Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 627-612

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 612-627

ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولیدی گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، افسانه امین غفوری[2]، منصوره محلوجی راد[2] و فرنوش فلاح پور[2]

تاریخ دریافت: 1392/02/03
تاریخ پذیرش: 1392/10/25

کوچکی، ع.ر.، نصیری محلاتی، م.، امین غفوری، ا.، محلوجی راد، م.، و فرنوش فلاح پور، ف. 1395. ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولیدی گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 627-612.

چکیده

بوم‌نظام‌های طبیعی و زراعی به دلیل ماهیت چند کارکردی خود علاوه بر تولید غذا، علوفه، پوشاک، سوخت و دارو خدمات متنوع و با ارزش دیگری را نیز ارائه می‌کنند که اهمیت اقتصادی آن‌ها پنهان مانده است. ارزش گذاری خدمات بوم‌نظام مناسب‌ترین راه حل برای جلب توجه جامعه و سیاست گذاران به این خدمات و در نتیجه تلاش در جهت حفظ و ارتقاء آن‌ها می‌باشد. در این پژوهش ارزش اقتصادی خدمات و تبعات محیطی ناشی از روش‌های مدیریت در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی در طی سال‌های 85-1370 مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات لازم از طریق پرسشنامه‌های تکمیل شده در 40 مزرعه گندم که از نظر مساحت، روش مدیریت و میزان مصرف نهاده‌ها متفاوت بودند استخراج گردید. با توجه به اطلاعات حاصل، ارزش شش نوع از خدمات اکوسیستمی این مزارع (تولید غذا و علوفه، ترسیب کربن، تولید اکسیژن، تنوع زیستی، حفظ رطوبت و گردشگری) و دو مورد تبعات منفی آن‌ها (تولید گازهای گلخانه‌ای و نشت نیتروژن و فسفر به محیط) بر اساس بهای دلار (معادل ریالی ارزش دلار در سال 2007 میلادی) برآورد گردید. نتایج نشان داد که میانگین ارزش کل خدمات اکوسیستم در مزارع تحت بررسی با کسر ارزش تبعات منفی معادل $66/85 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال بود. خدمات اتمسفری (تولید اکسیژن و ترسیب کربن) در حدود 65 درصد از ارزش کل خدمات در مزارع گندم را به خود اختصاص دادند در حالی‌که ارزش غذا و علوفه تولید شده در مزارع که مهمترین خدمات اکوسیستم‌های زراعی محسوب می‌شوند 21 درصد و تنوع زیستی 9/3 درصد از ارزش کل را شامل می‌شدند. سهم سایر موارد از ارزش کل خدمات در مزارع تحت بررسی ناچیز و کمتر از پنج درصد بود. به طور کلی ارزش خدمات غیرقابل فروش در حدود 60 درصد بیشتر از ارزش غذا و علوفه تولید شده بود. بر اساس یافته‌های این تحقیق با افزایش عملکرد گندم به بالاتر از چهار تن در هکتار، ارزش کل خدمات اکوسیستم کاهش یافت در حالی‌که با افزایش ارزش خدمات تأمین کننده (غذا و علوفه)، هزینه تبعات منفی محیطی افزایشی خطی داشت.

واژه‌های کلیدی: تبعات محیطی، ترسیب کربن، تنوع زیستی، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

اکوسیستم‌ها سطحی از سلسله مراتب اکولوژیکی هستند که فرایندهای کلیدی مانند چرخه‌های آب، کربن، عناصر غذایی و تولید اولیه در آن‌ها شکل گرفته و قابل اندازه‌گیری می‌باشد (Tilman et al., 2002). این فرایندها باعث بروز کارکردهای متعددی در طی فعالیت اکوسیستم‌ها می‌گردد که مبنای شکل‌گیری خدمات اکوسیستمی می‌باشند (Ghermand et al., 2012). بنا به تعریف خدمات اکوسیستم[3] عبارتند از "شرایط و فرایندهایی که از طریق آن اکوسیستم‌های طبیعی و گونه‌هایی که ساختار آن را تشکیل می‌دهند

1 و 2- به ترتیب استاد گروه زراعت و دانش آموخته دکترای اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51347

3- Ecosystem services

www.SID.ir

Archive of SID

تداوم حیات انسان را تضمین کرده و نیازهای او را تأمین می‌کنند" (Daily, 1997). خدمات اکوسیستم بسیار متنوع بوده و دارای ابعاد اکولوژیکی، اجتماعی و فرهنگی می‌باشند و تعیین ارزش آن‌ها به صورت قیمت‌گذاری شده، ساده‌ترین راه برای آگاه کردن جامعه و سیاست گذاران از اهمیت آن‌ها است. این اطلاعات به علاوه به جامعه این آگاهی را می‌دهد که برای جبران این خدمات چه بهای سنگینی باید پرداخت شود (Pyn & sand, 2011).

خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم‌ها را به طور کلی می‌توان در چهار گروه اصلی قرار داد که عبارتند از: 1) خدمات تأمین کننده[1] شامل غذا، پوشاک، سوخت، آب، دارو و منابع ژنتیکی؛ 2) خدمات تنظیم‌کننده[2] شامل تنظیم اقلیم، کنترل آفات و بیماری‌ها، تنظیم چرخه‌های آب، جلوگیری از بلایای طبیعی (طوفان و سیل)، تنظیم کیفیت هوا و گرده‌افشانی؛ 3) خدمات فرهنگی[3] شامل زیباسازی و اماکن تفرج‌گاهی؛ و 4) خدمات حمایتی[4] که در برگیرنده کلیه فرآیندهایی است که شکل‌گیری خدمات قبلی را پشتیبانی می‌کند نظیر چرخه‌های عناصرغذایی، چرخه آب و تشکیل خاک (MEA, 2010; TEEB, 2005).

مطالعات نشان می‌دهد که ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم بسیار زیاد می‌باشد. برای مثال، ارزش 17 مورد از انواع متعدد خدمات اکوسیستم‌ها (طبیعی و مصنوعی) در مقیاس جهانی سالانه معادل 33 تریلیون دلار برآورد شده و ارزش سالانه خدمات کنترل بیولوژیکی در تولید گیاهان زراعی در مقیاس جهانی بیش از 400 میلیارد دلار تخمین زده می‌شود و قیمت آن تنها در آمریکا 4/5 میلیارد دلار در سال است (Norris et al., 2010).

اکوسیستم‌های زراعی بزرگ‌ترین اکوسیستم‌های مدیریت شده در جهان می‌باشند و مدیریت رایج این اکوسیستم‌ها بر بهره‌گیری از خدمات تأمین کننده آن‌ها یعنی تولید غذا، علوفه، پوشاک و سوخت متمرکز است. البته در جریان فرآیند تولید این مواد در اکوسیستم‌های زراعی انواع مختلفی از خدمات تنظیم کننده، حمایتی و فرهنگی نیز شکل خواهند گرفت (Madureira et al., 2007) که ارزش آن‌ها قابل توجه است. برای مثال، تقریباً 75 درصد از کل محصولات زراعی جهان که تحت مدیریت انسان قرار می‌گیرند برای گرده‌افشانی به خدمات اکوسیستم نیاز دارند (OECD, 2002). ارزش سالانه خدمات گرده افشانی در حدود 153 میلیارد یورو برآورد شده‌است که حدود 10 درصد از کل ارزش تولیدات کشاورزی جهان می‌باشد (Fitter et al., 2010).

البته اکوسیستم‌های زراعی تبعات زیست محیطی[5] نیز به همراه دارند که تولید گازهای گلخانه‌ای، نشت بقایای کود و سموم شیمیایی به آب و خاک، فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی و تخریب زیستگاه‌های حیات وحش از جمله آن‌ها محسوب می‌شوند (Pretty et al., 2000; Dale & Polasky, 2007; Syswerda, 2009). بنابراین برای ارزیابی دقیق ارزش خدمات اکوسیستم‌های زراعی لازم است که جنبه‌های مثبت و تبعات زیست محیطی (منفی) خدمات به طور توام مورد توجه قرار گیرد.

اغلب مطالعات و برآوردهای انجام شده در رابطه با ارزش خدمات اکوسیستم مربوط به بوم‌نظام‌های طبیعی است. دی خروت و همکاران (De Groot et al., 2012) و قیمت‌گذاری خدمات اکوسیستم‌های زراعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آن‌جا که ارزیابی خدمات اکوسیستمی در ایران موضوع حائز اهمیتی است که کمتر مورد بررسی قرار گرفته هدف از اجرای این تحقیق برآورد ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در استان خراسان رضوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در 40 مزرعه تولید گندم آبی در شهرستان‌های مختلف استان خراسان در سال زراعی 91-1390 انجام شد. اطلاعات لازم برای ارزیابی خدمات اکوسیستم از طریق پرسشنامه‌هایی که به این منظور تهیه شده بود جمع‌آوری گردید. هر پرسشنامه مشتمل بر سوالاتی بود که علاوه بر ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی کشاورزان نظیر نوع مالکیت، درآمد سالانه، جمعیت، سطح تحصیلات اطلاعاتی را در مورد وضعیت مدیریت زراعی و نیز عملکرد گندم فراهم می‌ساخت. به علاوه پرسش‌هایی نیز در ارتباط با خدمات اکوسیستم

1- Provisioning services
2- Regulating services
3- Cultural services
4- Supporting services

5- Negative externalities

www.SID.ir

Archive of SID

مطرح شده بود.

نتایج استخراج شده از پرسشنامه‌ها نشان داد که 67 درصد از جمعیت مستقیماً به کشاورزی اشتغال داشتند و 90 درصد مزارع در مالکیت کشاورزان قرار داشت. 93 درصد از گندم کاران تحت بررسی با سواد و 22 درصد دارای تحصیلات دانشگاهی بودند. از نظر وسعت نیز 59 درصد مزارع کمتر از پنج هکتار، 17 درصد بیش از 20 هکتار و 34 درصد باقیمانده مساحتی بین پنج تا 20 هکتار داشتند.

در گزارش ارزیابی هزاره، 22 مورد خدمات اکوسیستم در پنج گروه اصلی تعریف شده اند (MEA, 2005) که می‌توان ارزش اقتصادی آن‌ها را برآورد کرد. البته قیمت گذاری دقیق این 22 مورد حتی در اکوسیستم‌های طبیعی نیز بسیار دشوار است و در جامع‌ترین مطالعات نیز تمامی آن‌ها به طور کامل ارزش گذاری نشده‌اند (Costanza, 2007; De Groot, 2002). به علاوه برخی از این موارد در اکوسیستم‌های زراعی به صورت عام وجود ندارد. برای مثال تولید داروهای گیاهی یا مواد معطره که از خدمات اکوسیستم‌های طبیعی است، صرفاً در اکوسیستم‌های زراعی که تحت کشت این محصولات باشند فراهم می‌شود. سوخت با پوشاک (الیاف گیاهی) نیز جزء خدمات تمامی اکوسیستم‌های زراعی نمی‌باشند. از سوی دیگر خدمات اکوسیستم‌های طبیعی تماماً مثبت است در حالی‌که در اکوسیستم‌های زراعی تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) نظیر تولید گازهای گلخانه‌ای، آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و یا کاهش تنوع زیستی وجود دارد. بنابراین در این پژوهش آن دسته از خدماتی که امکان تحقق آن در بوم‌نظام‌های گندم فراهم بوده و به علاوه داده‌های موجود برآورد آن‌ها را امکان‌پذیر می‌ساخت مورد بررسی قرار گرفته و به علاوه، خدمات منفی اکوسیستم نیز ارزش‌گذاری شده است.

تنوع زیستی: کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم‌های زراعی عمدتاً به دلیل مصرف نهاده‌های شیمیایی (کود و سموم) است (Kremen, 2005). بر اساس برآورد (TEEB, 2010) به ازای هر سم‌پاشی در اکوسیستم‌های زراعی در حدود 15-10 درصد از تنوع زیستی بالقوه کاسته خواهد شد که البته این مقدار به نوع سم نیز ارتباط دارد. ارزش تنوع زیستی معادل ارزش کل خدمات اکوسیستم از مساحتی معادل 15 درصد مساحت اکوسیستم تحت بررسی می‌باشد (MEA, 2005). بنابراین ارزش تنوع زیستی در مزارعی که سم مصرف نشده است به عنوان مبنا در نظر گرفته شد و بر اساس دفعات سم‌پاشی تصحیح گردید.

با وجودی‌که گرده‌افشانی از خدمات بسیار با ارزش اکوسیستم محسوب می‌شود، ولی چون گندم گیاهی خود گرده‌افشان است، این نوع خدمت در مزارع گندم محاسبه نشد. البته نقش حشرات گرده-افشان به عنوان جزئی از تنوع زیستی در نظر گرفته شده است.

ذخیره آب: در مزارعی که دارای بادشکن بودند ذخیره آب به عنوان یکی از خدمات اکوسیستم محاسبه گردید. بر اساس گزارش (TEEB, 2010) هر ردیف بادشکن درختی با تراکم متوسط در حدود 10 درصد از کل آب مصرفی برای محصول تحت بررسی را از طریق کاهش تبخیر و تعرق ذخیره خواهد کرد. بر این اساس در مزارع دارای بادشکن مقدار کاهش آب مصرفی بر اساس قیمت هر واحد (مترمکعب) آب ارزش‌گذاری شد.

تولید اکسیژن: به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک گیاهی در حدود 1/2 کیلوگرم اکسیژن وارد اتمسفر می‌شود (Thornes, 2010). بنابراین میزان اکسیژن تولید شده بر اساس میزان ماده خشک تولیدی (عملکرد کاه + دانه) تعیین و ارزش آن بر اساس بهای هر کیلو اکسیژن محاسبه شد.

ترسیب کربن: میزان کربن ترسیب شده بر اساس محتوای کربن بیوماس گیاهی تولید شده (معادل 45 درصد) برآورد گردید. ماده خشک گیاهی به روش ذکر شده در محاسبه تولید اکسیژن به دست آمد. در مزارعی که بقایای گیاهی به خاک اضافه می‌شد، میزان کربن خاک نیز به روش فوق تعیین گردید. سپس مجموع کربن ترسیب شده در ماده خشک گیاه و خاک به CO_2 تبدیل و ارزش ترسیب کربن بر اساس قیمت استاندارد مالیات کربن (Thornes, 2010) برآورد شد. قیمت هر تن CO_2 بر اساس نرخ مالیات کربن اروپا تعیین گردید.

تولید غذا و علوفه: ارزش غذا و علوفه با توجه به عملکردهای مستخرج از پرسشنامه‌ها بر اساس قیمت پایه هر کیلوگرم دانه گندم و کاه تعیین و به عنوان ارزش خدمات تأمین کننده در مزارع تحت بررسی در نظر گرفته شد.

خدمات فرهنگی: اکوسیستم‌های طبیعی به دلیل جاذبه‌های توریستی و گردشگری و نیز ویژگی‌های زیبایی شناختی خود خدمات فرهنگی با ارزشی را ارائه می‌کنند. این نوع خدمات در بوم‌نظام‌های زراعی در مقایسه با اکوسیستم‌های طبیعی به مراتب کمتر است. با این وجود در پرسشنامه‌های این پژوهش سوالاتی در مورد تعداد

www.SID.ir

Archive of SID

بازدیدکنندگان از مزراع و مدت اقامت آن‌ها مطرح شده بود. در مواردی‌که بازدیدکنندهای ثبت شده بود ارزش این خدمات بر اساس هزینه ایاب و ذهاب (رفت و آمد) هر بازدیدکننده به منطقه (میانگین قیمت سفر با اتوبوس) برآورد گردید (De Groot et al., 2012).

تبعات منفی اکوسیستم‌های تحت بررسی در دو مورد ارزش‌گذاری شد:

تولید گازهای گلخانه‌ای: دل گراسو (Del Grasso, 2002) در بررسی چهار محصول زراعی شامل جو (*Hordeum vulgare* L.)، سویا (*Glycine max* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) که تحت مدیریت رایج بودند نشان داد که میزان انتشار گاز N_2O از خاک در حدود 0/036 کیلوگرم در مترمربع در سال است. لو و همکاران (Lv et al., 2010) نیز میزان انتشار گاز CO_2 از خاک مزارع گندم را 264/7 گرم در مترمربع در سال برآورد کردند. بر این اساس می‌توان تولید گازهای گلخانه‌ای (معادل CO_2) از هر هکتار اراضی گندم را از معادله (1) محاسبه کرد.

$$V_{GHG} = CT \times TC_{equ} \quad (1)$$

که در آن V_{GHG}: قیمت گازهای گلخانه‌ای، CT: مالیات کربن (قیمت هر واحد CO_2 بر اساس قیمت استاندار د جهانی) و TC_{equ}: میزان کل گازهای تولید شده معادل CO_2 می‌باشند.

مقدار TC_{equ} خود از معادله (2) به دست می‌آید:

$$TC_{equ} = (E_{N2O} + N_2O_{equ}) + (E_{CO2} \times CO_{2Equ}) \quad (2)$$

که در آن، EN2O: میزان انتشار N_2O، E_{CO2}: میزان انتشار CO_2، N_2O_{equ}: معادل CO_2 برای گاز N_2O است که بر اساس گزارش IPCC برابر 310 می‌باشد (IPCC, 2005) و CO_{2Equ}: نیز معادل CO_2 است که برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

آلودگی ناشی از مصرف کود: ارزش آلودگی‌های کودی بر اساس کارآیی جذب کودها و میزان حلالیت آن‌ها در خاک برآورد گردید. از کل میزان کود نیتروژن مصرفی حدود 60 درصد در خاک باقیمانده و به دلیل حلالیت بالا، 45-40 درصد این مقدار به عنوان منبع آلودگی وارد محیط می‌شود (Grandy et al., 2006). در مورد کودهای فسفره به دلیل حلالیت کمتر آن‌ها، در حدود 17 درصد کود مصرفی به عنوان منبع آلودگی عمل خواهد کرد (Lv et al., 2010). به این ترتیب با توجه به میزان کود مصرفی در مزارع گندم تحت بررسی مقدار آلودگی سالانه برآورد و ارزش آن بر اساس قیمت استاندارد جهانی هزینه‌های زیست محیطی آلودگی N و P تعیین گردید (TEEB, 2010).

کلیه قیمت‌ها بر اساس نرخ دلار در سال 2007 میلادی به ریال تبدیل شد، زیرا بر اساس گزارش دی خروت و همکاران (De Groot, 2012) جهت سهولت مقایسه بین نتایج مطالعات مختلف، قیمت دلار (قدرت خرید دلار) در سال 2007 به عنوان مبنای محاسبه ارزش خدمات اکوسیستم به عنوان "دلار بین المللی" تعریف شده است.

در نهایت هزینه‌های ناشی از تبعات زیست‌محیطی (خدمات منفی) اکوسیستم از ارزش خدمات مثبت کسر شد تا ارزش خالص خدمات اکوسیستمی در مزارع گندم برآورد شود.

نتایج و بحث

برآورد ارزش خدمات

تنوع زیستی: جهت برآورد ارزش تنوع زیستی در مزارع گندم از میانگین ارزش خدمات اکوسیستم‌های طبیعی استفاده شد. دی خروت و همکاران (De Groot et al., 2012) 22 نوع از خدمات اکوسیستم را در 12 بیوم مختلف و در مقیاس جهانی ارزیابی کرده و ارزش کل خدمات را بین 450 تا 8500 دلار بین المللی در هکتار در سال برآورد کردند (دلار بین‌المللی معادل ارزش هر دلار در سال 2007 است) که میانگین آن 4475 دلار بین‌المللی در هکتار در سال می‌باشد. بر این اساس ارزش تنوع زیستی مزارع تحت بررسی بدون احتساب سم‌پاشی شیمیایی معادل $8/05 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال است که به ازای هر نوبت سم‌پاشی 10 درصد از آن کاسته خواهد شد (TEEB, 2011).

برخی از محققین تنوع زیستی را مهمترین عامل شکل‌گیری خدمات اکوسیستم محسوب کرده (Tans & Birgg, 2001; Nijkamp & Vindigni, 2003) و روش‌های دقیقی را برای ارزیابی ارزش آن ارائه کرده‌اند که البته مستلزم اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و داده‌های جامع می‌باشد (OECD, 2002). برای مثال ارزش گرده‌افشانی، کنترل بیولوژیکی، ذخایر ژنتیکی و چرخه‌های عناصر غذایی که حاصل تنوع میکروبی خاک است در محاسبه ارزش تنوع زیستی در نظر گرفته می‌شود. کارپنر و همکاران (Carpenter, 2006) بیان داشتند که چون کلیه خدمات اکوسیستمی حاصل کارکردهای مختلف تنوع زیستی است، بنابراین ارزش‌گذاری دقیق تنوع زیستی، به تنهایی ارزش تمامی خدمات را در بر خواهد داشت. البته در این مطالعه به دلیل محدودیت دسترسی به داده‌های جامع، از

www.SID.ir

Archive of SID

روش سادهای برای تعیین ارزش تنوع زیستی استفاده شده است.

خدمات اکوسیستم به شدت تابع تنوع زیستی موجود در بومنظام است. نی کامپ و وینـدیگنی (Nijamp & Vindigni, 2003) با اجرای فرا تحلیل بر روی 446 مقاله در مورد تأثیر تنوع زیستی بر تولید اولیه نشان دادند که تنوع زیستی موجب افزایش معنیدار تولید اولیه در انواع اکوسیستمها از جمله بومنظامهای زراعی شد. مصرف نهادههای شیمیایی، و به طور کلی فشردهسازی بومنظامهای زراعی مهمترین عامل کاهش تنوع در آنها میباشند البته قطعه قطعه شدن اراضی، تغییر اقلیم، و گسترش گیاهان دستکاری شده ژنتیکی نیز از دیگر عوامل دخیل در کاهش تنوع زیستی کشاورزی محسوب میشوند (Fitter et al., 2010).

تولید اکسیژن: تولید ماده خشک در مزارع گندم تحت بررسی در دامنه 3/6 و 11/3 تن در هکتار و با میانگین حدود 7/4 تن در هکتار بود که بر اساس تولید اولیه (سیستم ریشهای و بخشهای هوایی گیاه) با کسر درصد رطوبت تعیین گردید. با در نظر گرفتن تولید 1/2 کیلوگرم اکسیژن به ازای هر کیلوگرم ماده خشک و نیز بر اساس قیمت جهانی گاز اکسیژن معادل 0/4 دلار بر کیلوگرم (Thornes, 2010)، میانگین ارزش تولید این گاز در مزارع گندم 10^6 × 42/62 ریال در هکتار در سال برآورد گردید.

ترسیب کربن: میزان کربن موجود در ماده خشک گیاهی و ماده آلی خاک معادل 45 درصد است (Lai et al., 2004). مقدار کربن خاک از طریق محاسبه وزن خاک در عمق 30 سانتیمتری و با احتساب میانگین مقدار ماده آلی خاکهای زراعی استان (0/4-0/2 درصد) بین پنج تا 10 تن در هکتار در سال برآورد گردید که بسیار اندک میباشد. پایین بودن ذخیره کربن به دلیل کم بودن محتوی ماده آلی خاکهای کشور است برای مثال گرندی و رابرتسون (Grandy & Robertson, 2007) گزارش کردند که در خاکهای زراعی ایالت میشیگان آمریکا با ماده آلی 2-1/5 درصد، میزان کربن ترسیب شده در خاک سالانه در حدود 40 تا 55 تن در هکتار میباشد. با احتساب نسبت 44/12 برای تبدیل کربن به CO_2 و بر مبنای قیمت جهانی گاز CO_2، ارزش کربن ترسیب شده در مزارع گندم بر اساس میانگین کربن در ماده خشک و خاک معادل 10^6 × 7/21 ریال در هکتار در سال برآورد شد (Kosonen, 2005) این نرخ را برای سوئد، نروژ، فنلاند و دانمارک به ترتیب 23، 16، 8 و 10 دلار به ازای هر تن گزارش کرده است که میانگین آن معادل 14/25 دلار به ازاء هر تن CO_2 میباشد. البته براساس نرخ مالیات کربن در اتحادیه اروپا ارزش بالاتری بین 16 تا 19 دلار در تن نیز برای CO_2 گزارش شده است (Thornes, 2010). ولی در این تحقیق نرخ 14/25 دلار برای هر تن CO_2 در نظر گرفته شد.

ذخیره رطوبت: در مزارعی که دارای بادشکن بودند میزان رطوبت ذخیره شده در اثر کاهش تبخیر و تعرق معادل 10 درصد به ازای هر ردیف بادشکن (TEEB, 2010) در نظر گرفته شد. با احتساب 4000 مترمکعب آبیاری متعارف مزارع گندم، ارزش این خدمت معادل 10^6× 1/6 ریال در هکتار در سال برآورد شد. بر اساس نتایج این مطالعه بادشکن درختی تنها در 10 درصد از مزارع وجود داشت، بنابراین ارزش رطوبت ذخیره شده ناشی از حضور آنها چندان قابل توجه نمیباشد. البته در شرایطی که بادشکنها گسترش وسیعی داشته باشند ارزش آنها چشمگیر میباشد برای مثال ساندهو و همکاران (Sandhu et al., 2008) ارزش بادشکنها را در مزارع تحت مدیریت رایج و ارگانیک در کانتربری استرالیا، به ترتیب 200 و 880 دلار در هکتار در سال برآورد نمودند. دوکری و همکاران (Dokary et al., 2004)، نیز ارزش بادشکنها را در مناطق حفاظت شده کشورهای پرتغال و فرانسه محاسبه نموده و آن را در حدود 66 هزار دلار در سال گزارش کردند.

تولید غذا و علوفه: عملکرد دانه در مزارع گندم تحت بررسی بین دو تا شش تن و میانگین آن معادل 3/4 تن در هکتار و عملکرد کاه نیز در حدود دو تا شش تن با میانگین 2/5 تن در هکتار بود. بر این اساس و با احتساب قیمت دانه گندم و کاه آن با نرخ سال 2007 میلادی (1386 شمسی)، میانگین ارزش این خدمات در مزارع تحت بررسی معادل 10^6× 14/97 ریال در هکتار در سال برآورد شد.

خدمات فرهنگی: بر اساس اطلاعات حاصل از پرسشنامه، گردشگری که در 58 درصد از مزارع گندم تحت بررسی گزارش شد تنها نوع خدمات فرهنگی این بومنظامها بود. میانگین تعداد افراد بازدید کننده شش نفر در سال با مدت توقف یک روزه به دست آمد که ارزش آن در مقایسه با سایر خدمات قابل توجه نبود (جدول 1). پایین بودن ارزش خدمات فرهنگی اراضی زراعی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. تیان و همکاران (Tiyan et al., 2010) ارزش خدمات تفرجگاهی مزارع در استان شن ژن چین را یک دلار در هکتار در سال برآورد کردند. مادوریرا و همکاران (Madureira et al., 2007) ارزش خدمات گردشگری مزارع غلات در آلمان را صفر تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

کردند در حالی‌که ارزش همین خدمات در باغات بادام 255 دلار در هکتار در سال بود. از آن‌جا که در حدود 60 درصد از مزارع گندم تحت بررسی در فاصله 500 متری تا دو کیلومتری باغات میوه قرار داشتند به نظر می‌رسد که جاذبه‌های این باغ‌ها باعث جلب گردشگران به مزارع گندم نیز شده است.

هزینه تبعات زیست محیطی

تولید گازهای گلخانه‌ای: میزان گاز N_2O انتشار یافته از مزارع گیاهان زراعی بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط دی گروت و همکاران (De Groot et al., 2002) در مزارع جو، سویا و پنبه در حدود 0/04-0/03 کیلوگرم در مترمربع در سال می‌باشد. در کشور چین نیز مقدار انتشار این گاز از مزارع گیاهان زراعی در حدود 0/036 کیلوگرم در مترمربع در سال برآورد شده است (Lv et al., 2010). در این مقاله مقدار انتشار این گاز معادل 0/035 کیلوگرم در مترمربع در سال در نظر گرفته شده و با احتساب معادل CO_2 این گاز (310 گرم در مترمربع) مقدار انتشار سالانه N_2O در هکتار بر حسب CO_2 محاسبه گردید. انتشار CO_2 نیز از مزارع گندم در چین در حدود 247/4 گرم در مترمربع در سال (Lv et al., 2010) و در مزارع برخی محصولات زراعی در آمریکا در حدود 300-270 گرم در مترمربع در سال گزارش شده است (De Groot, 2002). بر این اساس در این مطالعه مقدار 270 گرم در مترمربع در سال جهت محاسبه انتشار سالانه این گاز از هر هکتار مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب میزان کل CO_2 انتشار یافته از خاک مزارع گندم تحت بررسی با احتساب نرخ مالیات کربن معادل 14/25 دلار برای هر تن CO_2 ارزشی معادل $5/26 \times 10^6$ ریال در هر هکتار در سال داشت.

نشت عناصر غذایی: نیتروژن و فسفر دو عنصر مهم کودی می‌باشند که از اکوسیستم‌های زراعی به خاک و منابع آب نشت می‌یابند. میزان نشت این عناصر بر اساس کارایی جذب محاسبه می‌شود. به طور کلی کارایی جذب نیتروژن در اکوسیستم‌های گندم ایران در حدود 40 درصد تخمین زده می‌شود (Nassiri & Koocheki, 2014). بنابراین، 60 درصد باقیمانده در معرض آبشویی و نشت به خاک و منابع آب قرار دارد. بر اساس اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه میانگین مصرف کود نیتروژنه در مزارع گندم تحت بررسی250 کیلوگرم در هکتار (با محتوی N معادل 45 درصد) بود و میزان نشت سالانه این عنصر بر این مبنا محاسبه شد. در مورد فسفر نیز میزان نشت سالانه در حدود 17 درصد مقدار کود مصرفی برآورد شده است (Lv et al., 2010) که با احتساب میانگین مقدار مصرف معادل 100 کیلوگرم در هکتار از این نوع کود مقدار نشت این عنصر نیز برآورد گردید. ارزش تبعات منفی ناشی از نشت این عناصر در حدود 1/6 دلار به ازای هر کیلوگرم برآورد شده است (Norris et al., 2010). بر این اساس تبعات منفی (ارزش منفی) ناشی از نفوذ این عناصر به خاک و منابع آب در مزارع تحت بررسی در حدود $1/2 \times 10^6$- ریال در هکتار در سال می‌باشد.

مجموع تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) ناشی از تولید گازهای گلخانه‌ای و نشت عناصر غذایی در مزارع گندم تحت بررسی معادل $6/46 \times 10^6$ ریال می‌باشد. لازم به ذکر است که اکوسیستم‌های زراعی تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) نظیر را نیز به همراه دارند که به دلیل عدم دسترسی به داده‌های کافی امکان محاسبه آن‌ها در این تحقیق فراهم نشده است.

بیلان ارزش خدمات

در جدول 1 میانگین، حداقل و حداکثر مقادیر برآورد شده برای ارزش انواع خدمات و تبعات منفی در مزارع گندم تحت بررسی ارائه شده است. در این مطالعه میانگین ارزش کل خدمات اکوسیستم با کسر ارزش تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) معادل $66/85 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال می‌باشد. البته این ارزش، قیمت خدمات تأمین کننده (غذا و علوفه) را نیز در برمی‌گیرد، بنابراین ارزش خالص خدمات غیرقابل فروش مزارع گندم معادل $51/88 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال است که 3/46 برابر بیشتر از مجموع ارزش دانه و کاه گندم تولید شده در این مزارع است.

در اغلب مطالعات ارزش خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم‌های زراعی به مراتب بیشتر از ارزش محصولات قابل فروش آن‌ها بوده است (Costanza, 1997; Guo et al., 2000). در مطالعات انجام شده در کشور چین ارزش خدمات اکوسیستم‌های زراعی بسته به روش مدیریت از شش تا 1500 برابر بیشتر قیمت محصول تولیدی بوده است (Pretty et al., 2000). ال وی و همکاران (Lv et al., 2010) ارزش خدمات بوم‌نظام‌های تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در تناوب با گندم در حوضه رودخانه یانگ تسه در کشور چین را 3/4 برابر بهای محصول برآورد کردند.

نتایج نشان داد که خدمات اتمسفری (تولید اکسیژن و ترسیب

www.SID.ir

Archive of SID

کربن) در حدود 62 درصد از ارزش کل خدمات در مزارع گندم را به خود اختصاص داده‌اند در صورتی‌که ارزش غذا و علوفه تولید شده در مزارع که مهمترین خدمات اکوسیستم‌های زراعی می‌باشند حداکثر 27 درصد و تنوع زیستی بین 7/5 تا 16 درصد از ارزش کل خدمات را شامل می‌شود. (شکل 1). سهم سایر موارد از ارزش کل خدمات در مزارع تحت بررسی ناچیز و کمتر از پنج درصد می‌باشد. تبعات منفی بسته به روش مدیریت مزارع بین هفت تا 18 درصد از ارزش خدمات اکوسیستم را کاهش دادند که به طور متوسط 11 درصد این کاهش مربوط به تولید گازهای گلخانه‌ای بود (شکل 1).

برآوردها نشان می‌دهد که تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به زراعی معمولا باعث 40 تا 60 درصد تلفات کربن از خاک به صورت دی-اکسیدکربن می‌شود که عمدتاً به دلیل تحریک تنفس اتوتروفی در اثر تخریب است (Murty et al., 2002) و این امر با توجه به سطح زیر کشت اراضی، از تبعات بسیار مهم فعالیت‌های کشاورزی محسوب می‌شود. اکوسیستم‌های زراعی که برای دستیابی به عملکرد بالا مدیریت می‌شوند در مقایسه با اکوسیستم‌های طبیعی کربن کمتری در خاک ذخیره کرده و به علاوه به دلیل تولید گازهای گلخانه‌ای تبعات منفی بیشتری بر اقلیم دارند (Randall, 2011).

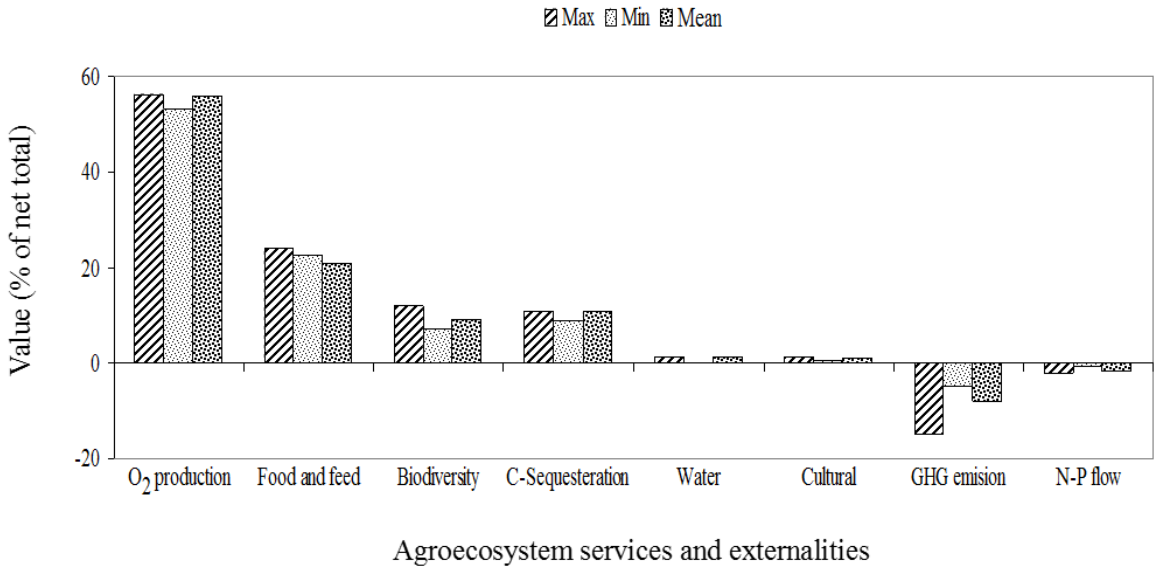
جدول 1- مقادیر برآورد شده برای ارزش انواع خدمات اکوسیستمی و تبعات زیست محیطی در مزارع گندم خراسان رضوی

Table 1- Economic evaluation of ecosystem services and environmental impacts in wheat fields in Khorasan Razavi

نوع خدمات Type of services	ارزش خدمات (میلیون ریال) Value of services (10^6 Rls)			
	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Mean	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
تنوع زیستی Biodiversity	5.64	8.05	6.84	12.4
تولید غذا و علوفه Food and feed	8.10	28.80	14.97	21.9
تولید اکسیژن Oxygen production	20.73	65.08	42.62	23.5
ترسیب کربن Carbon sequestration	6.15	8.31	7.21	14.9
ذخیره رطوبت Moisture preservation	0.0	1.60	0.92	27.2
گردشگری Tourism	0.24	1.32	0.72	13.6
جمع ارزش Total value	40.85	113.16	73.31	19.8
تبعات منفی Negative externalities				
تولید گازهای گلخانه‌ای Emission of greenhouse gases	-5.26	-5.26	-5.26	0.0
نشت نیتروژن و فسفر Nitrogen and phosphor leaching	-0.27	-2.15	-1.20	22.2
جمع ارزش Total value	-5.53	-7.41	-6.46	18.8
ارزش خالص خدمات Net services value	35.14	106.11	66.85	20.7

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- ارزش انواع خدمات اکوسیستم و تبعات منفی آن در مزارع گندم استان خراسان رضوی به عنوان درصد از ارزش کل خدمات

Fig. 1 - Economic values of ecosystem services and negative impacts of wheat fields as percent from total services in Khorasan Razavi

تأثیر اندازه مزارع بر ارزش خدمات

میانگین ارزش کل خدمات در مزارع با مساحت کمتر از 10 هکتار 10^6× 58 و در مزارع بزرگتر از 10 هکتار 10^6× 83 ریال در هکتار در سال بود (شکل 2). بنابراین با وجودی‌که ارزش کل خدمات اکوسیستم در مزارع کوچک کمتر از مزارع بزرگ بود، ولی با افزایش مساحت به بالاتر از 10 هکتار تغییر قابل توجهی در ارزش کل خدمات مشاهده نشد. این روند در مورد انواع مختلف خدمات اکوسیستم نیز مشهود بود (شکل 2). وضعیت مشابهی نیز در مورد هزینه تبعات منفی مشاهده شد به طوری‌که میانگین این هزینه‌ها در مزارع کمتر از 10 هکتار 10^6× 6- و در مزارع بزرگتر از آن 10^6× 7- ریال در هکتار در سال برآورد گردید. مطالعات مختلف نشان داده است که ارزش خدمات اکوسیستم معمولاً به مقیاس وابسته است زیرا شکل‌گیری کارکردهای مختلف تابع مقیاس مکانی می‌باشد (Kremen, 2005) به طوری‌که شکل‌گیری فرآیندهایی نظیر چرخه‌های عناصر غذایی و پویایی جمعیت گونه‌ها با کوچک شدن مقیاس محدود خواهد شد (Hein et al., 2005). البته در بوم‌نظام‌های زراعی که تولید آن‌ها متکی به نهاده‌های خارجی است، تأثیر مقیاس چندان بارز نمی‌باشد (Madureira et al., 2007). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که ارزش کل خدمات مزارع گندم تحت بررسی با 100 درصد افزایش مساحت اراضی (از 10 به 20 هکتار) تنها 50 درصد افزایش یافت (شکل 2). ارزش خدمات اکوسیستم به مقیاس زمانی نیز بستگی دارد به طوری‌که تداوم فشرده‌سازی در طی زمان موجب کاهش آن خواهد شد (Tilman et al., 2002). ال وی و همکاران (Lv et al., 2010) تغییرات ارزش خدمات اکوسیستم را در منطقه ژویگه کشور چین در طی دوره 30 ساله (2005-1975) بررسی کرده و نشان دادند که تغییر الگوهای کاربری اراضی، روش‌های مدیریت و تغییر اقلیم موجب شده تا ارزش خدمات اراضی زراعی و مراتع به ترتیب 2/27 و 13/3 درصد کاهش یابد.

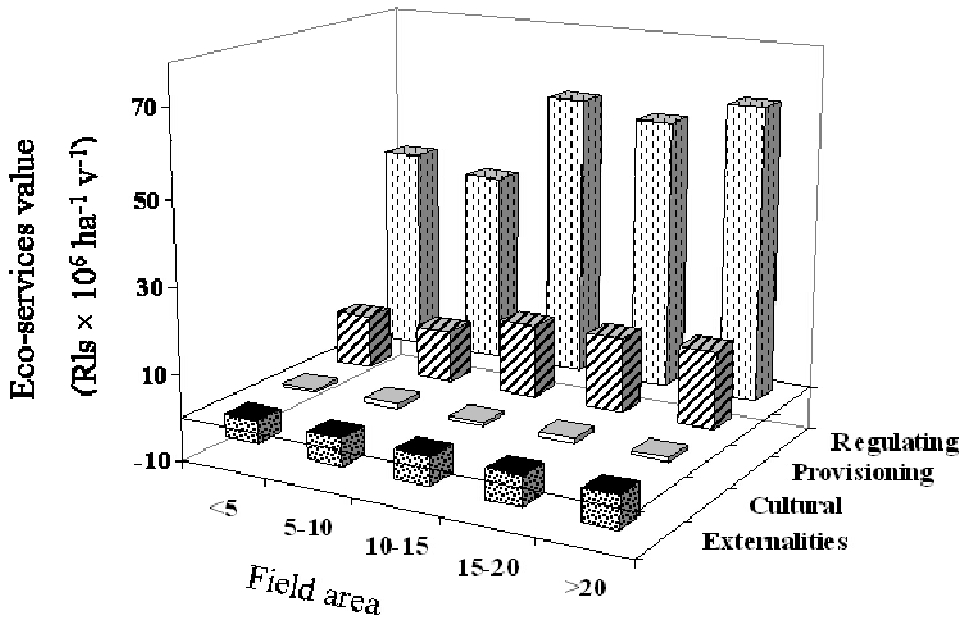
تأثیر عملکرد بر ارزش نسبی خدمات

در مزارع گندم تحت بررسی ارزش نسبی خدمات یعنی نسبت ارزش خالص خدمات به ارزش خدمات قابل فروش (غذا و علوفه) در محدوده 2/1 تا 4/6 قرار داشت و این تغییرات به طور معنی‌داری تابع میزان تولید ماده خشک و عملکرد دانه بود (شکل 3). این نسبت با افزایش عملکرد ماده خشک تا حدود هشت تن در هکتار و عملکرد دانه تا حدود چهار تن در هکتار افزایش یافت و به حداکثر خود رسید ولی با افزایش تولید به بالاتر از این مقادیر به طور چشمگیری کاهش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش سطح مصرف نهاده‌ها جهت دستیابی به عملکرد بالا و در نتیجه افزایش هزینه تبعات منفی ناشی از مدیریت فشرده، عامل اصلی کاهش ارزش خدمات در عملکردهای

www.SID.ir

Archive of SID

بالا باشد.



شکل 2- ارزش خدمات اکوسیستم در مزارع گندم خراسان رضوی محاسبه شده بر اساس وسعت مزارع

Fig. 2- Ecosystem services value base on extent of fields in Khorasan Razavi

جهت سهولت مقایسه خدمات در سه گروه تنظیم کننده، تأمین کننده و فرهنگی طبقه‌بندی شده و تبعات منفی نیز تفکیک شده‌اند.

Services classified in 3 groups, regulating, provisioning and cultural, and negative impacts are separated for easy comparison.

با وجودی‌که تولید غذا و سایر خدمات، تـأمین کننـده مهمتـرین کارکرد اکوسیستم‌های زراعی است اما شـواهد نشـان داده اسـت کـه فشرده‌سازی این بوم‌نظام‌ها در جهت افزایش این نوع خدمات باعـث بروز اثرات منفی بر سایر خدمات این اکوسیستم‌ها خواهد شد (Tilman, et al., 2002). برخی محققین عقیده دارند کـه بـه هـم خـوردن چرخه‌های عناصر غذایی در اکوسیستم‌های زراعی مهمترین عامـل از بین رفتن انسجام این بوم‌نظام‌ها و در نتیجه اختلال در ارائه خـدمات است (Dale & Polasky, 2007). مصرف فشرده کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید غذا، باعث کاهش ماده آلی خاک شده و از این طریق ذخیره‌سازی کربن و تنوع زیستی خاک با کاهش جدی مواجـه خواهد شد (Crossman et al., 2011). از سوی دیگر ایـن عملیـات باعث تولید گازهـای گلخانـه‌ای بـه ویـژه CO_2، N_2O و متـان (در اکوسیستم‌های غرقابی نظیـر بـرنج) مـی‌شـود (Lai et al., 2004; Thornes, 2010). بـرای مثـال برآوردهـا نشـان داده اسـت کـه در انگلستان در طی 25 سال گذشته هـر سـال در حـدود 0/6 درصـد از کربن خاک در اکوسیستم‌های زراعـی بـه صـورت CO_2 بـه اتمسـفر انتشار یافته است (Pretty et al., 2000).

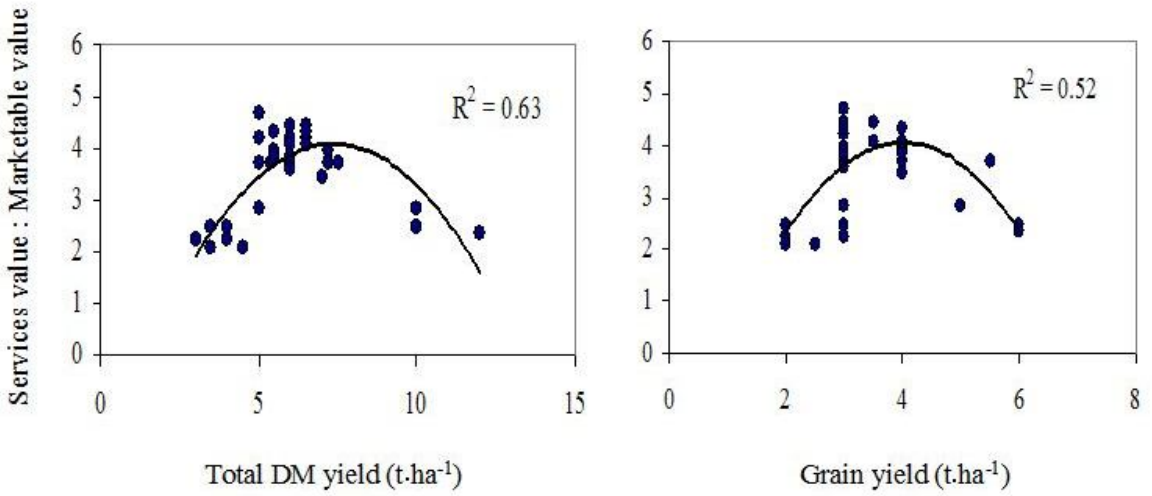
تأثیر خدمات تأمین کننده بر ارزش کل خدمات

بـا افـزایش ارزش خـدمات تـأمین کننـده، ارزش کـل خـدمات اکوسیستم افزایش یافت و در مزارعی که مجموع ارزش دانه گنـدم و کاه تولید شده در حدود 20 تا 21×10^6 ریال در هکتار در سال بود به بالاترین مقدار رسـید (شـکل 4) و سـپس بـا افـزایش بیشـتر ارزش محصول تولیدی، ارزش خدمات به تدریج کاهش یافت. البتـه هزینـه تبعات منفی محیطی افزایشی خطی در پاسخ به افزایش ارزش خدمات تأمین کننده نشان داد (شکل 4).

این شواهد تأییدی بر این واقعیت است که خدمات اکوسیسـتم از یکدیگر مستقل نبوده و همبسـتگی قـوی بـین آن‌هـا برقـرار اسـت (Norris et al., 2010).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 3- رابطه بین نسبت ارزش خدمات به ارزش محصول قابل فروش به عنوان تابعی از عملکرد کل ماده خشک (چپ) و عملکرد دانه (راست) در مزارع تولید گندم استان خراسان رضوی

Fig. 3- Relationship between ecosystem value and marketable goods value as function from total dry matter (left) and grain yield (right) in wheat fields in Khorasan Razavi

برای مثال شکل‌گیری خدمات تأمین کننده بدون تحقق خدمات حمایتی امکان‌پذیر نخواهد بود (Madureira et al., 2007). در اکوسیستم‌های زراعی فشرده چرخه عناصر غذایی که مهمترین جزء خدمات حمایتی محسوب می‌شوند، به دلیل مصرف کودهای شیمیایی و خروج بقایای محصولات دچار اختلال شده و کاهش این نوع خدمات علی‌رغم افزایش نسبی عملکرد، باعث عدم ثبات آن در مقابل تغییرات محیطی می‌شود (Antle & Capalbo, 2002; Hansen et al., 2001). این فرضیات توسط محققین دیگر نیز به تأیید رسیده است. برای مثال، مک سوئینی و رابرتسون (McSwiney & Robertson, 2005) وجود رابطه معنی‌داری را بین عملکرد ذرت و تولید گاز N_2O گزارش کردند. این محققین نشان دادند اگرچه مصرف بیشتر کودهای نیتروژن، افزایش عملکرد را به همراه دارد، ولی باعث افزایش انتشار N_2O به محیط خواهد شد. سیسوردا (Syswerda, 2009) میزان تصعید گاز N_2O از مزارع گندم مدیریت شده به روش رایج را 2/96-4/62 گرم در هکتار در روز برآورد کرد در حالی‌که این مقدار برای اکوسیستم‌های جنگلی 0/93 گرم در هکتار در روز بود به علاوه نشت نیتروژن به محیط نیز تحت تأثیر روش مدیریت قرار گرفت. به طوری‌که میانگین میزان نشت نیترات در مزارع گندم مدیریت شده به روش رایج، با شخم حداقل و به صورت ارگانیک به ترتیب 17/6، 10/9 و 6/7 گرم به ازای کیلوگرم دانه بود. وی نتیجه‌گیری کرد که افزایش هزینه تبعات منفی عامل اصلی ارزش کمتر خدمات اکوسیستم‌های زراعی فشرده در مقایسه با بوم‌نظام‌های کم نهاده می‌باشد.

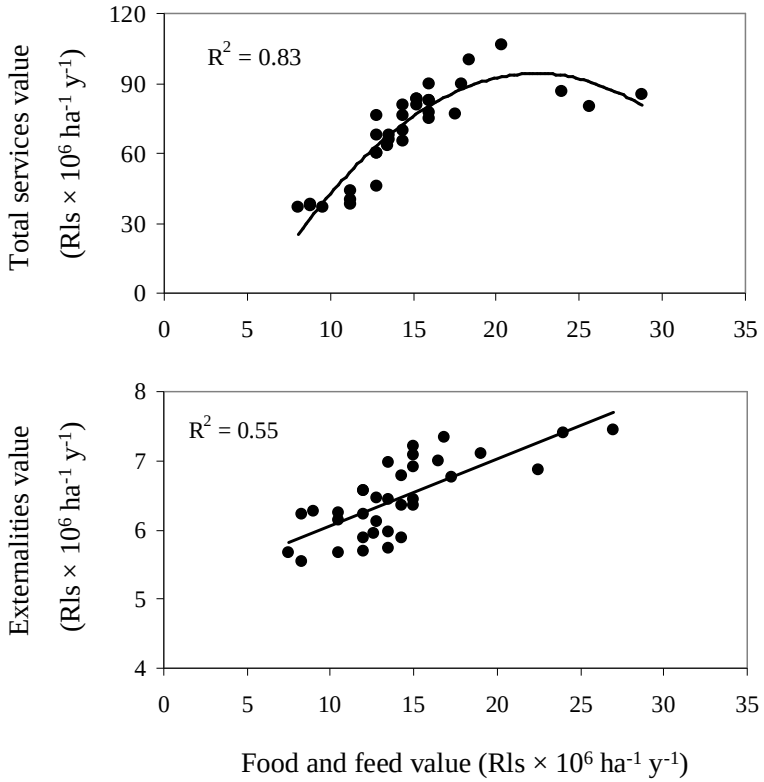
چنین شواهدی در مورد نشت عناصر کودی به محیط در مقیاس‌های بزرگ نیز وجود دارد برای مثال در آمریکا میزان نشت نیتروژن در گیاهان زراعی مختلف بین 25 تا 146 کیلوگرم در هکتار در سال گزارش شده است (Basso & Ritchie, 2005) که باعث افزایش هزینه تبعات منفی خواهد شد.

مقایسه ارزش خدمات مزارع گندم با خدمات سایر اکوسیستم‌ها

در شکل 5 سهم نسبی هر یک از خدمات اکوسیستم در مزارع گندم استان خراسان رضوی با اراضی زراعی که به صورت ارگانیک مدیریت می‌شوند و بوم‌نظام‌های طبیعی مقایسه شده است. در هر سه نوع بوم‌نظام خدمات اتمسفری بیشترین سهم را داشته و مقدار آن بین 44 تا 65 درصد ارزش کل خدمات بود. تورنس (Thornes, 2010) بیان داشت که در بین 17 نوع خدمات مختلف اکوسیستم قیمت دو نوع از این خدمات یعنی تنظیم اقلیم و تنظیم کیفیت هوا (خدمات اتمسفری) در مقیاس جهانی در حدود دو تریلیون دلار برآورد می‌شود. بالا بودن ارزش ترسیب کربن در مزارع ارگانیک و بوم‌نظام‌های طبیعی نیز به دلیل محتوای بیشتر ماده آلی خاک است.

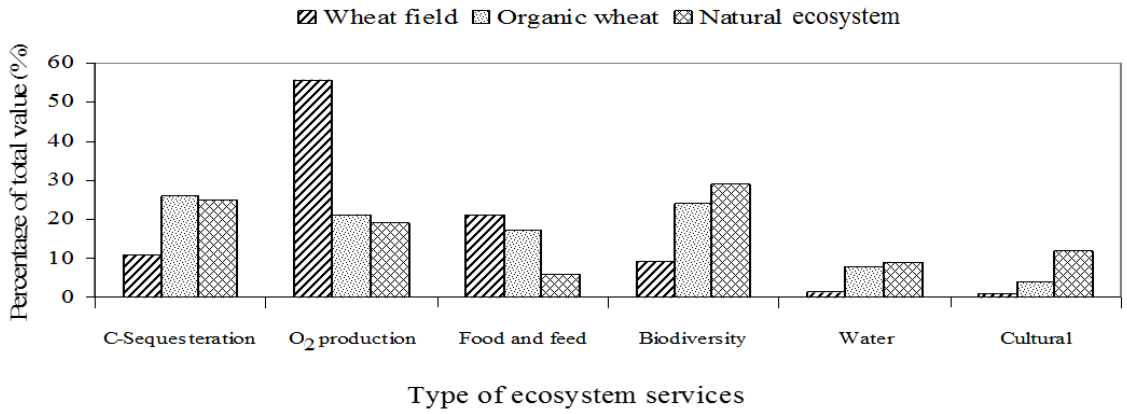
www.SID.ir

Archive of SID



شکل 4- رابطه بین ارزش غذا و علوفه (خدمات تأمین کننده) و ارزش کل خدمات اکوسیستم (بالا) و هزینه تبعات منفی (پایین) در مزارع تولید گندم استان خراسان رضوی

Fig. 4- Relationship between food and feed value (provisioning service) and total ecosystem value (up) and negative impacts value (down) in wheat fields in Khorasan Razavi



شکل 5- مقایسه سهم نسبی (درصد از کل) ارزش انواع خدمات اکوسیستمی در مزارع گندم استان خراسان رضوی با مزارع تولید ارگانیک گندم (داده‌ها از پیمنتال و همکاران (Pimental et al., 2005)، سندو و همکاران (Sandhu et al., 2008)) و میانگین ارزش این خدمات در بوم‌نظام‌های طبیعی (داده‌ها از دی‌خروت و همکاران (De Groot et al., 2010))

Fig. 5- Comparison of relativity ration (percent in total) of ecosystem services in wheat fields in Khorasan Razavi with organic wheat fields (data from Pimental et al., 2005; Sandhu et al., 2008) and mean value of these services in natural ecosystems (data from De Groot et al., 2010)

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعات نشان داده است که علاوه بر افزایش مواد آلی خاک، تبدیل مزارع یک‌ساله به دائمی و تداوم توالی در اکوسیستم نیز یکی از راهکارهای مؤثر در ذخیره کربن خاک می‌باشد و باعث ترسیب کربن در عمق 30 سانتی‌متری خاک به میزان 60 گرم در مترمربع در سال می‌شود (Lai, 2003).

به جز غذا و علوفه (خدمات تأمین کننده)، سهم سایر خدمات در بوم‌نظام‌های ارگانیک و طبیعی بیشتر از اراضی زراعی بود. این تفاوت که در سایر مطالعات نیز گزارش شده است (Tian et al., 2010; Grandy & Robertson, 2007) نشان‌دهنده تأثیر فشرده‌سازی بر کاهش خدمات اکوسیستم در ازای افزایش عملکرد است (Randall, 2002).

مقایسه این سه نوع اکوسیستم همچنین نشان‌دهنده توزیع یکنواخت تر ارزش خدمات در اکوسیستم‌های طبیعی و مزارع ارگانیک در مقایسه با مزارع گندم با مدیریت رایج است. سهم تنوع زیستی که عامل کلیدی در شکل‌گیری کارکردهای اکوسیستم محسوب می‌شود (Carpenter, 2006) در مزارع گندم، مزارع ارگانیک و بوم‌نظام‌های طبیعی به ترتیب 9/3، 24 و 29 درصد از ارزش کل خدمات بود (شکل 5). به نظر می‌رسد که غیر یکنواختی توزیع خدمات در مزارع گندم عمدتاً به دلیل زوال تدریجی تنوع زیستی به دلیل فشرده‌سازی می‌باشد. این وضعیت که ناشی از مصرف روزافزون نهاده‌های شیمیایی است در سایر مناطق جهان نیز مشهود است برای مثال در فاصله سال‌های 1970 تا 2000 میلادی تنوع زیستی در زمین‌های کشاورزی اروپا 23 درصد کاهش یافت که نتیجه آن کاهش قابل ملاحظه خدمات این بوم‌نظام‌ها است (Fitter et al., 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود به کارگیری روش‌های مدیریت فشرده، بوم‌نظام‌های زراعی به دلیل ماهیت چند کارکردی خود قادرند علاوه بر خدمات تأمین کننده، خدماتی نظیر ترسیب کربن، پاکسازی آب و هوا، حفاظت خاک، ذخیره آب، و حفظ تنوع زیستی را ارائه دهند که ارزش اقتصادی آن‌ها قابل توجه بوده و چندین برابر بیشتر از غذا و علوفه تولید شده توسط آن‌ها است. البته این بوم‌نظام‌ها بسته به روش مدیریت و شدت فشرده‌سازی، تبعات منفی نظیر تولید گازهای گلخانه‌ای و نشت عناصر کودی به محیط را نیز به همراه دارند که ارزش خدمات آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود روابط معنی‌دار بین خدمات و تبعات منفی با عملکرد مؤید این امر است که با حفظ حد بهینه‌ای از عملکرد می‌توان ارزش خدمات اکوسیستم را به حداکثر رساند. بنابراین بهره‌برداری پایدار از تولیدات کشاورزی در گرو مدیریت اکوسیستم‌های زراعی به نحوی است که بتوان اثرات متقابل بین خدمات مثبت و تبعات منفی ناشی از عملیات زراعی را با بهره‌گیری از خصوصیات چند کارکردی بوم‌نظام‌ها به حداقل کاهش داد.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه شماره 117686/2 مورخ 1390/3/4 توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Antle, J.M., and Capalbo, S.M. 2002. Agriculture as a managed ecosystem: Policy implications. Journal of Agricultural and Resource Economics 27(1): 1-15.

Basso, B., and Ritchie, J.T. 2005. Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize-alfalfa rotation in Michigan. Agriculture, Ecosystem and Environment 108: 329-341.

Canadell, P. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO_2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of the *National Academy* USA 104: 18866-18870.

Carpenter, S.R., DeFries, R., Dietz, T., Mooney, H.A., Polasky, S., Reid, W.V., and Scholes, R.J. 2006. Millennium ecosystem assessment: research needs. Science 314: 257-258.

Costanza, R., D'Arge, R., DeGroot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruel, J., Raskin, R.G., Sutton, P., and VandenBelt, M. 1997. The value of the world's ecosystem service and natural capital. Nature 387: 253-260.

www.SID.ir

Archive of SID

Crossman, N.D., and Bryan, B.A. 2009. Identifying cost-effective hot spots for restoring natural capital and enhancing landscape multi-functionality. Ecological Economics 68: 654-668.

Crossman, N.D., Bryan, B.A., and Summers, D.M. 2011. Carbon payments and low-cost conservation. Conservation Biology 25: 835-845.

Daily, G.C. 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington 392 pp.

Dale, V.H., and Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. Ecological Economics 64: 286-296.

De Groot, R.S., Wilson, M.A., and Boumans, R.M.J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function, goods and services. Ecological Economics 41: 393-408.

De Groot, R., Brander, L., Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermand, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., 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.

Del Grasso, S.J. 2002. Refinement, testing and application of the DEYCENY model to investigate ecological impacts of agriculture. PhD thesis, Colorado State University, Fort Collins, USA.

Fitter, A., Elmqvist, T., Haines-Young, R., Potschin, M., Rinaldo, A., Setala, H., Stoll-Kleemann, S., Zobel, M., and Murlis, J. 2010. An Assessment of Ecosystem Services and Biodiversity in Europe. In: Hester, R.E. and R.M. Harrison. 2010 (Eds.). Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 1-28.

Grandy, A.S., Loecke, T.D., Parr, S., and Robertson, G.P. 2006. Long-term trends in nitrous oxide emissions, soil nitrogen, and crop yields of till and no-till cropping systems. Journal of Environmental Quality 35: 1487-1495.

Grandy, A.S., and Robertson, G.P. 2007. Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. Ecosystems 10: 58-73.

Guo, Z.W., Xiao, X.M., and Li, D.M. 2000. An assessment of ecosystem services: water flow regulation and hydroelectric power production. Ecological Application 10: 925-36.

Hansen, B., Alroe, H.F., and Steen, K.E. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. Agriculture, Ecosystems and Environment 83(1-2): 11-26.

Hein, L., Koppen, K., Groot, R., and Ierland, E. 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystems services. Ecology 57: 209-228.

Kosonen, K. 2005. Fiscal instruments for internalizing external costs. http://www. externe.info/brussels/br1140.pdf.

Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? Ecological Letters 8: 468-79.

Lai, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. Critical Reviews in Plant Sciences 22(2): 151-184.

Lai, R., Grifin, M., Apt, J., Lave, L., and Morgan, M.G. 2004. Managing soil carbon. Science 304: 393.

Li, J., Wang, W., Huc, G., and Weic, Z. 2010. Changes in ecosystem service values in Zoige Plateau, China. Agriculture, Ecosystems and Environment 139: 766-770.

Lv, Y., Gu, S., and Guo, D. 2010. Valuing environmental externalities from rice–wheat farming in the lower reaches of the Yangtze River. Ecological Economics 69: 1436-1442.

Madureira, L., Rambonilaza, T., and Karpinski, I. 2007. Review of methods and evidence for economic valuation of agricultural non-commodity outputs and suggestions to facilitate its application to broader decisional contexts. Agriculture, Ecosystems and Environment 120: 5-20.

McSwiney, C., and Robertson, G.P. 2005. Nonlinear response of N_20 flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays*) cropping system. Global Change Biology 11: 1-8.

MEA, Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington DC.

Murty, D., Kirschbaum, M.U.F., McMurtrie, R.E., and McGilvray, H. 2002. Does forest conversion to agricultural land change soil organic carbon and nitrogen? A review of the literature. Global Change Biology 8: 105-123.

Nassiri, M., and Koocheki, A. 2014. Trend analysis of nitrogen use and productivity in wheat production systems of Iran. Journal of Agroecology (accepted). (In Persian with English Summary)

Nijkamp, P., and Vindigni, G. 2003. The Economics of Biodiversity: A Multivariate Meta-analysis. Vrije Universiteit, Amsterdam.

www.SID.ir

Archive of SID

Norris, K., Potts, S.G., and Mortimer, S.R. 2010. Ecosystem Services and Food Production. In: Hester, R.E. and R.M. Harrison. 2010 (Eds.) Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 52-69.

Nunes, P., and Bergh, J. 2001. Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense. Ecology 39: 203-222.

OECD, 2002. Handbook of Biodiversity Valuation. A Guide for Policy Makers. OECD, Paris, France.

Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., and Seidel, R. 2005. Environment, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. Bioscience 55: 573-581.

Pretty, J.N. 2002. Agriculture: Reconnecting People, Land and Nature. Earthscan Publications Ltd., London.

Pretty, J.N., Brett, C., Gee, D., Hine, R.E., Mason, C.F., Morison, J.I.L., Raven, H., Rayment, M.D., and Vander Bijl, G. 2000. An assessment of the total external costs of UK agriculture. Agricultural Systems 65: 113-136.

Randall, A. 2002. Valuing the out puts of multifunctional agriculture. European Review of Agriculture Economics 29: 280-307.

Syswerda, S.P. 2009. Ecosystem services from agriculture across a management intensity gradient in Southwest Michigan. PhD thesis, Michigan State University.

Sandhu, H.S., Wtatten, S.D., Cullen, R., and Case, B. 2008. The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. Ecological Economic 64: 835-848.

TEEB Foundations, 2010. In: Kumar, P. (Ed.), The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Earth Scan, London, Washington.

Thornes, J. 2010. Atmospheric services. In: Hester, R.E. and Harrison, R.M. 2010 (Eds.) Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 70-104.

Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and the costs and benefits of intensive production practices. Nature 418: 671-677.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 612-627

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 627-612

Economic Value of Agroecosystem Services within Wheat Fields in Khorasan Razavi Province

A. Koocheki[1*], M. Nassiri Mahallati[1], A. Amin Ghafouri[2], M. Mahlojirad[2] and F. Fallahpour[2]

Submitted: 23-04-2013
Accepted: 15-01-2014

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Amin Ghafouri, A., Mahloji, M., and Fallahpour, F. 2017. Economic value of agroecosystem services within wheat fields in Khorasan Razavi province. Journal of Agroecology 8(4): 612-627.

Introduction

Due to its multifunctional nature agriculture play important roles in ecological processes such as carbon sequestration, flood control, groundwater recharge, nutrient cycling, and purifying water, soil and air in addition to providing food, feed and fiber. These cover almost all ecological services provided by natural ecosystems, including provisioning services, regulating services, supporting services and cultural services (MEA, 2005). Provisioning services are the products obtained from ecosystems, including food, fiber and fuel. Regulating services are the benefits arising from the regulation of ecosystem processes, such as climate regulation, water purification, pollination and the control of pests and diseases. Cultural services are the non-material benefits people obtain from ecosystems, as spiritual enrichment, recreation and aesthetic experiences. Supporting services are those services necessary for the production of all other ecosystem services, such as soil formation and nutrient cycling (Norris et al., 2010). However, most of these services are not recognized and their values are hidden to the society. On the other hand, unlike natural ecosystems that only produce positive ecological services, agro-ecosystems also contribute to some negative externalities e.g. emission of greenhouse gases, leaching of chemicals into soil and water resources and reduction of biodiversity that should be taken into account (Norris et al., 2010). Economic valuation of these services makes them attractive for the society and policymakers to pay more attention towards conservation of ecosystem services. In Iran, studies on ecosystem services are scared and in global scale researches are mainly focused on natural ecosystems. In this study the economic value of ecological services as well as negative environmental externalities of wheat fields were estimated in the Khorasan Razavi province.

Materials and methods

Information was extracted from questionnaires collected from 40 fields varying in area, management and inputs level. Using these data economic value of feed and food, carbon sequestration, oxygen production, biodiversity, water retention and tourism together with greenhouse gas emission and nitrogen and phosphorous leakage as environmental externalities was quantified. Calculations were based on standard methods described by Millennium Ecosystem Assessment. Economic values were estimated as international dollar as proposed by De Groot et al. (2012) and reported as equivalent national price.

Results and discussion

The mean value of the total agroecosystem services of wheat fields excluding externalities, were estimated as 66.85×10^{6} Rls.$ha^{-1}.y^{-1}$. The value of non-marketable services was 3.46 times more than food and feed and on average atmospheric services (oxygen production and carbon sequestration) contributed up to 62% of total value while biodiversity and provisional services included 9.3 and 21% of total, respectively and the other services below 5%. Net value of services was increased with increasing field size. However, doubling field size resulted in 50% increase in net value because larger fields were more intensified leading to higher negative impacts. Economic value of services was significantly dependent on wheat total dry matter and yield. Nonlinear relation

1 and 2- Professor and PhD Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51347

www.SID.ir

Archive of SID

was found between wheat yield and total value of services where a break point was found at yields above 4 t.ha^{-1}. However, negative externalities were increased linearly with increasing both total dry matter and grain yield.

Conclusion

Results of this study indicated that despite to intensive management wheat production systems of Khorasan province are able to provide several regulating and supporting services and their economic value is 3-4 folds higher than provisional services harvested as grain and feed. However, negative externalities will be increased in more intensified fields with higher yield. Feeding a growing human population is obviously critically important and can only be done by recognizing and embracing the concept that food production systems are embedded within ecosystems. They depend on ecosystem services and have ecosystem impacts. Promotion of multifunctional characteristics of agroecosystems to maintain high yield together with ecological services, should be considered as an alternative for conventional management practices.

Keywords: Biodiversity, Economic value, Ecosystem services, Environmental externalities

References

De Groot, R., Brander, L., Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermand, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., Brink, P., and vanBeukering, P. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services 1: 50-61.

MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington DC.

Norris, K., Potts, S.G., and Mortimer, S.R. 2010. Ecosystem services and food production. In: Hester, R.E. and Harrison, R.M. 2010 (Eds.) Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 52-69.

www.SID.ir