

## تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر تصاعد گازهای گلخانه‌ای

لاله مهدی‌پور\* و احمد لندی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۱)

### چکیده

افزایش آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ )، متان ( $CH_4$ )، و نیتروس اکسید ( $N_2O$ ) از خاک‌ها به اتمسفر یکی از نگرانی‌های جهان در چند دهه گذشته می‌باشد. دی‌اکسید کربن به عنوان یک عامل مهم مؤثر در گرمایش جهانی و تغییر آب و هوا که مسئول ۶۰ درصد گرم شدن جهان یا اثر گلخانه‌ای می‌باشد، شناخته شده است. در این پژوهش چگونگی آزاد شدن دی‌اکسید کربن به کمک روش اتاقک بسته و کروماتوگرافی گازی از سطح خاک چهار زمین با کاربری گوناگون که شامل مزارع گندم و کلزا، باغ مرکبات و زمین آیش بود، بررسی شد. میزان کل هدر رفت کربن از خاک به صورت گازهای گلخانه‌ای کربنه از کشتزارهای گندم، کلزا، باغ مرکبات و زمین آیش به ترتیب ۴/۴۷، ۳/۷۲، ۳/۳۸ و ۱/۸۹ تن کربن در هر هکتار در سال بود. کل کربن آلی ورودی به خاک توسط بیوماس در مزارع گندم و کلزا به ترتیب ۴/۱ و ۴/۶ تن کربن در هکتار در سال بود. بنابراین بیلان کربن خاک (ورودی کربن - خروجی کربن) در کشتزارهای گندم و کلزا به ترتیب ۰/۳۷- و ۰/۸۸+ بود و در کشتزارهای کلزا افزایش کربن خاک رخ داد. تغییر کربن آلی خاک در سال‌های گذشته در باغ مرکبات نشان می‌دهد که در این باغ‌ها نیز کربن آلی خاک افزایش داشته است.

واژه‌های کلیدی: کاربری زمین، مواد آلی، آزاد شدن دی‌اکسید کربن، گازهای گلخانه‌ای

### مقدمه

به اتمسفر می‌شود. تغییر کاربری زمین‌ها و کاربرد مدیریت‌های کشت متراکم سبب تغییر سرنوشت و ذخیره کربن در خاک‌ها شده است. اندوخته کربن آلی خاک نسبت به مدیریت و کاربری زمین‌ها فوق العاده حساس است (۱۴). آزاد شدن کربن به صورت گازهای گلخانه‌ای یا مصرف این گازها توسط خاک در سال‌های اخیر تبدیل به یکی از کانون‌های مورد توجه کارشناسان محیط زیست شده است تا با اعمال مدیریت‌های خاص بتواند سبب کاهش روند رو به افزایش آلودگی گازهای گلخانه‌ای شوند.

اندازه‌گیری جریان  $CO_2$  برای ارزیابی چگونگی بهره‌برداری از خاک و چگونگی گرم شدن جهان و چرخه کربن بسیار مناسب است (۱۳). خاک انبار بزرگی برای  $CO_2$  اتمسفری می‌باشد. جریان دی‌اکسید کربن خاک یا تنفس خاک یکی از مهم‌ترین فرایندها در چرخه کربن اکوسیستم‌هاست که از تجزیه مواد آلی و معدنی شدن آن، تنفس ریشه و ریزوسفر یا تنفس میکروبی خاک پدید می‌آید (۳). تغییر کاربری زمین‌های دست نخورده به زمین‌های کشاورزی سالیانه باعث ورود ده‌ها گیگاتن کربن

۱. به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: lalehme@gmail.com

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق شهرستان دزفول با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۸۲/۸۶ متر از سطح دریا انجام شد. در این منطقه چهار کشت‌زار گندم، کلزا، باغ مرکبات و زمین آیش به وسعت دو هکتار برای تیمارهای این تحقیق انتخاب شد.

### تاریخچه مزارع

این مزارع از سال‌های گذشته توسط مؤسسه تحقیقات آب و خاک صفی آباد دزفول کشت می‌شود. کشتزار گندم تحت کشت گندم رقم چمران بود. طی کشت حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، حدود ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم مصرف شده است. در هیچ یک از کشتزارها کودهای دامی استفاده نشد. روش آبیاری در این کشتزارها غرقابی بود. آب توسط کانال از رودخانه دزفول تأمین شد. کشتزارها تحت تناوب‌های گوناگون در سال‌های متمادی قرار گرفته‌اند. در باغ مرکبات نیز هیچ‌گونه کود دامی استفاده نشد.

### نمونه‌گیری از گازهای گلخانه‌ای و خاک

جهت اندازه‌گیری آزاد شدن  $CO_2$  از سطح خاک از روش اتاقت بسته و کروماتوگرافی گازی استفاده شد. در هر کشتزار سه اتاقت (در زمین آیش دو اتاقت) قرار داده شد. در هنگام گذاشتن اتاقت‌ها دمای خاک توسط دماسنج دیجیتال (تستو) در اعماق ۵cm و ۱۰cm و دمای هوا اندازه‌گیری شد. میزان رطوبت حجمی خاک نیز با کمک تتاپروب اندازه‌گیری شد. پس از گذشت سه ساعت از نصب اتاقت‌ها، از گاز گردآوری شده درون آنها به کمک سرنگ نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها بلافاصله برای قرائت میزان گازهای گلخانه‌ای کربنه شامل  $CO_2$  و  $CH_4$  به آزمایشگاه منتقل و توسط دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) مدل UNICAM سری ۶۱۰ مجهز به حسگرهای ECD و FID

جابرو و همکاران جریان دی اکسید کربن تحت تأثیر شخم و آبیاری در خاک‌هایی که از علف‌های چند ساله به محصولات یک ساله تبدیل شدند را محاسبه کردند. آنها گزارش کردند که تفاوت‌های معنی‌داری بین جریان‌های دی‌اکسید کربن در اعمال مدیریتی زمین (آبیاری و شخم) در بعضی داده‌های اندازه‌گیری شده وجود دارد (۶). در تحقیقی که مرینو و همکاران انجام دادند، گزارش کردند که در خاک‌های مزارع و چراگاه جریانان متان دارای روند آزاد سازی مشابه می‌باشد. در اغلب دوره مطالعه، خاک مزارع نرخ جذب متان کمتری داشت و در بعضی اوقات تصاعد خالص متان مشاهده شد (۱۰). زلقی و همکاران آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن و متان را از زمین‌های زیر کشت برنج و گندم بررسی کردند. آنها گزارش کردند کشتزار برنج به طور متوسط ۲۲/۲ میلی‌گرم کربن بر متر مربع در روز به صورت متان آزاد می‌کند. در حالی که مزرعه گندم جذب کننده متان جوی با متوسط ۰/۱۱ میلی‌گرم بر متر مربع در روز است (۱۲). زلقی و همکاران گزارش کردند بیشترین میزان آزاد شدن گازهای گلخانه‌ای مربوط به گاز دی‌اکسید کربن می‌باشد و مقدار آن در تناوب برنج - آیش نسبت به تناوب‌های گندم - آیش و گندم - صیفی بیشتر است. تصاعد متان در پایان دوره رشد برنج در مهر ماه به حداکثر مقدار خود می‌رسد (۱).

از آنجایی که در خاک‌های کشاورزی ذخیره کربن توسط تغییر در کاربری اراضی و عملیات مدیریت تحت تأثیر قرار می‌گیرد، این تحقیق در راستای بررسی اثر کاربری‌های موردنظر بر تصاعد گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسید کربن صورت گرفته است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های ناقص تصادفی با دو عامل نوع کشت و تاریخ نمونه‌گیری بر میزان تصاعد  $CO_2$  و  $CH_4$  اجرا شد.

کربن در مترمربع در روز را داشت. در برابر آن مزارع کلزا و مرکبات اختلاف معنی‌دار نداشتند و البته میانگین آزادسازی دی‌اکسید کربن در باغ مرکبات (۱/۰۱ گرم کربن بر مترمربع در روز) کمتر از مزرعه کلزا با میانگین ۱/۲۰ گرم کربن بر مترمربع در روز بود. زمین آیش با میانگین ۰/۶۰ گرم کربن بر مترمربع در روز کمترین آزاد سازی را دارا بود (شکل ۱).

آزادسازی دی‌اکسید کربن از زمین آیش به دلیل نبود گیاه طبیعتاً در برابر دیگر کاربری‌ها کمتر بود. بودن و همکاران و اندروز و همکاران گزارش کردند که تقریباً ۳۰ تا ۵۰ درصد از تنفس خاک از گاز CO<sub>2</sub> رها شده از تنفس ریشه و مانده آن از تنفس ریز جانداران خاک آزاد می‌شود (۲ و ۴)، در زمین آیش نیز گاز آزاد شده وابسته به زندگی و کارکرد ریز جانداران خاک است.

امرلینگ و همکاران بیان کرد که مدیریت با فشردگی کمتر مانند چراگاه و جنگل خصوصیات بیولوژیکی را بهتر می‌کند (۵). پل و همکاران گزارش کرد که تبدیل زمین‌های کشاورزی به جنگل اغلب حصول قابل توجه کربن آلی خاک و کاهش جریانات CO<sub>2</sub> را نتیجه می‌دهد (۱۱). که با یافته‌های این تحقیق مبنی بر آزادسازی کمتر از باغ مرکبات تطابق دارد. باغ مرکبات نسبت به کشتزار گندم و کلزا از مدیریت فشرده کمتری برخوردار بود. از طرف دیگر کشتزار گندم مورد نظر با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع نیز نسبت به کشتزار کلزا از فشردگی کشت بیشتر برخوردار بود که میزان متوسط آزادسازی نیز در آن نسبت به کشتزار کلزا بیشتر بود. از طرف دیگر نسبت بالای ریشه تولید شده در کشتزار گندم (به دلیل فشردگی بالاتر) نسبت به کشتزار کلزا بیشتر بودن و همکاران و اندروز و همکاران مؤید این مطلب است (۴ و ۲).

مقایسه میانگین‌های عامل تاریخ روی آزاد سازی CO<sub>2</sub> وجود دو سطح معنی‌دار را در بین پنج تاریخ نمونه‌گیری نشان داد (شکل ۲). در T<sub>5</sub> معادل چهارم تیرماه، بیشترین آزادسازی کربن به میزان ۱/۸۱ گرم کربن بر متر مربع در روز وجود داشت

اندازه‌گیری شد. این دستگاه نوع گازهای موجود در اتاقک و مقدار پی پی ام حجمی آنها را قرائت کرد. سپس عدد قرائت شده با دخالت دمای اتاقک تصحیح شد. با دخالت حجم اتاقک و مدت زمان نصب اتاقک‌ها در نهایت مقدار تصاعد گازها، بر اساس میزان تصاعد کربن به فرم گاز مورد نظر بر حسب جرم از واحد سطح در واحد زمان به وسیله نرم‌افزار Excel محاسبه شد. در طول دوره تحقیق پنج نمونه‌گیری از زمین‌های مورد مطالعه در سه تکرار انجام شد. نمونه‌گیری در تاریخ‌های چهارم دی ماه (T<sub>1</sub>)، سیزدهم بهمن (T<sub>2</sub>)، چهاردهم اسفند (T<sub>3</sub>)، دوازدهم اردیبهشت (T<sub>4</sub>) و چهارم تیر (T<sub>5</sub>) انجام شد. همراه با نمونه‌گیری گاز نمونه‌گیری از خاک از اعماق مختلف ۵-۵cm، ۱۰-۲۰cm، ۲۰-۴۰cm، ۴۰-۶۰cm، ۶۰-۱m انجام شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه هوا خشک شدند و پس از عبور از الک ۲mm میزان کربن آلی آنها توسط روش واکلی بلک اندازه‌گیری شد (۱۵).

## روش تجزیه تحلیل

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از قرائت گاز توسط نرم افزار SPSS انجام شد. مقایسه کلی داده‌ها به کمک تحلیل واریانس یک طرفه و مقایسه چندگانه با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

### بررسی گازهای گلخانه‌ای

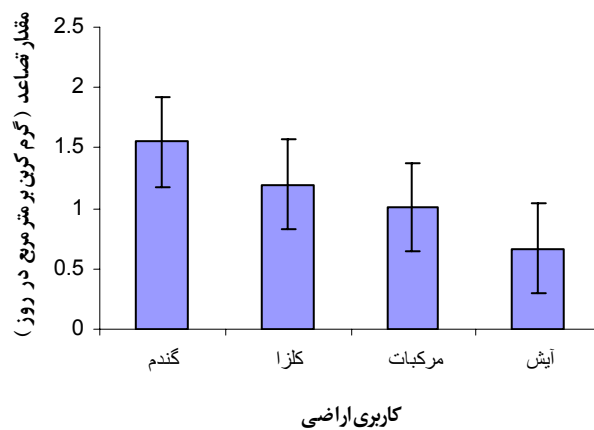
#### چگونگی آزاد شدن دی‌اکسید کربن

نتایج تجزیه واریانس، معنی‌دار بودن اثر هر دو عامل نوع کشت و تاریخ بر میزان آزادسازی دی‌اکسید کربن در سطح ۱٪ را نشان داد (جدول ۱).

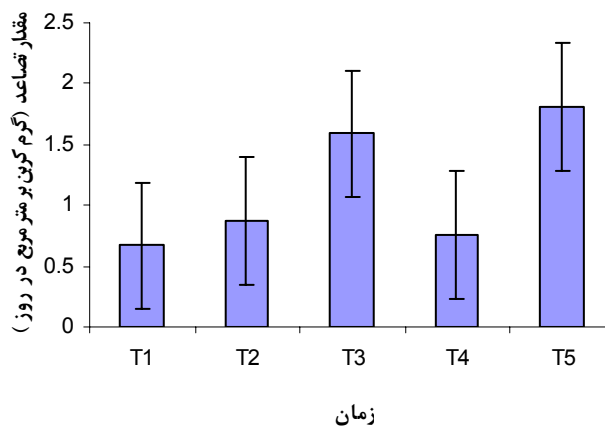
مقایسه میانگین‌های عامل نوع کشت توسط آزمون دانکن نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین مزارع گندم و کلزا، مرکبات و هم‌چنین با زمین آیش بود. مزرعه گندم بیشترین آزادسازی دی‌اکسید کربن با متوسط ۱/۵۵ گرم

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان آزاد شدن CO<sub>2</sub>

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	p-value
بلوک	۰/۰۳۸	۲	۰/۰۱۹	۰/۱۳۲	۰/۸۷۸
تیمار	۶/۱۱۰	۳	۲/۰۳۷	۱۴/۷۵۵	۰,۰۰
زمان	۱۲/۴۱۷	۴	۳/۱۰۴	۲۲/۴۰۸	۰,۰۰
خطا	۶/۳۵۰	۴۶	۰/۱۳۸		
کل	۲۴/۳۱۱	۵۳			



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای کاربری اراضی بر تصاعد CO<sub>2</sub>



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر عامل زمان بر میزان آزادسازی CO<sub>2</sub>

اردیبهشت در مرحله رسیدگی و در تیرماه پس از برداشت بود. روند تغییرات در مزرعه کلزا مشابه مزرعه گندم بود. به دلیل اینکه هر دو گیاه تاریخ کاشت و دوران نموی و تاریخ برداشت مشابه دارند و روند رشد دو گیاه همانند یکدیگر می‌باشد.

در زمان نمونه‌گیری اول و دوم درختان مرکبات در مرحله میوه دهی قرار داشتند که این عامل باعث شد علی‌رغم سرد شدن هوا به میزان جزئی (۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد) از دی به سمت بهمن ماه افزایش آزادسازی را داشته باشیم. پس از آن به سمت اسفند نیز یک افزایش آزادسازی مشاهده شد که علت آن را می‌توان به رشد گیاه نسبت داد. در اردیبهشت به دلیل کم شدن رطوبت خاک (از عوامل تأثیرگذار بر تصاعد  $CO_2$ ) نیز مقدار آزادسازی کم شده است. محققان دیگر نیز گزارش کردند که کاهش رطوبت باعث کاهش آزادسازی می‌شود. به سمت تیر ماه به دلیل افزایش بسیار زیاد در دمای هوا و در نتیجه افزایش میزان تجزیه مواد آلی و فعالیت ریز جانداران افزایش آزادسازی مشاهده شد (شکل ۵).

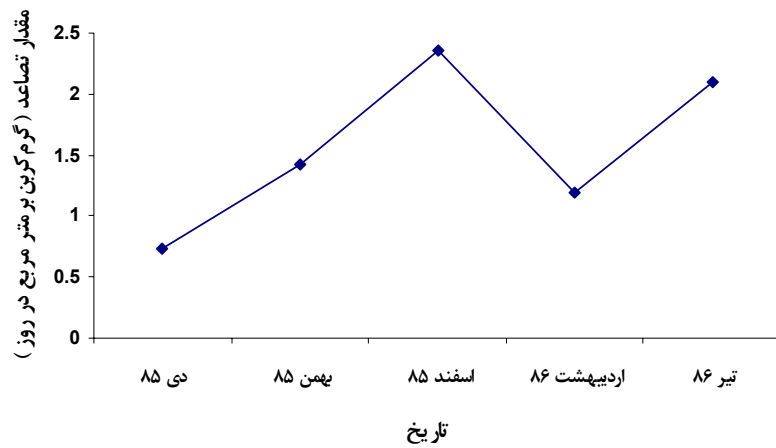
در زمان نمونه‌گیری اول در زمین آیش، زمین مورد نظر به تازگی شخم خورده بود، که این عامل بر آزادسازی دی‌اکسید کربن بسیار تأثیر گذار است، و باعث افزایش آزادسازی می‌شود. محققان بسیاری اثر شخم و خاک‌ورزی را بر روی آزادسازی گازهای گلخانه‌ای بررسی کرده‌اند. از جمله مینو و همکاران بیشترین جریان‌ات آزاد سازی  $CO_2$  را بعد از آماده‌سازی زمین ثبت کردند (۱۰).

پس از آن یک روند کاهشی به سمت نمونه‌گیری دوم (بهمن ماه) وجود داشت که دلیل آن را می‌توان از یک طرف به کم شدن اثر خاک‌ورزی بر آزادسازی (به دلیل اینکه بیشترین اثر خاک‌ورزی بر روی آزادسازی تا چند روز پس از خاک‌ورزی است و پس از گذشتن چند هفته یا بیشتر اثر آن کم رنگ می‌شود) و از طرف دیگر به سردتر شدن هوا نسبت داد. لال و جابرو گزارش کردند که دما اثر مهمی بر آزادسازی دی‌اکسید کربن از خاک‌ها دارد (۹ و ۶). از نمونه‌گیری دوم به سمت نمونه‌گیری سوم یک روند افزایشی

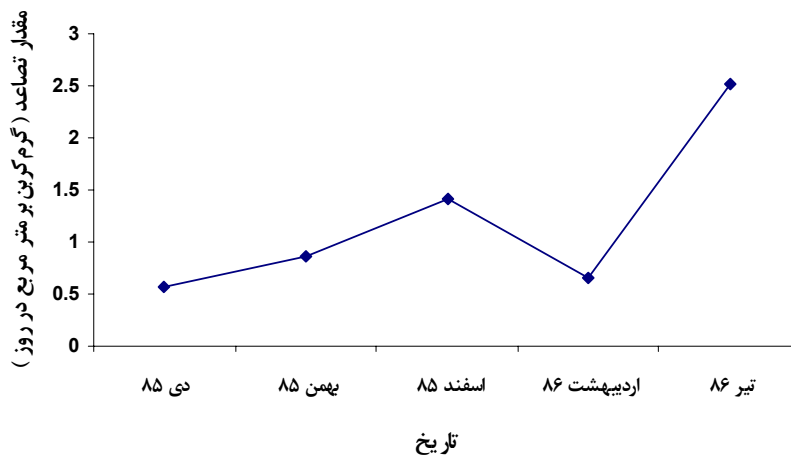
که اختلاف معنی‌داری با  $T_3$  برابر با ۱۴ اسفند نداشت. کمترین آزادسازی در  $T_1$  معادل چهارم دی به میزان  $0/669$  گرم کربن بر مترمربع در روز وجود داشت که تفاوت معنی‌داری با  $T_4$  (۱۲ اردیبهشت ۸۶) و  $T_2$  (۱۳ بهمن ۸۵) نداشت.

همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است روند تغییرات آزادسازی دی‌اکسید کربن از کشتزار گندم، حداکثر بودن آزادسازی در اسفند ماه را نشان می‌دهد. در زمان‌های نمونه‌گیری آزادسازی گندم در تاریخ دی ماه در حال وارد شدن به مرحله سه برگگی، در بهمن ماه در مرحله پنجه زنی، اسفند در مرحله ساقه‌دهی و به خوسه رفتن، در اردیبهشت در مرحله زرد شدن و سخت شدن دانه و تیرماه پس از برداشت گندم بود. با توجه به اثر دما بر آزادسازی  $CO_2$  و سرد شدن هوا انتظار کاهش آزادسازی از  $T_1$  به  $T_2$  می‌رفت. ولی با توجه به رشد گیاه و افزایش ریشه و تشدید فعالیت‌های گیاه در این بازه زمانی اثر دما بر آزادسازی نمود پیدا نکرده و در این زمان افزایش آزادسازی مشاهده شد. از تاریخ  $T_2$  به  $T_3$  نیز مطابق با افزایش فعالیت گیاه (در مراحل ساقه‌دهی و خوسه‌دهی حداکثر فعالیت گیاه وجود دارد و هرگونه تنش در این دوران می‌تواند بر عملکرد و بیوماس تأثیر بسزایی داشته باشد) و افزایش ناچیز در دمای خاک (بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده ۱ تا ۲ درجه) دوباره افزایش آزادسازی در اسفند ماه مشاهده شد. در اردیبهشت با توجه به گرم‌تر شدن هوا و انتظار برای بالا رفتن دما ولی به دلیل کاهش زیاد در فعالیت ریشه و گیاه (به دلیل رسیدن گیاه به پایان رشد و فعالیت و وارد شدن به مرحله رسیدگی) کاهش آزادسازی نسبت به اسفند ماه مشاهده شد. از طرفی دیگر در تیر ماه همزمان با گرم‌تر شدن هوا و شروع تجزیه بقایای گیاهی افزایش آزادسازی نسبت به اردیبهشت مشاهده شد (۹).

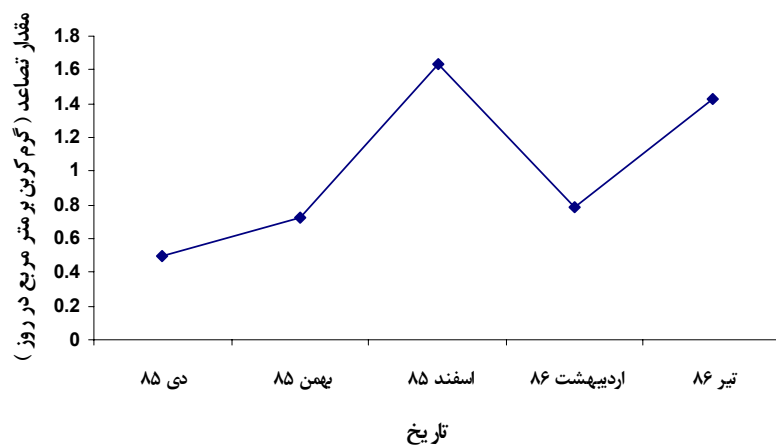
همان‌طور که در شکل ۴ آورده شده اوج آزادسازی دی‌اکسید کربن در کشتزار کلزا در اسفند ماه بود. در طول دوره نمونه‌برداری، در تاریخ دی ماه گیاه کلزا در مرحله دوبرگی، در بهمن در مرحله چند برگگی، در اسفند ماه گل‌دهی، در



شکل ۳. روند تغییرات آزاد سازی CO<sub>2</sub> در کشتزار گندم



شکل ۴. روند تغییرات آزاد سازی CO<sub>2</sub> در کشتزار کلزا



شکل ۵. روند تغییرات آزاد سازی CO<sub>2</sub> در باغ مرکبات

کودهای آلی و باقی‌مانده‌های گیاهی) منهای خروجی آن (رهاشده به صورت  $CH_4$ ,  $CO_2$  و سایر ترکیبات کربنه گازی) به فرض اینکه آبشویی و فرسایش ناچیز باشد. توان بالقوه ترسیب کربن به وسیله خاک‌ها توسط عواملی مانند اقلیم، پستی و بلندی، موقعیت مکانی و پوشش گیاهی کنترل می‌شود. راه دیگر برای بررسی میزان ترسیب یا هدررفت کربن مقایسه مواد آلی طی چندین سال می‌باشد که افزایش مواد آلی ترسیب کربن را نشان می‌دهد.

در کشتزارهای مورد آزمایش به دلیل نزدیکی منطقه‌ها (فاصله بین مزارع در بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر) عواملی مانند اقلیم، پستی و بلندی و موقعیت مکانی تفاوتی با یکدیگر ندارند و اختلاف در ترسیب کربن بین این کشتزارها را باید در پوشش گیاهی و مدیریت مزارع جستجو کرد. نحوه مدیریت نیز متأثر از سیستم‌های کشت مختلف می‌باشد و برای کشت‌های گوناگون مدیریت متفاوت به کار می‌رود.

در کشتزارهای گندم و کلزا برای محاسبه ورودی کربن به خاک با توجه به اینکه در این کشتزارها کودهای آلی استفاده نشد، مقدار زیست توده بالای زمین اندازه‌گیری شد. و برای خروجی کربن نیز مقدار آزادسازی گازهای گلخانه‌ای اندازه‌گیری شد (با فرض اینکه مقدار آبشویی و فرسایش ناچیز باشد). کاندو و همکاران گزارش کرد که متوسط ورودی کربن به خاک در گیاه گندم ۳۲٪ بیوماس قابل برداشت بالای زمین است (۸). با توجه به نبود منبعی در مورد کلزا این ضریب برای کلزا نیز استفاده شد. محاسبه بیلان کربن در کشتزار گندم و کلزا در جدول ۴ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بیلان کربن خاک در کشتزار گندم منفی است و هدررفت کربن را نشان می‌دهد. ولی با توجه به این که در این تحقیق زیست توده میکروبی و زیست توده مربوط به علف‌های هرز اندازه‌گیری نشده است. و این دو نیز در جهت افزایش ورودی کربن می‌باشند، به نظر می‌رسد که در کل در این کشتزار نیز ترسیب کربن را داشته باشیم.

در باغ مرکبات نیز برای محاسبه بیلان کربن، مقدار مواد آلی

به دلیل افزایش کمی در دما و رطوبت مناسب (رطوبت متوسط) خاک وجود داشت. پس از آن به سمت نمونه‌گیری چهارم (اردیبهشت) یک روند کاهشی علی‌رغم دمای بالاتر نسبت به اسفند ماه وجود داشت. که شاید علت آن کم شدن رطوبت خاک و عدم وجود بقایای گیاهی برای تجزیه باشد. جابرو و همکاران گزارش کردند مقدار کم رطوبت خاک به میزان  $WFPS$  (Water-Filled Pore Spac) ۱۰٪ در کاهش آزاد سازی در تابستان مهم است (۶). تیت و همکاران نیز اعلام نمود که با کاهش رطوبت میزان آزادسازی  $CO_2$  نیز کاهش می‌یابد (۱۴). در هنگام نمونه‌گیری آخر نیز زمین دوباره شخم زده شده بود، و دمای هوا نیز افزایش زیادی داشت که این عوامل منجر به افزایش آزاد سازی در آخرین نمونه‌گیری شد. (شکل ۶).

#### آزادسازی متان

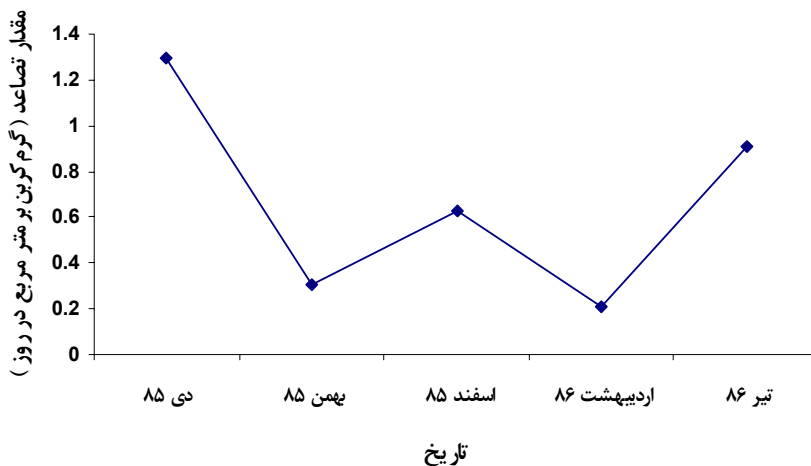
نتایج تجزیه واریانس در سطح ۵٪ نشان داد که عامل نوع کشت بر آزادسازی  $CH_4$  اثر معنی‌دار نداشت ولی عامل زمان بر آزادسازی  $CH_4$  اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲). کشتزار گندم با متوسط ۱/۸ میلی‌گرم کربن بر متر مربع در روز بیشترین آزاد سازی را دارا بود. و پس از آن کشتزار کلزا با ۱/۲، مرکبات با متوسط ۱/۱، و آیش با متوسط ۰/۸ میلی‌گرم کربن بر متر مربع در روز قرار داشتند.

#### میزان کل هدررفت کربن به صورت گازهای گلخانه‌ای

جدول ۳ میزان متوسط هدررفت کربن آلی را از خاک کاربری‌های موردنظر به صورت گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد.

#### محاسبه بیلان کربن خاک‌ها

وارد شدن کربن به سیستم خاک - گیاه حبس نمودن کربن و خروج آن، به منزله هدر رفت این منبع با ارزش تلقی می‌گردد. ترسیب کربن عبارت است از ورودی کربن (به صورت



شکل ۶. روند تغییرات آزاد سازی CO<sub>2</sub> در زمین آیش

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان آزادسازی CH<sub>4</sub>

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	p-value
بلوک	$3/8 \times 10^{-6}$	۲	$1/9 \times 10^{-6}$	۰/۳۹	۰/۶۸۰
تیمار	$4/82 \times 10^{-6}$	۳	$1/6 \times 10^{-6}$	۰/۳۳	۰/۸۰۴
زمان	۰,۰۰	۴	$2/76 \times 10^{-6}$	۵/۶۷۲	۰/۰۰۱
خطا	۰,۰۰	۴۴	$4/87 \times 10^{-6}$		
کل	۰,۰۰	۵۳			

جدول ۳. متوسط میزان هدررفت کربن آلی در سال به صورت گاز گلخانه‌ای در مزارع

مزرعه	CO <sub>2</sub> -C ton/ha.yr	CH <sub>4</sub> -C ton/ha.yr	CO-C ton/ha.yr	C کل ton/ha.yr
مزرعه گندم	۴/۴۶	$6/57 \times 10^{-3}$	$8/76 \times 10^{-3}$	۴/۴۷
مزرعه کلزا	۳/۷۰	$4/38 \times 10^{-3}$	$17 \times 10^{-3}$	۳/۷۲
باغ مرکبات	۳/۳۷	$3/87 \times 10^{-3}$	$11 \times 10^{-3}$	۳/۳۸
زمین آیش	۱/۸۷	$5/11 \times 10^{-3}$	$16 \times 10^{-3}$	۱/۸۹

جدول ۴. بیلان کربن خاک در مزارع گندم و کلزا

مزرعه	مقدار بیوماس ton/ha.yr	ورودی کربن ton/ha.yr	خروجی کربن ton/ha.yr	بیلان کربن ton/ha.yr
گندم	۱۲/۸	۴/۱	۴/۴۷	-۰/۳۷
کلزا	۱۴/۴۲	۴/۶	۳/۷۲	+۰/۸۸



ترسیب خالص در بیوماس درخت، ۱۰ درصد در خاک و ۳ درصد در محصولات آن می‌باشد (۷). بنابراین در اراضی جنگلی و مانند آن بیشترین نرخ ترسیب در بیوماس خود درخت می‌باشد که از بین بردن درختان و یا سوزاندن چوب آنها خسارت زیست محیطی جبران ناپذیری را به بار خواهد آورد.

آن محاسبه شد. مقدار کربن آلی این باغ در سال ۷۸ با توجه به اسناد بخش آب و خاک مرکز تحقیقات صافی آباد در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر ۰/۴۰ درصد و در سال ۸۳، ۰/۴۹ درصد کربن آلی می‌باشد. که یک نرخ ترسیب ۰/۱۸ درصد کربن آلی در سال را نشان می‌دهد. که این مربوط به نرخ ترسیب در خاک می‌باشد. کرجالینز و همکاران بیان کردند که تقریباً ۸۷ درصد

## منابع مورد استفاده

۱. زلفی، ر. ۱۳۸۸. بررسی تصاعد گازهای گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> و CH<sub>4</sub> از خاک‌های زیر کشت برنج و گندم در منطقه آب تیمور. مجله محیط شناسی ۴۹: ۹-۱۶.
2. Andrews, J.A., K.G. Harisson, R. Matamala and WH. Schlesinger. 2000. Separation of root respiration from total soil respiration 13C labeling during Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE). Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 294-302.
3. Ball, B.C., A. Scott and J.P. Parker. 1999. Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. Soil and Tillage Res. 53: 29-39.
4. Bowden, R.D., KJ. Nadelhoffer, JD. Canary and JP. Kaye. 1993. Contributions of aboveground litter, belowground litter and root respiration to soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. Can. J. Forest Res. 23: 1402-1407.
5. Emmerling, C., T. Edelhoven and D. Schroeder. 2001. Response of soil microbial biomass and activity to agricultural de-intensification over a 10 year period. Soil Biol. and Biochem. 33: 2105-2114.
6. Jabro, J.D., U. Sainju, W.B. Stevens and R.G. Evans. 2007. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. J. 88(4): 1478-1484. Environ. Manag.
7. Karjalainen, T., A. Pussinen, J. Liski, G. J. Nabuurs and T. Eggers. 2003. Scenario analysis of the impacts of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget. Forest Policy and Econ. 5(2):141-155.
8. Kundu, S., M. Singh, JK. Saha, A. Biswas, A.K. Tripathi and C.L. Acharya. 2001. Relationship between C addition and storage in a Vertisol under soybean-wheat cropping system in sub-tropical central India. J. Plant Nutr. 164: 483-486.
9. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123: 1-22.
10. Merino, A., P. Pe' rez-Batallo'n and F. Maci' as. 2004. Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in a humid temperate region of southern Europe. Soil Biology and Biochem. 36: 917-925.
11. Paul, K. I., P. J. Polglase, J. G. Nyakuengama and P. K. Khanna. 2002. Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecol. Manag. 168: 241-257.
12. Zalahi, R. and A. landi. 2009. Evaluating carbonic greenhouse gases emission and organic carbon balance from soil under current agricultural land use. J. Appl. Sci. 9(12): 2307-2312.
13. Tan, Z. and R. lal. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in ohio, USA. Agric. Ecosys. and Environ. 126:113-12.
14. Tate, K.R., D.J. Ross, S. Saggar, C.B. Hedley, J. Dando, B.K. Singh and S.M. Lambie. 2007. Methane uptake in soils from Pinus radiata plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: Effects of land-use change, and soil texture, water and mineral nitrogen. Soil Biol. and Biochem. 39: 1437-1449.
15. Walkely, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the defy are method for determination of chronic acid method. Soil Sci. 37: 29 - 38.