیهوده است (۴) . تاریخ حاکی از اثرات شوم و مخرب شتاب روز

افزون و آهنگ لجام گسیخته تکامل و صنعتی شدن روی کیفیت زندگی جوامع است که به علت عدم آگاهی و ناتوانی مسوولین امر، چهره مطبوع شهرها دگرگون شده و به سمت ناکجا آباد حرکت میکند. در این میان ایران نیز دوران تحول بی سابقه ای را بسوی رشد اقتصادی و بلوغ صنعتی می گذراند و به تبع آن در همه بخشها دچار این شتابزدگی عجولانه صنعتی است که نمونه آنرا در گسترش بی حد و حصر کلان شهرهایی چون تهران و انواع آلودگیها و مشکلات مبتلابه می توان یافت. در این میان باید به پرسشی اساسی پاسخ داد: هدف نهایی چیست و چه تاوانی در ازای رسیدن به آن باید پرداخت؟

### گازهای گلخانه ای و اثرات آن بر زیست کره:

زمین وجو پیرامون آن انرژی خورشیدی را در طول موجهای مختلف دریافت می کنند. کوتاهترین طول موج (UV) دارای بالاترین انرژی است و این انرژی توسط استراتوسفر جذب می شود. در حدود یک سوم از امواجی که در فضا پخش می شوند از طریق انعکاس از سطوح زمین یا ابرها و یا ذرات اتمسفر بدون آنکه جذب شوند، به فضا برمی گردند. در حدود ۹۰٪ از امواج بازتابی سطوح زمین جذب ذرات اتمسفری می شوند و تنها ۱۰٪ از انرژی خورشیدی پس از عبور از اتمسفر به زمین می رسد. باین تفاسیر دمای سطح زمین باید در حدود ۱۸- درجه سانتی گراد باشد در حالیکه به ۱۵ درجه سانتی گراد رسیده است پس علت این اختلاف در چیست؟ آنچه در اینجا مطرح می گردد روشی است که بوسیله آن سطح زمین گرم می شود که به آن تاثیرات گلخانه ای گویند زیرا مشابه روشی است که گلخانه بوسیله بازتابهای داخلی، گرمای خورشید را حفظ می کند (۱۰). به عبارتی در این روش گرم شدن کره زمین بواسطه تراکم دی اکسیدکربن وسایر گازها در قشر فوقانی اتمسفر صورت می گیرد. مولکولهای دی اکسید کربن اشعه مادون قرمز خورشید را جذب کرده و در خود ذخیره می نمایند، در غیر اینصورت حرارت مزبور از جو خارج می شود (۲). پس اگر اثرات گلخانه ای پدیده ای طبیعی است پس توجیه مشکلات ایجاد شده چیست؟ ما اغلب می شنویم که محصولات دست ساز بشر منجر به آلودگی اتمسفر و ایجاد گازهای گلخانه ای می شود اما این تصویری نادرست است چراکه اثرات گلخانه ای سابقه ای بسیار طولانی دارد که به قبل از خلقت بشر بر روی کره حیات برمی گردد. آنچه در حال حاضر مهم است و باید مورد توجه خاصی قرار گیرد، افزایش غلظت، بازتاب و انعکاس امواج توسط گازهای گلخانه ای است (۹). تاکنون برای گازهای گلخانه ای سه اثر در بیوسفر شناخته شده است: اولین اثر همانست که باعث افزایش احتمالی گرما در اثر جذب اشعه مادون قرمز و تشعشع مجدد دی اکسیدکربن می گردد (۲۷) اثر فوق از دهه ۱۹۶۰ مورد توجه محققان قرار گرفت چرا که گرم شدن هوا منجر به ذوب شدن یخهای قطبی و سیلابهای عظیم می گردد. این اثر ممکنست در اثر تزریق گردوغبار به درون اتمسفر توسط کوههای آتشفشانی خنثی گردد. دومین اثر گلخانه ای اثر ضدتقرقی دی اکسیدکربن بخاطر انسداد شکاف روزنه برگهاست. تعرق کمتر بخار آب باعث کاهش خنک کنندگی موثر برگهاست. این امر در همه گیاهان صدق نمی کند، ولی در برخی بسیار مشکل ساز بوده و باعث افزایش دمای گیاه خواهد شد. سومین اثر گلخانه ای تحلیل غذایی قضیه است، افزایش عملکرد غلات مهم مانند گندم و برنج ممکن است در اثر افزایش غلظت دی اکسیدکربن به بهای کاهش کیفیت پروتیین و ویتامین موجود در آنها حاصل شود (۱).

مطالعات مختلف بیانگر این نکته اند که گازهای گلخانه ای ، سیستم پایداری را خلق و بین اجزاء مختلف خود تعادل دقیق و حساسی برقرار می کنند اما این تعادل دقیق ، در چند دهه اخیر بر اثر بالا رفتن غلظت دی اکسیدکربن بهم خورده است (۱۰) .

### کربن عنصر اصلی در ادامه حیات:

کربن یکی از عناصر غیرفلزی است که بصورت خالص یا در ترکیب موادی نظیر ذغال سنگ ، نفت ، سنگ آهک و سایر ترکیبات آلی و معدنی یافت می شود . کربن بصورت وسیعی به عنوان سوخت مصرف میشود و احتراق آن بصورت کامل یا نیمه کامل منجر به تولید دی اکسید و مونو اکسید کربن می گردد (۱) کربن در کلیه ترکیبات آلی وجود دارد از اینرو دور کربن در بیوسفر دارای اهمیت فراوانی است . کربن همراه با سایر عناصر به انحاء مختلف ، مصرف و ذخیره می شود . تمام موجودات انبار موقت کربن بشمار می آیند . دی اکسید کربن سه صدم درصد حجم اتمسفر را به خود اختصاص داده است و از طریق تنفس و سوختن در دمای بالا مجدداً به جو برمی گردد . فتوسنتز و تنفس راههایی اند که توسط آنها اتمهای کربن برای حفظ حیات ، همواره بکارگرفته می شوند . فتوسنتز و تنفس گیاهان و جانوران دریایی نیز تابع قوانین خشکی است از این لحاظ کربن چه بصورت دی اکسید کربن یا گازی و چه بصورت کربناتها و یا در ترکیبات آلی فراوان در آب موجود می باشد . بین دی اکسیدکربن حل شده در آب و هوا تعادل وجود دارد . حدود نیمی از دی اکسیدکربن آزاد شده ، جذب اقیانوسها می گردد . زمانیکه ارگانیزمهای دریایی می میرند لاشه آنها به اعماق پایینتر سقوط می کند و به علت فقدان اکسیژن کربن آلی به مقادیر زیاد در ته نشستهای دریایی یافت می شود . کربن به مقادیر زیاد در رسوبهای آهکی جهان نیز نهفته است (۱) . دی اکسیدکربن گازی است بی رنگ و بو و ظاهراً بی خطر و منبع ضروری کربن برای تمام موجودات فتوسنتزکننده و در نقش یک ماده پست می باشد. به عبارتی در هر ۱۰۰۰ سانتی مترمکعب از اتمسفر ۰/۳ سانتی مترمکعب دی اکسیدکربن و یادر حدود شانزده صدم میلی گرم کربن وجود دارد (۱) . غلظت دی اکسید کربن جو تحت تاثیرات متقابل جو ، اقیانوسها و بیوسفر است که به آن سیکل بیوژئوشیمی کربن گویند . فعالیتهای ناموزون انسان این سیکل را از تعادل خارج کرده و باعث تزریق دی اکسید کربن اضافی به جو گردیده است . بالا رفتن دی اکسید کربن باعث تشدید پدیده گلخانه ای می گردد (۴) . دی اکسید کربن بیش از ۸۰ درصد گازهای گلخانه ای را تشکیل می دهد . سالانه حدود ۱۹۰۰ میلیون تن کربن وارد اتمسفر می گردد که بسیاری از احتراق سوختهای فسیلی ناشی میگردد (۱۲) ، البته تغییرات فصلی نیز در تراکم دی اکسیدکربن تاثیرگذار است ، اوج تراکم این گاز در نیمکره شمالی ماه آوریل و کمترین تراکم آن در سپتامبر و اکتبر دیده می شود در انگلستان سالانه ۵ تا ۶۰۰ میلیون تن دی اکسید کربن وارد اتمسفر می شود . غلظت دی اکسیدکربن در شمال شیلی در سال ۱۹۶۰ میلادی میزان ۳۱۵ میکرومول و در ۱۹۹۲ میلادی به ۳۵۰ میکرومول رسیده است (۸) . درحال حاضر افزایش کند میانگین این گاز درجولای نگرانی دارد چرا که باعث افزایش گرمای زمین ، نابودی جنگلهای بارانی ، افزایش فعالیت میکروبی خاک ذوب شدن یخهای قطبی و متعاقب آن بالا رفتن سطح آب دریاها می گردد .

گیاهان نیز نسبت به آلودگی هوا واکنش نشان می دهند . گیاهانی که دارای سلولهای اسفنجی پارانشیم و نرم اند براحتی آسیب پذیرند ولی گیاهان دارای پوسته ضخیم نسبت به آلودگیهای محیطی مقاومترند . لذا از گیاهان بدلیل

حساسیت شدید به عنوان معرفهای آشکارساز برخی آلاینده ها ، نام می برند (۴). آنچه مسلم است ناپایداری توده های هوایی و حرکت آنها بوسیله باد ، سهم یکسانی از آلودگیها را برای ساکنان کره زمین ایجاد می کند . بنابراین کنترل این گاز در یک منطقه نه تنها باعث سوددهی در همان محل میگردد ، بلکه در کل بیوسفر اثرات مثبت برجای خواهد گذارد . توازن معادله دی اکسیدکربن اساس توازن و توسعه پایدار اکولوژیکی است . اگر توازن دی اکسیدکربن را بموقع اصلاح نکنیم ، احتمال بروز عواقب زیانبار وغیرقابل جبران برای آیندگان بسیار جدی است (۱)

### جذب فتوستتزی دی اکسید کربن در بیوسفر:

از نظر مادی فتوستتز و شیمیوستتز مستقیما در گردش مداوم چرخه کربن در طبیعت ، شرکت دارند. فتوستتز در این گردش از اهمیت بالایی برخوردار است . مقدار دی اکسید کربن موجود در اتمسفر تقریبا برابر با  $10^{12} \times 2$  تن و مقدار دی اکسید کربنی که می تواند بسهولت از تجزیه کربناتها حاصل شود ۱۰۰ برابر آن است . مقدار دی اکسیدکربنی که هرساله تحت اثر فتوستتز جذب گیاهان می شود  $6 \times 10^6$  تن برای گیاهان خاکزی و  $5 \times 10^{11}$  تن برای جلبکها است . پس هرساله در حدود  $1/3$  تن دی اکسیدکربن اتمسفری از داخل گیاهان می گذرد و این شدت با توجه به مقدار دی اکسید کربن قابل استفاده ، بسیار زیاد است و جز با آزادشدن دی اکسیدکربن تنفس و تخمیرهای مختلف نمی تواند ادامه یابد .

### چگونگی تثبیت دی اکسیدکربن در گیاهان:

چگونگی تثبیت دی اکسیدکربن در گیاهان و تعیین سرنوشت آن زمانی مشخص گردید ، که توانستند دی اکسیدکربن نشاندار در اختیار داشته باشند و از روشهای کروماتوگرافی سود ببرند . در سال ۱۹۳۸ نخستین تجربیات مربوط به نشان دارکردن ، به کمک کربن ۱۱ که تشعشعات بسیار مقاومی ، در دوره کوتاه تولید می کرد ، انجام گرفت . در سال ۱۹۴۰ ایزوتوپ کربن ۱۴ کشف شد و بلافاصله مورد استفاده قرار گرفت . محققان روش جدیدی بکارگرفتند که مطابق آن می توان جلبکهای تک سلولی رامدت بسیار کوتاهی (۱ تا ۱۵ ثانیه ) در مجاورت دی اکسیدکربن نشاندار قرار داد و پس از آن بلافاصله آنها را تثبیت کرد. استفاده از این روش و سپس کروماتوگرافی عصاره های حاصل روی کاغذ ، نشان داد که در سوسپانسیون جلبکهایی که مدت ۵ ثانیه در مجاورت دی اکسیدکربن نشاندار قرار گرفته بعد تثبیت شده است ، ۸۷ درصد رادیواکتیو در داخل ماده سه کربنه اسید ۳ - فسفولیسریک دیده می شود. در برگهای گیاهان عالی چون جو ، شمعدانی و لویبای چیتی ، نخستین ستاده حاصل از تثبیت دی اکسیدکربن ، ماده ای سه کربنه است (۱) .

### خاک و نقش آن در ترسیب کربن اتمسفری :

جابجایی دی اکسیدکربن از اتمسفر تنها راه ذخیره کربن آلی در خاک است .افزایش کیفیت خاک و آب که منجر به کاهش هدررفت موادغذایی ،کاهش فرسایش خاک ، افزایش حفاظت آب و محصولات مختلف می گردد همگی ناشی از افزایش ذخیره کربن در اکوسیستم ها می باشد از طرفی تکنیکهای مدیریتی چون شخم حفاظتی ، شخم پوششی ، تناوب زراعی و استفاده از کودهای نیتروژنی باعث افزایش ذخایرکربن می گردند (۷) .

مواد آلی خاک تجمعی از بقایای تاحدی پوسیده و سنتز شده حیوانات و گیاهان است. چنین موادی در حال پوسیدگی فعالند و دایما در معرض حمله میکروارگانسیمهای خاک قرار دارند. پس مواد آلی خاک اغلب ناپایدارند و بوسیله افزودن مواد گیاهی و بقایای گیاهی باید تجدید شود. در مالی سولهای چمنزار موادآلی خاک باندازه ۵۰٪ می رسد. در خاکهای شنی، اغلب مواد آلی کمتر از ۱٪ هستند. حتی این سطح پایین کربن تاثیر مهمی بر واکنشهای شیمیایی خاک دارد. مواد آلی، ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک، تهویه و دانه بندی را بهبود می بخشد و نیز منبع مهمی برای عناصر غذایی پر مصرف نیتروژن، فسفر و گوگرد و عناصر غذایی کم مصرف مثل بور و مولیبدن اند. مقادیر زیاد کربن بعنوان یک منبع انرژی زا برای ماکروفلورای خاک تلقی می شود (گیاهان و جانوران خاک). نسبت کربن به نیتروژن مواد خاکها تقریبا ۱۲-۱۰ به ۱ است. مقدار کربن خاک  $10^{14} \times 50-30$  کیلوگرم بزرگتر از مقادیری است که در سایر منابع مثل دی اکسیدکربن اتمسفر، بیوماس و آب دیده می شود.

اکثر کربن کره زمین در رسوبات، کربناتهای موجود در اقیانوسها و سنگهای آذرین و سوختههای آذرین و فسیلی محبوس شده است. ذخیره فعال کربن زمین شامل کربن موجود در ارگانسیمهای زنده، کربن اتمسفر و کربن در مواد آلی خاک است. مواد آلی خاک  $10^{10} \times 3$  کیلوگرم و ۵ برابر مقدار موجود در ذخیره اتمسفری است. در اتمسفر ذخیره کربن برابر ارگانسیمهای زنده. در خاکهای شخم خورده فقط ۱ تا ۵ درصد مواد آلی در بالای ۲۵ سانتی متری خاک قرار دارند.

منابع قابل توجهی از موادآلی به صورت اصلاح کننده های آلی، مثل کودهای دامی فاضلابها، بقایای کارخانجات چوبی و الوار بقایای آلی صنعتی و فراورده های غذایی به خاک افزوده شوند. موادآلی خاک به سه دسته بقایای گیاهی در حال تجزیه - خاکزی، میکروارگانسیمها، جانوران و ریشه گیاهان - مواد آلی مقاوم به صورت فیزیکی و شیمیایی.

بقایای گیاهی از مهمترین اشکال ورود مواد آلی به خاک اند. که شامل برگ، شاخه، ریشه ها و ترشحات ریشه ای می شود. بقایای گیاهی در مناطق جنگلهای بارانی استوایی ۱۱ تن در هکتار در سال و ۶ تن در جنگلهای گرمسیری و ۳ تن در علفزارهای گرمسیری و کمتر از ۰/۰۵ تن در هکتار در سال در بیابانها، ماده الی وارد خاک می کند.

محصول نهایی تمامی تجزیه های میکروبی مواد آلی خاک دی اکسید کربن است. آزمایشاتی که بقایای گیاهی دارای کربن نشاندار ۱۴ انجام شده اند نشان داده است در حالیکه مقدار زیادی از کربن مواد الی بصورت دی اکسیدکربن از خاک خارج می شود. اما مقداری کربن برای سالها در خاک می ماند. این کربن در بافتهای میکروبی و موادآلی مقاوم به تجزیه قرار دارند.

این جریان کربن در مواد آلی مقاوم و بیوماس میکروبی چرخه مجزایی را طی می کند و سرانجام به نیتروژن گوگرد و فسفر در می آید. مقدار مواد آلی خاک به ۵ فاکتور زمان، آب و هوا، پوشش گیاهی، مواد مادری و توپوگرافی بستگی دارد.

منابع مورد استفاده :

- ابراهیم زاده ، حسن . ۱۳۶۷ . فیزیولوژی گیاهی ( بحث فتوسنتز و تنفس ) ، انتشارات دانشگاه تهران
- الکساندر ، تایلر آر . ۱۳۵۵ . کریمی ، احمد ، اکولوژی ، انتشارات انجمن ملی حفاظت منابع طبیعی و محیط زیست
- بولتن اطلاع رسانی بین الملل علمی - خبری - گزارشی . ۱۳۸۳ . وزارت جهادکشاورزی ، سازمان جنگلها ، مراتع و آبخیزداری کشور
- شوون ، پل . ، کوشا، کریم . ۱۳۶۹ . آلودگی هوا ، سازمان آموزش و انتشارات انقلاب اسلامی
- ویزه نامه روز جهانی بیابانزدایی ، پیک سبز . خرداد ۱۳۸۳ . وزارت جهادکشاورزی ، سازمان جنگلها ، مراتع و آبخیزداری کشور . شماره ۴۹ ، ص ۲۷ .

- Atkin , J., Dayal , p . 1999.carbon sequestration using sustainable forestry management in south America . in proceeding of the Electric utilities Environmental conference , Tucson , Az
- Ecological society of America. Carbon sequestration in soil.2000
- Lal, R., Follett, R.F., Kimble , J.M. 2003. Achiving soil carbon sequestration in the united states : A challenge to policy makers
- Lal , R. 2001. Potential of desertification control to sequester carbon and Miti gate the green house effect
- Muir , P.S.2002. Global climate change. State university – Biology 301-Human Impacts on Ecosystems
- Rice , C.W., Garcia , Fo., Hampton, Co.,et al. 1994. Soil microbial response in tallgrass prairie to elevated Co<sub>2</sub>. Plant and soil 165,62-75.
- SSSA. Ad Hoc committee s.893.2001. carbon sequestration : position of the soil science society of America.pp:1-3