دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره نهم، شماره ۱۷، پاییز و زمستان ۱۴۰۳
http://arpe.gonbad.ac.ir

ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی و گندم در شهرستان گرگان

حسن حبیبی[۱]، محمد ملکان[۲]، مسعود تاجی[۳*]، سید قاسم حسینی حیدرآبادی[۳]

[۱]استادیار گروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد

[۲]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه علوم زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد

[۳،۴]کارشناسان ارشد موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰

چکیده

مقدمه: تغییرات آب و هوایی اصلی‌ترین نگرانی زیست‌محیطی است که به طور جدی رفاه بشر و سایر موجودات زنده را روی سیاره زمین تهدید می‌کند. کشاورزی یکی از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) به ویژه انتشار ترکیباتی غیر از دی‌اکسیدکربن (CO_2) مانند متان (CH_4) و اکسید نیتروژن (N_2O) است. انتشار گازهای گلخانه‌ای با توسعه اقتصادی، رشد جمعیت، افزایش انرژی و استفاده از کودها و سموم شیمیایی که برای حفظ و افزایش عملکرد دانه ایجاد می‌شوند، تشدید می‌شود. علاوه بر این، بخش قابل توجهی از کودهای حاوی نیتروژن که هر سال استفاده می‌شود به عنوان نیتروژن فعال در محیط منتشر می‌شود که باعث ایجاد موجی از مشکلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی هوا، اوتروفیکاسیون و تخریب لایه اوزن جو می‌شود. در سطح جهانی، بخش کشاورزی حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را از طریق اقدامات انسانی ایجاد می‌کند. انتظار می‌رود مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ حدود ۵۰ درصد افزایش یابد و تأثیرات بیشتری بر آب و هوا و اقلیم داشته باشد.

مواد و روش‌ها: به همین منظور میزان مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم و سیب‌زمینی در شهرستان گرگان مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق در ۲۵ مزرعه از مزارع تولید گندم و سیب زمینی در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ صورت گرفت. در مرحله اول پس از انتخاب مزارع مورد نظر، یکایک عملیات زراعی ثبت شد. همچنین میزان مصرف نهاده ها نیز در هر مزرعه یادداشت برداری شد. در نهایت میزان عملکرد در مزارع مورد بررسی ثبت گردید. در مرحله دوم بر اساس مقدار مصرف سوخت و نهاده های مصرفی در هر نوع از عملیات زراعی انجام شده و با در نظر گرفتن ضرایب مربوط به آن تولید گازهای گلخانه‌ای در هر هکتار آنالیز شد.

*نویسنده مسئول: tajimasoud65@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

نتایج: بر اساس نتایج برای تولید هر هکتار گندم و سیب‌زمینی به ترتیب ۱۴۵۹ و ۲۰۳۴ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن منتشر شد. به طور متوسط در هر هکتار تولید گندم و سیب‌زمینی به ترتیب به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی ۷۹ و ۴۹ گرم گازهای گلخانه‌ای انتشار یافت که این میزان برای انرژی خروجی به ترتیب معادل ۲۷ و ۱۸ گرم تخمین زده شد.

نتیجه‌گیری کلی: در نهایت با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی و همچنین مصرف سوخت‌های فسیلی بخش مهمی از انتشار گازهای گلخانه ای را به خود اختصاص دادند که با بهینه سازی مصرف آنها می‌توان گام مهمی در کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید محصولات گندم و سیب‌زمینی برداشت.

واژه‌های کلیدی: انتشار گازهای گلخانه‌ای، سوخت فسیلی، الکتریسیته، کودهای شیمیایی

مقدمه

تغییرات آب و هوایی اصلی‌ترین نگرانی زیست‌محیطی است (Davis *et al.*, 2017) که به طور جدی رفاه بشر و سایر موجودات زنده را روی سیاره زمین تهدید می‌کند. کشاورزی یکی از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) به ویژه انتشار ترکیباتی غیر از دی‌اکسیدکربن (CO_2) مانند متان (CH_4) و اکسید نیتروژن (N_2O) است (Yang *et al*, 2021). انتشار گازهای گلخانه‌ای با توسعه اقتصادی، رشد جمعیت، افزایش انرژی و استفاده از کودها و سموم شیمیایی که برای حفظ و افزایش عملکرد دانه ایجاد می‌شوند، تشدید می‌شود. علاوه بر این، بخش قابل توجهی از کودهای حاوی نیتروژن که هر سال استفاده می‌شود به عنوان نیتروژن فعال در محیط منتشر می‌شود که باعث ایجاد موجی از مشکلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی هوا، اوتروفیکاسیون و تخریب لایه اوزن جو می‌شود (Xu *et al.*, 2022). در سطح جهانی، بخش کشاورزی حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای را از طریق اقدامات انسانی ایجاد می‌کند (Kumar *et al.*, 2024). انتظار می‌رود مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ حدود ۵۰ درصد افزایش یابد و تأثیرات بیشتری بر آب و هوا و اقلیم داشته باشد (Chataut *et al.*, 2023). طبق گزارش هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوایی (IPCC)، میانگین دمای جهانی از اواخر قرن نوزدهم تقریباً ۱/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و پیش‌بینی‌ها حاکی از افزایش ۲/۶ تا ۴/۸ درجه سانتی‌گراد تا پایان این قرن است. این افزایش دما پیامدهای عمیقی برای سیاره زمین دارد، از جمله امواج گرمای مکرر و شدید، خشکسالی، سیل و آتش‌سوزی. علاوه بر این، افزایش سطح دریاها تهدیدی برای جوامع ساحلی و اکوسیستم‌ها به شمار می‌رود.

اثرات گرمایش جهانی در حال حاضر در سراسر جهان احساس می‌شود و انتظار می‌رود در آینده تشدید شود. بنابراین، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کاهش اثرات گرمایش جهانی و حفاظت از کره زمین بسیار مهم است (Xing and Wang, 2024). در سیستم‌های زراعی، تغییرات قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای در محصولات مختلف اقتصادی وجود دارد. این تفاوت‌ها ناشی از انتشار کربن در طول رشد محصول و کارایی استفاده از مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر در خاک است (Thilakarathna *et al.*, 2020). مطالعه انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های زراعی برای درک تأثیر محصولات مختلف بر سطوح گازهای گلخانه‌ای در طول رشد آنها ضروری است. مقدار گازهای گلخانه ای منتشر شده در بین انواع مختلف محصولات در طول مراحل کاشت و مدیریت تولید متفاوت است (Qian *et al.*, 2023). با تجزیه و تحلیل ویژگی های انتشار این محصولات می توان اقدامات هدفمندی را برای کاهش موثر انتشار گازهای گلخانه‌ای اجرا کرد. استراتژی‌های مدیریتی مناسب برای محصولات مختلف در سناریوهای تولید واقعی می‌تواند به طور قابل توجهی انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد (Tian *et al.*, 2023). علاوه بر این، تحقیقات در مورد انتشار گازهای گلخانه‌ای در

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

سیستم‌های زراعی می‌تواند شواهد علمی را برای اطلاع‌رسانی به تدوین سیاست‌های کاهش انتشار ناشی از تولید محصولات کشاورزی فراهم کند. درک مشخصات انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط محصولات مختلف، دولت‌ها و سازمان‌های مربوطه را قادر می‌سازد تا سیاست‌های هدفمندی را توسعه دهند که تلاش‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی را ارتقا می‌دهد. از طریق سیاست‌گذاری علمی، می‌توان کشاورزان را به اتخاذ اقدامات مؤثر کاهش انتشار هدایت کرد، در نتیجه پایداری تولید کشاورزی را افزایش داد و اثرات زیست محیطی منفی را به حداقل رساند. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های زراعی در نهایت به حفاظت از محیط زیست و دستیابی به شیوه‌های کشاورزی پایدار کمک می‌کند (Xing and Wang, 2024). شهرستان گرگان واقع در استان گلستان دارای ۲۶۸۳۲۶ هکتار سطح زیر کشت می‌باشد که از این میزان تقریباً هر ساله ۲۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ هکتار به ترتیب به کشت گندم و سیب‌زمینی اختصاص می‌یابد. محصولات گندم و سیب زمینی از دیرباز در این شهرستان کشت می‌گردد و بنابراین بررسی مصرف انتشار گازهای گلخانه‌ای آنها ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در محصولات گندم و سیب زمینی در شهرستان گرگان تعداد ۲۵ مزرعه از طریق نمونه‌برداری تصادفی در سال ۹۸-۱۳۹۷ در نظر گرفته شد. داده‌ها از طریق مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان و یادداشت برداری از عملیات مختلف زراعی جمع‌آوری شد. این عملیات شامل استفاده از انواع ادوات شخم، زیرشکن، دیسک، کولتیواتور، هرس، لولر، نهرکن و غیره در تهیه زمین، کاشت بذر شامل استفاده از بذرکار سانتریفیوژ، ردیف کار، عمیق کار، خطی کار، کمبینات و دست‌پاش، کوددهی شامل استفاده از کود پایه و سرک توسط کودپاش‌های سانتریفیوژ، همراه با کشت و یا پخش توسط دست، حفاظت گیاهان شامل استفاده از سمپاش‌های تراکتوری، توربولاینر، بوم و نیروی مکانیکی، آبیاری محصولات براساس نوع چاه‌ها و سیستم‌های آبیاری سنتی و تحت فشار، برداشت توسط کمباین و یا استفاده از نیروی انسانی می‌باشد.

در این مزارع اطلاعات مربوط به مدت زمان عملیات زراعی، مقدار سوخت مصرفی برای هر یک از عملیات زراعی در هکتار، ماشین‌های مورد استفاده و توان آن‌ها، تعداد دفعات هر یک از عملیات، رقم و میزان بذر مصرفی، نوع کودهای شیمیایی و آلی مصرفی، نوع سموم مصرفی برای دفع علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها، روش‌های آبیاری، نوع سوخت مصرفی برای انجام آبیاری (دیزلی یا الکتریسیته) و در نهایت عملکرد دانه گندم و غده سیب‌زمینی ثبت شد. همچنین اطلاعاتی شامل سطح زیر کشت و نوع محصول کشت شده قبل از کشت محصولات مذکور در هر مزرعه ثبت شد. پس از ثبت کلیه پارامترهای مذکور در هر مزرعه، تجزیه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفت. به منظور بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای از شاخص پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) استفاده شد. این شاخص عبارت از مجموع گازهای گلخانه-ای تولید شده می‌باشد که به صورت معادل دی‌اکسیدکربن بیان می‌شود (IPCC, 2013). در این تحقیق برای محاسبه GWP، انتشار سه گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن، اکسید نیتروس و متان ناشی از مصرف انرژی برای تولید نهاده‌های کشاورزی و انجام عملیات مختلف زراعی مد نظر قرار گرفت. نهاده‌ها و عملیات مورد نظر شامل: تولید، بسته‌بندی و انبارداری کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، سموم علف‌کش و حشره‌کش، مصرف سوخت‌های فسیلی برای انجام عملیات زراعی، مصرف الکتریسیته برای پمپاژ آب به سطح زمین، تولید و نگهداری ماشین‌های کشاورزی بودند. GWP طی مراحل زیر محاسبه شد: (Soltani *et al.*, 2013).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

۱- معادل انرژی مصرف شده برای تولید، حمل و نقل و انجام هر یک از نهاده‌ها و عملیات ذکر شده در بالا محاسبه شد.
۲- برای هر نهاده و عملیات میزان مصرف انرژی از منابع مختلف یعنی الکتریسیته، گاز طبیعی، گازوییل، روغن و نفت با لحاظ نسبت هر یک از این انرژی‌ها محاسبه شد.
۳- با مشخص شدن میزان انرژی از هر یک از منابع ذکر شده میزان سه گاز گلخانه‌ای CO_2، N_2O و CH_4 تولید ناشی از آنها از حاصل‌ضرب میزان انرژی مصرفی و ضرایب تولید هر گاز به ازای هر ژول انرژی مصرفی از هر منبع محاسبه گردید.
٤- با توجه به توان متفاوت گازهای N_2O و CH_4 در ایجاد گرمایش جهانی (هر کیلوگرم N_2O و CH_4 به ترتیب معادل ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2 اثرات گلخانه‌ای دارند. کل گازهای گلخانه‌ای تولیدی به صورت CO_2 محاسبه شدند.
۵- پس از محاسبه GWP کل، GWP در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار)، واحد وزن (کیلوگرم معادل CO_2 در تن محصول گندم)، در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) و در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول) نیز محاسبه گردید.

نتایج و بحث

مستندسازی فرآیند تولید گندم و سیب‌زمینی: نتایج نشان داد مساحت مزارع گندم از ۰/۵ تا ۵۰ هکتار متغیر بود که در این بین ۷۵ درصد مساحت مزارع در کمتر از ۱۰ هکتار قرار داشتند. بیشترین محصولی که قبل از گندم کشت شد، محصول سویا بود که ۶۰ درصد از مزارع را شامل شد. کاشت گندم عمدتاً از ۱۰ آذر تا ۱۰ دی انجام پذیرفت. ۹۰ درصد از کشاورزان جهت بسترسازی اولیه کشت گندم از یک‌بار و ۱۰ درصد از آنان از دو مرتبه شخم‌زنی استفاده کردند. تعداد دفعات خاک‌ورزی ثانویه در کشت گندم ۱ تا ۳ بار ثبت گردید. بیشترین وسیله کشت در کشت گندم خطی‌کار و عمیق‌کار ثبت شد. میزان بذر مصرفی در کشت گندم از ۲۰۰ تا ۲۶۰ با متوسط مصرف ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. رقم N80-19 و کوهدشت بیشترین نوع رقم استفاده در کشت گندم بود. در مجموع کشاورزان، ۳/۳۵ دفعه (به صورت پایه و سرک)، مزارع گندم خود را کود پاشی نمودند. اغلب کشاورزان از کود اوره علاوه بر کود پایه به عنوان کود سرک نیز استفاده نمودند. کودهای سرک عمدتاً در زمان پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و گل‌دهی استفاده می‌شود که کشاورزان به طور متوسط ۲/۲۲ دفعه اقدام به سرک‌پاشی نمودند. در مجموع ۶ نوع سم در تولید گندم استفاده شد. سموم مورد استفاده شامل ۳ نوع سموم علف‌کش (تاپیک، گرانستار، آتلانتیس)، ۲ نوع قارچ‌کش (تیلت، آلتو ۱۰۰) و ۱ نوع حشره‌کش (دیازینون) ثبت شد. از سم‌پاش بوم‌دار عمدتاً برای مبارزه با علف‌های هرز و سم‌پاش تراکتوری برای کنترل آفات و بیماری ها استفاده شد. کشاورزان در نیمه دوم فروردین تنها یک مرتبه مزارع خود را آبیاری کردند که ۷۰ درصد از گازوییل و ۳۰ درصد از الکتریسیته استفاده کردند. برداشت گندم از اواسط خرداد تا اواخر این ماه انجام گرفت. به طور میانگین عملکرد دانه و کاه گندم ترتیب ۳۴۰۰ و ۴۱۷۷ کیلوگرم در هکتار ثبت شد.

نتایج نشان داد مساحت مزارع سیب زمینی از ۰/۵ تا ۵ هکتار متغیر بود که در این بین ۸۰ درصد مساحت مزارع در کمتر از ۴ هکتار قرار داشتند. بیشترین محصولی که قبل از سیب‌زمینی کشت شد، محصول سویا بود که ۷۰ درصد از مزارع را شامل شد. کاشت سیب‌زمینی عمدتاً از اواخر آذر آغاز گردید و تا اواسط دی به پایان رسید. کلیه کشاورزان جهت

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]
[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

بسترسازی اولیه کشت گندم از یک‌بار شخم‌زنی استفاده کردند. تعداد دفعات خاک‌ورزی ثانویه در کشت سیب‌زمینی ۱ تا ۳ بار ثبت گردید. میزان غده مصرفی در کشت سیب‌زمینی توسط کشاورز بسته به کیفیت غده، از ۳۵۰۰ تا ۴۲۰۰ با متوسط مصرف ۳۷۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. ارقام آریندا، سانته و مارفونا بیشترین نوع رقم استفاده در کشت سیب-زمینی بود. در مجموع کشاورزان، ۲/۹۵ دفعه (به صورت پایه و سرک)، مزارع سیب‌زمینی را کودپاشی نمودند. اغلب کشاورزان از کود اوره علاوه بر کود پایه به عنوان کود سرک نیز استفاده نمودند. کودهای سرک عمدتاً در زمان ۳-۲ برگی و شروع غده‌بندی استفاده می‌شود که کشاورزان به طور متوسط ۲ دفعه اقدام به سرک‌پاشی نمودند. سموم مورد استفاده شامل سموم علف‌کش پاراکوات و قارچ‌کش مانکوزب ثبت شد. از سم‌پاش بوم‌دار عمدتاً برای مبارزه با علف‌های هرز و سم‌پاش تراکتوری برای کنترل بیماری‌ها استفاده شد. کشاورزان از نیمه دوم فروردین تا اواخر اردیبهشت ۲-۴ مرتبه مزارع خود را آبیاری کردند که ۶۰ درصد از گازوییل و ۴۰ درصد از الکتریسیته استفاده کردند. برداشت سیب زمینی از اواسط اردیبهشت تا اواسط خرداد انجام گرفت. در مجموع ۴۵-۲۳ تن در هکتار سیب‌زمینی با متوسط ۳۰ تن در هکتار برداشت شد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نهاده‌ها: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در تولید گندم بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای متعلق به مصرف کود و سوخت فسیلی بود که در ادامه استفاده از ماشین‌آلات، سموم و الکتریسیته در رده‌های بعدی قرار داشتند. همچنین در تولید سیب‌زمینی مصرف کودهای شیمیایی، سوخت مصرفی برای عملیات زراعی و آبیاری، ماشین‌آلات، الکتریسیته و سموم شیمیایی نیز به ترتیب بیشترین تا کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی داشتند (جدول ۱). در کشت گندم مصرف کودهای شیمیایی باعث انتشار ۵۲۲/۳۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گازهای گلخانه‌ای گردید که بیشترین انتشار با مصرف کودهای حاوی نیتروژن همراه بود.

همان طور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود سایر کودهای شیمیایی نقش کمتری را در آلودگی گازهای گلخانه‌ای داشتند. از آنجایی که کاربرد کودهای نیتروژنه ۲۷ درصد عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند، بنابراین توجه به کاهش مصرف این نوع کودها نقش مؤثری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم دارد. در کشت سیب‌زمینی مصرف کودهای شیمیایی باعث انتشار ۷۳۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گازهای گلخانه‌ای گردید که بیشترین انتشار با مصرف کودهای حاوی نیتروژن همراه بود و سایر کودهای شیمیایی نقش کمتری را در آلودگی گازهای گلخانه‌ای داشتند. از آنجایی که کاربرد کودهای نیتروژنه ۳۰/۵ درصد عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای بودند، بنابراین با کاهش مصرف کودهای نیتروژنه می‌توان در کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی اثرگذار بود. صفا و ساماراسینگ (Safa and Samarasingh., 2012) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از کودهای شیمیایی را در تولید گندم در نیوزلند ۵۲ درصد و برابر با ۵۳۹ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گزارش نمود که ۴۸ درصد از این میزان به کاربرد کودهای نیتروژنه اختصاص داشت.

مصرف سموم شیمیایی در هر هکتار گندم موجب انتشار ۶۴/۷۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گازهای گلخانه‌ای شد (جدول ۱). انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سموم شیمیایی نیز از هر هکتار سیب‌زمینی برابر با ۴۸/۵۶ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن گزارش شد. همچنین در تولید سیب‌زمینی به ترتیب ۳۰ و ۴ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت فسیلی و الکتریسیته بود. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت فسیلی و الکتریسیته در هر هکتار تولید گندم به ترتیب برابر با ۵۱۲/۸ و ۴۰/۳۳ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن تخمین زده شد (جدول ۱).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

جدول ۱- مقادیر انتشارگازهای گلخانه‌ای برحسب کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار در تولید گندم و سیب‌زمینی در گرگان

Table 1- Greenhouse gas emissions in kilograms of carbon dioxide equivalent per hectare in wheat and potato production in Gorgan.

میانگین Inputs		نهاده‌ها Average
سیب‌زمینی Potato	گندم Wheat	
669.9	446.32	N
41.9	62.81	P_2O_5
26.4	13.2	K_2O
738	522.33	مجموع کود Total fertilizer
24.32	26.42	علف‌کش Herbicide
24.24	3.95	قارچ‌کش Fungicide
-	34.36	حشره‌کش Insecticide
48.56	64.73	مجموع سموم Total toxins
557	318.85	ماشین‌آلات Machinery
509.2	468.31	سوخت فسیلی برای عملیات زراعی Fossil fuel for agricultural operations
100.77	44.46	سوخت فسیلی برای آبیاری Fossil fuel for irrigation
609.97	512.77	کل سوخت Total fuel
80.64	40.32	الکتریسیته Electricity
20.34	1459	مجموع گازهای گلخانه‌ای Total greenhouse gases

این نیروی الکتریسیته صرف بالاکشیدن آب آبیاری از اعماق مختلف چاه‌های کشاورزی می‌گردد. صفا و ساماراسینگ (Safa and Samarasingh., 2012) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را ۵۵ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار تولید گندم ارزیابی نمودند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2014) میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت را ۴۵۵/۲ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گزارش نمودند. از مجموع نتایج ذکر شده به‌نظر می‌رسد برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گندم و سیب‌زمینی مصرف مقادیر مناسب کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنی و سوخت‌های فسیلی ضروری به نظر می رسد، زیرا در مجموع به ترتیب ۶۶ درصد و ۷۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کودهای نیتروژنه و سوخت‌های فسیلی می‌باشد. سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2013) نیز کاهش مصرف کودهای نیتروژنی و سوخت‌های فسیلی را برای تولید پاک‌تر گندم از نظر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

در گرگان پیشنهاد کردند. با مصرف بهینه کودهای شیمیایی و سوخت فسیلی می‌توان تا حد زیادی در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود و از انتشار بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات زراعی جلوگیری کرد.

شاخص‌های GWP: براساس نتایج به ازای هر هکتار تولید گندم و سیب‌زمینی ۱۴۵۹ و ۲۰۳۴ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن گازهای گلخانه‌ای انتشار یافت (جدول ۲). از طرفی هر چه عملکرد محصول افزایش یابد، میزان GWP به ازای تولید محصول نیز کاهش خواهد یافت به طوری که عملکرد غده بیشتر در سیب‌زمینی موجب شده است تا این محصول نسبت به گندم از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتری به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی داشته باشد (جدول۲). همچنین میزان GWP به ازای انرژی ورودی در تولید گندم نسبت به سیب زمینی بیشتر بود (جدول۲). اما در مقابل میزان GWP به ازای انرژی خروجی در تولید گندم بیشتر از سیب‌زمینی گزارش شد (جدول ۲).

جدول ۲- شاخص‌های GWP در تولید گندم و سیب‌زمینی در گرگان

Table 2- GWP indices in wheat and potato production in Gorgan

شاخص‌های GWP GWP indicators	میانگین Average	
	گندم Wheat	سیب‌زمینی Potato
GWP کل در هر هکتار	1459	2034
GWP به ازای تولید محصول	0.39	0.068
GWP به ازای انرژی ورودی	0.079	0.049
GWP به ازای انرژی خروجی	0.027	0.018

صفا و ساماراسینگ (Safa and Samarasingh., 2012) در تولید گندم در نیوزلند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را از هر هکتار زمین تحت کشت گندم ۱۰۳۲ کیلوگرم برآورد کردند. در مطالعه ای در استان گلستان به ازای هر کیلوگرم محصول گندم تولید شده، ۱۶۰ گرم معادل دی‌اکسیدکربن به داخل جو انتشار یافت. همچنین به ازای هر مگاژول انرژی که در تولید گندم به طور مستقیم و یا غیرمستقیم مصرف گردید، ۸۰ گرم معادل دی‌اکسیدکربن منتشر شد که این میزان برای هر مگاژول انرژی خروجی، ۱۴ گرم به دست آمد (Rezvantalab *et al*., 2015). در مطالعه ای دیگر در تولید سیب زمینی به ازای هر هکتار ۳/۶۳ تن معادل دی‌اکسید کربن انتشار یافت (Allali *et al*., 2017). در نهایت می‌توان گفت که توجه به مصرف بهینه کودهای نیتروژنه و سوخت‌های فسیلی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. استفاده از کشنده‌هایی با توان اسب بخار بالا و ادواتی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر می تواند راه کاری مناسب برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باشد.

منابع

Allali, K., Dhehibi, B., Kassam, S.N., Aw-Hassan, A. 2017. Energy Consumption in Onion and Potato Production within the Province of El Hajeb (Morocco): Towards Energy Use Efficiency in Commercialized Vegetable Production, 9(1): 118-127.

Chataut, G., Dipesh Joshi, B.B., Subedi, K., Kafle, K. 2023. Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. Journal of Agriculture and Food Research, 11: 100533.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

Davis,K.F., Rulli, M.C., Seveso, A., D'Odorico, P. 2017. Increased food production and reduced water use through optimized crop distribution. Nat GeoSci, 10: 919-924.

IPCC. 2013. Summary for policymarkers. Climate Change 2013: The Physical science Basis. http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

Kumar, S., Surinder Singh, R., Abdelrahman, K., Uddin, G., S. Fnais, M., Abioui, M. 2024. Impact of conservation agriculture and weed management on carbon footprint, energy efficiency, and sustainability in maize-wheat cropping systems. Energy, 15: 133131.

Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renewable Sustainable Energy Review, 30: 724-733.

Qian, H.; Zhu, X.; Huang, S.; Linquist, B.; Kuzyakov, Y.; Wassmann, R.; Minamikawa, K.; Martinez-Eixarch, M.; Yan, X.; Zhou, F.; et al. 2023. Greenhouse gas emissions and mitigation in rice agriculture. Nat. Rev. Earth Environ, 4, 716-732.

Rezvan Talab, Nasibeh. 2015. Evaluation of fuel consumption, energy and greenhouse gas emissions in wheat and soybean production in Golestan Province. PhD thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 318 pages. (In Persian).

Safa, M., & Samarasinghe, S. 2012. CO2 emissions from farm inputs "case study of wheat production in Canterbury, New Zealand. Environ. Pollut, 17: 126-132.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy, 50: 54 -61.

Thilakarathna, S.K.; Hernandez-Ramirez, G.; Puurveen, D.; Kryzanowski, L.; Lohstraeter, G.; Powers, L.A.; Quan, N.; Tenuta, M. 2020. Nitrous Oxide Emissions and Nitrogen Use Efficiency in Wheat: Nitrogen Fertilization Timing and Formulation, Soil Nitrogen, and Weather Effects. Soil Sci. Soc. Am. J. 84, 1910-1927.

Tian, S.; Xu, Y.; Wang, Q.; Zhang, Y.; Yuan, X.; Ma, Q.; Feng, X.; Ma, H.; Liu, J.; Liu, C. 2023. The Effect of Optimizing Chemical Fertilizers Consumption Structure to Promote Environmental Protection, Crop Yield and Reduce Greenhouse Gases Emission in China. Sci. Total Environ, 857, 159349.

Xing, Y., & Wang, X. 2024. Impact of Agricultural Activities on Climate Change: A Review of Greenhouse Gas Emission Patterns in Field Crop Systems. Plants, 13(16), 2285. https://doi.org/10.3390/plants13162285.

Xu, C., Chen, Z., Ji, L., Lu, J. 2022. Carbon and Nitrogen Footprints of Major Cereal Crop Production in China: A Study Based on Farm Management Surveys. Rice Science, 2(3): 288-298.

Yang, T., Wu, J.N., Bao, T., Li, F.B., Feng, J.F., Zhou, X.Y., Fang, F.P. 2021. Effects of tillage methods on distribution characteristics of CH_4 and N_2O in soil profile of double-cropping paddy field. Chin J Rice Sci, 35(1): 78-88.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-20]

[DOI: 10.22034/arpe.9.17.53]