



مجله علمی پژوهشی زمین و آب

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸

۲۳۵-۲۵۳

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2019.16092.2451

## مقایسه پتانسیل ترسیب کربن اندام‌های گیاهی سویا در کشت‌بوم‌های مرسوم و حفاظتی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان)

سعید موشانی<sup>۱</sup>، \* حسین کاظمی<sup>۲</sup>، افشین سلطانی<sup>۳</sup> و محمد اسماعیل اسدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، <sup>۲</sup> دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، <sup>۳</sup> دانشیار آبیاری و زهکشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۲

### چکیده

**سابقه و هدف:** ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی از مهم‌ترین راه‌های کاهش دی‌اکسیدکربن اتمسفر در راستای کاهش اثرات گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی می‌باشد. بیش‌تر مطالعات مربوط به پتانسیل ترسیب کربن در عرصه‌های طبیعی و خاک معطوف شده و در بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌خصوص در اندام‌های گیاهی توجه کم‌تری شده است. به‌منظور بررسی تأثیر نظام‌های کشت مرسوم و حفاظتی بر پتانسیل ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی سویا به‌عنوان یک خدمت بوم‌سازگان مطالعه حاضر انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل انجام شد. در این بررسی ۴۸ مزرعه که ۳۸ مزرعه با نظام کشت رایج و ۱۰ مزرعه با نظام کشت حفاظتی در جهات اصلی شهرستان گرگان انتخاب و نمونه‌گیری به روش W در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (اواخر آبان) انجام شد. برای تعیین میزان کربن ذخیره شده از روش کوره احتراق الکتریکی استفاده شد. درصد کربن ذخیره شده به‌صورت جداگانه در اندام‌های سویا شامل ریشه، ساقه، برگ، نیام (غلاف) و بذر تعیین شد. وزن هر یک از اندام‌ها در واحد سطح برآورد شد و با استفاده ضرایب ترسیب کربن هر اندام گیاهی، میزان کل کربن ترسیب شده در واحد سطح تعیین گردید.

**یافته‌ها:** میانگین کربن ترسیب‌شده در کل اندام‌های گیاهی سویا در اراضی تحت نظام مرسوم ۳۲۸۱/۴ کیلوگرم در هکتار و در اراضی تحت نظام حفاظتی ۳۱۷۶/۱ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. دلیل این اختلاف، عملکرد بالاتر زیست‌توده گیاهی در اراضی تحت نظام مرسوم بود. در مقایسه اندام‌های گیاهی هم نتایج مشابهی به‌دست آمد به‌طوری‌که میانگین میزان ترسیب کربن در بذر در نظام‌های کشت مرسوم و حفاظتی به‌ترتیب ۱۱۸۱/۶ و ۱۲۴۹/۳، در برگ ۷۹۲/۱۹ و ۷۱۰/۲۷، در ساقه ۹۶۸/۶۱ و ۸۸۸/۸۵، در نیام ۶۹/۲۰ و ۸۷/۱۲ و در ریشه ۲۶۹/۸۱ و ۲۴۹/۵۷ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. همچنین در بررسی میزان ترسیب کربن در اندام‌های هوایی و زمینی مزارع سویا شهرستان گرگان مشخص شد که در اندام‌های هوایی با میانگین ۲۹۹۳/۸ کیلوگرم در هکتار و اندام‌های زیرزمینی (ریشه) با میانگین ۲۶۵/۵۹ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد وجود دارد.

\* مسئول مکاتبه: [hkazemi@gau.ac.ir](mailto:hkazemi@gau.ac.ir)

**نتیجه‌گیری:** در بررسی اثر دو نظام کشت حفاظتی و کشت مرسوم مشخص شد که در نظام‌های کشاورزی حفاظتی و مرسوم پتانسیل ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی مشابه است. با توجه به وضعیت کنونی خاک‌های منطقه از لحاظ فقر ماده آلی، بخشی از کربن ذخیره شده در اندام‌های گیاهی می‌تواند به خاک برگشته و حاصلخیزی خاک را بهبود بخشد. از طرفی کاهش کربن هوا باعث بهبود کیفیت هوا و همچنین جلوگیری از بروز تبعات منفی ناشی از گازهای گلخانه‌ای می‌گردد. همه این موارد منوط بر حفظ بقایای گیاهی می‌باشد که در کشت‌های رایج عمدتاً بقایا سوزانده می‌شود و از این پتانسیل استفاده نمی‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** اندام‌های گیاهی، ترسیب کربن، سویا، نظام کشاورزی حفاظتی

### مقدمه

افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص کربن مشکلات زیادی را در سطح جهانی ایجاد نموده که تغییرات آب و هوایی یکی از معلول‌های این پدیده می‌باشد (۴). کشاورزی به‌عنوان یک نظام مهم و اساسی در زندگی بشر دارای اثر دوگانه روی این موضوع می‌باشد؛ یعنی هم می‌تواند این پدیده را تشدید نموده (۱۰) و هم نقش کاهندگی و کنترل‌کنندگی را داشته باشد به‌عبارتی بخش کشاورزی هم به‌عنوان منبع و هم به‌عنوان ترسیب‌کننده چند گاز گلخانه‌ای مهم از جمله متان، اکسید نیتروس، دی‌اکسیدکربن، آمونیاک و اکسید نیتریک مطرح است (۱۴).

سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو)، کشاورزی حفاظتی را به‌عنوان "راهکار حفظ منابع کشاورزی با هدف افزایش پایداری تولید محصولات کشاورزی همراه با حفظ محیط‌زیست" تعریف کرده است. بنابر نظریه فائو، کشاورزی حفاظتی عامل قدرتمندی برای دسترسی به نیازهای غذایی آینده است (۲). کشاورزی حفاظتی می‌تواند موجب ایجاد کارایی در مواد اولیه، افزایش درآمد از مزرعه، بهبود شرایط تولید پایدار تولید محصول و موجب حفظ و بازسازی مجدد خاک، تنوع زیستی و منابع زیربنایی طبیعی شود (۶ و ۱۲). کشاورزی حفاظتی صرفاً سامانه‌های کشت بی‌خاک‌ورزی یا کشت مستقیم

نیست (۲)؛ زیرا کشاورزی حفاظتی بر سه اصل استوار است که شامل: حداقل دست‌کاری خاک، پوشیده شدن سطح خاک با بقایا یا حفظ و مدیریت بقایا و تناوب زراعی و تنوع گیاهی می‌باشد. کشاورزی حفاظتی باعث افزایش ماده آلی خاک، افزایش فعالیت‌های زیستی و تنوع زیستی، افزایش نفوذپذیری خاک، کاهش آب مصرفی، جلوگیری از رواناب و کاهش فرسایش بادی و آبی می‌شود (۲، ۶ و ۱۶). نگهداری بقایا و یا برگرداندن آن به خاک به‌طور سنتی از راهکارهای افزایش باروری و حفظ حاصلخیزی خاک بوده که امروزه به‌دلیل فشرده‌سازی کشاورزی و حفظ نیروی کار این بقایا سوزانده می‌شوند که باعث آلودگی هوا و آزادسازی کربن در سطح جو می‌شود (۱۵).

بوم‌نظام‌های طبیعی سامانه‌هایی هستند که فرایندهای مهمی مانند چرخه کربن، چرخه عناصر و تولید اولیه در آن‌ها رخ داده و همچنین قابلیت اندازه‌گیری دارند (۳۷). این فرایندها باعث بروز عملکردهای مختلفی در طی فعالیت بوم‌نظام‌ها می‌گردد که بر اساس آن‌ها خدمات این بوم‌نظام پدید می‌آیند (۵). بوم‌نظام‌های زراعی بزرگ‌ترین بوم‌نظام‌های مدیریت‌شده در جهان می‌باشند و مدیریت مرسوم این بوم‌نظام‌ها بر بهره‌گیری از خدمات تأمین‌کننده آن‌ها یعنی تولید غذا، علوفه، پوشاک و سوخت متمرکز است. البته در

تن در هکتار محاسبه نمودند (۲۲). لی و همکاران (۲۰۱۶) بیان نمودند که در گندم و ذرت میزان ترسیب کربن در مجموع اندام‌های گیاهی در شرایط حذف بقایا، کم‌تر از شرایط حفظ بقایا می‌باشد (۲۶). شیدایی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی توان ترسیب کربن آگروپایرون النگاتوم<sup>۲</sup> (علف گندمی بلند) بیان نمودند که بیش‌ترین ضریب ترسیب کربن مربوط به ساقه با ۵۲/۹ درصد و کم‌ترین آن مربوط به لاشبرگ‌های این گیاه با ۴۷/۸ درصد و بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در ساقه با کم‌ترین آن در ریشه بود و ترسیب کربن در کل زیست‌توده گیاهی برابر با ۹/۵۸ تن در هکتار می‌باشد (۳۴). در مطالعه‌ای تمرتاش و همکاران (۲۰۱۲) مقدار ترسیب کربن در زیست‌توده گیاه درمنه ۱۱۴۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار در مراتع قرق و ۶۳۸۷/۰۵ کیلوگرم در هکتار در مراتع غیرقرق برآورد نمود (۳۵).

در ایران گیاه سویا تنها در پنج استان کشت می‌شود که ۹۱/۵۴ درصد آن به‌صورت آبی و ۸/۴۶ در صد آن به‌صورت دیم است (۱). استان گلستان با ۶۷/۸۱ درصد از سطح برداشت سویا، در کشور مقام اول را دارد. سامانه‌ها و عملیات کشاورزی مورد استفاده در این منطقه پیشرفت‌های قابل‌توجهی نسبت به سال‌های قبل داشته اما در برخی عملیات‌های کشاورزی به‌منظور تسهیل سرعت بخشیدن به کشت، بقایای محصول قبل را بعد از برداشت محصول با آتش زدن از بین می‌برند. از این‌رو کشاورزان خواسته یا ناخواسته مقادیر بالایی از کربن ذخیره شده در بقایای گیاهی را آزاد کرده و هدر می‌دهند و این در حالی است که در کشت حفاظتی، این بقایا در سطح خاک حفظ می‌شود و از انتشار کربن به جو جلوگیری می‌کند. به‌طورکلی هدف این پژوهش ارزیابی توان ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی سویا در نظام‌های

جریان فرآیند تولید این مواد در بوم‌نظام‌های زراعی انواع مختلفی از خدمات تنظیم‌کننده، تولیدی، حمایتی و فرهنگی نیز شکل خواهند گرفت. یکی از این خدمات ترسیب کربن می‌باشد. ترسیب کربن در اراضی کشاورزی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته و این نظام‌ها به‌عنوان منتشرکننده گازهای گلخانه‌ای بیش‌تر مورد توجه بوده است. بر طبق گزارش سندهیو و همکاران (۲۰۰۸) ترسیب کربن<sup>۱</sup> در زیست‌توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زیست‌توده هستند، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی، عملی‌ترین راهکار پایدار ممکن به‌منظور تخفیف اثرات تغییر اقلیم و کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن از جو<sup>۳</sup> است (۳۳). خرمدل و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که نظام‌های مختلف مدیریت زراعی اثر معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد بر میزان کربن تسهیم‌یافته به دانه، اندام‌های هوایی، ریشه و تراوش‌های ریشه‌ای، تولید خالص اولیه اندام‌های هوایی و زیرزمینی، تولید کل خالص اولیه و کل کربن اضافه‌شده به خاک در گیاه ذرت وجود دارد (۲۰). کوچکی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اراضی تحت کشت گندم در استان خراسان رضوی نشان دادند که سهم نسبی خدمات بوم‌نظام میزان ترسیب کربن و نیز تولید اکسیژن در اراضی کشاورزی نسبت به سایر خدمات بالاتر بوده به‌طوری‌که حدود ۶۲ درصد از کل خدمات را به خود اختصاص می‌دهد (۲۵). زرین کفش و همکاران (۲۰۱۶) میزان ترسیب کربن در زیست‌توده گندم را ۶ تن در هکتار را گزارش نمود (۳۹). جعفریان و طایفه سیدعلیخانی (۲۰۱۳) در مطالعه تعیین پتانسیل ترسیب کربن در مزارع دیم گندم در منطقه کیاسر مازندران، میزان ترسیب کربن را در زیست‌توده گیاهی ۱/۸۸۴ تن در هکتار برآورد نمودند (۱۳). خرمدل و همکاران (۲۰۱۶)، میزان ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی کلزا را برابر با ۵/۱۲

2- *Agropyron elongatum*

1- Carbon Sequestration

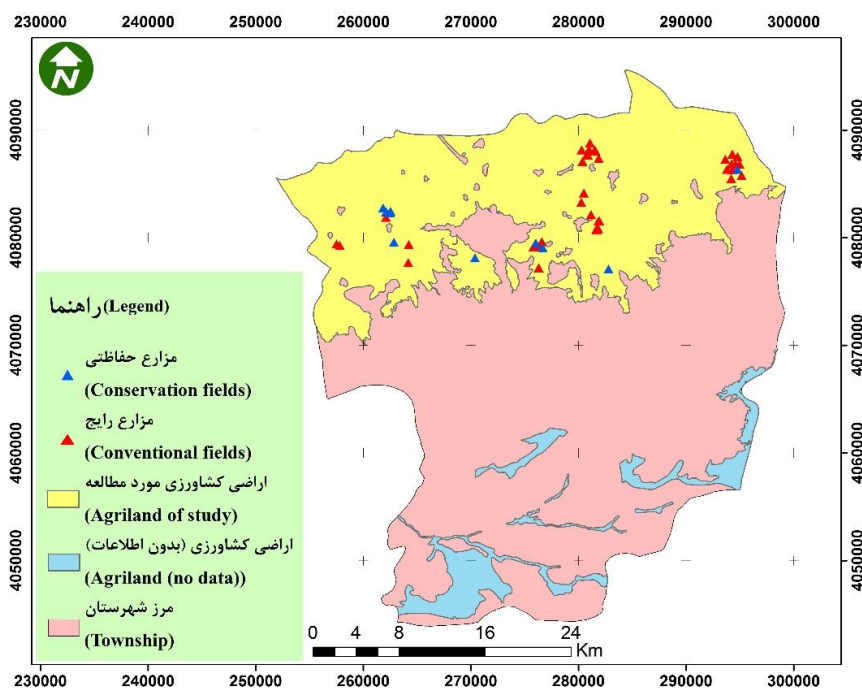
کشت مرسوم و حفاظتی در شهرستان گرگان، کمی‌سازی مقادیر آن‌ها و تهیه نقشه این خدمت بوم‌سازگانی می‌باشد.

بخش نوده ملک (در شمال شرق شهرستان شامل روستاهای فرق و قلی‌آباد)، بخش جلین (در شرق شهرستان شامل روستاهای جلین سفلی، جلین علیا و توسکستان)، بخش مرکزی گرگان (در مرکز شهرستان شامل روستاهای توشن و نصرآباد) و بخش ورسن (در غرب شهرستان شامل روستاهای لمسک، نودیجه، شصت‌کلاته و کلو) که با شرایط تقریباً یکسانی مدیریت می‌شدند، با همکاری سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان شناسایی و انتخاب گردید (شکل ۱).

این پژوهش در شهرستان گرگان در استان گلستان انجام شد (شکل ۱). این شهرستان در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی قرار دارد. مزارع مورد مطالعه از پنج منطقه تحت پوشش مراکز خدمات کشاورزی شامل: بخش سرخنکلاته (در شمال شهرستان گرگان شامل روستاهای معصوم‌آباد و

### مواد و روش‌ها

مزارع حفاظتی (Conservation fields) با نماد مثلث آبی و مزارع رایج (Conventional fields) با نماد مثلث قرمز در نقشه مشخص شده‌اند. مناطق مطالعه (Agriland of study) به رنگ زرد و مناطق کشاورزی بدون اطلاعات (Agriland (no data)) به رنگ آبی نشان داده شده‌اند. مرز شهرستان (Township) به رنگ صورتی مشخص شده است. یک مقیاس ۰ تا ۲۴ کیلومتر و یک راهنما در گوشه بالا چپ نقشه قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت شهرستان گرگان و مزارع مورد مطالعه.

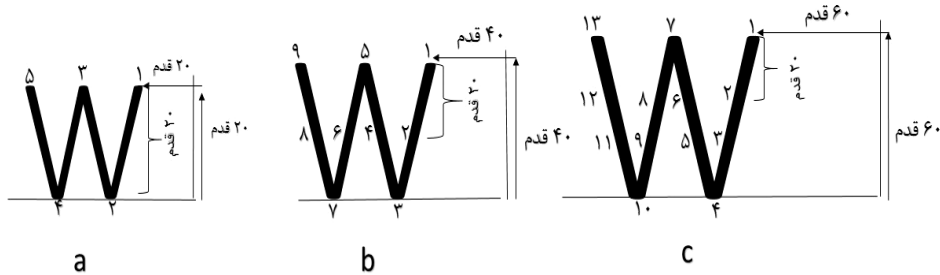
Fig. 1. Location of Gorgan township and studied fields.

این اساس در مزارع طبق الگوی W در انتهای فصل رشد سویا (اواخر آبان) در زمان رسیدگی کامل، نمونه‌برداری گیاهی با کودرات ۰/۵×۰/۵ متر انجام

نمونه‌برداری: تعداد ۴۸ مزرعه سویا برای نمونه‌برداری انتخاب شد که ۳۸ مزرعه تحت کشت مرسوم و ۱۰ مزرعه تحت سامانه کشت حفاظتی قرار داشتند. بر

بین ۶ تا ۱۵ هکتار و ۱۶ هکتار تقسیم شدند (۲۷). مختصات جغرافیایی مزارع توسط GPS مدل گارمین exs60 ثبت گردید.

شد (۱۸). در شکل ۲ نحوه نمونه برداری از مزارع مرسوم و حفاظتی نشان داده شده است. مزارع از نظر مساحت به سه گروه a اراضی زیر ۵ هکتار، b اراضی



شکل ۲- نحوه نمونه برداری بر اساس الگوی W در مزارع گروه a، b و c (۲۷).

Fig. 2. Sampling method based on W pattern in the fields of group a, b and c (27).

تهیه نقشه: برای تهیه نقشه ترسیب کربن اندام‌های هوایی و زمینی سویا در سطح شهرستان گرگان از انواع روش‌های زمین‌آماري شامل وزن‌دهی فاصله معکوس، چندجمله‌ای معکوس و کریجینگ معمولی در نرم‌افزار ArcMap نسخه ۱۰/۳ استفاده گردید. هر روشی که دارای کم‌ترین خطای برآورد (رابطه ۳) بود برای تهیه لایه نهایی از آن استفاده گردید (۷). خطای برآورد یا ریشه دوم میانگین مربعات (RMSE) با استفاده از رابطه ۳ به دست می‌آید (۱۹).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{K=1}^N (z(x_i) - z(x_i))^2} \quad (3)$$

در این رابطه‌ها (RMSE) ریشه دوم میانگین مربعات خطا،  $Z^*(X_i)$  مقدار برآورد شده در نقطه  $X_i$ ،  $Z(X_i)$  مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه  $X_i$  و  $N$  تعداد نقاط می‌باشد. هر چقدر میزان آن به صفر نزدیک‌تر باشد بهتر است. به‌طور کلی خطای برآورد (RMSE) کم‌تر از ۴۰ درصد میانگین داده‌ها قابل قبول و رضایت‌بخش و بالاتر از ۷۱ درصد غیرقابل قبول می‌باشد (هنگل و همکاران، ۲۰۰۴).

ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی: برای به دست آوردن میزان کربن آلی نمونه‌های گیاهی، اندام‌های گیاهی شامل بذر، نیام، ساقه، ریشه و برگ‌ها، نمونه‌ها ابتدا تفکیک شدند و در آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس با آسیاب پودر شده و مقداری از هر نمونه را مجدداً در آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. پس از آن ۲ گرم از نمونه در بوتله چینی قرار داده شد و در کوره احتراق الکتریکی در دمای ۵۰۰ درجه به مدت ۳ ساعت گذاشته شد تا مواد آلی آن بسوزد. سپس با تفاضل وزن خاکستر از نمونه اولیه، میزان مواد آلی نمونه‌ها محاسبه گردید (رابطه ۱). در نهایت با استفاده از رابطه ۲ مقدار کربن موجود در اندام موردنظر محاسبه گردید (۲۲).

$$\%OM = ((Ash - w) / w) \times 100 \quad (1)$$

$$\%OC = \%OM \times 0.54 \quad (2)$$

که در آن، OM مقدار ماده آلی (درصد)، Ash وزن خاکستر باقی‌مانده، w وزن نمونه اولیه و OC مقدار کربن آلی (درصد).

## روش‌های درون‌یابی

**کریجینگ:** کریجینگ یک روش برآورد زمین‌آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار استوار است به طوری که این روش بهترین برآوردکننده خطی نارایب می‌باشد (۲۹). ویژگی کریجینگ آن است که در عین نارایب بودن، واریانس تخمین نیز در کم‌ترین مقدار می‌باشد. بنابر این کریجینگ همراه هر تخمین، مقدار خطای آن را نیز می‌دهد (۱۱).

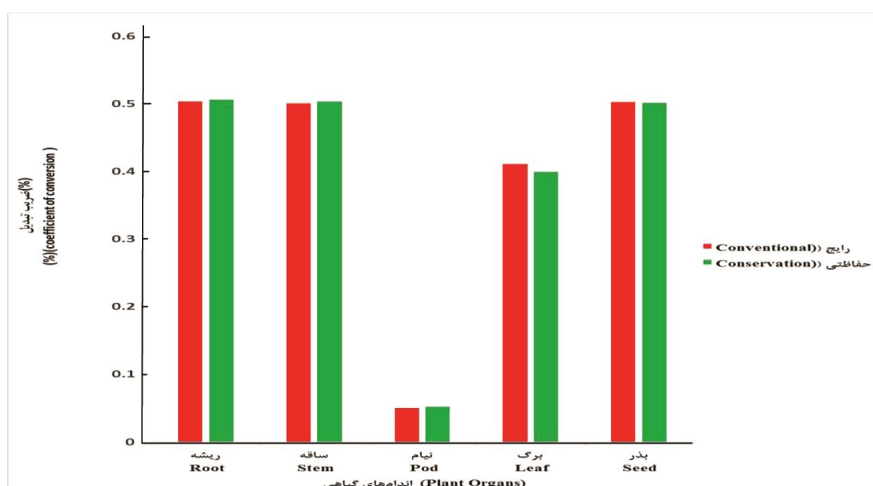
**چندجمله‌ای موضعی:** این روش حداقل مجذورات متناسب را بین نقاط شناسایی شده در محدوده بیضوی شکل، به عنوان وزن نقطه تخصیص می‌دهد. در این روش بر اساس ضریب تخصیص داده شده، با به دست آوردن درجه اول، دوم و یا سوم بین مقادیر در نقاط همسایگی  $x$ ،  $y$  و  $z$  و حداقل سازی اطلاعات محاسبه شده، درون‌یابی صورت می‌گیرد (۳۲).

**وزن‌دهی فاصله معکوس:** در این روش برای هر کدام از نقاط اندازه‌گیری شده، بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول، وزن مشخصی در نظر گرفته می‌شود. سپس این وزن‌ها توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به طوری که توان‌های بزرگ‌تر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچک‌تر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همجوار توزیع می‌کنند (۳).

**تجزیه و تحلیل داده‌ها:** برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل در نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و برای مقایسه میانگین بین دو تیمار کشت مرسوم و کشت حفاظتی از آزمون تی استفاده گردید.

## نتایج و بحث

ضرایب تبدیل اندام‌های گیاهی به کربن: در نظام کشت مرسوم بیش‌ترین ضرایب ترسیب کربن در ریشه‌ها، برگ و ساقه‌ها با میانگین ۵۰ درصد و کم‌ترین میزان مربوط به نیام‌ها با میانگین ۴/۹ درصد مشاهده شد (شکل ۳). همچنین در نظام کشت حفاظتی بیش‌ترین ضرایب ترسیب کربن در ریشه‌ها، برگ و ساقه‌ها با میانگین ۵۰ درصد و کم‌ترین میزان مربوط به نیام‌ها با میانگین ۵/۲ درصد مشاهده شد (شکل ۳). تفاوتی بین این دو نظام کشت از این نظر مشاهده نشد. گزارش شده که قسمت عمده کربوهیدرات در اندام‌های هوایی زعفران ذخیره می‌شود و این امر سبب افزایش میزان محتوای کربن در این اندام‌ها می‌شود (۲۱). تمرناش و همکاران (۲۰۱۴) ضریب تبدیل برگ، ساقه و ریشه گونه آویشن واقعی به کربن آلی در مراتع قرق شده را به ترتیب برابر با ۳/۵۸، ۳/۹۴ و ۵/۷۳ درصد بیان نمود (۳۶). جائو و همکاران (۲۰۰۷) و یانگ ژانگ (۲۰۰۷) نشان دادند میزان ترسیب کربن در زیست‌توده هوایی بیش‌تر از زیست‌توده زیرزمینی است (۹ و ۳۸). خرمدل و همکاران (۲۰۱۶) در برآورد ترسیب کربن در اندام‌های مختلف کلزا گزارش نمودند که ضرایب تبدیل و پتانسیل ترسیب کربن اندام‌های هوایی و زیرزمینی به طور معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد اختلاف داشته و بیش‌ترین ضریب تبدیل برای خورجین و بذر کلزا را با ۵۱/۶۵ درصد به دست آوردند (۲۲). خرمدل و همکاران (۲۰۱۸) ضریب تبدیل برای اندام‌های زعفران برای گل ۵۵/۴۵ و سایر اندام‌ها شامل بنه، فلس و برگ به ترتیب ۱۷/۵، ۴۲/۲ و ۶ درصد و میانگین ضرایب تبدیل اندام‌های هوایی زعفران ۳۸ درصد بالاتر از اندام‌های زیرزمینی گزارش کردند (۲۱).

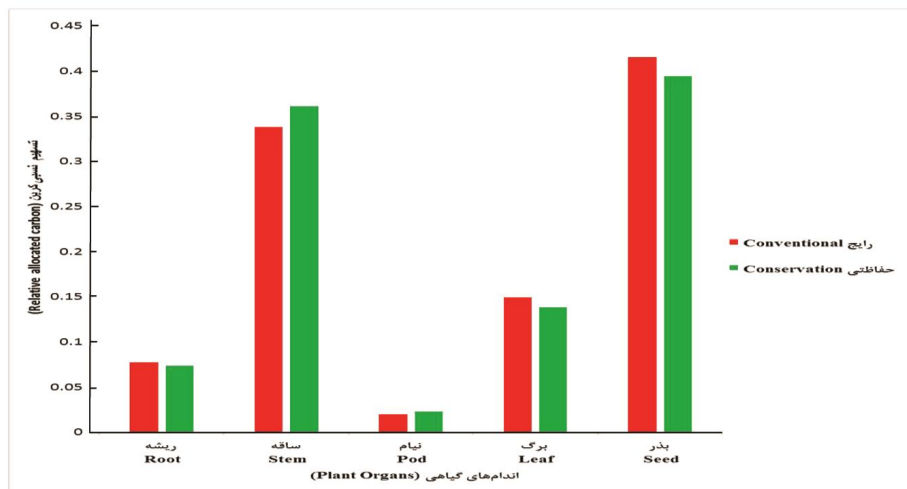


شکل ۳- ضریب تبدیل اندام‌های سویا به کربن آلی در نظام کشت مرسوم و حفاظتی.

Fig. 3. The conversion coefficient of plant organs of soybean to organic carbon affected conventional and conservation cultivation systems.

ضریب تبدیل پایین بوده اما وزن آن در واحد سطح نسبت به سایر اندام‌ها خیلی کم بود و تأثیر چندانی بر مقایسه اندام هوایی و زمینی گیاه سویا ندارد. محمدی و همکاران (۲۰۱۷) ضریب تسهیم کربن در دانه ذرت را با ۴۳/۴ درصد، ضریب تسهیم کربن ریشه را برابر با ۸/۷ درصد و در اندام هوایی (به‌جز دانه) ۴۲/۲ درصد بیان نمودند (۲۸). نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۵) ضریب تسهیم ترسیب کربن در گیاه نخود و یونجه در ریشه را به ترتیب معادل ۱۹ و ۲۶ درصد و در اندام‌های هوایی (به‌جز دانه) ۳۱ و ۶ درصد بیان نمودند (۳۱). خرمدل و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند در زعفران بیش‌ترین و کم‌ترین درصد تسهیم کربن در اندام‌های مختلف هوایی و زیرزمینی شامل بنه، برگ، فلس و گل از کل ترسیب کربن به ترتیب برابر با ۷۴، ۱۸، ۶ و ۲ درصد می‌باشد (۲۱).

تسهیم کربن در اندام‌های گیاهی: در بررسی میزان تسهیم نسبی ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی سویا در نظام کشت مرسوم مشخص شد که در بذر با ۳۶/۵۱ درصد بیش‌ترین سهم و نیام ۲/۱۷ درصد کم‌ترین سهم در ترسیب کربن را داشتند (شکل ۴). این در حالی است که در نظام کشت حفاظتی بذر با ۳۹/۷۵ بیش‌ترین سهم و نیام با ۲/۴۹ درصد کم‌ترین سهم در ترسیب کربن را داشتند (شکل ۴). گیاه سویا به‌جز مقداری ریشه اندام زیرزمینی دیگری (مانند غده، پیاز و غیره) ندارد و بیش‌ترین مقدار تخصیص ماده خشک به اندام‌های هوایی موجب می‌شود که وزن اندام‌های هوایی بالا رود و از طرفی ضریب تبدیل در این اندام‌ها بالاست که موجب شده سهم بیش‌تری از ترسیب کربن به اندام‌های هوایی اختصاص یابد. البته طبق نتایج به‌دست آمده در نیام



شکل ۴- درصد تسهیم نسبی کربن در اندام‌های سویا در نظام کشت مرسوم و حفاظتی.

Fig. 4. The relative coefficients of allocated carbon in soybean organs in the conventional and conservation cultivation system.

بذر به دست آمد که این پراکنش بیش‌تر به خاطر اختلاف عملکرد دانه و کم‌تر به دلیل ضریب ترسیب کربن بذر در نواحی مذکور می‌باشد. در نواحی شمالی به خصوص سرخنگلاته کمبود آب موجب کاهش عملکرد زیست‌توده در این منطقه شده است و از آنجایی که مقدار ترسیب کربن به‌طور مستقیم با میزان عملکرد زیست‌توده رابطه دارد و نتایج و نقشه نیز کم‌ترین میزان ترسیب کربن در اندام‌های مختلف را در این منطقه نشان می‌دهند. در مطالعه‌ای خرمدل و همکاران (۲۰۱۸) میزان ترسیب کربن در بذر در گیاهان نخود، جو، گندم، ذرت و پنبه را به ترتیب برابر با ۲۷۹/۱، ۴۴۵۲/۷۸، ۲۹۵۹/۷۴، ۴۳۸/۶۸ و ۱۷۷۰/۹۳ کیلوگرم در هکتار بیان نمود (۲۳). در مطالعه‌ای در گیاه زعفران ترسیب کربن در بذر با ۵/۸۳ تن در هکتار گزارش نمودند که بیش‌ترین سهم در ترسیب کربن در گیاه زعفران را دارد (۲۱).

#### ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی

بذر: در بررسی اثر نوع نظام کشت بر میزان ترسیب کربن در بذر سویا، بین نظام کشت مرسوم با ۱۱۸۱/۶ کیلوگرم در هکتار و نظام حفاظتی با ۱۲۴۹/۳ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در کشت حفاظتی میزان عملکرد دانه نسبت به کشت رایج بیش‌تر بود که ممکن است به دلیل فراهمی بیش‌تر مواد غذایی به خاطر حاصلخیزتر بودن اراضی و در دسترس بودن رطوبت برای گیاه بوده است که موجب افزایش سهم بذر در ترسیب کربن می‌شود. نقشه میزان کربن ترسیب شده در بذر سویا (شکل ۵) با استفاده از روش کریجینگ براساس خصوصیات مندرج در جدول ۲ تهیه شد. در بررسی این نقشه مشخص شد که در بخش‌های شمالی (سرخنگلاته) کم‌ترین و در حاشیه‌های شرقی و غربی و نوار جنوبی اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در



جدول ۱- نتایج آزمون تی برای سنجش اختلاف میانگین کربن اندام‌های گیاهی سویا تحت دو تیمار کشت مرسوم و حفاظتی در مزارع گرگان.

**Table 1. T-test results to measure the mean carbon content of soybean organs under two conventional and conservation cultivation system in Gorgan fields.**

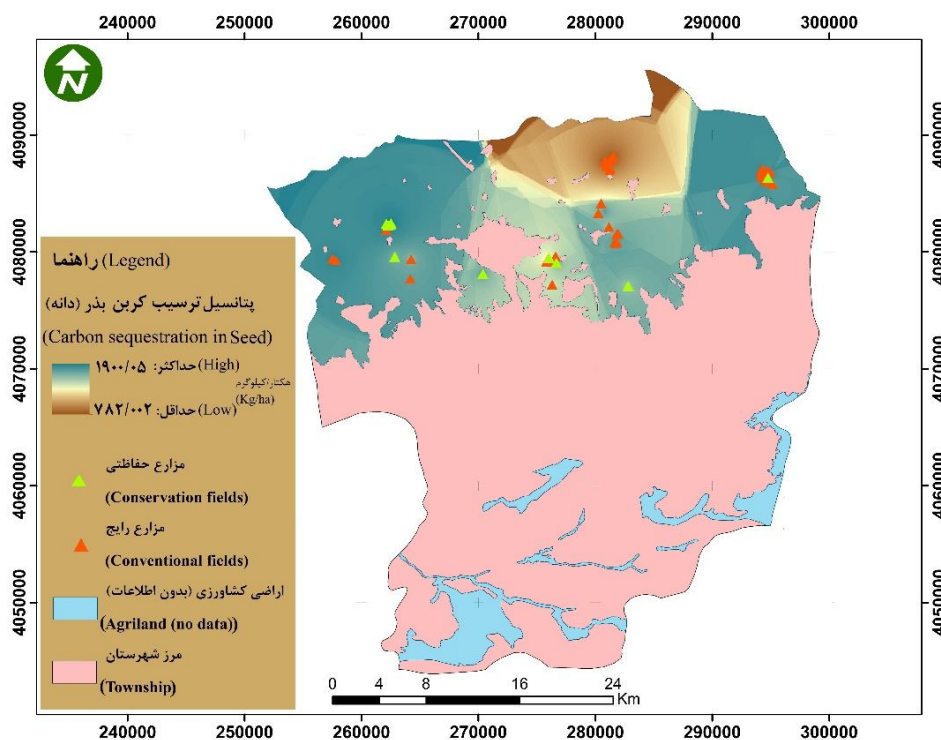
| P                    | درجه آزادی df | تی t value | اختلاف میانگین The mean difference | خطای استاندارد $\pm$ میانگین Mean $\pm$ Standard Error | نظام کشت Cultivation system            | اندام گیاهی Plant organ                          |
|----------------------|---------------|------------|------------------------------------|--|--|--|
| 0.5719 <sup>ns</sup> | 46            | -0.57      | -67.71                             | 1181.6 $\pm$ 58.25                                     | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | بذر<br>Seed                                      |
|                      |               |            |                                    | 1249.3 $\pm$ 65.00                                     | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |
| 0.1707 <sup>ns</sup> | 46            | 1.39       | 81.91                              | 792.19 $\pm$ 24.73                                     | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | برگ<br>Leaf                                      |
|                      |               |            |                                    | 710.27 $\pm$ 66.82                                     | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |
| 0.2254 <sup>ns</sup> | 46            | 1.23       | 79.76                              | 968.61 $\pm$ 29.28                                     | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | ساقه<br>Stem                                     |
|                      |               |            |                                    | 888.85 $\pm$ 60.48                                     | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |
| 0.2736 <sup>ns</sup> | 46            | -1.11      | -8.92                              | 69.20 $\pm$ 3.76                                       | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | نیام<br>Pod                                      |
|                      |               |            |                                    | 78.12 $\pm$ 6.33                                       | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |
| 0.5433 <sup>ns</sup> | 46            | 0.61       | 20.24                              | 269.81 $\pm$ 16.46                                     | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | ریشه (اندام زمینی)<br>Root (Below-ground organs) |
|                      |               |            |                                    | 249.57 $\pm$ 13.67                                     | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |
| 0.6609 <sup>ns</sup> | 46            | 0.44       | 85.05                              | 3011.6 $\pm$ 93.53                                     | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | اندام هوایی<br>Above-ground organs (Shoot)       |
|                      |               |            |                                    | 2926.5 $\pm$ 115.61                                    | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |
| 0.6325 <sup>ns</sup> | 46            | 0.48       | 105.29                             | 3281.4 $\pm$ 106.73                                    | کشت مرسوم<br>Conventional Cultivation  | کل زیست توده<br>Total biomass                    |
|                      |               |            |                                    | 3176.1 $\pm$ 124.75                                    | کشت حفاظتی<br>Conservation Cultivation |  |

<sup>ns</sup> اختلاف معنی داری وجود ندارد.

جدول ۲- روش‌های درونیابی مورد استفاده برای تهیه نقشه‌های ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی سویا در مزارع گرگان.

**Table 2. Interpolation methods used to prepare carbon sequestration in soybean organs maps on Gorgan fields.**

| خطای برآورد<br>RMSE | مدل- توان<br>Type-Power | روش مورد استفاده<br>The method used | اندام گیاهی<br>Plant organ    |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 78.58               | K-Bassle                | کریجینگ<br>Kriging                  | بذر<br>Seed                   |
| 60.41               | Exponential             | چندجمله‌ای موضعی<br>LPI             | برگ<br>Leaf                   |
| 21.60               | Exponential             | چندجمله‌ای موضعی<br>LPI             | نیام<br>Pod                   |
| 62.87               | Exponential             | کریجینگ<br>Kriging                  | ساقه<br>Stem                  |
| 8.93                | 9                       | وزن‌دهی فاصله معکوس<br>IDW          | ریشه<br>Root                  |
| 495.38              | 1                       | وزن‌دهی فاصله معکوس<br>IDW          | کل زیست‌توده<br>Total biomass |

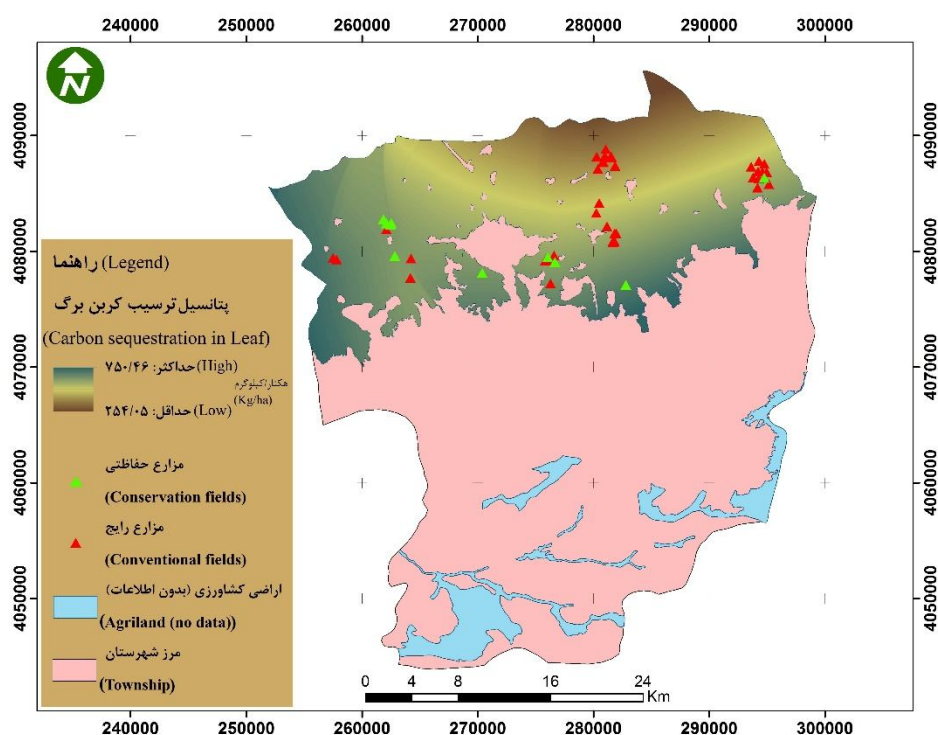


شکل ۵- میزان کربن ترسیب شده بذر سویا در مزارع شهرستان گرگان.

**Fig. 5. The amount of carbon sequestration of soybean seed in fields of the Gorgan township.**

ترسیب کربن در برگ کلزا را برابر با ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار نسبت به سایر اندامها برآورد نمودند (۲۲). تمرتاش و همکاران (۲۰۱۴) میزان ترسیب کربن در برگ آویشن در مراتع قرق شده شهرستان گلوگاه را برابر با ۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار برآورد نمودند (۳۶). در مطالعه‌ای در گیاه زعفران ترسیب کربن در برگ را کم‌تر از ۱/۵ تن در هکتار گزارش شد که پس از بنه بیش‌ترین سهم در ترسیب کربن در گیاه زعفران را داشت (۲۱). در تهیه نقشه کربن ترسیب شده در برگ سویا (شکل ۶)، از روش چندجمله‌ای موضعی با خصوصیات مندرج در جدول ۲ استفاده شد.

**برگ‌ها:** در بررسی اثر نوع نظام کشت بر میزان ترسیب کربن در برگ سویا مشخص شد که بین نظام کشت مرسوم با ۷۹۲/۱۹ کیلوگرم در هکتار و در نظام حفاظتی با ۷۱۰/۲۷ کیلوگرم در هکتار اثر معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). برگ سویا پس از ساقه و بذر بیش‌ترین مقدار ترسیب کربن در گیاه سویا را داشت. برگ‌ها نقش جذب انرژی و تبدیل آن به ماده خشک را دارد و نسبت به ساقه و بذر وزن کم‌تری در گیاه را دارند به همین دلیل حجم ترسیب کربن در برگ‌ها نسبت به ساقه و بذر کم‌تر بود و از طرفی ضریب تبدیل کربن برگ هم نسبت به ساقه و بذر کم‌تر می‌باشد. خرمدل و همکاران (۲۰۱۶) میزان



شکل ۶- نقشه میزان کربن ترسیب شده در برگ سویا در مزارع شهرستان گرگان.

Fig. 6. The amount of carbon sequestration of soybean leaf in fields of the Gorgan township.

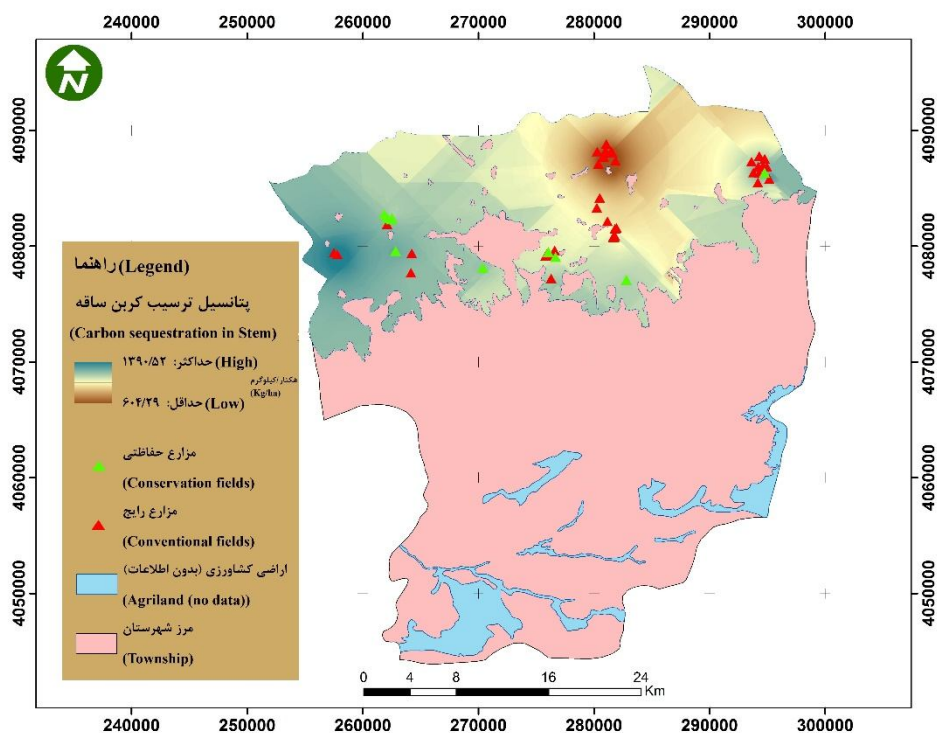
جنوبی اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در برگ مشاهده شد که این پراکنش بیش‌تر به‌خاطر اختلاف زیست‌توده برگ و کم‌تر به‌دلیل

در بررسی نقشه کربن ترسیب شده در برگ سویا (شکل ۶) مشخص شد که در بخش‌های شمالی (سرخنکلاته) کم‌ترین و در حاشیه غربی و نوار

در هکتار و بالاتر از سایر اندام‌ها برآورد نمودند (۲۲). در بررسی نقشه میزان کربن ترسیب شده در ساقه سویا (شکل ۷) مشخص شد که در بخش‌های شمالی و شرقی کم‌ترین و در حاشیه‌های غربی و بخش‌هایی از جنوب اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در ساقه مشاهده شد که دلیل عمده این پراکنش بیش‌تر به‌خاطر اختلاف میزان زیست‌توده گیاهی از جمله زیست‌توده ساقه سویا در نواحی مختلف می‌باشد. بیش‌ترین مقدار کربن ۱۳۹۰/۵۲ و کم‌ترین میزان ۶۰۴/۲۹ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

ضریب ترسیب کربن برگ در نواحی مذکور می‌باشد. علت این کاهش زیست‌توده، کمبود فراهمی منابع آب در این مناطق بود.

**ساقه:** در بررسی اثر نظام کشت بر میزان ترسیب کربن در ساقه سویا در نظام کشت مرسوم با ۹۶۸/۶۱ کیلوگرم در هکتار و در نظام حفاظتی با ۸۸۸/۸۵ کیلوگرم در هکتار اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). ساقه پس از بذر بیش‌ترین سهم در ترسیب کربن در گیاه سویا را داشت. خرمدل و همکاران (۲۰۱۶) میزان ترسیب کربن در ساقه کلزا را برابر با ۱/۸۱ تن

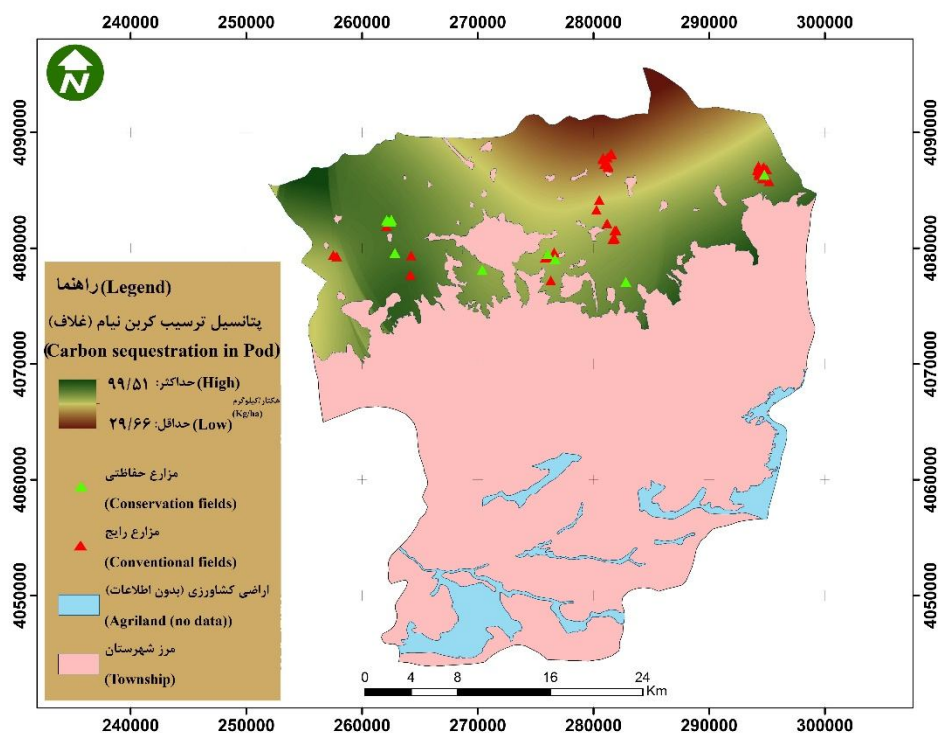


شکل ۷- میزان نقشه کربن ترسیب شده در ساقه سویا در مزارع شهرستان گرگان.

Fig. 7. The amount of carbon sequestration of soybean stem in fields of the Gorgan township.

کربن در نیام نسبت به سایر اندام‌ها کم‌تر بود. در تهیه نقشه میزان کربن ترسیب شده در نیام سویا (شکل ۸)، از روش کریجینگ به‌خاطر دارا بودن کم‌ترین میزان خطای برآورد برای تهیه نقشه آن استفاده شد.

**نیام:** متوسط میزان ترسیب کربن در نیام سویا تحت نظام کشت مرسوم ۶۹/۲۰ کیلوگرم در هکتار و در نظام حفاظتی ۷۸/۱۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نتایج آزمون تی نشان داد که بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). ضریب تبدیل

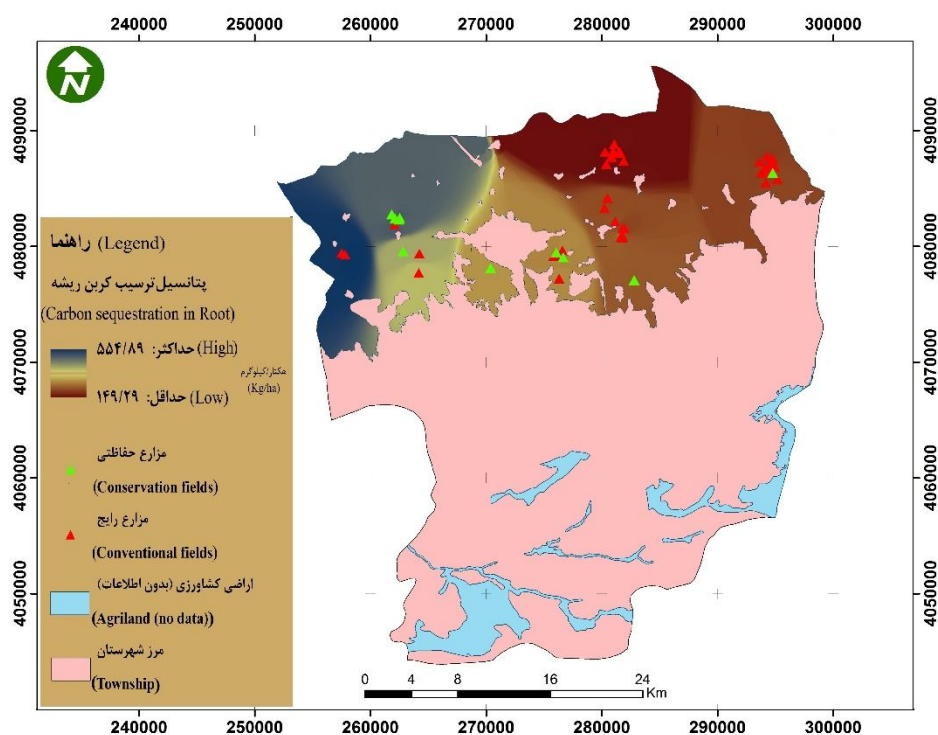


شکل ۸- نقشه میزان کربن ترسیب شده در نیام یا غلاف سویا در مزارع شهرستان گرگان.

Fig. 8. The amount of carbon sequestration of soybean pod in fields of the Gorgan township.

ریشه گیاه سویا عمق چندانی نداشته و در پی آن وزن این بخش نسبت به سایر اندام‌های گیاهی کم‌تر بوده و سهم ترسیب کربن آن پایین‌تر می‌باشد. کسپر و همکاران (۱۹۹۰) گزارش نمودند که با افزایش فشردگی ناشی از حرکت تراکتور بر سطح خاک رشد ریشه کاهش یافت که این امر باعث کاهش طول مخصوص ریشه شد (۱۷). خرمدل و همکاران (۲۰۱۸) میزان ترسیب کربن در ریشه در گیاهان نخود، جو، گندم، ذرت، پنبه و یونجه را به ترتیب برابر با ۹۷/۴۶، ۱۳۸۷/۰۳، ۱۶۷۴/۹۰، ۱۱۹/۳۸، ۶۵۳/۳۴ و ۲۹۲۹/۳۹ کیلوگرم در هکتار بیان نمود (۲۳). در تهیه نقشه کربن ترسیب شده در ریشه سویا (شکل ۹) از روش کریجینگ با خصوصیات مندرج در جدول ۲ استفاده شد.

تحلیل‌های مکانی نشان داد که در بخش‌های شمالی (سرخنکلاته) کم‌ترین و در نیمه غربی و نوار جنوبی اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در نیام وجود دارد بیش‌ترین میزان کربن حدود ۹۹/۵۱ و کم‌ترین مقدار ۲۹/۶۶ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. این میزان اختلاف می‌تواند ناشی از اختلاف در میزان زیست‌توده گیاهی در مناطق مختلف باشد. کمبود آب در نوار شمالی از عوامل محدودکننده عملکرد و در نتیجه دلیل کاهش وزن نیام می‌باشد. ریشه: نتایج نشان داد که اثر نوع نظام کشت بر میزان ترسیب کربن در ریشه سویا معنی‌دار نمی‌باشد. در نظام کشت مرسوم ۲۶۹/۸۱ کیلوگرم در هکتار و در نظام حفاظتی با ۲۴۹/۵۷ کیلوگرم در هکتار این میزان برآورد شد (جدول ۱). بیش‌ترین میزان تخصیص ماده خشک به اندام‌های هوایی انجام می‌گیرد و از طرفی



شکل ۹- نقشه میزان کربن ترسیب شده در ریشه سویا در مزارع شهرستان گرگان.

Fig. 9. The amount of carbon sequestration of soybean root in fields of the Gorgan township.

اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). همچنین در بررسی میزان ترسیب کربن در اندام‌های هوایی با میانگین  $2993/8$  کیلوگرم در هکتار نسبت به اندام‌های زمینی با میانگین  $265/59$  کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد (جدول ۳). نقی‌پور برج و فرخ‌نیا (۲۰۱۷) اثر آتش‌سوزی بر ترسیب کربن خاک و زیست‌توده گیاهی در مراتع نیمه‌استپی زاگرس مرکزی در زی‌توده هوایی  $2307$  کیلوگرم در هکتار و در زی‌توده زیرزمینی  $1400/4$  کیلوگرم در هکتار برآورد نمودند (۳۰). خرمدل و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که نظام‌های مختلف زراعی اثر معنی‌داری بر میزان کربن تسهیم‌یافته به دانه، اندام‌های هوایی، ریشه و تراوه‌های ریشه‌ای تولید خالص اولیه اندام‌های هوایی و زیرزمینی، تولید کل خالص اولیه و کل کربن اضافه شده به خاک داشتند (۲۰). در مطالعه‌ای میزان ترسیب کربن در

در بررسی نقشه میزان کربن ترسیب شده در ریشه گیاه مشخص شد که در نیمه شرقی کم‌ترین و در مرکز و نیمه غربی اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در ساقه که بیش‌تر به‌خاطر اختلاف زیست‌توده ریشه سویا و کم‌تر به‌دلیل ضریب ترسیب کربن ریشه در نواحی مذکور می‌باشد (شکل ۹). گان و همکاران (۲۰۰۹) به‌طورکلی میزان زیست‌توده ریشه بسته به شرایط آب و هوایی منطقه، وضعیت حاصلخیزی، میزان عملیات خاک‌ورزی و روش و عمق نمونه‌برداری متفاوت می‌باشد (۸).

**کل اندام‌های گیاهی:** میانگین کربن ترسیب شده در کل اندام‌های گیاهی سویا در اراضی کشت‌شده مرسوم  $3281/4$  کیلوگرم در هکتار و در اراضی کشت‌شده حفاظتی  $3176/1$  کیلوگرم در هکتار بود. دلیل این اختلاف، عملکرد بالاتر زیست‌توده گیاهی در اراضی کشت‌شده مرسوم بود اما این اختلاف از لحاظ آماری



مصرف کمپوست به ترتیب با ۱۵۹۰ و ۳۰۲۹ کیلوگرم کربن در هکتار در فصل زراعی اختصاص داشت (۲۰). لی و همکاران (۲۰۱۶) مجموع اندام‌های مختلف گیاهی در گندم و ذرت در شرایط حذف بقایا، ۱۵/۹۳ تن در هکتار و در شرایط حفظ بقایا برابر با ۸۳/۶۳ تن در هکتار برآورد نمودند که میزان ترسیب کربن در مجموع اندام‌ها برای شرایط حذف بقایا، ۱۰/۵۱ تن در هکتار و در شرایط حفظ بقایا ۳۹/۰۴ برآورد شد (۲۶). تثبیت کربن در خاک توسط ۹ گیاه مختلف در ژاپن توسط کوگا و همکاران (۲۰۱۱) بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن در خاک از طریق بقایای سویا برابر ۱/۲۲ تن در هکتار و از کل زیست‌توده ۲/۳۵ تن در هکتار می‌باشد (۲۴).

اندام‌های هوایی (به جز دانه) در گیاهان نخود، جو، گندم، ذرت، پنبه و یونجه را به ترتیب برابر با ۵۴۵/۶۳، ۸۶۰۲/۵۶ و ۴۲۲۴/۶۰، ۹۴۱/۷۸، ۳۷۴۱/۹۳، ۱۱۷۳/۵۱ کیلوگرم در هکتار بیان نمود (۲۳). عموماً در اراضی تحت نظام کشاورزی مرسوم مصرف نهاده‌ها معمولاً بیش‌تر از حفاظتی است، در نتیجه ممکن است میزان تولید زیست‌توده در مقیاس‌های کوتاه‌مدت مثلاً یک ساله بیش‌تر باشد. خرمدل و همکاران (۲۰۱۰) با ارزیابی اثر نوع مدیریت نظام زراعی بر میزان کربن تسهیم‌یافته به اندام‌های هوایی و زیرزمینی گزارش نمودند که بالاترین میزان کربن تسهیم‌یافته به دانه و اندام‌های هوایی مربوط به نظام پرنهاده به ترتیب با ۲۶۰۵ و ۵۷۸۶ کیلوگرم کربن در هکتار در فصل زراعی بود و کم‌ترین میزان به نظام کم‌نهاده بر پایه

جدول ۳- نتایج آزمون تی برای سنجش اختلاف میانگین کربن اندام‌های هوایی / زمینی سویا در مزارع گرگان.

Table 3. T-test results to measure the mean carbon below and above-ground (Root/Shoot) of soybean in Gorgan fields.

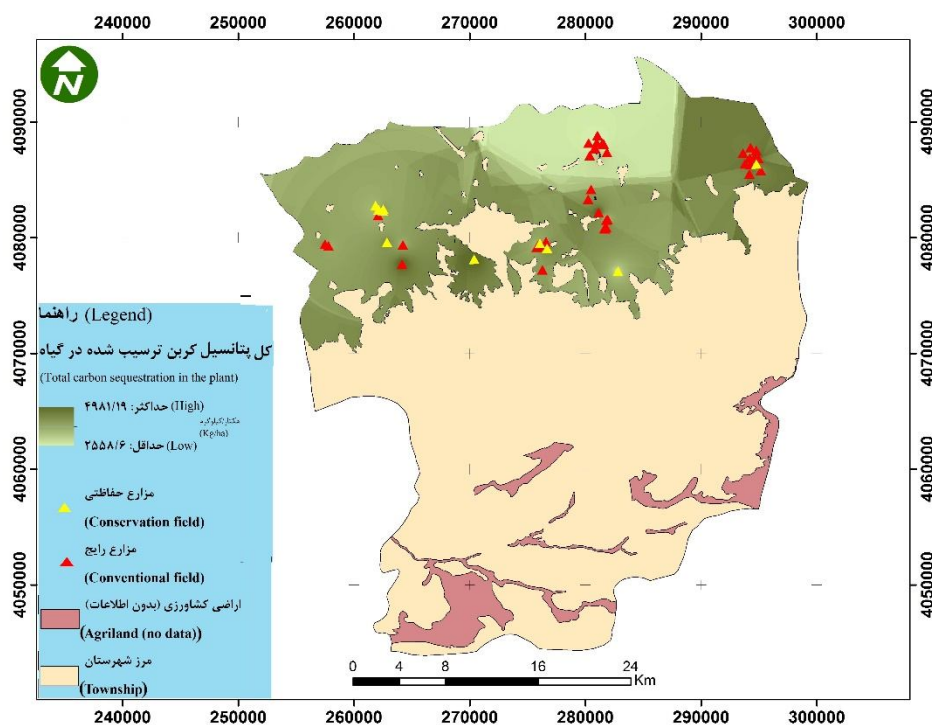
| P        | درجه آزادی<br>df | تی<br>t value | اختلاف میانگین<br>The mean difference | خطای استاندارد ± میانگین<br>Mean ± Standard Error | نوع اندام<br>Organ type | اندام گیاهی<br>Plant tissue |
|----------|------------------|---------------|---------------------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| 0.0001** | 94               | 34.67         | 2728.2                                | 2993.8±75.55                                      | هوایی<br>Shoot          | اندام‌های<br>زمینی به هوایی |
|          |                  |               |                                       | 265.59±13.33                                      | زمینی<br>Root           | Root/Shoot                  |

\*\* معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد.

\*\* Significantly in 99% probability level.

که البته دلیل این امر بیش‌تر به خاطر میزان عملکرد زیست‌توده گیاهی می‌باشد. جعفریان و طایفه سید علیخوانی (۲۰۱۲) در بررسی پتانسیل ترسیب کربن اندام‌های مختلف گندم گزارش نمودند که میزان ترسیب کربن در اندام‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشته و سنبله‌ها بیش‌ترین و ریشه‌ها کم‌ترین توان ترسیب کربن را دارند (۱۳).

در بررسی نقشه ترسیب کربن کل زیست‌توده گیاهی سویا در سطح شهرستان گرگان (شکل ۱۰)، مشخص شد که مزارع منطقه سرخکلاته (بخشی از شمال شهرستان) کم‌ترین میزان کربن در اندام‌های گیاهی ترسیب شده و در مزارع منطقه جلین و گرگان (بخشی‌هایی از مرکز شهرستان) بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی وجود دارد



شکل ۱۰- نقشه میزان کربن ترسیب شده در کل زیست توده گیاهی سویا در مزارع شهرستان گرگان.

Fig. 10. The amount of carbon sequestration of soybean total biomass in fields of the Gorgan township.

بیشترین ضرایب ترسیب کربن به ریشه‌ها، برگ و ساقه‌ها با میانگین ۵۰ درصد و کمترین میزان مربوط به نیام‌ها و بذرها اختصاص یافت. همچنین در بررسی میزان ترسیب کربن در اندام‌های هوایی با میانگین  $2993/8$  کیلوگرم در هکتار نسبت به اندام‌های زمینی با میانگین  $265/59$  کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد. در تسهیم کربن در نظام‌های کشت مرسوم و حفاظتی مشخص شد که در نظام مرسوم بیشترین سهم مربوط به بذر به‌خاطر ضریب تبدیل کربن بالا و عملکرد بالاتر نسبت به سایر اندام‌های گیاهی است و کمترین آن مربوط به نیام که به‌خاطر ضریب تبدیل کربن پایین بوده است. در بررسی اثر دو تیمار کشت حفاظتی و کشت مرسوم مشخص شد که اثر نظام کشاورزی حفاظتی بر میزان ترسیب کربن در اندام‌های گیاهی

### نتیجه‌گیری کلی

اصولاً بخشی از کربن ذخیره شده در اندام‌های گیاهی می‌تواند به خاک برگردد و در نتیجه افزایش ماده آلی و حاصلخیزی خاک را به همراه داشته باشد. همچنین باعث افزایش کیفیت هوا از نظر کاهش انتشار کربن و کاهش تبعات منفی این گاز گلخانه‌ای شود. این امر منوط به حفظ بقایای در سطح خاک است، از این‌رو در نظام‌های حفاظتی به‌خاطر حفظ بقایا، مزایای آن محتمل‌تر می‌باشد. به‌طورکلی در مزارع مورد مطالعه میزان ترسیب کربن در کل اندام‌های گیاهی سویا در اراضی کشت‌شده مرسوم  $3281/4$  کیلوگرم در هکتار و در اراضی تحت کشت حفاظتی  $3176/1$  کیلوگرم در هکتار برآورد شد. دلیل این اختلاف، عملکرد بالاتر زیست‌توده گیاهی در اراضی کشت‌شده مرسوم بود. در هر دو نظام کشت



(سرخنکلاته) کم‌ترین و در نیمه غربی و نوار جنوبی اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان ترسیب کربن در مزارع مشاهده شد. با توجه به تنوع کشت انواع محصولات زراعی در استان گلستان و شهرستان گرگان، پیشنهاد می‌گردد پتانسیل ترسیب کربن سایر گیاهان زراعی محاسبه و نتایج آن در اختیار مدیران و کشاورزان قرار داده شود تا با آگاهی از آن، از آتش زدن بقایای گیاهی و تخریب زیست‌بوم خاک و آلودگی‌های زیست‌محیطی جلوگیری گردد.

مثبت است. میزان پتانسیل کربن در اندام‌های گیاهی نیام و دانه‌های سویا در نظام حفاظتی بیش‌تر از نظام مرسوم بود. به‌نظر می‌رسد با توسعه نظام حفاظتی و پایش مزارع در بلندمدت، اثرات نظام کشاورزی حفاظتی از جمله ترسیب کربن بیش‌تر قابل مشهود می‌باشد. چرا که با حفظ بقایا در سطح خاک و جلوگیری از آتش زدن یا حذف بقایا، کربن موجود در بقایا حفظ می‌شوند و از انتشار آن به جو جلوگیری می‌شود. در بخش‌های شمالی شهرستان

### منابع

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H.A., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Fazli Stabragh, M., Hosseinpour, R., Kazemian, A. and Rafiei, M. 2016. Agricultural Statistics of 2014-15. Ministry of Agriculture Deputy Director of Planning and Economics Information and Communications Center Tehran Iran. 163p. (In Persian)
- Asadi, M.E. and Sadeghi, S. 2017. Healthy soils with conservation agriculture systems. Noruzi Press. 135p. (In Persian)
- Carlson, R.E. and Foley, T.A. 1991. The parameter R in multiquadric interpolation. *Appl. Math. Comput.* 21: 29-42.
- Conen, F. and Smith, K.A. 1998. A re-examination of closed flux chamber methods for the measurement of trace gas emissions from soils to the atmosphere. *Eur. J. Soil. Sci.* 49: 4. 701-707.
- De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermand, A. and Hein, L. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosyst. Serv.* 1: 1. 50-61.
- Farooq, M. and Siddique, K. 2015. Conservation agriculture. Springer International Publishing Switzerland. 665p.
- Fathi Hafashjani, E., Beigi harchegani, H.A., Davoodian Dehkordi, A. and Tabatabaei, S.H. 2014. Comparison of spatial interpolation methods and selecting the appropriate method for mapping of nitrate and phosphate in the Shahrekord Aquifer. *Iranian of Irrigation & water engineering.* 4: 15. 51-63.
- Gan, Y.T., Campbell, C.A., Janzen, H.H., Lemke, R.L., Basnyata, P. and Mc Donald, C.L. 2009. Carbon input to soil from oilseed and pulse crops on the Canadian prairies. *Agr. Ecosyst. Environ.* 132: 3-4. 290-297.
- Gao, Y., Luo, P., Wu, N., Chen, H. and Wang, G. 2007. Grazing intensity impacts on carbon sequestration in an alpine meadow on the eastern Tibetan Plateau. *Agric. Biol. Sci.* 3: 6. 642-647.
- Ghorbani, M., Darijani, A., Koocheki, A. and Motallebi, M. 2009. Estimating the environmental costs of greenhouse gas emissions in dairy farms of Mashhad. *J. Dev. Agr. Econ.* 17: 66. 43-63. (In Persian)
- Hassani Pak, A.A. 2007. Geostatistics. University of Tehran press. 328p. (In Persian)
- Hobbs, P.R., Sayre, K. and Gupta, R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *J. Biol. Sci.* 363: 1491. 543-555.
- Jafarian, Z. and Tayefeh Seyyed Alikhani, L. 2012. Carbon sequestration potential in dry farmed wheat in Kiasar Region. *Agric. Sci. Sustain. Prod.* 23: 1. 31-41. (In Persian)
- Jamalipor, M., Ghorbani, M. and Koocheki, A. 2015. Estimating the economic value of greenhouse gases

- emissions of oilseeds in Iran. *Agricultural Economics & Development*. 29: 3. 224-241. (In Persian)
15. Ji, B., Hu, H., Zhao, Y., Mu, X., Liu, K. and Li, C. 2014. Effects of deep tillage and straw returning on soil microorganism and enzyme activities. *The Scientific World Journal*. Article ID 451493. 12p.
  16. Kamkar, B. and Mahdavidamghani, A. 2008. Principles of sustainable agriculture. Jihad Mashhad Press. 307p. (In Persian)
  17. Kaspar, T.C., Brown, H.J. and Kassmeyer, E.M. 1990. Corn root distribution as affected by tillage wheel traffic and fertilizer placement. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 55: 5. 1390-1394.
  18. Kazemi, H. 2016. Application of geographic information system (GIS) in crop sciences. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. 266p. (In Persian)
  19. Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S. and Sadeghi, S. 2012. Evaluation of geostatistical methods for estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands of Golestan Province. *Water and Soil Knowledge*. 22: 1. 201-220. (In Persian with English Abstract)
  20. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Khorasani, R. 2010. Effect of different crop management systems on net primary productivity and relative carbon allocation coefficients for corn (*Zea mays* L.). *Agroecology*. 2: 4. 667-680. (In Persian)
  21. Khorramdel, S., Mollafilabi, A. and Latifi, H. 2018. Evaluating the potential of carbon sequestration and global warming potential for saffron fields (Case study: Khorasan-e Razavi Province). *JOPPR*. 25: 1. 13-29.
  22. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P. and Jafari, L. 2016. Evaluating the potential of carbon sequestration for canola fields under Khorasan Razavi Province. *Crop Production*. 9: 3. 23-43. (In Persian)
  23. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P. and Moallem, F. 2018. Evaluation of carbon allocation coefficients and net primary production for major crops in Khorasan-e Razavi Province. *Crop Production*. 11: 1. 141-152. (In Persian)
  24. Koga, N., Smith, P., Yeluripati, J.B., Shirato, Y., Kimura, S.D. and Nemoto, M. 2011. Estimating net primary production and annual plant carbon inputs and modelling future changes in soil carbon stocks in arable farmlands of northern Japan. *Agr. Ecosyst. Environ*. 144: 1. 51-60.
  25. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Ghafourim, A., Mahlojirad, M. and Fallahpour, F. 2017. Economic value of agroecosystem services within wheat fields in Khorasan Razavi Province. *Agroecology*. 8: 4. 612-627. (In Persian with English Abstract)
  26. Li, S., Li, Y., Li, X., Tian, X., Zhao, A., Wang, S. and Shi, J. 2016. Effect of straw management on carbon sequestration and grain production in a maize-wheat cropping system in Anthrosol of the Guanzhong Plain. *Soil Till. Res*. 157: 43-51.
  27. Moeini Minbashi, M., Ebtali, Y., Esfandiyari, H., Adiham, H., Brajasteh, A., Pourazar, R., Jahedi, A., Jafarzadeh, N., Jamali, M.R., Hosseini, S.M., Sarani, M., Sarihi, S., Sabahi, N., Salahiardakani, A., Tabatabaei, R., Qasemi, M.T., Lak, M.R., Mousavi, S.K., Maknali, A., Saeidi Naeini, F., Mirvakili, S.M., Nazer Kakhki, S.H., Narimani, V., Nourozadeh, Sh., Vaesi, M. and Younes Abadi, M. 2012. Preparation of weed distribution map of irrigated wheat fields using geographic information system (GIS). *Agron. J*. 95: 22-31.
  28. Mohammadi, E., Asghari, H., Gholami, A. and Khorramdel, S. 2017. Evaluation of net primary productivity and carbon allocation to different parts of corn in different tillage and nutrient management systems. *Agroecology*. 9: 1. 262-275. (In Persian with English Abstract)
  29. Mohammadi, J. 2006. Pedometer spatial statistics. Pelk Press. 453p. (In Persian)

30. Naghipour Borj, A.A. and Farokhnia, S. 2017. The effect of fire on carbon sequestration of soil and plant biomass in Semi-Steppe rangelands of Central Zagros region. *Plant Ecosys. Conserv.* 5: 10. 39-51. (In Persian)
31. Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A., Mansoori, H. and Moradi, R. 2015. Long term estimation of carbon dynamic and sequestration for Iranian agro-ecosystem: I- Net primary productivity and annual carbon input for common agricultural crops. *Agroecol.* 6: 4. 741-752. (In Persian)
32. Ruppert, D. 1996. Local polynomial regression and its applications in environmental statistics. Cornell University Operations Research and Industrial Engineering. 23p.
33. Sandhu, H.S., Wratten, S.D., Cullen, R. and Case, B. 2008. The future of farming: the value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. *Ecol. Econ.* 64: 4. 835-848.
34. Sheyday, E., Barani, H., Akbarlo, M., Heshmati, G.A. and Khormali, F. 2010. Assessment of carbon sequestration potential in soil and plant species *Agropyron elongatom* cultivated rangelands (Case study: Chapar Qvymh Gonbad). National Conference on Science water soil plants and agricultural mechanization, Dezful University. (In Persian)
35. Tamartash, R., Yousefian, M., Mahdavi, K. and Mahdavi, M. 2012. Investigation of enclosure effect on *artemisia* carbon sequestration in the arid zone of Semnan Province. *Nat. Environ.* 65: 3. 341-352. (In Persian with English Abstract)
36. Tamrtash, R., Hasannejad, M. and Tatayan, M.R. 2014. Investigating the role of medicinal plant *Thymus serpyllum* L on carbon sequestration in mountain ranges of Hezarjarib of Behshahr. *Eco-Phytochemical J. Med. Plant.* 2: 2. 48-55. (In Persian)
37. Tilman, D., Cassman, K., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature.* 418: 671-677.
38. Yang Zhang, S. 2007. Soil carbon and nitrogen sequestration following the conversion of cropland to alfalfa forage land in northwest China. *Soil Till. Res.* 92: 1-2. 181-189.
39. Zarinkafsh, M., Sabaghi, A.M. and Naalbandi, Z. 2016. The carbon sequestration in three soils types with different plant coverage in Gazvin and Zanzan Provinces. *Environ. Res.* 6: 11. 109-118. (In Persian)

