

## ترسیب کربن و پتانسیل گرمایش جهانی مزارع گندم آبی و دیم در مناطق نیمه خشک (مطالعه موردی: شهرستان شیروان)

مهدی بابائیان<sup>۱\*</sup>، اسماعیل شیرغانی<sup>۱</sup>، مصطفی جعفریان<sup>۲</sup>

۱- دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

۲- دانش آموخته دکتری رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

\* مسئول مکاتبه: mahdibbn@gmail.com

DOI: 10.22034/CSRAR.2022.310630.1144

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴

### چکیده

به منظور ارزیابی توانایی بالقوه ترسیب کربن اندام هوایی و ریشه و نیز پتانسیل گرمایش جهانی ارقام آبی و دیم گندم، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در استان خراسان شمالی، شهرستان شیروان اجرا شد. بدین منظور نمونه برداری به روش تصادفی سیستماتیک در ۳۰ مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک انجام شد و مقدار نهاده‌های مصرفی از طریق پرسش‌نامه چهره به چهره به دست آمد. نتایج به دست آمده نشان داد ارقام آبی نسبت به ارقام دیم از ضریب تبدیل اندام هوایی بالاتری برخوردار بودند و رقم پیشگام با میانگین ۴۹/۶۸ درصد بیشترین مقدار ضریب تبدیل اندام هوایی را داشت. مقایسه توان ترسیب اندام هوایی ارقام گندم آبی نشان داد رقم میهن با میانگین ۳۳۹۸/۷۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مجموع توان ترسیب کربن را داشت و رقم حیدری با توان ترسیب ۲۳۲۹/۳۰ کیلوگرم در هکتار کمترین مجموع توان ترسیب کربن را از خود نشان داد. در بین ارقام دیم نیز رقم باران با میانگین ۱۴۲۵/۲ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با رقم آذر ۲ با میانگین ۵۱۲/۶۰ از ترسیب کربن بالاتری برخوردار بود. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان داد CO<sub>2</sub>، CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O تولید شده در مزارع گندم آبی و مزارع گندم دیم به ترتیب ۱۲۱۲/۹۷۵ و ۶۵۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود و پتانسیل گرمایش جهانی برای یک هکتار گندم آبی و یک هکتار گندم دیم به ترتیب برابر ۲۸۷۵/۶۲۱ و ۹۱۹/۲۶۳ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> بدست آمد. بر اساس نتایج این پژوهش کشت رقم میهن (آبی) و رقم باران (دیم) در بوم‌نظام‌های زراعی شهرستان شیروان باعث افزایش توان ترسیب کربن و کاهش انتشار CO<sub>2</sub> خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** دی اکسیدکربن، ضریب تبدیل، گازهای گلخانه‌ای، ماده آلی

### مقدمه

تقریباً ۲ تا ۳ برابر کربن موجود در پوشش گیاهی و یا جو است (Schimel, 1995)؛ بنابراین هر عاملی که منابع کربن آلی خاک و کربن موجود در پوشش گیاهی را کاهش دهد باعث افزایش قابل توجهی در غلظت گازهای گلخانه‌ای جو خواهد شد و این مسئله در نهایت به گرم‌تر شدن کره زمین خواهد انجامید. با توجه به نقش فعالیت‌های کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای، بوم‌نظام‌های زراعی باید در جهت کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای مدیریت شوند (Khoramdel et al., 2018).

از جمله راهکارهای اکولوژیکی برای حذف دی‌اکسید کربن، ترسیب کربن در پوشش گیاهی و خاک‌های تحت این پوشش گیاهی، به عنوان یکی از ساده‌ترین و ارزان‌ترین راهکارها است (Uri, 2000). در این رابطه پژوهش‌گران اعلام نمودند ترسیب کربن یک عامل مهم در کاهش گرمایش جهانی است

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسیدکربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی و تغییر کاربری اراضی، باعث تغییر اقلیم شده و گرمایش جهانی را به دنبال داشته است (Lal, 2004). برخی محققین کربن را مهم‌ترین عنصر گازهای گلخانه‌ای می‌دانند که در دهه‌های اخیر تأثیر زیادی بر تغییرات اقلیمی گذاشته است (Heinemann et al., 2006). غلظت CO<sub>2</sub> در سال ۱۷۵۰ میلادی ppm ۲۸۰، در سال ۱۹۹۹ ppm ۳۶۷ و در سال‌های اخیر نیز حدود ppm ۴۰۲ گزارش شد (Lal, 2004; Tans, 2016). در سطح کره زمین سه منبع مهم کربن آلی، خاک، جو و پوشش گیاهی هستند که در این میان، خاک با حدود ۱۵۸۰ گیگا تن به عنوان بزرگ‌ترین منبع کربن آلی کره زمین شناخته می‌شود به طوری که مقدار کربن آن

CO<sub>2</sub> به ازای یک هکتار بود که ۰/۷۶ درصد آن مربوط به CH<sub>4</sub>، ۲۷/۲۲ درصد آن مربوط به CO<sub>2</sub> و ۷۲/۰۲ درصد آن مربوط به N<sub>2</sub>O محاسبه گردید (Babaeian et al., 2021).

در پژوهشی دیگر در استان خراسان شمالی برای تولید یک هکتار کلزا مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل ۱۴۲۲/۰۳ کیلوگرم در هکتار و مجموع پتانسیل گرمایش جهانی ۲۴۱۳/۳۸ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> گزارش شد (Babaeian et al., 2022). ارزیابی نظام‌های تولید زعفران در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نیز نشان داد مجموع پتانسیل گرمایش جهانی برای یک هکتار برابر ۱۳/۵۱ تن، کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> به ازای یک هکتار بود (Khorramdel et al., 2016). آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۸ نشان داد از ۱۰۷۹۷۹ هکتار اراضی آبی استان خراسان شمالی ۴۷۲۷۴ آن به کشت گندم آبی و از ۱۴۹۱۳۴ هکتار اراضی دیم این استان، ۹۹۰۰۰ هکتار آن به کشت گندم دیم اختصاص یافت که نشان‌دهنده جایگاه ویژه گندم آبی و دیم در بین محصولات کشاورزی استان خراسان شمالی است (Anonymous, 2019). لذا با توجه به اینکه کاهش میزان ماده آلی خاک و کاهش پتانسیل ترسیب کربن اراضی کشاورزی یکی از دلایل مهم افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم است، مطالعه جریان تغییر مواد آلی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بوم نظام‌های زراعی بیش از پیش ضروری به نظر می‌رسد. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی توان ترسیب کربن در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گندم و ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی در بوم نظام‌های تولید گندم استان خراسان شمالی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### ارزیابی توانایی بالقوه ترسیب کربن

به منظور ارزیابی توانایی بالقوه ترسیب کربن اندام‌های هوایی (ساقه و سنبله) و اندام زیرزمینی (ریشه) ارقام آبی و دیم گندم پژوهشی، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در استان خراسان شمالی، شهرستان شیروان اجرا شد. ارقام آبی مورد بررسی شامل رقم‌های میهن، پیشگام و حیدری بودند و ارقام دیم مورد مطالعه شامل رقم‌های آذر ۲ و باران بودند. جهت انجام پژوهش نمونه‌برداری به روش تصادفی سیستماتیک (Chambers, 1983) از شش نقطه در ۳۰ مزرعه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

(Wiesmeier et al., 2014). در مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داده شد که برگرداندن ۵۰ درصد از بقایای گیاهی توان ترسیب کربن خاک را افزایش داد (Yan et al., 2007). پژوهشی دیگر نشان داد که ترسیب کربن در نظام کشت گندم-برنج در مزارع دارای کود دامی ۵۵ درصد و در مزارع دارای کود شیمیایی ۷۰ درصد بیشتر از نظام کشت گندم-ذرت بود (Kukal and Benbi, 2009). کربن ترسیب شده می‌تواند در بخش‌های مختلف اکوسیستم شامل بیوماس، لاشبرگ و خاک اراضی ذخیره شود (Su et al., 2003). مطابق گزارش‌های منتشر شده بین میزان ذخیره کربن پوشش گیاهی، فرم‌های رویشی و گستردگی سطوح اندام‌های گیاهی ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود داشت (Najmoddini, 2013). در آزمایشی روی گندم دیم نیز نشان داده شد در بین اندام‌های گیاهی، سنبله‌ها بیشترین و ریشه‌ها کمترین میزان ترسیب کربن را داشتند به طوری که میزان ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی ۱/۸۸۴ تن در هکتار بود و میزان کربن آلی خاک ۱۶/۳۳۲ تن در هکتار محاسبه شد که نشان داد گندم از توانایی بالایی در ترسیب کربن برخوردار است (Jafarian and Tayefeh Seyyed Alikhani, 2013). در گیاه روغنی کلزا پژوهش‌گران دریافته‌اند توان ترسیب کربن ساقه کلزا ۲/۴ برابر توان ترسیب برگ بود (Khorramdel et al., 2016).

با توجه به پایین بودن میزان ماده آلی خاک در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران به ویژه بوم‌نظام‌های کشاورزی خراسان شمالی، استفاده از راهکارهایی که بتواند محتوی کربن ماده آلی خاک را افزایش دهد از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش گرمای جهانی انتشار زیاد گازهای گلخانه‌ای در سال‌های اخیر بوده است و در بوم‌نظام‌های کشاورزی نیز مهم‌ترین دلایل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مصرف کودها و سموم شیمیایی و همچنین سوخت‌های فسیلی است (Khorramdel et al., 2018)؛ لذا بررسی میزان انتشار این گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی تولید محصولات زراعی از اهمیت بالایی برخوردار است. پتانسیل گرمایش جهانی روشی برای محاسبه میزان تأثیر یک محصول کشاورزی در ایجاد گرمایش جهانی به شمار می‌رود که متأثر از میزان سوخت دیزل، مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس و میزان مصرف الکتریسیته است. در همین رابطه پتانسیل گرمایش جهانی چغندر قند در خراسان شمالی برابر ۹۰۴۸/۸۵ کیلوگرم معادل

پارافین تعیین گردید و برای اندازه‌گیری میزان ترسیب کربن از معادله ۲ استفاده شد.

$$C_c = 10000 \times \%OC \times BD \times E \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله،  $C_c$  میزان کربن ترسیب شده در سطح یک مترمربع بر حسب گرم در هر مترمربع،  $OC$ : درصد کربن آلی،  $BD$ : وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و  $E$ : عمق نمونه خاک به سانتی‌متر است.

### برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی

به منظور ارزیابی پتانسیل گرمایش جهانی گندم میزان مصرف سوخت دیزل، الکتریسیته و کود و سموم شیمیایی از طریق تکمیل ۳۰ پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری از کشاورزان منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. تعداد پرسشنامه از رابطه کوکران (Snedecor and Cochran, 1980) به دست آمد.

$$n = (N t^2 s) / (Nd^2 + t^2 s^2) \quad \text{معادله (۳)}$$

که در این معادله،  $N$ : اندازه جمعیت آماری،  $t$ : استیودنت ضریب اطمینان (بر اساس احتمال ۹۵ درصد)،  $S$ : واریانس،  $d$ : دقت احتمالی مطلوب و  $n$ : حجم نمونه است. میزان مصرف نهاده‌های مورد استفاده به ازای یک هکتار در بوم‌نظام‌های گندم آبی و دیم شهرستان شیروان در جدول ۱ ارائه شده است.

خاک انجام شد (Mahdavi *et al.*, 2009). برداشت اندام‌های رویشی و زایشی شامل دانه + سنبله، ساقه، برگ و ریشه در بهار در سه مرحله فنولوژیک (ساقه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک) انجام شد. برای مطالعه خاک، از بین پلات‌های مستقر شده در امتداد هر ترانسکت، شش پروفیلی به عمق ۳۰ سانتی‌متر در زیر هر گیاه حفر و از آن‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. برای تعیین ضرایب تبدیل در اندام‌های مورد نظر از روش احتراق (Abdi *et al.*, 2008; Foroozeh and Mirzaali, 2006) استفاده شد. ابتدا اندام‌های (هوایی و زیرزمینی) برداشت شده به تفکیک به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند و سپس دو گرم از هر نمونه به مدت سه ساعت در کوره احتراق با دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. خاکستر نمونه‌ها جهت خنک شدن در دسیکاتور قرار گرفته و سپس با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند و برای محاسبه محتوی کربن اندام‌های گیاهی از معادله ۱ استفاده شد (Polidori *et al.*, 2008).

$$OC = OM \times 0.54 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله  $OC$  و  $OM$ ، به ترتیب مقدار کربن آلی (درصد) و مقدار ماده آلی (درصد) است. میزان کربن آلی خاک با استفاده از روش والکی و بلک (Walkley and Black, 1934) اندازه‌گیری شد، وزن مخصوص ظاهری با روش کلوخه و

جدول ۱- میانگین نهاده‌های مصرفی در بوم‌نظام‌های گندم در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 1- Mean of consumed inputs in wheat agroecosystems during season year of 2020-2021

ارقام Cultivars	الکتریسیته Electricity	پتاسیم K (Kg)	فسفر P (Kg)	نیترژن N (Kg)	سوخت Fuel (L)
گندم آبی Irrigated wheat	590	100	100	150	150
گندم دیم Rainfed wheat	-	50	50	50	115

صورت معادل دی‌اکسید کربن محاسبه گردید (Tzilivakis *et al.*, 2005).

$$GWP = CO_2 \text{ flux} + (N_2O \text{ flux} \times 310) + (CH_4 \text{ flux} \times 21) \quad \text{معادله (۴)}$$

در این معادله  $GWP$ : پتانسیل گرمایش جهانی،  $CO_2$ :  $flux$  انتشار  $CO_2$ ،  $N_2O \text{ flux}$ : انتشار اکسید نیترژن و  $CH_4$   $flux$ : انتشار متان است.

به دلیل عدم وجود ضریب انتشار  $CO_2$  برای آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها و مصرف بسیار ناچیز این ترکیبات شیمیایی در مزارع مورد بررسی، از برآورد نقش آن‌ها در پتانسیل گرمایش جهانی مزارع گندم خودداری شد. با توجه به اینکه که هر یک از گازهای گلخانه‌ای بر پتانسیل گرمایش جهانی تأثیر متفاوتی دارند، لذا این شاخص با استفاده از معادله ۴ به

جدول ۲- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی

Table 2- Greenhouse gas emission and global warming potential coefficients

منبع Source	متان CH <sub>4</sub> (g)	اکسید دی نیتروژن N <sub>2</sub> O (g)	دی اکسید کربن CO <sub>2</sub> (g)	نهاده Input
(Kramer <i>et al.</i> , 1999)	5.20	0.70	3560	سوخت دیزل Diesel(L)
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	3.70	0.03	3100	کود نیتروژن (اوره) Nitrogen fertilizer (urea) (kg)
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	1.80	0.02	1000	کود فسفات Phosphate fertilizer (kg)
(Snyder <i>et al.</i> , 2009)	1	0.01	700	کود پتاس Potassium fertilizer (kg)
(Tzilivakis <i>et al.</i> , 2005)	0.02	8.82	61.20	الکتریسیته Electricity (kWh)
(Tzilivakis <i>et al.</i> , 2005)	21	310	1	پتانسیل گرمایشی جهانی Global warming potential (CO <sub>2</sub> eq)

مخصوصاً ظاهری ۱/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و خاک مزارع دیم دارای وزن مخصوص ظاهری ۱/۳۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب بودند. همچنین میانگین ماده آلی خاک در مزارع آبی و دیم به ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۴۴ درصد بود. با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین منابع افزایش ماده آلی خاک برگرداندن بقایای گیاهی محصول قبل به زمین است، به نظر می‌رسد تولید کمتر زیست‌توده در اراضی دیم نسبت به اراضی آب شهرستان شیروان باعث کاهش میزان ماده آلی موجود در خاک اراضی دیم نسبت به اراضی آبی شده است.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارزیابی توان بالقوه ترسیب کربن در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند.

### نتایج و بحث

میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع گندم آبی و مزارع گندم دیم به صورت مجزا در جدول ۳ ذکر شده است. بر اساس نتایج جدول ۳ خاک مزارع آبی دارای وزن

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع گندم آبی و دیم

Table 3- Soil chemical characteristics of irrigated and rainfed wheat fields

محل آزمایش Tretment site	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm)	پتاس K (mg/Kg)	فسفر P (mg/Kg)	نیتروژن N (%)	کربن آلی OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	عمق خاک Soil depth (cm)
گندم آبی Irrigated Wheat	1.51	450	15	0.083	0.80	7.60	6.44	0-30
گندم دیم Rainfed Wheat	1.34	135	6	0.050	0.44	7.75	0.63	0-30

در ارقام گندم به طور معنی‌داری مختلف بودند ( $p \leq 0/01$ ) (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد مقادیر وزن خشک، کربن آلی و ضرایب تبدیل به کربن آلی و ترسیب کربن اندام هوایی و ریشه

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس وزن خشک، کربن آلی، ضریب تبدیل به کربن آلی و ترسیب کربن اندام‌های هوایی و ریشه ارقام گندم

Table 4- Analysis of variance for dry weight, organic matter, conversion coefficient and carbon sequestration of shoots and roots of irrigated and rainfed wheat cultivars

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع توان ترسیب کربن Total Carbon sequestration potential	توان ترسیب کربن اندام هوایی Shoot Carbon sequestration potential	توان ترسیب کربن ریشه Root Carbon sequestration potential	ضریب تبدیل Conversion coefficient	محتوی ماده آلی Organic matter Content	وزن ماده خشک Dry matter weight
رقم گندم Wheat cultivar	4	1.52**	2.36**	0.06**	450.63**	0.258**	96683.22**
خطا Error	20	0.13	0.21	0.43	10.36	0.0032	2567.04
کل Total	14	-	-	-	-	-	-

\*\*معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

\*\* : Significant at 1% probability level

می‌یابد (Nobakht *et al.*, 2011). در پژوهشی دیگر گزارش شد، نوع و ترکیب گونه‌ها از طریق تأثیر در ورودی کربن به خاک، مقدار کربن و ترسیب کربن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Schulp *et al.*, 2008).

### ضریب تبدیل به کربن آلی اندام هوایی و ریشه

ضریب تبدیل اندام هوایی و ریشه ارقام آبی و دیم گندم اختلاف معنی‌داری داشتند ( $p \leq 0.01$ ) (جدول ۴). نتایج به دست آمده نشان داد ارقام آبی نسبت به ارقام دیم ضریب تبدیل اندام هوایی بالاتری برخوردار بودند به طوری که رقم پیشگام و رقم میهن به ترتیب با میانگین ۴۹/۶۸ و ۴۹/۶۲ درصد بیشترین مقدار ضریب تبدیل را داشتند و رقم حیدری با میانگین ۴۳/۳۳ کمترین مقدار ضریب تبدیل اندام هوایی را نشان داد (شکل ۱). در بین دو رقم دیم نیز رقم باران نسبت به رقم آذر ۲ از ضریب تبدیل بالاتری برخوردار بود. برخلاف نتایج مشاهده شده در ضریب تبدیل اندام هوایی، ضریب تبدیل ریشه ارقام دیم در مقایسه با ارقام آبی بیشتر بود به طوری که بیشترین ضریب تبدیل ریشه با میانگین ۴۵/۵۷ درصد در رقم آذر ۲ مشاهده گردید و ارقام باران، حیدری و پیشگام نیز به ترتیب با مقادیر ۳۹/۵۸، ۳۹/۳۳ و ۳۶/۱۵ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند و رقم میهن نیز با میانگین ۳۲/۵۰ درصد دارای کمترین مقدار ضریب تبدیل ریشه بود (شکل ۱).

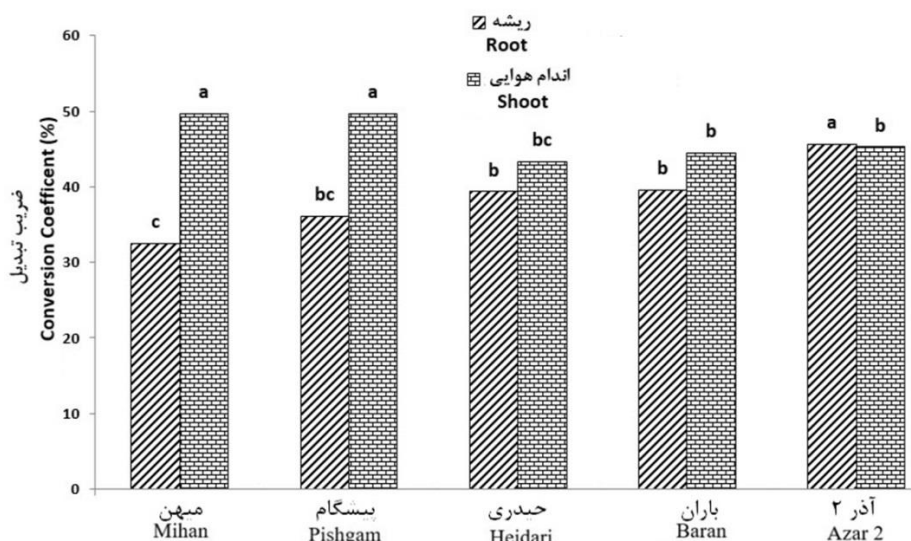
کاهش ضریب تبدیل اندام هوایی ارقام دیم در مقایسه با ارقام آبی احتمالاً تحت تأثیر بالا بودن مواد معدنی در اندام هوایی

### توان ترسیب کربن خاک

میانگین ترسیب کربن خاک مزارع گندم آبی برابر با ۳/۶۲ تن در هکتار بود در حالی که میزان ترسیب کربن در اراضی دیم ۱/۷۶ تن در هکتار به دست آمد. پایین بودن میزان ترسیب کربن در اراضی دیم مربوط به درصد پایین کربن آلی خاک در این اراضی نسبت به اراضی آبی گندم بود. میانگین کربن آلی به دست آمده از دیمزارهای گندم ۰/۴۴ درصد به دست آمد در حالی که این مقدار در اراضی آبی گندم ۰/۸ درصد بود. تولید بالاتر زیست توده در گندم آبی باعث می‌شود مقدار ماده آلی بیشتری در مقایسه با اراضی دیم به زمین اضافه شود و همین مسئله باعث بالا رفتن درصد کربن آلی خاک می‌گردد. محققانی نیز میزان ترسیب کربن مزارع گندم خراسان رضوی را ۴/۰۲ تن در هکتار برآورد نمودند (Mollafilabi and Shabahng, 2020). محققان دیگری پتانسیل ترسیب کربن خاک مزارع کلزا در استان خراسان رضوی را ۳/۴۶ تن در هکتار گزارش کردند (Khorramdel *et al.*, 2016). همچنین پتانسیل ترسیب کربن در خاک درختچه‌های انار وحشی و گونه‌های بوته‌ای چندساله و علفی یک‌ساله مراتع جلگه‌ای میان کاله ۷ و ۲ تن در هکتار برآورد گردید (Tamartash *et al.*, 2012). در گزارشی آمده است، ترسیب کربن خاک با درصد پوشش گیاهی، نوع گونه‌های گیاهی، مقدار لاشبرگ و بقایای گیاهی، نوع کاربری اراضی و مدیریت ارتباط دارد؛ به طوری که اگر در منطقه‌ای، پوشش گیاهی خوب مستقر شود، در بلندمدت کربن آلی خاک افزایش

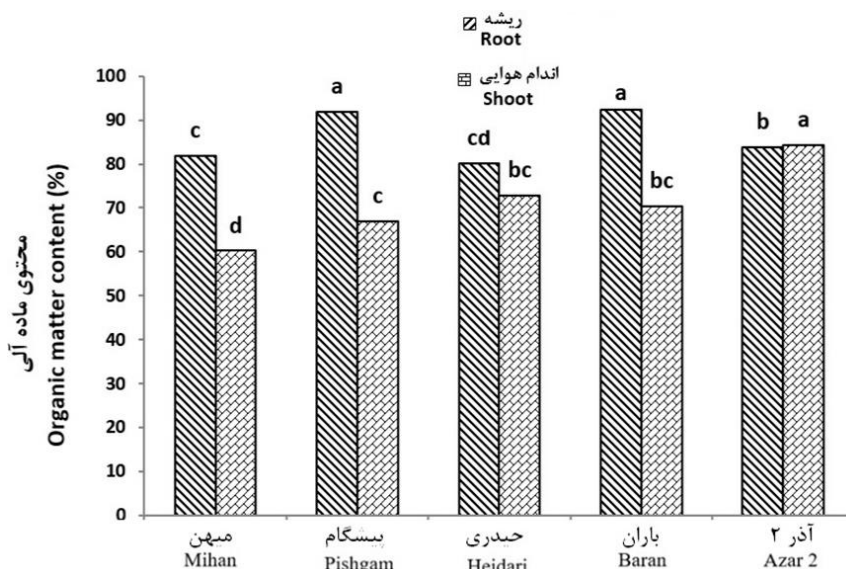
است. از طرف دیگر، بالا بودن ضریب تبدیل ریشه ارقام دیم مربوط به میزان کم آب در بافت ریشه ارقام دیم است. نتایج این پژوهش نشان داد ضریب تبدیل اندام هوایی در ارقام آبی و ارقام دیم گندم، بالاتر از ضریب تبدیل ریشه بود. مشابه نتایج به دست آمده در این پژوهش نتایج محققان در خراسان رضوی نشان داد ضریب تبدیل اندام هوایی گندم بالاتر از ضریب تبدیل ریشه است. آن‌ها ضریب تبدیل اندام هوایی گندم را ۵۲ درصد و ضریب تبدیل ریشه را ۳۱/۹۹ درصد گزارش نمودند (Mollafilabi and Shabahng, 2020). در پژوهشی دیگر میانگین ضرایب تبدیل اندام هوایی کلزا ۴۸ درصد بالاتر از ریشه به دست آمد (Khorramdel *et al.*, 2016). همچنین در استان آذربایجان غربی ضریب تبدیل اندام هوایی گونه *Helichrysum aucherii* به طور معنی‌داری بیشتر از ضریب تبدیل ریشه این گونه گیاهی بود (Jafarian and Tayefeh Seyyed Alikhani, 2013).

است. از طرف دیگر، بالا بودن ضریب تبدیل ریشه ارقام دیم مربوط به میزان کم آب در بافت ریشه ارقام دیم است. نتایج این پژوهش نشان داد ضریب تبدیل اندام هوایی در ارقام آبی و ارقام دیم گندم، بالاتر از ضریب تبدیل ریشه بود. مشابه نتایج به دست آمده در این پژوهش نتایج محققان در خراسان رضوی نشان داد ضریب تبدیل اندام هوایی گندم بالاتر از ضریب تبدیل ریشه است. آن‌ها ضریب تبدیل اندام هوایی گندم را ۵۲ درصد و ضریب تبدیل ریشه را ۳۱/۹۹ درصد گزارش نمودند



شکل ۱- مقایسه میانگین ضریب تبدیل به کربن آلی اندام هوایی و ریشه ارقام گندم

Figure 1- Mean comparison of the conversion coefficient to organic carbon of shoots and roots of wheat cultivars



شکل ۲- مقایسه میانگین محتوی ماده آلی اندام هوایی و ریشه ارقام گندم

Figure 2- Mean comparison of organic matter of shoots and roots of wheat cultivars

در پژوهشی در این زمینه، میانگین کربن ترسیب شده در کل اندام‌های گیاهی سویا در اراضی تحت نظام مرسوم را  $3281/4$  کیلوگرم در هکتار برآورد شده است (Moushani *et al.*, 2019). در ارتباط با توان ترسیب کربن ریشه نتایج به دست آمده نشان داد توان ترسیب کربن ریشه ارقام دیم گندم بیشتر از ارقام آبی بود. به طوری که بیشترین مقدار کربن ترسیب شده ریشه با میانگین  $32/40$  کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم آذر ۲ بود و کمترین توان ترسیب کربن ریشه با میانگین  $16/50$  کیلوگرم در رقم میهن مشاهده گردید. در ارقام دیم به دلیل نیاز گیاه برای جذب آب تحت شرایط کم‌آبی، سیستم ریشه‌ای توسعه بیشتری می‌یابد و همین مسئله باعث افزایش توان ترسیب کربن ریشه در ارقام دیم نسبت به ارقام آبی می‌شود.

در مجموع نتایج به دست آمده نشان داد توان ترسیب کربن اندام هوایی ارقام آبی و دیم گندم بیش از توان ترسیب کربن ریشه این ارقام است. تولید بالای زیست‌توده گیاهی در اندام هوایی در مقایسه با زیست‌توده ریشه یکی از دلایل بالا بودن توان ترسیب اندام هوایی در مقایسه با ریشه است از طرفی اگرچه بافت ریشه دارای بافت خشبی‌تری نسبت به بافت ساقه است، ولی به نظر می‌رسد که وجود ترشحات ریشه‌ای (Daudu *et al.*, 2009) و نیز نسبت پایین‌تر کربن به نیتروژن (Russell *et al.*, 2005) بافت ریشه موجب کاهش توان ترسیب این بافت در مقایسه با اندام هوایی شده است. بدین ترتیب، این‌گونه به نظر می‌رسد که اندام‌های با بافت چوبی‌تر (مانند ساقه) از توان بیشتری در ترسیب کربن برخوردار بوده و افزایش نسبت اندام‌های هوایی چوبی در گیاهان زراعی، افزایش توان ترسیب کربن را به همراه خواهد داشت (Khorramdel *et al.*, 2016). مقایسه مجموع پتانسیل ترسیب کربن (اندام هوایی و ریشه) ارقام گندم نشان داد ارقام آبی در مقایسه با ارقام دیم از پتانسیل ترسیب کربن بالاتری برخوردار بودند به طوری که مجموع پتانسیل ترسیب کربن ارقام آبی  $2828/53$  کیلوگرم در هکتار بود و مجموع پتانسیل ترسیب کربن ارقام دیم  $698/90$  کیلوگرم در هکتار برآورد شد (شکل ۵). مقایسه ارقام آبی گندم نیز نشان داد رقم میهن با میانگین  $3398/70$  کیلوگرم در هکتار بیشترین توان ترسیب کربن را داشت و رقم حیدری با توان ترسیب  $2329/30$  کیلوگرم در هکتار کمترین توان ترسیب کربن را از خود نشان داد (شکل ۵). در بین ارقام دیم نیز رقم باران با

محتوی ماده آلی اندام هوایی و ریشه نیز به طور معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) در ارقام گندم، مختلف بودند (جدول ۴). بیشترین محتوی ماده آلی اندام هوایی در بین ارقام مورد مطالعه به رقم باران با میانگین  $92/35$  درصد و رقم پیشگام با میانگین  $92$  درصد اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. ارقام آذر ۲ و میهن نیز به ترتیب با میانگین  $83/80$  و  $81/90$  درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند و کمترین مقدار نیز در رقم حیدری با میانگین  $80/25$  درصد ملاحظه شد (شکل ۲).

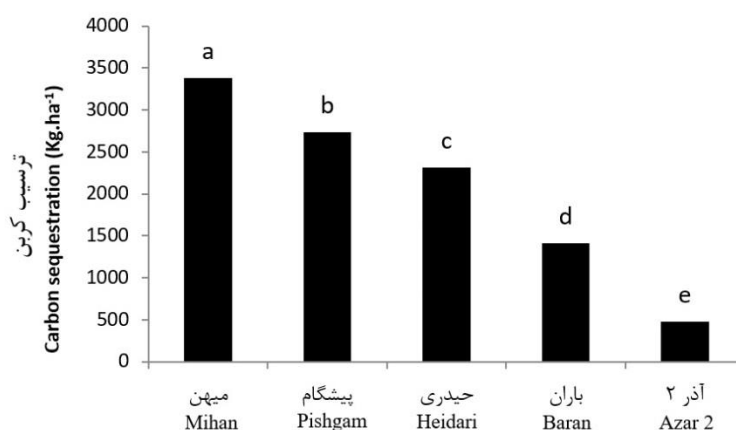
مقایسه میانگین محتوی ماده آلی ریشه ارقام دیم و آبی گندم نشان داد بیشترین مقدار محتوی ماده آلی ریشه با میانگین  $45/57$  درصد مربوط رقم آذر ۲ بود و ارقام باران، حیدری، پیشگام و میهن به ترتیب با میانگین  $39/58$ ،  $39/33$ ،  $36/15$  و  $32/50$  درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۲). به طور کلی محتوی ماده آلی اندام هوایی در مقایسه با محتوی ماده آلی ریشه در ارقام میهن، پیشگام، حیدری و باران بالاتر بود که با نتایج به دست آمده توسط برخی از محققان از جمله (Khorramdel Mollafilabi and Shabahng, 2020) (et al., 2016; مطابق داشت.

### توان ترسیب کربن اندام هوایی و ریشه

اندام‌های هوایی و ریشه ارقام گندم به طور معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) دارای پتانسیل ترسیب کربن مختلف بودند (جدول ۴). نتایج این پژوهش نشان داد متوسط توان ترسیب کربن اندام هوایی ارقام مورد بررسی  $1599/60$  کیلوگرم در هکتار بود در حالی که متوسط ترسیب کربن ریشه در این ارقام  $21$  کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم میهن با  $3382/20$  کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین توان ترسیب کربن اندام هوایی بود و رقم‌های پیشگام، حیدری، باران و آذر ۲ به ترتیب با میانگین  $2737/4$ ،  $2311/60$ ،  $1406/30$  و  $480/20$  کیلوگرم در هکتار، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. این نتایج نشان داد ارقام آبی گندم (میهن، پیشگام و حیدری) از توان ترسیب کربن اندام هوایی بالاتری در مقایسه با ارقام دیم (باران و آذر ۲) برخوردار بودند. همچنین در بین ارقام آبی گندم، رقم میهن و در بین ارقام دیم گندم، رقم باران توان ترسیب کربن اندام‌های هوایی بالاتری داشتند (شکل ۳).

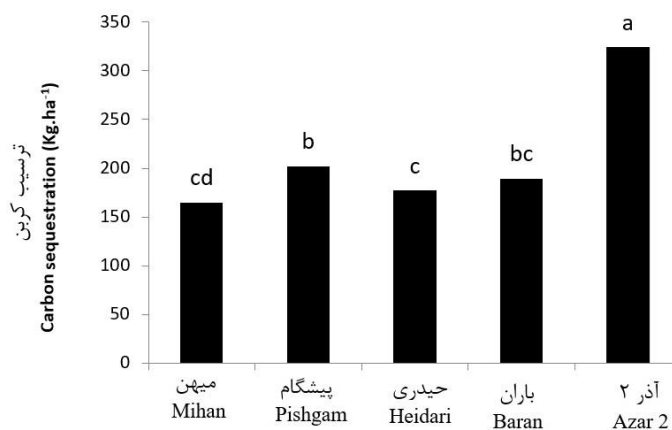
2013). در پژوهشی دیگر بررسی مزارع گندم خراسان رضوی نیز نشان داد مجموع توان بالقوه ترسیب کربن اندام‌های هوایی و زیرزمینی گندم برابر ۸/۲۵ تن در هکتار بود (Mollafilabi and Shabahng, 2020). بنابراین، با توجه به پایین بودن ماده آلی خاک در بوم‌نظام‌های زراعی مناطق خشک و شهرستان شیروان و تأثیر مثبت بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی خاک، مصرف بقایای گندم می‌تواند باعث بهبود ماده آلی خاک شود و پتانسیل ترسیب کربن خاک این مناطق را افزایش دهد (Hajabbasi and Mosaddeghi *et al.*, 2000). Hemmat, 2000; این افزایش پتانسیل ترسیب کربن خاک، در درازمدت باعث افزایش تولیدات گیاهی، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و کاهش فرسایش خاک است (Jafarian and Tayefeh Seyyed Alikhani, 2013).

متوسط ۱۴۲۵/۲۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با رقم آذر ۲ با میانگین ۵۱۲/۶۰ از توان ترسیب کربن بالاتری برخوردار بود (شکل ۵). مشابه با یافته‌های این پژوهش، پژوهش‌گران گزارش نمودند میزان ترسیب کربن در گونه‌ها و اندام‌های گیاهی، متفاوت بوده و با افزایش سطح تاج پوشش و درصد چوبی شدن، افزایش یافت (Tamartash *et al.*, 2012). در بررسی دیگری پتانسیل ترسیب کربن اندام‌های سه گونه مرتعی گزارش شد، در مقایسه اندام‌های مختلف هوایی و زیرزمینی، ساقه‌ها بالاترین توان و برگ‌ها کمترین توان را داشتند (Foroozeh and Mirzaali, 2006). همچنین در آزمایشی روی گندم دیم در منطقه کیاسر نشان داده شد که اندام هوایی بیشترین و ریشه‌ها کمترین میزان ترسیب کربن را داشتند. آن‌ها میزان ترسیب کربن در زیست‌توده گیاهی گندم دیم را ۱/۸۸۴ تن در هکتار گزارش نمودند (Jafarian and Tayefeh Seyyed Alikhani, 2013).



شکل ۳- مقایسه میانگین پتانسیل ترسیب کربن اندام هوایی ارقام گندم

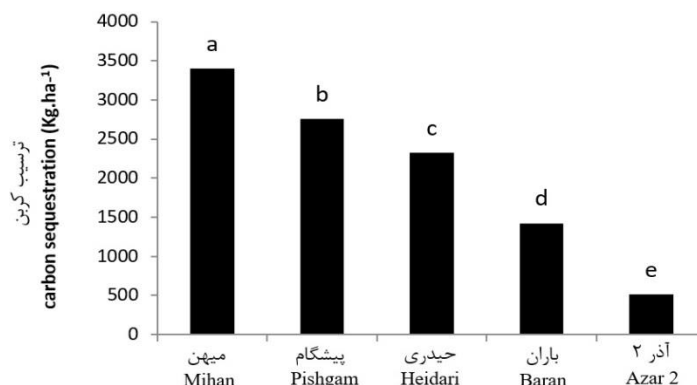
Figure 3- Mean comparison of carbon sequestration potential of the shoots of wheat cultivars



شکل ۴- مقایسه میانگین پتانسیل ترسیب کربن ریشه ارقام گندم

Figure 4- Mean comparison of carbon sequestration potential of the root of wheat cultivars





شکل ۵- مقایسه میانگین پتانسیل کل ترسیب کربن (اندام هوایی و ریشه) ارقام گندم

Figure 5- Mean comparison of total carbon sequestration potential (shoots and roots) of wheat cultivars

سوخت در بوم‌نظام‌های گندم آبی مهم‌ترین دلایل تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با بوم‌نظام‌های گندم دیم بود. میزان انتشار  $\text{CO}_2$ ،  $\text{N}_2\text{O}$  و  $\text{CH}_4$  در بوم‌نظام‌های گندم آبی به ترتیب  $1205/100$ ،  $6/250$  و  $1/625$  کیلوگرم در هکتار بود و در بوم‌نظام‌های گندم دیم این مقادیر به ترتیب  $649/400$ ،  $1/0105$  و  $0/923$  کیلوگرم در هکتار به دست آمد. سوخت دیزل در هر دو بوم‌نظام آبی و دیم بیشترین نقش را در تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای داشت و کود نیتروژن، فسفر، پتاسیم و الکتریسیته در رتبه‌های بعدی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار داشتند.

### انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش زمین

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای مزارع گندم آبی و دیم به صورت جداگانه در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ( $\text{CH}_4$  و  $\text{N}_2\text{O}$ ،  $\text{CO}_2$ ) در اثر مصرف سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و الکتریسیته در مزارع گندم آبی در شهرستان شیروان به میزان  $1212/975$  کیلوگرم در هکتار بود در حالی که این میزان برای مزارع گندم دیم  $651/335$  کیلوگرم در هکتار (جدول ۵) به دست آمد. مصرف بالای کودهای شیمیایی، استفاده از نیروی الکتریسیته جهت آبیاری و مصرف

جدول ۵- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) در کشت گندم آبی و دیم

Table 5- Greenhouse gases emission rate ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) in irrigated and rainfed wheat cultivation

نهاده Input	گندم آبی Irrigated wheat			گندم دیم Rainfed wheat			مجموع گازها Total Gases
	دی اکسید کربن $\text{CO}_2$ (Kg/ha)	اکسید دی نیتروژن $\text{N}_2\text{O}$ (Kg/ha)	متان $\text{CH}_4$ (Kg/ha)	دی اکسید کربن $\text{CO}_2$ (Kg/ha)	اکسید دی نیتروژن $\text{N}_2\text{O}$ (Kg/ha)	متان $\text{CH}_4$ (Kg/ha)	
سوخت دیزل Diesel	534	1.050	0.780	409.400	0.008	0.598	538.83
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	465	0.004	0.555	155.000	0.001	0.185	465.995
کود فسفر Phosphate fertilizer	100	0.002	0.180	50.000	1.001	0.090	100.182
کود پتاس Potassium fertilizer	70	0.001	0.100	35.000	0.0005	0.050	70.101
الکتریسیته Electricity	36.10	5.20	0.011	-	-	-	41.311
مجموع Total	1205.100	6.250	1.625	649.400	1.0105	0.923	1212.975

۶۴۹/۴۰۰ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> دارای بیشترین نقش بود و N<sub>2</sub>O و CH<sub>4</sub> به ترتیب با ۲۵۰/۴۸۰ و ۱۹/۳۸۳ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند.

در مطالعه دیگر پتانسیل گرمایش جهانی تولید شده در مزارع گندم در خراسان رضوی معادل ۲۳۷۷/۸۶ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> به دست آمد (Akbari *et al.*, 2019). پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش نمودند در مزارع گندم در ایران ۱۱۳۷ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> گازهای گلخانه‌ای تولید می‌شود (Soltani *et al.*, 2013). در مطالعه‌ای که روی چغندر قند انجام شد میزان گرمایش جهانی برای یک هکتار این محصول ۹۸۴۷/۷۷ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در هکتار به دست آمد (Yousefi *et al.*, 2014). مشابه این نتایج پتانسیل گرمایش جهانی محصول چغندر قند در استان خراسان شمالی نیز به میزان ۹۰۴۸/۸۵ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> گزارش شد (Babaeian *et al.*, 2021).

محاسبه تأثیر نهاده‌های ورودی مزارع گندم آبی و دیم نشان داد کل پتانسیل گرمایش جهانی در یک هکتار گندم آبی معادل ۲۸۷۵/۶۲۱ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> بود و کل پتانسیل گرمایش جهانی در یک هکتار گندم دیم به میزان ۹۱۹/۲۶ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> به دست آمد (جدول ۶). در میان نهاده‌های ورودی در مزارع گندم آبی، الکتریسیته با ۱۶۴۸/۳۳ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> دارای بیشترین نقش در پتانسیل گرمایش جهانی بود و در مزارع گندم دیم، سوخت دیزل با ۶۷۱/۵۰ کیلوگرم معادل نقش مؤثرتری نسبت به سایر نهاده‌های ورودی در پتانسیل گرمایش جهانی داشت (جدول ۶). در میان گازهای گلخانه‌ای مؤثر در پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع گندم آبی، N<sub>2</sub>O با ۱۶۴۶/۸۷ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> بیشترین سهم را داشت و گازهای CO<sub>2</sub> و CH<sub>4</sub> به ترتیب با ۱۲۰۵/۱۰۰ و ۲۳/۶۴۶ کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub> در رده‌های بعدی قرار گرفتند و در مزارع گندم دیم نیز، CO<sub>2</sub> با

جدول ۶- پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل CO<sub>2</sub>) در کشت گندم آبی و دیم

Table 6- Global warming potential (kg CO<sub>2</sub> eq) in irrigated and rainfed wheat cultivation

گندم دیم				گندم آبی				نهاده Input
Rainfed wheat				Irrigated wheat				
GWP	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	GWP	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	
671.508	12.558	249.550	409.400	582.930	16.380	32.550	534	سوخت دیزل Diesel
159.350	3.885	0.465	155.000	467.550	1.155	1.395	465	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer
52.500	1.890	0.310	50.000	104.400	3.780	0.620	100	کود فسفر Phosphate fertilizer
36.205	1.050	0.155	35.000	72.41	2.100	0.310	70	کود پتاس Potassium fertilizer
-	-	-	-	1648.331	0.231	1612	36.100	الکتریسیته Electricity
919.263	19.38	250.48	649.400	2875.621	23.646	1646.875	1205.100	مجموع Total

در بین ارقام آبی، رقم میهن با توان ترسیب ۳۳۸۲/۲۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین توان ترسیب کربن اندام هوایی را داشت و در بین ارقام دیم رقم باران با ۱۴۰۶/۳۰ کیلوگرم در هکتار توان ترسیب کربن اندام هوایی بالاتری را نشان داد و رقم آذر ۲ نیز با ۴۸۰/۲۰ کیلوگرم در هکتار کمترین توان ترسیب کربن در اندام

## نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش ارقام آبی گندم در مقایسه با ارقام دیم از توان ترسیب کربن بالاتری در اندام هوایی برخوردار بودند. هم‌چنین در بین اندام‌های گیاه، توان ترسیب کربن اندام هوایی گندم بیشتر از توان ترسیب ریشه بود.

نتایج به دست آمده نشان داد بوم‌نظام‌های گندم آبی در مقایسه با بوم‌نظام‌های گندم دیم به میزان ۵۹/۹۶ درصد گازهای گلخانه‌ای بیشتر و به میزان ۷۳ درصد پتانسیل گرمایش جهانی بیشتری را تولید کردند. بوم‌نظام‌های آبی گندم به دلیل مصرف بیشتر کود نیتروژن، استفاده بیشتر از ادوات کشاورزی و آبیاری تحت فشار، به لحاظ زیست‌محیطی اثرات منفی بسیار بیشتری را در مقایسه با بوم‌نظام‌های دیم گندم داشتند. در استان خراسان شمالی با توجه به شرایط اقلیمی و دسترسی بسیار محدود به آب رودخانه و قنوات جهت آبیاری اراضی آبی و وابستگی این اراضی به نیروی الکتریسیته جهت استحصال آب‌های زیرزمینی باعث شده در بین نهاده‌های مصرفی نیز الکتریسیته دارای بیشترین نقش در پتانسیل گرمایش جهانی باشد در حالی که در اراضی دیم میزان مصرف سوخت فسیلی دارای بیشترین تأثیر بر پتانسیل گرمایش جهانی بود. لذا انجام مدیریت صحیح آبیاری و استفاده از روش‌های نوین جهت کاهش مصرف آبیاری و استفاده از پمپ‌های آب با کارایی بالا و متناسب با عمق چاه‌های آب اراضی آبی گندم می‌تواند باعث کاهش مصرف الکتریسیته شود و در اراضی دیم استفاده از ادوات مرکب، رعایت ترافیک مزرعه و کاربرد سامانه‌های حفاظتی می‌تواند کاهش مصرف سوخت دیزل را به همراه داشته باشد که در مجموع باعث کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی خواهد شد.

هوایی را داشت. البته مقایسه توان ترسیب کربن ریشه ارقام آبی و دیم گندم نشان داد ارقام دیم توان ترسیب ریشه بالاتری داشتند و در این بین رقم آذر ۲ با میانگین ۳۲/۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین توان ترسیب کربن ریشه را داشت در حالی که رقم میهن با میانگین ۱۶/۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین توان ترسیب ریشه بود. بررسی مجموع توان ترسیب کربن (اندام هوایی+ریشه) نشان داد ارقام آبی از توان ترسیب کربن بالاتری برخوردار بودند به طوری که در بین ارقام آبی مورد مطالعه، رقم میهن با ۳۳۹۸/۷۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان توان ترسیب کربن را داشت و در بین ارقام دیم نیز رقم باران با میانگین ۱۴۲۵/۲۰ کیلوگرم در هکتار توان ترسیب کربن بالاتری نسبت به رقم آذر ۲ داشت. مقایسه میزان ترسیب کربن خاک مزارع مورد بررسی نشان داد میانگین ترسیب کربن خاک مزارع گندم آبی ۳/۶۲ تن در هکتار و میانگین ترسیب کربن خاک مزارع دیم ۱/۷۶ تن در هکتار بود. نتایج به دست آمده نشان داد بوم‌نظام‌های گندم آبی در مقایسه با بوم‌نظام گندم دیم شهرستان شیروان از توان ترسیب کربن بالاتری برخوردار بودند. بر اساس یافته‌های این پژوهش در بوم‌نظام‌های آبی رقم میهن و در بوم‌نظام‌های دیم رقم باران توانایی ترسیب کربن بالاتری را ایجاد می‌کردند که بهتر است از این دو رقم در کشت گندم در شهرستان شیروان استفاده شود.

## References

- Abdi, N.A., Madah, A.H. and Zahedi, A.G.H.** 2008. Estimation of carbon sequestration in Astragalus rangelands of Markazi province (Case study: Malmir rangeland in Shazand region). *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 15(2): 269-282. (In Persian).
- Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshedi, A., Ghanbari, A. and Khorramdel, S.** 2019. Effect of tillage systems and crop residues on soil bulk density and chemical properties under Corn (*Zea mays* L.) -Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agroecology*, 11(3): 1123-1138.
- Anonymous.** 2019. Yearbook of agricultural statistics. (In Persian).
- Chambers, J.C.** 1983. Methods for vegetation sampling and analysis on revegetated mined lands US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range. (Vol. 151).
- Daudu, C.K., Muchaonyerwa, P. and Mnkeni, P.N.S.** 2009. Litterbag decomposition of genetically modified maize residues and their constituent *Bacillus thuringiensis* protein (Cry1Ab) under field conditions in the central region of the Eastern Cape, South Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(3-4): 153-158.
- Faroozesh, M.R. and Mirzaali, E.** 2006. The effects of enclosure on carbon sequestration in the dominant species and soil surface in saline range lands (Case study of Gomishan rangelands). *Abstract Book of 8th International Conference on Development of Dry Lands. Beijing, China. Pp, 35-36.*

- Hajabbasi, M.A. and Hemmat, A.** 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 56(3-4): 205-212. (In Persian).
- Heinemann, A.B., Dehnamaia, A., Dourado-Neto, D., Ingram, K.T. and Hoogenboom, G.** 2006. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth and development response to CO<sub>2</sub> enrichment under different temperature regimes. *European Journal of Agronomy*, 24(1): 52-61.
- Ingram, J.S.I. and Fernandes, E.C.M.** 2001. Managing carbon sequestration in soils: concepts and terminology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 87(1): 111-117.
- Jafarian, Z. and Tayefeh Seyyed Alikhani, L.** 2013. Carbon sequestration potential in dry farmed wheat in Kiasar region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(1): 31-41. (In Persian).
- Khorrarnadel, S., Rezvani Moghaddam, P. and Jafari, L.** 2016. Evaluating the potential of carbon sequestration for canola fields under Khorasan Razavi. *Science Natural Resources*, 9(3): 22-43.
- Kramer, K.J., Moll, H.C. and Nonhebel, S.** 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 72(1): 9-16.
- Kukul, S.S. and Benbi, D.K.** 2009. Soil organic carbon sequestration in relation to organic and inorganic fertilization in rice-wheat and maize-wheat systems. *Soil and Tillage Research*, 102(1): 87-92.
- Lal, R.** 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2): 1-22.
- Mahdavi, K., Sanadgol, A., Azarnivand, H., Kafaki, S.B., Jafari, M., Maleki, M. and Malekian, A.** 2009. Effects of removing aerial biomass and density on carbon sequestration and weight of *Atriplex lentiformis*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(2): 183-186.
- Mollafilabi, A. and Shabahng, J.** 2020. Evaluation of carbon sequestration for above-ground and below-ground tissues and global warming potential of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agroecology*, 12(2): 265-279.
- Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A., Hemmat, A. and Afyuni, M.** 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 55(1-2): 87-97.
- Moushani, S., Soltani, A. and Asadi, M.E.** 2019. Comparison of carbon sequestration potential of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in two conventional and conservation cropping systems (Case study: Gorgan city). *Journal of Plant Production Research*, 26(3): 235-253.
- Najmoddini, N.** 2013. Effects of mechanical structural operations to improve watershed management in carbon sequestration for climate change mitigation (Case Study: Watershed Gavdareh in Kurdistan province). *The 2nd National Conference on Climate Change and Agriculture, August, 23*.
- Nobakht, A., Pourmajidian, M. and Hojjati, S.M.** 2011. A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (case study: Dehmian Forest Management Plan, Mazindaran). *Iranian Journal of Forest*, 3(1): 13-23.
- Polidori, A., Turpin, B.J., Davidson, C.I., Rodenburg, L.A. and Maimone, F.** 2008. Organic PM 2.5: Fractionation by polarity, FTIR spectroscopy, and OM/OC ratio for the Pittsburgh aerosol. *Aerosol Science and Technology*, 42(3): 233-246.
- Russell, A.E., Laird, D., Parkin, T.B. and Mallarino, A.P.** 2005. Impact of nitrogen fertilization and cropping system on carbon sequestration in Midwestern Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*, 69(2): 413-422.
- Schimel, D.S.** 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology*, 1(1): 77-91.
- Schulp, C.J.E., Nabuurs, G.J., Verburg, P.H. and de Waal, R.W.** 2008. Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management*, 256(3): 482-490.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W.G.** 1980. Statistical Methods Iowa State University Press, Ames. *Statistical Methods, 7th Ed. The Iowa State University Press, Ames*.
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L. and Fixen, P.E.** 2009. Review of greenhouse gas emissions from

- crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(3-4): 247-266.
- Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E. and Soltani, E.** 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy*, 50(1): 5461.
- Su, Y.Z., Zhao, H.L. and Zhang, T.H.** 2003. Influences of grazing and enclosure on carbon sequestration in degraded sandy grassland, Inner Mongolia, north China. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 46(4): 321-328.
- Tamartash, R., Tatian, M.R. and Yousefian, M.** 2012. The ability of different vegetative forms to carbon sequestration in plain rangeland of Miankaleh. *Journal of Environmental Studies*, 38(2): 45-54.
- Tans, P.** 2016. Annual mean atmospheric CO<sub>2</sub> values for Mauna Loa from Pieter Tans, NOAA/ESRL (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>) and Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography ([scrippsco2.ucsd.edu/](http://scrippsco2.ucsd.edu/)).
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A. and Jaggard, K.** 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems*, 85(2): 101-119.
- Uri, N.D.** 2000. Global climate change and the effect of conservation practices in US agriculture. *Environmental Geology*, 40(1): 41-52.
- Walkley, A. and Black, I.A.** 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38.
- Wiesmeier, M., Hübner, R., Spörlein, P., Geuß, U., Hangen, E., Reischl, A., Schilling, B., von Lützow, M. and Kögel Knabner, I.** 2014. Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation. *Global Change Biology*, 20(2): 653-665.
- Yan, H., Cao, M., Liu, J. and Tao, B.** 2007. Potential and sustainability for carbon sequestration with improved soil management in agricultural soils of China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121(4): 325-335.
- Yousefi, M., Khoramivafa, M. and Mondani, F.** 2014. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (*Beta vulgaris*) agroecosystems in Iran. *Atmospheric Environment*, 92(10): 501-505.

## Carbon sequestration and global warming potential of irrigated and rainfed wheat fields in semi-arid regions (Case study: Shirvan)

Mahdi Babaeian<sup>1\*</sup>, Esmaeel Shirghani<sup>1</sup>, Mostafa Jafarian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agricultural Faculty of Shirvan, University of Bojnord, Bojnord, Iran

<sup>2</sup> Ph.D graduated of Mechanic of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

\*Corresponding Author: [mahdibbn@gmail.com](mailto:mahdibbn@gmail.com)

Received: 16 October 2021

Accepted: 6 December 2021

DOI: 10.22034/CSRAR.2022.310630.1144

### Abstract

**Introduction:** Carbon sequestration in biomass and soils is one of the simplest and least expensive ecological strategies for removing carbon dioxide (Uri, 2000). According to researchers, carbon sequestration is an important factor in reducing global warming (Wiesmeier *et al.*, 2014). It was demonstrated that returning fifty percent of plant residues increased the soil's capacity to sequester carbon (Yan *et al.*, 2007). Another study revealed that the wheat-rice cultivation system sequestered 55% more carbon in fields with animal manure and 70% more carbon in fields with chemical fertilizer than the wheat-corn system (Kukul and Benbi, 2009). Given the low levels of soil organic matter in Iran's arid and semi-arid regions, particularly in the agricultural ecosystems of North Khorasan, it is crucial to employ strategies that increase the carbon content of soil organic matter. Therefore, the purpose of this study was to assess the carbon sequestration capacity of the aerial and subterranean portions of wheat and the global warming potential of the wheat production ecosystems in the province of North Khorasan.

**Materials and Methods:** In order to assess the carbon sequestration and global warming potentials of irrigated and rainfed wheat cultivars, an experiment was conducted in Shirvan, North Khorasan province, during the 2020-2021 growing season. For this purpose, systematic random sampling was conducted in 30 farms with 0-30 cm of soil depth, and a face-to-face questionnaire was used to assess greenhouse gas emissions and global warming potential. The studied irrigated varieties included Mihan, Pishgam, and Heydari, while the studied rainfed varieties include Azar 2 and Baran. In order to carry out the research, systematic random sampling (Chambers, 1983) was done from six points in 30 farms from a soil depth of 0-30 cm (Mahdavi *et al.*, 2009). In the spring, vegetative and reproductive organs such as seed + spike, stem, leaf, and root were harvested at three distinct phenological stages (shooting, flowering and physiological ripening). To study the soil, six 30-cm-deep profiles were dug under each plant and soil samples were collected. The combustion method (Abdi *et al.*, 2008; Foroozesh and Mirzaali, 2006) was utilized to determine the organ conversion coefficients.

**Results and Discussion:** The results indicated that irrigated cultivars had a higher shoot conversion efficiency than rainfed cultivars, with the Pishgam cultivar having the highest average conversion efficiency at 49.68%. Among the irrigated cultivars studied, the Mihan cultivar had the highest total carbon sequestration capacity, averaging 3,398.70 kg/ha. Among rainfed cultivars, the Baran cultivar had a higher total carbon sequestration than the Azar 2 cultivar, which had an average of 512.60 kg/ha. The amount of greenhouse gases (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub>) produced in irrigated and rainfed wheat fields in Shirvan was estimated to be 1626.932 kg/ha and 651.33 kg/ha, respectively, and the global warming potential of one hectare of wheat was equal to 3404.890 kg of carbon dioxide and one hectare of rainfed wheat was equal to 919.263 kg of carbon dioxide. The cultivation of Mihan (irrigated) and Baran (rainfed) cultivars in the agroecosystem of North Khorasan will increase carbon sequestration capacity and decrease CO<sub>2</sub> emissions, according to the findings of this study.

**Conclusion:** Based on the results of this study, the aerial carbon sequestration capacity of irrigated wheat cultivars was greater than that of rainfed cultivars. Moreover, among plant organs, the wheat leaves had a greater capacity for carbon sequestration than the wheat roots. Mihan was the cultivar with the highest aerial carbon sequestration capacity among irrigated cultivars, while Baran was the cultivar with the highest aerial carbon sequestration capacity among rainfed cultivars.

**Keywords:** Carbon dioxide, Conversion coefficient, Greenhouse gases, Organic matter