کاربرد مدل DNDC برای بر آورد تصاعد گازهای گلخانه ای کربن دار تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی در جنوب اهواز

هادی عامری خواه[1*]، مصطفی چرم[2]، احمد لندی[3] و سیروس جعفری[4]

*۱- **نویسنده مسئوول:** عضو هیئت علمی گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
(Hadi.ameri@gmail.com)

۲- دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استادیار دانشگاه کشاورزی ومنابع طبیعی رامین

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۶ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۲۰

چکیده

تغییر کاربری اراضی به واسطه تاثیر گذاری بر تصاعد گازهای گلخانه ای از خاک ها اثر قابل توجهی بر تغییر اقلیم جهانی دارد. عملیات کشاورزی، خصوصاً کشت های تک محصولی و بدون تناوب مانند نیشکر می تواند تاثیر بسزائی در تصاعد گازهای گلخانه ای از خاک داشته باشد. ارزیابی نقش تغییر کاربری اراضی در چرخه کربن و افزایش تصاعد گازهای گلخانه ای به واسطه تاثیرات مهم آن، ضروری می باشد. یکی از مدل های که نتایج رضایت بخشی در شبیه سازی چرخه کربن و تصاعد گازهای گلخانه ای از اراضی کشاورزی به دست می دهد، مدل DNDC (DeNitrification – DeComposition) است. در این تحقیق جهت بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر تصاعد گازهای گلخانه ای کربن دار، از مدل DNDC استفاده شده است. این مطالعه بر روی اراضی تغییر کاربری یافته جنوب اهواز که در حال حاضر تحت کشت نیشکر هستند، اجرا شده است. در این بررسی برای اندازه گیری مقدار تصاعد از سیستم اتاقک بسته و اندازه گیری به وسیله ی گازکروماتوگراف ستفاده شده است. نتایج بررسی نشان می دهد که مدل DNDC برآوردهای رضایت بخشی از مقدار تصاعد گازهای گلخانه ای به دست می دهد . مقدار تصاعد کربن به فرم CO_2 از خاک های بکر جنوب اهواز حدود ۰٫۳۲۱گرم بر متر مربع در روز می باشد و مقدار متوسط آن برای خاک های تحت کشت نیشکر۱٫۷۳ گرم بر متر مربع در روز است. خاک های اراضی بکر و اراضی تحت کشت نیشکر هر دو منبع خالص مصرف CO_2 اتمسفری هستند .میزان تصاعد دی اکسید کربن از خاک های منطقه مورد بررسی، همبستگی معنی داری با تغییرات درجه حررات خاک در لایه سطحی دارد .

کلید واژها : گازهای گلخانه ای ، تغییر کاربری اراضی ، مدل DNDC، اتاقک بسته ، گازکروماتوگرافی

مقدمه

گازهای گلخانه ای کربن دار مسئوول بیشترین بخش اثرات گلخانه ای و به تبع آن تغییر اقلیم جهانی هستند (۴). افزایش غلظت گازهای گلخانه ای از عصر پیش از صنعتی شدن (سال ۱۷۵۰ تا کنون) منجر به گرم شدن زمین و بروز سایر تغییرات در اقلیم گردیده است که این مسأله نگرانی های را در ارتباط با محیط زیست سبب شده است . از میان گازهای گلخانه ای، دی اکسید کربن و متان به نحو قابل ملاحظه ای افزایش یافته اند. به واسطه این تغییرات دمای زمین ۰٫۳ تا ۰٫۶ درجه افزایش یافته است (۲و۳) . خاک ها مسئوول ایجاد ۱۳ تا ۱۴ درصد تصاعد دی اکسید کربن و ۳۰ تا ۴۰ درصد

تولید و تصاعد متان به درون اتمسفر می باشند (۸). با توجه به تغییرات اقلیمی و عزم جامعه جهانی برای بهبود وضعیت، جامعه جهانی در یازدهم دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتو ژاپن پروتکلی را امضا نمودند که اعضاء بر طبق آن تلاش فراگیری را برای کاهش تصاعد گازهای گلخانه ای به میزان ۵ درصد پایین تر از میزان سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۲ صورت خواهند داد . بخش ۳ پیمان کیوتو به بررسی ظرفیت تغییرات ایجاد شده در جریان کربن توسط انسان و به وسیله تغییر در سیستم های کشاورزی و تغییر کاربری اراضی بکر و جنگلی می پردازد (۹). مدیریت جنگل ها ، مدیریت اراضی کشاورزی، چرا و ایجاد پوشش گیاهی جدید از موارد اجازه داده شده در پروتکل کیوتو (بخش ۴.۳) هستند و منابع تولید و مصرف خاک نیز جزو این بخش قرار می گیرند (۱۷). طی دو قرن اخیر جمعیت جهانی ۶ برابر شده است. این افزایش جمعیت به واسطه نیاز به انرژی و غذا و طی دو فرایند سبب تاثیر گذاری بر چرخه کربن بوده اند: ۱- تغییر کاربری اراضی و ۲ - مصرف سوخت های فسیلی (۱۱). کاربری اراضی و پوشش سطح خاک ها به وسیله مسیرهای پیچیده با اقلیم و آب و هوا ارتباط پیدا می کند . مسائل کلیدی ارتباط دهنده میان تغییر کاربری اراضی و اقلیم عبارتند از تبادل گازهای گلخانه ای میان سطح زمین و اتمسفر ، تعادل حرارتی سطح زمین، تبادل بارز حررات میان سطح زمین و اتمسفر و زبری سطح زمین و توانایی جذب انرژی خورشیدی توسط آن می باشند. به واسطه حضور این ارتباطات قوی میان پوشش سطح زمین و اقلیم ، تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی می تواند نقش مهمی در تغییرات اقلیمی داشته باشند. اکوسیستم های کشاورزی حدود ۳۶ درصد سطح اراضی زمین را اشغال نموده اند که برخی از این اراضی از نظر مقدار کربن آلی، جزو غنی ترین خاک ها هستند و به همین علت نقش مهمی در ذخیره و رها سازی کربن به صورت دی اکسید کربن در چرخه کربن در اکوسیستم های خشکی بازی می کنند (۷). افزایش عمق شخم و عملیات خاکورزی سبب تصاعد بیشتر دی اکسید کربن از سطح خاک می شود (۱۹). عملیات کشاورزی فقط سبب افزایش دی اکسید کربن نمی شود؛ بلکه سایر گازهای گلخانه ای مانند نیتروس اکسید و متان را نیز تحت تاثیر قرار می دهند (۱۶). متان هنگامی از خاک متصاعد می شود که شرایط غرقاب در خاک غالب شود (۱۸). ایجاد کشت های با نیاز آبی زیاد مانند نیشکر بر روی وضعیت تصاعد این گاز اثر گذار خواهد بود. برای تعیین مقدار تصاعد این گازها روش های متفاوتی وجود دارد که یک روش آن بررسی تغییرات کربن آلی خاک و یا اندازه گیری مستقیم تصاعد تحت شرایط مدیریتی خاص می باشد. به واسطه تغییر پذیری مکانی و زمانی زیاد تصاعد این گازها از خاک ها و اکوسیستم ها و نیز تغییر پذیری شرایط اقلیمی استفاده از روش های آنالیز داده ها و استفاده از مدل های دینامیک شبیه سازی جهت کاهش میزان خطا می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این بررسی مدل DNDC مورد استفاده قرار گرفته است. کاشت گیاه نیشکر به عنوان یک محصول استراتژیک از چند دهه گذشته در استان خوزستان آغاز شده است و طی سال های اخیر ۸۴ هزار هکتار از اراضی استان زیر کشت این محصول رفته است. زمین های زیر کشت که در گذشته به صورت شوره زار، دیم زار و اراضی کشاورزی سنتی بوده اند، اکنون تحت یک کشاورزی مکانیزه، متراکم و پر محصول قرار گرفته اند. نیشکر گیاهی است که به واسطه تولید بیوماس بالا، سوزاندن بیوماس در هنگام برداشت و در بعضی حالات، برداشت بدون سوزاندن در اثر افزودن لاشبرگ زیاد بر سطح خاک تاثیر به سزائی بر چرخه کربن در خاک دارد و از این طریق تصاعد گازهای گلخانه ای کربن دار از سطح خاک ها را تحت تاثیر

قرار می دهد. هدف اصلی این تحقیق بررسی مقدار تغییرات تصاعد گازهای گلخانه ای کربن دار تحت تاثیر تغییر کاربری اراضی و بسط و گسترش استفاده از مدل دینامیک کربن در اراضی جنوب خوزستان است که در سال های اخیر از اراضی بایر یا تحت کشت دیم تبدیل به اراضی کشت نیشکر گردیده اند.

مواد و روش ها

خصوصیات منطقه طرح

این بررسی بر روی اراضی تغییر کاربری داده شده ی کشت و صنعت امیر کبیر صورت گرفته که به مساحت ۱۲ هزار هکتار در جنوب غربی اهواز در کنار رودخانه کارون و جاده اهواز – خرمشهر در ۴۵ کیلومتری اهواز واقع شده است و محدوده این کشت و صنعت از توابع شهرستان اهواز می باشد . محدوده جغرافیایی این اراضی بین ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۰ درجه ۵۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و دارای ارتفاع متوسط از سطح دریای ۲ تا ۱۶ متر می باشد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ عرض جغرافیایی در پایین ترین قسمت دشت آبرفتی رودخانه کارون قرار گرفته است و دارای آب و هوای گرم و خشک می باشد . در تقسیم بندی اقلیمی به روش آمبرژه این منطقه جزو اقلیم بیابانی گرم می باشد (۱). متوسط بارندگی دشت ۲۱۸/۶ میلی متر ، حداکثر مطلق درجه حرارت ۵۴ درجه سانتی گراد و حداقل آن ۷- درجه سانتی گراد می باشد (۵). بافت خاک در دشت آبرفتی رودخانه با دور شدن از ساحل رودخانه به سنگین و خیلی سنگین تبدیل شده و اراضی نزدیک رودخانه سبک تا متوسط است. خاک این منطقه اغلب شور و قلیایی است و صرفاً اراضی مجاور رودخانه قابلیت کشت آبی را داراست. در نقاط دور تر از رودخانه با محدودیت های زیادی روبروست (۶). خاک های منطقه مورد مطالعه در یک واحد فیزیوگرافی به نام دشت های آبرفتی رودخانه ای[1] قرار گرفته و شامل ۶ سری خاک است. ۳ مزرعه واقع بر دو زیر سری، سری خاک کارون، با بافت ها و خصوصیات متفاوت مورد بررسی قرار گرفته اند. خاک های این سری به طور کلی جزء خاک های Hyperthermic , carbonatic,fine,Typic Torrifluvents می باشد برخی از خصوصیات خاک های منطقه در جدول ۱ آورده شده است.

مدل DNDC

مدل DNDC مخفف DeNitrification-DeComposition یک مدل شبیه ساز روزانه[2] مزرعه مقیاس[3] تجزیه[4] و دنیتریفکاسیون[5] است (۱۴) که مدلی کلی برای واکنش های بیو شیمیایی کربن و نیتروژن در اکوسیستم های کشاورزی است. این مدل تجزیه کربن ، تصاعد گازهای گلخانه ای، بازدهی محصول و آبشویی نیتروژن را در اگرواکوسیستم ها و اکوسیستم های جنگلی و مرتعی شبیه سازی می نماید . مدل به طور کلی از دو جزء تشکیل شده است. بخش اول از زیر مدل های خاک، اقلیم، رشد محصول و تجزیه مواد آلی تشکیل شده است که دمای خاک ، رطوبت ، pH ، پتانسیل رداکس و پروفیل غلظت سوبسترای حاصل شده از فرایندهای اکولوژیکی (فعالیت انسانی، پوشش گیاهی، خاک و اقلیم) را پیش بینی می نماید. بخش دوم شامل زیر مدل های نیتریفیکاسیون، دی نیتریفیکاسیون و تخمیر می باشد که مقدار جریان آمونیاک، دی نیتروژن، نیتریک اکسید، نیتروس اکسید و متان را بر پایه فاکتور های مدل شده محیطی پیش بینی می نماید. مدل DNDC یک مدل یک بعدی انتقال حرارت و رطوبت است که مقدار روزانه پروفیل حرارتی و

1- River Alluvial Plain
2- Daily Simulator
3- Field Scale
4- Decomposition
5- Denitrification

جدول ۱ - برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد بررسی (اراضی دستنخورده)

سری خاک	عمق (سانتی متر)	افق	رس	لای	شن	ضریب k (میلی متر بر ساعت)	تخلخل	ρb (گرم بر سانتی متر مکعب)	رطوبت 15bar (%)	FC (%)	CEC (میلی اکیوالان در صد گرم)	TNV (%)	%OC	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	درصد اشباع
سری خاک A	۰-۲۰	Ap	۲۸	۴۷	۲۵	۱,۰	۴۶,۰	۱,۴	۱۲,۰	۲۰,۵	۱۱,۶	۴۸	۰,۲۳۰	۷,۴	۷,۱	۳۲
	۲۰-۶۰	C1	۴۴	۵۳	۳	۰,۴	۳۹,۸	۱,۶	۱۴,۰	۲۳,۰	۱۵,۵	۴۴	۰,۱۶۵	۷,۶	۱۱,۲	۴۶
	۶۰-۱۱۰	C2	۵۱	۴۸	۱	۱,۲۵	۳۹,۶	۱,۶	۱۵,۵	۲۲,۵	۱۶,۸	۴۵	۰,۲۳۰	۷,۶	۱۲,۲	۵۲
	۱۱۰-۱۴۰	C3	۵۶	۳۹	۵	۰,۲	۴۲,۳	۱,۵	۱۹,۷	۲۷,۰	۱۶,۹	۳۸	۰,۲۸۰	۷,۷	۱۲,۲	۵۲
سری خاک B	۰-۲۰	Ap	۳۴	۵۱	۱۵	۲/۸	۴۶/۰	۱,۴	۱۲/۵	۲۴	۷,۸	۴۷,۰	۰,۳۳۱	۷,۴	۲۰,۵	۲۷
	۲۰-۶۰	C1	۳۳	۵۰	۱۷	۰/۲	۳۹/۸	۱,۵	۱۴	۲۷	۱۱,۱	۴۵,۵	۰,۱۸۵	۷,۵	۲۴,۱۸	۳۷
	۶۰-۱۰۰	C2	۴۳	۵۳	۴	۰/۲۵	۳۹/۶	۱,۵	۱۱/۵	۲۸/۵	۱۲,۴	۴۳,۰	۰,۱۵۶	۷,۹	۹,۱۴	۴۱
	۱۰۰-۱۵۰	C3	۴۴	۴۵	۱۱	۰/۲	۴۰	۱,۶	۱۷/۲۵	۲۴	۱۴,۴	۴۲,۵	۰,۲۱۴	۷,۶	۲۴,۵	۴۷

رطوبتی را محاسبه می کند. مدل DNDC جهت اجرا نیازمند یک کامپیوتر PC با حافظه موقت ۶۴ مگابایت، حداقل سرعت پردازنده ۳۵۰ مگاهرتز، رابط گرافیکی SVGA با حافظه حداقل یک مگابایت و حداقل ۴۰ مگابایت حافظه هارد برای نصب و ۰/۵ مگابایت جهت یک شبیه سازی صد ساله است. بهترین وضوح صفحه تصویر ۷۶۸×۱۰۲۴ پیکسل خواهد بود. مدل دارای دو حالت قابل شبیه سازی ۱- حالت محلی[1] و ۲- حالت منطقه ای[2]. در حالت محلی ورودی های مدل در سه دسته تقسیم می شوند ۱- ورودی های اقلیم، ۲- ورودی های خاک، ۳- ورودی های مدیریت زراعی. مدل در دو بخش گیاه و خاک امکان کالیبراسیون دارد. برای کالیبراسیون مدل در این منطقه مقادیر خصوصیات فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص حقیقی، درصد تخلخل، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و قابلیت نفوذ آب در خاک تعیین شد و مدل با استفاده از این داده های کالیبره گردید. در بخش گیاه مدل جهت نسبت C/N اجزای مختلف گیاه و مقدار محصول بهینه منطقه کالیبره شد.

شبیه سازی

برای شبیه سازی شرایط منطقه داده اقلیم از ایستگاه هواشناسی امیر کبیر و داده های خاک شناسی به وسیله اندازه گیری و داده های موجود مرکز تحقیقات نیشکر استفاده شد. جهت شبیه ساز ی مدل مدیریت زراعی برای اراضی بکرکه به اختصار در این بررسی NLU[3] نامیده شده است شبیه سازی ۱۰ ساله از رشد گیاه گراس دائمی[4] با عملکرد ۱۲۵۰ کیلو گرم کربن در سال انجام پذیرفت. در این بخش هیچ گونه عملیات مدیریتی بجز چرای ۱۰ ساعته ۲ راس دام در هکتار شبیه سازی نشده است. در طرح SB[5] مزارع نی به صورت ایستاده سوزانده شده و پس از آن برداشت صورت می گیرد. سر نی، طوقه و ریشه در زمین باقی می مانند و معرف شرایط و مدیریت فعلی مزارع است. در اراضی تغییر کاربری شده دوره شبیه سازی برابر ۱۰ سال و تعداد سال های چرخه دو سال در نظر گرفته شد و مدیریت بر اساس مدیریت واقعی مزارع نیشکر در منطقه تعریف شده است که شامل ۳۰ هزار متر مکعب آبیاری در هکتار طی ۱۷ تا ۲۵ مرحله بسته به مرحله رشد گیاه و مصرف ۲۳۰ کیلو گرم نیتروژن طی سه مرحله می باشد. در این بررسی آنالیز های آماری همانند همبستگی میان مقدار تصاعد، درصد رطوبت خاک و دمای خاک، و مقدار کربن آلی، به وسیله نرم افزار EXCEL مورد مطالعه قرار گرفت.

تعیین خصوصیات خاک

برای تعیین مقدار کربن آلی و نیتروژن در خاک ۴ سری نمونه برداری از اعماق مختلف و بر اساس تفاوت در خصوصیات لایه های خاک از چهار عمق تا عمق ۱۲۰ سانتی متری به وسیله مته صورت گرفت. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک شده و کوبیده شده و پس از عبور از الک ۱۰ جهت آنالیزها آماده شدند. اندازه گیری کربن در این بررسی به روش احتراق تر (۱۵) و اندازه گیری مقادیر نیتروژن کل به وسیله دستگاه کلتک FOSS بر پایه روش کجلدال (۱۰) صورت گرفت . قابلیت نفوذ آب در خاک به وسیله روش های دبل رینگ[6] و و چاهک[7] در سری خاک A و به وسیله دبل رینگ در سری B تعیین گردید. وزن های مخصوص ظاهری بروش استوانه[8] و ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی بروش صفحات فشاری تعیین گردیدند. در این بررسی همچنین مقدار غلظت نیتروژن موجود

1- Site Mode
2- Regional Mode
3- Natural Land Use
4- Prennial Grass

5- Slash And Burn
6- Double Rings method
7- Shallow Well Method
8- Core Method

در آب بارندگی با دستگاه کجلتک FOSS بر اساس روش کجلدال (۱۰) اندازه گیری شد. و این مقادیر به دست آمده برای تمامی سال های شبیه سازی تعمیم داده شد. دمای خاک در اعماق ۵- ۰ و ۱۰-۵ به وسیله ترمومتر دیجیتال (Testo) و رطوبت خاک در عمق ۷-۰ به وسیله تتا پروب (دلتا تی) در روز های نمونه برداری تعیین گردید . مقادیر کربن آلی خاک با استفاده از دستگاه TOC آنالایزر اندازه گیری شد.

اندازه گیری تصاعد گازها از سطح خاک

برای اندازه گیری تصاعد گازها از سطح خاک از روش اتاقک بسته[1] یا پایا[2] استفاده شده است . این محفظه پلی پروپیلنی شفاف به حجم موثر ۱۵۵۰ سانتی متر مکعب به شکل استوانه با ارتفاع ۱۳ سانتی متر بوده است که دو سه راهی انژیو به عنوان دو شیر در ۳/۴ ارتفاع از سطح زمین روی بدنه آن کارگذاری شده که محل نمونه برداری و اختلاط هوای موجود بوده اند. اتاقک تا عمق ۵ سانتی متر در خاک فرو رفته است. نمونه برداری به وسیله سرنگ ۶۰ سی سی مجهز با دو واشر لاستیکی که محل خروجی آن به یک سه راهی آنژیوکت متصل شده بود صورت می گرفت. چامپر ها بر روی خاک مزرعه نصب شده و طی مدت زمانی نمونه برداری به وسیله سرنگ صورت گرفته و نمونه ها طی حداکثر یک ساعت جهت قرائت توسط دستگاه گاز کروماتوگراف تحویل آزمایشگاه می شدند. محققان بسیاری طی سال های اخیر این روش را برای بررسی تصاعد گازهای گلخانه ای خصوصاً دی اکسید کربن، متان و نیتروس اکسید مورد استفاده قرار داده اند (۱۲ ، ۱۳و۱۸). در این بررسی از یک دستگاه گاز کروماتوگراف ساخت UNICAM سری ۶۱۰ استفاده شد که دارای دو حس گر TCD و FID می باشد.

1- Closed Chamber
2- Static Chamber

بحث و نتایج

کربن آلی

در این بررسی مقادیر کربن آلی خاک در اعماق مختلف برای هر سه مزرعه مورد بررسی اندازه گیری شده است. مقادیر متوسط کربن آلی اندازه گیری شده ی به دست آمده از چهار تاریخ نمونه برداری در جدول ۳ نشان داده است. با توجه به داده های جدول ۲ اراضی بکر و دستنخورده موجود روی خاک های منطقه طی سال های ۱۳۸۴-۱۳۶۸ تغییری در مقدار محتوای کربن آلی از خود نشان نمی دهند و این امر نشان دهنده تعادل در اکوسیستم بکر ایجاد شده بر روی خاک های منطقه است. این اراضی پس از تغییر کاربری و تبدیل به اراضی تحت کشت فشرده محصول نیشکر تغییر شدیدی از میزان کربن آلی را نشان می دهند و مقدار کربن آلی آنها به میزان تقریباً دو برابر افزایش می یابد. حضور گیاه در مراحل مختلف نمونه برداری و حضور ریشه گیاه در این بخش می تواند تغییر چشمگیری را در کربن آلی اندازه گیری شده ایجاد نماید. مزرعه ۱ که بر روی سری خاک A واقع شده است به طور کلی مقدار کمتری از کربن آلی را نسبت به مزرعه ۲ و ۳ که بر روی سری خاک B واقع شده است، دارا می باشد. سری خاک A در حالت پیش از تغییر کاربری اراضی نیز محتوای کربن آلی کمتری در بخش سطحی خاک نسبت به سری خاک B دارا بوده است. در هر دو سری خاک بیشترین میزان افزایش کربن در اعماق میانی و عمق حضور فراوان تر ریشه مشاهده می شود.

تصاعد گازهای گلخانه ای کربن دار

مقدار گازهای گلخانه ای به روش اتاقک بسته در سه مزرعه بر روی ۲ سری خاک اندازه گیری شد. مقادیر و وضعیت تصاعد دی اکسید کربن، متان و منو اکسید کربن در زیر به تفصیل در این سه مزرعه و دو سری خاک با هم مقایسه شده اند.

تصاعد دی اکسید کربن از سطح خاک ها

مقدار تصاعد دی اکسید کربن در چهار تاریخ بر روی سه مزرعه واقع بر دو سری خاک به روش اتاقک بسته اندازه گیری شد. در هنگام نمونه برداری های گیاه نیشکر بر روی اراضی حضور داشته و این مقدار تصاعد به طور همزمان مربوط به تنفس ریشه و میکروارگانیسم های خاک می باشد. مقادیر تصاعد بر روی خاک سری A در دو موقعیت مجاور بوته گیاه و نقطه وسط فارو های آبیاری که بیشترین فاصله را با طوقه گیاه نیشکر داشته، اندازه گیری شده است. اندازه گیری مقدار تصاعد از سری خاک B بر روی دو مزرعه ۲ و ۳ صورت گرفته است. در هر نمونه برداری مقدار رطوبت و دمای خاک در لایه سطحی خاک قرائت شده و مقادیر آن در جداول مربوطه آمده است. از داده های جدول ۳ چنان بر می آید که مقادیر تصاعد دی اکسید کربن از مزرعه ۱ در دو موقعیت اختلاف چندانی را ندارند و عدم اختلاف مقادیر اندازه گیری شده به وضوح در شکل ۱ مشخص می باشد. آزمون t میان داده های دو موقعیت تائید کننده این مسأله می باشد (۰/۲۵ =sig) .داده های جدول ۴ نشان دهنده ی مقدار متوسط تصاعد در تاریخ های مشخص شده و بر روی مزرعه ۲ و تحت کشت نیشکر است. جدول ۵ شماره نشان دهنده ی مقدار متوسط تصاعد، درجه حررات و رطوبت حجمی مزرعه شماره ۳ می باشد. همان گونه که از داده های جدول ۴ بر می آید مقدار تصاعد مزرعه ۲ با وجود قرار گیری بر روی یک سری خاک مقدار تصاعد کمتری از مزرعه ۳ دارد. علت این امر را می توان در تفاوت در مقدار بخش رس در نسبت اجزای سازنده و نوع رس نسبت داد که مقدار تصاعد دی اکسید کربن که بیشتر آن به فرم پخشیدگی می باشد را تحت تاثیر قرار می دهد. مزرعه ۲ احتمالاً به واسطه دارا بودن بافت ریز تر و در نتیجه سرعت پخشیدگی کمتر و تصاعد کمتری داشته است. در فواصل آبیاری ها و با خشک شدن خاک سله بسته و این امر به وضوح تفاوت آن را با مزرعه ۳ نمایش می دهد و می تواند توجیه گر تفاوت ها باشد. از سوی دیگر مقادیر کربن آلی خاک تحت تاثیر درجه حررات که عامل تاثیر گذار بر تجزیه میکروبی است تغییر می نماید. حررات و رطوبت خاک به واسطه تاثیر گذاری بر فعالیت میکروبی و شیمیایی خاک تاثیر بسزائی بر دینامیک کربن در خاک ها دارند. در جه حررات نقش اصلی را در دینامیک کربن و تصاعد دی اکسید کربن دارد (۱۷). خاک های رسی معمولا در شرایط یکسان رطوبت بیشتری داشته و از درجه حرارت کمتری برخوردارند که با توجه به تاثیر گذاری مثبت درجه حرارت بر تصاعد این امر می تواند توجیه گر باشد. نتایج حاکی از عدم وجود همبستگی میان درصد رطوبت خاک و مقدار تصاعد بوده است. رابطه و همبستگی معنی داری هم میان مقدار کربن آلی و مقدار تصاعد در این بررسی یافت نشد. آنالیزها آماری وجود یک همبستگی معنی دار را میان درجه حررات خاک و مقدار تصاعد به دست داده اند و می توان نتیجه گرفت درجه حررات خاک تنها عامل کنترل کننده مقدار تصاعد در این منطقه ی گیاه بوده است:

(r^2 =۰/۶۰۴, N=۱۶ , sig=۰/۰۳۹).

مطالعات جونز و همکاران[1] (۱۲) اثرگذاری معنی دار درجه حرارت خاک بر مقدار تصاعد دی اکسید کربن را تائید می نماید.

تصاعد منو اکسید کربن و متان

جذب منو اکسید کربن به اکثر خاک ها صورت می گیرد. خاک های خشک که منابع تولید منو اکسید کربن هستند، پس از آبیاری به منابع مصرف منو اکسید کربن تبدیل می گردند (۱۲). جذب منو اکسید کربن پس از حررات دادن و استریلیزاسیون خاک متوقف می شود؛ ولی حررات دادن و

1- Jones *et al.*

جدول ۲- تغییرات زمانی کربن آلی خاک های مورد بررسی

عمق	مزرعه ۱		مزرعه ۲		مزرعه ۳		اراضی بکر	
(سانتی متر)	۱۳٦۸	۱۳۸٤	۱۳۷٤	۱۳٦۸	۱۳۸٤	۱۳٦۸	۱۳۸٤	۱۳٦۸
۰-۵	۰,۲۳	۰,۵۷	۰/۶۹	۰,۳۳۱	۰/۶۹	۰,۳۳۱	۰,۲۹	۰,۲۸
۵-۲۰	۰,۱۶۵	۰,۴۸	۰,۵۹	۰,۱۸۵	۰/۵۹	۰,۱۸۵	۰,۲۴	۰,۲۳
۲۰-۶۰	۰,۲۳	۰,۳۹	۰,۴۶	۰,۱۵۶	۰,۵۱	۰,۱۵۶	۰,۲	۰,۱۶۵
۶۰-۱۱۰	۰,۲۸	۰,۳۶	۰,۳۱	۰,۲۱۴	۰,۳۲	۰,۲۱۴	۰,۲۶	۰,۲۳

جدول ۳- درصد رطوبت حجمی ، دمای خاک و مقدار تصاعد CO_2 ازخاک مزرعه ۱

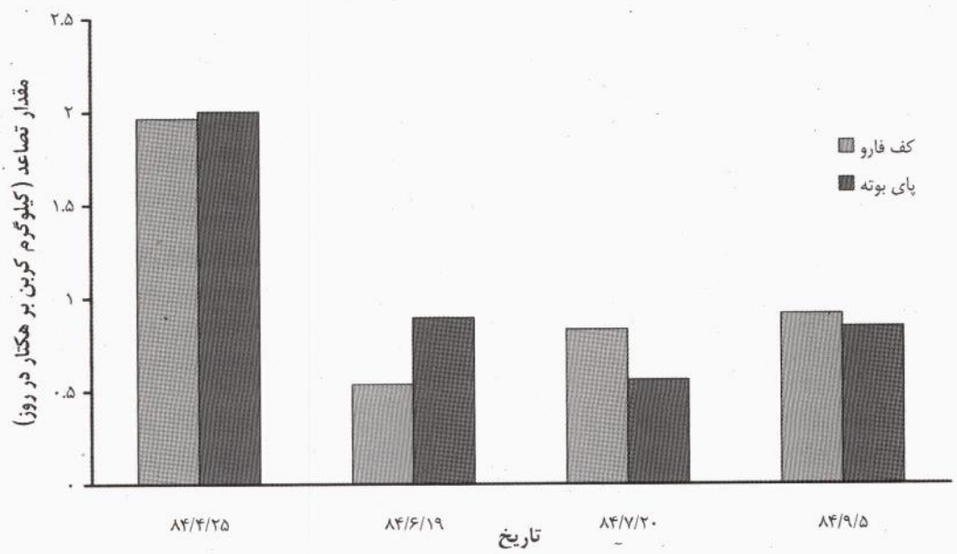
تاریخ	موقعیت	رطوبت خاک (درصد حجمی)	دمای خاک (۵ سانتی متری)	مقدار تصاعد دی اکسید کربن (گرم کربن بر متر مربع در روز)
تیرماه	پای بوته	۲۵	۲۶,۷	۳,۱۰
	کف فارو	۲۶,۵	۲۶,۸	۳,۰۰
شهریورماه	پای بوته	۳۵	۲۳,۱	۱,۳۹
	کف فارو	۳۳,۷	۲۱	۰,۸۳
مهر ماه	پای بوته	۱۸,۶	۲۳,۲	۰,۸۷
	کف فارو	۲۲,۳	۲۱	۱,۲۹
آبان ماه	پای بوته	۱۴,۵	۹,۵	۱,۳۱
	کف فارو	۱۵	۱۳,۱	۱,۴۲

جدول ٤- درصد رطوبت حجمی، دمای خاک و مقدار تصاعد دی اکسید کربن ازخاک مزرعه ۲

تاریخ	رطوبت خاک (درصد حجمی)	دمای خاک (۵ سانتی متری)	مقدار تصاعد دی اکسید کربن (گرم کربن بر متر مربع در روز)	میانگین تصاعد دی اکسید کربن (گرم کربن بر متر مربع در روز)
تیرماه	۲۷٫۲	۲۵٫۹	۱٫۳۳	
شهریورماه	۲۸	۲۰٫۳	۱٫۳۴	۰٫۹۰
مهر ماه	۲۳٫۱	۲۰٫۷	۰٫۶۳	
آبانماه	۱۵٫۱	۹٫۵	۰٫۳	

جدول ۵ - درصد رطوبت حجمی ، دمای خاک و مقدار تصاعد دی اکسید کربن ازخاک مزرعه ۳

تاریخ	رطوبت خاک (درصد حجمی)	دمای خاک (۵ سانتی متری)	مقدار تصاعد دی اکسید کربن (گرم کربن بر متر مربع در روز)	میانگین تصاعد دی اکسید کربن (گرم کربن بر متر مربع در روز)
تیرماه	۲۶/۸	۲۶/۳	۶/۰۹	
شهریورماه	۳۵/۹	۲۳/۳	۱/۷۴	۲٫۷۲
مهر ماه	۳۳/۴	۲۲/۸	۲/۰۷	
آبانماه	۱۸/۷	۱۳/۲	۰/۹۷	



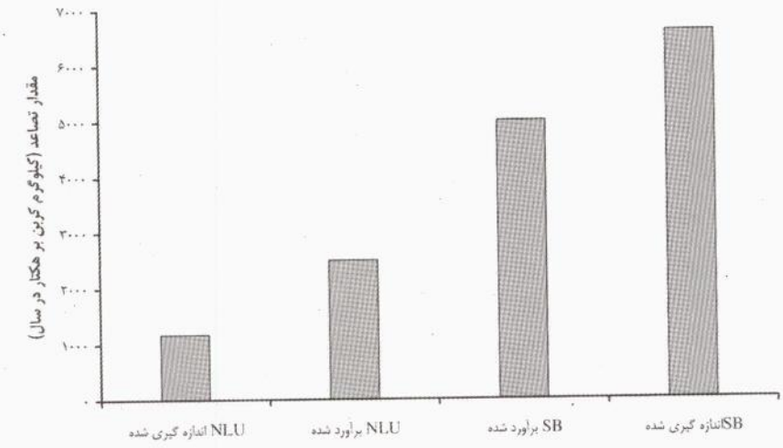
شکل ۱- مقایسه مقادیر تصاعد دی اکسید کربن از دو موقعیت مزرعه ۱ در تاریخ های مختلف

استریلیزاسیون خاک سبب بهبود تولید و تصاعد منو اکسید کربن می شوند (۱۲) و بنابراین واضح است که تصاعد منو اکسید کربن فرایندی شیمیایی است (بر خلاف مصرف کردن آن که فرایندی میکروبی است). تولید منو اکسید کربن به وفور در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک یافت می شود. در این بررسی تمامی خاک ها مصرف کننده منواکسید کربن بوده اند. این مسأله را می توان به تناوب و حجم بالایی آبیاری مزارع نیشکر نسبت داد که سبب می شود تا این خاک ها معمولاً رطوبتی داشته باشند که سبب مصرف و اکسیداسیون منواکسید کربن در این خاک ها شود. در این میان فقط نمونه برداری های صورت گرفته از روی پشته ها و در کنار بوته تصاعد منو اکسید کربن از خود نشان داده اند که مقدار متوسط آن ۷/۰۷ کیلو گرم بر هکتار بر سال کربن به صورت منو اکسید کربن می باشد و می توان آن را به کمتر بودن مقدار رطوبت در بالای پشته ها نسبت داد . این تفاوت رطوبت میان فارو و پشته در جدول ۳ قابل مشاهده است. در کل و با توجه به خصوصیات سایر خاک ها می توان نتیجه گرفت که کلیه خاک ها به طور کلی و با توجه به مقدار منو اکسید کربن در هوای آزاد به میزان ۱۱ پی پی ام (۱) خاک های این منطقه مقدار ۱۰/۲ کیلو گرم کربن در در هکتار در سال منو اکسید کربن را اکسیده و مصرف می کنند. متان هنگامی از خاک متصاعد می شود که شرایط غرقاب در خاک غالب شود. در این بررسی مشخص گردیده است که خاک های این منطقه مصرف کننده خالص متان اتمسفری هستند و در ازای مقدار میانگین ۱/۲ پی پی ام متان موجود در اتمسفر این خاک ها توان مصرف ۴/۸۴ کیلو گرم کربن به صورت متان از سطح هکتار در هر سال را دارا هستند و هر ساله این میزان کربن از متان اتمسفری جذب خاک ها شده و در آنها تثبیت می گردد. بدیهی است با تغییر موجودی این گازها در اتمسفر تعادل خاک و به همین صورت این مقادیر تغییر خواهند نمود. وسه و همکاران[1] (۱۹) در بررسی اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه ای اتمسفر بر مقدار جریان کربن میان خاک و اتمسفر این مسأله را تائید می نمایند.

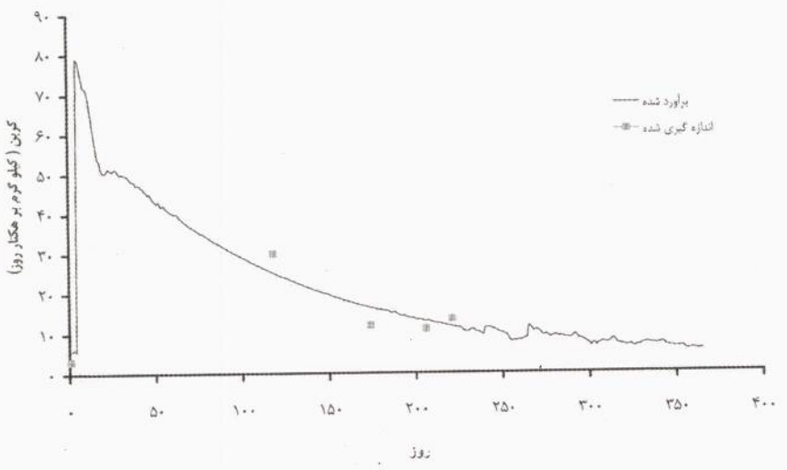
شبیه سازی و مقایسه

در این بررسی برای تعیین قابلیت مدل DNDC جهت برآورد تصاعد گازهای گلخانه ای کربن دار شرایط اولیه خاک مندرج در جدول ۱ برای مدل تعریف و کشت و کار نیشکر طی مدت ۱۰-۷ سال بر روی آن شبیه سازی شد . همچنین این اراضی بکر به صورت دستنخورده نیز برای مدل تعریف و تغییرات آنها طی یک دوره ۱۰ ساله توسط مدل شبیه سازی شد. همان گونه که در تغییرات مقادیر واقعی تصاعد دی اکسید کربن از سطح خاک ها مشاهده شد ، در اینجا نیز با تبدیل اکوسیستم طبیعی (NLU) به سیستم تحت کشت و کار تک محصول نیشکر سبب افزایش تصاعد دی اکسید کربن می گردد. طرح شبیه سازی SB بیانگر وضعیت فعلی اراضی به صورت تحت کشت نیشکر است. مقادیر شبیه سازی شده همبستگی خوبی با مقادیر اندازه گیری شده در حالت تحت کشت داشته است. در مجموع برای حال خاک دستنخورده بیشتر و برای حالت تحت کشت کمتر برآورد شده اند. این مسأله در شکل ۲ قابل رویت است. همان گونه که از شکل ۳ بر می آید مقادیر اندازه گیری شده و بر آورد شده، نزدیکی و همبستگی خوبی با همدیگر داشته و اختلاف مشاهده شده در شکل بدین واسطه است که این شکل بر پایه مقادیر متوسط مقدار تصاعد دی اکسید کربن شبیه سازی شده می باشد. شکل ۴ نشان دهنده همبستگی و رابطه میان مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده به وسیله مدل DNDC است. این ارتباط خوب و معنی دار میان مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده نشانگر

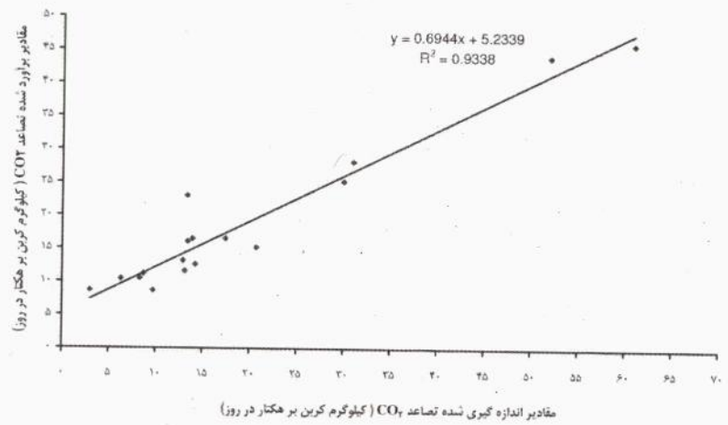
1- Vose *et al.*



شکل ۲- مقادیر متوسط شبیه سازی شده و اندازه گیری شده مقدار تصاعد CO_2 از سطح خاک مزرعه۱



شکل ۳- مقادیر بر آورد شده و اندازه گیری شده مقدار تصاعد دی اکسید کربن از مزرعه ۱



شکل ٤- رابطه میان مقادیر بر آورد شده و اندازه گیری شده تصاعد دی اکسید کربن

کارایی مدل در بر آورد میزان تصاعد دی اکسید کربن از سطح خاک های منطقه جنوب اهواز است. در سال های آغازین کاربری جدید اراضی به واسطه کم بودن محتوی کربن آلی بجز در سال اول که مقدار تصاعد به شدت تحت تاثیر خاکورزی های سنگین ناشی از عملیات زهکشی ، تسطیح و آماده سازی زمین است، مقادیر کمتر را نسبت به سال پایانی شبیه سازی نشان داده اند که بر هم کنش این دو مسأله سبب کاهش مقدار تصاعد شبیه سازی شده است. الکیسی[1] (۷) در بررسی اثرات عملیات شخم و آماده سازی وتناوب زراعی این عوامل را بر میزان تصاعد دارای تاثیر می داند. نتایج مدل حاکی از این است که هیچ گونه تصاعد متان حتی در پر آب ترین فصل سال صورت نمی گیرد . مدل میزان مصرف متان به وسیله خاک ها را ۲۰ کیلو گرم کربن در هکتار در سال به دست می دهد که تفاوت چشمگیری با مقدار به دست امده می باشد. مقدار متوسط به دست آمده برای تصاعد دی اکسید کربن از سطح خاک های بکر منطقه ۰/۳۲۱ اندازه گیری شده است. مدل این میزان را ۰/۷۴ بر آورد نموده است که همخوانی با مقدار به دست آمده ندارد. این مسأله به نوع پوشش گیاهی تعریف شده باز می گردد؛ زیرا مقدار تولید بیوماس گیاهان بومی منطقه مانند خار شتر و شور پسند ها کمتر از میزان به دست داده شده در بانک اطلاعاتی مدل بوده و اندازه گیری دقیق مقادیر در ارتباط با این نوع پوشش گیاهی جهت افزایش دقت مدل توصیه می شود.

نتیجه گیری

تغییر کاربری اراضی جنوب خوزستان سبب افزایش محتوای کربن آلی خاک ها و افزایش مقدار تصاعد کربن گردیده است. با وجود افزایش چندین برابری مقدار تصاعد دی اکسید کربن کشت نیشکر به واسطه افزودن حجم بالای بیوماس به خاک، بدون در نظر گرفتن مصرف سوخت های فسیلی در عملیات کاشت تا فر آوری مصرف کننده خالص کربن اتمسفری است و تغییر کاربری اراضی لم یزرع و تبدیل آنها به سیستم های کشت پر محصول سبب حبس شدن بیشتر کربن اتمسفر در جهت نیل به اهداف پیمان کیوتو می باشد. مدل DNDC برآورد های خوبی از میزان تصاعد دی اکسید کربن از سطح خاک های منطقه به دست می دهد و استفاده از آن برای بررسی اثر مدیریت های متفاوت بر خاک های منطقه توصیه می گردد. وجود

1- Al-Kaisi

همبستگی معنی دار میان رابطه میان مقادیر بر آورد شده و اندازه گیری شده تصاعد دی اکسید کربن بر امکان کاربرد مدل DNDC در مدیریت کربن اراضی زراعی تحت کشت نیشکر تاکید می نماید.

منابع

۱. انجمن متخصصان محیط زیست ایران ،۱۳۸۱، ارزیابی اثرات زیست محیطی کشت و صنعت امیر کبیر .

۲. دبیری، م.، ۱۳۸۲. آلودگی محیط زیست: هوا–آب – خاک –صوت .تالیف . انتشارات اتحاد. چاپ سوم . تهران، ایران.

۳. رحیمی، ن.،۱۳۸۳. تغییرات آب و هوا و اثرات زیست محیطی آن . تالیف، چاپ اخوان ، تهران ، ایران .

۴. عرفان منش، م.، افیونی، م. ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست (آب ،خاک و هوا). انتشارات اردکان ، اصفهان، ایران.

۵. مهندس مشاور یکم ،۱۳۶۹، گزارش مطالعات اولیه طرح کشت و صنعت امیر کبیر و میرزا کوچک خان ،جلد دوم ، هواشناسی.

۶. مهندس مشاور یکم ،۱۳۶۹، گزارش مطالعات اولیه طرح کشت و صنعت امیر کبیر و میرزا کوچک خان ،جلد چهارم ، خاکشناسی.

7. Al-Kaisi, M., 2001. Impact of Tillage and Crop Rotation Systems on Soil Carbon Sequestration. University Extension, Iowa, USA. 871 p.

8. Borken, W., Xu, Y.J., Brumme, R., Lamersdorf, R.N. 1999. A Climate Change Scenario for Carbon Dioxide and Dissolved Organic Carbon Fluxes from a Temperate Forest Soil: Drought and Rewetting Effects. Soil Science Society of American Journal, 63:1848–1855.

9. Faloon, P., Smith, P., 2001. Modelling Soil Carbon Fluxes and Land Use Change for The National Carbon Dioxide Inventory. Review of Muff's R&D on Greenhouse Gas Emissions and Control, 1181 p.

10. Gupta, P.A., 2004. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobis. India. 768 p.

11. Janzen, H.H. 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems and Environment, 104: 399–417.

12. Jones, S.K., Rees, R.M., Skib, U.M., Ball, B.C. 2005. Greenhouse gas emissions from managed grassland. Global and Planetary Change, 47: 201– 211.

13. Laville, P., Jambert, C., Cellier, P., Delmas, R. 1999. Nitrous oxide Fluxes from a fertilized maize crop using micrometeorological and chamber methods. Agricultural and Forest Meteorology, 96: 19-38.

14. Li, C., Frolking, S., and Frolking, T.A. 1992. a model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 1. Model structure and sensitivity, Journal of Geophysical Research, 97:9759-9776.

15. Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1992.Total Carbon and Organic Matter Analysis In: Page, A.L. (Ed). Methods Of Soil Analysis, Part 2, Am. Soc. Agron. Madison. WI. USA, 1152 p.

16. Paustian, K., 2002. Land-use, land use change and biological carbon sinks: the role of soils in climate change mitigation. Published on line by Colorado State University, pp: 748-725

17. Smith, P. 2004. Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. Europe. Journal Agronomy, 20: 229–236.

18. Von Arnold, K., Nilsson, M., Hanell, B., Weslien, P., Klemedtsson, L. 2005. Fluxes of CO2, CH4 and N2O from drained organic soils in deciduous forests. Soil Biology & Biochemistry, 37: 1059–1071.

19. Vose, J.M., Elliott, K.J., Johnson, D.W. 1995. Soil CO2 Flux in Response to Elevated Atmospheric CO2 and Nitrogen Fertilization: Patterns and Methods. IN: Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Stewart, B.A. 1995. Advances In Soil Science: Soils And Global Change. CRC Press, USA., 280 p.