نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۵- شماره۴- پیاپند ۱۳۷ زمستان ۱۴۰۱

ارزیابی، کمّی‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات بوم‌سازگانی در کشت‌بوم‌های علوفه‌ای جو و تریتیکاله

Evaluation and quantification of ecosystem services of barley and triticale agroecosystems

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

۱. دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران ، (نگارنده مسئول)
۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (نگارنده مسئول)
۳. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴. استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۵. دانشیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2024.362198.1647

چکیده

کوزه‌گر کالجی، م.، کاظمی، ح.، کامکار، ب.، امیرنژاد، ح.، حسینعلیزاده، م.، . ارزیابی، کمّی‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات بوم‌سازگانی در کشت‌بوم‌های علوفه‌ای جو و تریتیکاله
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۵ - شماره ۴- پیاپند ۱۳۷ زمستان ۱۴۰۱ صفحه: ۱۰۹-۷۵

خدمات بوم‌سازگان مزایا و کارکردهایی هستند که طبیعت برای انسان فراهم می کند. در این مطالعه انواع خدمات تأمینی، حمایتی و تنظیمی در کشت‌بوم‌های جو و تریتیکاله واقع در شرکت زراعی دشت ناز ساری (استان مازندران) در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ ارزیابی و کمّی سازی شد. خدمات بوم‌سازگانی مورد بررسی شامل تنوع زیستی حشرات و گیاهان هرز از زیر مجموعه خدمات حمایتی با استفاده از شاخص های شانون-واینر، سیمپسون، مارگالف، یکنواختی و منهنیک، خدمات تنظیمی با استفاده از نمایه های تنفس میکروبی خاک، ترسیب کربن، فراوانی کرم خاکی، ماده آلی، پایداری خاکدانه ها، تولید اکسیژن و خدمات تأمینی با نمایه‌های عملکرد و میزان پروتئین دانه ارزیابی و کمّی‌سازی شدند. نمونه های خاک قبل از کشت گیاهان جو و تریتیکاله در آبان ۱۳۹۸ و پس از برداشت آن در خرداد ۱۳۹۹ از عمق ۰-۳۰ سانتی متری برداشت شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان خدمت تولید اکسیژن حدود ۱۷/۶۶ و ۱۶/۵۷ تن در هکتار از قطعات علوفه ای ۱۲ جو و ۱۶ تریتیکاله حاصل گردید. در این پژوهش بیشترین میزان ترسیب کربن (۲/۶۷ تن در هکتار) و فعالیت تنفس میکروبی قبل از کشت و بعد از برداشت محصول به ترتیب به میزان ۹۱/۴۰ و ۴۵/۹۵ میلی گرم CO_2 به ازای هر کیلوگرم خاک در روز به قطعه ۱۸ جو تعلق داشت. بطور کلی مدیریت زراعی و اجرای نظام کشاورزی فشرده، بر ارائه بسیاری از خدمات بوم‌سازگان در مزارع جو و تریتیکاله در منطقه دشت ناز ساری تأثیرگذار بود، به طوری‌که این خدمات تحت تأثیر عواملی متعددی مانند رقم زراعی، تناوب زراعی، روش های خاکورزی و غیره قرار گرفتند.

واژه های کلیدی: تنفس میکروبی، تنوع زیستی، تولید اکسیژن، خدمات تنظیمی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: hkazemi@gau.ac.ir

مقدمه

پس از دهه‌ها، عملکرد محصولات غذایی، خوراک دام و انرژی در بسیاری از مناطق دنیا افزایش یافته است (Pellegrini & Fernández, 2018). تولید محصول یک خدمت بوم‌سازگانی است که حاصل ترکیبی از مشارکت‌های طبیعی و انسانی است(Palomo *et al.,* 2016; Lavorel *et al.,* 2020). از طرفی درحال حاضر حدود ۴۰ درصد خشکی‌های زمین به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارد (Clark & Tilman, 2017)، که خود مهم‌ترین دلیل برای از دست دادن تنوع زیستی فعلی و خدمات آن وکاهش بالقوه تنوع زیستی در آینده است (IPBES, 2019; Dadly & Alxander, 2017). در همین راستا گزارش شده است که فعالیت‌های کشاورزی در جهان منجر به از دست رفتن حداقل ۱۳۳ میلیارد تن کربن خاک شده است (Sanderman *et al.*, 2017). از منظر دیگر، تقاضای جهانی برای غذا و فرصت‌های اقتصادی که کشاورزی برای کشورهای درحال توسعه ایجاد می‌کند، نشان می‌دهد که بسیاری از بوم‌سازگان‌ها با رشد قابل توجه کشاورزی تهدید می‌شوند (Roucoux *et al.,* 2017; Potapov *et al.,* 2017; Morán-Ordóñez *et al.,* 2017). با این حال، بوم‌سازگان‌های کشاورزی توسط انسان برای تولید موادغذایی مهندسی شده‌اند. علاوه بر این،آنها محصولات ارزشمندی مانند فیبر و سوخت و سایر خدمات غیربازاری تولید می‌کنند(Costanza *et al.,* 1997; MEA 2005; de Groot *et al.,* 2012).

خدمات بوم‌سازگان[1]به‌عنوان خدمات ارائه شده توسط محیط طبیعی تعریف می‌شود. این خدمات خروجی‌ها یا اثراتی تولید می کنند که تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر رفاه انسان، فرهنگ و نظام اقتصادی جهانی دارند(Feng *et al.,* 2018; Ma *et al.,* 2020).آن‌ها برای حفظ بهره‌وری کشاورزی ضروری هستند، اما اکثر شیوه‌های مدیریت بوم‌سازگان‌های کشاورزی تنها برای افزایش تولید محصول طراحی شده اند (Dainese *et al.,* 2019). آنها اغلب خدمات بوم‌سازگان را از بین می‌برند (به عنوان مثال، موادآلی خاک، حاصلخیزی خاک وحشرات گرده‌افشان).

اصولا خدمات بوم‌سازگان به موارد زیر اشاره دارند: الف) خدمات تأمینی مانند غذا، محصولات جانبی، سوخت و سایر محصولات قابل برداشت، ب) خدمات تنظیمی مانند کنترل آفات وبیماری‌ها،گرده افشانی و نگهداری خاک، ج) خدمات فرهنگی از قبیل مزایای تفریحی و فرهنگی و د) خدمات حمایتی مانند چرخه عناصر غذایی، جریان آب شناختی و حاصلخیزی خاک که شرایط مناسبی را برای زندگی برروی زمین فراهم می کند (MEA, 2003). خدمات بوم‌سازگان درکشاورزی در درجه اول مواد غذایی تولید می‌کنند که به خودکفایی(Galhena *et al.,* 2013) و وضعیت تغذیه، تنوع غذایی، سلامت و امنیت غذایی برای خانواده‌ها کمک کرده و انواع خدمات ضروری را ارائه می‌دهند (Duguma *et al.,* 2019). برخی از مطالعات نشان داده‌اند که

1\ *Ecosystem Services*

ارزیابی وکمّی‌سازی خدمات می‌تواند از بوم‌سازگان‌های کشاورزی محافظت کند (Longato *et al.,* 2019; Khosravi Mashizi *et al.,* 2019; Del Rio *et al.,* 2020). در پژوهشی دیگر محققان خدمات کشاورزی در شمال چین را ارزیابی کردند وتغییرات آنها را در سناریوهای مختلف کاربری سرزمین پیش بینی کردند (Sun *et al*., 2021). بوم‌سازگان‌های کشاورزی متنوع، خدمات خاصی را افزایش می‌دهند و تغییرات در بوم‌سازگان‌های کشاورزی ممکن است بر راهبردهای توسعه پایدار تأثیر بگذارد (Duguma et al., 2019). نتایج مطالعه ای دیگر نشان داد که نظام‌های کشت حفاظتی عموماً خدمات بوم‌سازگان بیشتری نسبت به سامانه‌های کشت معمولی سویا در ایران فراهم می‌کنند(Moushani 2021 ,*et al*.). تنوع محصولات باعث افزایش تنوع زیستی و خدمات حمایتی و تنظیمی بوم‌سازگان مانند کیفیت آب، کنترل آفات و کیفیت خاک می شود (Beillouin et al., 2021). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که بیشترین میزان تولید اکسیژن و ترسیب کربن در مزارع کلزا به ترتیب ۱۸/۲۴تن در هکتار و ۲/۴۹ تن در هکتار می‌باشد. همچنین بیشترین میزان تنفس میکروبی به ترتیب در حدود ۱۰۰/۴۱ و ۴۹/۸۳ میلی‌گرم دی اکسید کربن به ازای هر کیلوگرم خاک در روز قبل از کاشت و پس از برداشت محصول حاصل گردید (Koozehgar Kaleji *et al.,* 2023).

پیشینه تحقیق در مورد رابطه بین ویژگی‌های ساختاری و عملکردی بوم‌سازگان‌های کشاورزی جهت ارائه انواع خدمات بوم‌سازگان هنوز محدود است. بنابراین درک جامع تر از رابطه بین تنوع زیستی و خدمات بوم‌سازگان برای اجرای بهتر مدیریت کشاورزی، حفاظت از گونه‌ها و ویژگی های عملکردی این بوم‌سازگان‌ها ضروری است(Balzan *et al.,* 2019; Cole *et al.,* 2020). در این راستا کمّی کردن خدمات و کارکردهای مختلف بوم‌سازگان‌های کشاورزی یکی از مهم‌ترین راهبردها در راستای افزایش توجه به این خدمات و ارائه راهکارهای مناسب برای حفظ و پایداری آنها می باشد. از این رو هدف از انجام این مطالعه ارزیابی، کمّی سازی و ارزش گذاری انواع خدمات بوم‌سازگان در کشت‌بوم های جو و تریتیکاله در منطقه دشت‌ناز ساری بود.

مواد و روش ها

معرفی منطقه

این پژوهش مصوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 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 ۸ متر از سطح دریا اجرا شد (شکل ۱). بدین منظور قطعات زیر کشت جو (۶ قطعه به مساحت ۲۲۰ هکتار) و تریتیکاله (۲ قطعه به مساحت ۸۰ هکتار) انتخاب گردید(جدول ۱).

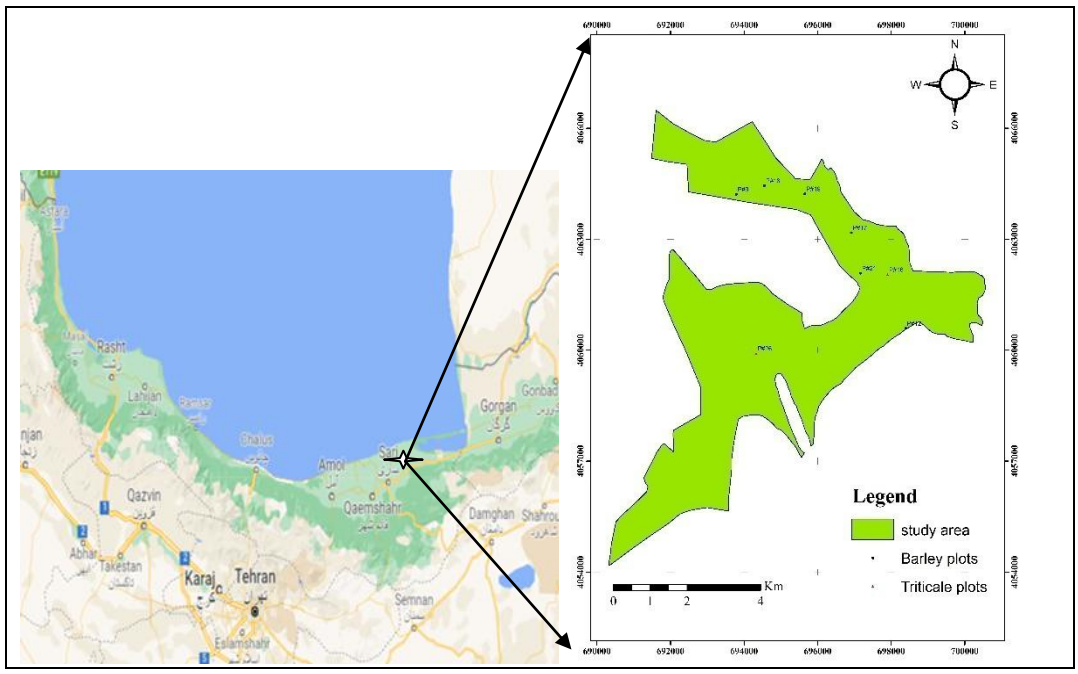
کمّی‌سازی خدمات بوم سازگان

کمّی سازی انواع خدمات ارائه شده در کشت‌بوم‌های جو و تریتیکاله، در ۳ بخش

جدول ۱. مشخصات قطعات تحت کشت جو و تریتیکاله در منطقه دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 1. Details of plots under barley and triticale cultivation in Dasht-e- Naz Sari (Mazandaran province)

شماره قطعه Number of plot	گیاه علوفهای Fodder crop	مساحت(هکتار) Area (ha)	رقم Cultivar	تناوب زراعی Crop rotation
9	Barley جو	22	Sahra صحرا	Wheat-soybean گندم-سویا
12	Barley جو	35	Sahra صحرا	Wheat – corn ذرت-گندم
12	Barley جو	35	Nanius نانیوس	Wheat – corn ذرت-گندم
17	Barley جو	33	Sahra صحرا	Wheat – corn ذرت-گندم
18	Barley جو	25	Nanius نانیوس	Wheat – corn ذرت-گندم
19	Barley جو	40	Sahra صحرا	Wheat-soybean گندم-سویا
21	Barley جو	25	Nanius نانیوس	Fodder– corn ذرت-قصیل
16	Triticale تریتیکاله	40	Paj پاژ	Wheat–soybean ذرت-گندم
26	Triticale تریتیکاله	40	Paj پاژ	Fallow– Fallow آیش-آیش



شکل ۱. موقعیت دشت ناز ساری(استان مازندران)

Fig 1. Location of Dasht-e-Naz Sari, Mazandaran province

براساس ارزیابی هزاره (MEA, 2003) با کمی تغییرات، تقسیم بندی و اندازه گیری شدند. این خدمات عبارت بودند از خدمات حمایتی شامل تنوع زیستی حشرات و گیاهان هرز (شاخص های تنوع شانون _واینر، سیمپسون، مارگالف، منهینیک و یکنواختی)، خدمات تنظیمی شامل تنفس میکروبی خاک، تولید اکسیژن، ماده آلی، ترسیب کربن و فراوانی کرم خاکی و خدمات تأمینی شامل عملکرد و درصد پروتئین دانه.

خدمات حمایتی

خدمات حمایتی در دو بخش تنوع زیستی حشرات و گیاهان هرز ارزیابی شدند. برای نمونه‌گیری حشرات در مزارع جو و تریتیکاله از چسب های زرد، تورهای حشره گیری و تله زمینی استفاده گردید. نمونه گیری ها از اواخر اسفند تا اواسط فروردین ۱۳۹۹ انجام شد. نمونه های حشرات به آزمایشگاه حشره شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر منتقل و در سطح جنس و گونه شناسایی شدند. همچنین نمونه برداری گیاهان هرز (۲۰۰ نمونه) مزارع جو و تریتیکاله از قطعات مختلف با الگوی W و به وسیله کودرات ۰/۵×۰/۵متر مربعی در پاییز ۱۳۹۸ قبل از سمپاشی انجام شد و نمونه ها شناسایی و با نام علمی و خانواده ثبت گردید. سپس شاخص های تنوع زیستی محاسبه شدند. معادله های ۱ تا ۵ به ترتیب محاسبات مربوط به شاخص های سیمپسون، شانون–واینر، مارگالف، منهنیک و یکنواختی را نشان می دهند:

معادله ۱:

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

که در آن: D شاخص سیمپسون، Ni : تعداد افراد گونه i ام و N: تعداد کل گونه ها(Simpson, 1949).

معادله ۲:

$$H' = \sum [Pi (\ln Pi)]$$

Pi:فراوانی نسبی گونه مشخص i ام که به صورت،Pi =ni/Nمحاسبه می شود. ln :به معنای لگاریتم طبیعی است (Shannon & Weaver, 1949; Benton *et al.,* 2003).

معادله ۳:

$$R_1 = S -1/ Ln(N)$$

R_1: شاخص مارگالف، S: تعداد گونه ها و N: فراوانی تمام گونه ها (Marshall *et al.,* 2003).

معادله ۴:

$$R2= S/ \sqrt{N}$$

R_2 : شاخص منهینیک، S: تعداد گونه ها و N : فراوانی تمام گونه ها (Menhinick, 1964).

معادله ۵:

$$E = H'/ \ln S$$

E: شاخص یکنواختی، H′: شاخص شانون – واینر و S: تعداد گونه ها(Pielou, 1934).

خدمات تنظیمی

ترسیب کربن

به منظور کمّی‌سازی ترسیب کربن خاک، از عمق ۰–۳۰ سانتی متر مزارع در دو مرحله قبل از کشت جو و تریتیکاله و بعد از برداشت

محصول نمونه برداری انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه تحقیقات زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. برای تعیین کربن خاک از روش (۱۹۳۴) Walkley & Black و برای محاسبه مقدار ترسیب کربن از رابطه ۶ استفاده گردید:

معادله ۶:

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

که در این رابطه،Cs مقدار تجمع کربن آلی گرم بر مترمربع،OCدرصد کربن آلی، Bd وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب وE عمق نمونه برداری خاک بر حسب سانتی متر می باشد(Walkley & Black, 1934).

میزان کربن آلی خاک توسط رابطه ۷ برآورد شد:

معادله ۷:

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

OC٪: درصد کربن آلی،M : نرمالیته فروآمونیوم سولفات، V1 : فروآمونیوم مصرفی برای شاهد(میلی لیتر)،V2: فروآمونیوم مصرفی برای نمونه مورد نظر (میلی لیتر)،S وزن نمونه خشک شده در هوای آزاد می باشد.

پس از محاسبه کربن آلی از رابطه (۸)، مقدار ماده آلی خاک از رابطه ۸ محاسبه می گردد:

معادله ۸: $\%OM = \%\ OC \times 1.74$

OM٪[۲]: درصد ماده الی خاک و OC[۱] ٪:

درصد کربن آلی می باشد.

و در ادامه برای اندازه گیری مقدار ترسیب .کربن آلی خاک از معادله (۹) استفاده شد

معادله ۹: $C_S= OC_2-OC_1$

که در این رابطه،C_Sترسیب کربن آلی خاک گرم بر متر مربع، OC_2ذخیره کربن آلی خاک در پایان آزمایش و OC_1ذخیره کربن آلی خاک در شروع آزمایش می باشد.

میزان تولید اکسیژن

میزان زیست‌توده تولیدی مزارع با برداشت مستقیم در بهار ۱۳۹۹طبق الگویW و با استفاده از کودرات ۰/۵×۰/۵ متر مربعی اندازه گیری شد. سپس نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند. میزان تولید اکسیژن بر اساس تولید خالص اولیه در فرآیند فتوسنتز، با استفاده از رابطه ۹ محاسبه گردید که طبق آن به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک گیاهی، حدود ۱/۲ کیلوگرم اکسیژن وارد جو می شود (Thornes, 2010).

معادله ۱۰:

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

تنفس میکروبی خاک

نمونه برداری از خاک برای اندازه گیری تنفس میکروبی با استفاده از اوگر ۰-۳۰ سانتی متری انجام شد. تنفس میکروبی خاک شامل فعالیت های میکروبی خاک قبل از کاشت و پس از برداشت جو و تریتیکاله که برحسب میلی گرم CO_2 در هر کیلوگرم خاک در روز محاسبه می شود که از یک نمونه خاک ۲۰ گرمی در آزمایشگاه براساس روش (۱۹۵۲)

۲Organic matter
۳Organic carbon

Isermeyer به دست آمد (معادله ۱۱):

معادله ۱۱:

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

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

پایداری خاکدانه ها

برای اندازه گیری پایداری ساختمان خاک از روش الک تر و شیوه مرطوب کردن سریع استفاده شد .(Kay, 2000)ابتدا خاک هوا-خشک شده (بدون کوبیدن) از الک ۸ میلی متری عبور داده شد. ۵۰ گرم از خاک الک شده (صفرتا ۸ میلی متری سطح خاک) روی یکسری الک به (ترتیب از بالا به پایین۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵میلی‌متر)به طور یکنواخت ریخته شده و در درون آب تکان داده شد (بالا وپایین برده شد)پس از پایان الک کردن، الک ها به آرامی از آب خارج شده، خاکدانه های باقی مانده روی هر الک شسته شده و در آون در دمای۱۰۵cخشک و وزن شدند. سپس خاکدانه های باقیمانده مربوط به هر الک خرد شده و شن و سنگریزه آن جدا شد و جرم واقعی خاکدانه ها بر روی هر الک محاسبه گردید. برای ارزیابی پایداری ساختمان خاک از شاخص های میانگین وزنی قطر [4](MWD) و میانگین هندسی قطر(GMD)[5] خاکدانه ها استفاده شد. میانگین وزنی قطر(MWD) خاکدانه ها از رابطه زیر محاسبه گردید (Kemper *et al.*, 1986).

معادله ۱۲:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} xiwi$$

Xi: میانگین قطر خاکدانه های باقی مانده بر روی هر الک i (میانگین قطر سوراخ های الک بالایی، پایینی)، n : تعداد الک ها و wi: نسبت وزن خاکدانه‌های روی هر الک به وزن کل خاک به کاربرده شده در ابتدای آزمایش پس از کسر ذرات شن و سنگ ریزه می باشد که از رابطه زیر بدست می آید:

معادله ۱۳:

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

w_i: وزن ذرات باقی مانده در دامنه i، $(w_i(_s$

: وزن ذرات شن و سنگ ریزه در دامنه i و w_t

: وزن آون خشک خاک می باشد.

میانگین هندسی ها قطر خاکدانه نتایج آزمایش الک تر را می توان با استفاده از شاخص میانگین هندسی قطر(GMD) خاکدانه‌ها نیز بیان کرد . این شاخص از رابطه زیر محاسبه گردید (Barzegar, 2001):

معادله ۱۴:

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

Xi: میانگین قطر خاکدانه های باقی مانده بر روی هر الک i (میانگین قطر سوراخ های الک بالایی و پایینی)، wi: نسبت وزن خاکدانه های روی هر الک به وزن کل خاک به کاربرده

٤Mean weight diameter

٥Geometric mean particle

شده در ابتدای آزمایش پس از کسر ذرات شن و سنگ ریزه می باشد.

فراوانی کرم های خاکی

قبل از کاشت و پس از برداشت محصول در مزارع جو و تریتیکاله به وسیله کودرات ۰/۵×۰/۵ متر مربعی در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک تعداد کرم‌های خاکی شمارش و ثبت گردید.

خدمات تأمینی

در این مطالعه خدمات تأمینی عملکرد دانه، زیست توده و پروتئین دانه اندازه گیری شد. عملکرد جو و تریتیکاله در بهار ۱۳۹۹ با الگوی W و با استفاده از کودرات ۰/۵×۰/۵ متر مربعی 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 به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه قرار گرفت و سپس وزن گردید. جهت اندازه گیری درصد پروتئین دانه، ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان درصد نیتروژن کل دانه ها محاسبه و سپس با ضرب کردن درصد نیتروژن دانه در ضریب (۵/۸۳ جو) و (۵/۷۰ تریتیکاله)، میزان پروتئین موجود در دانه از رابطه زیر محاسبه گردید (Alaru *et al.*, 2003).

معادله ۱۵:

(۵/۸۳/۵/۷۰) × نیتروژن دانه (٪) = پروتئین دانه ٪

ارزش گذاری خدمات بوم سازگان

ترسیب کربن

به‌منظور تعیین ارزش اقتصادی کربن ذخیره شده در قطعات مورد بررسی، از رویکرد ارزش‌گذاری مبتنی بر هزینه (روش های هزینه ی خسارت اجتناب شده، هزینه جایگزین و هزینه جانشین) استفاده شد. براساس این روش ها برآورد ارزش‌های اقتصادی براساس هزینه های اجتناب شده ی ناشی از کاهش یا نابودی خدمات بوم سازگان، هزینه های جایگزین خدمات بوم سازگان و یا هزینه های فراهم‌سازی خدمات جانشین پایه‌ریزی می گردد (*et al.*, Bateman 1999). بنابراین برای تعیین ارزش کربن جذب شده دی اکسیدکربن میزان رشد سالانه ماده خشک در مزارع محاسبه شد و پس از برآورد میزان تولید و رشد ماده خشک در بوم‌نظام مورد مطالعه حجم کل کربن ذخیره شده به وسیله مزارع (CT) محاسبه شد (معادله ۱۶). کل کربن ذخیره شده به وسیله بوم‌نظام‌های کشاورزی شامل کربن ذخیره شده در اندام هوایی، زمینی و بخش خاک می باشد.

معادله ۱۶:

$$CT = C1+C2$$

در این رابطه C1 و C2 مقدار کربن ذخیره شده در اندام هوایی و اندام زیرزمینی می باشد. همچنین برای برآورد ارزش ریالی میزان کربن انباشت شده در هر یک از مزارع مورد بررسی، مطالعات گذشته نشان می‌دهد که میانگین نرخ مالیات اعمال شده برای انتشار هر تن کربن در سال ۲۰۲۰ معادل ۶۰ دلار بوده است (۲۰۲۱ Pache *et al*.,) که در این مطالعه این عدد مبنا قرار گرفت.

عملکرد دانه و علوفه

ارزش عملکرد و علوفه براساس قیمت پایه هر کیلوگرم دانه و کاه به روش مستقیم بازار تعیین شد (Amirnejad & Atai Salut, 2011).

تولید اکسیژن

به‌ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک گیاهی در حدود ۱/۲ کیلوگرم اکسیژن وارد جو می شود (Thormes, 2010)، بنابراین میزان اکسیژن تولید شده براساس میزان ماده خشک تولیدی (عملکرد کاه + دانه) تعیین و ارزش آن براساس بهای هر کیلوگرم اکسیژن به روش قیمت بازار محاسبه شد.

فراوانی کرم های خاکی

به‌منظور ارزش گذاری کرم های خاکی مزارع موردمطالعه دشت ناز ساری از روش قیمت بازار استفاده شد. براین اساس قیمت هر ۱۰۰۰ کرم خاکی با اندازه متوسط در سال ۲۰۲۰ معادل ۶۵ یورو ارزش گذاری شد (*et al.,* 2021 Rüdisser).

ماده آلی

برای ارزش گذاری ماده آلی از روش قیمت بازار کودهای نیتروژن، فسفر و گوگرد استفاده گردید (Agriculture & Food, 2021).

تجزیه و تحلیل داده ها

تمام داده‌ها با SAS نسخه۹/۴ تجزیه وتحلیل شد وبرای مقایسه میانگین بین ارقام جو (دو رقم) ازآزمون تی در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

جو

خدمات تأمینی

نتایج نشان داد که اثر رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار است(جدول ۲). نتایج نشان داد که رقم نانیوس (۰/۱۷۶± ۴/۴۴ تن در هکتار) عملکرد بیشتری نسبت به رقم صحرا (۰/۰۷۸ ± ۳/۸۲ تن در هکتار) داشت. همچنین بیشترین عملکرد دانه جو (۴/۶۰ تن در هکتار) و کمترین (۳/۸۱ تن در هکتار) به ترتیب از قطعات ۱۸ و ۱۹ به دست آمد. به نظر می رسد استفاده از ارقام اصلاح شده به همراه روش های مدیریت زراعی مطلوب سبب افزایش عملکرد دانه در برخی قطعات شده است. نتایج پژوهشی نشان داد که رقم DWRUB 52 بیشترین میزان عملکرد دانه (۴۵۱۶ کیلوگرم) را در بین ارقام جو در کشور هند داشت (Chaudhary *et al*., 2017). در مطالعه ای دیگر در منطقه Waghimra کشور اتیوپی مشاهد شد بیشترین عملکرد دانه از رقم Bahati با میزان ۳۲۷۱ کیلوگرم و کمترین از رقمHolker با میزان ۱۶۸۷ کیلوگرم بدست می‌آید(Assefa *et al.,* 2021). براساس نتایج (جدول۲) میزان پروتئین و زیست‌توده در بین دو رقم جو تفاوت معنی داری نداشت. نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می دهد که بیشترین و کمترین میزان زیست‌توده گیاهی جو از قطعات ۱۲ و ۱۹ به ترتیب با ۱۴/۵۸ و ۱۱/۱۹ تن در هکتار حاصل شد. میزان زیست توده گیاهی قطعه ۱۲ به دلیل کشت علوفه ای جو بیشتر از قطعات دیگر بود. همچنین بیشترین درصد پروتئین دانه از قطعه ۱۸ و رقم صحرا به میزان ۱۵/۲۰ درصد و کمترین میزان پروتئین ۱۴/۰۰ درصد از قطعه ۹ و رقم نانیوس به دست آمد

جدول۲. نتایج آزمون تی جهت ارزیابی خدمات بوم سازگان در قطعات جو تحت تاثیر رقم در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 2. Results of T-test for ecosystem services in plots of barley as affected by cultivar in Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

Service **خدمت**	Cultivar / Sampling time رقم / زمان نمونه برداری	Average + SD میانگین ± خطای استاندارد	T-value عدد تی	P- value
ترسیب کربن خاک Carbon sequestration in soil (t. ha^{-1})	Sahra Nanius	2.22±0.33 1.99±0.17	1.41	0.57^{ns}
تولید اکسیژن O_2 production (t. ha^{-1})	Sahra Nanius	14.79±1.87 16.13±1.41	-1.84	0.21^{ns}
ماده آلی Organic matter (%)	Before sowing After harvesting	1.28±0.13 1.13±0.16	8.46	0.0001^{**}
تنفس میکروبی Microbial respiration (mg CO_2 per kg of soil per day)	Before sowing After harvesting	66.48±15.94 34.72±10.31	18.31	0.0001^{**}
میانگین وزنی قطر خاکدانه ها Mean weight diameter (mm)	Before sowing After harvesting	1.91±0.74 1.48±0.75	19.43	0.0001^{**}
میانگین هندسی قطر خاکدانه ها Geometric mean particle (mm)	Before sowing After harvesting	3.25±0.39 2.69±0.38	6.15	0.0001^{**}
زیست توده Biomass (t. ha^{-1})	Sahra Nanius	12.32±1.56 13.42±1.18	-1.80	0.08^{ns}
عملکرد دانه Grain yield(t.ha^{-1})	Sahra Nanius	3.82±0.07 4.44±0.17	-8.43	0.15^{**}
پروتئین دانه Grain protein (%)	Sahra Nanius	14.47±0.38 14.50±0.60	-0.10	0.18^{ns}
فراوانی کرم خاکی Earthworm abundance per m^2	Sahra Nanius	7.60±4.08 7.00±3.97	0.34	0.88^{ns}

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant difference, the significant difference at 5 and 1 % of probability level

(جدول ۳). همچنین نتایج مطالعه ای نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به رقم RD 2552 (61/11 درصد) و کمترین میزان آن مربوط به رقم RD 2668 (89/10 درصد) می باشد(Chaudhary *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر بیشترین میزان پروتئین دانه جو در رقم BH902 (12/1/0± 34/12 درصد) و کمترین میزان از رقم BH959(78/1 ± 09/7 درصد) حاصل شد(Rani *et al.*, 2021).

خدمات تنظیمی

انباشت کربن در خاک

در این مطالعه انباشت کربن در خاک تحت‌تأثیر رقم قرار نگرفت (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان انباشت کربن از قطعه ۱۸ (۲/۶۷ تن در هکتار) و قطعه ۹ (۱/۷۱ تن در هکتار) به دست آمد. اساساً نوع عملیات زراعی، تناوب زراعی، آب‌وهوا، خاک و مدیریت نیز بر انباشت کربن تأثیر دارد. مقادیر کربن موجود

جدول ۳.نتایج کمّی سازی خدمات بوم سازگان در کشت بومهای جو در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 3. Quantification results of ecosystem services in barley 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 Soil OM before planting (٪)	ماده آلی خاک بعد از برداشت Soil OM after harvest (٪)	تولید اکسیژن O_2 production (t. ha^{-1})	پایداری خاکدانه ها Aggregate stability (mm)				زیست توده Biomass (t. ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (t. ha^{-1})	پروتئین دانه Grain protein (٪)	فراوانی کرم خاکی Abundance of earthworms (m^2)
							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				
9	59.64	39.81	1.71	1.41	1.28	15.16	2.82	2.42	3.27	3.09	12.64	4.25	14.00	9
12	52.04	29.49	2.09	1.17	0.98	17.66	1.52	1.05	3.27	2.94	14.58	_	-	4
17	42.41	21.66	1.98	1.37	1.26	13.92	1.73	1.38	3.77	3.18	11.61	3.84	14.80	6
18	91.40	54.95	2.67	1.22	1.17	15.68	2.79	2.31	3.70	3.40	13.01	4.60	15.20	13
19	85.36	42.85	2.34	1.44	1.32	13.42	2.69	2.33	3.19	3.08	11.19	3.81	14.22	11
21	65.32	31.63	1.81	1.18	1.00	14.86	0.78	0.31	2.24	2.16	12.39	4.46	14.36	3
میانگین Mean	66.02	36.73	2.10	1.29	1.16	15.12	2.05	1.63	3.28	2.97	12.57	4.19	14.42	7

در خاک زمین های زراعی به طور مستقیم با مدیریت زراعی (کوددهی و تغذیه گیاهی) در ارتباط است، زیرا این اقدامات در زمین های زراعی روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر می گذارد. در مطالعه ای در استان گلستان بیشترین میزان انباشت کربن خاک مزارع جو (۱۹۳۶ کیلوگرم در هکتار) در بخش شرقی و شمال شرقی شهرستان گمیشان و کمترین میزان در بخش های جنوبی و غربی شهرستان گمیشان (۷۷۴- کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد(Mokarrary Kor *et al.*, 2021).

پتانسیل انباشت کربن در گیاه

در این مطالعه میزان انباشت کربن اندام هوایی گیاه در ارقام مختلف معنی دار نشد (جدول۲). براساس نتایج مندرج در جدول ۳ بیشترین پتانسیل انباشت کربن اندام گیاهی از قطعه جو ۱۲ به میزان ۶/۲۰ تن در هکتار و کمترین میزان از قطعه ۱۹ جو به میزان ۴/۶۹ تن در هکتار به دست آمد. در قطعه ۱۲ به دلیل علوفه ای بودن، گیاهان با تراکم بیشتری نسبت به قطعات دیگر کشت شده بودند و باتوجه به رابطه مستقیم زیست‌توده و کربن ذخیره شده در اندام گیاهی، این قطعه بیشترین پتانسیل انباشت کربن در اندام گیاهی را داشت. همچنین در پژوهشی دیگر مشاهده شد که بیشترین میزان پتانسیل ترسیب گیاهی مزارع جو (۲۳۶۹ کیلوگرم در هکتار) در مزارع بخش های جنوبی شهرستان گمیشان و کمترین میزان (۹۹۳ کیلوگرم در هکتار) از بخش های شمالی شهرستان گمیشان به دست آمد (Mokarrary Kor *et al.*, 2021).

تنفس میکروبی خاک

نتایج تفاوت معنی داری را در تنفس میکروبی ارقام و قطعات مختلف جو نشان داد (جدول ۲). براساس نتایج، بیشترین میزان تنفس میکروبی قبل از کشت و بعد از برداشت محصول از قطعه ۱۸ به ترتیب (۹۱/۴۰ و ۵۴/۹۵ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز) و کمترین تنفس میکروبی قبل از کشت و بعد از برداشت محصول از قطعه ۱۷(۴۲/۴۱ و ۲۱/۶۶ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز) به دست آمد (جدول ۳). باتوجه به سابقه کشت قطعات، افزودن کود دامی سبب افزایش مواد غذایی به خاک و در نتیجه افزایش فعالیت ریزجانداران در قطعات ۱۸ و ۱۹ شده است. کود دامی با داشتن عناصر غذایی بیشتر سبب افزایش جمعیت میکروبی و نیز بالاتر بردن میزان تجزیه مواد آلی موجود در خاک و در نتیجه بیشتر بودن مواد موجود برای استفاده ریزجانداران خاک شده و به همین خاطر میزان تنفس میکروبی خاک را در این قطعات نسبت به قطعات دیگر افزایش یافته است. خصوصیات میکروبی خاک تغییرات کیفیت بستر خاک را منعکس می‌کند و بنابراین می توانند به‌عنوان شاخص زیستی سلامت خاک مورداستفاده قرار گیرند) *al.*, 2009 Meriles *et*). در مطالعه ای اثر سه تناوب مختلف زراعی با استفاده از گیاهان سویا، ذرت، گندم، لوپین و یولاف در دو سامانه کاشت بدون خاکو رزی و خاکورزی متداول بر ویژگی های خاک بررسی شد.

نتایج نشان داد که میزان CO_2 متصاعد شده از بقایای لوپین ۱۳ درصد بیشتر از بقایای گندم بود و سرعت بالای تجزیه لوپین نسبت به گندم در هر دو روش خاکورزی سبب افزایش تنفس میکروبی خاک شد (Franchini *et al.*, 2007).

تغییرات ماده آلی

نتایج آزمون تی نشان داد که مقدار ماده آلی قبل از کاشت (۱/۲۸ درصد) و پس از برداشت (۱/۱۳ درصد) در قطعات زیر کشت ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول۲). بیشترین مقدار ماده آلی قبل از کاشت و بعد از برداشت محصول از قطعات ۹ و ۱۹ به ترتیب به میزان ۱/۴۱، ۱/۴۴، ۱/۲۸، ۱/۳۲ درصد و کمترین مقدار ماده آلی قبل از کاشت و بعد از برداشت محصول از قطعه ۱۲ به میزان ۱/۱۷ و ۰/۹۸ درصد مشاهده شد. با بررسی سابقه کشت قطعات مشخص شد که کود آلی قبل از کاشت بذرها به قطعه ۱۹ اضافه شده بود و نیز اجرای تناوب گندم- سویا قبل از کشت جو در آن باقی گذاشتن بقایای گیاه سویا موجب شد که این قطعه ماده آلی بیشتری داشته باشد. در حالی‌که در قطعه ۱۲ با تناوب ذرت – گندم در سال قبل از کشت جو، کل بقایای گیاهی و زیست‌توده ذرت به طور کامل از مزرعه خارج شده بود. گزارش شده است که تناوب های کوتاه‌مدت و یا بلندمدت دارای مزیت های فراوان و مشخص اقتصادی – محیطی می باشد. بعضی از این مزایا در بطن تمامی الگوهای تناوبی نهفته است. برخی دیگر به نوع گیاه زراعی، مدت‌زمان اجرای تناوب و نیز به نوع فن آوری به‌کارگرفته‌شده در آن مانند نوع خاکورزی و یا نحوه‌ی مبارزه با آفات و امراض بستگی دارد. بنابراین انتظار می رود با انتخاب مناسب عوامل زراعی- غیرزراعی در یک نظام تناوبی (گیاه- سال)، اثر تناوب به‌صورت مثبت بروز نموده و اثرات نامطلوب نظام زراعی را کاهش دهد (Crookston *et al.*, 1991). ماده آلی خاک شامل مانده های گیاهی و جانوری در مراحل گوناگون تجزیه، سلول ها و بافت های ریزجانداران خاک و هوموس است که یکی از شاخص های کیفیت و توان تولید خاک به شمار می رود. هرچند کشت‌وکار مداوم و متمرکز موجب ازدست‌رفتن یا کاهش کربن آلی خاک می شود (Ding *et al.*, 2002).

فراوانی کرم های خاکی

براساس نتایج مندرج در جدول ۳، بیشترین و کمترین تعداد کرم های خاکی به ترتیب به ۱۳ و ۳ عدد در مترمربع از قطعات ۱۸ و ۲۱ به دست آمد. اصولاًفعالیت های کرم های خاکی بر ارائه بسیاری از خدمات بوم‌سازگان تأثیر می گذارد. از سویی نوع استفاده از زمین می تواند به‌شدت بر فراوانی کرم های خاکی و در نتیجه کارکردهای مرتبط خاک تأثیر بگذارد. در پژوهشی بین ۲۱ تا ۷۰۰ عددکرم خاکی در مترمربع از علفزارها و ۱۴ تا ۳۸۲عدد در مترمربع در باغ های سیب مشاهده شد (Rüdisser *et al.*, 2021).

تولید اکسیژن

نتایج نشان داد که از نظر تولید اکسیژن در بین ارقام مختلف جو تفاوت معنی داری وجود ندارد (جدول ۲).نتایج مندرج در جدول

۳ نشان داد که بیشترین تولید اکسیژن به میزان ۱۷/۶۶ تن در هکتار از قطعه ۱۲ و کمترین میزان ۱۳/۴۲ تن در هکتار از قطعه ۱۹ به دست آمد. قطعه ۱۲ باتوجه به علوفه ای بودن و کشت متراکم، عملکرد زیست توده بیشتری نسبت به قطعات دیگر داشت بنابراین تولید اکسیژن بیشتری هم در این قطعه حاصل شد.

پایداری خاکدانه‌ها

نتایج آزمون تی نشان داد میزان شاخص میانگین وزنی و میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها قبل از کاشت و برداشت محصول جو تفاوت معنی دار داشتند (جدول ۲). براساس نمونه‌برداری مزرعه ای، بیشترین و کمترین میزان شاخص میانگین وزنی قطردر قبل از کشت و بعد از برداشت به ترتیب ۲/۸۲ و ۲/۴۲ میلی‌متر از قطعه ۹ و ۰/۷۸ و ۰/۳۱ میلی‌متر از قطعه ۲۱ محاسبه شد. همچنین بیشترین و کمترین میزان شاخص میانگین هندسی قطردر قبل از کشت و بعد از برداشت به ترتیب ۳/۷۷ و ۳/۴۰ میلی‌متر از قطعه ۱۷ و ۲/۲۴ و ۲/۱۶ میلی‌متر از قطعه ۲۱ حاصل شد (جدول ۳). اصولاً هرچه مقدار میانگین وزنی قطربزرگ‌تر باشد، پایداری نسبی خاکدانه‌ها نیز بیشتر است. با افزایش میانگین هندسی قطر ذرات خاک، پایداری خاکدانه‌ها کاهش می‌یابد.از دلایل کاهش پایداری خاکدانه‌ها در انتهای فصل رشد می‌توان به تأثیر خاکورزی و فشردگی خاک در اثر رفت‌وآمد ماشین‌آلات در طی فصل اشاره کرد. در همین راستا نتایج مطالعه ای دیگر نشان داد که مخلوط کردن یک درصدکاه وکلش جو با خاک، در بهبود وضعیت توزیع اندازه خاکدانه‌ها بیشترین نقش را دارد، به‌نحوی‌که مقدار شاخص های‌میانگین وزنی قطر و میانگین هندسی قطردر حالت تر به ترتیب ۸۷ و۶۸/۶ درصد و در حالت خشک به ترتیب۳۳/۶ و ۲۱درصد، نسبت به تیمارشاهد بهبود یافت (Mahmood Abadi et al., 2016).

خدمات حمایتی

تنوع زیستی حشرات

در این مطالعه۳ حشره مفید با نام های مگس گل سیرفیده(*Syrphusribesii*)، بال توری سبز (*Chrysoperla carnea*)و کفشدوزک هفت نقطه ای(*Coccinella septempunctata Linnaeus*)در تحقیقات میدانی در مزارع جو مشاهده شد. کفشدوزک ها از عوامل مفید در بوم‌سازگان‌های کشاورزی هستند که نقش بسیار مهمی در ایجاد حالت تعادل و کنترل طبیعی شته ها، پسیل ها، سفید بالک‌ها، زنجرک ها، کنه ها، تخم پروانه ها و لارو تعدادی از حشرات دارند(Imami & Arbabi, 2005; Mujib Haqqadam *et al.*, 2009).امروزه کنترل زیستی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای مدیریت آفات مطرح است. گونه های متعددی از دشمنان طبیعی در کاهش جمعیت شته ها نقش دارند که از رایج‌ترین آن ها می‌توان حشرات پارازیتوئید را نام برد (Van Driesche & Bellows, 1996).در این پژوهش در برخی از قطعات حشره بال توری سبز مشاهده شد. از این حشره مفید به‌عنوان یکی از مناسب ترین دشمنان طبیعی در کنترل تلفیقی آفات استفاده می گردد. مهم‌ترین ویژگی که باعث می شود بال توری سبز جزء شکارگرهای

جدول ۴. مقادیر شاخص های تنوع زیستی حشرات در قطعات جو در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 4. Insect biodiversity indices in barley 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
9	2.05	0.137	0.89	1.21	2.13
12	2.15	0.120	0.98	1.42	2.17
17	2.12	0.123	0.96	1.22	2.01
18	2.20	0.115	0.95	1.23	2.15
19	2.37	0.118	0.92	1.33	2.23
21	2.14	0.119	0.97	1.24	2.02
میانگین Mean	2.17	0.122	0.94	1.27	2.11

جدول ۵. مقادیر شاخص های تنوع زیستی گیاهان هرز در قطعات جو در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 5. Weed biodiversity indices in barley 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
9	2.36	0.047	0.73	2.85	5.52
12	2.65	0.045	0.84	2.34	4.82
17	2.41	0.047	0.76	2.29	4.77
18	2.59	0.044	0.80	2.74	5.44
19	2.39	0.035	0.74	2.35	5.08
21	2.59	0.046	0.82	2.37	4.84
میانگین Mean	2.49	0.044	0.90	2.49	5.07

مـؤثر به‌حساب آید پرخوری و پلی فاژ بودن لاروهای آن ها و نیز مقاومت خوب آن ها در مقابـل بسیاری از آفـت‌کش ها است(*et al.,* 2004 Rezaei Stelzl). در این مطالعه، بالاترین شاخص تنوع حشرات شانون – واینر با میانگین۲/۳۷ و ۲/۲۰ به ترتیب برای قطعات ۱۹ و ۱۸ محاسبه شد و کمترین مقادیر آن در قطعات ۹ و ۲۱ با میانگین ۲/۰۵ و ۲/۱۲ به دست آمد (جدول ۴). اصولاً هر چه این شاخص کم باشد، تنوع کمتر و هرچه این شاخص بیشتر باشد، تنوع، غنای گونه ای و یکنواختی بیشتر است. از طرف دیگر، شاخص یکنواختی معیار فراوانی گونه ها و دسته های مختلف در جامعه ای با دامنه صفر تا یک است. وقتی یکنواختی نزدیک به صفر باشد، بیشتر افراد به یک یا چندگونه تعلق دارند. در مطالعه حاضر، یکنواختی بین ۰/۹۸ از قطعه ۱۲ تا ۰/۸۹ از قطعه ۹ متغیر بود. همچنین، در این مطالعه، بیشترین مقدار شاخص سیمپسون از قطعه ۹، به میزان ۰/۱۳۷ و کمترین مقدار این شاخص از قطعه ۱۸، به میزان۰/۱۱۵ محاسبه شد. مقدار بالای این شاخص ارزش گونه ها را نشان می دهد. در این مطالعه بیشترین و کمترین میزان شاخص مارگالف به ترتیب

جدول ۶. نتایج کمّی سازی خدمات بوم سازگان در کشت بوم های تریتیکاله در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 6. Quantification results of ecosystem services in triticale 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 Soil OM before planting (٪)	ماده آلی خاک بعد از برداشت Soil OM after harvest (٪)	تولید اکسیژن O_2 production (t. ha^{-1})	زیست توده Biomass (t. ha^{-1})	عملکرد دانه Grain yield (t. ha^{-1})	پروتئین دانه Grain protein (٪)	فراوانی کرم خاکی Abundance of earthworms (m^2)
16	42.84	22.67	2.03	1.44	1.32	16.07	13.39	-	-	5
26	51.99	28.40	1.87	1.35	1.20	14.49	12.07	3.53	11.85	3
میانگین Mean	47.42	25.53	1.95	1.39	1.26	15.28	12.73	3.53	11.58	4

۲/۲۳ و ۲/۰۱ از قطعات ۱۹ و ۲/۰۱ حاصل شد. بیشترین و کمترین مقادیر شاخص غنای گونه‌های منهنیک با ۱/۴۲، ۱/۲۱ به ترتیب از قطعات ۱۲ و ۹ به دست آمد (جدول ۴).

تنوع زیستی گیاهان هرز

راساس نتایج حاصل از نمونه برداری، بیشترین شاخص تنوع شانون – واینر با میانگین های ۲/۶۵، ۲/۵۹ و ۲/۵۹ به ترتیب از قطعات ۱۲، ۱۸ و ۲۱ به دست آمد و کمترین مقادیر این شاخص از قطعه ۹ با میانگین ۲/۳۶ محاسبه شد. نتایج بررسی ها نشان داد که بیشترین میزان شاخص منهنیک در قطعات ۹ و ۱۸ به ترتیب با ۲/۸۵، ۲/۷۴ و کمترین میزان شاخص منهنیک برابر با۲/۲۹ از قطعه ۱۷ به دست آمد. همچنین بیشترین میزان شاخص سیمپسون در مزارع جو، به ترتیب ۰/۰۴۷ به قطعات ۹ و ۱۷ و کمترین مقدار از این شاخص به ترتیب ۰/۰۳۵ به قطعه ۱۹ تعلق داشت. براساس نتایج مندرج در جدول ۵، بیشترین و کمترین میزان یکنواختی به ترتیب در قطعات ۱۲ (۰/۸۴)، ۹ (۰/۷۳) به دست آمد.همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان تنوع گونه ای بر اساس شاخص مارگالف برابر با ۵/۵۲ و ۵/۴۴ به ترتیب متعلق به قطعات ۹ و ۱۸ بود (جدول ۵). بالا بودن شاخص مارگالف نشان‌دهنده تنوع بالای گونه ای در این قطعات می باشد. اصولاً تنوع زیستی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد و افزایش پایداری در کشاورزی شناخته شده است. اهمیت تنوع زیستی در کشت‌بوم‌ها فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، مهار آفات، بیماری ها و گیاهان هرز را در بر دارد. هرچند در نگاه اول به گیاهان هرز به‌عنوان عامل خسارت زا و کاهش‌دهنده محصول نگریسته می‌شود اما وجود آنها تا قبل از سطح آستانه اقتصادی می‌تواند ارائه‌دهنده خدمات متعددی باشد.

تریتیکاله

خدمات تأمینی

براساس نتایج (جدول ۶) میزان عملکرد دانه تریتیکاله در قطعه ۲۶، ۳/۵۳ تن در هکتار به دست آمد.همچنین بیشترین میزان زیست‌توده

گیاهی از قطعه ۱۶ تریتیکاله علوفه‌ای ۱۳/۳۹ تن در هکتار به دست آمد. نتایج پژوهشی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه وعملکردزیستی تریتیکاله به ترتیب برابر۵۶۴۱/۳۳ و ۱۹۰۱۳/۶۶ کیلوگرم درهکتاراست(Salehi *et al.*, 2018). در پژوهشی دیگر عملکرد دانه تریتیکاله در بین لاین های مورد آزمایش از ۵۴۷۵-۷۱۹۶ کیلوگرم در هکتار متغیر بود که بیشترین عملکرد دانه در لاین 13X2-3و کمترین عملکرد دانه از لاین 14X1-1 حاصل شد(Aydoğan *et al.*, 2010). میزان پروتئین دانه ۱۱/۸۵ درصد محاسبه شد (جدول ۷). در پژوهشی بیشترین میزان پروتئین دانه از کشت مخلوط تریتیکاله+ نخودفرنگی ۱۲/۷۶ و کمترین میزان هم از کشت خالص تریتیکاله ۱۱/۹۶ به دست آمد (Salehi *et al.*, 2018).

خدمات تنظیمی

انباشت کربن در خاک

بیشترین و کمترین میزان انباشت کربن در خاک از قطعه ۱۶ (۲/۰۳ تن در هکتار) و قطعه ۲۶ (۱/۸۷ تن در هکتار) به دست آمد (جدول ۶). محتوای کربن آلی کل، یک شاخص مهم از کیفیت خاک است که بر کارکردهای مختلف خاک ازجمله بهره‌وری اولیه و تنظیم آب‌وهوا و خدمات بوم‌سازگان تأثیرگذار است (Bünemann *et al.*, 2018; Van de Broek *et al.*, 2019). اقدامات مدیریتی تقویت ذخایر کربن آلی خاک مانند کوددهی، تناوب های مختلف زراعی، کشت گیاهان پوششی و خاکورزی کاهش‌یافته می باشند(Rump *et al.*, 2018; Don *et al.*, 2018). علاوه بر روش‌های استفاده از زمین کشاورزی، در مناطق معتدل، متغیرهای اصلی برای ذخیره‌سازی کربن آلی خاک عبارت‌اند از بافت خاک، رژیم آب خاک، فعالیت زیستی، نسبت C/N خاک، محتوای کل کربن آلی خاک، pH خاک، آب‌وهوا، پوشش گیاهی و همچنین سابقه کاربری زمین (Vos *et al.*, 2018). سابقه کشت قطعات ۱۶ و ۲۶ قبل از کشت تریتیکاله نشان می دهد که به ترتیب تناوب زراعی گندم- ذرت و آیش- آیش در آن قطعات اجرا شده است. هر دو گیاه گندم و ذرت به طور کامل از مزرعه برداشت و تقریباً کل زیست‌تودهآن ها از زمین خارج شده است، بنابراین مقدار کربن ذخیره شده در خاک کاهش می یابد. از دلایل دیگر کاهش انباشت کربن می توان به شخم زمین در هنگام آماده‌سازی بستر بذر اشاره کرد که باعث جلوگیری از انباشت کربن در خاک می گردد. همچنین در قطعه ۱۶ میزان هدررفت و کاهش کربن آلی خاک به دلیل کشت علوفه ای و حفظ پوشش سطح خاک کمتر بود.

تنفس میکروبی خاک

براساس نتایج (جدول ۶)، بیشترین میزان تنفس میکروبی قبل از کشت و بعد از برداشت محصول از قطعه ۲۶ به ترتیب (۵۱/۹۹ و ۲۸/۴۰ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز) و کمترین تنفس میکروبی قبل از کشت و بعد از برداشت محصول از قطعه ۱۶ (۴۲/۸۴ و ۲۲/۶۷ میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر کیلوگرم خاک در روز) به دست آمد از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تنفس میکروبی خاک می توان به درجه حرارت، رطوبت و ساختار

پوشش گیاهی اشاره کرد که این عوامل تحت‌تأثیر فعالیت های کشاورزی و شیوه مدیریت می باشد. تنفس میکروبی جریان دی‌اکسیدکربن (CO_2) است که از خاک به جوّ منتشر می شود و جزء اصلی چرخه جهانی کربن است(Hursh *et al.,* 2017). تنفس میکروبی به مقدار و کیفیت کربن آلی خاک مربوط است زیرا تجزیه ناشی از فعالیت میکروبی، منبع اصلی تنفس میکروبی است (Numa *et al.,* 2021; Yan *et al.,* 2018). در زمین‌های کشاورزی عوامل زنده بیشتر تحت‌تأثیر مدیریت زراعی از جمله خاکورزی قرار می‌گیرد. از طرفی کاربرد فناوری کشاورزی بر خواص زیستی و فیزیکی خاک تأثیر می‌گذارد و منجر به تغییر در ظرفیت نگهداری آب، جریان حرارتی خاک، تخلخل، دردسترس‌بودن اکسیژن و مقدار و توزیع عمودی کربن آلی خاک می‌شود (Jakab *et al.,* 2017). این خصوصیات خاک به طور مستقیم بر دمای خاک و محتوای آب خاک تأثیر می گذارد. سایر جنبه‌های مدیریت نیز بر تنفس میکروبی و حتی رابطه بین تنفس میکروبی و محتوای آب خاک تأثیر گذار است (Moinet *et al.,* 2019).

تغییرات ماده آلی

نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ماده آلی در قبل از کاشت و بعد از برداشت با میزان ۱/۴۴ و ۱/۳۲ به قطعه ۱۶ تعلق داشت و همچنین کمترین مقدار ماده آلی با ۱/۳۵ و ۱/۲۰ از قطعه ۲۶ حاصل شد (جدول ۶). کاهش ماده آلی خاک ناشی از اقدامات کشاورزی فشرده و تنزل کیفیت و کارکرد خاک می باشد (Shrestha *et al.,* 2015) که بر پایداری بلندمدت تولید مواد غذایی تأثیر منفی می‌گذارد. با اتخاذ شیوه‌های مدیریت کشاورزی هدفمند جهت ارتقای سلامت خاک، محتوای ماده آلی خاک در درازمدت حفظ یا افزایش می یابد(Kirkby *et al.,* 2013). محققان استدلال کرده‌اند که خاک‌هایی با مواد آلی بیشتر، میزان آب بیشتری را نسبت به خاک‌هایی با مواد آلی کم می‌توانند حفظ کنند و محصولات را از تلفات ناشی از گرمای شدید و خشکسالی محافظت کنند(Iizumi & Wagai, 2019; Carminati & Javaux, 2020). از سویی روش های خاکورزی به‌طور گسترده‌ای بر خواص زیستی، شیمیایی و فیزیکی تأثیرگذار است. کشاورزی بدون شخم از هرگونه اختلال سطح خاک به‌غیر از اختلال ناشی از کاشت جلوگیری می‌کند (Bai *et al.,* 2018) و این عمل حفاظتی افزایش فعالیت‌های زیستی خاک، چرخه مواد مغذی، پایداری خاکدانه‌ها و محتوای کربن آلی خاک در خاک سطحی بهمراه دارد (Assunção *et al.,* 2019; Bai *et al.,* 2018).

فراوانی کرم های خاکی

بیشترین و کمترین تعداد کرم های خاکی به ترتیب به ۵ و ۳ عدد در مترمربع از قطعات ۱۶ و ۲۶ به دست آمد (جدول ۶).کاهش فراوانی کرم های خاکی این مزارع می تواند به خاکورزی، کاربرد کودهای شیمیایی و سموم و فشردگی خاک در اثر رفت‌وآمد ماشین‌آلات مرتبط باشد. مشاهده تنوع و فراوانی کرم های خاکی در کاربری های مختلف زمین امکان بهبود کیفیت خاک را نشان می‌دهد(Fusaro *et*

جدول ۷. نتایج کمّی سازی خدمات بوم سازگان در کشت بوم های تریتیکاله در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table7. Quantification results of ecosystem services in triticale agroecosystems of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

شماره قطعه Number of plot	پایداری خاکدانه ها Aggregate stability (mm)			
	میانگین هندسی قطر خاکدانه قبل از کاشت MWD before planting	میانگین هندسی 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
16	1.53	1.22	3.15	2.81
26	1.85	1.42	3.24	2.95
میانگین Mean	1.69	1.32	3.23	2.82

al., 2018; Lavelle *et al.,* 2014). نوع کاربری، روش مدیریتی و شرایط آب‌وهوایی، جوامع کرم خاکی را در منطقه تعیین می‌کند و عواملی مانند مقدار، محتوای ماده آلی خاک، محتوای رس و بافت خاک بر ترکیب آن ها در مزرعه تأثیرگذار است (Palm *et al.,* 2013; Birkhofer *et al.,* 2012).

تولید اکسیژن

نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین تولید اکسیژن از قطعات ۱۶ (۱۶/۰۷ تن در هکتار) و کمترین میزان تولید اکسیژن از قطعه ۲۶ (۱۴/۴۹ تن در هکتار) مشاهده شد. افزایش تولید اکسیژن در این قطعه، نتیجه کشت علوفه ای محصول می باشد. در این قطعه هنگام کاشت بذر تراکم بوته بیشتری در نظر گرفته شده بنابراین زیست‌توده تولیدی بیشتر، سبب افزایش تولید اکسیژن بیشتر در قطعه ۱۶ شد (جدول ۶). در همین راستا نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که بیشترین و کمترین میزان تولید اکسیژن گندم به ترتیب به میزان ۱۳/۴۳ تن در هکتار از رقم کلکتور و ۱۰/۶۹ تن در هکتار از رقم تیرگان حاصل گردید. دلیل افزایش تولید اکسیژن در رقم کلکتور افزایش ارتفاع و زیست توده گیاهی بیشتر آن نسبت به ارقام دیگر بود(Koozehgar *et al*., 2023 Kaleji).

پایداری خاکدانه‌ها

براساس نمونه‌برداری مزرعه ای، بیشترین و کمترین میزان شاخص میانگین وزنی قطر(MWD) در قبل از کشت و بعد از برداشت به ترتیب ۱/۸۵ و ۱/۴۲ میلی‌متر از قطعه ۲۶ و ۱/۵۳ و ۱/۲۲ میلی‌متر از قطعه ۱۶ حاصل شد. همچنین بیشترین و کمترین میزان شاخص میانگین هندسی قطر(GMD)در قبل از کشت و بعد از برداشت به‌ترتیب ۳/۲۴ و ۲/۹۵ میلی‌متر از قطعه ۲۶ و ۳/۱۵ و ۲/۸۱ میلی‌متر از قطعه ۱۶ محاسبه شد (جدول ۷). در بسیاری از مطالعات در بوم‌سازگان‌های کشاورزی توزیع خاکدانه‌ها، پایداری خاکدانه‌ها، کربن آلی خاک مرتبط با خاکدانه را تحت‌تأثیر شیوه‌های مختلف مدیریت زمین از جمله خاکورزی، کوددهی، تبدیل بوم‌سازگان‌های طبیعی به کشت‌بوم‌ها و بالعکس گزارش کردند (Garland *et al.,* 2017; Jiang *et al.,*

جدول ۸. مقادیر شاخص های تنوع زیستی در قطعات تریتیکاله در دشت ناز ساری (استان مازندران)

Table 8. Insect and weed biodiversity indices in triticale plots of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province)

تنوع زیستی Biodiversity	شماره قطعه Number of plot	شانون- واینر Shannon-Weiner	سیمپسون Simpson	یکنواختی Uniformity	مارگالف Margalef	منهنیک Menhinick
حشرات Insect	16	2.49	0.088	0.94	2.88	1.45
	26	2.40	0.100	0.93	2.66	1.32
	میانگین	2.44	0.094	0.93	2.77	1.38
هرز گیاهان Weed	16	2.89	0.052	0.90	2.05	2.32
	26	2.40	0.048	0.74	1.92	2.15
	میانگین	2.64	0.050	0.82	1.98	2.23

2017). نتایج مطالعه ای نشان داد که اثرات ریزوسفر باعث بهبود پایداری خاکدانه‌ها می‌شود. همچنین، میانگین وزنی قطر MWD و میانگین هندسی قطر GMD خاکدانه‌های خاک ریزوسفری به طور معنی‌داری بیشتر از خاکدانه‌های غیر ریزوسفری بود. این یافته‌ها نشان داد که ریشه‌های گیاه پتانسیل بالایی برای تنظیم پایداری ساختاری خاک، افزایش مقاومت به فرسایش خاک و جذب کربن آلی دارند (Li *et al*., 2020).

خدمات حمایتی

تنوع زیستی حشرات

در این مطالعه۴ حشره مفید و غیر آفت در مزارع تریتیکاله با نام های مگس گل سیرفیده (*Syrphusribesii*)،بال توری سبز(*Chrysoperla carnea*)، کفشدوزک هفت نقطه ای(*Coccinella septempunctata Linnaeus*) و زنبورعسل (*Apis ellifera mellifica*) در تحقیقات میدانی مشاهده شد. این افزایش حشرات مفید می تواند بر اثر کشت مخلوط تریتیکاله+ شبدر و علوفه ای بودن کشت تریتیکاله در این قطعه باشد. در این قطعه هیچ مبارزه با گیاهان هرز صورت نگرفته بود و این گیاهان میزبان حشرات بودند، بنابراین تعداد حشرات بیشتری در این قطعه مشاهده شد. بررسی ها نشان می دهد بال توری سبز و زنبور پارازیتوئید از شته ها و حشرات کوچک دیگر تغذیه می کنند و زنبور پارازیتوئید طیف گسترده ای ازآفات کشاورزی وآفات جنگلی به‌خصوص بال پولک‌داران وسخت بال‌پوشان را می کشند و موجب کاهش جمعیت آن هامی شوند(Quicke, 2015). می توان از این حشرات در کنترل زیستی آفات استفاده کرد. همچنین مگس های بالغ سیرفیده پس از زنبورها به‌عنوان دومین گروه گرده‌افشان در گروه حشرات، از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند(Barbir, 2015). لارو اکثر گونه های این مگس شکارچی هستند و نقش مؤثری در کنترل آفات و حفظ تعادل طبیعی بوم‌سازگان‌های کشاورزی دارند (Haenke *et al.,* 2009). در این پژوهش بیشترین شاخص تنوع حشرات شانون- واینر، شاخص یکنواختی، شاخص مارگالف و شاخص منهنیک به ترتیب با میانگین۲/۴۹، ۰/۹۴، ۱/۴۵ و ۲/۸۸ از قطعه ۱۶ به دست آمد. بیشترین شاخص سیمپسون از قطعه ۲۶ با

میانگین ۰/۱۰۰ حاصل شد (جدول ۸).

تنوع زیستی گیاهان هرز

براساس نتایج حاصل از نمونه برداری، بیشترین شاخص تنوع شانون - واینر، سیمپسون، شاخص یکنواختی و شاخص تنوع گونه‌ای مارگالف و منهنیک به ترتیب با میانگین های ۲/۸۹، ۰/۰۵۲، ۰/۹۰، ۲/۳۲ و ۲/۰۵ از قطعه ۱۶ به دست آمد و کمترین میزان شاخص‌های تنوع زیستی گیاهان هرز از قطعه ۲۶ حاصل شد (جدول ۸). با توجه به کشت علوفه ای تریتیکاله در قطعه ۱۶، از روش شیمیایی برای کنترل گیاهان هرز استفاده نشد. این عامل باعث فراوانی و تنوع گونه‌ای بیشتری در این قطعه شد. در مطالعه ای دیگر بالاترین میزان شاخص تنوع زیستی سیمپسون از مزارع تریتیکاله و کمترین از قطعات گندم بهاره حاصل شد(Sawicka *et al.*, 2020). اصولاً شاخص سیمپسون وضعیت تنوع زیستی یک منطقه را تعیین می کند و همچنین احتمال انتخاب تصادفی دو نمونه از یک‌گونه را ثابت می‌کند. دامنه شاخص سیمپسون از ۰-۱ می باشد. هر چه نزدیک به یک باشد، تنوع زیستی نامحدود و نزدیک به صفر بدون تنوع زیستی و یا تنوع زیستی فقیرتر است.

ارزش گذاری خدمات در قطعات جو

باتوجه به نتایج جدول ۹ بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی کارکرد علوفه و کاه جو از قطعات ۱۲ و ۱۹ به ترتیب برابر با ۹۲۰۰۰۰۰۰ و ۴۶۰۶۲۵۰۰ ریال در سال برآورد شد. همچنین میزان ارزش اقتصادی علوفه هر هکتار جو به طور متوسط ۵۶۸۶۴۵۸۳/۳۳ ریال تعیین شد (جدول ۹). قطعه ۱۲ به دلیل کشت علوفه ای بیشترین میزان تولید علوفه و در نتیجه بیشترین ارزش اقتصادی علوفه در بین قطعات دارا بود. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی عملکرد دانه جو از قطعات ۱۸ و ۱۹ به ترتیب با ۷۴۹۸۰۰۰۰ و ۶۲۱۰۳۰۰۰ ریال در سال به دست آمد و میزان ارزش اقتصادی عملکرد دانه هر هکتار از قطعات جو به طور متوسط ۶۸۳۲۹۶۰۰ ریال تعیین شد.

نتایج ارزش‌گذاری اقتصادی انباشت کربن نشان داد بیشترین و کمترین ارزش به میزان ۸۷۰۴۵۰۰۰ و ۷۱۹۲۵۰۰۰ ریال به ترتیب از قطعات ۱۲ و ۱۷ به دست آمد و میزان ارزش اقتصادی انباشت کربن هر هکتار از قطعات جو به طور متوسط ۷۷۵۷۷۵۰۰ ریال تعیین شد (جدول ۹). قطعه ۱۲ باتوجه به کشت علوفه‌ای، زیست‌توده بیشتری نسبت به قطعات دیگر داشت، بنابراین انباشت کربن بیشتری و ارزش اقتصادی بالاتری نسبت به سایر قطعات داشت.

باتوجه به نتایج جدول ۹ بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی ماده آلی به ارزش ۲۶۴۰۳۰۰۰ ریال از قطعه ۱۲ و ۱۹۷۳۴۰۰۰ ریال از قطعه ۲۱ به دست آمد و متوسط ارزش اقتصادی میزان ماده آلی در هر هکتار ۲۲۲۲۳۵۰۰ ریال برآورد شد. باتوجه به مصرف کود دامی، کشت سویا در سال قبل و حفظ بقایای آن در خاک، در قطعات ۱۸ و ۱۹ باعث شد که این قطعات ماده آلی بیشتر و در نتیجه ارزش اقتصادی بیشتری داشته باشند.

جدول۹ . نتایج ارزش گذاری خدمات بوم سازگان در کشت بوم های جو در دشت ناز ساری (استان مازندران)

بر حسب ریال در هکتار

Table 9. Valuation results of ecosystem services in barley agroecosystems of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province) (Rials/ha)

شماره قطعه Number of patch	عملکرد دانه Grain yield	علوفه و کاه Fodder and Straw	تولید اکسیژن O2 production	ترسیب کربن Carbon sequestration	ماده آلی خاک Organic matter	فراوانی کرم خاکی Abundance of earthworms
9	69275000	52437500	166760000	73605000	20631000	108810000
12	-	92000000	194260000	87045000	26403000	48360000
17	62592000	48500000	153120000	71925000	20631000	72540000
18	74980000	52625000	172480000	85575000	23712000	157170000
19	62103000	46062500	147620000	73815000	22230000	132990000
21	72698000	49562500	163460000	73500000	19734000	36270000
میانگین Mean	68329600	56864583.33	166283333.33	77577500	22223500	92690000

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی تولید اکسیژن به میزان ۱۹۴۲۶۰۰۰۰ ریال از قطعه ۱۲ و ۱۴۷۶۲۰۰۰۰ ریال از قطعه ۱۹ حاصل شد. قطعه ۱۲ به دلیل کشت علوفه ای، میزان زیست‌توده گیاهی بیشتری نسبت به قطعات دیگر داشت بر همین اساس میزان تولید اکسیژن بیشتر و ارزش اقتصادی بیشتری هم دارا بود. همچنین میزان ارزش اقتصادی تولید اکسیژن هر هکتار از قطعات جو در دشت ناز ساری به طور متوسط ۱۶۶۲۸۳۳۳۳/۳۳ ریال در سال آزمایش تعیین شد (جدول ۹).

نتایج ارزش‌گذاری اقتصادی فراوانی کرم های خاکی نشان می دهد که بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی کرم های خاکی به میزان ۱۵۷۱۷۰۰۰۰ ریال از قطعه ۱۸ و ۳۶۲۷۰۰۰۰ ریال از قطعه ۲۱ محاسبه شد و متوسط میزان ارزش اقتصادی فراوانی کرم های خاکی در هر هکتار از قطعات جو حدود ۹۲۶۹۰۰۰۰ ریال تعیین شد (جدول ۹).

ارزش گذاری خدمات در قطعات تریتیکاله

باتوجه به نتایج جدول ۱۰ بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی کارکرد علوفه و کاه تریتیکاله از قطعات ۱۶ و ۲۶ به‌ترتیب برابر با ۸۳۶۸۷۵۰۰ و ۵۳۳۵۷۰۰۰ ریال در سال برآورد شد. میزان ارزش اقتصادی علوفه هر هکتار از قطعات تریتیکاله به طور متوسط ۶۸۵۳۱۲۵۰ ریال تعیین شد. همچنین نتایج نشان داد بیشترین ارزش اقتصادی عملکرد دانه قطعات تریتیکاله دشت ناز ساری از قطعات ۲۶ به میزان ۴۰۵۹۵۰۰۰ ریال در سال به دست آمد.

نتایج ارزش گذاری اقتصادی انباشت کربن نشان داد بیشترین و کمترین ارزش به میزان ۸۱۷۹۵۰۰۰ و ۷۴۱۳۰۰۰۰ ریال به ترتیب از قطعات ۱۶ و ۲۶ به دست آمد و میزان ارزش اقتصادی انباشت کربن هر هکتار از قطعات زیر کشت تریتیکاله به طور متوسط ۷۷۹۶۲۵۰۰ ریال تعیین شد (جدول ۱۰). قطعه ۱۶ باتوجه به علوفه‌ای بودن، زیست‌توده بیشتری تولید

جدول ۱۰ . نتایج ارزش گذاری خدمات بوم سازگان در کشت بوم های تریتیکاله در دشت ناز ساری (استان مازندران)
برحسب ریال در هکتار

Table 10. Valuation results of ecosystem services in triticale agroecosystems of Dasht-e Naz, Sari (Mazandaran province) (Rials/ha)

شماره قطعه Number of patch	عملکرد دانه Grain yield	علوفه و کاه Fodder and Straw	تولید اکسیژن O2 production	ترسیب کربن Carbon sequestration	ماده آلی خاک Organic matter	فراوانی کرم خاکی Abundance of earthworms
16	-	83687500	176770000	81795000	29937000	60450000
26	40595000	53357000	159390000	74130000	26520000	36270000
Mean	40595000	68531250	168080000	77962500	28228500	48360000

نموده، بنابراین میزان انباشت کربن و ارزش اقتصادی بیشتری دارا بود.

باتوجه به نتایج جدول ۱۰ بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی ماده آلی معادل ۲۹۹۳۷۰۰۰ ریال از قطعه ۱۶ و ۵۲۰۰۰۰ ریال از قطعه ۲۶ به دست آمد. همچنین متوسط میزان ارزش اقتصادی ماده آلی هر هکتار از قطعات تریتیکاله دشت ناز ساری به طور متوسط ۲۸۲۲۸۵۰۰ ریال برآورد شد. در این مطالعه مشخص شد که در سال های گذشته در قطعه ۲۶ باتوجه به قرار گرفتن آیش – آیش، لخت و بدون پوشش بودن سطح خاک بیشتر در معرض فرسایش و آبشویی قرار داشت. همچنین کشت گیاهان ذرت و گندم در قطعه ۱۶و خارج کردن کامل زیست توده از خاک سبب کاهش ماده آلی در این قطعه شده است. اصولاً میزان ماده آلی خاک ارتباط مستقیمی با میزان عملکرد گیاهی دارد و همچنین آن نشان‌دهنده سلامت و کیفیت خاک، شاخصی برای حاصلخیزی و باروری خاک می باشد.

ارزش اقتصادی تولید اکسیژن معادل ۱۷۶۷۷۰۰۰۰ ریال برای قطعه ۱۶ و ۱۵۹۳۹۰۰۰۰ ریال برای قطعه ۲۶ تریتیکاله محاسبه شد. باتوجه به اینکه در کشت علوفه ای گیاه با تراکم بیشتری کشت می گردد بنابراین قطعه ۱۶ میزان زیست‌توده گیاهی بیشتری نسبت به قطعه ۲۶ داشت. بر همین اساس میزان تولید اکسیژن بیشتر و ارزش اقتصادی بیشتری هم از این قطعه حاصل شد. همچنین میزان ارزش اقتصادی تولید اکسیژن هر هکتار تریتیکاله به طور متوسط ۱۶۸۰۸۰۰۰۰ ریال تعیین شد (جدول ۱۰).

نتایج ارزش گذاری اقتصادی فراوانی کرم های خاکی در قطعات تریتیکاله نشان می دهد که ارزش اقتصادی کرم های خاکی در قطعه ۱۶ معادل ۶۰۴۵۰۰۰۰ ریال و در قطعه ۲۶ معادل ۳۶۲۷۰۰۰۰ ریال می‌باشد. متوسط میزان ارزش اقتصادی فراوانی کرم های خاکی در هر هکتار از قطعات تریتیکاله حدود ۴۸۳۶۰۰۰۰ ریال تعیین شد (جدول ۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که مدیریت زراعی و اجرای نظام کشاورزی فشرده، بر ارائه بسیاری از خدمات بوم‌سازگان در مزارع جو و تریتیکاله در منطقه دشت ناز ساری تأثیر گذار بود، به طوری‌که این خدمات تحت تاثیر

عواملی متعددی مانند رقم زراعی، تناوب زراعی، روش های خاکورزی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی قرار گرفتند. در این پژوهش مشاهده شد که بیشترین میزان خدمات بوم سازگان از قطعات تحت کشت جو حاصل گردید. همچنین بیشترین میزان خدمت تولید اکسیژن ۱۷/۶۶ و ۱۶/۵۷ تن در هکتار از قطعات علوفه ای ۱۲ جو و ۱۶ تریتیکاله حاصل گردید. همچنین در قطعه۱۲ جو و ۱۶ تریتیکاله چون هدف از زراعت، تولید علوفه بود، علف‌کشی نسبت به قطعات دیگر استفاده نشد. این امر توانست باعث افزایش میزان شاخص شانون- واینر شود. این افزایش تنوع زیستی منجر به افزایش تنوع زیستگاهی (خدمات حمایتی) برای حشرات مختلف شامل حشرات گرده‌افشان، دشمنان طبیعی و سایر حشرات در بوم‌سازگان می شود؛ بنابراین ایجاد تنوع زیستگاهی در نظام های چندکشتی منجر به ایجاد روابط متقابل پیچیده و شکارگری در بین حشرات شده و کارکردهای بوم‌سازگان در این شرایط افزایش می یابد. همچنین بیشترین عملکرد دانه، تولید اکسیژن و درصد پروتئین دانه از رقم نانیوس جو حاصل گردید. بیشترین میزان ترسیب کربن، ماده آلی، تنفس میکروبی، فراوانی کرم خاکی و میزان شاخص پایداری خاکدانه از قطعات ۱۸ و ۱۹ جو به دست آمد. در این مطالعه خدمت تولید اکسیژن در هر دو نوع بوم‌سازگان دارای بیشترین ارزش اقتصادی بود و ارزش حضور کرمهای خاکی در قطعات جو و تریتیکاله به‌ترتیب ۹۲۶۹۰۰۰۰ و۴۸۳۶۰۰۰۰ ریال در هکتار برآورد شد. بطورکلی زمانی که کشاورزی فشرده با تغییرات آب و هوایی و کاهش تنوع زیستی همراه باشد، کاهش ارائه 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 کشت بوم‌ها و به حفظ پایداری آنها کمک نماید.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به دلیل حمایت مالی از این پژوهش قدردانی بعمل می‌آید. همچنین از مدیر کشاورزی شرکت زراعی دشت ناز ساری آقای مهندس احسانی و کارشناسان آن شرکت به ویژه 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 می گردد. همچنین از مدیریت و کارکنان پژوهشکده برنج و مرکبات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به ویژه آقای دکتر مصطفی حق پناه سپاسگزاری می‌گردد.

References

Agriculture and Food. 2021. Soil organic matter: influence on nutrient availability. https://www.agric.wa.gov.au/measuring-and-assessing-soils/soil-organic-matter-influence-nutrient-availability

Alaru, M., Laur, U., and Jaama, E., 2003. Influence of nitrogen and weather conditions on the grain quality of winter triticale. Agricultural Research, 1(1), 3-10.

Amirnejad, H., and Atai Salut, K. 2011. Economic valuation of environmental resources, AvaiMasih Publications, first edition. P. 428.

Assefa, A., Girmay, G., Alemayehu, T., and Lakew, A. 2021. Performance evaluation and stability analysis of malt barley (Hordeum vulgare L.) varieties for yield and quality traits in Eastern Amhara, Ethiopia.CABI Agriculture and Bioscience, 2(31), 1-7. https://doi.org/10.1186/s43170-021-00051-w.

Assunção, S., Pereira, M., Rosset, J., Berbara, R., and García, A. 2019. Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil. Science of the Total Environment, 658, 901-911 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.271

Aydoğan Çıfcı, E., Bılgıl, U., and Yağdi, K. 2010. Grain yield and quality of triticale lines. Journal of Food, Agriculture & Environmen, 8(2), 558-564.

Bai, Z., Caspari, T., Gonzalez, M.R., Batjes, N.H., Mader, P., Bunenmann. E.K,, de Goede, R., Brussaard, L., Xu, M., Ferreira, C.S.S., Reintam, E., Fan, H., Mihelic, R., Glavan, M., and Toth, Z. 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: a review of long-term experiments for Europe and China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 265,1-7. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028

Barbir, J., Badenes□Pérez, F.R. Fernández□Quintanilla, C., and Dorado, J. 2015. The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agroecosystems of Central Spain. Agricultural and Forest Entomology, 17, 20-28.

Barzegar, A. 2001. Advanced Soil Physics. First Edition, Shahid Chamran University, Ahvaz.

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., and Geijzendorffer, L.R. 2019. Improving ecosystem assessments in Mediterranean social-ecological systems: A DPSIR analysis. Ecosystems and People, 15, 136–155. https://doi.org/10.1080/26395916.2019.1598499.

Bateman, I., and Willis, K. 1999. Valuing environmental preferences, Theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries. Oxford: Oxford University Press. Pp: 511-539.

Beillouin, D., Ben□Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., and Makowski, D. 2021. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. Global Change Biology, 27, 4697–4710. https://doi.org/10.1111/gcb.15747.

Benton, T.G., Vickery, J.A., and Wilson, J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends in Ecology & Evolution, 18, 182–188. https://doi.org/10.1016/S0169- 5347(03)00011-9).

Birkhofer, K., Schöning, I., Alt, F., Herold, N., Klarner, B., Maraun, M., Marhan, S., Oelmann, Y., Wubet, T., and Yurkov, A. 2012. General relationships between abiotic soil properties and soil biota across spatial scales and different land-use types. PLoS ONE, 7, 1-7. doi:10.1371/journal.pone.0043292

Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., deGoede, R., Fleskens, L.,Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J. W., and Brussaard, L. 2018. Soil quality – A critical review. Soil Biology and Biochemistry, 120,105–125. doi:10.1016/j.soilbio.2018.01.030

Carminati, A., and Javaux, M. 2020. Soil rather than xylem vulnerability controls stomatal response to drought. Trends in Plant Science, 25, 868–80. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.04.003

Chaudhary, A., Sewhag, M., Hooda, V.S., Singh, B., and Kumar, P. 2017. Effect of different dates of sowing on yield attributes, yield and quality of Barley (Hordeum vulgare L.) cultivars. Journal of Applied and Natural Science, 9(1),

129-132.

Clark, M., and Tilman, D. 2017. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. Environmental Research Letters, 12, 1-11. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5.

Crookston, RK., Kurle, E., and Copeland, PJ., 1991. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. Agronomy Journal, 83: 108-113.

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, C., Holland, J., Holzschuh, A., Knoben, N., Kovács-Hostyánszki, A., Mandelik, Y., Panou, H., Paxton, R., Petanidou, T., Pinheiro de Carvalho, M., Rundlöf, M., Sarthou, J.P., Stavrinides, M., Suso, M., Szentgyörgyi, H., Vaissière, B., Varnava, A., Zemeckis, R., and 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, 681-694. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13572.

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., and Van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387,253–260.

Dainese, M., Martin, E.A., Aizen, M.A., Albrecht M, Bartomeus, I., and Bommarco, R. 2019. A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. Science Advances, 5, 1-13.https://doi.org/ 10.1126/sciadv.aax0121.

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., and van Beukering, P. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services,1, 50–61. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005

Ding, G., Novak, JM., Amarasiriwardena, D., Hunt, PG., and Xing, B. 2002. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. Soil Science

Society American Journal, 66: 421-429.

Del Rio, T., Willemen, L., Vrieling, A., and Nelson, A. 2020. Understanding intra-annual dynamics of ecosystem services using satellite image time series. Remote Sensing, 12, 1–19. https://doi. org/ 10. 3390/ rs120 40710.

Don, A., Flessa, H., and Marx, K. 2018. Die 4-Promille-Initiative "Böden Für Ernährungssicherung Und Klima"-Wissenschaftliche Bewertung Und Diskussion Möglicher Beiträge in Deutschland; Johann Heinrich von Thünen-Institut: Braunschweig, Germany.

Duguma, M., Feyssa, D., and Biber-Freudenberger, L. 2019. Agricultural biodiversity and ecosystem services of major farming systems: a case study in Yayo Coffee Forest Biosphere Reserve. Southwestern Ethiopia. Agric, 9, 1-26. https:// doi. org/ 10. 3390/ agric culture 9030 048.

Dudley, N., and Alexander, S., 2017. Agriculture and biodiversity: a review. BiodiversityJournal,18,45–9.https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892.

Feng, Z., Cui, Y., Zhang, H., and Gao, Y. 2018. Assessment of human consumption of ecosystem services in China from 2000 to 2014 based on an ecosystem service footprint model.Ecological Indicators, 94, 468-481.

Franchini, J.C., Crispino, C.C., Souza, R.A., Torres, E., and Hungria, M. 2007. Microbiolo- gical parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop- rotation systems in southern Brazil. Soil and Tillage Research, 92, 18–29

Fusaro, S., Gavinelli, F., Lazzarini, F., and Paoletti, M.G. 2018. Soil Biological Quality Index based on earthworms (QBS-e). A new way to use earthworms as bioindicators in agroecosystems. Ecological Indicators. 93, 1276-1292. https:// doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.007

Galhena, D.H., Freed, R., and Maredia, K.M. 2013. Home gardens: a promising approach to enhance household food security and wellbeing. Agriculture & Food Security, 2, 1-13 https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-8 .

Garland, G., Bünemann, E.K., Oberson, A., Frossard, E., and Six, J. 2017. Plant-mediated rhizospheric interactions in maize-pigeon pea intercropping enhance soil aggregation and organic phosphorus storage. Plant and Soil, 415, 37-55.

Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tscharntke, T., and Thies, C. 2009. Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. Journal of Applied Ecology, 46, 1106-1114. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x

Hursh, A., Ballantyne, A., Cooper, L., Maneta, M., Kimball, J., and Watts, J. 2017. The sensitivity of soil respiration to soil temperature, moisture, and carbon supply at the global scale. Global Change Biology, 23, 2090-2103

Imami, M. S., and 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.

Iizumi, T., and Wagai, R. 2019. Leveraging drought risk reduction for sustainable food, soil and climate via soil organic carbon sequestration. Scientific Reports, 9, 1-8. https://doi.org/10.1038/s41598-019-55835-y

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-ecosystem services. https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579

Isermeyer, H. 1952. Eine einfache method zur bestimmang der bodenatmung under carbonate im Boden. Z P Flanzenernaehr Bodenkd. 56, 26-38.

Jakab, G., Madarász, B., Szabó, J., Tóth, A., Zacháry, D., Szalai, Z., Kertész, A., and Dyson, J. 2017. Infiltration and soil loss changes during the growing season under ploughing and conservation tillage.Sustainability, 9, 1-13. https://doi.org/10.3390/su9101726

Jiang, M., Wang, X., Liusui, Y., Chao, H., Zhao, C., and Hua, L. 2017. Variation of soil aggregation and intra-aggregate carbon by long-term fertilization with aggregate formation in a grey desert soil. Catena, 149,437-445

Kay, B.D. 2000. Soil Structure, in: Handbook of Soil Science. CRC Press, E. M. Sumner, Ed., USA: F.I., Boca Raton. A229–A264.

Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution, in: Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods, aggregate stability and size distribution. 425–442. https://doi.org/10.2136/

sssabookser5.1.2ed.c17

Khosravi Mashizi, A., Heshmati, G.A., Salman Mahini, A.R., and 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. https:// doi. org/ 10. 1016/j. ecoli nd. 2018. 11. 065.

Kirkby, C.A., Richardson, AE., Wade, L.J., Batten, G.D., Blanchard, C., and Kirkegaard, J.A. 2013. Carbon–nutrient stoichiometry to increase soil carbon sequestration. Soil Biology & Biochemistry, 60,77–86. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.01.011

Koozehgar Kaleji, M., Kazemi, H., Kamkar, B., Amirnejad, H., and Hosseinalizadeh, M. 2023. Evaluation, quantification, and mapping of ecosystem services in canola agroecosystems. Landscape and Ecological Engineering. 19, 447-469. https://doi.org/10.1007/s11355-023-00552-y

Koozehgar Kaleji, M., Kazemi, H., Kamkar, B., Amirnejad, H., and 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

Lavelle, P., Rodríguez, N., Arguello, O., Bernal, J., Botero, C., Chaparro, P., Gómez, Y., Gutiérrez, A., Hurtado, M.d.P., Loaiza, S., Pullido, SX., Rodríguez, E., Sanabria, C., Velásquez, E., and Fonte, S.J. 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. Agriculture Ecosystems and Environment, 185, 106–117. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.020

Li, J., Pendall, E., Dijkstra, F.A., and Nie, M. 2020. Root effects on the temperature sensitivity of soil respiration depend on climatic condition and ecosystem type. Soil and Tillage Research, 199, 1-4.

Lavorel, S., Locatelli, B., Colloff, M. J., and Bruley, E. 2020. Co-producing ecosystem services for adapting to climate change. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 375, 1-13. https://doi.org/10.6084/m9.figshare. c.4782609

Longato, D., Gaglio, M., Boschetti, M., and Gissi, E. 2019. Bioenergy and

ecosystem services trade-offs and synergies in marginal agricultural lands: a remote-sensing-based assessment method. The Journal of Cleaner Production, 237, 1-42. https:// doi. org/ 10. 1016/j. jclep ro. 2019. 117672.

Ma, X., Zhu, J., Zhang, H., Yan, W., and Zhao, C. 2020. Trade-offs and synergies in ecosystem service values of inland lake wetlands in Central Asia under land use/cover change: a case study on Ebinur Lake, China.Global Ecology and Conservation, 24, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01253

Mahmoodabadi, M., Mirzaee, M., and Naghavi, H. 2016. Aggregate Size Distribution Indices Influenced by Different Types/Managements of Plant Residues under Field Conditions. Environmental Erosion Research, 6 (3), 52-70.(In Persian with English Summary)

Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., and Ward, L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Research, 43, 77-89. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2003. Ecosystems and Human well-being: A Framework for Assessment. World Resources Institute, Washington, D.C.

MEA. 2005. Ecosystems and human well-being, 1st ed. Washington: Island press 64 p.

Menhinick, E. F., 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. Ecology. 45, 859-861. https://doi.org/10.2307/1934933.

Meriles, J. M., Vargas, G., Conforto, C., Figoni, G., Lovera, E., Mach, G. J., and Guzman, C. A. 2009. Soil microbial communities under different soybean cropping systems: characterization of microbial population dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acid profiles. Soil and Tillage Research, 103: 271-281.

Moinet, G., Midwood, A., Hunt, J., Rumpel, C., Millard, P., and Chabbi, A. 2019. Grassland management influences the response of soil respiration to drought. Agronomy, 9(124), 1-13.

Mokarrary Kor, N.M., Kazemi, H., Kamkar, B., and Samaneh Bakhshandeh, S. 2021. Evaluation of the carbon sequestration potential by barley crop in saline soils (Case study: Gomishan county, Golestan province). Journal Plant Production, 28(3), 147-163.(In Persian with English Summary)

Morán□Ordóñez, A., Whitehead, A L., Luck., G. W., Cook, G .D., Maggini, R., Fitzsimons, J. A., and 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, 94–104. https://doi.org/ 10.1111/conl.12255

Moushani, S., Kazemi, H., Hermann Klug, H., Asadi, M. E., and Soltani, A., 2021. Ecosystem service mapping in soybean agroecosystems. Ecological Indicators, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107061

Mujib Haqqadam, Z., Jalali Sandi, J., Sadeghi, S. A., and 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)

Numa, K.B., Robinson, J.M., Arcus, V.L., and Schipper, L.A. 2021. Separating the temperature response of soil respiration derived from soil organic matter and added labile carbon compounds.Geoderma, 400,1-8. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115128

Pache, R.G., Abrudan, I.V., and Nita, M.D. 2021. Economic valuation of carbon storage and sequestration in Retezat National Park, Romania. Forests. 12(43): 1-14. https://doi.org/10.3390/f12010043.

Palm, J., van Schaik, N.L.M.B., and Schröder, B. 2013. Modelling distribution patterns of anecic, epigeic and endogeic earthworms at catchment-scale in agro-ecosystems. Pedobiologia, 56, 23-31.

Palomo, I., Felipe-Lucia, M.R., Bennett, E.M., Martín-López, B., and Pascual, U. 2016. Disentangling the pathways and effects of ecosystem service co-production. Advances in Ecological Research,54, 245–283. https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2015.09.003.

Pellegrini, P., and Fernández, R. J. 2018. Crop intensification, land use, and on-

farm energy-use efficiency during the worldwide spread of the green revolution. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States, 115, 2335–2340.

Pielou, E. C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press.

Potapov, P., Hansen, M. C, Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C., Smith, W., Zhuravleva, I., Komarova, A., and Minnemeyer, S. 2017. The last frontiers of wilderness: Tracking the loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. Science Advances, 3, 1-13. https://doi.org/10.1126/sciadv.1600821.

Quicke, D.L.J. 2015. The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology. Wiley-Blackwell, Hardback. 704 p.

Rani, M., Singh, G., Siddiqi, R.A., Singh Gill, B., Singh Sogi, D., and Bhat, M.A. 2021.Comparative quality evaluation of physicochemical, technological, and protein profiling of wheat, rye, and barley cereals. Frontiers in Nutrition, 8, 1-19. doi: 10.3389/fnut.2021.694679.

Rezaei, M., Talebi Jahromi, Kh., Kharazi Pakdel, A., and Heydari, H. 2004. Side effects of three pesticides on the eggs of Chrysoperla carnea (Stephen.) Neuroptera: Chrysopidae Iranian Plant Protection Congress. P.206

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 ., and Mitchard, E. T. A. 2017. Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation. Conservation Biology, 31, 83–92. https://doi.org/10.1111/cobi.12925

Rüdisser, J.,Tasser, E., Peham, T., Meyer, E., and Tappeiner, U. 2021. Hidden engineers and service providers: earthworms in agricultural land-use types of south Tyrol, Italy. Sustainability. 13(312), 1-14. https://doi.org/10.3390/su13010312

Rumpel, C., Amiraslani, F., Koutika, L. S., Smith, P., Whitehead, D., and Wollenberg, E. 2018. Put More Carbon in Soils to Meet Paris Climate Pledges. Nature, 564:32-34.

Salehi, Z., Amirnia, R., Rezaeichiyaneh, E., and Khalilvandi Behrozyar, H. 2018.

Evaluation of yield and some qualitative traits of forage in intercropping of triticale with annual legumes. Journal of agricultural science and sustainable production, 28(4), 93-104.(In Persian with English Summary)

Sanderman, J., Hengl, T., and Fiske, G. J. 2017. Soil carbon debt of 12000 years of human land use. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114, 75–80 https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114.

Sawicka, B., Krochmal-Marczak, B., Barba´s, P., Pszczółkowski, P. C., and ´wintal, M. 2020. Biodiversity of weeds in fields of grain in South-Eastern poland. Agriculture. 10(589), 1-17. doi:10.3390/agriculture10120589.

Shannon, C. E., and Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication. University IIlinois Press, Urbana, IL: The University of Illinois Press.1-117.

Shrestha, B.M., Singh, B.R., Forte, C., and Certini, G. 2015. Long-term effects of tillage, nutrient application and crop rotation on soil organic matter quality assessed by NMR spectroscopy. Soil Use and Management, 31, 358–366. https://doi.org/10.1111/sum.12198

Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. Nature. 163, 688. https://doi.org/ 10.1038/163688a0.

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, 1703–1716. https://doi. org/ 10. 1016/J. AEJ. 2020. 11. 020.

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.

Van de Broek, M., Baert, L., Temmerman, S., and Govers, G. 2019. Soil Organic carbon stocks in a tidal marsh landscape are dominated by human marsh embankment and subsequent marsh progradation. European Journal of Soil Science, 70, 338-349.

Van Driesche, R. G., Bellows, T. S. 1996. Biological Control. Chapman & Hall, New York.

Vos, C., Jaconi, A., Jacobs, A., and Don, A. 2018. Hot regions of labile and stable

soil organic carbon in germany–spatial variability and driving factors. Soil, 4, 153-167.

Walkley, A., and Black, I. A., 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Science, 37, 29-38.

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

Yan, J., Wang, L., Hu, Y., Fai, Y., Zhang, Y., and Wu, J. 2018. Plant litter composition selects different soil microbial structures and in turn drives different litter decomposition pattern and soil carbon sequestration capability. Geoderma, 319, 194-203.

Evaluation and quantification of ecosystem services of barley and triticale agroecosystems

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

1. PhD in Crop Ecology, Faculty of Plant Production, Department of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran .
2. Corresponding Author:Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.(Corresponding author)
3. Professor, Department of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, and Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4. Professor, Department of Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
5. Associate Professor, Department of Watershed and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received: Wednesday 2023 Accepted: September 2023- DOI: 10.22092/aj.2024.362198.1647

Extended Abstract

Koozehgar Kaleji, M., Kazemi, H., Kamkar, B., Amirnejad, H., Hosseinalizadeh, M., Evaluation and quantification of ecosystem services of barley and triticale agroecosystems
Applied Research in Field Crops Vol 35, No. 4, 2023 10-12: 75-109(in Persian)

Introduction:

Ecosystem services are defined as services provided by the natural environment. These services produce outputs or effects that directly and indirectly impact human well-being, culture, and the global economic system (Feng *et al.,* 2018; Ma *et al.,* 2020). Quantifying the services of agroecosystems is one of the most important strategies to increase attention to these services and provide appropriate solutions to maintain and sustain these services. The development of intensive agriculture has transformed agricultural landscapes into simple, low-coverage single-product systems similar to semi-natural habitats. This change has led to a sharp decline in biodiversity and a reduction in the provision of ecosystem services to agriculture. It has been confirmed that among ecosystem services, pest, and weed control, and pollination have significant impacts on global agricultural production. The most common criteria for evaluating cropping systems are grain and fodder yield and short-term profitability. In this context, fodder products can be used only if they do not interfere with cash crop production. Adding forage plants to crop rotations

Email address of the corresponding author: hkazemi@gau.ac.ir

offers an opportunity to increase the ecosystem services in agricultural systems. In this study, all types of provisioning, supporting and regulating services in barley and triticale fields were evaluated and quantified.

Materials & Methods:

In this study, 8 plots were selected from different plots of autumn crops of barley, and triticale. In this study, provisioning, supporting, regulating services in the cultivation of barley and triticale fields of Dasht-e Naz, Sari Agricultural Company (Mazandaran province) were evaluated and quantified during the cropping season of 2019-2020. Soil samples were taken from a depth of 0-30 cm before barley and triticale planting in November 2019 and after harvest in June 2020 to assess rate of microbial respiration, organic matter and carbon sequestration. Also, oxygen production was estimated based on net primary production. A sampling of plant biodiversity and yield of autumn crops were performed based on the W shaped pattern with 0.5×0.5 m^2 quadrate. In this study, insects were collected by three methods: yellow sticky trap, insect nets, and ground trap.

Results & Discussion:

The results showed that the highest amount of oxygen production was obtained from plots 12 and 16, which yielded about 17.66 and 16.57 tons per hectare of barley and triticale fodder, respectively. In this research, plot 18 had the highest amount of carbon sequestration (2.67 tons per hectare), microbial respiration activity (91.40 mg CO2/kg soil/day before planting and 45.95 mg CO2/kg soil/day after harvesting), and earthworm abundance (13 per square meter). The biodiversity status of insects and weeds was evaluated using the Shannon-Weiner diversity index, which was highest in plots 12 and 16 for both barley and triticale (2.65 and 2.89 for weeds, and 2.37 and 2.49 for insects, respectively). These plots did not use herbicides, unlike the other plots, which could increase the diversity index. In contrast, another study reported that the diversity index was lowest in winter wheat farms (0.14) and highest in triticale farms (1.00) (Sawicka *et al.,* 2020). Four beneficial insects, namely *Syrphus ribesii*, *Chrysoperla carnea, Coccinella septempunctata Linnaeus, and Apis mellifera ellifera*, were recorded in the barley

and triticale plots studied.

Conclusion:

The results of this study indicated that crop management and intensive agricultural systems influenced the provision of various ecosystem services in barley and triticale fields. These services were affected by different factors, such as cultivar type, crop rotation, and tillage methods. In general, intensive agriculture is associated with climate change and biodiversity loss, which can lead to the reduction of ecosystem services, especially regulating and provisioning services. Therefore, adopting management practices that are more compatible with natural ecosystems can help to enhance the ecosystem services in agroecosystems and maintain their sustainability level.

Acknowled gements:

We are thankful to Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), the agricultural company of Dasht-e-Naz Sari and Dr. Hamid Sakinin for all his companions and supports.

Keywords: Biodiversity, Microbial respiration, Oxygen production, Regulating services.

References

Feng, Z., Cui, Y., Zhang, H., and Gao, Y. 2018. Assessment of human consumption of ecosystem services in China from 2000 to 2014 based on an ecosystem service footprint model. *Ecological Indicators,* 94: 468-481.

Ma, X., Zhu, J., Zhang, H., Yan, W., and Zhao, C. 2020.Trade-offs and synergies in ecosystem service values of inland lake wetlands in Central Asia under land use/cover change: a case study on Ebinur Lake, China. *Global Ecology and Conservation,* 24: 1-16.

Sawicka, B., Krochmal-Marczak, B., Barba´s, P., Pszczółkowski, P., and Cwintal, M. 2020. Biodiversity of Weeds in Fields of Grain in South-Eastern Poland. *Agriculture*, 10 (589), 1-17. doi:10.3390/agriculture10120589.