



Evaluation of Diversity, Self-sufficiency and Economic Productivity Indicators in Agricultural Systems of Two Villages in Meshginshahr County

Aydin Tobeh¹, Morteza Barmaki^{1*}, Roghayeh Jahdi² and Nasrin Sadat Seyedmohammadi¹

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Department of Forest Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(*- Corresponding author's Email: barmakimorteza@gmail.com, m_barmaki@um.ac.ir)

Received: 18-10-2025
Revised: 01-01-2026
Accepted: 05-01-2026
Available Online: 10-05-2026

How to cite this article:

Tobeh, A., Barmaki, M., Jahdi, R., & Seyedmohammadi, N.S. (2026). Evaluation of diversity, self-sufficiency and economic productivity indicators in agricultural systems of two villages in Meshginshahr county. *Journal of Agroecology*, 17(4), 611-627. (In Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/agry.2026.95686.1256>

Introduction

The escalating demand for food, driven by global population growth, poses a significant threat to environmental sustainability. Conventional monoculture agricultural systems, while often profitable in the short term, are increasingly recognized as major contributors to soil degradation, biodiversity loss, and heightened vulnerability to climate change and economic fluctuations. In response, integrated agricultural systems, such as agroforestry, which synergistically combine crops, livestock, poultry, and trees, have emerged as a promising pathway toward sustainable intensification. These systems are theorized to enhance ecological resilience through increased biodiversity, improve soil health, and offer greater economic stability by diversifying income sources and reducing dependency on external inputs. This study was therefore designed to conduct a comprehensive evaluation of sustainability and economic productivity indicators, comparing mono-dimensional and integrated agricultural systems in two distinct villages within Meshginshahr County, Iran, with a specific focus on ecological health, economic viability, and the critical metric of local food security.

Materials and Methods

This survey-analytical research was conducted in 2023 in two purposively selected villages—Arjaq and Jabdaraq—located in Meshginshahr County, Ardabil Province, Iran. Data collection integrated field observations, in-person interviews with local farmers, and official agricultural census data. To quantitatively assess sustainability, a novel Composite Agricultural Diversity Index (ADI) was constructed, comprising five weighted components: Biodiversity (Shannon-Wiener Index), Functional Diversity, Spatial Diversity, Temporal Diversity, and Resilience (assessed through farmer surveys on system recovery from disturbances). Economic analysis was performed by calculating total costs, income, profit, and profit percentage for each documented



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/agry.2026.95686.1256>

agricultural system. Food self-sufficiency was evaluated by comparing the annual production of key food groups within each village against established per capita consumption requirements. Additionally, new indices for land-based and population-based self-sufficiency were developed and calculated to provide a holistic view of local food security.

Results and Discussion

The findings revealed a pronounced superiority of integrated agricultural systems across all evaluated metrics. Ecologically, the most complex system (Arable + Gardening + Livestock + Poultry) achieved the highest Composite Agricultural Diversity Index in both Arjaq (4.718) and Jabdaraq (4.181), far exceeding scores for single-activity systems like sole gardening (1.170) or livestock (0.865). This high ADI indicates greater biodiversity, functional redundancy, and spatial complexity, which directly enhance ecosystem resilience against environmental stresses such as pests and drought. Soil quality analysis corroborated these findings, showing superior organic matter content and nutrient levels (e.g., nitrogen, phosphorus) in systems incorporating trees and diverse plant cover compared to monoculture arable lands. Economically, the integrated systems demonstrated robust performance. While individual components like poultry sometimes achieved high profit margins, the combined systems (e.g., Arable+Gardening+Livestock) generated significantly higher absolute profits (e.g., 270.97 million Rials in Arjaq) due to synergies. These synergies included using livestock manure as organic fertilizer, thereby reducing costs for chemical inputs, and utilizing crop residues as animal feed. This resource recycling not only lowered operational expenses but also distributed economic risk across multiple revenue streams, insulating farmers from market or crop-specific failures. The most striking outcome was the disparity in food self-sufficiency. Jabdaraq, with its highly diversified production, achieved complete self-sufficiency, producing surpluses in crucial categories like poultry meat (175% of need), cereals (187%), and garden products (a remarkable 1714%). In stark contrast, Arjaq, despite its focus on lucrative grape production and greater access to irrigation, exhibited significant deficits in animal protein, meeting only 38% of its poultry requirements, 44% of its egg requirements, and 0% of its fish requirements. Its massive surplus in garden products (1589%) was insufficient to compensate for these core nutritional shortfalls, highlighting the risks of over-specialization. Consequently, the composite self-sufficiency index for Jabdaraq (5.08) was more than double that of Arjaq (2.3), underscoring that diversification, rather than mere land or water availability, is the cornerstone of sustainable food security.

Conclusion

In general, multi-dimensional, integrated agricultural systems deliver enhanced ecological sustainability through greater biodiversity and soil health, improved economic profitability and risk mitigation through synergistic resource use, and, most importantly, ensure genuine local food self-sufficiency. The presence of diverse agricultural systems in an area leads to increased economic sustainability and food security, and to some extent compensates for limited access to water. It also reduces the need for external inputs and chemical inputs, resulting in greater economic and environmental productivity.

Keywords: Agricultural economics, Integrated agricultural systems, Shannon index, Sustainability

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، ص ۶۱۱-۶۲۷

ارزیابی شاخص‌های تنوع، خودکفایی و بهره‌وری اقتصادی نظام‌های کشاورزی در دو روستای شهرستان مشگین‌شهر

آیدین توبه^۱، مرتضی برمکی^{۲*}، رقیه جهدی^۲ و نسرین سادات سیدمحمدی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

چکیده

این پژوهش در سال ۱۴۰۳ با هدف ارزیابی شاخص‌های خودکفایی، تنوع و بهره‌وری اقتصادی نظام‌های کشاورزی تک‌بعدی و تلفیقی در دو روستای ارجق و جیدرق شهرستان مشگین‌شهر به‌صورت پیمایشی-تحلیلی انجام گرفت. داده‌ها از طریق مشاهدات میدانی، مصاحبه با کشاورزان و استفاده از آمار رسمی گردآوری شد. شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی مشتمل بر مؤلفه‌های تنوع زیستی، عملکردی، مکانی، زمانی و تاب‌آوری، همراه با شاخص‌های اقتصادی (هزینه، درآمد و سود) و شاخص‌های نوین خودکفایی غذایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیستم‌های تلفیقی (مانند ترکیب زراعت، باغ، دام و طیور) با کسب بالاترین نمره شاخص ترکیبی تنوع (۴/۷۱۸ در ارجق و ۴/۱۸۱ در جیدرق)، از نظر پایداری اکولوژیک و تاب‌آوری بر سیستم‌های تک‌کشتی برتری داشتند. از جنبه اقتصادی، سیستم‌های چندبعدی با ایجاد هم‌افزایی بین اجزاء موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش سود کل شدند. بررسی خودکفایی غذایی آشکار ساخت که روستای جیدرق با تنوع تولید بالا با وجود دسترسی به منابع آبی کمتر، در تأمین گروه‌های غذایی اصلی خودکفا و حتی دارای مازاد تولید است، درحالی‌که روستای ارجق با تمرکز بر کشت تک‌محصولی، دارای شاخص خودکفایی پایین‌تر و ریسک‌پذیری بالاتری است. به‌طور کلی، یافته‌ها مؤید این است که وجود سیستم‌های متنوع کشاورزی در یک منطقه موجب افزایش پایداری اقتصادی و امنیت غذایی می‌شود و تا حدی محدودیت دسترسی به آب را جبران می‌کند. در ضمن موجب وابستگی کمتر به محصولی خاص می‌شود که موجب کاهش ریسک و افزایش بهره‌وری اقتصادی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد کشاورزی، پایداری، شاخص شانون، نظام‌های تلفیقی کشاورزی

مقدمه

جمعیت، فشار بر بوم‌نظام‌های طبیعی از جمله جنگل‌ها، مراتع و زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری به مراتب افزایش یافته است. توسعه جوامع انسانی و نیاز فزاینده به منابع غذایی، مستلزم اختصاص زمین‌های بیشتر است. با این حال، تأمین نیازهای بشری نباید به قیمت نادیده گرفتن حفاظت از محیط زیست تمام شود. لذا ضروری است که راهکارهایی اتخاذ گردد که همزمان با حفظ تنوع زیستی و تعادل اکولوژیک، به نیازهای اساسی انسان‌ها نیز پاسخ داده شود. یکی از روش‌های پیشنهادی برای نیل به این هدف، سیستم‌های تلفیقی کشاورزی از جمله جنگل‌زراعی است (Mbaw et al., 2014). منظور از سیستم‌های تلفیقی کشاورزی، تلفیق فعالیت‌های مختلف کشاورزی

حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی از ابعاد گوناگون مورد تأکید قرار گرفته است. پاسداری از این ذخایر ارزشمند، پیش‌نیاز بقای حیات بر روی کره خاکی محسوب می‌شود. از طرفی، با رشد روزافزون

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(*)- نویسنده مسئول: Email: barmakimorteza@gmail.com
<https://doi.org/10.22067/agry.2026.95686.1256>

از جمله زراعت، دامپروری، باغبانی، شیلات، زنبورداری و ... است. این روش‌ها با استفاده از درختان و درختچه‌ها در کنار محصولات زراعی و دامی، به بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش تنوع زیستی و کاهش فرسایش خاک کمک می‌کنند (Goudarzian et al., 2013). کاربرد روش‌های ترکیبی در کشاورزی، علاوه بر افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی موجب تخفیف پیامدهای نامطلوب تغییرات اقلیمی و ارتقای سطح معیشت جوامع روستایی نیز می‌شود (Mahallati et al., 2022). هدف نهایی در تلفیق، رسیدن به پایداری هم در مورد تولیدات منابع غذایی و هم پایداری جوامع گیاهی و جانوری است. کشاورزی تلفیقی دارای اشکال مختلفی می‌باشد. برای مثال می‌توان باغ - زراعت، باغ - زراعت - دام، باغ - زنبورداری، زراعت - دام - طیور و ... را نام برد (Karimi et al., 2019). در دوران گذشته، نظام‌های تک‌کشتی به‌عنوان راهکاری کلیدی برای مقابله با چالش‌های امنیت غذایی در جوامع مختلف معرفی می‌شدند. با این حال، در سال‌های اخیر، تمرکز به سمت الگوهای کشاورزی پایدارتر معطوف شده است که نه تنها بازدهی تولید را تضمین می‌کنند، بلکه کیفیت خاک و پایداری بوم‌شناختی را در بلندمدت حفظ می‌نمایند (Rastgoo et al., 2014). روش‌های تلفیقی، منافع اقتصادی و اجتماعی زیادی از قبیل افزایش تولید در واحد سطح، افزایش درآمد، تولید چوب و سوخت، علوفه دام و غیره را برای ساکنان و کاربران اراضی تأمین می‌کند و نیز منافع و اثرات زیست‌محیطی مهمی از قبیل ذخیره‌سازی و بهبود کیفیت آب، کاهش قابل ملاحظه احتمال تخریب و فرسایش خاک و بهبود چشم‌انداز اراضی کشاورزی دارد (Torralba et al., 2016). در سیستم‌های تلفیقی کشاورزی بر روی افزایش تنوع گونه‌ای تمرکز شده است که افزایش تنوع یکی از عوامل پایداری جوامع است. با افزایش تنوع و پایداری، جوامع می‌توانند مقاومت بیشتری در مقابل اتفاقات پیش‌بینی‌نشده محیطی از خود نشان دهند (Biggs et al., 2021). در دهه‌های اخیر، دو سیستم عمده کشاورزی، یعنی کشت تک‌محصولی (تک‌کشتی) و کشت تلفیقی (مانند جنگل‌زراعی، کشاورزی مرکب و سیستم‌های چندکارکردی)، به‌عنوان الگوهای متضاد در مدیریت اراضی کشاورزی مطرح شده‌اند. سیستم تک‌کشتی با تمرکز بر تولید انبوه یک محصول خاص، اگرچه در کوتاه‌مدت بازده اقتصادی بالایی دارد، اما چالش‌های جدی مانند فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی، وابستگی به نهاده‌های شیمیایی و آسیب‌پذیری در برابر تغییرات اقلیمی را به همراه دارد (Tsiafouli

et al., 2015; Beckmann et al., 2019). در مقابل، سیستم‌های تلفیقی با ترویج تنوع زراعی، استفاده بهینه از منابع و تلفیق درختان، محصولات زراعی و دام‌داری، نه تنها به پایداری بوم‌شناختی کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند خودکفایی روستاها را از طریق تأمین چندمنظوره نیازهای غذایی، اقتصادی و انرژی بهبود بخشند (Pancholi et al., 2023). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که سیستم‌های کشاورزی چندبعدی با ادغام روش‌های مختلف تولید، به افزایش بهره‌وری و کاهش ریسک‌های اقتصادی کمک می‌کنند. براساس پژوهش پریتنی (Pretty, 2008)، کشاورزی تلفیقی (مانند کشت توأم محصولات و دامپروری) منجر به بهبود امنیت غذایی و درآمدزایی پایدار برای روستاییان می‌شود. همچنین کشاورزی اکولوژیک با کاهش مصرف کودهای شیمیایی، هزینه‌های تولید را کاهش داده و سودآوری را افزایش می‌دهد (Altieri & Nicholls, 2018). اگر وفارستری می‌تواند به حفظ ارزش‌های محلی و اجتماعی کمک کند. در واقع، سیستم تک‌کشتی، دست کشاورز را برای تنوع استفاده از روش‌های مختلف می‌بندد و ممکن است که کشاورز سال‌ها مجبور به کاشت یک یا دو نوع محصول باشد. اما در سیستم جنگل‌زراعی، کشاورز می‌تواند در روش‌های مختلف تلفیقی، روش‌ها و منابع بومی و محلی خود را نیز بگنجانند و از آن‌ها نیز بهره‌گیرند. این روش‌های بومی محلی می‌توانند آبی‌پروری، دامداری، زنبورداری، گیاهان دارویی و ... باشند (Mukhlis et al., 2022). با وجود شناخته‌شده بودن مزایای کشاورزی تلفیقی، شواهد میدانی کمی از پیامدهای عملی آن در سطح روستاهای ایران، به‌ویژه در منطقه شمال غرب کشور موجود است. شهرستان مشگین‌شهر به‌دلیل تنوع اقلیمی و الگوهای کشاورزی متفاوت، بستری مناسب برای بررسی مقایسه‌ای این نظام‌ها فراهم می‌کند. گزارش‌های محلی حاکی از کاهش تدریجی تنوع تولید در برخی روستاها و افزایش آسیب‌پذیری معیشتی در برابر شوک‌هایی مانند خشکسالی‌های اخیر است. انتخاب دو روستای ارجق (با تمرکز شدید بر کشت تک‌محصولی انگور (Vitis vinifera) و جیدرق (با سابقه تولید متنوع و تلفیقی) این امکان را فراهم می‌سازد تا پیامدهای ملموس هر دو راهبرد بر شاخص‌های پایداری، اقتصاد و امنیت غذایی، با روشی علمی و مبتنی بر داده‌های محلی سنجیده شود.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی سیستم‌های کشاورزی موجود در منطقه مشگین و روش‌های تلفیقی موجود و بررسی و مقایسه

روش‌های تک‌بعدی و چندبعدی از نظر شاخص‌های پایداری، اقتصادی و بوم‌شناختی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۳ به صورت پیمایشی-تحلیلی انجام گرفت. منطقه مورد مطالعه، شهرستان مشگین‌شهر در استان اردبیل بود. شهر مشگین در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی برابر با ۳۸ درجه و ۲۴ دقیقه قرار دارد. این شهرستان در دامنه ارتفاعی از ۷۴ متر تا بیشتر از ۳۶۰۰ متر از سطح دریا است (شکل ۱). اقلیم آن نیمه‌مرطوب سرد همراه با زمستان‌های مرطوب و سرد و تابستان‌های خشک و گرم است (Madadi & Maleki, 2018). میانگین دمای حداقل و حداکثر این منطقه به ترتیب ۴/۶- و ۳۰ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های بهمن و مرداد است. میانگین بارش سالانه به میزان ۴۰۰ میلی‌متر و بیشتر در فصول پائیز و زمستان توزیع شده است (Sharifi et al., 2018).

در این پژوهش، دو روستا از منطقه مشگین مورد بررسی قرار گرفتند. دلیل انتخاب این روستاها، وجود سیستم‌های متفاوت و متنوع بود که مسیر پژوهش را هموار می‌کرد. در واقع، انتخاب روستاها تصادفی نبود و جهت مقایسه بهتر شرایط و سیستم‌ها، این روستاها انتخاب شدند. روستاهای مورد بررسی، روستاهای ارجق و جبدرق بودند. جبدرق، روستایی است که در استان اردبیل، شهرستان مشگین‌شهر، بخش مرکزی، دهستان دشت قرار دارد. این منطقه دارای باغ‌های انگور و سیب معروفی است. ارتفاع این منطقه حدود ۹۰۰ متر از سطح دریا است. همچنین طول جغرافیایی این منطقه برابر با ۴۷ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی آن برابر با ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه می‌باشد. روستای ارجق ۵۱۲ نفر جمعیت دارد. ارجق، روستایی است که در بخش مشکین شرقی شهرستان مشگین‌شهر استان اردبیل قرار دارد. ارجق در ایران به باغ‌های انگور خود شهرت دارد. این روستا و روستاهای اطراف آن دارای باغات بی‌بدیل انگور، زردآلو (*Prunus armeniaca*)، گردو (*Juglans regia*)، سیب (*Malus domestica*) و گلابی (*Pyrus communis*) می‌باشند. همه ساله انگورهای بسیار زیادی از باغ‌های ارجق برداشت شده و در سطح شهرستان، استان و حتی کشور مورد مصرف قرار می‌گیرد. ارجق به دلیل قرار گرفتن در راه مواصلاتی بین استانی و شهرستانی، در مسیر توسعه قرار داشته و همواره رونق تجاری خوبی داشته است. ارتفاع این

منطقه حدود ۱۱۵۰ متر از سطح دریا است. همچنین طول جغرافیایی این منطقه برابر با ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی آن برابر با ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه می‌باشد.

برای توصیف سیستم‌های کشاورزی و بررسی ویژگی‌های اقتصادی، از روشی که محصول تلفیق مشاهدات میدانی، مصاحبه و ثبت اطلاعات است، استفاده شد. همچنین از ابزارهای پرسش‌نامه و مصاحبه رودررو با کشاورزان محلی استفاده شد. به علاوه، داده‌های معتبر و رسمی موجود در اداره جهاد کشاورزی و سازمان برنامه و بودجه و همچنین از آمارهای سرشماری کشاورزی هر منطقه استفاده و اطلاعات تجمع شدند (Statistical Centre of Iran, 2024). در نهایت، کلیه اطلاعات گردآوری شده یکپارچه‌سازی و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در هر منطقه، حداقل با ۱۵ کشاورز در طول سال مصاحبه حضوری انجام شد. همچنین برای روان بودن و انسجام مطالب، اطلاعات به دست آمده از منابع مختلف تطبیق داده شده و از نظر متخصصان و اساتید برای تحلیل اطلاعات استفاده گردید. برای تحلیل خاک از روش نمونه‌برداری مرکب استفاده شد. یعنی از نظام‌های موجود در هر منطقه، چهار نمونه از چهار گوشه سیستم و یک نمونه خاک از مرکز سیستم برداشته شد و در نهایت نمونه مورد آزمایش، ترکیبی از این پنج نمونه برداشت شده از قسمت‌های مختلف سیستم بود (FAO & UNEP, 2023). برای بررسی تنوع در سیستم‌های مختلف کشاورزی از شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی استفاده شد (FAO, 2019). این شاخص برای سنجش تنوع زیستی در سیستم‌های کشاورزی طراحی شده و شامل چندین مؤلفه است که تنوع در سطوح ژنتیکی، گونه‌ای و بوم‌نظامی را اندازه‌گیری می‌کند و به عنوان ابزاری برای ارزیابی پایداری بوم‌شناختی و مقاومت سیستم‌های کشاورزی استفاده می‌شود. این شاخص دارای اجزای مختلفی است که در ادامه تشریح خواهد شد.

تنوع زیستی (شاخص شانون - وینر): این روش یکی از

رایج‌ترین روش‌ها برای سنجش تنوع گونه‌ای در یک بوم‌نظام یا سیستم کشاورزی است. این شاخص با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌شود (Keylock, 2005).

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i) \quad (1) \text{ معادله}$$

که در آن، p_i : نسبت فراوانی هر گونه و s : تعداد کل گونه‌ها است. در محاسبه مقدار نهایی تنوع در معادله ۲ این شاخص با وزن ۳۰ درصد در میانگین نهایی اعمال می‌شود.

(Cabell & Oelofse, 2012).

در نهایت، شاخص ترکیبی تنوع با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد.

معادله (۲) = شاخص ترکیبی تنوع

$$(0.1 \times \text{تاب‌آوری}) + (0.15 \times \text{تنوع زمانی}) + (0.2 \times \text{تنوع مکانیکی}) + (0.2 \times \text{تنوع زیستی})$$

صفت دیگری که بررسی شد، میزان تأمین نیازهای اساسی انسان با تولیدات خود منطقه بود. با در نظر گرفتن اینکه هر انسان (از سن صرف‌نظر می‌شود) در طول سال به ۱۴ کیلوگرم گوشت قرمز، ۱۸ کیلوگرم گوشت مرغ، ۸ کیلوگرم تخم‌مرغ، ۷ کیلوگرم ماهی، ۱۰۰ کیلوگرم محصولات باغی، ۱۰۰ کیلوگرم غلات و ۶۰ کیلوگرم شیر نیاز دارد (WHO & FAO, 2023 Willett et al., 2019). در این قسمت، تحلیل می‌شود که آیا این میزان از تولید برای برطرف کردن نیازهای اساسی مردم آن منطقه کافی است یا خیر؟

برای بررسی خودکفایی هر منطقه، سه شاخص بررسی شد. شاخص‌های مورد بررسی عبارت بودند از شاخص خودکفایی برحسب زمین، شاخص خودکفایی برحسب جمعیت و شاخص ترکیبی خودکفایی که در واقع ترکیبی از دو شاخص قبلی بود. هدف از محاسبه و ارائه شاخص‌های ترکیبی خودکفایی، فراتر رفتن از بررسی صرف درصد تأمین گروه‌های غذایی (جدول ۶) و یکپارچه‌سازی معیارهای کارایی منابع و فشار جمعیتی در ارزیابی امنیت غذایی پایدار بود. شاخص رایج خودکفایی (تأمین درصدی نیاز) نمی‌تواند کارایی استفاده از زمین یا تأثیر تراکم جمعیت را به‌طور همزمان بسنجد. بنابراین، در این مطالعه برای اولین بار شاخص‌های خودکفایی بر مبنای زمین و جمعیت معرفی و شاخص ترکیبی نهایی از حاصل ضرب این دو محاسبه گردید. این شاخص‌ها از طریق معادله‌های ۳ تا ۵ محاسبه می‌شوند.

معادله (۳)

مساحت کل زمین‌های کشاورزی منطقه / میانگین درصدهای

تأمین مواد غذایی = شاخص خودکفایی برحسب مساحت زمین

معادله (۴) = شاخص خودکفایی برحسب جمعیت

$$(100 / \text{جمعیت منطقه}) \times \text{میانگین درصدهای تأمین مواد غذایی}$$

معادله (۵) = شاخص ترکیبی خودکفایی

$$(100 / \text{جمعیت منطقه}) \times (\text{مساحت کل زمین‌های کشاورزی منطقه} / \text{میانگین درصدهای تأمین مواد غذایی})$$

منطقه / میانگین درصدهای تأمین مواد غذایی)

شاخص تنوع عملکردی: این شاخص از حاصل ضرب تعداد

محصولات و تعداد انواع کاربرد هر یک از آن‌ها به دست می‌آید. به‌عنوان مثال، اگر یک سیستم دارای دام و مرغ بود، این شاخص از طریق ضرب ۲ (تعداد گونه) در ۵ (میانگین تعداد کاربردهای هر گونه) به‌عنوان مثال گوشت، شیر، تخم، پشم، کود و ... در واقع هر کدام از گونه‌ها ۵ کاربرد در سیستم می‌توانند داشته باشند. در محاسبه مقدار نهایی تنوع، این شاخص با وزن ۲۰ درصد در میانگین نهایی اعمال می‌شود (Koohafkan et al., 2012).

شاخص تنوع مکانی: این شاخص، نوع اختلاط و برهم‌کنش

مکانی اجزای مختلف سیستم را نشان می‌دهد. هر چقدر این شاخص عدد بیشتری را نشان دهد به‌معنی برهم‌کنش بیشتر اجزای سیستم بر روی یکدیگر و تلاقی مکانی آن‌ها است. در محاسبه مقدار نهایی تنوع، این شاخص با وزن ۲۰ درصد در میانگین نهایی اعمال می‌شود. برای اندازه‌گیری شاخص تنوع مکانیکی در سیستم‌های کشاورزی، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ناحیه تحت اشغال هر بخش از سیستم (باغ، زراعت و ...) و هم‌پوشانی آن‌ها از طریق نرم‌افزار GIS محاسبه شده و شاخص تنوع مکانیکی مشخص می‌گردد (Aavik & Augenstein, 2022).

شاخص تنوع زمانی: این شاخص، تنوع در توزیع فعالیت‌های

کشاورزی در طول زمان را بیان می‌کند و به این سؤال جواب می‌دهد که آیا چرخه‌های رشد و برداشت متنوع هستند یا خیر؟ در محاسبه مقدار نهایی تنوع، این شاخص با وزن ۱۵ درصد در میانگین نهایی اعمال می‌شود. برای اندازه‌گیری این شاخص در رابطه شانون-وینر، به‌جای تعداد گونه، از متغیر زمان استفاده می‌شود. به این صورت که هر کدام از بخش‌های سیستم، چه مدتی از طول سال فعال هستند. بخش‌هایی که در تمامی طول سال فعال هستند، بدون تنوع زمانی در نظر گرفته شده و عدد صفر به آن‌ها اختصاص پیدا می‌کند (Gaudin et al., 2015).

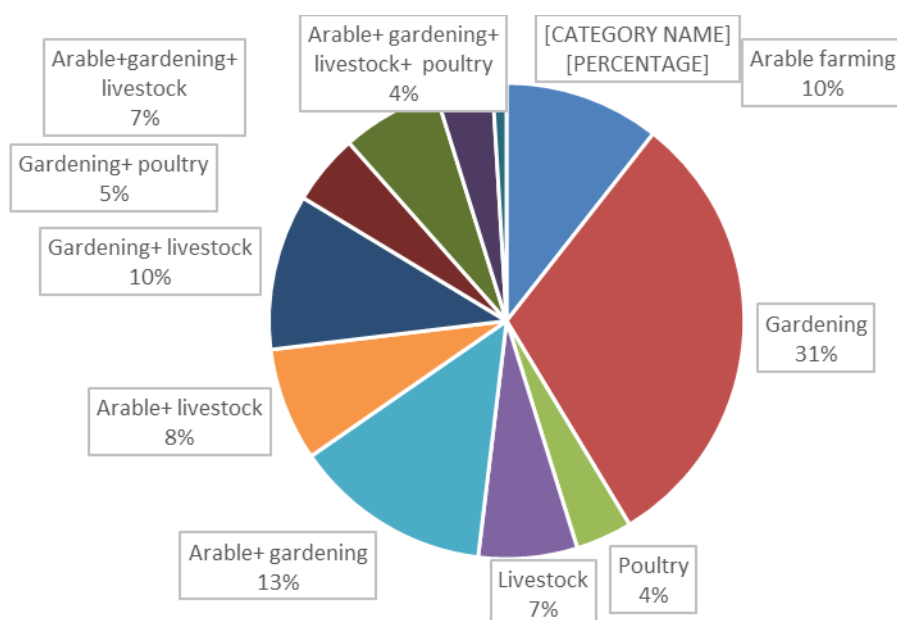
شاخص تاب‌آوری: این شاخص، به توانایی سیستم در

مقاومت در برابر اختلالات (آفات، خشکسالی و ...) و پایداری سیستم اشاره دارد. هرچه این شاخص عدد بیشتری را نشان دهد، سیستم در برابر اختلالات مقاوم‌تر است. این شاخص از طریق مصاحبه با کشاورزان و سنجش پایداری هر یک از سیستم‌ها کشاورزی در برابر مشکلات محیطی و اقتصادی محاسبه شد. محاسبه مقدار نهایی تنوع این شاخص با وزن ۱۰ درصد در میانگین نهایی اعمال می‌شود

درآمد) از طریق مقایسه با اسناد موجود (مانند فاکتورهای خرید و فروش) و نیز تکرار پرسش از روایان مختلف (در صورت امکان) بازبینی و تأیید شد تا خطاهای گزارش‌دهی به حداقل برسد.

نتایج و بحث

روستای ارجق دارای ۶۰۴ هکتار زمین کشاورزی است که سیستم‌های مختلف کشاورزی در آن اجرا شده است. در شکل ۱، سیستم‌های مختلف موجود در این منطقه بررسی شده است.

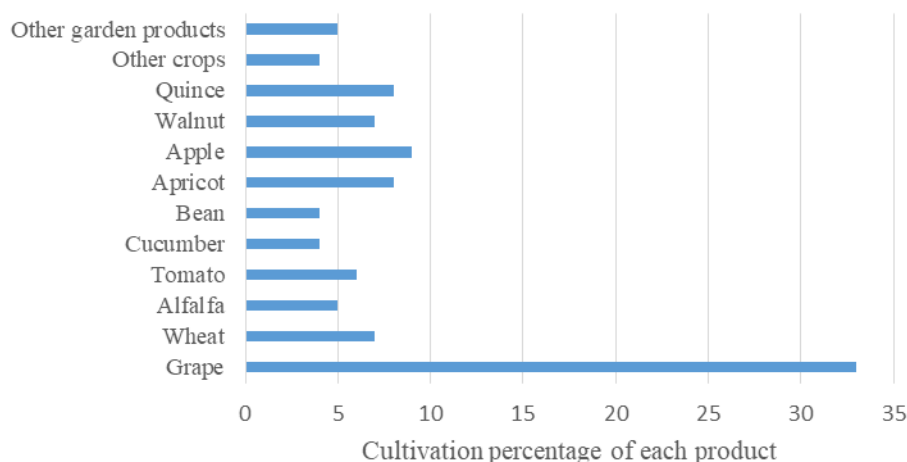


شکل ۱- سیستم‌های کشاورزی موجود در روستای ارجق
Fig. 1- Agricultural systems in Arjaq village

روستا کمک کند. اما نکته جالب توجه این است که سهم غلات از سطوح زیرکشت کم است. گندم فقط هفت درصد و محصولی مانند جو نیز بسیار ناچیز کشت می‌شود. اساسی‌ترین و مهم‌ترین محصول تولیدی ارجق، انگور است. در جدول ۱، سیستم‌های مختلف کشاورزی موجود در منطقه از نظر شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. در واقع، یک نمونه از هر سیستم کشاورزی از نظر شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

برای حصول اطمینان از روایی و اعتبار داده‌ها، از روش سه‌سو سازی منابع داده استفاده شد. بدین صورت که اطلاعات هر مزرعه یا سیستم از طریق ترکیب مشاهدات میدانی مستقیم، مصاحبه با کشاورزان و استناد به اسناد و آمار رسمی (اداره جهاد کشاورزی) جمع‌آوری و تطبیق داده شد تا از دقت و انطباق آن‌ها اطمینان حاصل شود. همچنین برای تضمین پایایی و قابلیت اعتماد داده‌ها، روش استاندارد و یکسانی برای تمامی اندازه‌گیری‌ها و مصاحبه‌ها تعریف و رعایت شد. به‌عنوان مثال، نمونه‌برداری خاک براساس رش مشخصی انجام گرفت و سؤالات مصاحبه برای تمامی کشاورزان به یک شکل مطرح گردید. علاوه بر این، بخشی از داده‌های کلیدی (مانند هزینه و

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تمرکز کشاورزی در روستای ارجق بر روی کشت انگور است. اما نکته جالب توجه این است که سهم غلات از سطوح زیرکشت کم است. گندم (*Triticum aestivum*) فقط هفت درصد و محصولی مانند جو (*Hordeum vulgare*) نیز بسیار ناچیز کشت می‌شود. بیشتر تمرکز کشاورزی در روستای ارجق بر روی باغداری است. از دلایل آن می‌توان به وجود آب کافی برای آبیاری در منطقه اشاره کرد. اکثر (۸۰ درصد) زمین‌های کشاورزی ارجق به‌صورت آبی هستند و این یک مزیت بسیار مهم و تعیین‌کننده در امور کشاورزی است. محصولات تولیدی این روستا دارای تنوع نسبتاً بالایی است که می‌تواند به امنیت غذایی



شکل ۲- ترکیب انواع کشت انجام‌شده در روستای ارجق بر روی واحد سطح
Fig. 2- composition of different cultivation types per unit area in Arjaq village

جدول ۱، شاخص‌های تنوع سیستم‌های مختلف کشاورزی روستای ارجق را بررسی می‌کند که شامل زراعت، باغ، طیور، دام و ترکیب‌های مختلف آن‌ها است. نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های ترکیبی مانند "زراعت + باغ + دام + طیور" بالاترین شاخص ترکیبی تنوع (۴/۷۱۸) را دارند که نشان‌دهنده مزیت سیستم‌های تلفیقی و متنوع در افزایش تاب‌آوری و بهره‌وری است. این یافته با مطالعاتی مانند ایسبل و همکاران (Isbell et al., 2017) هم‌خوانی دارد که تأکید می‌کنند، تنوع زیستی و عملکردی در سیستم‌های کشاورزی پایدار منجر به کاهش ریسک و افزایش پایداری می‌شود. همچنین سیستم‌های تک‌محصولی مانند "باغ" یا "دام" شاخص‌های پایین‌تری دارند که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بیشتر آن‌ها در برابر تغییرات محیطی است. به‌طور کلی، این جدول اهمیت تنوع در سیستم‌های کشاورزی را برجسته می‌سازد و نشان می‌دهد که ترکیب چندین فعالیت کشاورزی می‌تواند به بهبود پایداری و عملکرد منجر شود (Nassiri Mahallati et al., 2017).

در جدول ۲، شاخص‌های اقتصادی سیستم‌های مختلف موجود در روستای ارجق از جمله هزینه، سود و درآمد بررسی شده است. این جدول نشان می‌دهد که سیستم‌های ترکیبی مانند "زراعت + باغ + دام" به‌طور معمول از نظر شاخص سود کل و درصد سود (حاشیه سود) عملکرد بهتری نسبت به سیستم‌های تک‌بعدی (مانند "زراعت" یا "دام" به تنهایی) دارند. بالاترین درصد سود مربوط به سیستم طیور است، اما این میزان هزینه و درآمد مربوط به بخش پرورش جزئی و خانگی طیور است و منبع درآمد قابل توجهی ایجاد نمی‌کند. چندبعدی کردن سیستم‌های کشاورزی و تکیه بر چندین منبع موجب هم‌افزایی بخش‌های مختلف سیستم می‌شود (Pourghasemian & Moradi, 2016). ضایعات بخش دام و طیور می‌تواند به‌عنوان کودی ارزان و طبیعی برای بخش زراعت و باغ استفاده شود که هزینه خرید کودهای شیمیایی را به‌شدت کاهش می‌دهد. محصولات فرعی بخش زراعت (مانند کاه و کلش) و باغ می‌تواند به‌عنوان خوراک دام استفاده شود که هزینه خرید خوراک را کاهش می‌دهد. همچنین سیستم‌های چندبعدی باعث کاهش ریسک برای کشاورز می‌شود (Fatima et al., 2023). در سیستم‌های تک‌بعدی (مثلاً فقط دام)، اگر قیمت نهاده‌ها (مانند خوراک دام) افزایش یابد یا بیماری شیوع پیدا کند، کل درآمد خانوار به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

روستای جیدرق دارای ۱۷۳۶ هکتار زمین کشاورزی است که سیستم‌های مختلف کشاورزی در آن اجرا شده است. در شکل ۳، سیستم‌های مختلف موجود در این منطقه بررسی شده است.

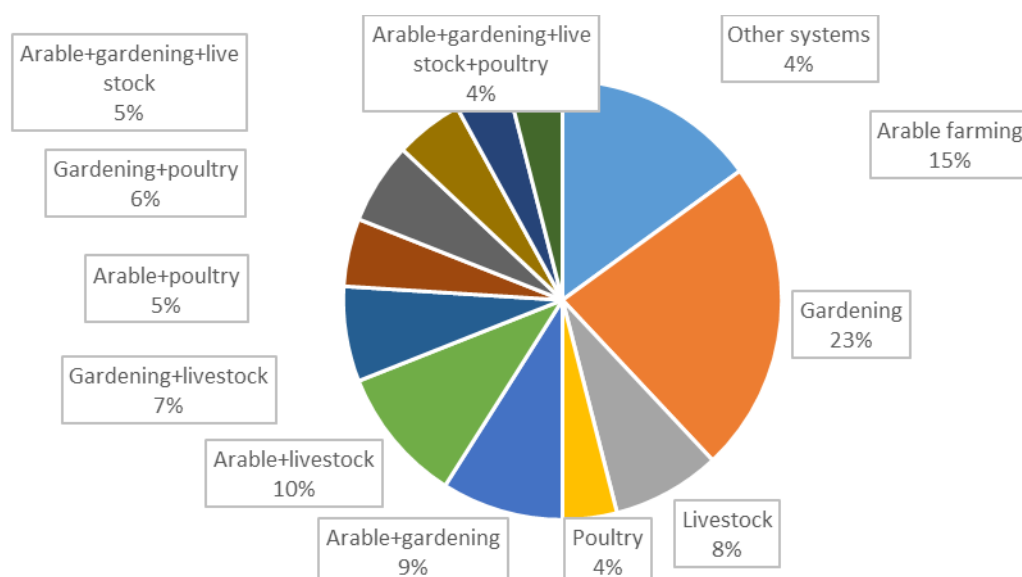
در جدول ۲، شاخص‌های اقتصادی سیستم‌های مختلف موجود در روستای ارجق از جمله هزینه، سود و درآمد بررسی شده است. این جدول نشان می‌دهد که سیستم‌های ترکیبی مانند "زراعت + باغ + دام" به‌طور معمول از نظر شاخص سود کل و درصد سود (حاشیه

جدول ۱- بررسی شاخص‌های تنوع سیستم‌های کشاورزی مختلف موجود در روستای ارجق
Table 1- Investigation of diversity indicators in different agricultural systems in Arjaq village

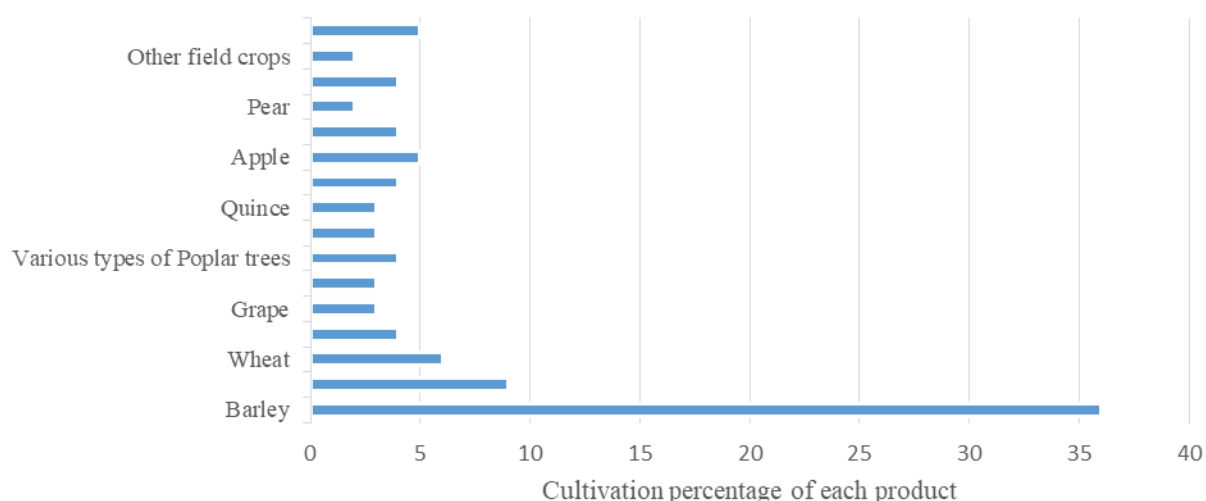
نوع سیستم Type of system	تنوع زیستی (شانون-وینر) Biodiversity (Shannon- Wiener)	تاب‌آوری Resilience	تنوع زمانی Temporal diversity	تنوع مکانی Spatial diversity	تنوع عملکردی Functional diversity	شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی Composite agricultural diversity index
زراعت Arable farming	0.5	0.5	0.7	0.39	4	1.247
باغ Gardening	0	0.55	0.64	0	2	1.170
طیور Poultry	0.67	0.5	0	0.84	6	1.619
دام Livestock	0	0.65	0	0	4	0.865
زراعت + باغ Arable + gardening	0.91	0.65	0.81	0.61	6	1.781
زراعت + دام Arable + livestock	0.69	0.6	0.7	0.65	6	1.702
باغ + دام Gardening + livestock	1.27	0.7	0.72	0.45	10	3.459
باغ + طیور Gardening + poultry	0.81	0.6	0.7	0.7	9	2.348
زراعت + باغ + دام Arable + gardening + livestock	1.32	0.85	0.8	0.8	14	3.561
زراعت + باغ + دام + طیور Arable + gardening + poultry + livestock	1.15	0.9	0.85	0.78	20	4.718

جدول ۲- بررسی شاخص‌های اقتصادی سیستم‌های مختلف موجود در روستای ارجق
Table 2- Investigation of Economic Indicators of Different Agricultural Systems in the Arjaq

نوع سیستم Type of system	درآمد Income	هزینه Cost	سود Profit	درصد سود Profit percentage
زراعت Arable farming	29.35	12	17.35	59.11
باغ Gardening	200	68	132	66
طیور Poultry	29	8	21	72.41
دام Livestock	80	41	39	48.75
زراعت + باغ Arable + gardening	240.5	79	161.5	67.1
زراعت + دام Arable + livestock	119.62	55	64.62	54.02
باغ + دام Gardening + livestock	295.8	104	189.8	64.16
باغ + طیور Gardening + poultry	218	63	155	71.1
زراعت + باغ + دام Arable + gardening + livestock	395.3	124.33	270.97	68.54
زراعت + باغ + دام + طیور Arable + gardening + poultry + livestock	367	117	250	68.11



شکل ۳- سیستم‌های کشاورزی موجود در روستای جبدرق
Fig. 3- Agricultural systems in Jabdaraq village



شکل ۴- ترکیب انواع کشت انجام‌شده در روستای جبدرق بر روی واحد سطح
Fig. 4- Composition of different cultivation types per unit area in Jabdaraq village

گسترده آن‌ها به تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش آن کمک می‌کند. حدود نیمی از زمین‌های کشاورزی جبدرق آبی و نیمی از آن‌ها دیم هستند.

در جدول ۳، سیستم‌های مختلف کشاورزی موجود در روستای جبدرق از نظر شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. طبق جدول ۳، با تلفیق بیشتر سیستم‌های کشاورزی مختلف، شاخص تنوع سیستم‌ها افزایش پیدا کرده و باعث پایداری بیشتر سیستم می‌شود. سیستم "زراعت+باغ+طیور+دام" با بیشترین

با توجه به شکل ۴، در روستای جبدرق از نظر محصولات باغی تنوع زیاد و قابل توجهی وجود دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این روستا محصولات باغی زیادی از جمله سیب، گردو، هلو، به و ... تولید می‌شود. بیشترین سطح زیرکشت در این روستا مربوط به جو است. در مجموع ترکیب نسبتاً مناسبی در محصولات این روستا دیده می‌شود. همچنین در این روستا، زنبورداری به شکل کاملاً مناسبی با باغداری تلفیق شده است. همچنین توجه خاصی به درختان غیرمثمر در این روستا انجام شده است. درختان تبریزی و ریشه‌های قوی و

تاب‌آوری بالاتری نسبت به سیستم‌های تک‌بعدی هستند (Franzluubbers & Hendrickson, 2024). ترکیب چندین فعالیت، ریسک کلی سیستم را کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال، اگر محصول زراعی به‌دلیل خشکسالی آسیب ببیند، درآمد حاصل از دام یا محصولات باغی می‌تواند آن را جبران کند. در این سیستم‌ها، ضایعات یک بخش به منبعی برای بخش دیگر تبدیل می‌شود. برای مثال، استفاده از بقایای محصولات زراعی به‌عنوان خوراک دام و استفاده از فضولات دام به‌عنوان کود حیوانی باعث افزایش بهبود عملکرد و سازوکار سیستم‌های تلفیقی کشاورزی می‌شود.

تنوع عملکردی و تاب‌آوری و شاخص تنوع شانون که متأثر از حداکثر تلفیق سیستم‌های کشاورزی بوده منجر به ایجاد بیشترین شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی شده است. براساس مطالعات میدانی و تحلیل شاخص‌های تنوع در سیستم‌های کشاورزی، سیستم‌های تلفیقی (مانند ترکیب زراعت، باغداری، دامداری و طیور) از نظر تاب‌آوری، تنوع زیستی و پایداری بر سیستم‌های تک‌بعدی برتری دارند. تنوع یکی از اصول پایداری است و هرچه تنوع افزایش یابد، امکان دستیابی به پایداری افزایش خواهد یافت (Kremen & Merenlender, 2018). سیستم‌های تلفیقی کشاورزی دارای

جدول ۳- بررسی شاخص‌های تنوع سیستم‌های کشاورزی مختلف موجود در روستای جبدرق

Table 3- Investigation of economic indicators of different agricultural systems in the Jabdaraq village

نوع سیستم Type of system	تنوع زیستی (شانون-وینر) Biodiversity (Shannon-Wiener)	تاب‌آوری Resilience	تنوع زمانی Temporal diversity	تنوع مکانی Spatial diversity	تنوع عملکردی Functional diversity	شاخص ترکیبی تنوع کشاورزی Composite agricultural diversity index
زراعت Arable farming	0	0.5	0.7	0	2	0.555
باغ Gardening	0.84	0.65	0.7	0.81	6	1.784
دام Livestock	0.67	0.65	0	0.6	8	1.986
طیور Poultry	0	0.55	0	0	3	0.655
زراعت + باغ Arable + gardening	0.91	0.65	0.8	0.63	8	2.184
زراعت + دام Arable + livestock	0.6	0.65	0.7	0.65	10	2.48
باغ + دام Gardening + livestock	0.88	0.7	0.7	0.55	10	2.549
زراعت + طیور Arable + poultry	0.7	0.6	0.7	0.75	10	2.525
باغ + طیور Gardening + poultry	0.61	0.77	0.74	0.7	7	1.911
زراعت + باغ + دام Arable + gardening + livestock	1.01	0.85	0.8	0.7	14	3.448
زراعت + باغ + طیور + دام Arable + gardening + livestock + poultry	1.31	0.93	0.9	0.8	17	4.181

پایداری درآمد کشاورز کمک کند. سیستم‌های ترکیبی باعث شده است که سیستم‌های پرهزینه مانند دامداری و زراعت، صرفه اقتصادی

در جدول ۴، مشاهده می‌شود که با تلفیق بیشتر سیستم‌های کشاورزی مختلف، درآمد حاصله افزایش پیدا می‌کند و می‌تواند به

به‌عنوان نهاده برای بخش دیگر استفاده می‌شود؛ برای مثال، بقایای گیاهی زراعت و باغداری به‌عنوان خوراک دام به کار می‌رود، درحالی‌که کود دامی حاصل از دامداری نیز به‌عنوان منبع غنی مواد آلی، حاصلخیزی خاک را در بخش زراعت و باغداری افزایش می‌دهد.

بیشتری داشته باشند. در واقع، سیستمی مانند دامداری در داخل سیستم‌های ترکیبی، به‌صرفه‌تر از سیستم تک‌بعدی عمل می‌کند. سیستم دام در ترکیب با سایر فعالیت‌های کشاورزی مانند زراعت و باغداری عملکرد بهتری دارد، زیرا هم‌افزایی بین اجزای سیستم ایجاد می‌کند. در این ترکیب‌ها، ضایعات و محصولات جانبی یک بخش

جدول ۴- بررسی شاخص‌های اقتصادی سیستم‌های مختلف کشاورزی موجود در روستای جیدرق

Table 4- Investigation of economic indicators of different agricultural systems in the Jabdaraq village

نوع سیستم Type of system	درآمد Income	هزینه Cost	سود Profit	درصد سود Profit percentage
زراعت Arable farming	61	24	37	60.65
باغ Gardening	165	37	128	77.57
دام Livestock	314	162	152	48.4
طیور Poultry	44	17	27	61.36
زراعت + باغ Arable + gardening	278	83	195	70.14
زراعت + دام Arable + livestock	166	76	90	54.21
باغ + دام Gardening + livestock	263	77	186	70.72
زراعت + طیور Arable + poultry	108	41	67	62.03
باغ + طیور Gardening + poultry	247	59	188	76.11
زراعت + باغ + دام Arable + gardening + livestock	311	108	203	65.2
زراعت + باغ + طیور + دام Arable + gardening + livestock + poultry	400	137	263	65.75

جدول ۵- بررسی خاک در سیستم‌های کشاورزی روستاهای مورد بررسی

Table 5- Soil analysis in agricultural systems of the studied villages

روستای مورد بررسی Studied village	نوع سیستم System type	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	نیترژن N (%)	وزن ظاهری خاک Soil bulk density (g.cm ⁻³)	عمق خاک Soil depth (cm)	مواد آلی خاک Soil organic matter (%)
ارجق Arjaq	زراعت Arable farming	143	18	0.14	1.2	0-30	1.4
	باغ Gardening	175	27	0.17	0.9	0-50	1.7
جیدرق Jabdaraq	زراعت Arable farming	150	20	0.11	1.3	0-30	1.4
	باغ Gardening	175	27	0.16	0.95	0-50	1.87

این چرخه پایدار نه تنها هزینه‌های نهاده را کاهش می‌دهد، بلکه درآمدهای چندگانه ایجاد کرده و ریسک اقتصادی را نیز کم می‌کند. همچنین سیستم‌های ترکیبی با بهره‌گیری بهینه از منابع موجود (مانند زمین، آب و نیروی کار)، بهره‌وری کلی را افزایش داده و در نتیجه سودآوری بیشتری نسبت به سیستم‌های تک‌محصولی دارند.

پوشش دائمی درختان در باغات از فرسایش خاک جلوگیری کرده و باعث افزایش ماده آلی خاک از طریق ریزش برگ‌ها و بقایای گیاهی می‌شود (Mirzaei, 2020). همچنین سیستم ریشه‌ای عمیق درختان، ساختار خاک را بهبود بخشیده و نفوذپذیری آب و هوا را افزایش می‌دهد (Berman et al., 2022). در مقابل، سیستم‌های زراعی تک‌کشتی با شخم مکرر و استفاده از نهاده‌های شیمیایی، ماده آلی خاک را کاهش داده و ساختار آن را تخریب می‌کنند. در سیستم‌های زراعی، گیاهان معمولاً یک‌ساله و با ریشه‌های سطحی هستند. در این سیستم‌ها به علت محدودیت توسعه ریشه معمولاً تخلخل خاک کم و وزن ظاهری آن بیشتر است (Nair et al., 2021). در سیستم‌های دارای درخت، به علت آنکه درختان دارای ریشه‌های عمیق هستند، عمق خاک زراعی افزایش یافته و به دلیل جذب و حفظ عناصر غذایی از لایه‌های زیرین خاک توسط ریشه‌های درختان، تجمع عناصر غذایی در خاک افزایش پیدا می‌کند (Karimian et al., 2021). همچنین مشاهده شد، مناطقی که در آن‌ها در طول زمان سیستم‌های کشاورزی متنوع و همچنین گیاهان متنوعی به کار گرفته شده‌اند دارای کیفیت خاک بهتری هستند (Beillouin et al., 2021). در جدول ۶ میزان قدرت روستاها در تأمین مواد غذایی اهالی بررسی شده است. با در نظر گرفتن جمعیت روستاها و با در نظر گرفتن اینکه هر انسان (از سن صرف نظر می‌شود) در طول سال به ۱۲ کیلوگرم گوشت قرمز، ۱۴ کیلوگرم گوشت طیور، ۷ کیلوگرم تخم‌مرغ، ۷ کیلوگرم ماهی، ۱۰۰ کیلوگرم محصولات باغی و سبزیجات، ۱۵۰ کیلوگرم غلات و ۶۰ کیلوگرم شیر (یا محصولات لبنی) نیاز دارد.

براساس جدول ۶ می‌توان دریافت که وضعیت تأمین مواد غذایی در دو روستای ارجق و جبدرق کاملاً متفاوت است. روستای جبدرق در تمامی گروه‌های غذایی اصلی به‌طور کامل خودکفا بوده و حتی در اغلب موارد (مانند گوشت طیور با ۱۷۵ درصد، غلات با ۱۸۷ درصد و محصولات باغی با ۱۷۱۴ درصد) مازاد تولید قابل توجهی دارد که

نشان‌دهنده یک نظام تولید غذایی متنوع و پایدار است. در مقابل، روستای ارجق با کمبود در تأمین پروتئین حیوانی مواجه است، به‌طوری‌که در بخش شیلات کاملاً بدون تولید هستند. تنها ۳۸ درصد از گوشت طیور و ۴۴ درصد از تخم‌مرغ مورد نیاز خود را تولید می‌کند. تنها نقطه قوت این روستا، تولید انبوه محصولات باغی و سبزیجات (۱۵۸۹ درصد) است که مازاد آن را برای جبران کمبودهای دیگر (مانند غلات با ۶۵ درصد) به فروش می‌رساند. علی‌رغم اینکه زمین‌های کشاورزی روستای ارجق دارای منابع آبی بیشتر و دسترسی به آب بیشتری نسبت به زمین‌های کشاورزی روستای جبدرق هستند، اما تنوع تولیدات روستای جبدرق بسیار بیشتر است و روستای ارجق بیشتر به سیستم تک‌کشتی انگور تمرکز دارد. تنوع تولید باعث می‌شود که شکست در یک بخش (مثلاً آفت زدن باغات) با بخش‌های دیگر (مانند دامداری یا کشت غلات) جبران شود. این اقتصاد، کمتر در معرض نوسانات قیمت یک محصول خاص قرار می‌گیرد. روستای جبدرق توانسته است که با بهره‌گیری از سیستم‌های اگروفرستری مختلف در کنار تولیدات باغی خود به سایر جنبه‌های کشاورزی هم توجه کند.

در جدول ۷، شاخص‌های خودکفایی روستاها بررسی شد. بررسی شاخص‌های خودکفایی در دو روستای ارجق و جبدرق بیانگر تفاوت‌های قابل توجهی در الگوی استفاده از منابع و سطح پایداری کشاورزی در دو روستا است. در روستای ارجق با جمعیت نسبتاً کم (۵۱۲ نفر) و زمین‌های کشاورزی وسیع‌تر (۶۰۴ هکتار)، شاخص خودکفایی برحسب زمین (۰/۴۵) نشان‌دهنده ظرفیت مناسب زمین است، اما شاخص ترکیبی (۲/۳) گویای آن است که بهره‌وری و مدیریت منابع کشاورزی به سطح مطلوب نرسیده است. در مقابل، روستای جبدرق با جمعیت بالاتر (۲۴۴۱ نفر) و مساحت ۱۷۳۶ هکتار زمین کشاورزی، اگرچه فشار جمعیتی بیشتری را تجربه می‌کند، اما توانسته با شاخص ترکیبی ۵/۰۸، شرایط مناسب‌تری در زمینه تأمین نیازهای غذایی و استفاده بهینه از زمین و منابع داشته باشد. این موضوع نشان می‌دهد که جبدرق با بهره‌گیری از شیوه‌های متنوع کشت و روش‌های نوین اگروفرستری، مدیریت کارآمدتر آب و خاک، توانسته سطح خودکفایی خود را ارتقا دهد. در عین حال، ارجق به‌رغم برخورداری از ظرفیت زمین و آب بیشتر، به دلیل محدودیت تنوع در بهره‌برداری و نبود مدیریت بهینه، به سطحی پایین‌تر از خودکفایی رسیده است.

جدول ۶- بررسی قدرت تأمین مواد غذایی برای اهالی روستاهای مورد بررسی

Table 6- Investigation of food provision capacity for the residents of the studied villages

نوع ماده غذایی Food stuff	درصد تأمین ماده غذایی برای اهالی جبدرق Percentage of food provision for the residents of Jabdaraq (%)	درصد تأمین ماده غذایی برای اهالی ارجق Percentage of food provision for the residents of Arjaq (%)
گوشت قرمز Red meat	136	90
گوشت طیور Poultry meat	175	38
ماهی Fish	105	0
شیر Milk	111	80
تخم‌مرغ Eggs	104	44
غلات Cereals	187	65
محصولات باغی و سبزیجات Garden products and vegetables	1714	1589

جدول ۷- بررسی شاخص‌های خودکفایی در روستاهای مورد بررسی

Table 7- Investigation of self-sufficiency indicators in the studied Villages

روستای مورد مطالعه Studied village	جمعیت روستا Village population	مساحت زمین‌های کشاورزی Area of agricultural land (hectare)	میانگین درصد تأمین مواد غذایی Average percentage of food needs met	شاخص خودکفایی برحسب زمین Land-Based self-sufficiency index	شاخص خودکفایی برحسب جمعیت Population-based self-sufficiency index	شاخص ترکیبی خودکفایی Composite self-sufficiency index
ارجق Arjaq	512	604	272.2	0.45	1393.6	2.3
جبدرق Jabdaraq	2441	1736	361.7	0.208	8829	5.08

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که نظام‌های کشاورزی تلفیقی و چندبعدی (مانند ترکیب زراعت، باغداری، دامداری و طیور) در مقایسه با سیستم‌های تک‌کشتی، از نظر شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی، تاب‌آوری اقتصادی و بهره‌وری، عملکرد برتری قابل توجهی دارند. بررسی خودکفایی غذایی آشکار ساخت که روستای جبدرق با تنوع تولید بالا با وجود دسترسی به منابع آبی کم‌تر، در تأمین گروه‌های غذایی اصلی خودکفا و حتی دارای مازاد تولید است، درحالی‌که روستای ارجق با تمرکز بر کشت تک‌محصولی، دارای شاخص خودکفایی پایین‌تر و ریسک‌پذیری بالاتری است. به‌طورکلی، یافته‌ها مؤید این است که وجود سیستم‌های متنوع کشاورزی در یک منطقه موجب افزایش پایداری

از منظر توسعه پایدار، توازن میان جمعیت و ظرفیت زمین کشاورزی، نقشی کلیدی در تقویت امنیت غذایی دارد و پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ارتقای بهره‌وری از طریق بهره‌گیری مناسب از آب و زمین، اصلاح الگوهای کشت و مدیریت منابع طبیعی می‌تواند شاخص خودکفایی را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. براساس مطالعات پیشین، افزایش بهره‌وری پایدار در کشاورزی می‌تواند تا ۳۰ درصد به ارتقای خودکفایی مناطق روستایی کمک کند (Pretty & Bharucha, 2014). تناسب ظرفیت زمین با جمعیت، عامل بنیادین در پایداری روستاها محسوب می‌شود (Tilman et al., 2011). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که جبدرق در وضعیت بهتری قرار دارد، اما برای هر دو روستا، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، آموزش کشاورزان و بهینه‌سازی مدیریت منابع، مسیر اصلی برای دستیابی به پایداری کشاورزی به شمار می‌آید.

توسعه روستایی شهرستان مورد استفاده قرار گیرد و روستاهایی با شاخص پایین (مانند ارجق) در اولویت دریافت مداخلات تنوع‌بخشی قرار گیرند. ضروری است که برنامه‌های آموزشی-ترویجی متمرکز بر اقتصاد چرخه‌ای در مزرعه (مانند مدیریت کود دامی و استفاده از ضایعات به عنوان خوراک دام) و کشت محصولات پروتئینی مکمل (مانند حبوبات یا علوفه) برای باغداران تک‌محصولی جهت نیل به بهره‌وری اقتصادی و مقاومت در برابر ریسک بیشتر طراحی و اجرا شود.

اقتصادی و امنیت غذایی می‌شود و تا حدی محدودیت دسترسی به آب را جبران می‌کند. در ضمن موجب نیاز کمتر به نهاده‌های خارجی و شیمیایی می‌شود که موجب بهره‌وری اقتصادی و زیست‌محیطی بیشتری خواهد شد. بنابراین، ترویج و توسعه راهبردهای کشاورزی تلفیقی که هم‌افزایی بین اجزای مختلف سیستم را افزایش می‌دهد، نه تنها پایداری اکولوژیک و اقتصادی را تضمین می‌کند، بلکه نقش کلیدی در تحقق امنیت غذایی و ارتقای معیشت پایدار جوامع روستایی ایفا می‌نماید. شاخص ترکیبی خودکفایی معرفی شده در این مطالعه می‌تواند به عنوان ابزاری برای رتبه‌بندی و هدف‌گذاری در برنامه‌های

References

1. Aavik, T., & Augenstein, I. (2022). The role of landscape diversity in ecosystem services and sustainable agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 55, 101175.
2. Altieri, M., & Nicholls, C. (2018). *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482277937>
3. Beckmann, M., Gerstner, K., Akin-Fajiye, M., Ceaușu, S., Kambach, S., Kinlock, N.L., & Seppelt, R. (2019). Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology*, 25(6), 1941-1956. <https://doi.org/10.1111/gcb.14606>
4. Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27(19), 4697-4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
5. Berman, M.C., O'Farrell, I., Huber, P., Marino, D., & Zagarese, H. (2022). A large-scale geographical coverage survey reveals a pervasive impact of agricultural practices on plankton primary producers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 325, 107740. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107740>
6. Biggs, R., Clements, H., de Vos, A., Folke, C., Manyani, A., Maciejewski, K., & Schlüter, M. (2021). What are Social-Ecological Systems and Social-Ecological Systems Research? In *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*. p. 3-26. <https://doi.org/10.4324/9781003021339-2>
7. Cabell, J.F., & Oelofse, M. (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, 17(1). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
8. FAO & UNEP. (2023). *Guidelines for soil monitoring*. Food and Agriculture Organization.
9. FAO. (2019). *Biodiversity Metrics for Agroecology*. Food and Agriculture Organization.
10. Fatima, A., Singh, V.K., Babu, S., Singh, R.K., Upadhyay, P.K., Rathore, S.S., & Parween, H. (2023). Food production potential and environmental sustainability of different integrated farming system models in northwest India. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 959464. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.959464>
11. Franzluebbers, A.J., & Hendrickson, J.R. (2024). Should we consider integrated crop-livestock systems for ecosystem services, carbon sequestration, and agricultural resilience to climate change? *Agronomy Journal*, 116(2), 415-432. <https://doi.org/10.1002/agj2.21520>
12. Gaudin, A. C., Janovicek, K., Deen, B., & Hooker, D. C. (2015). Wheat improves nitrogen use efficiency of maize and soybean-based cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 210, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.034>
13. Goudarzian, P., Erfanifard, U., & Sadeghi, H. (2013). Detection and classification of available agroforestry systems in Fars province (Case study: Kazerun city). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(1), 55-70. (In Persian with English abstract).
14. Isbell, F., Adler, P.R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., & Scherer-Lorenzen, M. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, 105(4), 871-879. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789>

15. Karimi, H., Karami, G., & Mousavi, S.M.J. (2019). Examining the characteristics and contexts of agroforestry system development. *Human & Environment*, 17(2), 79-90. (In Persian with English abstract).
16. Karimian, M., Koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2021). The effects of management practices on soil biological properties of Esfahan agroecosystems. *Journal of Agroecology*, 13(3), 379-390. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.38380>
17. Keylock, C. (2005). Simpson diversity and the Shannon–Wiener index as special cases of a generalized entropy. *Oikos*, 109(1), 203-207. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13735.x>
18. Koochekan, P., Altieri, M.A., & Gimenez, E.H. (2012). Green agriculture: Foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 10(1), 61-75. <https://doi.org/10.1080/14735903.2011.610206>
19. Kremen, C., & Merenlender, A.M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412), eaau6020. <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
20. Madadi, E., & Maleki, M. (2018). Socio-economic impact assessment of the implemented natural resource projects from the stakeholders' perspectives (Case study: Watershed Andabil- Khalkhal city). *Journal of Range and Watershed Management*, 12(3), 267-280. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.244745.1251>
21. Mahallati, M.N., Koocheki, A., Behbahani, A.G.G., & Shabahang, J. (2022). Assessing agrobiodiversity in home garden ecosystems of some regions in Khorasan Razavi province. *Journal of Agroecology*, 14(1), 1-18. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v1i1.51345>
22. Mbow, C., Van Noordwijk, M., Luedeling, E., Neufeldt, H., Minang, P.A., & Kowero, G. (2014). Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 61-67. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.014>
23. Mirzaei, H. (2020). Soil organic carbon stocks and nitrogen content comparison in different slope positions in native grasslands and adjacent cultivated soils (Case study: Kermanshah Mountain Rangelands, Iran). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9(3), 49-61. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.47176/ijae.9.3.8891>
24. Mukhlis, I., Rizaludin, M.S., & Hidayah, I. (2022). Understanding socio-economic and environmental impacts of agroforestry on rural communities. *Forests*, 13(4), 556. <https://doi.org/10.3390/f13040556>
25. Nair, P.R., Kumar, B.M., & Nair, V.D. (2021). Soil Organic Matter (SOM) and Nutrient Cycling. An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments. p. 383-411.
26. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Tavakoli Kakhki, H.R. & Soltani, M. (2017). Agrobiodiversity indices for three cucurbit species in Khorasan- Razavi province. *Journal of Agroecology*, 9(1), 1-14. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v9i1.22431>
27. Pancholi, R., Yadav, R., Gupta, H., Vasure, N., Choudhary, S., Singh, M.N., & Rastogi, M. (2023). The role of agroforestry systems in enhancing climate resilience and sustainability: A review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 4342-4353. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2023/v13i113615>
28. Pourghasemian, N., & Moradi, R. (2016). Assessing biodiversity of agronomical and horticultural productions of Isfahan province. *Journal of Agroecology*, 8(2), 212-226. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v8i2.37582>
29. Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
30. Pretty, J., & Bharucha, Z.P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8), 1571-1596. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>
31. Rastgoo, S., Ayneband, A., & Fateh, E. (2014). Evaluation the competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. *Journal of Agroecology*, 7(3), 356-367. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v7i3.31213>
32. Sharifi, J., Fayyaz, M., Roustamikia, Y., Azimi, F., & Ashouri, P. (2018). Plant types of natural resources areas in Ardabil province. *Iranian Nature*, 4(1), 21-26. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/im.2018.119306>
33. Statistical Centre of Iran. (2024). Agricultural Census 2024–2025: Preliminary Results for Ardabil Province. Tehran, Iran.
34. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of

- agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
35. Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P.J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150-161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>
36. Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., De Ruiter, P.C., Van Der Putten, W.H., Birkhofer, K., & Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2), 973-985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
37. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., & Murray, C.J.L. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
38. World Health Organization & FAO. (2023). Global Dietary Guidelines for Healthy Nutrition. WHO Press.