

## اثر روش‌های خاک‌ورزی و آبیاری بر تصاعد دی‌اکسید کربن در کشت گندم در شمال خوزستان

فریده یاراحمدی<sup>۱\*</sup>، احمد لندی<sup>۲</sup>، محمد امین آسودار<sup>۳</sup> و عادل مرادی سبزوکی<sup>۴</sup>

\* نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز (farideh\_yarahmadi@yahoo.com)

۲- دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز

۴- مربی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۰

### چکیده

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای در کره زمین و گرم‌تر شدن هوای آن شده است. در این میان،  $CO_2$  یکی از مهم‌ترین گازهای سبیم در این فرایند می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی و آبیاری بر میزان تصاعد  $CO_2$  از خاک به اتمسفر در مراحل رویشی گندم با روش اتاقک بسته و کروماتوگرافی گازی می‌باشد. روش‌های خاک‌ورزی و آبیاری شامل خاک‌ورزی حفاظتی، خاک‌ورزی مرسوم، آبیاری غرقابی و آبیاری نشتی بود، این آزمایش با استفاده از طرح آزمایشی کرت‌های یک بار خرد شده در زمان و از طریق تجزیه مرکب، با سه تکرار و پوشش ۴۵٪ بقایای سطحی، با ۶ مرحله نمونه‌گیری از گازهای خاک، در سال زراعی ۱۳۸۹، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام شد. اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری با روش سیفون مستغرق انجام شد. نتایج نشان داد که میزان تصاعد گاز  $CO_2$  تحت تاثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و آبیاری می‌باشد. در خاک‌ورزی مرسوم بدلیل به هم خوردگی بیش‌تر خاک، تصاعد گاز برای  $CO_2$  تا میزان ۶۷٪ افزایش یافت. تحت آبیاری غرقابی میزان تصاعد گاز  $CO_2$  نسبت به سیستم آبیاری نشتی تا ۳۳٪ افزایش نشان داد ( $p \leq 0/05$ ). خاک‌ورزی حفاظتی توأم با آبیاری نشتی کم‌ترین ( $p \leq 0/05$ ) میزان تصاعد دی‌اکسید کربن (مقدار آن ۱۱۴۳ میلی‌گرم در متر مکعب) را داشت. در صورتی که خاک‌ورزی مرسوم- آبیاری غرقابی، با متوسط ۲۵۹۲ میلی‌گرم در متر مکعب بیشترین مقدار  $CO_2$  ( $p \leq 0/05$ ) را تولید نمود.

کلید واژه‌ها: آبیاری، اثر گلخانه‌ای، خاک‌ورزی، گاز گلخانه‌ای،  $CO_2$

### مقدمه

کره‌ی زمین در طول چند دهه‌ی اخیر شاهد یک روند گرمایشی بوده و دمای آن مرتباً در حال افزایش بوده است (زلقی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای باعث ایجاد اثر گلخانه‌ای در کره زمین و گرم‌تر شدن هوای این کره شده است. مهم‌ترین این گازها،  $CO_2$ ،  $CH_4$ ،  $CO$  و  $N_2O$  می‌باشند (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۶). اندازه‌گیری جریان  $CO_2$  برای

ارزیابی چگونگی بهره‌برداری از خاک و چگونگی گرم شدن جهان و چرخه کربن بسیار مناسب است (مهدی‌پور و لندی، ۱۳۸۹). جریان‌های دی‌اکسید کربن خاک همچنین ممکن است به عملیات مدیریتی، شامل انتخاب گونه‌های محصولات زراعی، عملیات خاک‌ورزی و اضافه نمودن حاصلخیزکننده‌ها و کودها حساس باشند. اطلاع از اثر مدیریت بر روی جریان‌های دی‌اکسید کربن در خاک، نیازمند شناختن عملیاتی است که حاصل‌خیزی

می‌شود (آلوارو فیوننتز و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج پژوهش فیونی و مصدق (۱۳۸۰) نشان داد که روش بی‌خاک‌ورزی باعث افزایش ماده آلی خاک تا دو برابر نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم شده است. زاناتا و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۶) بیان می‌کند که سیستم‌های مدیریت حفاظتی می‌توانند ذخایر<sup>۷</sup> مواد آلی خاک را بهبود بخشند و در کاهش کربن اتمسفر سهمی باشند. اودراگو و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۵) دریافتند عملیات خاک‌ورزی پس از باران یا آبیاری سنگین در طی فصل رشد محصول به طور جدی باعث افزایش جریان CO<sub>2</sub> در خاک درشت بافتی می‌شوند که قبلاً طبق برنامه ذخیره حفاظتی (CRP)<sup>۹</sup> برای بیش از ۲۰ سال مدیریت و کشت شده‌اند. چونیان و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که تنفس CO<sub>2</sub> اکوسیستم به افزایش ورودی آب در طی دوره‌ی رشد گیاهی بسیار حساس است. اثر خاک‌ورزی پس از آبیاری یا بارندگی، بیشتر نمایان می‌شود. از این رو لازم است به منظور دقت در اندازه‌گیری‌های تصاعد یکساله دی‌اکسیدکربن و نیز به منظور ارزیابی اثر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی پس از بارندگی در طول دوره (به‌خصوص تحت شرایط نیمه‌خشک) انجام شود. فرانزلوبرز و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۰) گزارش کردند که جریان‌های یکساله دی‌اکسیدکربن خاک، از سیستم‌های زراعی مختلف، در تگزاس تفاوت مشخص ویا بالاتر از ۲۳٪ بیش‌تر در سیستم بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم دیسک خورده مرسوم نداشتند.

این تحقیق با هدف بررسی اثر دو روش آبیاری و دو روش خاک‌ورزی بر میزان تصاعد گاز گلخانه‌ای CO<sub>2</sub> در کشت گندم انجام شد.

خاک را حفظ کرده و تغییر و تبدیل کربن به دی‌اکسیدکربن را به تعویق می‌اندازد (الرت و جانزن<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹).

آلوارو فیوننتز و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) نتیجه گرفتند که میزان دی‌اکسید متصاعد شده از خاک پس از عملیات خاک‌ورزی از ۰/۱۷ تا ۰/۶ گرم بر متر مربع در هکتار متغیر بود که این مقدار ۳ تا ۱۵ برابر میزان آن قبل از انجام آن بوده است. بارکن و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) گزارش کردند که در خاک مورد مطالعه آن‌ها در طی پنج روز خیس کردن خاک تا نزدیک شرایط اشباع، حداکثر تصاعد دی‌اکسیدکربن از ۳۰ تا ۷۰ میلی‌گرم بر متر مربع در هکتار بود که این میزان را ۱۱ تا ۲۶٪ افزایش در تنفس خاکی به ترتیب برای هر دو تیمار آبیاری و بدون آبیاری مورد مطالعه گزارش کردند. این محققان مقدار تصاعد دی‌اکسیدکربن را ۸۲/۶ و ۲۶/۳ میلی‌گرم بر متر مربع در هکتار به ترتیب برای تیمارهای آبیاری و بدون آبیاری گزارش کردند. تنفس خاکی اصلی‌ترین پروسه‌ای است که باعث از دست رفتن کربن اکوسیستم می‌شود که حاصل این امر ترکیب اکسیژن با کربن خاک و تولید دی‌اکسیدکربن می‌باشد که در نتیجه این گاز وارد اتمسفر می‌شود (واکر و بوچانان<sup>۴</sup>، ۱۹۸۲).

آثار خاک‌ورزی بر تغییرات و تحرک کربن خاک پیچیده و متغیر است. سیستم خاک‌ورزی حداقل یا بدون خاک‌ورزی می‌تواند باعث ارتقاء ساختمان خاک و نیز افزایش ترسیب کربن در خاکهای تحت کشت شود. اثرگذاری این روشها به نوع خاک، نوع محصول و سیستم‌های مدیریت خاک‌ورزی بستگی دارد (سامبرو و بنیتو<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). خاک‌ورزی اغلب باعث افزایش جریان کوتاه مدت CO<sub>2</sub> از خاک به علت نوعی انتشار فیزیکی سریع CO<sub>2</sub> به‌دام انداخته شده در فضاهای خالی خاک

6- Zanatta *et al.*

7- Stocks

8- Oue'draogo *et al.*

9- Crop Reservation Program

10- Chunyan *et al.*

11- Franzluebbers *et al.*

1- Ellert and Janzen

2- Alvaro-Fuentes *et al.*

3- Borken *et al.*

4- Walker and Buchanan

5- Sombrero, A. and de Benito.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین به اجرا در آمده است که در شمال شرقی اهواز و در موقعیت جغرافیایی ۳۶ و ۳۱ درجه عرض شمالی و ۵۲ و ۴۸ درجه طول شرقی و در ارتفاع ۳۰ متری از سطح دریا قرار دارد. در مزرعه مورد مطالعه، ماش به عنوان پیش کاشت و نیز به منظور افزایش مواد آلی خاک کشت شد. این مطالعه در اراضی به مساحت یک هکتار صورت گرفت. بافت خاک مورد مطالعه لوم رسی<sup>۱</sup> بوده که برای تعیین آن، قبل از انجام عملیات خاک‌ورزی از پنج نقطه متفاوت خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری به عمل آمد. پس از هواخشک شدن، خرد کردن کلوخه‌ها و الک کردن آن‌ها با الک ۲ میلی‌متری، نمونه مرکب تهیه و در آزمایشگاه به روش هیدرومتری بافت خاک اندازه‌گیری شد. علاوه بر آزمایش‌های انجام شده بر روی خاک در ابتدای تحقیق و قبل از انجام عملیات خاک‌ورزی، در طول دوره مطالعه به همراه هر مرحله نمونه‌گیری از میزان تصاعد خاک، نمونه‌برداری از خاک به منظور تعیین درصد حجمی رطوبت خاک، صورت گرفت. جدول (۱) مشخصات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک مزرعه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

### مشخصات ماشین‌های خاک‌ورز مورد استفاده

جهت اجرای روش کم‌خاک‌ورزی، از خاک‌ورز مرکب و برای اجرا کردن روش خاک‌ورزی مرسوم از گاواهن برگردان‌دار ۳ خیش و دیسک افس استفاده گردید.

### روش آزمایش

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری در این روش از سیفون مستغرق استفاده شد. برای انحراف آب از نهر به شیارها، از سیفون پلاستیکی به قطرهای ۱/۲۵، ۱/۵ و اینچی استفاده شد. بار هیدرولیکی موثر آب در این روش

به کمک خط‌کش‌های مدرج ۵۰ سانتی‌متری تراز شده در بالادست و پایین دست سیفون، اندازه‌گیری شد. برای تعیین حجم آب تحویلی به شیارها و کرت‌ها، در طول مدت زمان آبیاری در بازه‌های زمانی مشخص دبی سنجی انجام شده و با حاصل ضرب مدت زمان در متوسط دبی در هر بازه زمانی، حجم آب در هر بازه زمانی تعیین و نهایتاً حجم کل از مجموع حجم‌های جزئی به‌دست آمد. میزان دبی عبوری از سیفون با معلوم بودن بار هیدرولیکی و قطر سیفون از منحنی‌های پیشنهادی موسسه USBR<sup>۲</sup> به‌دست آمد (USBR، ۱۹۸۴).

به‌منظور اندازه‌گیری هوای متصاعد شده از خاک از روش اتاقتک<sup>۳</sup> ساکن استفاده شد. اتاقتک‌ها از ظروف پلاستیکی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و حجم ۲ لیتر ساخته شده سپس در وسط بدنه این ظروف سه راهی مخصوص نمونه‌گیری و دماسنج نصب شد (شکل ۱).

اتاقتک‌ها در موقعیت‌های مختلف با توجه به تیمارها و نیز در فواصل مختلف زمانی (حداقل ۶ نوبت در طول دوره‌ی تحقیق و در مراحل مختلف رشد گیاه گندم) در مزارع نصب شدند. نمونه‌برداری از گاز درون اتاقتک‌ها با استفاده از سرنگ ۵۰ سی‌سی که در قسمت خروجی آن یک شیر آنژیوکت قرار داده شده بود، صورت گرفت. پس از آن، نمونه‌ها ظرف مدت حداکثر ۲۴ ساعت، به آزمایشگاه منتقل شده و گازهای موجود در نمونه‌ها و مقدار آن بر حسب پی‌پی‌ام حجمی، توسط دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) مجهز به حسگرهای TCD و FID، مدل UNICAM سری ۶۱۰، قرائت شد. سپس واحد پی‌پی‌ام حجمی قرائت شده توسط دستگاه از طریق رابطه (۱) زیر به میلی‌گرم بر متر مکعب گاز تبدیل شد.

$$V_m = (V_v)(12/187)(M_v) / (273/15 + t) \quad (1)$$

در این رابطه که برای تبدیل  $V_v$  (عدد قرائت شده دستگاه به ppm حجمی) به  $mg/m^3$  (میلی‌گرم در

2- United States Bureau of Reclamation  
3- Chamber

1- Clay loam

یاراحمدی و همکاران: اثر روش‌های خاکورزی و آبیاری بر تصاعد...

به ترتیب شامل: ۱- آذر ماه ۱۳۸۹، ۲- دی ماه ۱۳۸۹، ۳- بهمن ماه ۱۳۸۹، ۴- هشتم اسفند ۱۳۸۹، ۵- بیست و دوم اسفند ماه ۱۳۸۹ و ۶- فروردین ماه ۱۳۹۰.

### روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از قرائت گاز توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C در طرح آماری کرت‌های خرد شده در زمان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، از روش کوواریت مرکب، انجام گرفت. تیمارها شامل خاک‌ورزی حفاظتی، خاک‌ورزی مرسوم، آبیاری غرقابی و آبیاری نشتی بود.

مترمکعب) گاز مورد نظر می‌باشد ( $V_m$ )، مقدار  $t$  برابر دما بر حسب درجه سانتی‌گراد در هنگام نمونه‌برداری و  $M_v$  وزن مولی گاز مورد نظر است (۱، ۱۳، ۵ و ۲۲).

همزمان با نمونه برداری از گاز درون اتاقک‌ها، دمای خاک زیر اتاقک در دو عمق ۵ سانتی‌متر و ۱۰ سانتی‌متر نیز توسط دماسنج دیجیتال تستو اندازه‌گیری شد. دمای اتاقک نیز در هنگام نمونه‌گیری قرائت شد. در نهایت اعداد قرائت شده توسط دستگاه گازکروماتوگراف، از طریق معادله (۱) تصحیح دمایی شده و براساس میزان تصاعد کربن به فرم گاز مورد نظر بر حسب جرم در واحد حجم مورد محاسبه قرار گرفتند. زمان‌های نمونه‌برداری

### جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی اولیه خاک مورد آزمایش

واحد	مقدار به دست آمده	مشخصات خاک
-	لومی رسی	بافت خاک
-	۷/۶	pH
dS/m	۴/۴۳	EC
meq/lit	۱/۲۶	کلسیم محلول
meq/lit	۲/۳۴	Ca+Mg محلول
Cmol/100g	۱۲/۹۷	CEC
%	۰/۰۹	نیتروژن کل
mg/kg	۰/۰۴	فسفر قابل جذب
meq/100g	۱/۳	پتاسیم محلول
Meq/100g	۵۰/۳۲	سدیم محلول
%	۰/۱۹	مواد آلی



دماسنج با دقت یک درجه

سه راهی

مخصوص (stop cock)

شکل ۱: نمایی از اتاقک استفاده شده

جدول ۲- تجزیه کوواریانس اثر روش های خاک وورزی و آبیاری بر میزان تصاعد دی اکسید کربن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
زمان (L)	۵	۳۲۶۹۲۷۲/۵۱	۱۱۵/۰۰**
تکرار* (L)	۱۲	۳۰۷۴۵/۶۳	۱/۰۸ <sup>NS</sup>
خاک وورزی (A)	۱	۲۸۸۷۸۳۵/۸۱	۵۰۹/۳۴**
اثر متقابل (L*A)	۵	۴۴۱۷۸۹۱/۵۷	۷۷/۹۲**
خطای اصلی	۱۲	۵۶۶۹۵/۸۶	
آبیاری (B)	۱	۴۵۷۲۶۴۱/۴۲	۹۱/۳۳**
اثر متقابل (L*B)	۵	۱۰۰۴۵۴۸/۰۵	۲۰/۰۶**
اثر متقابل (A*B)	۱	۳۰۴۵۷۲۶/۶۲	۶۰/۸۳**
اثر متقابل (L*A*B)	۵	۱۳۷۹۸۲۴/۰۸	۲۷/۵۶**
کوواریانس	۱	-۰/۰۰۰	-۰/۰۰۰
خطای فرعی	۲۴	۵۰۰۶۶/۵۰	

ضریب تغییرات: ۱۲/۷۲٪، \* سطح معنی داری ۵٪، \*\* سطح معنی داری ۱٪، NS عدم معنی داری

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه کوواریانس، معنی دار بودن اثر هر ۳ عامل خاک وورزی، روش کشت و مراحل نمونه برداری را بر روی میزان تصاعد CO<sub>2</sub> در سطح ۱٪ نشان داد (جدول ۲). نتایج نشان داد که روش خاک وورزی مرسوم به مقدار ۶۷ درصد باعث تصاعد دی اکسید کربن بیش تری نسبت به روش خاک وورزی حفاظتی در سطح معنی داری ۱٪ شد. اثر خاک وورزی بر تصاعد دی اکسید کربن را می توان به عوامل مختلفی نسبت داد از جمله: سیستم های بی خاک وورزی یا کم خاک وورزی (خاک وورزی حفاظتی) باعث ایجاد نوعی پوشش دائمی یا نیمه دائمی بر سطح خاک می گردد که این پوشش حاصل از پوشش گیاهی زنده یا مرده و نیز پسماند های حاصل از مالچ یا کود سبز می باشد. این عمل باعث ایجاد نوعی حفاظت فیزیکی در مقابل عمل خورشید، باران، باد و نیز تغذیه بهتر موجودات زنده خاکی می شود که نتیجه همه این عوامل، حفظ و بهبود محتوای کربن و مواد آلی خاک و تصاعد کمتر آن به شکل دی اکسید کربن می باشد. همچنین خاک وورزی باعث افزایش تنفس خاک و در نتیجه از دست رفتن کربن بیشتر از خاک می شود. شخم عمیق باعث ترکیب بقایای گیاهی با خاک و در نتیجه ورود هوای بیشتری به خاک می شود که نتیجه آن افزایش فعالیت باکتری های اکسید کننده و تصاعد بیشتر دی اکسید کربن از

خاک می گردد. به علاوه در طی عملیات خاک وورزی، منافذ و خلل و فرج خاک شکسته شده و این باعث رها سازی دی اکسید کربنی می شود که قبلا در اثر فعالیت میکروبی و تنفس خاکی ایجاد شده اند.

نتایج نشان دادند که تصاعد دی اکسید کربن در روش خاک وورزی مرسوم بیشتر از روش کم خاک وورزی بوده است که دلیل این افزایش می توان به اثر خاک وورزی بر ایجاد شرایط تهویه ای بهتر، دمای بیشتر، و خشک شدن سریع تر و شکستگی در خاک دانه ها و خلل و فرج خاک نسبت داد که این نتایج با تحقیقات لایفنگ و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) هم خوانی دارد.

آلبرتی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که روش خاک وورزی مرسوم باعث از دست رفتن کربن زیادی نسبت به روش بی خاک وورزی می شود که مقدار آن را ۰/۸ تن کربن در هکتار در سال گزارش کرد. همچنین دریافت که خاک وورزی باعث افزایش تنفس خاک و در نتیجه از دست رفتن کربن بیشتر از خاک می شود که این مقدار را ۱/۵ تن کربن در هکتار برای خاک وورزی مرسوم در مقابل ۰/۷ تن کربن در هکتار در روش خاک وورزی حفاظتی گزارش

1- Lifeng et al.

2- Alberti et al.

دی‌اکسیدکربن با متوسط ۲۵۹۲ میلی‌گرم در متر مکعب را داشته و بیشترین اختلاف معنی‌دار را با تمام تیمارهای دیگر در سطح ۵٪ نشان داد. پس از آن تیمار خاک‌ورزی مرسوم-آبیاری نشتی با متوسط ۱۷۲۲ میلی‌گرم در متر مکعب تصاعد بیشتری نسبت به روش خاک‌ورزی حفاظتی-آبیاری غرقابی با متوسط ۱۴۳۵ میلی‌گرم در متر مکعب داشت و در نهایت خاک‌ورزی حفاظتی-آبیاری نشتی، کمترین میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن را نشان داد که مقدار آن ۱۱۴۳ میلی‌گرم در متر مکعب بود و با یکدیگر تفاوت داشتند ( $p \leq 0.05$ ) (شکل ۲).

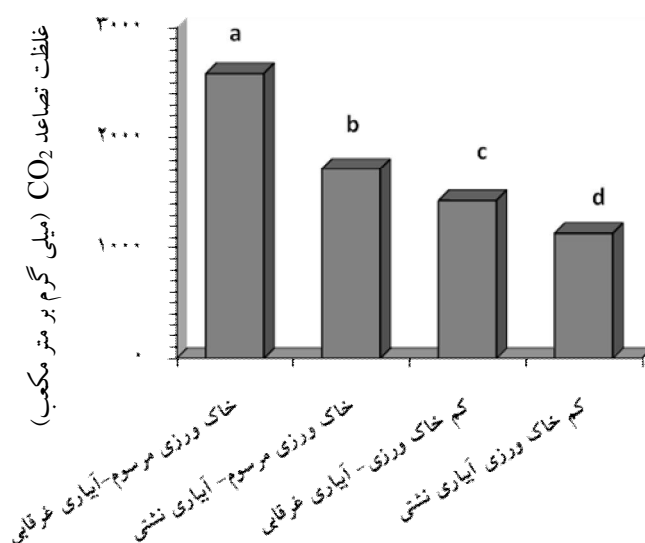
نتایج حاصل از تحقیقات ساینجو و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که اثر خاک‌ورزی بر تصاعد دی‌اکسیدکربن پس آبیاری یا بارش سنگین در روش خاک‌ورزی، ۱/۵ تا ۲/۵ بار بیشتر از میزان تصاعد در سیستم بدون شخم بود.

در مقایسه میانگین‌های اثر متقابل زمان و خاک‌ورزی، روش خاک‌ورزی مرسوم در سومین دور آبیاری اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱٪ نسبت به تیمارهای دیگر نشان داد. دلیل این اختلاف را می‌توان این دانست که در این مرحله گیاه در حال ورود به مرحله خوشه زنی، و در مرحله بوتینگ قرار داشت که در این مرحله از رشد، گیاه دارای سرعت رشد بالایی می‌باشد که در نتیجه آن میزان تنفس گیاه بالا می‌رود همچنین در سیستم خاک‌ورزی مرسوم به دلیل به هم خوردگی بیشتر خاک، امکان تنفس بیشتری برای گیاه جود داشته به علاوه این مرحله نمونه‌برداری یک روز پس از آبیاری صورت گرفت و در این دور آبیاری تیمار خاک‌ورزی مرسوم بیشترین حجم آب مصرفی را نسبت به سایر مراحل دیگر داشت، در صورتی که حجم آب مصرفی برای تیمار خاک‌ورزی مرسوم نسبت به دیگر مراحل در مقدار حداکثر نبوده است. پس از آن روش خاک‌ورزی مرسوم در مراحل اول و دوم نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری در هر دو سطح ( $p \leq 0.05$ ) نسبت به تیمارهای دیگر نشان دادند در صورتی که تفاوت آن‌ها با یکدیگر معنی‌دار نشد (شکل ۳).

کرد. ساینجو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که خاک‌ورزی باعث ۵۸٪ افزایش در تصاعد دی‌اکسیدکربن می‌شود.

در مورد اثر آبیاری بر تصاعد دی‌اکسیدکربن نیز نتایج حاصل از تحقیق بیانگر اثر افزایشی روش آبیاری غرقابی بر تصاعد دی‌اکسیدکربن نسبت به روش آبیاری نشتی بود که این مقدار در این تحقیق ۴۱۱/۵۳ میلی‌گرم در متر مکعب به دست آمد که این اختلاف معادل ۳۳٪ می‌باشد. می‌توان چنین نتیجه گرفت که با ورود آب به خاک، به خصوص خاکی که به تازگی در معرض عملیات شخم قرار گرفته باشد، آب جایگزین هوای درون منافذ خاک شده و در نتیجه نوعی به هم خوردگی در تعادل آب و هوای خاک ایجاد می‌شود و هرچه حجم آب بیشتری وارد خاک شود، به همان نسبت دی‌اکسیدکربن بیشتری نیز از خاک رها و وارد اتمسفر می‌گردد. به همین دلیل در روش آبیاری غرقابی که حجم آب مصرفی در آن بیشتر از آبیاری نشتی است، تصاعد دی‌اکسیدکربن بیشتری مشاهده شد. که با یافته‌های جابرو و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) هم‌خوانی دارد. نتایج تحقیقات ساینجو و همکاران (۲۰۰۵) در یک خاک شنی لومی در داکوتای شمالی، نشان داد که روش آبیاری در مقابل بدون آبیاری باعث افزایش ۲۸ درصد تصاعد دی‌اکسیدکربن شد. همچنین ماریکو و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۷) دریافتند که تصاعد دی‌اکسیدکربن در طی یک روز پس از عملیات آبیاری ۵۰ درصد بیشتر از کرت‌های بدون آبیاری بود. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دو تیمار خاک‌ورزی و آبیاری توسط آزمون دانکن نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری بین هر چهار تیمار خاک‌ورزی مرسوم-آبیاری غرقابی، خاک‌ورزی مرسوم-آبیاری نشتی، خاک‌ورزی حفاظتی-آبیاری غرقابی و خاک‌ورزی حفاظتی-آبیاری نشتی در سطح معنی‌داری ۵٪ و ۱٪ بود (شکل ۲). اثر متقابل خاک‌ورزی مرسوم و آبیاری غرقابی بیشترین مقدار تصاعد

- 1- Sainju *et al.*
- 2- Jabro *et al.*
- 3- Mariko *et al.*



شکل ۲: اثر متقابل خاک‌ورزی و آبیاری بر تصاعد CO<sub>2</sub>

نتیجه‌گیری شد که بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار چهارمین مرحله نمونه‌برداری رخ داده است. میانگین تصاعد در این مرحله، با تمام مراحل بعدی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ( $p \leq 0.05$ ) نشان داد (شکل ۵)؛ که دلیل آن نیز تبادل بیشتر تر هوای خاک با آب در اثر اعمال سیستم‌های خاک‌ورزی و عملیات آبیاری و نیز بیش‌ترین میزان تنفس گیاه در این مرحله از رشد یعنی شروع به خوشه رفتن بوده است که نتیجه آن رها سازی بیشتر دی‌اکسیدکربن از خاک به اتمسفر می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که مراحل رشد گیاه از طریق افزایش فعالیت‌های تنفسی ریشه و میکروبی در خاک، بر افزایش تصاعد دی‌اکسیدکربن موثر است. این یافته با نتایج مورل و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد.

دلیل بالاتر بودن تصاعد دی‌اکسیدکربن در مراحل ۱، ۲، ۴، و ۶ نمونه‌برداری نسبت به مراحل دوم و سوم، هم‌زمان بودن نمونه‌برداری با عملیات آبیاری در این مراحل بود. همان‌گونه که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، زمان ششم در مقایسه با ۳ زمان دیگر آبیاری (۱، ۲ و ۴)، تصاعد کمتری داشته است. در ۳ مرحله اول آبیاری (۱، ۲ و ۴)،

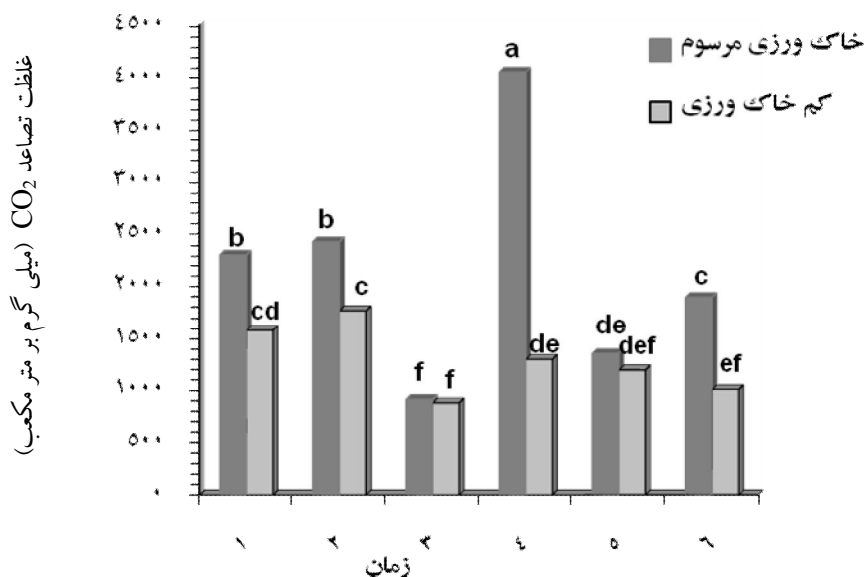
اثر متقابل زمان و آبیاری بر تصاعد CO<sub>2</sub> در شکل (۴) آمده است. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل زمان و آبیاری بر تصاعد دی‌اکسیدکربن تفاوت معنی‌داری را در تیمار آبیاری غرقابی در چهارمین مرحله نمونه‌برداری که یک روز پس از سومین دور آبیاری بود، با دیگر مراحل نمونه‌برداری نشان داد. به‌طور کلی ثابت شده است که در مناطق نیمه خشک رطوبت خاک و ورود آب به خاک نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک به اتمسفر دارد. مورل و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) به نتایج مشابهی دست یافتند. به‌دلیل این‌که در تیمار مورد مطالعه در این مرحله حجم بالایی از آب در چهارمین مرحله مصرف شد؛ در نتیجه‌ی ورود حجم زیاد آب به خاک، رهاسازی دی‌اکسیدکربن نیز به مقدار زیادی صورت گرفت. پس از آن تیمارهای آبیاری غرقابی در مراحل اول و دوم نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را با سایر مراحل نشان دادند؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری بایگدیگر در آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۴). با مقایسه میانگین‌های اثر زمان بر تصاعد دی‌اکسیدکربن، چنین

1- Morell, et al.

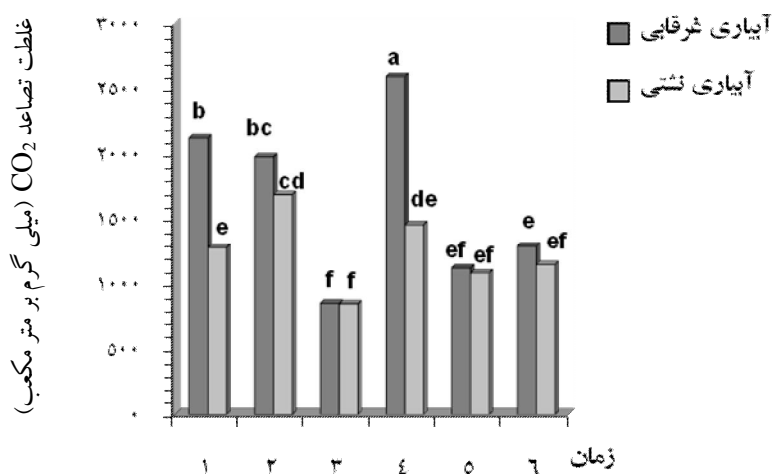
یاراحمدی و همکاران: اثر روش‌های خاک‌ورزی و آبیاری بر تصاعد...

کاسته شد؛ اما هم‌چنان به دلیل ترشحات بالای ریشه گیاه مقدار زیادی از کربن به صورت دی‌اکسید کربن متصاعد می‌شود که این می‌تواند به دلیل اکسیداسیون متان در ناحیه اکسیدی خاک باشد.

نمونه برداری از گازهای خاک یک روز پس از عملیات آبیاری صورت گرفت؛ اما در دور چهارم آبیاری یعنی زمان ششم، نمونه‌برداری بلافاصله پس از آبیاری صورت گرفت. در این مرحله به دلیل ایجاد شرایط احیایی خاک و محدود شدن شرایط اکسیدی در قسمت‌های سطحی خاک، تا حدودی از میزان تصاعد دی‌اکسید کربن

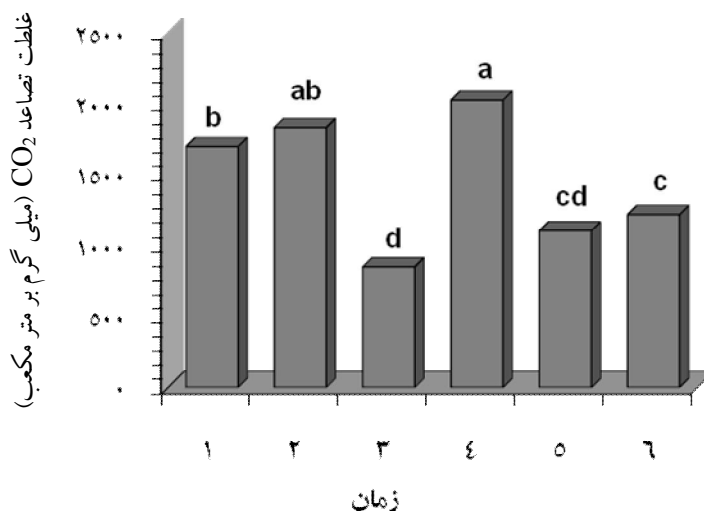


شکل ۳: مقایسه میانگین‌های اثر متقابل زمان و خاک‌ورزی بر تصاعد CO<sub>2</sub>



شکل ۴: اثر متقابل زمان و آبیاری بر تصاعد CO<sub>2</sub>





شکل ۵: مقایسه میانگین‌های اثر زمان بر تصاعد CO<sub>2</sub>

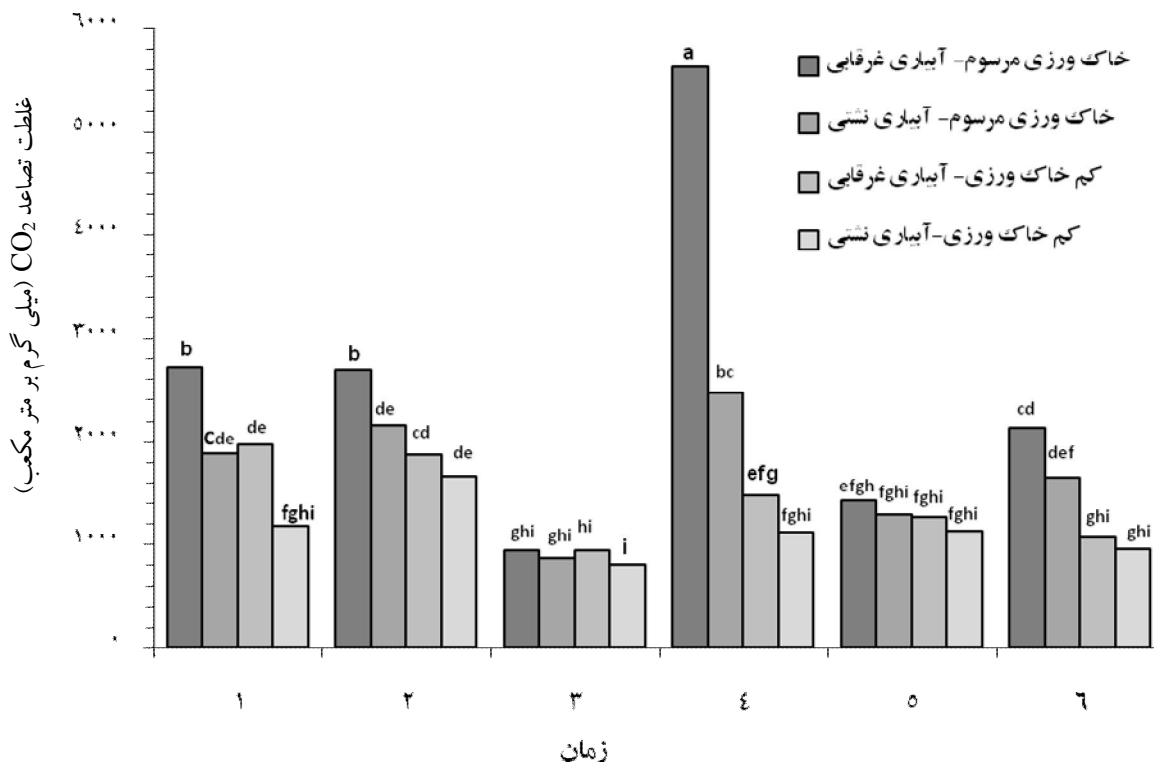
به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهند که عملیات خاک‌ورزی اثر کمی بر دما و مقدار آب خاک داشته است.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل ۳ عامل خاک‌ورزی، آبیاری و زمان، نشان می‌دهد که روش خاک‌ورزی مرسوم-آبیاری غرقابی در مرحله چهارم نمونه برداری در سطح معنی‌داری ۱٪ با سایر میانگین‌ها اختلاف دارد. و پس از آن بازه، تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم-آبیاری غرقابی دارای تفاوت معنی‌داری با سایر میانگین‌ها بود ولی این دو با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۶).

به دلیل وجود رقابت بین بوته‌ای و همچنین سرعت بالای رشد گیاه، تنفس گیاه بالا رفته علاوه بر آن به دلیل ورود حجم زیاد آب در این مرحله در اثر آبیاری، تصاعد دی‌اکسیدکربن افزایش یافته است. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که اثر خاک‌ورزی بر تصاعد دی‌اکسیدکربن پس از ورود آب به خاک بیش‌تر می‌شود که این نتایج با یافته‌های مورل<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد (شکل ۶).

در سومین مرحله نمونه‌برداری که در بهمن‌ماه صورت گرفت، به دلیل پایین بودن دما فعالیت میکروارگانیسم‌ها به حداقل رسید، در نتیجه میزان رها سازی دی‌اکسید کربن نسبت به دیگر مراحل کمتر بوده است.

به نظر می‌رسد افزایش سریع در در تصاعد دی‌اکسیدکربن از خاک بلافاصله پس از خاک‌ورزی، دلیل آزاد شدن دی‌اکسیدکربن حاصل از فعالیت‌های قبلی میکروارگانیسم‌ها که در خلل و فرج موجود در خاک بدام افتاده است، می‌باشد نه بدلیل افزایش فعالیت‌های در جای میکروارگانیسم‌ها؛ و تولید در جای دی‌اکسیدکربن و در کنار این عامل، خاک‌ورزی باعث تسریع در تجزیه ماده آلی خاک می‌گردد. همچنین افزایش سریع در میزان تصاعد دی‌اکسیدکربن پس از آبیاری، در نتیجه دو فرآیند حاصل می‌شود؛ نخست: یک افزایش فیزیکی در رها سازی دی‌اکسیدکربن به‌دام انداخته شده در ساختار خاک و در پی ورود آب به درون منافذ آن، و دوم: به دلیل یک اثر برانگیختگی در فعالیت‌های میکروبی خاک. (آلوارو فیونتر و همکاران، ۲۰۰۴؛ و ریکوسکی و همکاران<sup>۱</sup> ۱۹۹۷).



شکل ۶: اثر میانگین متقابل ۳ عامل زمان، خاک‌ورزی و آبیاری بر تصاعد CO<sub>2</sub>

مشاهده می‌شود که به طور کلی روش‌های خاک‌ورزی مرسوم نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی باعث تصاعد بیشتر CO<sub>2</sub> می‌گردد که این امر در کشت‌های آبی می‌تواند به دلیل مصرف حجم آب بیشتر در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی باشد. طی این تحقیق مشخص شده است که ترکیب روش خاک‌ورزی حفاظتی توأم با روش کاشت جوی و پشته‌ای باعث حداقل میزان تصاعد کربن می‌شود؛ بنابراین مدیریت صحیح مزرعه و انتخاب روش‌های مناسب شخم و کشت علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری به‌خصوص در کشور ایران که بیش‌ترین میزان آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود می‌تواند؛ به ذخیره کربن آلی و کاهش هدر رفت آن به صورت گازهای گلخانه‌ای کمک کند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به این که سطح زیادی از اراضی کشاورزی به گندم اختصاص دارد و اهمیت آن به عنوان غذای اصلی بشر و نیاز به تولید آن شدیداً احساس می‌شود، می‌توان با مدیریت صحیح از جمله حفظ و نگهداری بقایای گیاهی بر خاک از طریق اعمال سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی که در آن‌ها اختلاط کمتر خاک و در نتیجه حفظ و بهبود مواد آلی در خاک صورت می‌گیرد، همچنین به دلیل اثرات خاک‌ورزی حفاظتی بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری و نیز افزایش عملکرد محصول، از چنین سیستم‌هایی استفاده کرد که در نهایت به افزایش ورود کربن به خاک و کاهش خروج آن به صورت گاز گلخانه‌ای نیز کمک می‌کنند.

### منابع

- ۱- افیونی، م.، مصدقی، م.، ۱۳۸۰. اثر روش های خاک ورزی بر ویژگی های فیزیکی خاک و حرکت برومید. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۵۲-۳۹: (۲)۵.
- ۲- زلفی، ر.، عامری خواه، ه. و لندی، ا. ۱۳۸۸. بررسی میزان تصاعد گازهای گلخانه ای CO<sub>2</sub> و CH<sub>4</sub> از خاک های زیر کشت برنج و گندم در منطقه ی آب تیمور. مجله ی محیط شناسی، ۳۵(۴۹): ۱۶-۹.
- ۳- مهدی پور، ل. و لندی، ا. ۱۳۸۹. تاثیر کاربری های مختلف اراضی بر تصاعد گازهای گلخانه ای. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۴(۵۲).
- ۴- مهدی پور، ل. لندی، ا. و عامری خواه، ه. ۱۳۸۶. مقایسه ی اثر کاربری های مختلف اراضی بر تصاعد گازهای گلخانه ای (CO<sub>2</sub>) در اراضی شمال خوزستان. دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج، پردیس، کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- 5- Alberti, G., Peressotti, A., Zuliani, M. and Delle Vedove, G. 2010. Carbon fluxes in agriculture -First results on the effects of land use change (cropland to grassland) and management. Greenhouse-gas budget of soils under changing climate and land use (BurnOut) COST, (639): 57-61.
- 6- Alvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C., López, M.V. and Arrúe, J.L. 2007. Soil carbon dioxide fluxes following tillage in semiarid mediterranean agroecosystems. Soil and Tillage Research journal, (96): 331-341.
- 7- Álvaro, J., López, M., Gracia, R. and Arrúe, J. 2004. Effect of tillage on thort-term CO<sub>2</sub> emissions from a loam soil in semiarid Aragon (NE Spain). Options Méditerranéennes. Serie A, Séminaires Méditerranéens (CIHEAM), (60): 51-54.
- 8- Borke, w., Davidson, E. A., Savage, K. Gaudinski, J. and Trumbore, S. E. 2003. Drying and wetting effects on carbon dioxide release from organic horizons. Soil Science Society of America. Journal, (677): 1888-1896.
- 9- Chunyan, L., Holst, J., Bruggemann, N., Butterbach-Bahl, K., Zhisheng, Y., Shenghui, H., Xingguo, H. and Xunhua, Z. 2008. Effects of Irrigation on Nitrous Oxide, Methane and Carbon Dioxide Fluxes in an Inner Mongolian Steppe. Advances in Atmospheric sciences, (5): 748-756 .
- 10- Ellert, B.H. and Janzen, H.H. 1999. Short-term influence of tillage on CO<sub>2</sub> fluxes from a semi-arid soil on the Canadian Prairies, Soil and Tillage Research journal. (50): 21-32.
- 11- Franzluebbers, A.J., R.L. Haney, C.W. Honeycutt, H.H. Schomberg and F.M. Hons. 2000. Flush of carbon dioxide following rewetting of dried soil relates to active organic pools. Soil Science Society of Amrica Journal, (64): 613-623.

- 12- Jabro, J.D., Sainju, U., Stevens, W.B. and Evans, R.G. 2008. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *Journal of Environmental Management*, (88): 1478–1484.
- 13- Lifeng, H., Fu, C., Hongwen, L., Xuemin, Z., Lin, l., wenyong, L. and Kuhn, N. J. 2008. Carbon dioxide emissions after application of different tillage systems for loam in northern china.
- 14- Mariko, S., Urano, T. and Asanuma, J. 2007. Effects of irrigation on CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes from Mongolian steppe soil. *Journal of Hydrology*, (333): 118– 123.
- 15- Morell, F.J., Alvaro-Fuentes, J., Lampurlanes, Journal. and Cantero-Martinez, C. 2010. Soil CO<sub>2</sub> fluxes following tillage and rainfall events in a semiarid mediterranean agroecosystem: Effects of tillage systems and nitrogen fertilization. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (139): 167–173.
- 16- Morell, F., Cantero-Martínez, C., Lampurlanés, J., Plaza-Bonilla, D. and Álvaro-Fuentes, J. 2011. Soil carbon dioxide flux and organic carbon content: effects of tillage and nitrogen fertilization. *Soil Science Society of Amrica Journal*, (75): 1874–1884.
- 17- Oue'draogo, E., Mando, A., and Stroosnijder, L. 2005. Effects of tillage, organic resources and nitrogen fertilizer on soil carbon dynamics and crop nitrogen uptake in semi-arid West Africa. *Soil and Tillage Research journal*, (91): 57–67.
- 18- Reycosky, D., Dugas, W. and Torbent, H. 1997. Tillage-induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. *Soil and Tillage Research journal*, (41): 87-104.
- 19- Sainju, U. M., Jabro, J. D. and Stevens, W. B. 2005. Soil carbon dioxide emission as influenced by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. *Workshop on Agricultural Air Quality*, (65): 1086-1098.
- 20- Sombrero, A. and de Benito, A. 2010. Carbon accumulation in soil. Ten-year study of conservation tillage and crop rotation in a semi-arid area of Castile-Leon. *Soil and Tillage Research journal*, (107): 64-70.
- 21- USBR. 1984. Water measurment manual. Denver. Revised Reprinted. P. 327.
- 22- Walker, R. H., and G. A. Buchanan. 1982. Crop manipulation in integrated weed management systems. *Weed Sci*, (30): 17-29.
- 23- Zanatta, J., Bayer, C., Dieckow, J., Vieira, F. and Mielniczuk, J. 2007. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. *Soil and Tillage Research journal*, (94): 510–51.