Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 2, Summer 2023, p. 277-299

Evaluation and Quantification of Ecosystem Services in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Agroecosystem

Mostafa Koozehgar Kaleji[1], Hossein Kazemi[2*], Behnam Kamkar[3], Hamid Amirnejad[4] and Mohsen Hosseinalizadeh[5]

Received: 05-07-2021
Revised: 23-10-2021
Accepted: 08-11-2021
Available Online: 08-11-2021

How to cite this article:
Koozehgar Kaleji, M., Kazemi, H., Kamkar, B., Amirnejad, H., & Hosseinalizadeh, M. (2023). Evaluation and quantification of ecosystem services in wheat agroecosystem. *Journal of Agroecology*, 15(2), 277-299.
DOI: 10.22067/agry.2021.71133.1051

Introduction

Ecosystem services are usually divided into four categories: (a) provision services, (b) regulating services, (C) cultural services and (d) supporting services. Ecosystem services are managed in agroecosystems primarily for food production. But, agricultural ecosystems provide provision, regulating, and cultural services for human society. These services respond strongly to human socio-economic needs. Quantifying the various services and functions of agroecosystems is one of the most important effective strategies in order to increase attention pay to these services. Therefore, the purpose of this study was evaluation and quantification of ecosystem services in wheat (*Triticum aestivum* L.) agroecosystems of Dasht-e-Naz, Sari.

Materials and Methods

This experiment was performed as an unbalanced completely design in wheat agroecosystems of Dasht-e-Naz, Sari (Mazandaran province), during 2019-2020. In this study, 9 wheat plots with 4 cultivars including Tirgan, Ehsan, Collector and N-92-9 were surveyed and monitored. In this study, some ecosystem services such as insect and weed biodiversity (using Shannon-Weiner, Simpson, Margalf, Uniformity, and Menhinick indices), soil microbial respiration, carbon sequestration, organic matter, the abundance of earthworms, grain yield, protein content oxygen production, and soil protection (by the stability of aggregates) were evaluated and quantified. Soil samples were taken from a depth of 0-30 cm before wheat planting in November 2019 and after harvest in June 2020 for assessment of the rate of microbial respiration, organic matter, and carbon sequestration. Also, oxygen production was estimated based on net primary production. The yield and plant biodiversity sampling was harvested based on the W pattern and with quadrate 0.5 × 0.5 m^2. All samples were moved to the crop research laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, and the plant flora was determined by genus and species names.

Results and Discussion

1- Ph.D, Graduated in Crop Ecology, Faculty of Plant Production, Department of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3- Professor, Department of Agriculture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4- Professor, Department of Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
5- Associate Professor, Department of Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
(*- Corresponding author's Email: hkazemi@gau.ac.ir)

The results showed that crop management and performance of an intensive agricultural system effectively provided many ecosystem services in wheat fields of Dasht-e-Naz, Sari. These services are influenced by several factors such as cultivar type, crop rotation, tillage, etc. The results showed that the effect of different cultivars was significant on grain yield and protein percentage. The highest percentage of grain protein as a provision service was obtained from Ehsan cultivar (12.15%) and the lowest content was obtained about 11.42% from N-92-9 cultivar. The highest wheat grain yield and oxygen production were calculated from plots under Collector cultivar. In additional, the highest amount of carbon sequestration (2.33 ton/ha) and microbial respiration rate in before planting and after harvest (76.46 and 38.52 mg CO_2 per kg of soil per day, respectively) belonged to plot 15. Also, it was determined that plot 15 was better than other plots from soil protection service view based on the diameter mean weight index (MWD) and the geometric mean diameter index (GMD). In this research, three beneficial insects (biodiversity assessment) were observed such as *Coccinella septempunctata* Linnaeus and *Aphidius matricariae*, and *Chrysoperla carnea.* The highest values of Shannon-Weiner and uniformity indices of weeds were as 2.63 and 0.82 in plots 23 and 15, respectively. Furthermore, Shannon-Weiner and uniformity indices of insect communities were obtained as 2.07 and 0.94 from plot 22, respectively.

Conclusion

Generally, carbon sequestration, organic matter, microbial respiration, earthworm abundance, aggregate stability index, average weight diameter (MWD), and geometric mean diameter index (GMD) were better in plots 14 and 15 under wheat cultivation than in other plots. This study showed that crop management and intensive agricultural system implementation effectively provided many ecosystem services in wheat fields in Dasht-e Naz region of Sari. So, these services were affected by several factors such as cultivar, crop rotation, and tillage methods.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the financial support of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and Dr. Hamid Sakinin for his help.

Keywords: Biodiversity, Carbon sequestration, Oxygen production, Provisioning services**,** Regulation service, Wheat

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص ۲۹۹-۲۷۷

ارزیابی و کمّی‌سازی خدمات بوم‌سازگان در کشت‌بوم گندم (*Triticum aestivum* L.)

مصطفی کوزه‌گر کالجی[۱]، حسین کاظمی[۲*]، بهنام کامکار[۳]، حمید امیرنژاد[۴] و محسن حسینعلی‌زاده[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷

چکیده

نظام‌های زراعی انواع خدمات تأمینی، حمایتی، تنظیمی و فرهنگی را به جوامع انسانی ارائه می‌دهند. در این مطالعه خدمات تأمینی، حمایتی، تنظیمی در کشت‌بوم‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) شرکت زراعی دشت ناز ساری (استان مازندران) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ ارزیابی و کمّی‌سازی شد. قطعات تحت کشت گندم شامل چهار رقم تیرگان، احسان، کلکتور و N-92-9 بودند که به‌عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شد. در این مطالعه، انواع خدمات بوم‌سازگانی شامل تنوع زیستی حشرات و گیاهان هرز از زیرمجموعه خدمات حمایتی با استفاده از شاخص‌های شانون-واینر، سیمپسون، مارگالف، یکنواختی و منهنیک، خدمات تنظیمی با استفاده از نمایه‌های تنفس میکروبی خاک، ترسیب کربن، فراوانی کرم خاکی، ماده آلی، پایداری خاکدانه‌ها، تولید اکسیژن و خدمات تأمینی شامل عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه ارزیابی و کمّی‌سازی شدند. برای تعیین میزان تنفس میکروبی، ماده آلی و ترسیب کربن، نمونه‌های خاک قبل از کشت گندم در آبان ۱۳۹۸ و پس از برداشت آن در خرداد ۱۳۹۹ از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری برداشت شدند. تولید اکسیژن بر اساس تولید خالص اولیه برآورد گردید. داده‌های آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی نامتعادل تجزیه شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان خدمت تولید اکسیژن حدود ۱۳/۴۳ تن در هکتار و عملکرد دانه گندم حدود ۴/۸۴ تن در هکتار از رقم کلکتور حاصل گردید. بالاترین درصد پروتیئن دانه از زیرمجموعه خدمات تأمینی، به‌میزان ۱۲/۱۵ درصد به رقم احسان اختصاص یافت. در این پژوهش، بیشترین میزان ترسیب کربن (۲/۳۳ تن در هکتار) و فعالیت تنفس میکروبی قبل از کشت و بعد از برداشت محصول به‌ترتیب به‌میزان ۷۶/۴۶ و ۳۸/۵۲ میلی‌گرم CO_2 به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز، به قطعه ۱۵ تعلق داشت. ارزیابی وضعیت تنوع زیستی در حشرات و گیاهان هرز نشان داد که بیشترین میزان شاخص تنوع شانون- واینر و شاخص یکنواختی در گیاهان هرز به‌ترتیب به‌میزان ۲/۶۳ و ۰/۸۲ از قطعات ۲۳ و ۱۵ به‌دست آمد و همچنین شاخص شانون- واینر و شاخص یکنواختی جوامع حشرات به‌ترتیب به‌میزان ۲/۰۷ و ۰/۹۴ برای قطعه ۲۲ محاسبه شد. به‌طور کلی، ارایه خدمات ترسیب کربن، ماده آلی، تنفس میکروبی، فراوانی کرم خاکی و پایداری خاکدانه‌ها بر اساس شاخص‌های میانگین وزنی قطر (MWD) و میانگین هندسی قطر (GMD) در قطعات ۱۴ و ۱۵ تحت کشت گندم بهتر از سایر قطعات بود. نتایج این مطالعه نشان داد که مدیریت زراعی و اجرای نظام کشاورزی فشرده، بر ارائه بسیاری از خدمات بوم‌سازگان در مزارع گندم در منطقه دشت ناز ساری تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که این خدمات تحت تأثیر عواملی متعددی مانند رقم زراعی، تناوب زراعی، روش‌های خاکورزی و غیره قرار گرفتند.

۱- دانش آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳- استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۵- دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول:
(Email: hkazemi@gau.ac.ir)
DOI: 10.22067/agry.2021.71133.1051

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، تنوع زیستی، تولید اکسیژن، خدمات تأمینی، خدمات حمایتی

مقدمه

بوم‌نظام‌های زراعی نظام‌هـای پیچیـده‌ای هسـتند کـه از تعامـل فرآیندهای مدیریت زیست‌محیطی و مدیریت انسانی حاصل می‌شـوند (Tixier et al., 2013). این نظام‌ها در حال حاضـر یکـی از عوامـل اصلی تخریب بوم‌نظـام‌هـای طبیعـی در سراسـر جهـان هسـتند کـه بسیاری از پیامدهای سوء بوم‌نظام‌های طبیعـی را تشـدید کـرده و بـه نوبه خود از آن تأثیر می‌پذیرند (MEA, 2005). خدمات بوم‌سـازگان "خروجی‌های بوم‌نظام‌هایی است که بشر مسـتقیم یـا غیرمسـتقیم از آن‌ها بهره می‌برد" (Lamarque et al., 2014). خدمات بوم‌سازگان برای حفظ بهره‌وری کشاورزی ضروری است، امّا فراینـدهای متـداول مدیریت بوم‌نظام‌های زراعی که برای افزایش تولید محصول طراحـی شـده‌انـد (Zhang et al., 2007; Dainese et al., 2019)، اغلـب آن‌ها را تخریب می‌کند (به‌عنوان مثـال، حاصـلخیزی خـاک و گـرده افشانی). بنابراین، توسعه کشاورزی مبتنی بر تنوع زیستی، با پشتیبانی خدمات بوم‌سازگان (به‌عنوان مثال، خدماتی که عملکرد واسـطه‌ای در تولید کالاها دارند)، به‌منظور مقابله با چالش حفظ یـا بهبـود عملکـرد، بدون به خطر انداختن یکپارچگی نظام‌های زراعی ضـروری بـه نظـر می‌رسد (Duru & Therond, 2015). این امر به‌ویژه در مورد بوم-نظام‌های زراعی، که در آن اکثر خدمات به‌طور مشترک توسط انسـان و طبیعت تولید می‌شوند، بیشتر است (Méral & Pesche, 2016).

اجرای شیوه‌های کشاورزی در نظام‌های زراعـی بـه در دسـترس بودن منابعی مانند فناوری‌ها، ورودی‌ها، نیروی کار یا دانـش بسـتگی دارد(Lamarque et al., 2014; Palomo et al., 2016) . ترکیب-های مختلف استفاده از منابع طبیعی و انسانی نوع نظام کشـاورزی را تعیین می‌کند (بـه‌عنـوان مثـال، ورودی‌هـای شـیمیایی، ورودی‌هـای زیستی مبتنی بر تنوع زیسـتی (Therond et al., 2017)، در نتیجـه تأثیرات متفاوتی بر بهره‌وری، حجم کار و هزینه‌هـا و همچنـین ارائـه مجموعـه‌ای از خـدمات بـوم‌سـازگان دارد (Zhang et al., 2007). تقریباً ۴۰ درصد از سطح کره زمین توسط فعالیت‌های کشاورزی تغییر شـکل یافتـه اسـت (Clark & Tilman, 2017). کشـاورزی تنهـا بزرگ‌ترین عامل از دسـت رفـتن تنـوع زیسـتی تـا بـه امـروز اسـت (Dudley & Alexander, 2017) و به‌عنوان یکی از عوامل اصـلی کاهش بالقوه تنوع زیستی در آینده نزدیک نیز در نظر گرفته می‌شـود (IPBES, 2019). فعالیت‌های کشاورزی در جهان همچنین منجر به از دست رفتن حداقل ۱۳۳ میلیارد تن کربن خـاک شـده کـه بـه جـوّ انتشـار یافتـه اسـت (Sanderman et al., 2017). بـا وجـود ایـن، تقاضای جهانی برای غذا و فرصت‌های اقتصادی که کشاورزی بـرای کشورهای در حال توسعه ایجاد می‌کند، بدین معناست که بسـیاری از بوم‌نظام‌های سـالم و دسـت نخـورده کـره زمـین در معـرض تهدیـد گسـترش کشـاورزی قـرار دارنـد (Vargas et al., 2015 ; Morán-Ordóñez et al., 2017; Potapov et al., 2017; Roucoux et al., 2017). این امر با این واقعیت که سطح زمین‌های زراعی مولد و حاصلخیز به‌طور فزاینده‌ای کم می‌شـود، بیشـتر تشـدید می‌یابد. به همین دلیل بشر باید همواره به دنبـال زمـین‌هـای بکـر و جدید باشند(Lambin & Meyfroidt, 2011; Bijl et al., 2017) .

بوم‌نظام‌های کشاورزی توسط انسان بـرای تولیـد غـذا مهندسـی می‌شوند که برای تداوم و توسعه زندگی بشر مورد نیاز است. این بوم-نظام‌ها به غیر از تولید غذاها، محصولات ارزشمند دیگری مانند فیبر و سوخت را همراه با سایر خدمات غیر بازاری ارائه می‌دهند (Costanza et al., 1997; MEA, 2005; de Groot et al., 2012). بـا ایـن حال، ارائه خدمات بوم‌سازگان از زمین‌های کشاورزی تا حد زیادی بـه ورودی‌های مورد استفاده برای تولید و روش‌هـای مـدیریت محصـول که توسط کشاورزان به‌کار گرفته می‌شود، بستگی دارد (Wossink & Ma et al., 2012; Swinton 2007).

خدمات بوم‌سازگان معمولاً به چهار دسته تقسیم مـی‌شـود (الـف) خدمات تأمینی مانند مواد غذایی، محصولات جانبی، سـوخت و سـایر محصولات قابل برداشت، (ب) خدمات تنظیمی مانند کنتـرل آفـات و بیماری‌ها، گرده‌افشانی، نگهداشت خاک، ج) خـدمات فرهنگـی ماننـد مزیت‌هـای تفریحـی، آموزشـی و گردشـگری و غیـره و (د) خـدمات حمایتی، مانند چرخه عناصر غذایی، جریان آب‌شناختی و حاصـلخیزی خاک که شرایط مطلوبی را برای حیات در کره زمین فراهم مـی‌سـازد (MEA, 2003). بوم‌نظام‌های کشاورزی انواع خدمات مهـم را ارائـه مـی‌دهنـد (Duguma et al., 2019; Zhang et al., 2007). خدمات بوم‌سازگان در بوم‌نظام‌های کشاورزی در درجه اول برای تولید مواد غذایی مدیریت می‌شـوند (Galhena et al., 2013) کـه درآمـد ایجاد می‌کنـد (Mertz et al., 2005) و بـه وضـعیت تغذیـه، تنـوع غذایی، بهداشت و سلامتی و امنیت غذایی خانواده‌ها کمـک مـی‌کنـد

(Rogan, 2018).

تحقیقات در مورد خدمات بوم‌سازگان کشت‌بوم‌ها از دهه ۱۹۹۰ آغاز شد. محققان نشان داده‌اند که ارزیابی و پیش‌بینی خدمات بوم-شناختی به حفاظت از بوم‌نظام‌های زراعی (اگرواکوسیستم‌ها) کمک می‌کند (Khosravi Mashizi et al., Longato et al., 2019 ; 2019; Del Rio et al., 2020). برخی از محققان بر تأثیرات منطقه‌ای خدمات بوم‌سازگان به‌ویژه ارزش خدمات بوم‌سازگان در علفزارها و جنگل‌ها متمرکز شده‌اند (Yang et Chen et al., 2020 ; Cao et al., 2020 al., 2020; Zhong et al., 2020;). سان و همکاران (Sun et al., 2021) خدمات کشاورزی در شمال چین را ارزیابی و تغییرات آن‌ها را تحت سناریوهای مختلف کاربری سرزمین پیش‌بینی کردند. عده‌ای از محققان بر این باورند که بوم‌نظام‌های کشاورزی متنوع برخی از خدمات خاص بوم‌سازگان را افزایش می-دهند و تغییرات در بوم‌نظام‌های کشاورزی ممکن است بر راهبرد توسعه پایدار تأثیر بگذارد (Duguma et al., 2019). در پژوهش موشانی و همکاران (Moushani et al., 2021) انواع خدمات بوم-سازگان در دو نظام زراعی رایج و حفاظتی سویا (*Glycine max* L.) کمّی‌سازی شدند. نتایج نشان داد که نظام‌های کشت حفاظتی به‌طور کلی، خدمات بوم‌سازگان بیشتری نسبت به نظام‌های کشت معمولی ارایه می‌دهند. در مطالعه دیگری خرمدل و همکاران (Khorramdel et al., 2018) در بررسی خدمات و کارکردهای بوم‌نظام‌های تولید زعفران (*Crocus sativus* L.) در خراسان رضوی، ارزش شش نوع از خدمات بوم‌سازگان از جمله تولید اکسیژن، تولید غذا، تنوع زیستی، خدمات فرهنگی و دو مورد از تبعات منفی تولید گازهای گلخانه‌ای و جریان نیتروژن و فسفر کمّی‌سازی و ارزش‌گذاری کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که سهم انواع خدمات شامل تولید غذا، اکسیژن، تنوع زیستی و خدمات فرهنگی به‌ترتیب ۳۹،۳۵،۱۹ و ۷ درصد بود. نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که میانگین ارزش کل خدمات بوم‌سازگان در مزارع گندم تحت بررسی با کسر ارزش تبعات منفی معادل $۶۶/۸۵ \times ۱۰^{۶}$ ریال در هکتار در سال بود. خدمات تنظیمی (تولید اکسیژن و ترسیب کربن) در حدود ۶۵ درصد از ارزش کل خدمات در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) را به خود اختصاص دادند، در حالی‌که ارزش غذا و علوفه تولید شده در مزارع که مهم‌ترین خدمات بوم‌سازگان زراعی محسوب می‌شوند، حدود ۲۱ درصد و تنوع زیستی ۹/۳ درصد از ارزش کل را شامل شدند (Koocheki et al., 2017).

پیشینه تحقیق درباره ارتباط ویژگی‌های ساختاری و کارکردی بوم‌نظام‌ها جهت ارایه انواع خدمات بوم‌سازگان، همچنان محدود است. درک جامع‌تری از ارتباط بین تنوع زیستی و خدمات بوم‌سازگان برای اجرای بهتر مدیریت کشاورزی، حفظ گونه‌ها و ویژگی‌های کارکردی بوم‌نظام ضروری است (Balzan et al., 2019; Nieto-Romero et al., 2014; Cole et al., 2020). در این راستا، کمّی کردن خدمات و کارکردهای مختلف بوم‌نظام‌های کشاورزی یکی از مهم‌ترین راهبردها در راستای افزایش توجه به این خدمات و ارائه راهکارهای مناسب برای حفظ و پایداری آن‌ها می‌باشد. از این‌رو، هدف از انجام این مطالعه ارزیابی و کمّی‌سازی انواع خدمات بوم-سازگان در کشت‌بوم‌های گندم منطقه دشت ناز ساری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۹۹-۱۳۹۸ در اراضی شرکت زراعی دشت ناز ساری (استان مازندران) با موقعیت ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ارتفاع هشت متر از سطح دریا اجرا شد. این مطالعه در قطعات تحت کشت گندم (نه قطعه) اجرا گردید که سطح زیر کشت آن ۴۰۰ هکتار بود. گندم کشت شده در این مزارع شامل چهار رقم تیرگان، احسان، کلکتور و N-92-9 می‌باشد (جدول ۱). در این مطالعه، این ارقام به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شدند.

کمّی‌سازی خدمات بوم‌سازگان

کمّی‌سازی انواع خدمات ارایه شده در کشت‌بوم‌های گندم، در سه بخش بر اساس ارزیابی اکوسیستم هزاره (MEA, 2003) با اندکی تغییرات، تقسیم‌بندی و اندازه‌گیری شدند که عبارت بودند از خدمات حمایتی شامل تنوع زیستی حشرات و گیاهان‌هرز (شاخص‌های تنوع شانون- واینر، سیمپسون، مارگالف، منهینیک و یکنواختگی)، خدمات تنظیمی شامل تنفس میکروبی خاک، پایداری خاکدانه‌ها، تولید اکسیژن، ماده آلی، ترسیب کربن و فراوانی کرم خاکی و خدمات تأمینی شامل عملکرد و درصد پروتئین دانه.

جدول ۱- مشخصات قطعات تحت کشت گندم در منطقه دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 1- Details of plots under wheat cultivation in Dasht-e–Naz Sari (Mazandaran province)

شماره قطعه Number of plot	رقم Cultivar	تناوب زراعی Crop rotation	مساحت(هکتار) Area (ha)
6	Tirgan تیرگان	Wheat-soybean گندم– سویا	30
6	N-92-9	Wheat-soybean گندم– سویا	40
14	Collector کلکتور	Rapeseed- soybean کلزا– سویا	55
15	Ehsan احسان	Rapeseed- soybean کلزا– سویا	60
16	Tirgan تیرگان	Rapeseed- soybean کلزا– سویا	46
19	Ehsan احسان	Wheat-soybean گندم– سویا	15
19	N-92-9	Wheat-soybean گندم– سویا	15
20	Ehsan احسان	Wheat-soybean گندم– سویا	35
21	Collector کلکتور	Fallow-corn آیش– ذرت	30
22	Tirgran تیرگان	Rapeseed- soybean کلزا– سویا	28
23	Collector کلکتور	Wheat – corn گندم– ذرت	45

خدمات حمایتی

خدمات حمایتی در دو بخش تنوع زیستی حشرات و گیاهان‌هرز ارزیابی شدند. برای نمونه‌گیری حشرات در مزارع گندم از چسب‌های زرد، تورهای حشره‌گیری و تله زمینی استفاده گردید. نمونه‌گیری‌ها از اواخر اسفند تا اواسط فروردین ۱۳۹۹ انجام شد. نمونه‌های حشرات به آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی قائم‌شهر منتقل و شناسایی گردید. همچنین نمونه‌برداری گیاهان‌هرز مزارع گندم از قطعات مختلف با الگوی W و به‌وسیله کودرات ۰/۵ × ۰/۵مترمربعی در پاییز ۱۳۹۸ قبل از سم‌پاشی انجام شد و نمونه‌ها شناسایی و با نام علمی و خانواده ثبت گردید. سپس شاخص‌های تنوع زیستی محاسبه شدند. معادله‌های ۱ تا ۵ به‌ترتیب محاسبات مربوط به شاخص‌های سیمپسون، شانون– واینر، مارگالف، منهنیک و یکنواختی را نشان می‌دهند:

معادله (۱) $D= \sum ni(ni-1)/ N(N- 1)$

که در آن، D: شاخص سیمپسون، Ni: تعداد افراد گونه iام و و N: تعداد کل گونه‌ها می‌باشند (Simpson, 1949).

معادله (۲) $H' = \sum [Pi (\ln Pi)]$

که در آن، Pi: فراوانی نسبی گونه مشخص iام که به‌صورت Pi =ni/N محاسبه می‌شود و ln: به‌معنای لگاریتم طبیعی است (Shannon & Weaver, 1949;Benton et al., 2003).

معادله (۳) $R_1 = S -1/ Ln(N)$

که در آن، R1: شاخص مارگالف، S: تعداد گونه‌ها و N: فراوانی تمام گونه‌ها است (Marshall et al., 2003).

معادله (۴) $R_2= S/\sqrt{N}$

که در آن، R2: شاخص منهینیک، S: تعداد گونه‌ها و N: فراوانی تمام گونه‌ها است (Menhinick, 1964).

معادله (۵) $E = H'/ \ln S$

که در آن، E: شاخص یکنواختی، H′: شاخص شانون – واینر و S: تعداد گونه‌ها است (Pielou, 1934).

خدمات تنظیمی

ترسیب کربن

به‌منظور کمّی‌سازی ترسیب کربن خاک، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر مزارع در دو مرحله قبل از کشت گندم و بعد از برداشت محصول نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه تحقیقات زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. برای تعیین کربن خاک از روش والکی و بلک (Walkley & Black, 1934) و برای محاسبه مقدار ترسیب کربن از معادله ۶ استفاده گردید:

معادله (۶) $Cs=10000 \times OC\ (\%) \times Bd \times E$

که در آن، Cs: مقدار ترسیب کربن آلی گرم بر مترمربع، OC: درصد کربن آلی، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و E: عمق نمونه برداری خاک بر حسب سانتی‌متر می‌باشد (Walkley & Black, 1934)).

میزان کربن آلی خاک توسط معادله ۷ برآورد شد:

معادله (۷) $\%OC= M \times 0.39[(V1-V2)/S]$

که در آن، OC%: درصد کربن آلی، M: نرمالیته فروآمونیوم سولفات، V1: فروآمونیوم مصرفی برای شاهد (میلی‌لیتر)، V2: فروآمونیوم مصرفی برای نمونه مورد نظر (میلی‌لیتر) و S: وزن نمونه خشک شده در هوای آزاد می‌باشد.

پس از محاسبه کربن آلی از معادله ۷، میزان ماده آلی خاک از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

معادله (۸) $\%OM = \%\ OC \times 1.74$

که در آن، OM%: درصد ماده آلی خاک و OC %: درصد کربن آلی می‌باشد.

میزان تولید اکسیژن

میزان زیست‌توده تولیدی مزارع با برداشت مستقیم در بهار ۱۳۹۹ طبق الگوی W و با استفاده از کودرات ۰/۵ × ۰/۵ مترمربعی اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها سپس در آون به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا خشک گردند. میزان تولید اکسیژن بر اساس تولید خالص اولیه در فرآیند فتوسنتز، با استفاده از معادله ۹ محاسبه گردید که طبق آن به‌ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک گیاهی، حدود ۱/۲ کیلوگرم اکسیژن وارد جو می‌شود (Thornes, 2010).

معادله (۹)

میزان O_2 (کیلوگرم در هکتار)= ۱/۲× ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار)

تنفس میکروبی خاک

نمونه‌برداری از خاک برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی طبق الگوی W و با استفاده از اوگر ۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد. تنفس میکروبی خاک شامل فعالیت‌های میکروبی خاک قبل از کاشت و پس از برداشت گندم که بر حسب میلی‌گرم CO_2 در هر کیلوگرم خاک در روز محاسبه می‌شود که از یک نمونه خاک ۲۰ گرمی در آزمایشگاه بر اساس روش ایزرمایر (Isermeyer, 1952)) به‌دست آمد (معادله ۱۰):

معادله (۱۰)

$$(C\text{-}S\times 2.2\times 100/SW\times dm)/n= mgCO_2.g^{-1}dm.24^{-1}$$

که در آن، C:حجم متوسط اسید هیدروکلریک استفاده شده در شاهد (میلی‌لیتر)، S: حجم متوسط اسید هیدروکلریک استفاده شده در نمونه‌ها (میلی‌لیتر)، ۲/۲: ضریب تبدیل SW: وزن اولیه خاک (گرم)، n: کل روزهای آزمایش و ٪۱۰۰ dm: ضریب تبدیل برای خاک خشک است.

پایداری خاکدانه‌ها

برای اندازه‌گیری پایداری ساختمان خاک از روش الک‌تر و شیوه مرطوب کردن سریع استفاده شد (Kay, 2000) ابتدا خاک هوا-خشک شده (بدون کوبیدن) از الک هشت میلی‌متری عبور داده شد. ۵۰ گرم از خاک الک شده (صفر تا هشت میلی‌متری سطح خاک) روی یک سری الک (به‌ترتیب از بالا به پایین ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ میلی‌متر) به‌طور یکنواخت ریخته شده و در درون آب تکان داده شد (بالا و پایین برده شد)، پس از پایان الک کردن، الک‌ها به آرامی از آب خارج شده، خاکدانه‌های باقی مانده روی هر الک شسته شده و در آون در دمای ۱۰۵° C خشک و وزن شدند. سپس خاکدانه-های باقی‌مانده مربوط به هر الک خرد شده و شن و سنگریزه آن جدا

شد و جرم واقعی خاکدانه‌ها بر روی هر الک محاسبه گردید. از شاخص‌های میانگین وزنی قطر (MWD) و میانگین هندسی قطر (GMD) خاکدانه‌ها برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک استفاده شد. میانگین وزنی قطر (MWD) خاکدانه‌ها از معادله زیر محاسبه گردید (Kemper et al., 1986).

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} xiwi$$ معادله (۱۱)

که در آن، Xi: میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک i (میانگین قطر سوراخ‌های الک بالایی، پایینی)، n: تعداد الک‌ها و wi: نسبت وزن خاکدانه‌های روی هر الک به وزن کل خاک به کاربرده شده در ابتدای آزمایش پس از کسر ذرات شن و سنگریزه می‌باشد که از معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$wi = wi\text{-}wi(s) \;/\; wt \; - \sum_{i=1}^{n} wi\,(s)$$ معادله (۱۲)

که در آن، w_i: وزن ذرات باقی‌مانده در دامنه i، $w_i(s)$: وزن ذرات شن و سنگریزه در دامنه i و w_t: وزن آون خشک خاک می‌باشد.

میانگین هندسی‌ها قطر خاکدانه نتایج آزمایش الک‌تر را می‌توان با استفاده از شاخص میانگین هندسی قطر (GMD) خاکدانه‌ها نیز بیان کرد. این شاخص از معادله زیر محاسبه گردید (Barzegar, 2001):

$$GMD = \exp\left(\sum_{i=1}^{n} wi \log xi\right)$$ معادله (۱۳)

که در آن، Xi: میانگین قطر خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک i (میانگین قطر سوراخ‌های الک بالایی و پایینی) و wi: نسبت وزن خاکدانه‌های روی هر الک به وزن کل خاک به‌کاربرده شده در ابتدای آزمایش پس از کسر ذرات شن و سنگریزه می‌باشد.

فراوانی کرم‌های خاکی

قبل از کاشت و پس از برداشت محصول در مزارع گندم به‌وسیله کودرات ۰/۵×۰/۵ مترمربعی در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک تعداد کرم خاکی شمارش و ثبت گردید.

خدمات تأمینی

در این مطالعه، خدمات تأمینی عملکرد دانه و پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد گندم در بهار ۱۳۹۹ با الگوی W و با استفاده از کودرات ۰/۵ × ۰/۵ مترمربعی از قطعات مورد مطالعه برداشت گردید و به آزمایشگاه پژوهشکده برنج و مرکبات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شد و در آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه قرار گرفت و سپس وزن گردید. جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه، ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان درصد نیتروژن کل دانه‌ها محاسبه و سپس با ضرب کردن درصد نیتروژن دانه در ضریب ۶/۲۵ ، میزان پروتئین موجود در دانه از معادله زیر محاسبه گردید (Alaru et al., 2003)

معادله (۱۴) پروتئین دانه (٪) = نیتروژن دانه (٪) × ۶/۲۵ ٪

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی نامتعادل (Valizadeh & Moghadam, 2002) با نرم‌افزار SAS و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

خدمات تأمینی

نتایج نشان داد که عملکرد دانه و درصد پروتئین در قطعات مختلف با توجه به رقم‌های مختلف متفاوت است (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین دانه از رقم احسان به‌میزان ۱۲/۱۵ درصد و کمترین میزان پروتئین ۱۱/۴۲ از رقم N-92-9 به‌دست آمد و همچنین بیشترین عملکرد دانه گندم برابر با ۴/۸۴ تن در هکتار از رقم کلکتور و کمترین عملکرد دانه برابر با ۲/۹۶ تن در هکتار از رقم تیرگان حاصل گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد، اجرای تناوب‌های زراعی صحیح همراه با استفاده از پتانسیل ارقام اصلاح‌شده از طریق اجرای روش‌های مدیریتی و تغییرات مناسب محیطی، منجر به تولید بیشتر دانه در واحد سطح در برخی از قطعات شده است. از نظر بوم‌شناختی، افزایش تولید در کشت‌بوم‌ها لزوماً نشان‌دهنده افزایش استفاده بهینه از منابع نیست. کشت تک‌محصولی به‌طور مداوم، در درازمدت با کاهش تولید در ارتباط است که امروزه عمدتاً به‌عنوان عامل کاهش عملکرد بیان می‌شود (Seifert et al., 2017). تناوب‌های کوتاه‌مدت و غیر اصولی نیز ممکن است منجر به کاهش عملکرد شود (Merrill et al., 2007)، این عوامل باعث می‌شوند، بوم‌نظام‌های زراعی در چرخه عناصر غذایی و آب، کنترل آفات و گیاهان‌هرز کارآیی کمتری داشته باشد. به عبارتی دیگر، کشت‌بوم، توانایی ارایه خدمات تنظیمی خود را از دست می‌دهد در نتیجه، کاهش بهره‌وری سامانه زراعی، بیانگر کاهش ارایه خدمات بوم‌سازگان، از جمله خدمات تنظیمی و حمایتی

می‌باشد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس خدمات تأمینی در قطعات گندم تحت تأثیر رقم در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 2- Results of analysis of variance (mean of squares) of provision services in plots of wheat under the influence of cultivar in Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

منابع تغییرات S. O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares	
		عملکرد دانه Grain yield	پروتئین دانه Grain protein
تیمار Treatment	3	6.37**	0.70**
خطا Error	32	0.095	0.09
ضریب تغییرات CV (%)		7.69	2.54

**: اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال یک درصد

**: significant difference at 1% of probability level

جدول ۳- مقایسه میانگین خدمات تأمینی در قطعات کشت گندم تحت تأثیر ارقام مختلف در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 3- Mean comparison of provision services in plots of wheat under the influence of cultivar in Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

تیمار Treatment	پروتئین دانه Grain protein (%)	عملکرد دانه Grain yield ($t.ha^{-1}$)
تیرگان Tirgan	11.66^{bc}	2.96^{d}
N-92-9	11.42^{c}	4.33^{b}
احسان Ehsan	12.15^{a}	3.78^{c}
کلکتور Collector	11.86^{ab}	4.84^{a}

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by similar letters are not significantly different based on Duncan at the %5 probability level.

خدمات تنظیمی

ترسیب کربن

نتایج نشان داد که میزان ترسیب کربن خاک در کشت‌بوم‌های گندم تحت تأثیر نوع رقم قرار نگرفت (جدول ۴). بر این اساس، بیشترین و کمترین میزان ترسیب کربن به‌ترتیب ۳/۳۳ تن در هکتار از قطعه ۱۵ و ۱/۰۵ تن در هکتار از قطعه ۲۳ به‌دست آمد. به نظر می‌رسد که در قطعه ۱۵ با رعایت تناوب زراعی (کلزا- سویا)، میزان برگشت بقایای گیاهی به خاک نسبت به قطعه ۲۳ با تناوب زراعی (گندم- ذرت) بیشتر است. بنابراین، شرایط بهتری برای رشد گیاه و فعالیت ریزجانداران در این قطعه فراهم شد که یکی از نتایج روشن آن تغییرات میزان کربن در این قطعات می‌باشد. تفاوت در تناوب زراعی، وضعیت زیستی خاک و شیوه‌های مختلف مدیریت مزرعه می‌تواند بر میزان ترسیب کربن تأثیر بگذارد. افزون بر آن، نوع خاکورزی نیز می‌تواند بر فعالیت میکروبی و در نهایت، بر پویایی و پایداری کربن آلی خاک تأثیرگذار باشد (Scow, 1997; Paustian et al., 1997). تعداد زیادی از مطالعات نشان می‌دهد که در زمین‌هایی با خاکورزی کم و بدون خاکورزی، تراکم بیشتری از موجودات زنده و به‌ویژه ریزجانداران خاکزی وجود دارد که می‌تواند به‌سرعت میزان کربن خاک را افزایش دهد (West & Post, 2002). علاوه‌بر آن، تأثیرات خاکورزی بر غلظت کربن آلی خاک به نوع گونه زراعی و عمق خاکورزی بستگی دارد (Xu et al., 2013). تغییرات در مدیریت کشاورزی می‌تواند به‌طور بالقوه‌ای میزان تجمع کربن آلی

خاک را افزایش دهد و در نتیجه، دی اکسید کربن جوّ را جذب کند. به عنوان مثال، مشخص شده است که تغییر از خاکورزی معمولی به روش بدون خاکورزی می‌تواند ۱۴ ± ۵۷ گرم کربن بر مترمربع در سال را افزایش دهد (Prokopyeva et al., 2021). در مطالعه‌ای دیگر، هی و همکاران (He et al., 2021) گزارش کردند که ترسیب کربن آلی خاک در مزارع با تناوب زراعی گندم- برنج با افزودن بقایای اندام هوایی و زیرزمینی و کودهای آلی در ۳۴ سال گذشته ۱/۴۷-۴/۳۳ تن در هکتار به‌دست آمد و همچنین عنوان کردند، کودهای آلی به‌طور قابل توجهی ترسیب کربن آلی خاک را در مقایسه با کودهایی شیمیایی افزایش می‌دهند.

تنفس میکروبی خاک

نتایج نشان داد که میزان تنفس میکروبی در مزارع مورد بررسی متفاوت است (جدول ۴). بیشترین و کمترین میزان تنفس میکروبی قبل از کاشت و بعد از برداشت محصول به‌ترتیب به‌میزان ۶۳/۴۱، ۴۴/۱۴ و ۳۱/۵۹، ۲۱/۰۸ میلی‌گرم CO_2 به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز از قطعات تحت کشت رقم‌های احسان و تیرگان به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین بیشترین میزان تنفس میکروبی در قبل از کاشت و بعد از برداشت با میزان ۷۶/۴۶ و ۳۸/۵۲ میلی‌گرم CO_2 به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز به قطعه ۱۵ تعلق داشت و کمترین میزان آن یعنی ۳۸/۲۳ و ۱۹/۳۱ میلی‌گرم CO_2 به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز، از قطعه ۲۲ به‌دست آمد (جدول ۶). اصولاً نقش خدمات تنظیمی در نظام‌های زراعی حیاتی است، زیرا آن‌ها بر فرآیندهای بوم‌سازگان دخیل در تولید محصولات زراعی، از جمله فرسایش خاک، کنترل آفات و گیاهان هرز و گرده‌افشانی مؤثر هستند (MEA, 2005). در پژوهش بوجارشزوک و همکاران (Bojarszczuk et al., 2017) مشخص گردید که میزان تنفس خاک در مزارع بستگی به روش کشت دارد، به‌طوری‌که بیشترین تنفس خاک در کشت ذرت با خاکورزی کامل به‌دست آمد. همچنین تنفس میکروبی خاک در مقایسه با تیمارهای کاشت مستقیم، کاهش خاکورزی و تناوب زراعی به‌ترتیب ۶۵، ۵۵ و ۱۲ درصد بیشتر بود. کونگ و همکاران (Kong et al., 2019) گزارش کردند، میانگین تنفس خاک در تناوب‌های زراعی گندم زمستانه همراه با سویای تابستانه و گندم زمستانه همراه با ذرت تابستانه و گندم زمستانه همراه با آفتاب‌گردان تابستان به‌ترتیب ۶/۵۳ ، ۵/۱۴ و ۵/۴۹ میلی‌مول در مترمربع در ثانیه بود. این محققان دمای خاک را عامل اصلی تعیین‌کننده میزان تنفس خاک اعلام کردند. نتایج نشان داد که مدیریت مزرعه در اراضی شرکت زراعی دشت ناز ساری به‌طور قابل توجهی بر سلامت خاک و میزان فعالیت ریزجاندران تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که بعد از برداشت محصول، میزان تنفس میکروبی خاک در همه قطعات کاهش یافت (جدول ۶). اصولاً کاربرد نهاده‌های آلی، کشت گیاهان و اختلال مکانیکی کمتر خاک، باعث افزایش سلامت خاک و افزایش فعالیت ریزجاندران می‌گردد. در همین راستا، گزارش شده است که افزودن محصول جدید به یک نظام تک کشتی، به‌طور قابل توجهی کربن و نیتروژن آلی خاک و همچنین تنفس میکروبی را افزایش می‌دهد (McDaniel et al., 2014).

تولید اکسیژن

نتایج نشان داد که بالاترین میزان تولید اکسیژن ۱۳/۴۳ تن در هکتار از رقم کلکتور و کمترین میزان تولید اکسیژن ۱۰/۶۹ از رقم تیرگان حاصل گردید (جدول۶). دلیل افزایش تولید اکسیژن در رقم کلکتور می‌تواند ناشی از افزایش ارتفاع و زیست توده گیاهی نسبت به ارقام دیگر باشد. قبلاً تورنز (Thornes, 2010) تاکید کرده بود که تولید اکسیژن در نظام‌های زراعی برای جامعه بشری با اهمیت است. اصولاً بوم‌نظام‌ها بسیاری از خدمات اساسی را فراهم می‌کنند که زندگی را برای افراد بشر امکان پذیر می‌سازد.

تغییرات ماده آلی

نتایج نشان داد که بیشترین میزان ماده آلی در قبل از کاشت و بعد از برداشت با میزان ۱/۵۲ و ۱/۳۷ به قطعه ۱۴ تعلق داشت و همچنین کمترین میزان ماده آلی با ۱/۱۳ و ۱/۰۱ از قطعه ۲۳ حاصل گردید (جدول ۶). با بررسی سابقه کشت، مشخص شد که قطعه ۱۴ در سال‌های گذشته تحت تناوب زراعی کلزا- سویا قرار گرفته است. در زراعت این دو گیاه معمولاً فقط دانه آن‌ها از زمین برداشت می‌شود و بقایای گیاهی دوباره به خاک بر می‌گردد. بنابراین، این امر باعث می‌شود که ماده آلی بیشتری در خاک وجود داشته باشد. امّا در قطعه ۲۳ تناوب زراعی گندم- ذرت در دو سال قبل اجرا شده بود. بقایا و زیست‌توده این دو گیاه زراعی بعد از جذب عناصر غذایی موجود در خاک، تقریباً به‌طور کامل از زمین خارج شده و در نتیجه، باعث کاهش ماده آلی خاک در این قطعه شده است.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خدمات تنظیمی در قطعات گندم تحت تأثیر رقم در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 4- Results of analysis of variance (mean of squares) of regulatory services in plots of wheat under the influence of cultivar in Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares										
		تولید اکسیژن O_2 production	ترسیب کربن Carbon sequestration	تنفس میکروبی قبل از کاشت Microbial respiration Before planting	تنفس میکروبی بعد از برداشت Microbial respiration After harvest	ماده آلی خاک قبل از کاشت SOM before planting	ماده آلی خاک بعد از برداشت SOM after harvest	پایداری خاکدانه‌ها Aggregate stability				فراوانی کرم خاکی Abundance of earthworms
								میانگین وزنی قطر خاکدانه قبل از کاشت MWD before planting	میانگین وزنی قطر خاکدانه بعد از برداشت MWD after harvest	میانگین هندسی قطر خاکدانه قبل از کاشت GMD before planting	میانگین هندسی قطر خاکدانه بعد از کاشت GMD after harvest	
تیمار Treatment	3	21.87^{**}	0.95^{ns}	594.56^{**}	180.37^{*}	0.024^{ns}	0.021^{ns}	5.51^{**}	4.53^{**}	0.65^{*}	0.51^{ns}	3.62^{ns}
خطا Error	32	0.40	1.15	125.48	42.44	0.012	0.010	0.35	0.46	0.20	0.18	1.62
ضریب تغییرات CV (%)		5.31	17.33	20.86	24.02	8.40	8.82	26.08	23.07	15.26	15.94	19.63

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at 5 and 1 ٪ of probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین خدمات تنظیمی در قطعات گندم تحت تأثیر ارقام مختلف در کشت و صنعت دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 5- Mean comparison of regulating services in plots of wheat under influence of cultivar in Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

تیمار **Treatment**	تولید اکسیژن **O_2 production ($ton.ha^{-1}$)**	ترسیب کربن **Carbon sequestration ($ton.ha^{-1}$)**	تنفس میکروبی قبل از کاشت **Microbial respiration before planting mg CO_2 per) kg of soil per day)**	تنفس میکروبی بعد از برداشت **Microbial respiration after harvest mg cO_2 per) kg of soil per day)**	ماده آلی خاک قبل از کاشت **SOM before planting (%)**	ماده آلی خاک بعد از برداشت **SOM after harvest (%)**	پایداری خاکدانه‌ها **Aggregate stability**				فراوانی کرم خاکی در مترمربع **Abundance of earthworms (m^2)**
							میانگین وزنی قطر خاکدانه قبل از کاشت **MWD before planting (mm)**	میانگین وزنی قطرخاکدانه بعد از برداشت **MWD after harvest (mm)**	میانگین هندسی قطر خاکدانه قبل از کاشت **GMD before planting (mm)**	میانگین هندسی قطر خاکدانه بعد از کاشت **GMD after harvest (mm)**	
تیرگان Tirgan	10.79^{b}	3.19^{a}	44.14^{b}	21.08^{b}	1.41^{a}	1.24^{a}	1.49^{c}	1.47^{c}	3.06^{ab}	2.82^{a}	7.33^{a}
N-92-9	10.69^{b}	2.59^{b}	51.79^{ab}	26.60^{ab}	1.33^{b}	1.19^{b}	2.31^{b}	1.94^{b}	3.13^{a}	2.76^{a}	6.20^{ab}
احسان Ehsan	13.30^{a}	2.52^{b}	63.41^{a}	31.59^{a}	1.35^{b}	1.19^{b}	3.28^{a}	3.01^{a}	3.16^{a}	2.83^{a}	6.60^{ab}
کلکتور Collector	13.43^{a}	3.03^{a}	53.53^{ab}	28.11^{a}	1.30^{b}	1.13^{c}	2.01^{bc}	1.73^{b}	2.63^{b}	2.38^{b}	5.91^{b}

در هر ستون میانگین‌هایی که ، دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means, followed by similar letters are not significantly different based on Duncan at the %5 probability level.

جدول ٦- نتایج کمّی‌سازی خدمات بوم‌سازگان در گندم‌بوم‌های گندم دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 6- Quantification results of ecosystem services in wheat agroecosystems of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

شماره قطعه Number of plot	تنفس میکروبی قبل از کاشت Microbial respiration before planting (mg CO_2 per kg of soil per day)	تنفس میکروبی بعد از برداشت Microbial respiration after harvest (mg CO_2 per kg of soil per day)	ترسیب کربن Carbon sequestration ($t.ha^{-1}$)	ماده آلی خاک قبل از کاشت SOM before planting (%)	ماده آلی خاک بعد از برداشت SOM after harvest (%)	پایداری خاکدانه‌ها Aggregate stability: میانگین وزنی قطر خاکدانه قبل از کاشت MWD before planting (mm)	پایداری خاکدانه‌ها Aggregate stability: میانگین وزنی قطر خاکدانه بعد از برداشت MWD after harvest (mm)	میانگین هندسی قطر خاکدانه قبل از کاشت GMD before planting (mm)	میانگین هندسی قطر خاکدانه بعد از کاشت GMD after harvest (mm)	تولید اکسیژن O_2 production ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Grain yield ($t.ha^{-1}$)	پروتئین دانه Grain protein (%)	فراوانی کرم خاکی در مترمربع Abundance of earthworms (m^2)
6	45.29	21.47	2.63	1.38	1.26	2.69	2.16	3.08	2.83	10.46	3.80	11.9	7
14	62.52	26.9	3.31	1.52	1.37	2.81	2.52	3.9	3.75	13.48	4.85	12.5	8
15	76.46	38.52	3.33	1.50	1.33	3.40	3.13	3.95	3.81	10.80	3.86	12.1	9
16	45.04	22.42	2.68	1.48	1.22	1.34	1.07	2.97	2.78	10.85	2.32	11.5	7
19	61.92	34.67	2.21	1.28	1.09	1.25	0.92	3.7	2.49	11.75	3.88	11.2	6
20	44.32	20.33	1.21	1.33	1.15	2.22	2.1	2.21	2.09	10.33	3.75	12.3	4
21	50.17	21.16	2.18	1.29	1.13	0.67	0.35	3.13	2.84	13.57	4.46	11.5	6
22	38.23	19.31	2.80	1.52	1.38	1.32	2.95	3.82	3.46	11.06	3.57	11.6	7
23	43.72	27.34	1.05	1.13	1.01	1.86	1.23	3.62	3.2	13.27	4.88	11.3	6
میانگین Mean	51.97	25.68	2.71	1.38	1.20	2.06	1.93	3.48	3.13	11.70	3.93	11.76	6.8

اصولاً ماده آلی بیشتر در خاک نمی‌تواند مصرف کود را به‌طور کامل جبران کند، امّا روش‌های مدیریت خاک که باعث تجمع ماده آلی خاک می‌شوند، مانند کاهش خاکورزی، افزایش تنوع زراعی، از جمله قرار دادن حبوبات در تناوب زراعی و افزودن کودهای آلی (Drinkwater & others, 1998; Edmeades, 2003; Kremen & Miles, 2012) می‌تواند از طریق بهبود دسترسی نیتروژن و کارایی استفاده از آن، نیاز به میزان بالای کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Blesh & Drinkwater, 2013; Maeder et al., 2002).

حفاظت از خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان شاخص میانگین وزنی قطر و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها تفاوت معنی‌دار دارند (جدول ۴). بر اساس نمونه‌برداری مزرعه‌ای، بیشترین و کمترین میزان شاخص میانگین وزنی قطر (MWD) در قبل از کشت و بعد از برداشت به‌ترتیب ۴۰/ و ۳/۱۳ میلی‌متر از قطعه ۱۵ و ۰/۶۷ و ۰/۳۵میلی‌متر از قطعه ۲۱ حاصل گردید. همچنین بیشترین و کمترین میزان شاخص میانگین هندسی قطر (GMD) در قبل از کشت و بعد از برداشت به‌ترتیب ۳/۹۵ و ۳/۸۱ میلی‌متر از قطعه ۱۵ و ۲/۲۱ و ۲/۰۹ میلی‌متر از قطعه ۲۰ حاصل گردید (جدول ۶). بیشترین میزان میانگین وزنی و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها از قطعات ۱۵ و ۱۴ تحت کشت ارقام احسان و کولکتور به‌دست آمد که تحت تناوب کلزا– سویا بودند. این قطعات ماده آلی بیشتری نسبت به سایر قطعات داشتند. اصولاً با دسترسی بیشتر عناصر غذایی در خاک، ریشه‌های گیاه رشد بهتری دارند و در نتیجه، می‌توانند مانع از هم‌پاشیدگی خاکدانه‌ها شوند. با توجه به اینکه ماده آلی بیشتر سبب حفظ و نگهداری ذرات خاک در کنار هم می‌شود، در این قطعات شاخص پایداری خاک بیشتری نسبت به قطعات دیگر به‌دست آمد. بر عکس، فرسایش خاک می‌تواند تحت تأثیر برخی از عوامل اصلی مانند تغییر آب و هوا، استفاده فشرده از زمین و فعالیت‌های انسانی قرار گیرد (Zhang et al., 2019; Colman et al., 2019; Xu et al., 2018)خاکورزی می‌تواند سرعت تخریب خاکدانه را تسریع نماید (Six et al., 2000) و در عوض، کاهش خاکورزی، پایداری خاکدانه‌ها را افزایش می‌دهد (Pinheiro et al., 2004; Zhang et al., 2015; Qi et al., 2011)، زیرا خاکورزی مکرر زمین‌های زراعی باعث از بین رفتن ساختار ذرات خاک، افزایش هوادهی خاک و از بین رفتن پایداری خاکدانه می‌شود، در نتیجه ساختمان خاک سست و آسیب‌پذیر می‌شود (Su et al., 2017).

فراوانی کرم خاکی

نتایج جدول ۶ نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد کرم خاکی به‌ترتیب به‌میزان نه عدد از قطعه ۱۵ و ۴ عدد از قطعه ۲۰ به‌دست آمد. کاهش فراوانی کرم خاکی این مزارع می‌تواند تحت تأثیر خاکورزی، کاربرد کودهای شیمیایی و سموم و فشردگی خاک در اثر رفت و آمد ماشین‌آلات باشد. کرم‌های خاکی از نظر کارکرد مهم‌ترین و از نظر زیست‌توده معمولاً فراوان‌ترین گروه جانوری خاک در خاک-های کشاورزی هستند. بنابراین، بسیاری از خدمات بوم‌سازگان از جمله حفظ ساختار و کیفیت خاک و همچنین تولید گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Van Groeningen et al., 2014; Bertrand et al., 2015). گزارش شده است که روش‌های مدیریت خاک بسته به شدت اقدامات انجام شده، می‌تواند جوامع کرم خاکی و کارکردهای آن‌ها را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد (Beylich et al., 2010; Holland, 2004). به‌عنوان مثال، خاکورزی و استفاده از سموم دفع آفات به‌طور قابل توجهی فراوانی کرم‌های خاکی را کاهش می‌یابد (Van Capelle et al., 2012; Pelosi et al., 2014). در مطالعات مختلف، فراوانی کرم خاکی از ۳۰ (در مترمربع خاک شخم زده) تا ۴۰۰ (در مترمربع خاک بدون شخم) در شرایط مزرعه‌ای گزارش شده است (Van Capelle et al., 2012; Rutgers et al., 2016; Frazao et al., 2017).

خدمات حمایتی

حشرات مفید

در این مطالعه، سه حشره مفید با نام‌های کفشدوزک هفت نقطه-ای (*Coccinella septempunctata Linnaeus*)، زنبور پارازیتوئید (*Aphidius matricariae*) و بالتوری سبز (*Chrysoperla carnea*) مشاهده گردید. کفشدوزک‌ها از عوامل مفید در بوم‌نظام-های کشاورزی هستند که نقش بسیار مهمی در ایجاد حالت تعادل و کنترل طبیعی شته‌ها، پسیل‌ها، سفیدبالک‌ها، زنجرک‌ها، کنه‌ها، تخم پروانه‌ها و لارو تعدادی از حشرات دارند (Imami & Arbabi, 2005; Mujib Haqqadam et al., 2009; Hajek, 2004; Obrycki & Orr, 1990; Fiebig & Poehling, 1998;

(William, 2002). امروزه کنترل زیستی (بیولوژیک) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت آفات مطرح است. گونه‌های متعددی از دشمنان طبیعی در کاهش جمعیت شته‌ها نقش دارند که از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان حشرات پارازیتوئید را نام برد (Van Driesche & Bellows, 1996). از گونه‌های مهم آن، می‌توان به زنبور پارازیتوئید اشاره کرد که از روی شته‌های متعددی جمع‌آوری شده است (Stary, 1999).

در این پژوهش، در برخی از قطعات حشره بالتوری سبز مشاهده شد. از این حشره مفید به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین دشمنان طبیعی در کنترل تلفیقی آفات استفاده می‌گردد. مهم‌ترین ویژگی که باعث می‌شود بالتوری سبز جزء شکارگرهای مؤثر به حساب آید، پرخوری و پلی‌فاژ بودن لاروهای آن‌ها و نیز مقاومت خوب آن‌ها در مقابل بسیاری از آفت‌کش‌ها است (Rezaei et al., 2004; Stelzl & Devetak, 1999). اصولاً افزایش تنوع زیستی منجر به افزایش تنوع زیستگاهی (خدمات حمایتی) برای حشرات مختلف شامل حشرات گرده‌افشان، دشمنان طبیعی و سایر حشرات در بوم‌نظام می‌شود. بنابراین، ایجاد تنوع زیستگاهی در نظام‌های چندکشتی منجر به ایجاد روابط متقابل پیچیده و شکارگری در بین حشرات شده و کارکردهای بوم‌سازگان در این شرایط افزایش می‌یابد (Mada et al., 2013).

در این پژوهش، بیشترین شاخص تنوع شانون- واینر حشرات با میانگین‌های ۲/۷ و ۲/۴ به‌ترتیب برای قطعات ۲۲ و ۶ محاسبه شد و کمترین مقادیر این شاخص در قطعات ۲۰ و ۲۱ با میانگین‌های ۱/۹۴و ۱/۹۶ به‌دست آمد (جدول ۷). شاخص تنوع شانون- واینر به عنوان یکی از معیارهای تنوع زیستی در نظر گرفته می‌شود، زیرا هم تعداد گونه‌ها و هم فراوانی هر گونه را در نظر می‌گیرد. هر چه این شاخص کم‌تر باشد، تنوع کمتر خواهد بود، درحالی‌که هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، تنوع، غنای گونه‌ای و یکنواختی بالاتر است. از طرفی، شاخص یکنواختی معیار اندازه‌گیری فراوانی گونه‌ها و دسته‌های مختلف در یک جامعه با دامنه‌ای از صفر تا یک است. وقتی یکنواختی نزدیک به صفر است، بیشتر افراد به یک یا چند گونه تعلق دارند. در مطالعه حاضر، یکنواختی بین ۰/۹۴ از قطعه ۲۲ تا ۰/۸۸ از قطعه ۲۱ متغیر بود. همچنین در این مطالعه بیشترین میزان شاخص سیمپسون، ۰/۱۶۷ از قطعه ۱۵ به‌دست آمد و کمترین مقدار از این شاخص به ۰/۱۴۲ به قطعات ۱۴ و ۱۶ و ۶ تعلق داشت. بیشترین و کمترین میزان تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص مارگالف به‌ترتیب برابر با ۲/۴۹ و ۲ از قطعات ۶ و ۱۶ حاصل گردید (جدول ۷). میزان بالای این شاخص نشانگر ارزش گونه‌ها است. مقادیر بالای شاخص مارگالف حاکی از ارزش نسبی بیشتر گونه‌های نادر است. بیشترین و کمترین میزان شاخص غنای گونه‌ای منهنیک به‌ترتیب با ۱/۸۰، ۱/۲۴ برای قطعات ۶ و ۲۱ به‌دست آمد (جدول ۷). در پژوهش میران و همکاران (Meeran et al., 2021) شاخص شانون- واینر مورد مطالعه در مزارع برنج ۰/۲۶ تا ۰/۴۲ متغییر بود. گزارش شده است که فراوانی و تنوع حشرات در بوم‌نظام‌ها بسیار مهم است، زیرا می‌توانند خدمات متعددی ارایه نمایند (Savopoulous et al., 2012). حشرات علاوه‌بر گرده‌افشانی کنترل آفات طبیعی و زیستی، منابع طبیعی حیاتی در بوم‌نظام‌ها محسوب می‌شوند (Strong et al., Buchs, 20031984 ;. تنوع و فراوانی آن‌ها نقش مهمی در کارکردهای بوم‌نظام‌ها دارد (Rosina et al., 2014) توزیع و فراوانی گونه‌های حشرات می‌تواند تحت تأثیر آب و هوا، پوشش گیاهی و برهم‌کنش آن‌ها باشد (Wolda, 1978). تأثیر منابع غذایی و شرایط آب و هوایی از نظر فضا و زمان مستقیماً بر تنوع و توزیع جمعیت حشرات تأثیر می‌گذارد (Goldsmith, 2007). آب و هوا یکی از عناصر تعیین‌کننده در بروز نوسانات جمعیت حشرات در طول سال است (Wolda, 1978). به‌طوری‌که دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی، بارندگی و نیز پوشش گیاهی اطراف و روش‌های مدیریت مزرعه بر تنوع زیستی حشرات تأثیر می‌گذارند (Pimentel & Wheeler, 1973).

تنوع زیستی گیاهان‌هرز

نتایج نمونه‌برداری از مزارع نشان داد که ۲۵ گونه‌هرز در قطعات مختلف تحت کشت گندم وجود دارد. بر اساس نتایج حاصل از نمونه-برداری، بیشترین شاخص تنوع شانون- واینر با میانگین‌های ۲/۶۳، ۲/۶۱ به‌ترتیب برای قطعات ۲۳ و ۱۵ محاسبه شد و کمترین مقادیر این شاخص در قطعات ۲۱ و ۲۲ با میانگین‌های ۲/۰۵ و ۲/۰۸ به‌دست آمد. علت این امر را می‌توان تا حدودی اجرای تناوب زراعی چندین ساله گیاهان سویا، ذرت، گندم، جو، کلزا و ترتیکاله در این قطعات دانست. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین میزان تنوع گونه‌ای بر اساس شاخص مارگالف برابر با ۵/۲۴، ۵/۱۴ به‌ترتیب متعلق به قطعات ۲۳ و ۱۴ بود (جدول ۸).

جدول ۷- مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی حشرات در قطعات گندم در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 7- Insect biodiversity indices in wheat plots of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

شماره قطعه Number of plot	شانون- واینر Shannon- Weiner	سیمپسون Simpson	یکنواختی Uniformity	مارگالف Margalef	منهنیک Menhinick
6	2.04	0.142	0.93	2.49	1.80
14	1.99	0.142	0.90	2.35	1.64
15	1.95	0.167	0.89	2.25	1.52
16	1.98	0.142	0.95	2.00	1.46
19	2.01	0.148	0.91	2.35	1.64
20	1.96	0.153	0.89	2.38	1.67
21	1.94	0.161	0.88	2.02	1.24
22	2.07	0.135	0.94	2.17	1.42
23	2.00	0.150	0.91	2.33	1.61
میانگین Mean	1.99	0.149	0.91	2.26	1.55

بالا بودن شاخص مارگالف نشان‌دهنده تنوع بالای گونه‌ای می‌باشد. اصولاً تنوع زیستی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد و افزایش پایداری در کشاورزی شناخته شده است. اهمیت تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش عناصر غذایی، مهار آفات، بیماری‌ها و گیاهان‌هرز دارد. هرچند در نگاه اول به گیاهان‌هرز به‌عنوان عامل خسارت‌زا و کاهش محصول مزارع نگریسته می‌شود، امّا وجود آن‌ها تا قبل از سطح آستانه اقتصادی می‌تواند ارائه‌دهنده خدمات متعددی باشد. برای داشتن اقلیم‌های متنوع، ابتدا باید تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی وجود داشته باشد و پس از آن به خصوصیات خاک مربوط می‌شود که خود متأثر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن می‌باشد (Well, 1982).

نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص منهنیک در قطعات ۱۴ و ۲۳ به‌ترتیب با ۲/۴۵، ۲/۴۲ و کمترین میزان شاخص منهنیک برابر با ۲/۱۵ از قطعه ۲۲ به‌دست آمد. شاخص منهنیک رابطه بین تعداد گونه‌ها و تعداد افراد را نشان می‌دهد؛ هر چه سطح واحد نمونه‌برداری بیشتر باشد و هرچه تعداد گونه‌های وارد شده بیشتر باشد، مقدار این شاخص بیشتر خواهد بود (Mahmoudi et al., 2014; Meehan et al., 2011; Rusch et al., 2016).

جدول ۸- مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی گیاهان هرز در قطعات گندم در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 8– Values of weed biodiversity indices in wheat plots of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

شماره قطعه Number of plot	شانون- واینر Shannon-Weiner	سیمپسون Simpson	یکنواختی Uniformity	مارگالف Margalef	منهنیک Menhinick
6	2.42	0.052	0.77	4.67	2.17
14	2.46	0.070	0.76	5.17	2.45
15	2.61	0.053	0.82	4.97	2.37
16	2.53	0.042	0.79	5.09	2.26
19	2.39	0.035	0.74	5.08	2.35
20	2.27	0.052	0.72	4.70	2.21
21	2.05	0.053	0.64	4.98	2.39
22	2.08	0.049	0.67	4.52	2.15
23	2.63	0.045	0.82	5.24	2.42
میانگین Mean	2.38	0.050	0.74	4.93	2.30

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان شاخص سیمپسون در مزارع گندم، به‌ترتیب۰/۰۷۰ و ۰/۰۵۳ از قطعات ۱۴، ۲۱ و ۱۵ به‌دست آمد و کمترین مقدار این شاخص (۰/۰۳۵) به قطعه ۱۹ تعلق داشت. اصولاً شاخص سیمپسون وضعیت تنوع زیستی یک

منطقه را تعیین می‌کند و همچنین احتمال انتخاب تصادفی دو نمونه از یک گونه را نشان می‌دهد. دامنه شاخص سیمپسون از ۰ـ۱ می‌باشد. هر چه نزدیک به یک باشد، تنوع زیستی زیاد و نزدیک به صفر بدون تنوع زیستی و یا از نظر تنوع زیستی فقیر است. بر اساس نتایج جدول ۸ بیشترین و کمترین میزان یکنواختی به‌ترتیب در قطعات ۲۳ و ۱۵ (۰/۸۲)، ۱۶ (۰/۷۹) و ۲۱ (۰/۶۴) به‌دست آمد. دامنه شاخص یکنواختی بین ۱ـ۰ می‌باشد که مقدار صفر جامعه‌ای با غالبیت یک گونه یا عدم تنوع را نشان می‌دهد و ۱ نشان‌دهنده جامعه‌ای است که در آن گونه‌ها فراوان می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مدیریت زراعی و اجرای نظام کشاورزی فشرده، بر ارایه بسیاری از خدمات بوم‌سازگان در مزارع گندم در منطقه دشت ناز ساری تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که این خدمات تحت تأثیر عواملی متعددی مانند رقم زراعی، تناوب زراعی، روش‌های خاکورزی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه و تولید اکسیژن از رقم کلکتور و بالاترین درصد پروتئین دانه از رقم احسان حاصل گردید. همچنین بیشترین میزان ترسیب کربن، ماده آلی، تنفس میکروبی، فراوانی کرم خاکی و میزان شاخص پایداری خاکدانه از قطعات ۱۴ و ۱۵ به‌دست آمد. به‌طور کلی، زمانی که کشاورزی فشرده با تغییرات آب و هوایی (بارندگی و دما) و کاهش تنوع زیستی همراه باشد، کاهش ارایه خدمات بوم‌سازگان از جمله خدمات تنظیمی و تأمینی حتمی است. بنابراین، اتخاذ روش‌های مدیریتی مناسب و همسو با طبیعیت، می‌تواند به ارائه بیشتر خدمات در کشت‌بوم‌ها و به حفظ پایداری آن‌ها کمک نماید.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌دلیل حمایت مالی از این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید. همچنین از مدیر کشاورزی شرکت زراعی دشت ناز ساری آقای مهندس احسانی و کارشناسان محترم به‌ویژه آقای مهندس مصطفی بندگانی بابت پشتیبانی از اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود. از جناب آقای دکتر حمید ساکنین بابت کمک در شناسایی حشرات تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از مدیریت و کارکنان پژوهشکده برنج و مرکبات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به‌ویژه آقای دکتر مصطفی حق پناه سپاسگزاری می‌گردد.

References

1. Alaru, M., Laur, U., & Jaama, E. (2003). Influence of nitrogen and weather conditions on the grain quality of winter triticale. *Agricultural Research*, *1*(1), 3-10.
2. Balzan, M.V., Pinheiro, A.M., Mascarenhas, A., Morán-Ordóñez, A., Ruiz-Frau, A., Carvalho-Santos, C., Vogiatzakis, I., Arends, J., Santana-Garcon, J., Roces-Díaz, J.V., Brotons, L., Campagne, C.S., Roche, P.K., Miguel, S., Targetti, S., Drakou, E.G., Vlami, V., Baró F., & Geijzendorffer, L.R. (2019). Improving ecosystem assessments in Mediterranean social-ecological systems: A DPSIR analysis. *Ecosystems and People*, 15: 136–155. DOI: https://doi.org/10.1080/26395916.2019.1598499
3. Barzegar, A. (2001). Advanced Soil Physics. First Edition, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran, Pp. 434. (In Persian)
4. Benton, T.G., Vickery, J.A., & Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *TRENDS in Ecology and Evolution*, *18*, 182–188.
5. Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., & Roger-Estrade, J. (2015a). Earthworm services for cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*, 553–567. DOI: https://doi:10.1007/s13593-014-0269-7 .
6. Beylich, A., Oberholzer, H.-R., Schrader, S., Höper, H., & Wilke, B.M. (2010). Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil and Tillage Research*, *109*, 133–143. DOI: https://doi:10.1016/j.still.2010.05.010
7. Bijl, D.L., Bogaart, P.W., Dekker, S.C., Stehfest, E., de Vries, B. J. M., & Van Vuuren, D.P. (2017). A physically-based model of long-term food demand. *Global Environmental Change*, *45*, 47–62. DOI: https://doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.04.003
8. Blesh, J., & Drinkwater, L.E. (2013). The impact of nitrogen source and crop rotation on nitrogen mass balances in the Mississippi River Basin. *Ecological Society of America*, *23*(5), 1017–1035. DOI: https://doi:10.1890/12-

0132.1
9. Bojarszczuk, J., KsięŻak, J., & Gałązka, A. (2017). Soil respiration depending on different agricultural practices before maize sowing. *Plant, Soil and Environment*, *63*, 435–441. DOI: https://doi:10.17221/597/2017-PSE
10. Buchs, W. (2003). Biotic indicators for biodiversity and sustainable agriculture. Elsevier Science Ltd. pp. 560. Amsterdam. https://www.elsevier.com/books/biotic-indicators-for-biodiversity-and-sustainable-iculture/buchs/978-0-444-51551-3
11. Cao, S., Suo, X., Xia, C., Yu, Z., & Feng, F. (2020). Net value of forest ecosystem services in China. *Ecological Engineering*, 142: 1-7. DOI: https://doi:10. 1016/j. ecole ng. 2019. 105645
12. Chen, J., Yu, L., Yan, F., & Zhang, S. (2020). Ecosystem service loss in response to agricultural expansion in the small Sanjiang Plain, Northeast China: process, driver and management. *Sustainability*, *12*(2430), 2-14. DOI: https://doi:10. 3390/ su120 62430 .
13. Clark, M., &Tilman, D. (2017). Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, *12*(6), 1-11. DOI: https://doi:10.1088/1748-9326/aa6cd5
14. Cole, L.J., Kleijn, D., Dicks, L.V., Potts, S.G., Albrecht, M., Balzan, M.V., Bartomeous, I., Bebeli, P.J., Bevk, D., Biesmeijer, J.C., Chlebo, R., Dautartė, A., Emmanouil, N., Hartfield, Anželika Dautartė C., Holland, J.M., Holzschuh, A., Knoben, N.T.J., Kovács-Hostyánszki, A., Mandelik,Y., Panou, H., Paxton, R.J., Petanidou, T., Pinheiro de Carvalho, M.A.A, Rundlöf, M., Sarthou, J.P., Stavrinides, M.C., Suso, M.J., Szentgyörgyi, H., Vaissière, B.E., Varnava, A., Vilà, M., Zemeckis, R., & Scheper, J. (2020). A critical analysis of the potential for EU Common Agricultural Policy measures to support wild pollinators on farmland. *Journal of Applied Ecology*, *57*(4), 681-694. DOI: https://doi:10.1111/1365-2664.13572
15. Colman, C.B., Oliveira, P.T.S., Almagro, A., Soares-Filho, B.S., & Rodrigues, D.B. (2019). Effects of climate and land-cover changes on soil erosion in Brazilian pantanal. *Sustainability*, *11*(7053), 1-16. DOI: https://doi:10.3390/su11247053
16. Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Suttonkk, P., & Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.
17. Dainese, M., Martin, E.A., Aizen, M.A., Albrecht M, Bartomeus, I., & Bommarco, R. (2019). Aglobal synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, *5*(0121), 1-13. https://doi: 10.1126/sciadv.aax0121
18. de Groot, R., Brander, L., Van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., ten Brink, P., & van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, *1*, 50–61. DOI: https://doi:10.1016/j.ecoser.2012.07.005
19. Del Rio, T., Willemen, L., Vrieling, A., & Nelson, A. (2020). Understanding intra-annual dynamics of ecosystem services using satellite image time series. *Remote Sensing*, *12*(710), 1–19. DOI: https://doi:10. 3390/ rs120 40710 .
20. Drinkwater, L.E., Wagoner, P., & Sarrantonio, M. (1998). Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*. 396, 262.
21. Dudley, N., & Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: A review. *Biodiversity*, 18, 45–9. DOI: https://doi:10.1080/14888386.2017.1351892
22. Duguma, M., Feyssa, D., & Biber-Freudenberger, L. (2019). Agricultural biodiversity and ecosystem services of major farming systems: a case study in Yayo Coffee Forest Biosphere Reserve. *Southwestern Ethiopia*, *Agriculture*, *9*(48), 1-26. DOI: https://doi:10. 3390/ agric ultur e9030 048
23. Duru, M., & Therond, O. (2015). Designing agroecological transitions: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1237–1257. DOI: https://doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x .
24. Edmeades, D.C. (2003). The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: A review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *66*(2), 165–180. DOI: https://doi:10.1023/A:1023999816690
25. Imami, M.S., & Arbabi, M. (2005). Study of European red predatory insects in Semirom, Isfahan and biological study of Mulsant gilvifrons Stethorus in the laboratory. *Iranian Journal of Biology*, *18*(2), 157-116. (In Persian)
26. Isermeyer, H. (1952). Eine einfache method zur bestimmang der bodenatmung under carbonate im Boden. Z P Flanzenernaehr Bodenkd. 56: 26-38.

27. Fiebig, M., & Poehling, H. M. (1998). Hostplant selection and population dynamics of the grain aphid Sitobion avenae (F.) on wheat infected with Barley Yellow Dwarf Virus. *IOBC/WPRS Bulletin*, 21: 51-62.
28. Frazao, J., de Goede, R.G.M., Brussaard, L., Faber, J.H., Groot, J.C.J., & Pulleman, M.M. (2017). Earthworm communities in arable fields and restored field margins, as related to management practices and surrounding landscape diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 248: 1–8. DOI: https://doi:10.1016/j.agee.2017.07.014.
29. Galhena, D.H., Freed, R., & Maredia, K.M. (2013). Home gardens: A promising approach to enhance household food security and wellbeing. *Agriculture and Food Security*, *2*(8), 1-13. DOI: https://doi:10.1186/2048-7010-2-8
30. Goldsmith, S., 2007. Density of long horned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) differs at different elevations in Hawaiian montane forest. *The Southwestern Naturalist*, 52: 364-370. DOI: https://doi:10.1894/0038-4909(2007)52[364:DOLBCC]2.0.CO;2
31. Hajek, A.E. (2004). Natural enemies: An introduction to biological control. *Pest Management Science*, 61, 378. DOI: https://doi:10.1002/ps.1020
32. He, F., Shi, L.L., Tian, J.C., & Mei, L.J. (2021). Effects of long-term fertilisation on soil organic carbon sequestration after a 34-year rice-wheat rotation in Taihu Lake Basin. *Plant, Soil and Environment*, 67, 1–7. DOI: https://doi:10.17221/478/2020-PSE
33. Holland, J.M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103, 1–25. DOI: https://doi:10.1016/j.agee.2003.12.018
34. IPBES, 2019. Global assessment report on Biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (Bonn) (https://ipbes. net/global-assessment-report-biodiversity-ecosystemservices) DOI: https://doi:10.5281/zenodo.3553579
35. Kemper, W.D., & Rosenau, R.C. (1986). Aggregate stability and size distribution. In A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI. p. 425–442.
36. Kay, B.D. (2000). Soil Structure, in: *Handbook of Soil Science*, CRC Press, E. M. Sumner, (Ed.), USA: F.I., Boca Raton. p. 229–264.
37. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., & Amin Ghafori, A. (2018). Economic evaluation of agroecosystem services of saffron in the Khorasan Razavi province. *Saffron Agronomy and Technology*, *6*(1), 73-89. (In Persian with English Summary)
38. Khosravi Mashizi, A., Heshmati, G.A., Salman Mahini, A.R., & Escobedo, F.J. (2019). Exploring management objectives and ecosystem service trade-offs in a semi-arid rangeland basin in southeast Iran. *Ecological Indicators*, 98, 794–803. DOI: https:// doi. org/ 10. 1016/j. ecoli nd. 2018. 11. 065
39. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Amin Ghafouri, A., Mahlojirad, M., & Fallahpour, F. (2017). Economic value of agroecosystem services within wheat fields in Khorasan Razavi province. *Journal of Agroecology*, *8*(4), 612-627. (In Persian with English Summary)
40. Kong, D., Liu, N., Wang, W., Akhtar, K., Li, N., Ren, G., Feng, Y., & Yang, G. (2019). Soil respiration from fields under three crop rotation treatments and three straw retention treatments. *PLoS One*, *14*(9), 1-2 DOI: https://doi:10.1371/journal.pone.0219253
41. Kremen, C., & Miles, A. (2012). Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, *17*(4), 40-65. DOI: https://doi:10.5751/ES-05035-170440
42. Lamarque, P., Meyfroidt, P., Nettier, B., & Lavorel, S. (2014). How ecosystem services knowledge and values influence farmers' decisionmaking. *PLoS One*, 9: 1-16. DOI: https://doi:10.1371/journal. pone.0107572 .
43. Lambin, E.F., & Meyfroidt, P. (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity Proc. *National Academy of Sciences*, *108*(9), 3465–3472. DOI: https://doi:10.1073/pnas.1100480108
44. Longato, D., Gaglio, M., Boschetti, M., & Gissi, E. (2019). Bioenergy and ecosystem services trade-offs and synergies in marginal agricultural lands: A remote-sensing-based assessment method. *Journal of Cleaner Production*, 237: 1-42. DOI: https://doi:10. 1016/j. jclep ro. 2019. 117672
45. Ma, S., Swinton, SM., & Lupi, F. (2012). Farmer's willingness to participate in paymentfor-environmental-services programmes. *Journal of Agricultural Economics*, *63*(3), 604–626. DOI: https:// doi.org/10.1111/j.1477-9552.2012.00358.x
46. Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in

organic farming. *Science*, 296: 1694–1697. DOI: https://doi: 10.1126/science.1071148 .
47. Mada, D., Duniya, N., & Adams, I.G. (2013). Effect of continuous application of herbicide on soil and environment with crop protection machinery in Southern Adamawa state. *International Journal of Engineering Science, 2*(6), 4-9.
48. Meeran, M., Fathima, S., Priya, S., Arivoli, S., & Tennyson, S. (2021). Assessment of insect diversity in paddy fields of Uthamapalayam, Theni district, Tamil Nadu, India. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, *5*(2), 88-98. DOI: https://doi:10.22120/jwb.2020.135814.1183
49. Moushani, S., Kazemi, H., Hermann Klug, H., Asadi, M.E., & Soltani, A. (2021). Ecosystem service mapping in soybean agroecosystems. *Ecological Indicators*,121, 1-12. DOI: https://doi:10.1016/j.ecolind.2020.107061
50. Mujib Haqqadam, Z., Jalali Sandi, J., Sadeghi, S.A., & Yousefpour, M. (2009). Introduction of *Oenopia conglobata* (L.) as a predator of elm aphid Tinocallis Nevsky in Guilan province and its biological study in laboratory conditions. *Iranian Journal of Biology*, *22*(2), 370-363. (In Persian with English Summary)
51. Magurran, A.E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurements*, New Jersey, NJ: Princeton University Press. pp. 179. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0
52. Mahmoudi, Q., Jafari, L., & Khorram Del, S. (2014). Evaluation of ecological indicators of dill weed diversity under the influence of planting date and weed control stage. First International Congress, 13th National Congress of Crop Science and Plant Breeding, and 3rd Conference on Seed Technology. pp. 1-5.
53. Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., & Ward, L.K. (2003). The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*, 43, 77-89. DOI: https://doi:10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x
54. Meehan, T.D., Werling, B.P., Landis, D.A., & Gratton, C. (2011). Agricultural landscape simplification and insecticide use in the Midwestern United States. *PNAS* 108: 11500–11505. DOI: https://doi:10.1073/pnas.1100751108 .
55. Méral, P., & Pesche, D. (2016). Les services écosystémiques. Repenser les relations nature et société. Versailles: Quae, 304 p. (Nature et Société). DOI: https://doi:10.35690/978-2-7592-2470-8
56. MEA, (Millennium Ecosystem Assessment). (2003). *Ecosystems and Human wellbeing: A Framework for Assessment.* World Resources Institute, Washington, D.C.pp. 266.
57. MEA. (2005). *Ecosystems and human well-being*, 1st Ed. Washington: Island Press. 64 p.
58. Merrill, S.D., Tanaka, D.L., Krupinsky, J.M., Liebig, M.A., & Hanson, J.D. (2007). Soil water depletion and recharge under ten crop species and applications to the principles of dynamic cropping systems. *Agronomy Journal*, *99*(4), 931–938. DOI: https://doi:10.2134/agronj2006.0134s
59. Menhinick, E.F. (1964). A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*. 45(4), 859-861. DOI: https://doi:10.2307/1934933
60. Mertz, O., Wadley, R.l., Christensen, A.E. (2005). Local land use strategies in a globalizing world: Subsistence farming, cash crops and income diversification. *Agricultural Systems*, 85, 209–215.
61. McDaniel, M.D., Tiemann, L.K., & Grandy, A.S. (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*, *24*(3), 560-70. DOI: https://doi: 10.1890/13-0616.1.
62. Morán-Ordóñez, A., Whitehead, A.L., Luck., G.W., Cook, G.D., Maggini, R., Fitzsimons, J.A., & Wintle, B.A. (2017). Analysis of trade-offs between biodiversity, carbon farming and agricultural development in northern Australia reveals the benefits of strategic planning. *Conservation Letters*, *10*(1), 94–104. DOI: https://doi: 10.1111/conl.12255
63. Nieto-Romero, M., Oteros-Rozas, E., González, J.A., & Martín-López, B. (2014). Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: Insights for future research. *Environmental Science and Policy*, 37, 121-133. DOI: https://doi:10.1016/j.envsci.2013.09.003
64. Obrycki, J.J., & Orr, C.J. (1990). Suitability of three species for nearctic population of Coccinella septempunctata, Hippodamia variegata, and Propylea quatuordecimpunctata. Journal of Economic *Entomology*, *83*(4), 1292-1297. DOI: https://doi: 10.1093/jee/83.4.1292
65. Palomo, I., Felipe-Lucia, M.R., Bennett, E.M., Martín-López, B., & Pascual, U. (2016). Disentangling the pathways and effects of ecosystem service co-production. *Advances in Ecological Research*, 54, 245–283. DOI: https://doi:10.1016/bs.aecr.2015.09.003

66. Paustian, K., Collins, H.P., & Paul, E.A. (1997). Management controls on soil carbon. In: Paul, E.A., Paustian, K., Elliott, E.T. and Cole, C.V., Eds., *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems Long-Term Experiments in North America*, CRC Press, New York, pp. 15-49.
67. Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., & Vandenbulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development*,34, 199–228. DOI: https://doi:10.1007/ s13593-013-0151-z .
68. Pielou, E.C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*, Oxford: Clarendon Press.pp. 632.
69. Pimentel, D., & Wheeler, A.G. (1973). Species and diversity of arthropods in the alfalfa community. *Environmental Entomology*, *2*(4), 659-668. DOI: https://doi:10.1093/ee/2.4.659
70. Pinheiro, E.F.M., Pereira, M.G., & Anjos, L.H.C. (2004). Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. *Soil and Tillage Research*, 77, 19–84. DOI: https://doi:10.1016/j.still.2003.11.005
71. Potapov, P., Hansen, M. C, Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., Smith, W., Zhuravleva, I., Komarova, A., & Minnemeyer, S. (2017). The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science Advance*, *3*(1), 1-13. DOI: https://doi:10.1126/sciadv.1600821
72. Prokopyeva, K., Romanenkov, V., Sidorenkova, N., Pavlova, V., Siptits, S., & Krasilnikov, P. (2021). The Effect of crop rotation and cultivation history on predicted carbon sequestration in soils of two experimental fields in the Moscow region, Russia. *Agronomy*, *11*(226), 1-20. DOI: https://doi:10.3390/ agronomy11020226
73. Qi, Y.C., Wang, Y.Q., Liu, J., Yu, X.S., & Zhou, C.J. (2011). Comparative study on composition of soil aggregates with different land use patterns and several kinds of soil aggregate stability index. *Trans CSAE*. 27, 340–347.
74. Rezaei, M., Talebi Jahromi, K., Kharazi Pakdel, A., & Heydari, H. (2004). Side effects of three pesticides on the eggs of *Chrysoperla carnea* (Stephen.) Neuroptera: Chrysopidae). *Iranian Plant Protection Congress*. p. 206. (In Persian)
75. Rogan, M. (2018). Food poverty, hunger and household production in rural Eastern Cape households. *Development Southern Africa*. 35, 90–104.
76. Rosina, K., Acquah, L.D., Henaku, O.E., Sigismund, A.R., & Ntiamoa, B.Y. (2014). Insect diversity of the Muni-Pomadze Ramsar site: An important site for biodiversity conservation in Ghana. *Journal of Insects*, 1, 1-11. DOI: https://doi:10.1155/2014/985684
77. Roucoux, K.H., Lawson, I.T., Baker, T.R., Del Castillo Torres, D., Draper, F.C., Lähteenoja, O., Gilmore, M.P., Honorio Coronado, E.N., Kelly, T.J., & Mitchard, E.T.A. (2017). Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation. *Conservation Biology*, *31* (12): 83–92. DOI: https://doi:10.1111/cobi.12925
78. Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M., & Hawro, V. (2016). Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 221, 198–204. DOI: https://doi: 10.1016/j.agee.2016.01.039
79. Rutgers, M., Orgiazzi, A., Gardi, C., Römbke, J., Jänsch, S., Keith, A.M., Neilson, R., Boag, B., Schmidt, O., Murchie, A.K., Blackshaw, R.P., Pérès, G., Cluzeau, D., Guernion, M., Briones, M.J.I., Rodeiro, J., Piñeiro, R., Díaz Cosín, D.J., Sousa, J.P., Suhadolc, M., Kos, I., Krogh, P.H., Faber, J.H., Mulder, C., Bogte, J.J., van Wijnen, H.J., Schouten, A.J., & de Zwart, D. (2016). Mapping earthworm communities in Europe. *Applied Soil Ecology*, 97: 98–111. DOI: https://doi:10.1016/j.apsoil.2015.08.015.
80. Therond, O., Duru, M., Roger-Estrade, J., Richard, G. (2017). A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. *Agronomy for Sustainaible Development*, 37: 21. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0429-7.
81. Thornes, J. (2010). Atmospheric services. In: Hester RE, Harrison RM (eds) *Ecosystem service*. The Royal Society of Chemistry Publishing, England Atmospheric Services, pp 70–104
82. Tixier, P., Peyrard, N., Aubertot, J.N., Gaba, S., Radoszycki, J., & Caron-Lormier, G. (2013). Modelling interaction networks for enhanced ecosystem services in agroecosystems. *Advances in Ecological Research*, 49: 437–480. DOI: https://doi:10.1016/B978-0-12-420002-9.00007-X.
83. Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G.J. (2017). Soil carbon debt of 12000 years of human land use Proc. *National Academy of Sciences*, 114: 9575–9580. DOI: https://doi:10.1073/pnas.1706103114
84. Savopoulous, S.M., Papadopoulos, N.T., Panagiotis, M., & Pascal, M. (2012). Abiotic factors and insect abundance. Psyche. A *Journal of Entomology*, 1: 1-2. DOI: https://doi:10.1155/2012/167420
85. Seifert, C.A., Michael, J.R., & Lobell, D.B., 2017. Continuous Corn and Soybean Yield Penalties across Hundreds

of Thousands of Fields. *Agronomy Journal*, *109*(2), 541-548. DOI: https://doi:10.2134/agronj2016.03.0134
86. Scow, K.M. (1997). Soil microbial communities and carbon flow in agro ecosystems. In: Jackson LT, editor. *Ecology in agriculture*. San Diego, CA: Academic Press pp. 367-413.
87. Shannon, C. E., & Weiner, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University IIlinois Press, Urbana, IL: The University of Illinois Press. pp. 1-117
88. Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*. 163:688. https://doi:10.1038/163688a0
89. Six, J., Elliott, E. T., & Paustian, K. (2000). Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, *32*(14): 2099–2103. DOI: https://doi:10.1016/S0038-0717(00)00179-6
90. Stary, P. (1999). *Aphid Parasitoides of Centeral Asian Area*,Pub. House of Czech.144 pp.
91. Stelzl, M., & Devetak, D. (1999). Neuroptera in Agricultural ecosystem. *Agriculture, Ecosystem and Environment*,74:305-321.
92. Strong, D.R., Lawton, J.H., & Southwood, R. (1984). *Insects on Plants: Community Patterns and Mechanisms*, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
93. Su, F. L., Zhao, G. H., Wang, T. L., Li, H. F., & Li, Y. M. (2017). Characteristics of surface soil macro aggregates under different land use patterns. *Pratacultural Science*, 34: 924–931
94. Sun, Q., Qi, W., & Yu, X. (2021). Impacts of land use change on ecosystem services in the intensive agricultural area of North China based on Multi-scenario analysis. *Alexandria Engineering Journal*, *60*(1):1703–1716. DOI: https://doi:10. 1016/J. AEJ. 2020. 11. 020
95. Thornes, J. (2010). Atmospheric Services. In: Hester, R.E., Harrison, R.M. (Eds.), *Ecosystem service*, The Royal Society of Chemistry Publishing, England Atmospheric Services. pp. 70–104.
96. Walkley, A., & Black, I.A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.
97. Well, R.R. (1982). Maize-weed competition and soil erosion in unweeded maize. *Tropical Agriculture*, 59: 207-213.
98. West, T.O., & Post, W.M. (2002). Soil organic carbon by tillage and crop rotation: A global data analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6),1930-1946. DOI: https://doi:10.2136/sssaj2002.1930
99. William, F. L., (2002). *Lady beetles*. Ohio State University Extension Fact Sheet, Horticulture and Crop Science. Division of Wildlife, 2021 Coffey Rd. Columbus, Ohio-43210-1086
100. Wossink, A., & Swinton, S.M. (2007). Jointness in production and farmers' willingness to supply non-marketed ecosystem services. *Ecological Economics*, *64*(2),297-304. DOI: https://doi:10.1016/j.ecolecon.2007.07.003
101. Valizadeh, M., & Moghadam, M. (2002). *Experimental Designs in Agriculture*, Prior Publications.pp. 468.
102. Van Capelle, C., Schrader, S., & Brunotte, J. (2012). Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota – a review with a focus on German data. *European Journal of Soil Biology*, 50: 165–181. DOI: https://doi:10.1016/j.ejsobi.2012.02.005
103. Van Driesche, R. G., & Bellows, T. S. (1996). Biological Control. Chapman & Hall, New York.pp. 539.
104. Van Groeningen, J.W., Lubbers, I.M., Vos, H.M.J., Brown, G.G., De Deyn, G.B., & van Groeningen, K.J. (2014). Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 4: 63-65. DOI: https://doi: 10.1038/srep06365
105. Vargas, L. E. P., Laurance, W. F., Clements, G. R., & Edwards, W. (2015). The impacts of oil palm agriculture on Colombia's biodiversity: what we know and still need to know. *Tropical Conservation Science*, *8* (3): 828-845 DOI: https://doi:10.1177%2F194008291500800317
106. Wolda, H., & Fisk, F.W. (1981). Seasonality of tropical insects. II. Blattaria in Panama. *Journal of Animal Ecology*, 50: 827-838. DOI: https://doi:10.2307/4140
107. Xu, Q., Chen, Q., Zhao, S., Liu, K., & Ma, J. (2018). Saving water and associated energy from distribution networks by considering landscape factors in pressure management and use of district metered areas. *Journal of Environmental Informatal*, *31*(1), 65–73. DOI: https://doi:10.3808/jei.201700361
108. Xu, SQ., Zhang, M.Y., Zhang, H.L., Chen, F., Yang, G.L., & Xiang, X.P. (2013). Soil organic carbon stocks as affected by tillage systems in a double-cropped rice field. *Pedosphere*, *23*(5), 696–704. DOI: https://doi:10.1016/S1002-0160(13)60062-4
109. Yang, Y., Wang, K., Liu, D., Zhao, X., & Fan, J. (2020). Effects of land-use conversions on the ecosystem services

in the agro-pastoral ecotone of Northern China. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119360. DOI: https://doi:10.1016/j. jclep ro. 2019. 119360

110. Zhang, W., Ricketts, T., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, *64*(2), 253–260. DOI: https://doi:10.1016/j.ecole con.2007.02.024

111. Zhang, X.F., Zhu, A.N., & Zhang, J.B. (2015). The long-term effect research of various tillage managements on the soil aggregates and organic carbon in Fluvo-Aquic Scientific Reports. 48: 4639–4648. DOI: https://doi:10.1038/s41598-019-57193-1

112. Zhang, P., Huang, G., An, C., Fu, H., Gao, P., Yao, Y., & Chen, X. (2019). An integrated gravity-driven ecological bed for wastewater treatment in subtropical regions: Process design, performance analysis, and greenhouse gas emissions assessment. *Journal of Cleaner Production*, 212: 1143–1153. DOI: https://doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.027

113. Zhong, L., Wang, J., Zhang, X., & Ying, L. (2020). Effects of agricultural land consolidation on ecosystem services: trade-offs and synergies. *Journal of Cleaner Production*, 264: 1-11. DOI: https://doi:10.1016/j.jclepro.2020.121412