

## ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی تولید بامیه (*Abelmoschus esculentus* L) در سامانه‌های کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی در استان خوزستان

اشکان جلیلیان<sup>۱</sup>، محمد رضا جهانسوز<sup>۲</sup>، حسن قاسمی مبتکر<sup>۳\*</sup>، مصطفی اویسی<sup>۴</sup> و حسین مقدم<sup>۵</sup>

### چکیده

صنعت کشاورزی حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد گازهای گلخانه‌ای جهان را تولید می‌کند. بررسی سهم نهاده‌های مصرفی در سامانه‌های کشت و محصولات زراعی می‌تواند در بهینه‌سازی مصرف آن‌ها و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی مؤثر باشد. این مطالعه با هدف ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی تولید بامیه در واحد هکتار با روش ReCiPe 2016 در سامانه‌های کشت خالص، مخلوط با خیار و جنگل زراعی با درخت خرما در استان خوزستان انجام شد. این پژوهش در سال‌های زارعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفت. مرز سامانه مورد مطالعه از کاشت تا برداشت محصول بامیه در سامانه‌های کشت آن است. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل تمامی نهاده‌های مصرف شده از قبیل کود، سم، ادوات کشاورزی، نیروی انسانی و سوخت مصرفی بود. روش مورد بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی، ReCiPe 2016 بود. این روش شامل شاخص‌های نهایی خسارت به سلامت انسان، بوم‌سازگان و منابع و همچنین شاخص‌های میانی همچون گرمایش جهانی و تخریب لایه اوزن است. نتایج نشان داد کشت مخلوط بامیه و خیار به دلیل مصرف نهاده‌های شیمیایی و پلاستیک مصرفی بالاتر نسبت به کشت خالص (۱۷/۱۵ درصد) و جنگل زراعی (۷۹/۱۰ درصد) اثرات مخرب زیست‌محیطی بالاتری دارد. کود نیتروژن، فسفات و سوخت مصرفی به همراه پلاستیک از اثرگذارترین نهاده‌ها در شاخص‌های زیست‌محیطی است. شاخص کارایی زیست‌محیطی نیز نشان داد جنگل زراعی بامیه و خرما نسبت به کشت خالص و مخلوط برتری معنی‌داری دارد. از این رو با توجه به عملکرد بالاتر کشت مخلوط در واحد سطح نسبت به کشت خالص، توصیه می‌شود نهاده‌های پرمصرف آن بهینه شود. همچنین در مناطقی از استان خوزستان که امکان جنگل زراعی بامیه وجود دارد، این نوع کشت با توجه به آلاینده‌های محیطی کم‌تر آن توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی چرخه زندگی، تخریب لایه اوزن، سلامت انسان، صیفی‌جات، گرمایش جهانی.

**ارجاع:** جلیلیان ا.، جهانسوز م.، ر. قاسمی مبتکر ح.، اویسی م. و مقدم ح. ۱۴۰۲. ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی تولید بامیه (*Abelmoschus esculentus* L) در سامانه‌های کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی در استان خوزستان. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۹۵: ۲۶-۱۱۰. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.13972.602>.

۱- دانش‌آموخته دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.  
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.  
۳- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.  
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.  
۵- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

\* نویسنده مسئول: [mobtaker@ut.ac.ir](mailto:mobtaker@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۵

## مقدمه

استان خوزستان با ۹/۹ درصد از سطح برداشت محصولات زراعی کشور، بالاترین میزان سطح برداشت شده را نسبت به دیگر استان‌های ایران به خود اختصاص داده است. این استان همچنین ۱۸/۲ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی را نیز برخوردار است که به خوبی نشان از جایگاه و اهمیت این استان در تولیدات بخش کشاورزی دارد (Ministry of jihad-e-agriculture, 2021). یکی از محصولات کشت‌شده در استان خوزستان بامیه است، که با توجه به شرایط مورد نیاز بوم‌شناسی در استان خوزستان از عملکرد قابل توجهی برخوردار است. بامیه با نام علمی (*Abelmoschus esculentus* L) و نام انگلیسی Okra گیاهی یک‌ساله و بومی آمریکا است. این گیاه دارای ساقه‌ای اصلی و ضخیم و در برخی ارقام با شاخه‌های فرعی بسیار همراه است (Dantas et al., 2021; Keyvan Rad et al., 2021). بامیه یکی از مهم‌ترین محصولات است که به طور گسترده در مناطق نیمه گرمسیری جهان رشد می‌کند و از ارزش غذایی و اقتصادی بالایی برخوردار است (Dantas et al., 2021; Kumar et al., 2021). سطح زیرکشت بامیه در ایران ۱۷۵۶ هکتار است و استان خوزستان با ۱۶۱۱ هکتار بیش‌ترین سطح زیرکشت کشور را در اختیار دارد (Ministry of jihad-e-agriculture, 2021). زمان مناسب برداشت بامیه در استان خوزستان باعث شده که این محصول از قیمت قابل توجهی برخوردار باشد. این امر سبب اقبال کشاورزان در کشت آن شده است (Javam et al., 2020). افزایش روز افزون جمعیت جهان با محدودیت‌های انرژی و دسترسی به منابع غذایی همراه است، که این امر در آینده مشکل‌زا خواهد بود (Khodaei jaghan et al., 2022). تأمین امنیت غذایی این جمعیت رو به افزایش در حال حاضر و آینده با حداقل اثرات زیست‌محیطی به ازای تولید از چالش‌های اساسی در کشاورزی پایدار است (Khodaei jaghan et al., 2022). بخش کشاورزی سهم قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای را تولید می‌کند. این انتشار در نتیجه مصرف نهاده‌های شیمیایی و انرژی‌های ورودی به سامانه است (Tadayonpour et al., 2021). این استفاده بی‌رویه در صنعت کشاورزی، منجر به از بین رفتن تنوع زیستی و آلودگی زیست‌گاه‌های طبیعی شده است. سهم کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۱۲-۱۰ درصد کل

گازها در جهان برآورد شده است (Nabavi-Pelesaraei et al., 2022). بنابراین در صورت استفاده کارآمد از نهاده‌ها، مشکلات زیست‌محیطی کاهش یافته، از تخریب منابع طبیعی جلوگیری شده و کشاورزی پایدار به عنوان یک سامانه‌ی تولیدی و اقتصادی ارتقا می‌یابد (Taghinazhad & Vahedi, 2021). کاربرد بیش از حد و عدم مدیریت صحیح نهاده‌های کشاورزی هم‌چون کودهای شیمیایی، سموم و سوخت‌های فسیلی مانند گازوئیل، می‌تواند در بروز تأثیرات زیست‌محیطی مخرب نقش اساسی داشته باشد، در نتیجه این اتفاق می‌توان به افزایش گرمایش جهانی، کاهش تنوع زیستی و همچنین تنزل کیفیت خاک و هوا اشاره کرد (Mostashari-Rad et al., 2021). سامانه‌های کشت گیاهان زراعی براساس شیوه مدیریتی آن‌ها می‌تواند اثرات متفاوتی بر محیط‌زیست داشته باشند، به طوری که کشت خالص می‌تواند منجر به ناپایداری و افزایش بیماری‌ها و آفات و کاهش عناصر غذایی خاک گردد (Döring & Elsalahy, 2022; Jalilian et al., 2019). مصرف نهاده‌های شیمیایی در جهت افزایش عملکرد از ویژگی‌های مهم سامانه‌های کشت فشرده است (Khodabin et al., 2022; Moghadam et al., 2022). محققان در جهت کاهش این اثرات مخرب، همسویی مجدد سامانه‌های تولید کشاورزی با چرخه‌های طبیعی را پیشنهاد داده‌اند که کشت مخلوط و جنگل زراعی از راهکارهای جایگزین کشت خالص و فشرده معرفی شده است (Bourke et al., 2021). کشت دو یا چند گیاه که تقلیدی از طبیعت است به عنوان راهکار کلیدی در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود (Karami et al., 2022). کشت مخلوط علاوه بر افزایش تنوع زیستی می‌تواند از نظر اقتصادی نیز نسبت به کشت خالص برتری داشته باشد (Cuartero et al., 2022; Karami et al., 2022). سامانه جنگل زراعی به دلیل مزایای آن در بهبود درآمد اقتصادی، تنوع زیستی و ذخیره سازی کربن به طور فزاینده‌ای در جهان رو به افزایش است (Jiang et al., 2021). به طور کلی حدود ۴۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان حداقل ۱۰ درصد پوشش درختی دارند و این مقدار نشان از جایگاه جنگل زراعی در برنامه‌های مدیریتی دارد (Bettles et al., 2021). بررسی‌ها نشان می‌دهد جنگل زراعی می‌تواند در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر باشد (Bettles et

ماهیت بوم‌شناسی متفاوت آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. از این رو این مطالعه با هدف بررسی سامانه‌های کشت بامیه در استان خوزستان و سهم نهاده‌های مصرف شده در انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و در نهایت انتخاب سامانه کشت بهینه از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ و در استان خوزستان انجام شد. با توجه به سطح زیرکشت و نوع کشت گیاه بامیه در استان خوزستان، اطلاعات مورد نیاز در هشت شهرستان اهواز، باوی، حمیدیه، خرمشهر، آبادان، دشت آزادگان، هویزه و شادگان جمع‌آوری شد. دلیل انتخاب شهرستان‌های فوق نزدیکی شرایط آب‌وهوایی به یکدیگر و همگن بودن اطلاعات آماری آن‌ها بود. با توجه به اطلاعات موجود در جهاد کشاورزی استان خوزستان، در حدود ۲۵۰ تولیدکننده عمده بامیه شناسایی شده‌اند و با توجه به فرمول کوکران ۱۳۹ کشاورز و میزان همکاری تولیدکنندگان اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شد (جدول ۱ و ۲). جمع‌آوری اطلاعات با توجه به اهداف این تحقیق از مراحل مختلف کشت تا برداشت محصول بود، به طوری که تمامی اطلاعات مورد نیاز در مراحل کاشت، داشت و برداشت ثبت و جمع‌آوری شد. نمونه‌های مورد ارزیابی کشاورزانی بودند که حداقل یک هکتار محصولات مورد نظر را کشت کرده‌اند و سابقه کشت بامیه داشتند.

جدول ۱- سطح زیرکشت (هکتار) محصول بامیه در شهرستان

مورد مطالعه			
شهرستان	تک‌کشتی	کشت مخلوط	جنگل زراعی
اهواز	۸۵	بدون آمار	بدون آمار
باوی	۳۰۰	بدون آمار	بدون آمار
حمیدیه	۵۰	بدون آمار	بدون آمار
خرمشهر	۷۵	بدون آمار	بدون آمار
آبادان	۵۰	بدون آمار	بدون آمار
دشت آزادگان	۳۹۸	بدون آمار	بدون آمار
هویزه	۵۱	بدون آمار	بدون آمار
شادگان	۷۰	بدون آمار	بدون آمار
جمع کل	۱۰۷۹	-	-

در سال‌های اخیر ارزیابی چرخه زندگی به ابزار مناسبی جهت بررسی و تعیین میزان تأثیر زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی و غذایی تبدیل گردیده است؛ به طوری که در بسیاری از کشورها از آن به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری‌های کلان در برنامه‌ریزی‌های زراعی استفاده می‌کنند (Khoshnevisan et al., 2013). ارزیابی چرخه زندگی (Life Cycle Assessment) با توجه به تعریف استاندارد ISO 14040 عبارت از روشی است که در آن کلیه اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول، در کل چرخه زندگی آن، از مرحله استخراج مواد خام تا تولید، مصرف، بازیافت، ضایعات حاصل و در نهایت دفع آن از (گهواره تا گور) ارزیابی می‌شود (Kaab et al., 2019; Mostashari-Rad et al., 2020). بررسی‌ها نشان می‌دهد کشاورزی فشرده نه تنها بیش از یک چهارم کل گازهای گلخانه‌ای در جهان را تولید می‌کند، بلکه عامل اصلی انتشار گازهای نیتروژنه نیز هست، و

این امر باعث به خطر انداختن ۵۳ درصد از کل گونه‌های کره زمین شده است، از این رو جایگزین کردن سامانه کشت فشرده با کشاورزی پایدار با مصرف بهینه نهاده‌ها از راه‌حل‌های کاهش اثرات زیست‌محیطی است، این جایگزینی به دنبال آن است که تا سال ۲۰۳۰ میلادی ۲۵ درصد از زمین‌های کشاورزی در اتحادیه اروپا تحت کشت ارگانیک قرار گیرد، تا با کاهش نهاده‌های شیمیایی از اثرات مخرب زیست‌محیطی آن جلوگیری کنند (Montemayor et al., 2022). بررسی‌های دیگر نیز نشان می‌دهد در فرآیند تولید محصولات کشاورزی صنعتی و فشرده، در حدود ۱۵ درصد از کل انتشارات CO<sub>2</sub> جهان تولید می‌شود (Mostashari-Rad et al., 2021). بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید شده در فرآیند تولید خیار نشان داد بیش‌ترین سهم در تولید آلاینده‌ها به صورت انتشار مستقیم و غیر مستقیم ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و مصرف آفت‌کش‌ها بود (Hesampour, et al., 2022b). همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان میانگین قابلیت گرمایش جهانی در کشت خیار و کاهو نسبت به دیگر محصولات مشابه کمتر است (Ghasemi et al., 2022). کشت بامیه در استان خوزستان به شیوه‌های مختلفی انجام می‌گیرد، این سامانه‌های کشت از نظر نهاده‌های مصرفی و تأثیر آن بر محیط‌زیست با توجه به

جدول ۲- تعداد نمونه‌های مطالعه شده محصول بامیه در

سامانه‌های کشت			
شهرستان	تک‌کشتی	کشت مخلوط	جنگل زراعی
اهواز	۸	۱۵	-
باوی	۱۰	۱۰	-
حمیدیه	۲۰	۱۰	-
خرمشهر	-	-	۹
آبادان	-	-	۱۲
دشت آزادگان	۱۵	۱۰	-
هویزه	۵	۸	-
شادگان	-	-	۷
جمع کل	۵۸	۵۳	۲۸

اطلاعات جمع‌آوری شامل تمام نهاده‌های مصرفی در هکتار بود که در جدول ۳ قابل مشاهده است. بذر بامیه اغلب محلی و بذر خیار از برندهای تجاری (سهیل و امپراتور) استفاده شد.

ارزیابی چرخه زندگی عبارت است از گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و تأثیرات زیست‌محیطی بالقوه در یک فرآیند تولیدی در طول چرخه زندگی آن محصول (ISO, 2006). به عبارت دیگر، در یک پروژه ارزیابی چرخه زندگی تمام فرآیندهای تولید یک محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا دفع پسماندهای باقی‌مانده از مصرف آن محصول (گهواره تا گور) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن جهت کاهش تأثیرات مخرب زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه‌ی چرخه زندگی سه نوع واحد کارکردی پیشنهاد گردیده است: ۱- بر اساس واحد سطح، ۲- بر اساس واحد پول و ۳- بر اساس وزن ماده تولیدی در واحد سطح (Nemecek *et al.*, 2011).

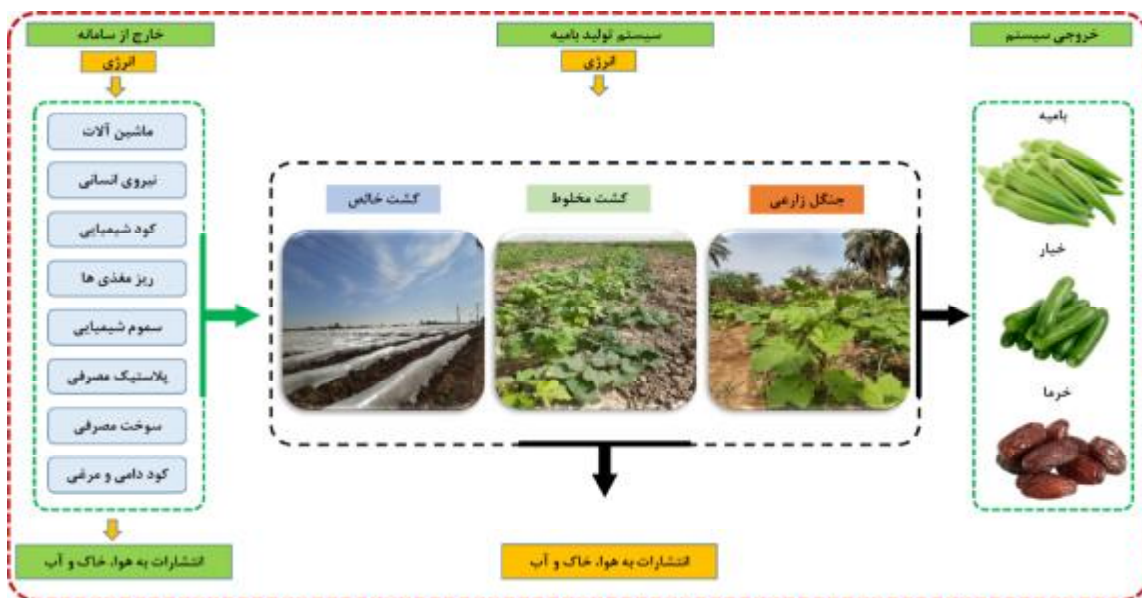
در این تحقیق واحد کارکردی یک هکتار است، که نشان دهنده تمامی آلاینده‌های تولید و منتشر شده بر اساس نهاده‌های مصرف شده برای تولید این میزان از محصول در واحد سطح یک هکتار است. محاسبه اثرات زیست‌محیطی تولید محصول بر اساس روش ReCiPe

2016 انجام شد (Mostashari-Rad *et al.*, 2021). این روش در واقع به روز رسانی روش ReCiPe2008 است، که این روش سه نقطه پایانی و ۱۷ نقطه میانی دارد، که به جای مقیاس اروپایی، براساس مقیاس جهانی تهیه شده است، با این حال می‌تواند برای هر کشور یا قاره نیز آن را در نظر و به کار گرفت (Huijbregts *et al.*, 2017). با استفاده از این روش، ۳ نقطه نهایی خسارت به سلامت انسان، منابع و بوم‌سازگان‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سلامت انسان با واحد (DALY) است یا در واقع یک خسارت برابر است با فقدان ۱ سال زندگی یک نفر، یا ۱ نفر ۴ سال از زندگی خود را با معلولیت ۲۵ درصد طی کند. بوم‌سازگان با واحد (species.yr) نشان از ناپدید شدن همه گونه‌ها از ۱ متر مربع در طول یک سال است. واحد منابع نیز (USD 2013) و نشان از ارزش اقتصادی منابع برحسب دلار است. این روش ۱۷ نقطه میانی دارد. هر پروژه ارزیابی چرخه حیات دارای چهار مرحله الزامی است: ۱) تعریف هدف و دامنه، ۲) تحلیل سیاهه، ۳) ارزیابی تأثیرات چرخه زندگی و ۴) تحلیل نتایج. یکی از اقدامات مهم و الزامی در مرحله تعیین هدف و دامنه، انتخاب مرز سامانه است که در این مطالعه از کاشت تا برداشت بامیه است (شکل ۱). همچنین در این مطالعه کارایی زیست‌محیطی نیز محاسبه شد. کارایی زیست‌محیطی یک استراتژی مدیریتی است که سود خالص را نسبت به اثرات زیست‌محیطی (نقاط پایانی ReCiPe2016) تولید مورد بررسی قرار می‌دهد که معکوس مقدار اثر به ازای هر دلار است، همان‌طور که در LCA بیان شده است (Saber *et al.*, 2021).

در این روابط سود خالص از تولید بر شاخص‌های نهایی ارزیابی چرخه حیات تقسیم خواهند شد (جدول ۴)، و هرچقدر اعداد شاخص‌ها بالاتر باشند، نشان از سود خالص در ازای تولید آلاینده‌گی کمتر است (Saber *et al.*, 2021). به‌منظور انجام محاسبات ارزیابی چرخه زندگی از نرم‌افزار SimaPro V. 9.1 و همچنین جهت نگارش و رسم اشکال نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۳- نهاده‌های مصرف‌شده در سامانه‌های مختلف کشت بامیه در واحد هکتار

نهاده ورودی	واحد	کشت خالص	کشت مخلوط	جنگل زراعی
نیروی انسانی	h ha <sup>-1</sup>	۲۵۲۰/۶۷	۳۳۶۵/۸	۱۹۴۶/۳۳
ماشین‌آلات	h ha <sup>-1</sup>	۱۴/۵	۱۲/۵	۵
پلاستیک	kg ha <sup>-1</sup>	۱۸۰	۲۱۰	۰
سوخت دیزلی	L ha <sup>-1</sup>	۵۵۰	۴۳۵	۶۸۰
نیترژن	kg ha <sup>-1</sup>	۱۳۸	۱۶۱	۶۹
فسفات	kg ha <sup>-1</sup>	۹۲	۱۱۵	۶۹
پتاسیم	kg ha <sup>-1</sup>	۲۵	۲۵	۵۰
ریزمغذی‌ها	kg ha <sup>-1</sup>	۰	۵	۶
کود دامی	kg ha <sup>-1</sup>	۶۰۰۰	۶۷۰۰	۵۰۰۰
سموم شیمیایی	L ha <sup>-1</sup>	۷/۵	۸/۵	۱۴
بذر مصرفی	kg ha <sup>-1</sup>	۳/۲۰	۳/۸	۳/۵
بذر بامیه	kg ha <sup>-1</sup>	۳/۲۰	۲/۸	۳/۵
بذر خیار	kg ha <sup>-1</sup>	۰	۱	۰
هزینه کل	\$ ha <sup>-1</sup>	۲۵۸۰/۳۲	۳۱۷۹/۰۴	۲۰۱۳/۲۲
درآمد ناخالص کل	\$ ha <sup>-1</sup>	۵۳۵۶/۵۴	۷۲۶۹/۲۳	۹۰۵۷/۶۹
درآمد خالص تولید	\$ ha <sup>-1</sup>	۲۷۵۶/۲۲	۴۰۹۰/۱۹	۷۰۴۴/۴۷



شکل ۱- مرز سامانه و نهاده‌های ورودی و خروجی مورد بررسی در کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی بامیه

جدول ۴- شاخص کارایی زیست‌محیطی در سامانه‌های مختلف کشت بامیه

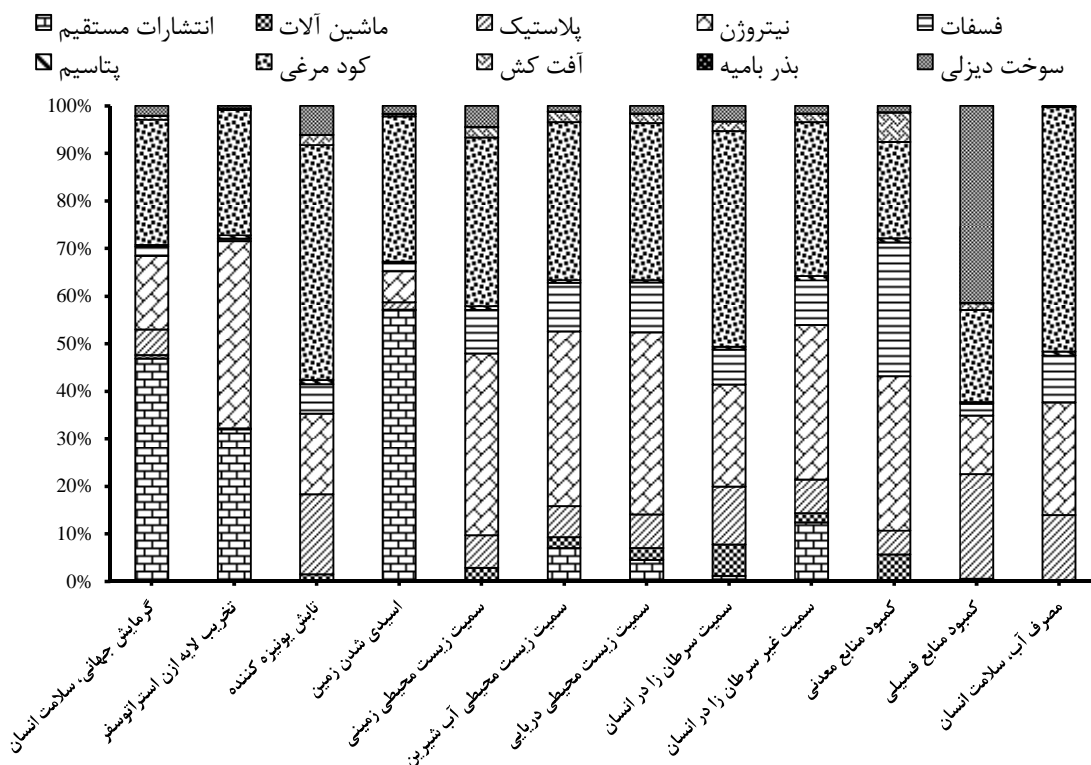
شماره معادله	رابطه	نهاده ورودی
معادله (۱)	= درآمد خالص اقتصادی / شاخص خسارت به سلامت انسان	کارایی زیست‌محیطی سلامت انسان
معادله (۲)	= درآمد خالص اقتصادی / شاخص خسارت به بوم‌سازگان	کارایی زیست‌محیطی بوم‌سازگان
معادله (۳)	= درآمد خالص اقتصادی / شاخص خسارت به منابع	کارایی زیست‌محیطی منابع

نتایج و بحث

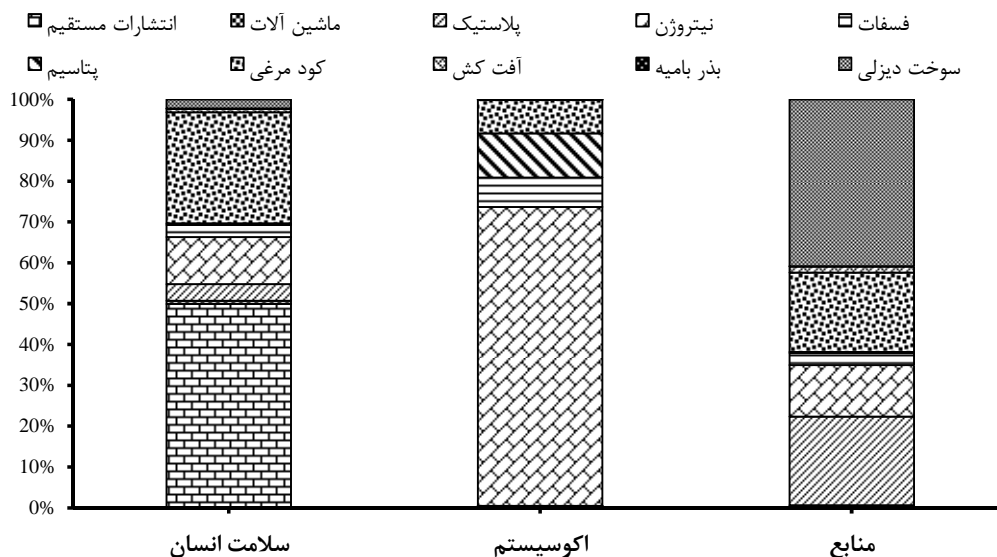
کشت خالص بامیه

نتایج این بررسی نشان داد در شاخص‌های میانی گرمایش جهانی، تخریب لایه اوزن و اسیدی شدن زمین سهم انتشار مستقیم بیشتر از دیگر بخش‌ها بود. این انتشارات، آلاینده‌هایی هستند که توسط سوخت مصرفی، کودهای شیمیایی و دیگر نهاده‌ها در فرایند تولید ایجاد شده‌اند (شکل ۲). کود نیتروژن در شاخص‌های میانی از عوامل اصلی ایجاد آلاینده‌ها است. در دیگر شاخص نیز، کود مرغی مصرف شده، سوخت دیزلی و پلاستیک از مهم‌ترین عوامل ایجاد خسارت در شاخص‌های زیست‌محیطی هستند (شکل ۲). بررسی شاخص‌های خسارت در سه بخش سلامت انسان، بوم‌سازگان و منابع نشان داد که انتشار مستقیم (Direct Emission) که همان خروجی کل بامیه در هکتار) در بخش سلامت انسان بیش‌ترین تأثیر را دارد. پس از آن کود مرغی مصرف شده، نیتروژن و پلاستیک در جایگاه بعدی تأثیر قرار دارند. در شاخص‌های خسارت به بوم‌سازگان نیز بیش‌ترین اثرگذاری

مربوط به نهاده مصرفی کود نیتروژن، پتاسیم و فسفات و کود مرغی است که سهم آن‌ها از ۱۰۰ درصد خسارت به بوم‌سازگان نسبت به دیگر نهاده‌ها بالاتر بود (شکل ۳). بنابراین می‌توان گفت جهت کاهش خسارت به بوم‌سازگان طبیعی، نهاده‌های اشاره شده باید بهینه مصرف شوند تا بتوان باعث کاهش اثرات مخرب به بوم‌سازگان گردد. در بخش منابع نیز بیش‌ترین اثر مخرب به ترتیب در سوخت دیزلی، پلاستیک مصرفی، کود مرغی و نیتروژن مشاهده شد که این امر نیز نشان‌دهنده اهمیت بهینه‌سازی مصرف در این موارد است. در کشت ذرت نیز کاربرد کود نیتروژن بیش‌ترین اثرگذاری را بر شاخص‌های زیست‌محیطی داشت (Sadeghi & Noorhosseini, 2020). بررسی سهم نهاده‌ها در تولید خیار نیز نشان داد کود نیتروژن بیش‌ترین سهم را در انتشارات مستقیم و غیر مستقیم دارد (Hesampour et al., 2022b). بررسی‌ها نشان می‌دهد بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها در کشت کرچک موجب کاهش ۲۷ درصدی انتشار گازهای گلخانه‌ای شد (Pari et al., 2022).



شکل ۲- سهم نهاده‌های مصرفی در شاخص‌های زیست‌محیطی میانی در سامانه کشت خالص بامیه در هکتار



شکل ۳- سهم نهاده‌های مصرفی در شاخص‌های زیست‌محیطی پایانی در سامانه کشت خالص بامیه در هکتار

نسبت به دیگر نهاده‌ها دارند (شکل ۴). این میزان از تأثیرگذاری می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های لازم جهت بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها با توجه به جایگاه آن‌ها در اثرات زیست‌محیطی اهمیت داشته باشد.

بررسی شاخص نهایی خسارت زیست‌محیطی در سه بخش سلامت انسان، بوم‌سازگان و منابع نشان داد که در بخش سلامت انسان انتشارات مستقیم (عملکرد کل کشت مخلوط در هکتار) با حدود ۴۷ درصد از کل، بیش‌ترین اثرگذاری را در این شاخص دارد. پس از آن کود مرغی مصرف شده با حدود ۲۸ درصد، نیتروژن و پلاستیک با حدود ۱۸ درصد در جایگاه بعدی تأثیر قرار دارند (شکل ۵). در شاخص بوم‌سازگان بر خلاف سلامت انسان، کود نیتروژن مصرف شده با حدود ۷۴ درصد بیش‌ترین نقش را در خسارت به محیط‌زیست داشت، پس از آن کود فسفات و پتاس و کود مرغی در جایگاه بعدی قرار داشتند (شکل ۵). به طور کلی نهاده‌های کودی با توجه به آثار خود می‌توانند در تخریب محیط‌زیست نسبت به دیگر نهاده‌ها همچون سوخت دیزلی و سموم شیمیایی تأثیر مخرب‌تری داشته باشند، بنابراین بهینه‌سازی مصرف آن می‌تواند در کاهش اثرات مخرب به محیط‌زیست نقش مهمی داشته باشد. اثر مخرب کود نیتروژن نسبت به کود مرغی مصرف شده در حدود ۷ برابر است که نشان‌دهنده میزان اثرگذاری کود نیتروژن است. نتایج شاخص منابع و خسارت به آن نشان داد که سوخت دیزلی با ۳۲ درصد،

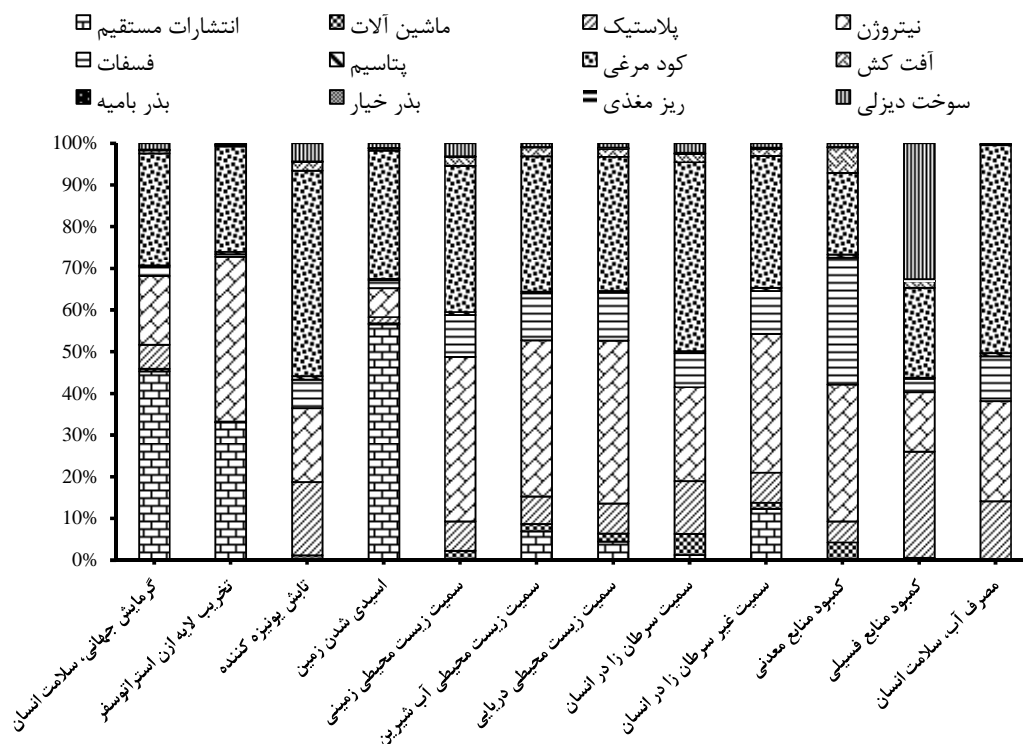
مصرف نهاده‌هایی همچون نیتروژن و فسفر از دلایل اصلی اسیدی شدن و مغذی‌شدن (Eutrophication) در تولید برنج است و با بهینه‌کردن مصرف کودهای شیمیایی می‌توان این آلاینده‌ها را کاهش داد (Escobar *et al.*, 2022; Xu *et al.*, 2020). بررسی کشت ذرت با استفاده از مالچ‌های پلاستیکی نشان داد که عملکرد گیاه تا حدود ۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، در حالی که این روش به دلیل مصرف نهاده پلاستیک و دیگر نهاده‌های شیمیایی میزان شاخص آسیب به گرمایش جهانی بالاتری نسبت به شاهد داشت (Gao *et al.*, 2022).

### کشت مخلوط بامیه و خیار

بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی میانی در کشت مخلوط بامیه و خیار در سطح ۱ هکتار نشان داد که در شاخص‌های گرمایش جهانی، اسیدی شدن زمین و تخریب لایه اوزن انتشارات مستقیم (عملکرد کل کشت مخلوط در هکتار) و نیتروژن مصرف شده (انتشارات غیرمستقیم) سهم بالاتری نسبت به دیگر نهاده‌ها داشتند، به طوری که سهم هر سه نهاده از میزان کل آلاینده‌ها در شاخص‌های ذکر شده در حدود ۷۰ درصد بود (شکل ۴). به طور کلی در دیگر شاخص‌های مورد بررسی هم‌چون سمی بودن زیست‌محیطی، سمی بودن‌های سرطان‌زا برای انسان و کمبود منابع نهاده‌های نیتروژن، فسفات، کود مرغی و سوخت دیزلی نقش اساسی‌تری

انواع کلم در دزفول نشان داد که کود نیتروژن و فسفر بیش‌ترین اثر را بر شاخص‌ها دارند و بهینه‌سازی مصرف آن ضروری است (Tadayonpour *et al.*, 2021). در شرایط کشت فلفل دلمه ای در استان خوزستان نیز مصرف کود اوره بیش‌ترین اثر گذاری را دارد و جایگزینی آن با کود آلی توصیه شده است (Tadayonpour *et al.*, 2019).

پلاستیک مصرف شده با ۲۵ درصد و کود مرغی مصرف شده با ۲۱ درصد بیش‌ترین اثرگذاری را در این شاخص داشتند (شکل ۵). بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی در فرایند تولید گوجه‌فرنگی و خیار در شرایط مزرعه و گلخانه نشان داد که انتشارات زیست‌محیطی در گلخانه بیشتر از مزرعه است، این تفاوت نیز به دلیل مصرف پلاستیک، سوخت‌های دیزلی و کودهای شیمیایی است (Zarei *et al.*, 2019). بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید



شکل ۴- سهم نهاده‌های مصرفی در شاخص‌های زیست‌محیطی میانی در سامانه کشت مخلوط بامیه و خیار در هکتار

جنگل زراعی بامیه و خرما  
بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی میانی در جنگل زراعی بامیه و درخت خرما در سطح یک هکتار نشان داد در شاخص‌هایی هم‌چون گرمایش جهانی، تخریب لایه ازن، اسیدی شدن زمین و سمیت غیرسرطان‌زا برای انسان، خروجی سامانه یا همان تولید محصول در یک هکتار عامل اصلی آلاینده در این شاخص‌ها است، پس از آن کود نیتروژن و سوخت دیزل و فسفات میزان اثرگذاری بیش‌تری نسبت به دیگر نهاده‌ها داشتند (شکل ۶).

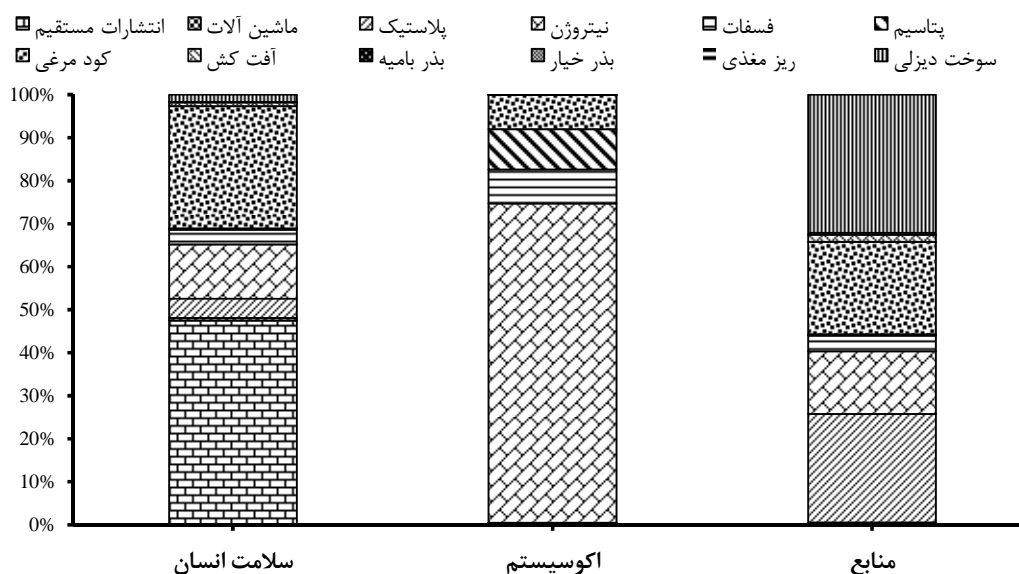
سوخت دیزلی در شاخص زیست‌محیطی و کمبود منابع فسیلی بالاترین اثرگذاری را داشت و در مصرف آب و

برخلاف کشت خالص و مخلوط که از کود مرغی استفاده می‌گردد، در جنگل زراعی کود دامی اثرگذاری کم‌تری بر



نیست و یا بسیار کم استفاده می‌شود. مصرف آب در تولید خرما از اولویت بالاتری برخوردار است. با وجود اینکه خرما سومین محصول باغی ایران از نظر سطح زیرکشت است و در ۱۳ استان کشور نیز کشت می‌شود، اما جنگ زراعی آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است و منابع علمی منتشر شده‌ای نیز مشاهده نمی‌شود.

شاخص‌ها نسبت به دیگر سامانه‌های کشت داشت که می‌تواند به دلیل میزان انرژی کمتر مصرف شده در سامانه تولید آن باشد، چرا که کود مرغی از مرغداری‌ها تهیه می‌شود و میزان انرژی مصرفی بالاتری نسبت به گاوداری‌های سنتی و صنعتی دارد. در جنگل زراعی بامیه و خرما بیش‌تر نهاده‌ها صرف تولید بامیه می‌شود. به طور کلی در باغات خرما مصرف کودهای شیمیایی مرسوم



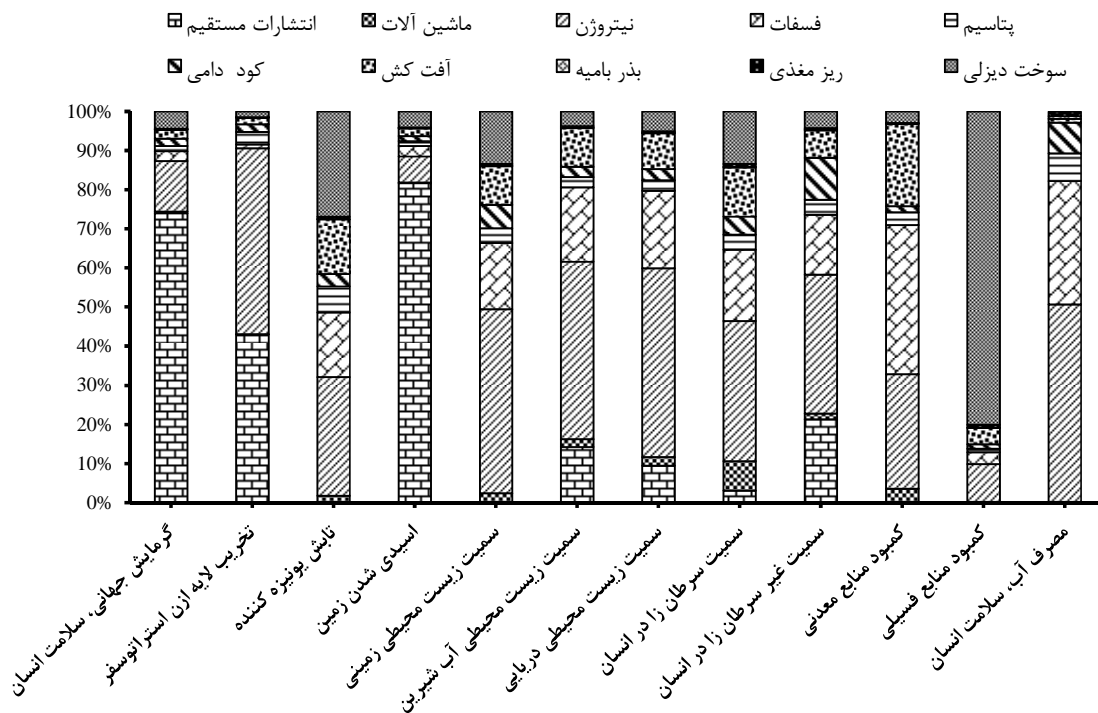
شکل ۵- سهم نهاده‌های مصرفی در شاخص‌های زیست‌محیطی پایانی در سامانه کشت مخلوط بامیه و خیار در هکتار

اثرگذار بود. در تولیدات باغی سهم انتشارات مستقیم داخل باغ و انتشارات غیرمستقیم کودهای شیمیایی دو عامل مهم در شاخص‌های اثر مورد بررسی است (Ordikhani *et al.*, 2021). بررسی‌ها نشان می‌دهد در تولیدات باغی نیز در شاخص سلامت انسان ۷۵ درصد کل میزان آن مرتبط با انتشارات مستقیم است و در بخش بوم‌سازگان نیز بیش‌ترین اثر با کود نیتروژن است (Ordikhani *et al.*, 2021). بررسی‌ها نشان می‌دهد در تولید خرما می‌توان با جایگزین کردن پنل‌های خورشیدی با توجه به اقلیم خوزستان و همچنین کشت گیاه یونجه در بین ردیف‌های آن میزان مصرف نهاده شیمیایی را کاهش داد (Hesampour *et al.*, 2022a). نتایج بررسی‌های دیگر نشان می‌دهد در تولید یک تن خرما در هکتار سوخت گازوئیل، آفت‌کش و کود نیتروژن بیش‌ترین سهم را در شاخص‌های زیست‌محیطی دارند، به طوری که

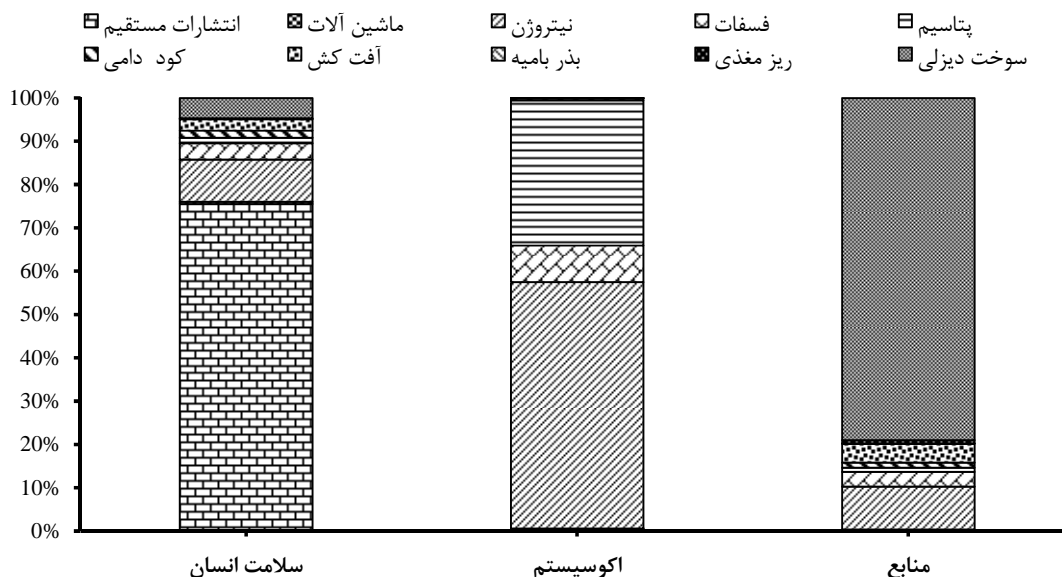
بررسی شاخص‌های نهایی خسارت زیست‌محیطی نشان داد که در شاخص سلامت انسان، انتشارات مستقیم ناشی از تولید در یک هکتار جنگل زراعی بامیه و خرما با حدود ۷۵ درصد از کل بالاترین اثرگذاری را در این شاخص دارد. پس از آن کود نیتروژن و سوخت مصرف شده در جایگاه بعدی قرار دارند (شکل ۷). در شاخص خسارت به بوم‌سازگان نیز کود نیتروژن، پتاسیم و فسفات به ترتیب با ۵۶/۸۴، ۳۳/۴۴ و ۸/۴۴ درصد بیش‌ترین اثرگذاری در شاخص خسارت به بوم‌سازگان را داشتند که نتایج این بخش نشان می‌دهد اولویت در بهینه‌سازی مصرف با کدام نهاده است (شکل ۷). در بخش منابع نیز بیش‌ترین میزان در سوخت دیزلی مصرف شده بود، پس از آن کود نیتروژن بیش‌ترین اثرگذاری را در این شاخص داشت. به طور کلی در هر سه شاخص نیتروژن و سوخت مصرفی به همراه انتشارات مستقیم نقش مهمی داشتند که می‌توان با اصلاح یا مدیریت مصرف نهاده‌ها در کاهش خسارت

گندم و کلزا شهرستان خرمشهر به ترتیب ۱۴۳۸/۵ و ۱۴۶۶ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار و قابلیت گرمایش جهانی به ترتیب ۱۸۲۲۳ و ۲۲۳۸ تن دی‌اکسیدکربن است (Khodaei joghan et al., 2022).

سوخت دیزل با ۶۵ درصد بیش‌ترین اثر را بر تخریب لایه اوزون داشت (Hesampour et al., 2018). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که در فرایند تولید گندم و کلزا میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک هکتار مزارع



شکل ۶- سهم نهاده‌های مصرفی در شاخص‌های زیست‌محیطی میانی در سامانه جنگل زراعی بامیه و خرما در هکتار

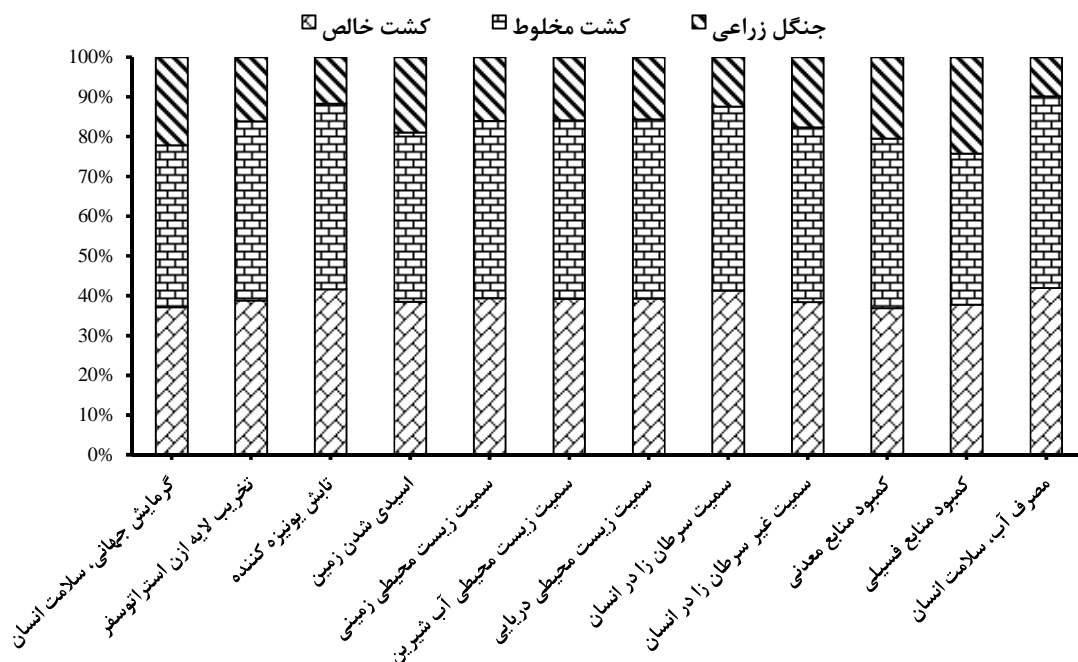


شکل ۷- سهم نهاده‌های مصرفی در شاخص‌های زیست‌محیطی پایانی در سامانه جنگل زراعی بامیه و خرما در هکتار

## مقایسه سامانه‌های کشت بامیه

بررسی شاخص‌های میانی در روش ReCiPe 2016 نشان داد که در تمامی شاخص‌های زیست‌محیطی به دست آمده، کشت مخلوط نسبت به دیگر سامانه‌های تولید بامیه میزان اثرگذاری بیشتری دارد. این اثرگذاری نشان از تولید آلاینده بیشتر نسبت به کشت خالص و مخلوط دارد (شکل ۸). در شاخص گرمایش جهانی و تأثیر آن بر سلامت انسان سهم کشت مخلوط ۴۰/۶۷ درصد و کشت خالص بامیه ۳۷/۱۸ درصد بود. در حالی که سهم جنگل زراعی بامیه ۲۲/۱۵ درصد است (شکل ۸). به نظر می‌رسد مصرف نهاده شیمیایی بالاتر در کشت مخلوط از دلایل بالاتر بودن میزان اثرگذاری آن است. در شرایط کشت مخلوط در واحد هکتار خروجی این سامانه از نظر عملکرد نسبت به کشت خالص بالاتر است، بنابراین میزان آلاینده‌های تولید شده نسبت به میزان عملکرد تولید شده در واحد هکتار در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کمتر است. این مسئله می‌تواند علت اختلاف کم بین دو سامانه کشت خالص و مخلوط باشد. بنابراین می‌توان با افزایش عملکرد در واحد سطح و هم‌چنین بهینه‌سازی

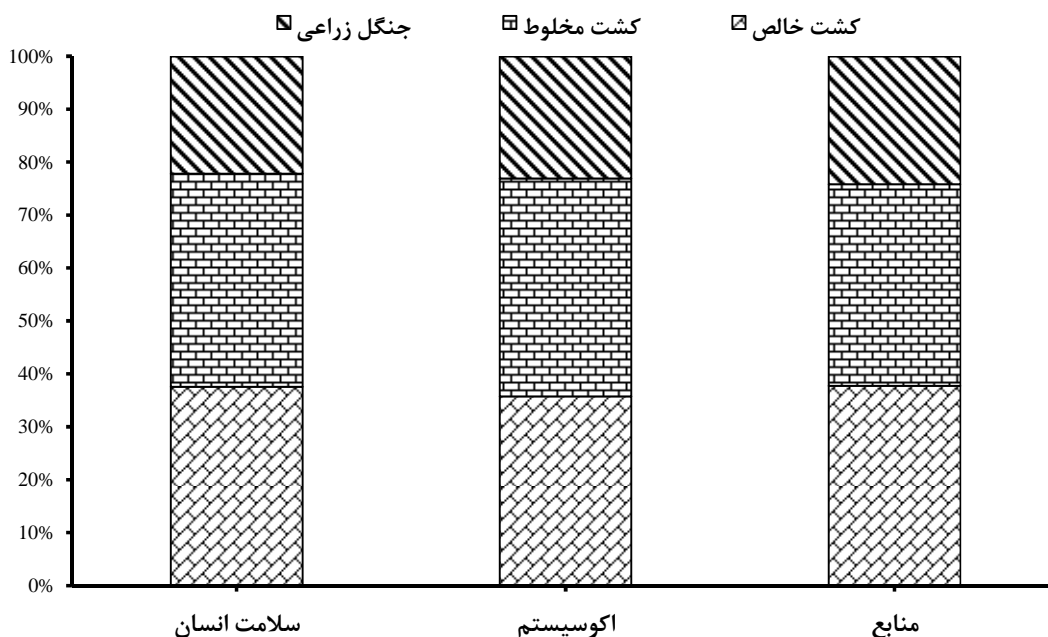
مصرف نهاده‌های اثرگذار همچون کود نیتروژن در کاهش آلاینده‌های سامانه کشت مخلوط موفق بود. بررسی دیگر شاخص‌های میانی همچون تخریب لایه اوزون، تابش یونیزه کننده، اسیدی شدن زمین و ... نسبت کشت مخلوط به کشت خالص مشابه است که این امر به دلیل مصرف نهاده بیش‌تر در این سامانه است. در تمامی شاخص‌های زیست‌محیطی میانی جنگل زراعی بامیه زیر ۲۵ درصد نسبت به دیگر سامانه‌های کشت آلاینده‌گی تولید می‌کند که کمترین آن با ۹/۸۳ درصد در مصرف آب و سلامت انسان و بیشترین مقدار آن با ۲۴/۲۱ درصد در کمبود منابع فسیلی است (شکل ۸). مصرف و سلامت انسان رابطه معنی‌داری با میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی دارد، چرا که با آب‌شویی نیتروژن و دیگر کودهای شیمیایی، آب‌های زیرزمینی آلوده شده و در سلامت انسان اثرگذار خواهد بود، بنابراین به دلیل مصرف کمتر نهاده شیمیایی در جنگل زراعی این شاخص کم‌ترین مقدار خود را داشت. مصرف سوخت دیزلی بالا جهت آبیاری مزارع نیز از دلایل بالا بودن سهم جنگل زراعی در شاخص منابع فسیلی است.



شکل ۸ - مقایسه سامانه‌های کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی تولید بامیه در شاخص‌های زیست‌محیطی میانی در واحد هکتار

این شاخص‌ها داشتند، می‌توان در کاهش میزان آسیب به سلامت انسان، محیط‌زیست و هزینه‌های استخراج منابع بهبودی ایجاد کرد. کشت بامیه در فصل بهار و زیر درختان خرما به دلیل میزان نهاده مصرفی در بخش کودهای شیمیایی و عدم مصرف نهاده‌ای همچون پلاستیک و کود مرغی از میزان آسیب‌رسانی کمتر نسبت به دیگر سامانه‌های کشت برخوردار بود، با این حال می‌توان با بهینه‌سازی شیوه آبیاری و کاهش مصرف سوخت‌های دیزلی در کنار افزایش عملکرد در واحد سطح این آسیب‌رسانی را بیش‌تر کاهش داد. بررسی‌ها نشان می‌دهد کشت مرسوم گیاهان زارعی نسبت به کشاورزی ارگانیک، ۳۶ تا ۶۵ درصد گازهای گلخانه‌ای بیش‌تری تولید می‌کند (Smith et al., 2019). هم‌چنین در مطالعه دیگری بر روی تولید لوبیا و عدس با روش ارزیابی چرخه حیات نشان داده شد که شاخص‌های اثر در فرآیند تولید لوبیا از تولید عدس بالاتر است، این اختلاف به دلیل نهاده‌های مصرف شده متفاوت هم‌چون کود نیتروژن و علف‌کش بود (Vahabipoor et al., 2021).

مقایسه شاخص‌های نهایی نشان داد کشت مخلوط بامیه و خیار در شاخص سلامت انسان، بوم‌سازگان و منابع به ترتیب با ۴۰/۲۵، ۴۱/۱۷ و ۳۸/۰۶ درصد نسبت به کشت خالص با ۳۷/۶۰، ۳۵/۸۰ و ۳۷/۷۹ درصد در شاخص‌های ذکر شده، میزان آلاینده‌گی و آسیب بیشتری وارد می‌کند، این میزان آسیب در جنگل زارعی بامیه و خرما در شاخص‌های سلامت انسان، بوم‌سازگان و منابع به ترتیب ۲۲/۱۵، ۲۳/۰۴ و ۲۴/۱۵ درصد است (شکل ۹). نتایج این بخش به خوبی نشان می‌دهد کشت مخلوط نسبت به دیگر سامانه‌های کشت تولید بامیه میزان آلاینده‌گی بالاتری دارد. با این حال میزان آن به کشت خالص نزدیک بود، در حالی که از نظر عملکرد محصول در واحد هکتار، کشت مخلوط برتری قابل مشاهده‌ای دارد. بنابراین می‌توان گفت میزان آلاینده‌گی به ازای عملکرد تولیدی در کشت مخلوط نسبت به دیگر سامانه‌های کشت کمتر است، با این وجود در واحد هر هکتار این میزان بالاتر است. با مدیریت بهینه مصرف کودهای شیمیایی و مرغی در کشت مخلوط و خالص که بیش‌ترین اثرگذاری را در



شکل ۹- سهم سامانه‌های کشت خالص، مخلوط و جنگل زارعی بامیه در شاخص‌های زیست‌محیطی نهایی در هکتار

جهانی متعلق به مصرف سموم شیمیایی است. بررسی ابعاد زیست‌محیطی تولید خیار در آذربایجان شرقی نشان داد که بیش‌ترین عامل تأثیرگذار بر روی آلاینده‌گی‌های بخش‌های اثر همچون گرمایش جهانی متعلق به مصرف

در پژوهشی، Sharifi et al. (2021) نشان دادند که نیتروژن با ۴۸ درصد اثرگذاری مهم‌ترین نهاده در افزایش آلاینده‌های محیطی فرایند تولید کدوخلوایی است. همچنین نشان دادند که ۹۰ درصد از بخش گرمایش

به کشت خالص ۳۳۳/۸۹ درصد و نسبت به کشت مخلوط ۲۱۲/۹۱ درصد بالاتر بود، این بدان معنی است که علاوه بر سود خالص بالاتر در جنگل زراعی بامیه و خرما، میزان اثر مخرب بر شاخص سلامت کمتری نیز دارد (جدول ۵). به نظر می‌رسد جهت بهبود این شاخص در کشت مخلوط و خالص بامیه علاوه بر افزایش سود خالص از طریق کاهش هزینه‌های کل، می‌بایست در مصرف نهاده‌هایی که اثر مخربی بر شاخص سلامت انسان دارند نیز دقت نمود. این نهاده‌ها در بخش شاخص‌های زیست‌محیطی نهایی و میانی نشان داده شده است که می‌توان به سوخت دیزلی و نیتروژن اشاره کرد (جدول ۵). نتایج این بخش در دو شاخص دیگر نیز هم‌چون بخش اول نشان از برتری جنگل زراعی و سپس کشت مخلوط دارد، این برتری نشان از میزان سود خالص بالاتر در ازای اثر بر شاخص محیط‌زیست است و بر این اساس می‌توان گفت جنگل زراعی بامیه و درخت خرما روش مقرون به صرفه اقتصادی در کنار کاهش اثرات زیست‌محیطی نسبت به دیگر سامانه‌های کشت است. نتایج کارایی زیست‌محیطی در مقایسه سامانه‌های آبیاری سطحی و نواری آفتابگردان در کردستان نشان داد که در هر سه شاخص آبیاری سطح برتری داشت (Khanali et al., 2022). نتایج این شاخص در مقایسه سه سامانه کشت ارگانیک، مرسوم و کم نهاده تولید برنج در ایران نشان داد که کشت ارگانیک نسبت به دیگر سامانه‌ها سود خالص بیشتری در ازای اثرهای زیست‌محیطی دارد (Saber et al., 2021). دیگر محققان نیز بیان کردند که با بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها می‌توان بازدهی زیست‌محیطی را افزایش داد و در نهایت منجر به بهبود شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی شد (Masuda, 2019).

کودهای شیمیایی است (Erahimpour et al., 2019). مطالعه اثرات زیست‌محیطی تولید چهار محصول گندم، جو، هندوانه بذری و یونجه در شهرستان نیشابور نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص‌های زیست‌محیطی در کشت هندوانه بذری و کم‌ترین آن در جو به دست آمد. محققان بیان کردند به دلیل عملکرد پایین هندوانه بذری در هکتار نسبت به میزان نهاده مصرف شده، این گیاه اثرات زیست‌محیطی بیش‌تری نشان داد. هم‌چنین نتایج این تحقیق نشان داد جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌توان از مدیریت خاک‌ورزی کاهش‌یافته و مصرف کودهای آلی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی استفاده کرد (Masumkhani et al., 2019). مقایسه اثرات زیست‌محیطی تولید جو در شرایط آبی و دیم نشان داد که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ها به دلیل گرمایش جهانی در تولید یک تن جو آبی ۱۱۱۲/۰۶ و در شرایط دیم ۶۹۹/۹۶ واحد معادل کیلوگرم CO<sub>2</sub> بود که نشان از تفاوت دو سامانه کشت دارد. این تفاوت نیز به دلیل میزان متفاوت نهاده‌های مصرفی همچون کود نیتروژن است (Hassani et al., 2020).

### شاخص کارایی زیست‌محیطی سامانه‌های مختلف کشت بامیه

هرچقدر کارایی زیست‌محیطی بالاتر باشد، سود خالص به دست آمده نسبت به اثر زیست‌محیطی وارد شده بیش‌تر است. این امر می‌تواند برای تعیین روش‌های مقرون به‌صرفه برای کاهش اثرات زیست‌محیطی استفاده گردد (Khanali et al., 2022). نتایج این شاخص نشان داد در نسبت سود خالص به شاخص سلامت انسان جنگل زراعی بیشتر از دیگر سامانه‌های تولید بود، به طوری که نسبت

جدول ۵- شاخص‌های کارایی زیست‌محیطی محاسبه شده در سامانه‌های کشت مختلف بامیه

شاخص	واحد شاخص	کشت خالص	کشت مخلوط	جنگل زراعی
کارایی زیست‌محیطی، سلامت انسان	(\$ DALY)	۹۳۲۴۸/۹۵	۱۲۹۲۹۹/۷۴	۴۰۴۶۰۲/۲۱
کارایی زیست‌محیطی، بوم‌سازگان	(\$ Species.yr)	۳۵۸۴۶۹/۴۳	۴۶۲۵۶۷/۱۸	۱۴۲۳۵۲۴/۳۶
کارایی زیست‌محیطی، منابع	(\$ USD 2013)	۴/۷۰	۶/۹۲	۱۸/۷۸

### نتیجه‌گیری

اثرگذاری بالاتری دارد و لازمه آن بهبود و کارایی مصرف نهاده‌های اثرگذار هم‌چون کود نیتروژن است. شاخص‌های زیست‌محیطی به خوبی نشان دادند که تولید پایدار باید همراه با کم‌ترین میزان تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی

شاخص‌های زیست‌محیطی مورد بررسی نشان داد که کشت مخلوط بامیه و خیار در شاخص سلامت انسان، بوم‌سازگان و منابع نسبت به دو روش تولید دیگر

- Environmental Dimensions of Cucumber Greenhouses Using Life Cycle Assessment (Case Study: East-Azerbaijan Province). *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 50(3): 513–522. (In Persian)
- Escobar, N., Bautista, I., Peña, N., Fenollosa, M. L., Osca, J. M., & Sanjuán, N. (2022). Life Cycle Thinking for the environmental and financial assessment of rice management systems in the Senegal River Valley. *Journal of Environmental Management*, 310: 114722.
- Gao, N., Wei, Y., Zhang, W. W., Yang, B., Shen, Y., Yue, S., & Li, S. (2022). Carbon footprint, yield and economic performance assessment of different mulching strategies in a semi-arid spring maize system. *Science of The Total Environment*, 826: 154021.
- Ghasemi, F., Ghasemi, F., Vílchez, V. F., & Asadi, I. (2022). The Life Cycle Assessment on Environmental Impacts of Greenhouse Crops: A Theoretical Review. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 10(1): 35-46.
- Hassani, S., ramroudi, M., Asgharipour, M. R., & Asghripour, E. (2020). The Main Differences of Irrigated and Rainfed Barley (*Hordeum vulgare* L.) in Term of Pollutants Emissions in Khorramabad Using LCA. *Journal Of Agroecology*, 11(4): 1467-1481. (In Persian)
- Hesampour, R., Bastani, A., & Heidarbeigi, K. (2018). Environmental assessment of date (*Phoenix doctylifera*) production in Iran by life cycle assessment. *Information Processing in Agriculture*, 5(3): 388–393.
- Hesampour, R., Hassani, M., Hanafiah, M. M., & Heidarbeigi, K. (2022a). Technical efficiency, sensitivity analysis and economic assessment applying data envelopment analysis approach: A case study of date production in Khuzestan State of Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(3): 197–207.
- Hesampour, R., Taki, M., Fathi, R., Hassani, M., & Halog, A. (2022b). Energy-economic-environmental cycle evaluation comparing two polyethylene and polycarbonate plastic greenhouses in cucumber production (from production to packaging and distribution). *Science of The Total Environment*, 828: 154232.
- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2): 138–147.
- باشد. همچنین مصرف نهاده‌های شیمیایی و سوخت دیزلی بیش‌ترین نقش مخرب در شاخص‌های زیست‌محیطی را به همراه دارند و بهینه‌سازی آن‌ها در جهت کاهش این آلاینده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. می‌توان گفت در استان خوزستان تولید بامیه از نظر زیست‌محیطی نیازمند بازنگری کلی در شیوه مدیریت آن دارد تا بتوان به تولید پایدارتری رسید. این تولید پایدار می‌بایست در عین افزایش عملکرد کمی، اقتصادی و کاهش انرژی ورودی، از نظر زیست‌محیطی نیز سازگار باشد. کاهش مصرف سوخت دیزلی از طریق حداقل خاک‌ورزی، جایگزینی بخشی از کودهای شیمیایی با نهاده‌های آلی، کشت گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در شرایط مخلوط با بامیه، کنترل زیستی آفات، استفاده از نشاکاری و کاهش استفاده از پلاستیک می‌تواند از راهکارهای مدیریتی در جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید باشد.

#### منابع

- Bettles, J., Battisti, D. S., Cook-Patton, S. C., Kroeger, T., Spector, J. T., Wolff, N. H., & Masuda, Y. J. (2021). Agroforestry and non-state actors: A review. *Forest Policy and Economics*, 130: 102538.
- Bourke, P. M., Evers, J. B., Bijma, P., van Apeldoorn, D. F., Smulders, M. J. M., Kuyper, T. W., Mommer, L., & Bonnema, G. (2021). Breeding Beyond Monoculture: Putting the “Intercrop” Into Crops. *Frontiers in Plant Science*, 12: 2602.
- Cuartero, J., Pascual, J. A., Vivo, J. M., Özbolat, O., Sánchez-Navarro, V., Egea-Cortines, M., Zornoza, R., Mena, M. M., Garcia, E., & Ros, M. (2022). A first-year melon/cowpea intercropping system improves soil nutrients and changes the soil microbial community. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 328: 107856.
- Dantas, T. L., Alonso Buriti, F. C., & Florentino, E. R. (2021). Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a Potential Functional Food Source of Mucilage and Bioactive Compounds with Technological Applications and Health Benefits. *Plants*, 10(8): 1683.
- Döring, T. F., & Elsalahy, H. (2022). Quantifying compensation in crop mixtures and monocultures. *European Journal of Agronomy*, 132: 126408.
- Erahimpour, Z., Rasooli Sharabiani, V., & Taghinezhad, E. (2019). Evaluating the

- sustainability index of Wheat and Rapeseed agroecosystems in Khorramshahr. *Journal Of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(1): 309–324. (In Persian)
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., & Movahedi, M. (2013). Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy*, 52: 333–338.
- Kumar, V., Deo, C., Sarma, P., Wangchu, L., Debnath, P., Singh, A. K., & Hazarika, B. N. (2021). Yield and Economics of Okra Seed Production Influenced by Growth Regulators and Micronutrients. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(01): 3280–3286.
- Masuda, K. (2019). Eco-Efficiency Assessment of Intensive Rice Production in Japan: Joint Application of Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis. *Sustainability*, 11(19): 5368.
- Masumkhani, F., Abolhasani, L., Khorramdel, S., & Mohadess, S. A. (2019). Evaluation of Environmental Impacts of Major Agricultural Products of Belherat Rural District of Neyshabour using Life Cycle Assessment. *Journal Of Agroecology*, 11(3): 909–924. (In Persian)
- Moghadam, M. S. K., Rad, A. H. S., Khodabin, G., Jalilian, A., & Bakhshandeh, E. (2022). Application of Silicon for Improving Some Physiological Characteristics, Seed Yield, and Oil Quality of Rapeseed Genotypes Under Late-Season Drought Stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1–19.
- Montemayor, E., Andrade, E. P., Bonmatí, A., & Antón, A. (2022). Critical analysis of life cycle inventory datasets for organic crop production systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1–21.
- Mostashari-Rad, F., Ghasemi-Mobtaker, H., Taki, M., Ghahderijani, M., Kaab, A., Chau, K. wing, & Nabavi-Pelesaraei, A. (2021). Exergoenvironmental damages assessment of horticultural crops using ReCiPe2016 and cumulative exergy demand frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 278: 123788.
- Mostashari-Rad, F., Ghasemi-Mobtaker, H., Taki, M., Ghahderijani, M., Saber, Z., Chau, K. W., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2020). Data supporting midpoint-weighting life cycle assessment and energy forms of cumulative exergy demand for horticultural crops. *Data in Brief*, 33: 106490.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Pakravan-Charvadeh, M. R., & Ghasemi-Mobtaker, H. (2022). Jalilian, A., Mondani, F., Khorramivafa, M., & Bagheri, A. (2018). Evaluation of CliPest model in simulation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition in Kermanshah. *Journal Of Agroecology*, 10(1): 248–266. (In Persian)
- Javam, M., Ghasemi Nejad Raeini, M., & Marzban, A. (2020). Economic Analysis of Okra Production Systems in Khuzestan Province. *Agricultural Mechanisation and Systems Research*, 21(74): 33–46. (In Persian)
- Jiang, Z. D., Owens, P. R., Ashworth, A. J., Fuentes, B. A., Thomas, A. L., Sauer, T. J., & Wang, Q. B. (2021). Evaluating tree growth factors into species-specific functional soil maps for improved agroforestry system efficiency. *Agroforestry Systems*, 1–12.
- Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of The Total Environment*, 664: 1005–1019.
- Karami, E., Almasi, A., Kashi, A., & Etminani, A. (2022). The effect of wind breaking of sweet corn and okra on growth indices and yield of cucumber in strip intercropping system. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(4): 789–798. (In Persian)
- Keyvan Rad, S., Madani, H., Heidari Sharifabadi, H., Mahmoudi, M., & Nourmohamadi, G. (2021). Evaluation of Yield and Yield Components of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in Different Treatments of Irrigation Distance and Sowing Date. *Journal of Crop Ecophysiology*, 15(59): 377–392. (In Persian)
- Khanali, M., Ghasemi-Mobtaker, H., Varmazyar, H., Mohammadkashi, N., Chau, K., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2022). Applying novel eco-exergoenvironmental toxicity index to select the best irrigation system of sunflower production. *Energy*, 250: 123822. (In Persian)
- Khodabin, G., Lightburn, K., Hashemi, S. M., Moghadam, M. S. K., & Jalilian, A. (2022). Evaluation of nitrate leaching, fatty acids, physiological traits and yield of rapeseed (*Brassica napus*) in response to tillage, irrigation and fertiliser management. *Plant and Soil*, 1–18.
- Khodaei jaghan, A., taki, morteza, & matoorian, hamid. (2022). Evaluating energy productivity, greenhouse gas emission, global warming potential and

- and Sustainable Production, 29(2): 39–51. (In Persian)
- Tadayonpour, N., Sabzghabaei, G. R., & Dashti, S. S. (2021). Investigation of environmental effects of cabbage production in Dezful county using life cycle assessment. *Journal Of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4): 341–354. (In Persian)
- Taghinazhad, J., & vahedi, A. (2021). Environmental Impact of Irrigated Wheat Production System Using the life Cycle Assessment Technique (Case study: Ardabil province). *Journal Of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(3): 101–116. (In Persian)
- Vahabipoor, M., Sabzghabaei, G. R., & Dashti, S. (2021). Determining the Environmental Effects of Bean and Lentil Production by Life Cycle Assessment Method) Case Study: Yasuj City. *Journal Of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(2): 303–316. (In Persian)
- Xiang, Y., Li, Y., Luo, X., Liu, Y., Huang, P., Yao, B., Zhang, L., Li, W., Xue, J., Gao, H., Li, Y., & Zhang, W. (2022). Mixed plantations enhance more soil organic carbon stocks than monocultures across China: Implication for optimising afforestation/reforestation strategies. *Science of The Total Environment*, 821: 153449.
- Xu, Q., Hu, K., Yao, Z., & Zuo, Q. (2020). Evaluation of carbon, nitrogen footprint and primary energy demand under different rice production systems. *Ecological Indicators*, 117: 106634.
- Zarei, M. J., Kazemi, N., & Marzban, A. (2019). Life cycle environmental impacts of cucumber and tomato production in open-field and greenhouse. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(3): 249–255.
- Predicting output energy and greenhouse gas emissions in peanut production: A case study in Astaneh-Ashrafiyeh county of Guilan province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 53(1): 145–168. (In Persian)
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., & Gaillard, G. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. *Integrated and organic farming. Agricultural Systems*, 104(3): 217–232.
- Ordikhani, H., Parashkoohi, M. G., Zamani, D. M., & Ghahderijani, M. (2021). Energy-environmental life cycle assessment and cumulative exergy demand analysis for horticultural crops (Case study: Qazvin province). *Energy Reports*, 7: 2899–2915.
- Pari, L., Alexopoulou, E., Stefanoni, W., Latterini, F., Cavalari, C., & Palmieri, N. (2022). The Eco-Efficiency of Castor Supply Chain: A Greek Case Study. *Agriculture*, 12(2), 206.
- Saber, Z., van Zelm, R., Pirdashti, H., Schipper, A. M., Esmaeili, M., Motevali, A., Nabavi-Pelesaraei, A., & Huijbregts, M. A. J. (2021). Understanding farm-level differences in environmental impact and eco-efficiency: The case of rice production in Iran. *Sustainable Production and Consumption*, 27: 1021–1029.
- Sadeghi, S. M., & Noorhosseini, S. A. (2020). Investigating the Environmental Impacts for Four Varieties of Corn Based on Nitrogen Fertilizer Consumption through Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(6): 361–377. (In Persian)
- Salaheen, S., & Biswas, D. (2019). Organic Farming Practices: Integrated Culture Versus Monoculture. *Safety and Practice for Organic Food*, 23–32.
- Sharifi, M., Soodmand-Moghaddam, S., & Akram, A. (2021). Investigating the Energy Consumption and Environmental Pollutants of Pumpkin Production (Case Study: Boroujerd County). *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 52(1), 27–36. (In Persian)
- Smith, L. G., Kirk, G. J. D., Jones, P. J., & Williams, A. G. (2019). The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nature Communications*, 10(1): 4641.
- Tadayonpour, N., Reza Sabzghabaei, G., & Dashti, S. (2019). Evaluating the Environmental Impacts of the Bell Pepper Production System Using the Life Cycle Assessment Technique (Case study: Dezful County). *Journal of Agricultural Science*