

## بررسی تغییرات ماهانه و فصلی مقادیر تصاعد کربن در

### شدت‌های مختلف چرای دام

#### (مطالعه موردی: مراتع قوشه، استان سمنان)

- ❖ احمد صادقی پور\*؛ استادیار دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان
- ❖ نادیا کمالی؛ دانشجوی دکتری مرتع‌داری، دانشگاه تهران
- ❖ پریا کمالی؛ دانشجوی دکتری مرتع‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ❖ حامد جنیدی جعفری؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

#### چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی تغییرات ماهانه و فصلی میزان تصاعد دی‌اکسید کربن از خاک در شدت‌های مختلف چرای دام از مراتع انجام شد. سه منطقه شامل مراتع قرق (شاهد)، مراتع با چرای کم، و مراتع با چرای شدید در منطقه قوشه سمنان انتخاب شد. در هر یک از مناطق تصاعد کربن به روش تله قلیایی در اتاقک بسته ساکن به صورت ماهانه و به مدت یک سال اندازه‌گیری شد. داده‌های مربوط به مقادیر تصاعد و چرای، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار تجزیه و تحلیل شد. همچنین، برای بررسی ارتباط فاکتورهای دما و رطوبت خاک با تغییرات تصاعد کربن در هر منطقه، با توجه به شرایط داده‌ها، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج نشان داد در منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان تصاعد کربن از خاک در مردادماه و کمترین آن در بهمن‌ماه صورت گرفته است. همچنین، بین میزان تصاعد در اراضی تحت شدت‌های مختلف چرای اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بیشترین میزان تصاعد در اراضی با چرای شدید در مردادماه (۳/۳۴ گرم کربن در متر مربع در روز) و کمترین آن در بهمن‌ماه (۰/۰۳۳ گرم بر متر مربع در روز) در اراضی قرق اتفاق افتاده است. از نظر توزیع فصلی، بیشترین مقدار تصاعد به ترتیب در تابستان، پاییز، بهار، و زمستان مشاهده شد. همچنین، بین تصاعد کربن مناطق مختلف مورد مطالعه با رطوبت خاک همبستگی منفی وجود دارد.

واژگان کلیدی: تصاعد کربن، تله قلیایی، چرای دام، سمنان، قرق، قوشه.

## مقدمه

تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای (GHG) در اتمسفر است و کربن عمده‌ترین جزء گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود [۱۵]. افزایش دمای کره زمین مهم‌ترین چالش در رسیدن به توسعه پایدار در قرن حاضر به‌شمار می‌رود [۱۲]. در طی قرون گذشته فعالیت‌های بشری، مانند سوزاندن سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی، تبدیل مراتع به زراعت، و سایر تغییر کاربری‌ها، سبب افزایش تراکم دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای در جو زمین شده است [۹]. برای کم کردن غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، می‌توان آن‌ها را به صورت کربن آلی در خاک حبس کرد. ذخیره و حبس کربن آلی در خاک نسبت به نحوه مدیریت و کاربری اراضی فوق‌العاده حساس است [۲۵]. تصاعد کربن به روندی گفته می‌شود که در آن کربن به صورت ترکیبات مختلف (به‌طور عمده  $\text{CO}_2$ ،  $\text{CH}_4$ ) در اثر تنفس ریشه گیاهان، تنفس قارچ‌های موجود در خاک، و فعالیت و تنفس میکروارگانیسم‌های موجود در خاک از خاک به اتمسفر بازگردد [۳]. اندازه‌گیری جریان دی‌اکسید کربن برای ارزیابی چگونگی بهره‌برداری از خاک و چگونگی گرم‌شدن جهان و چرخه کربن بسیار مناسب است [۲۵]. به‌طور کلی، تصاعد کربن فرایند بازگشت کربن تثبیت‌شده توسط گیاهان در خاک و مجدداً از خاک به اتمسفر طی شرایط تنفس خاک است [۲۱، ۲۴]. خاک انبار بزرگی برای دی‌اکسید کربن به‌شمار می‌رود. 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 [۱]. توقف کربن در خاک‌ها و اراضی زراعی و جلوگیری از تصاعد آن از

خاک در پیمان کیوتو به عنوان روشی بدون محدودیت از نظر حجم کربن ذخیره‌شده (تناژ) پذیرفته شد. هرچند که سهم خاک در جلوگیری از اثر گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی راه‌حلی طولانی‌مدت نیست، روشی سریع به‌شمار می‌رود که می‌تواند تا پیداشدن روش‌ها و راهکارهای بهتر کاهش انتشار  $\text{CO}_2$  وقت کافی در اختیار بشر قرار دهد [۱۴]. اهمیت حفاظت خاک، به‌ویژه در لایه‌های سطحی، در جهت کاهش هدررفت کربن ترسیب‌شده در اکوسیستم است، زیرا جبران صدمات ناشی از هدررفت کربن خاک در یک اکوسیستم، به‌ویژه در صورت وجود محدودیت‌های محیطی، نظیر کمبود بارش و فقر خاک، بسیار به‌گندی صورت خواهد گرفت [۱۰، ۲۶]. تغییر کاربری اراضی تأثیر زیادی در اکسیداسیون کربن سطحی خاک و افزایش انتشار  $\text{CO}_2$  و سایر گازها به اتمسفر دارد [۲]. سطح اراضی مورد چرای جهان در حدود ۳۲۰۰ میلیون هکتار تخمین زده شده است؛ در این اراضی ذخیره کربن آلی خاک ۲۰۰ - ۴۲۰ گیگاتن است و همچنین ۴۷۰ - ۵۵۰ گیگاتن کربنات در عمق یک متری خاک ذخیره شده است [۵]. همچنین، سطح مراتع ایران حدود ۹۰ میلیون هکتار و تعداد دام معادل ۱۳۳ میلیون واحد دامی گزارش شده است [۶]. با توجه به سطح وسیع مراتع ایران و همچنین تعداد دام، توجه به نقش چرای دام در میزان تصاعد کربن ضروری است. خاک مراتع مناطق خشک قابلیت جذب مقدار قابل توجهی دی‌اکسید کربن در حین بارش‌های سالانه، با وجود کمبود این بارش‌ها، را داراست؛ با مدیریت صحیح می‌توان از بازگشت این گاز از خاک به اتمسفر جلوگیری کرد [۲۳]. چرای دام در مراتع باعث تغییر در میزان تبادلات گازی بین خاک و اتمسفر می‌شود [۱۸]. تغییرات فصلی به دلیل تغییرات رطوبتی و دمایی در میزان تبادلات کربن بین خاک و اتمسفر

مراتع با چرای کم، و مراتع با چرای شدید. با توجه به همگنی و نرمال بودن داده‌ها از همبستگی پیرسون استفاده شد.

### نتایج

بررسی نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که بین تصاعد کربن مناطق مختلف مورد مطالعه با رطوبت همبستگی وجود دارد و نوع همبستگی نیز از نوع منفی است، یعنی با کاهش رطوبت میزان تصاعد کربن افزایش می‌یابد و بالعکس. همچنین، بررسی نتایج همبستگی تغییرات تصاعد کربن با دما در هیچ یک از مناطق مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج حاصل از همبستگی بین تصاعد کربن و فاکتورهای دما و رطوبت

منطقه مورد مطالعه	رطوبت	دما
قرق	*-۰٫۶۶۰	۰٫۵۶۶
چرای کم	*-۰٫۶۲۱	۰٫۵۶۹
چرای شدید	*۰٫۶۳۵	۰٫۵۰۱

\* اختلاف معنی‌دار در سطح ۰٫۰۵

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر ماه‌های مختلف و چرا بر میزان تصاعد کربن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر ماه‌های مختلف سال، چرا، و اثر متقابل آن‌ها بر میزان تصاعد کربن در سطح یک درصد معنی‌دار است.

نتایج نشان داد اثر چرا در میزان تصاعد کربن در مناطق مورد مطالعه معنی‌دار است. بیشترین میزان تصاعد کربن در شدت چرای شدید اتفاق افتاده است و کمترین آن مربوط به مناطق قرق است. البته، این روند در شهریورماه صادق نبوده است؛ در این ماه میزان تصاعد در منطقه قرق بیش از منطقه با شدت چرای کم است.

مؤثر است [۲۷]. بنابراین، در مطالعه حاضر به بررسی تغییرات ماهانه و فصلی مقادیر تصاعد کربن در شدت‌های مختلف چرای دام پرداخته شد.

### روش شناسی

برای دستیابی به اهداف تحقیق، مراتع منطقه قوشه استان سمنان در نظر گرفته شد. این منطقه شامل دشتی هموار در ۷ کیلومتری جنوب روستای قوشه است و در منطقه پنج‌کوه به مختصات ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۰۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. شیب عمومی منطقه ۱ تا ۳ درصد و در جهت شمالی است. متوسط بارش سالیانه ۱۳۸٫۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶٫۳ درجه سانتی‌گراد است. سه منطقه شامل مراتع قرق (شاهد)، مراتع با چرای کم، و مراتع با چرای شدید در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۰ صورت گرفت.

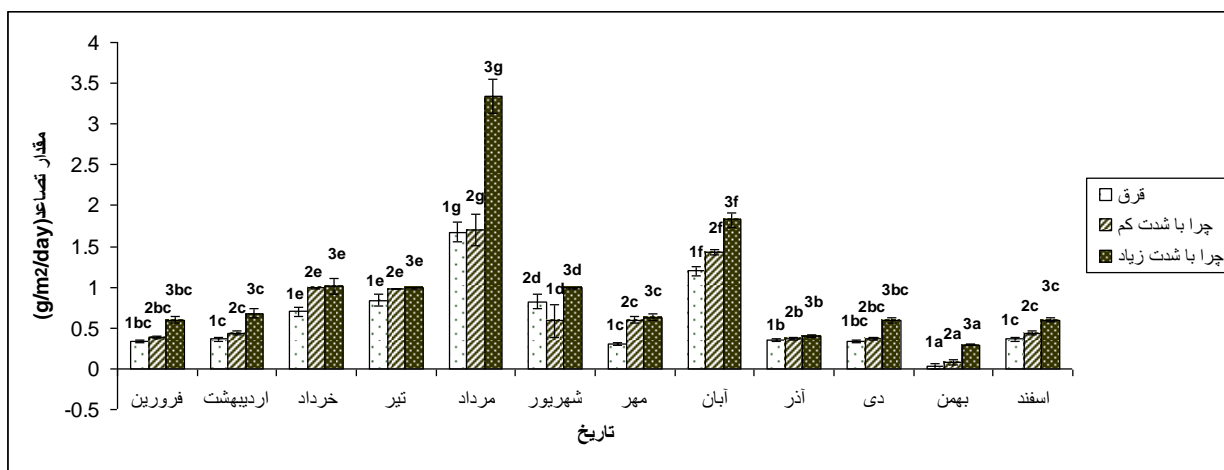
نمونه برداری جهت تعیین میزان تصاعد کربن از خاک در هر منطقه به صورت ماهانه (پانزدهم هر ماه)، به مدت یک سال، به کمک تله‌های قلیایی و با روش اتاکن بسته ساکن<sup>۱</sup> (CSC)، با استفاده از NaOH نرمال صورت گرفت؛ بدین صورت که در هر تیمار چهار نمونه اندازه‌گیری به مدت ۲۴ ساعت در صحرا قرار داده شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه به سرعت با HCl نرمال آزمایش شدند.

نمونه برداری برای تعیین رطوبت به روش وزنی صورت گرفت. داده‌های دمای منطقه با توجه به آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان دامغان در سال ۱۳۹۰ به دست آمد. مطالعات توسط آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار صورت گرفت. برای بررسی تأثیر فاکتور دما و رطوبت در تغییرات تصاعد کربن در سه منطقه قرق،

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر ماه و چرا بر تصاعد کربن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
تاریخ (ماه)	۱۱	۳,۹۶۵	۳۲۲,۸۱۶	۰,۰۰۰**
چرا	۲	۱,۹۹۹	۱۶۲,۷۷۸	۰,۰۰۰**
ماه*چرا	۲۲	۰,۲۵۳	۲۰,۶۰۸	۰,۰۰۰**
خطا	۱۰۸	۰,۰۱۲		

\*\* معنی دار در سطح ۰,۰۱



شکل ۱. اثر متقابل ماه‌های مختلف سال و چرا بر میزان تصاعد کربن (حروف نشان‌دهنده اختلاف میزان تصاعد ماه‌هاست و اعداد نشان‌دهنده اختلاف بین شدت‌های چرا)

میزان  $0,033$  (گرم بر متر مربع در روز) و در اراضی قرق اتفاق افتاده است.

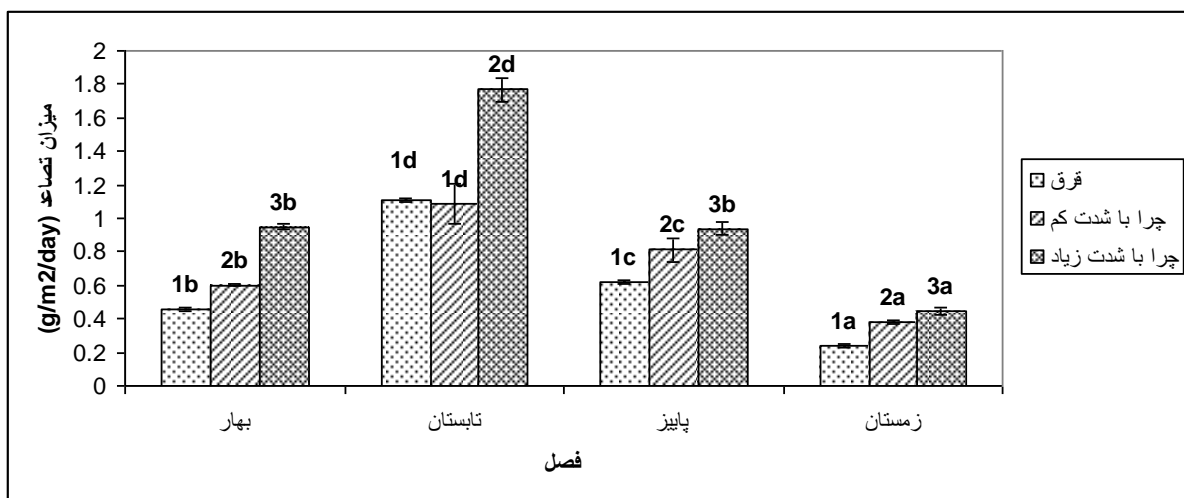
نتایج بررسی تغییرات فصلی تصاعد در فصول مختلف سال در شدت‌های چرای مختلف نشان داد که میزان تصاعد کربن در فصول مختلف و شدت‌های چرای مختلف دارای تفاوت معنی دار است و بیشترین مقدار به ترتیب در تابستان، پاییز، بهار، و زمستان مشاهده شد. همچنین، میزان تصاعد در چرای با شدت زیاد بیشترین است و چرای با شدت کم و قرق در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند (جدول ۳).

با مطالعه روند تغییرات تصاعد کربن در ماه‌های مختلف، مشخص شد بیشترین میزان تصاعد کربن از خاک در ماه مرداد اتفاق افتاده و کمترین میزان تصاعد کربن در بهمن‌ماه صورت گرفته است. همچنین، فروردین و دی، اسفند و مهر و اردیبهشت، و تیر و خرداد از نظر میانگین در یک گروه قرار می‌گیرند. همچنین، فروردین و دی در دو گروه از نظر میانگین قرار می‌گیرند. بیشترین میزان تصاعد کربن به میزان  $3,34$  (گرم بر متر مربع در روز) از خاک در مردادماه و در اراضی با چرای شدید اتفاق افتاده است و کمترین میزان تصاعد در بهمن‌ماه به

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر فصل و چرا بر تصاعد کربن

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
فصل	۳	۱٫۹۹۴	۴۸۱٫۶۴۹	۰٫۰۰۰**
چرا	۲	۰٫۶۶۶	۱۶۰٫۹۶۴	۰٫۰۰۰**
فصل*چرا	۶	۰٫۰۵۸	۱۴٫۰۹۰	۰٫۰۰۰**
خطا	۳۶	۰٫۰۰۴		
کل	۴۸			

\*\* معنی دار در سطح ۰٫۰۱



شکل ۲. اثر متقابل فصول مختلف و چرا در میزان تصاعد کربن (حروف نشان‌دهنده اختلاف میزان تصاعد فصول است و اعداد نشان‌دهنده اختلاف بین شدت‌های چرا)

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات نشان داد چرا و به ویژه چرای شدید باعث افزایش میزان تصاعد کربن از خاک شده است. علاوه بر چرای بیش از حد مراتع، تغییر کاربری اراضی از جنگل و مرتع به اراضی کشاورزی و روش‌های سنتی کشاورزی در افزایش میزان تصاعد کربن از خاک مؤثرند [۱۷]. شیوه‌های مدیریتی مراتع، علاوه بر عوامل محیطی، مانند دما و بارش، بر میزان تبادلات بین کربن خاک و اتمسفر بسیار مهم است. بنابراین، شناخت نوع و میزان تبادلات گازی برای یافتن روش صحیح مدیریت اراضی جهت ترسیب بیشتر کربن از اتمسفر به خاک و کاهش تصاعد کربن

از خاک به اتمسفر ضروری است [۲۲، ۲۸، ۲۹]. گروهی از محققان در مطالعاتشان بر روی دو شیوه بهره‌برداری از مرتع - به صورت برداشت علوفه با چرای دام و برداشت علوفه به صورت ماشینی - مشاهده کردند میزان تصاعد کربن در مراتع تحت چرای دام متناسب با ظرفیت مرتع کمتر از مراتع با برداشت ماشینی علوفه بوده است [۱۹]. در مطالعه‌ای درباره نقش چرا در میزان تصاعد کربن، این نتیجه به دست آمد که میزان تصاعد کربن در مناطق تحت چرای دام به مقدار ۵/۶ تا ۱۱/۳ بیش از مناطق فرق است [۱۱]. محققانی با بررسی اثر چرا در فرایند ترسیب و تصاعد کربن در مراتع استرالیا اظهار کردند

[۲۰]. سطح پوشش گیاهی در اکوسیستم در صورت وجود شرایط اقلیمی مناسب به سرعت بهبود می یابد، اما جبران کمبود کربن در مناطق خشک بسیار به کندی صورت می گیرد. بنابراین، با توجه به سطح وسیع مراتع خشک و نیمه خشک کشور و شکننده بودن این اکوسیستم ها، چرای دام در این مناطق باید با مدیریت صحیح صورت گیرد. تأثیر چرای دام بر تبادلات کربن در مراتع به تعداد دام و طول دوره بهره برداری دام از مراتع بستگی دارد [۷، ۱۶]. در منطقه مورد مطالعه، بین میزان رطوبت خاک و تصاعد کربن از خاک همبستگی منفی وجود دارد و بین دمای هوا و میزان تصاعد همبستگی مشاهده نشد. همچنین، بیشترین میزان تصاعد در مردادماه و کمترین در بهمن ماه اتفاق افتاده است. تحقیقات دیگر نیز بیشترین میزان تصاعد کربن از خاک را در فصل تابستان و کمترین آن را در زمستان، به دلیل تغییر شرایط دما و رطوبت و تأثیر آن در فعالیت موجودات خاکزی و تنفس خاک، می دانند [۴، ۸]. تغییرات فصلی به دلیل تغییرات رطوبتی و دمایی در میزان تبادلات کربن بین خاک و اتمسفر مؤثر است و می توان آن را به دلیل تأثیر اشعه خورشید در تجزیه لاش برگ سطحی و فعالیت های موجودات زنده دانست [۲۷].

که ذخیره کربن در مراتع نسبت به مدیریت چرا به شدت حساس است [۱۰]، زیرا دام باعث به هم خوردگی شایان توجه سطح خاک می شود و این تغییر شرایط و وضعیت خاک، به تصاعد چشمگیر کربن از سطح خاک می انجامد [۱۳]. دام با لگدکوبی سطح خاک، به ویژه زمانی که رطوبت خاک برای ورود دام مناسب نیست، باعث فشردگی خاک سطحی می شود؛ این مسئله هم بر محتوای رطوبتی و هم دمای خاک بسیار مؤثر است - که دو عامل اصلی تصاعد کربن از خاک هستند. از طرفی، فضولات دام باعث افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها می شود، و افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها باعث افزایش تصاعد کربن می گردد. مدیریت شدت چرا می تواند در بهبود وضعیت پوشش گیاهی، تثبیت کربن، و جلوگیری از بازگشت کربن به اتمسفر مؤثر باشد. کنترل زمان مناسب ورود دام بسیار حائز اهمیت است، زیرا اگر دام در زمان مناسب وارد مرتع نشود، علاوه بر صدمات زیادی که به ساختمان خاک وارد می شود، باعث تغییرات رطوبتی و دمایی خاک هم می شود و افزایش تصاعد را به دنبال دارد. بسیاری از مطالعات انجام یافته درباره اثر چرا در میزان تصاعد کربن، چرای شدید دام در مراتع را از عوامل مؤثر در افزایش میزان تصاعد کربن و مدیریت چرا را از فاکتورهای مؤثر در کاهش تصاعد کربن می دانند

## References

- [1] Ball, B.C., Scott, A. and Parker, J.P. (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.
- [2] Batjes, N.H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the worlds. *European journal of soil science*, 47, 151-163
- [3] Bond-Lamberty, B., Wang, C. and Gower, S. (2004). A global relationship between the heterotrophic and autotrophic components of soil respiration? *Global Change Biology*, 10(10):1756-1766.
- [4] Eamus, D., Hutley, L.B.A. and O'Grady, P. (2001). Daily and seasonal patterns of carbon and water fluxes above a north Australian savanna. *Tree Physiology*, 21, 977-988.
- [5] FAO (2001). FAO Stat. Agricultural Production Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- [6] Forest rangeland and watershed management organization (2002). *National action programme of combating desertification*. Rural Development Publications. 357p.
- [7] Frank, A.B. (2003). Evapotranspiration from northern semiarid grasslands. *Agron. J.*, 95, 1504-1510.
- [8] Gupta, R.D., Sanjay, A. and Sumberia, N.M. (2010). Soil physical variability in relation to soil erodibility under different land uses in foothills of Siwaliks in N-W India. *Tropical Ecology*, 51(2):183-197.
- [9] Harvell, A.D., Wienhoil, B.J. and Black, A.L. (2002). Tillage nitrogen and cropping system effect on carbon sequestration. *SSSA J.*, 66, 906-912.
- [10] Hill, M.J., Braaten, R. and Mekeon, G.M. (2003). A scenario calculator for effect of grazing land management on carbon stock in Australian rangelands. *Environmental modeling and software*, 18, 627-644.
- [11] Hirotaa, M., Tanga, Y., Hub, Q., Kat, T., Hiratad, S., Moe, W., Caob, G. and Marikoe, S. (2005). The potential importance of grazing to the fluxes of carbon dioxide and methane in an alpine wetland on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Atmospheric Environment*, 39, 5255-5259.
- [12] Huang, C.H. and Kronrad, G.D. (2001). The Cost of Sequestration Carbon on Private Forest Lands. *Forest Policy and Economics*, 2, 133-142.
- [13] 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.
- [14] Lal, R. and Kimble, J.M. (2000). Pedogenic carbonates and the global carbon cycle. In: Lal, R., Kimble, J.M., Eswaran, H. and Stewart, B.A. (eds), Global climate change and pedogenic carbonates, *CRC press, Boca Raton*, 1-14.
- [15] Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*, 123, 1-22.
- [16] Li, G. and Sun, S. (2011). Plant clipping may cause overestimation of soil respiration in a Tibetan alpine meadow, southwest China. *Ecol. Res*, 26, 497-504.
- [17] Luo, Y. and Zhou, X. (2006). *Soil Respiration and the Environment*. 320pp.
- [18] Morris, J. and Jensen, A. (1998). The carbon balance of grazed and non-grazed *Spartina anglica* salt marshes at Skallingen, Denmark. *Journal of Ecology*, 86, 229-242.
- [19] Peichla, M., Cartonc, O. and Kiely, G. (2012). Management and climate effects on carbon dioxide and energy exchanges in a maritime grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 158, 132-146.
- [20] Sadeghipour, A. (2012). The study of carbon sequestration and it's distribution in different land uses (Case study: Shahriar). Ph.D. thesis of range management, University of Tehran. 153pp.

- [21] Sainju, U.M., Jabro, J.D. and Stevens, W.B. (2008) . Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization . *Plant and environment intraction*, 37, 98-106.
- [22] Schmitt, M., Bahn, M., Wohlfahrt, G., Tappeiner, U. and Cernusca, A. (2010). Land use affects the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange and its components in mountain grasslands. *Biogeosciences*, 7, 2297-2309.
- [23] Schwining, S. and Sala, O.E. (2004). Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. *Oecologia*, 141, 211-220.
- [24] Sherrod, L.A., Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Ahuja, A.R. (2003). Cropping intensity enhances soil organic carbon and nitrogen in a no till agro ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67,1533-1543.
- [25] Tan, Z. and Lal, R. (2005). Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in ohio, USA. *Agric. Ecosys. and Environ*, 12, 113-12.
- [26] Valentini, R., Dore, S., Marchi, G., Mollicone, D., Panfyorov, M., Rebmann, C., Kolle, O. and Schulze, E.D. (2000). Carbon and water exchanges of two contrasting central Siberia landscape types: regenerating forest and bog. *Funct. Ecol*, 14, 87-96.
- [27] Vickers, D., Thomas, C.K., Pettijohn, C., Martin, J. and Law, B.E. (2011). Five years of carbon fluxes and inherent water-use efficiency at two semi-arid pine forests with different disturbance histories. *International Meteorological Institute in Stonkholm 3 December 2011*.
- [28] Wohlfahrt, G. and et al. (2008). Biotic, abiotic, and management controls on the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of European mountain grassland ecosystems. *Ecosystems*, 11, 1338-1351.
- [29] Zeeman, M.J., Hiller, R., Gilgen, A.K., Michna, P., Pluss, P., Buchmann, N. and Eugster, W. (2010). Management and climate impacts on net CO<sub>2</sub> fluxes and carbon budgets of three grasslands along an elevational gradient in Switzerland. *Agric. Forest Meteorol*, 150, 519-530.