نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۹۵۹-۹۳۵

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 935-959

راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران
Π- جایگزینی نهاده‌ها و طراحی بوم‌نظام کشاورزی

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، روح اله مرادی[2] و حامد منصوری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۲۰

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، مرادی، ر.، و منصوری، ح. ۱۳۹۶. راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران. Π- جایگزینی نهاده‌ها و طراحی بوم‌نظام کشاورزی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۴): ۹۵۹-۹۳۵.

چکیده

با بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها در بوم‌نظام‌های کشاورزی، جایگزینی نهاده‌های بوم‌سازگار با نهاده‌های شیمیایی به‌عنوان دومین گام و طراحی مجدد بوم‌نظام‌های زراعی به‌عنوان آخرین مرحله در گذار از کشاورزی رایج به پایدار مطرح می‌باشند. به منظور ارزیابی وضعیت نظام‌های زراعی کشور، ۲۲۳ پژوهش و مطالعه انجام گرفته در سطح کشور در زمینه‌های مختلف از نظر جایگزینی نهاده‌ها و طراحی بوم‌نظام‌های زراعی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این‌که در کشاورزی پایدار بیشتر کارکردهای چندگانه بوم‌نظام‌ها مدنظر می‌باشد، در این مطالعه سعی شده است جنبه‌های چند کارکردی مدیریت‌های مختلف در زمینه جایگزینی نهاده‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. کارکردهای مورد مطالعه در این پژوهش شامل بهبود خصوصیات بیوفیزیکوشیمیایی خاک، مدیریت بوم‌سازگار آفات و بیماری‌ها، کاهش مصرف انرژی و افزایش تنوع زیستی با استفاده از رهیافت‌های مدیریتی بوم‌سازگار می‌باشند که در قالب مدیریت‌های مختلف از قبیل استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک، مدیریت بقایای گیاهی، استفاده از ویژگی‌های دگرآسیبی گیاهان، شخم‌های حفاظتی، تناوب زراعی و کشت مخلوط مطرح می‌باشند. در بخش طراحی، بر مبنای آگاهی و دانش حاصل از پژوهش‌های نظری و عملی، بوم‌نظام کشاورزی پایدار طراحی و بازآفرینی شد. در طراحی مدیریت آب و خاک، آب در مقیاس چرخه‌های بزرگ در نظر گرفته شد و در مورد خاک تأکید بر تغذیه خاک به‌جای تغذیه گیاه صورت گرفت. در مدیریت آفات به‌جای کنترل به بینش مدیریت آفات توجه شد و در مدیریت تنوع، مفهوم تنوع فراتر از گونه‌های زراعی مدنظر قرار گرفت و گونه‌های گیاهی غیرزراعی، گونه‌های جانوری و تنوع زیر خاک را نیز در نظر گرفت. رهیافت‌های تخفیف و سازگاری در رابطه با تغییر اقلیم و همچنین تدریجی کردن دوره گذار از رایج به پایدار به منظور به‌حداقل رساندن مخاطرات مالی برای کشاورزان نیز از جمله مواردی است که در طراحی بوم‌نظام مورد توجه قرار گرفت. به‌طور کلی، علی‌رغم این‌که در بخش جایگزینی نهاده‌های بوم‌سازگار به جای نهاده‌های رایج پژوهش‌های مختلفی در ایران انجام گرفته است ولی سیاست گذاری در انتقال این راهبردها به مزارع ضروری است. گرچه از نظر طراحی بوم‌نظام زراعی بوم‌سازگار پژوهش‌های منسجمی در این زمینه صورت نگرفته است، ولی وجود نتایج کافی برای دو مرحله اول و دوم (افزایش کارایی نهاده‌ها و جایگزینی آن‌ها) می‌تواند مبنایی برای این مرحله باشد. بنابراین در مرحله آخر گذار به کشاورزی پایدار باید مطالعات عمیقی در سطح بوم‌نظام بر اساس پتانسیل هر منطقه انجام شود.

واژه‌های کلیدی: بازآفرینی، پایداری خاک، تغییر اقلیم، تنوع زیستی، توسعه روستایی، چند کارکردی

مقدمه

با این‌که در سامانه‌های کشاورزی رایج عملکرد به میزان قابل توجهی افزایش یافته و در نتیجه میزان تولید مواد غذایی به شکل چشم‌گیری ارتقاء یافته است، اما پیامدهای گسترده زیست‌محیطی حاصل از فعالیت‌های مختلف مربوط به تولید و به‌خصوص مصرف نهاده‌های شیمیایی، روش‌های کنونی را زیر سؤال برده است. هدف اصلی در کشاورزی رایج به حداکثر رساندن تولید و درآمد می‌باشد (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008) و لذا به‌منظور

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان (دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد) و استادیار مؤسسه تحقیقات چغندرقند، همدان(دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد)
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.27139

دستیابی به این اهداف، مجموعه‌ای از عملیات بدون توجه به مخاطرات زیست‌محیطی آن‌ها به اجرا گذاشته می‌شوند. در ایران نیز متأسفانه، نهاده‌های شیمیایی مصرفی شامل کودها و سموم شیمیایی به‌دلیل سهولت کاربرد و برآورده‌سازی نیاز محصولات زراعی در کوتاه‌مدت، به‌شدت مورد استفاده قرار می‌گیرند و کشاورزان ارتقاء حاصلخیزی درازمدت خاک و فرآیندهای کنترل‌کننده آن را به فراموشی سپرده‌اند. نکته قابل توجه این است که بخش قابل‌توجهی از سموم و کودهای شیمیایی از دسترس گیاه و خاک خارج شده و باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند. از طرف دیگر، تولید مواد غذایی به شکل رایج هنوز نتوانسته‌است مشکل کمبود غذا در سطح جهان را حل نماید و در حال حاضر در جهان بیش از یک میلیارد نفر در معرض کمبود مواد غذایی قرار دارند. بنابراین، نیل به کشاورزی پایدار و بازنگری در بینش‌های رایج ضرورتی انکار ناپذیر می‌باشد (Gliessman & Rosemeyer, 2010).

یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار بازگرداندن تنوع به محیط‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. افزایش تنوع با دیدگاه‌های کشاورزی رایج که هدف آن حصول حداکثر عملکرد از طریق کشت خالص محصولات در مقیاس وسیع می‌باشد، در تضاد است (Nassiri et al., 2007). به‌نظر می‌رسد تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی رایج عامل ناخواسته است، زیرا که نهاده‌ها و عملیات زراعی به‌نحوی طراحی شده‌اند که باعث محدودیت تنوع می‌شوند. نگرانی‌های ناشی از زوال تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های رایج و آگاهی از این امر که کاهش تنوع زیستی کشاورزی هزینه‌هایی برای تولید کنندگان، هزینه‌های اجتماعی برای جوامع، پیامدهای دراز مدت برای تولیدات کشاورزی و در نتیجه اثرات منفی بر امنیت غذایی دارد (Koocheki, 1997)، باعث شده است که در دو دهه اخیر، عملیات بوم‌سازگار مانند کشت مخلوط، تناوب، کنترل اکولوژیک آفات، کاربرد نهاده‌های اکولوژیک و مدیریت بقایای گیاهی که از دیرباز در بوم‌نظام‌های سنتی جایگاه ویژه‌ای داشته است، به‌تدریج در سامانه‌های نوین نیز مورد توجه قرار گیرد (Tsubo et al., 2001). بوم‌نظام‌های کشت مخلوط بر پایه استفاده مؤثر از تشعشع خورشیدی، عناصر معدنی و منابع محیطی استوار هستند، زیرا تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گونه‌های مختلف نظیر الگوهای متفاوت اندام‌های هوایی، ریشه، جذب عناصر و مسیر فتوسنتزی گونه‌های مختلفی که در کنار یکدیگر رشد می‌کنند، باعث استفاده کارآمدتر از منابع می‌شود (Ndakidemi, 2006). این بوم‌نظام‌ها با شبیه‌سازی فرآیندهای بوم‌شناختی، ضمن حفظ سلامت تنوع زیستی، عملکرد قابل قبول و مطلوبی نیز تولید می‌کنند.

برای گذار از کشاورزی رایج به پایدار سه مرحله پیشنهاد شده است (Gliessman & Rosemeyer, 2010): مرحله اول شامل افزایش کارایی نهاده‌هایی چون کود و سموم شیمیایی است که در حال حاضر در کشاورزی رایج مورد استفاده قرار می‌گیرند. مرحله دوم مربوط به جایگزینی نهاده‌های رایج با نهاده‌ها و عملیات بوم‌سازگار بوده و مرحله سوم طراحی مجدد بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌نحوی که کارکرد آن بر مجموعه‌ای از فرآیندهای اکولوژیکی استوار باشد، می‌باشد.

مرحله اول که مربوط به کارایی استفاده از نهاده‌های نیتروژن، آب، نور و سموم شیمیایی می‌باشد و ارائه راهکارهای بهبود کارایی استفاده از این نهاده‌ها به‌عنوان گام اول گذار از کشاورزی رایج به پایدار قبلا به‌عنوان نخستین بخش از این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته است (Koocheki et al., 2013)، بنابراین هدف از این بخش از پژوهش، بررسی وضعیت کاربرد نهاده‌ها و مدیریت‌های جایگزین در کشاورزی کشور به‌عنوان گام دوم گذار از کشاورزی رایج به پایدار و طراحی بوم‌نظام‌های زراعی مبتنی بر اصول و مبانی بوم‌شناختی به‌عنوان گام سوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جایگزینی نهادهای شیمیایی با نهادهای زیستی و بوم‌سازگار به عنوان دومین گام و طراحی بوم‌نظام‌ها در راستای بهبود کارایی نهاده‌ها و جایگزینی آن‌ها به طور توام فرآیند گذار از کشاورزی رایج به پایدار را تکمیل می‌نماید (Gliessman & Rosemeyer, 2010). مطالعه حاضر به‌منظور بررسی وضعیت جایگزینی نهاده‌های بوم‌سازگار و نیز طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی بر پایه اصول اکولوژیک در ایران انجام شده است. بدین منظور، ۲۲۳ پژوهش انجام گرفته در این زمینه بر روی محصولات مختلف زراعی و دارویی مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از تجزیه و تحلیل بر اساس ویژگی‌های کارکردی و ساختاری گروه‌بندی شده و اطلاعات مورد نیاز استخراج گردید.

با توجه به این‌که در کشاورزی بوم‌سازگار بیشتر کارکردهای چندگانه بوم‌نظام مدنظر می‌باشد، در این مطالعه جنبه‌های چند کارکردی مدیریت‌های مختلف در زمینه جایگزینی نهاده‌ها مورد توجه

قرار گرفت. کارکردهای مورد مطالعه در این پژوهش شامل بهبود حاصلخیزی و خصوصیات بیوفیزیکوشیمیایی خاک، مدیریت اکولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی، کاهش مصرف انرژی و افزایش تنوع زیستی بود. استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک، باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک، استفاده از ویژگی‌های دگرآسیبی، شخم‌های حفاظتی و کاهش یافته، تناوب زراعی و کشت مخلوط از جمله رهیافت‌های مورد مطالعه برای جایگزینی با نهاده‌های شیمیایی و برون مزرعه‌ای بودند.

در بخش طراحی بوم‌نظام نیز بر اساس رهیافت‌های مربوط به افزایش کارایی منابع (مرحله اول گذار) و همچنین جایگزینی نهاده‌های رایج و فشرده با نهاده‌های بوم‌سازگار (مرحله دوم گذار)، نظام‌های جایگزین کشاورزی بر مبنای آگاهی و دانش حاصل از پژوهش‌های نظری و عملی و بر پایه اصل ثبات درازمدت عملکرد و حفاظت محیط زیست طراحی شدند. در این بخش متغیرهای مربوط به آب، خاک، مدیریت آفات، تنوع زیستی، تغییرات اقلیمی، بوم‌نظام-های کم نهاده، مناطق حاشیه‌ای، زمین‌های کم‌بازده و شرایط نامساعد محیطی مد نظر قرار گرفت. در طراحی بوم‌نظام‌های پایدار کشاورزی، طراحی هر جزء بوم‌نظام در ارتباط با سایر اجزاء مورد توجه قرار گرفت و در نهایت کل بوم‌نظام کشاورزی به صورت یک مجموعه طراحی گردید.

نتایج و بحث

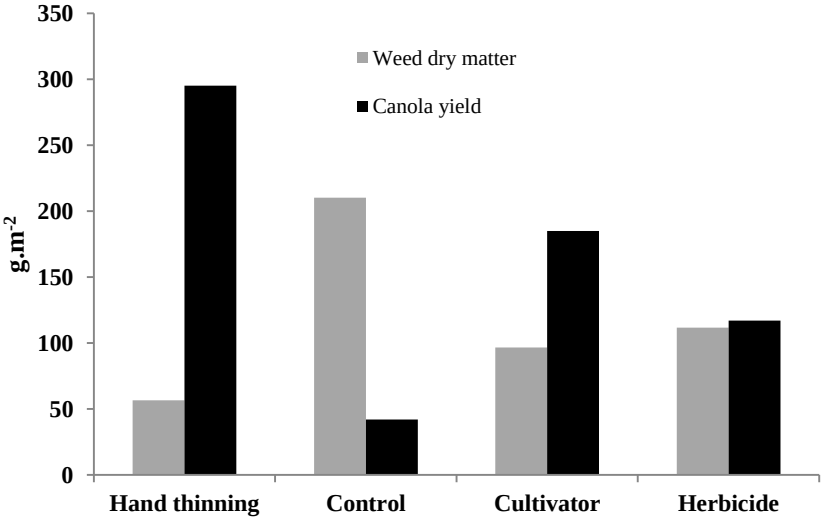
مدیریت اکولوژیک آفات

آفت‌کش‌های شیمیایی گروه ویژه‌ای از ترکیب‌های مصنوعی هستند که استفاده گسترده از آن‌ها در کشاورزی رایج منجر به ورود مقادیر زیادی از این مواد به منابع آب و خاک شده و به‌عنوان تهدیدی برای محیط‌زیست محیطی به شمار می روند. یکی از دلایل عمده آلودگی آب‌های زیرزمینی، عدم کنترل کافی و رهاسازی سموم در محل‌های مصرف آن‌هاست و بدین ترتیب پالایش خاک و آب‌های زیرزمینی آلوده شده در این مناطق یکی از مهم‌ترین مشکلات محیطی به‌شمار می‌رود (Rezaei et al., 2011). آفت‌کش‌های شیمیایی در کوتاه‌مدت می‌توانند جمعیت آفات را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهند اما به‌علت این‌که همراه با کنترل آفات، شکارچی‌های طبیعی آن‌ها نیز از بین می‌روند، جمعیت آفات مجدداً به حالت اولیه و حتی بیشتر از آن برگشته و متعاقباً کشاورزان به مصرف بیشتر این مواد ترغیب می‌شوند (Nassiri et al., 2007). در گذار از کشاورزی رایج به پایدار همواره سعی شده است تا کاربرد این مواد شیمیایی تا حد ممکن کاهش و حتی حذف شود و از روش‌های جایگزین از قبیل تناوب زراعی، کشت مخلوط، استفاده از دگرآسیبی، گیاهان پوششی، گیاهان مانع و تله، کنترل مکانیکی، کنترل بیولوژیک و مدیریت شخم برای کنترل آفات استفاده شود. کنترل آفات و علف‌های هرز یکی از چالش‌های اصلی در گذار به کشاورزی پایدار می‌باشد که باید به‌خوبی مدیریت شوند. مطالعات متعدد صورت گرفته در ایران در زمینه کنترل اکولوژیک آفات و علف‌های هرز نشان می‌دهد که این روش‌ها می‌توانند جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی باشد.

نتایج برخی بررسی‌ها در ایران نشان داده است که در بسیاری از موارد، کنترل مکانیکی علف‌های هرز علاوه بر فواید زیست محیطی می‌تواند مؤثرتر از کنترل شیمیایی عمل کند. آزمایش پور آذر (Pour Azar, 2009) نشان داد که وجین دستی و کولتیواتور علف‌های هرز را بهتر از کاربرد علف‌کش‌های تریفلورالین و اتال‌فلورالین کنترل نمودند و از طرفی عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط کنترل مکانیکی به‌طور چشم‌گیری بالاتر از کنترل شیمیایی بود (شکل ۱).

بررسی برخی مطالعات مختلف نشان می‌دهد که اجرای تناوب زراعی می‌تواند ابزاری سودمند و جایگزینی مناسب برای سموم شیمیایی در کنترل علف‌های هرز (Oveisi et al., 2006; Jamali & Jokar, 2010; Siahmarguei et al., 2003; Mohammad Sadrabadi et al., 2010; Dust & Asghari, 2009) و آفات (Alimoradi et al., 2006) باشد. محمد دوست و علی اصغری (Mohammad Dust & Asghari, 2009) با بررسی تأثیر تناوب و علف‌کش بر کنترل علف‌های هرز گزارش نمودند که اجرای تناوب سه ساله میزان تراکم و وزن خشک علف‌هرز را بسیار بهتر از علف-کش دی‌کلروسولفورن کاهش داد و از طرفی، عملکرد چاودار (*Secale cereal* L.) در زمان اجرای تناوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط عدم تناوب بود (جدول ۱). جمالی و جوکار (Jamali & Jokar, 2010) نیز گزارش کردند که در کلیه تناوب‌های گندم (*Triticum aestivum* L.)–ذرت (*Zea mays* L.)، گندم–چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و گندم–آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تعداد بذر علف‌هرز جوده (*Hordeum spontaneum* C.

Koch) در خاک نسبت به کشت متناوب گندم کاهش معنی‌داری یافت.



شکل ۱- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز بر وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد کلزا (پورآذر، ۱۳۸۸)
Fig. 1- Effect of different methods of weed control on weed dry matter and canola yield (Pur-Azar, 2009)

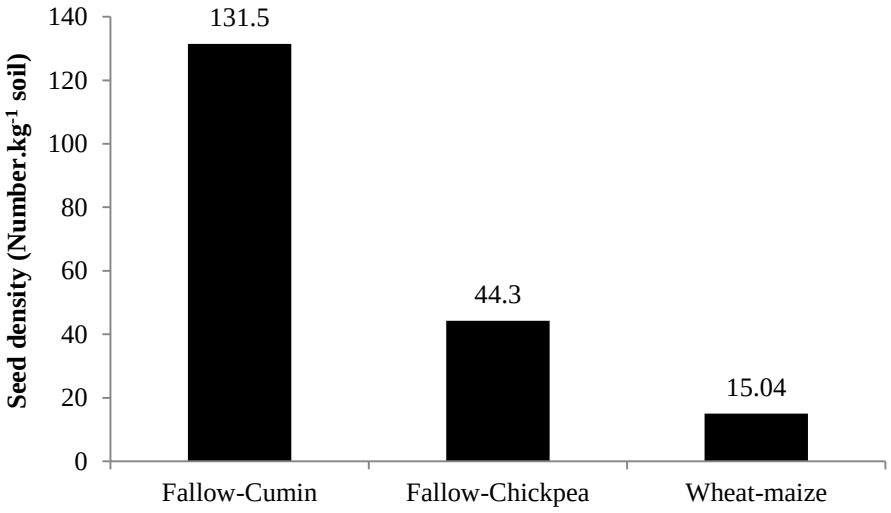
ترکیب و تراکم بذر علف‌های هرز در خاک بسیار متغیر بوده و ارتباط نزدیکی با سابقه کشت زمین دارد (Siahmarguei et al., 2003). برخی بررسی‌ها (Oveisi et al., 2006; Siahmarguei et al., 2003; Sadrabadi et al., 2010; Alimoradi et al., 2006) نشان داده‌است که برنامه‌های مختلف تناوبی در بوم‌نظام‌های زراعی نقش مهمی در تغییر ترکیب گونه‌ای بانک بذر دارد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، میزان بانک بذر علف‌هرز در زمانی که دو گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) بعد از آیش کاشته شدند به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت این گیاهان پس از تناوب گندم–ذرت بود. همچنین، تراکم بذر علف‌های هرز در کشت جو بعد از آیش به‌طور معنی‌داری بالاتر از کشت جو بعد از ذرت و کلزا بود (شکل ۳).

یکی دیگر از روش‌های کنترل اکولوژیک آفات و علف‌های هرز کشت مخلوط می‌باشد. وجود توأم دو گیاه در مقایسه با یک محصول، به‌طور مؤثرتری از منابع نور، آب و مواد غذایی بهره‌برداری کرده و بنابراین منابع محدودتری برای استفاده علف‌های هرز باقی خواهد ماند (Rezaei et al., 2011; Alizade et al., 2010; Fotuhi et al., 2012). از طرفی، کشت مخلوط می‌تواند از طریق حایل شدن بین دو گونه گیاهی، اثرات دگرآسیبی و نیز افزایش جمعیت دشمنان طبیعی آفات و بیماری‌ها، نقش مؤثری در کاهش خسارت بیماری و آفات گیاهی داشته باشد و جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی محسوب شود (Karimipur, 2006; Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012).

جدول ۱- تأثیر کنترل شیمیایی و اکولوژیک بر عملکرد دانه چاودار و تراکم و وزن خشک علف‌هرز
Table 1- Effect of chemical and ecological control on grain yield rye and weed density and dry matter

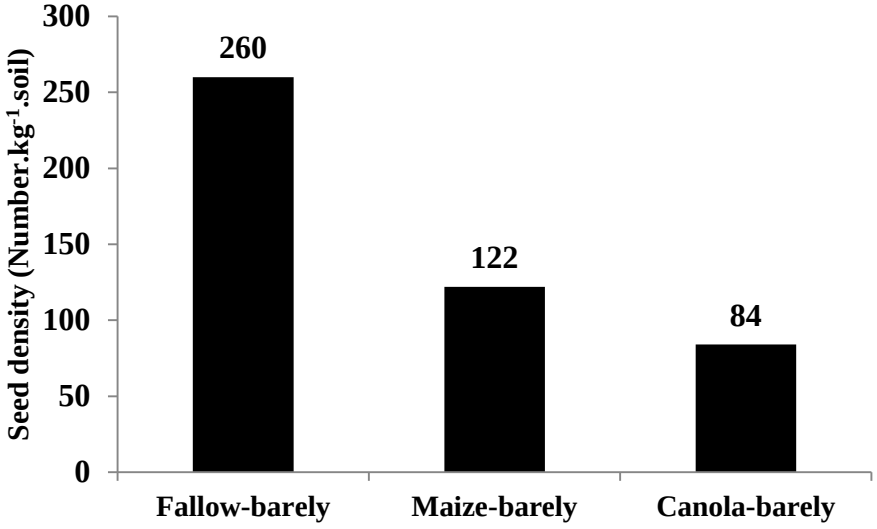
تیمار Treatment	عملکرد دانه چاودار (کیلوگرم در هکتار) Chavdar grain yield (kg.ha^{-1})		وزن خشک علف هرز (کیلوگرم در هکتار) Weed dry matter (kg.ha^{-1})		تراکم علف هرز (بوته در مترمربع) Weed density (Plant.m^{-2})	
	تناوب Rotation	عدم تناوب No-rotation	تناوب Rotation	عدم تناوب No-rotation	تناوب Rotation	عدم تناوب No-rotation
عدم کنترل No-control	3100	1200	55	585	101	264
علف‌کش Herbicide	3500	1600	49	472	75	257

منبع: محمددوست و اصغری (۱۳۸۸)
Reference: Mohammad Dust & Asghari (2009)



شکل ۲- تأثیر تناوب‌های مختلف بر تراکم بذر علف‌های هرز (سیاهمرگویی و همکاران، ۱۳۸۲)

Fig. 2- Effect of various rotations on seed density of weeds (Siahmarguei et al., 2003)



شکل ۳- میزان بانک بذر در تناوب‌های مختلف زراعی (اویسی و همکاران، ۱۳۸۵)

Fig. 3- Effect of various agronomical rotation of seed bank (Oveisi et al., 2006)

در ایران مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر کشت مخلوط بر کنترل علف‌های هرز صورت گرفته است و همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، اکثر آن‌ها تأیید می‌کنند که زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط کشت مخلوط دو گونه گیاهی به‌طور معنی‌داری کمتر از کشت خالص دو گونه می‌باشد (Rezaei et al., 2011; Alizade et al., 2010; Fotuhi et al., 2012; Seyedi, 2012; Ghanbari et al., 2010; Nazari et al., 2012). تأثیر مثبت کشت مخلوط بر کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی نیز در آزمایشات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) با بررسی تأثیر کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بر میزان بیماری *فوزاریوم* (*Fusarium oxysporum*) که منجر به بوته‌میری زیره سبز می‌شود، گزارش نمودند که کشت شنبلیله در بین ردیف‌های زیره سبز به‌عنوان کشت مخلوط از طریق جلوگیری از انتشار بیماری در بین ردیف‌ها، میزان بوته‌میری در این گیاه را حدود ۲۳ درصد نسبت به کشت خالص زیره سبز کاهش داد.

جدول ۲- تأثیر کشت مخلوط گیاهان مختلف بر میزان ماده خشک علف‌هرز (کیلوگرم در هکتار)

Table 2- Effect of intercropping of different crops on weed dry matter (kg.ha^{-1})

	ماش-سیاهدانه Mungbean-black cumin	ارزن-لوبیا Panicum-bean	ذرت-ماش Mazie-mungbean	ذرت-کدو Maize-cucumber	لوبیا-ریحان Bean-ocimum	نخود-جو Chichpea-barely	ذرت-لوبیا Maize-bean
خالص گونه اول Sole first species	308	1152	2430	3456	1353	1500	4900
خالص گونه دوم Sole scecond species	565	1217	3224	1413	1082	642	6455
مخلوط دو گونه Intercropping	340	892	1854	2316	693	180	3420
منبع Reference	Rezvani Moghaddam et al. (2009)	Ghanbari et al. (2010)	Nazari et al. (2012)	Ghanbari et al. (2012)	Alizade et al. (2010)	Seyedi et al. (2012)	Fotuhi Chiyaneh et al. (2012)

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، گونه‌های مختلف قارچ تریکودراما برای کنترل بیولوژیک بیماری‌های ریشه‌گرهی گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، پوسیدگی طوقه آفتابگردان و گندم و مرگ گیاهچه ای چغندرقند مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که این عامل بیولوژیک بیماری‌های فوق را بین ۲۸ تا ۸۱ درصد نسبت به شرایط عدم کنترل کاهش داده است. تأثیر مثبت گونه‌های مختلف باکتری *سودوموناس* در کنترل بیماری‌های پوسیدگی ریشه باقلا (*Vicia faba* L.)، سیاهک پنهان گندم و پژمردگی خیار (*Cucumis sativus* L.) در آزمایشات مختلف مورد تأیید قرار گرفته است (جدول ۳). به‌عنوان مثال گلپایگانی و همکاران (Golpayegani et al., 2010) گزارش نمودند که باکتری *Pseudomonas fluorescens* بیماری پوسیدگی ریشه باقلا را ۵۱ درصد کاهش داد (جدول ۳).

سارانی و همکاران (Sarani et al., 2009) نشان دادند که باکتری *Burkholderia cepacia* مرگ گیاهچه کلزا را که عامل آن *Rhizoctonia solani* می‌باشد، حدود ۶۶ درصد نسبت به شرایط عدم کنترل بهبود بخشید (جدول ۳). نکته قابل توجه اینجاست که در آزمایش سارانی و همکاران (Sarani et al., 2009) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین کنترل مرگ گیاهچه کلزا توسط آفت‌کش شیمیایی بنومیل و *Rhizoctonia solani* وجود نداشت که این خود نشان‌دهنده این است که عوامل بیولوژیک می‌تواند جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی باشد. برخی بررسی‌ها (Ashrafi zade et al., 2003; Sadeghi et al., 2009) نشان داد که عامل بیولوژیک *Streptomyces* پژمردگی فوزاریومی خربزه (*Cucumis melo* L.) را حدود ۱۸ درصد و مرگ گیاهچه چغندرقند را حدود ۵۷ درصد نسبت به شرایط عدم کنترل بهبود بخشید (جدول ۳). علاوه بر این، نتایج برخی بررسی‌ها (Mohammadi et al., 2005; Padasht & Izadyar, 2006) نشان داده است که باکتری جنس *باسیلوس* (*Bacillus* sp.) نیز در کنترل بیماری بلاست برنج (*Oryza sativa* L.) و پوسیدگی ریشه گندم مؤثر است، به‌طوری‌که این بیماری‌ها را به‌ترتیب حدود ۳۹ و ۶۱ درصد کاهش داد (جدول ۳).

استفاده از ویژگی دگرآسیبی گیاهان دگرآسیب نیز می‌تواند نقش مهمی در مدیریت و کنترل آفات و علف‌های هرز ایفا کند. مزایای استفاده از مواد آللوپاتیک، در مقایسه با علف‌کش‌های مصنوعی در این است که به‌علت تجزیه‌پذیری زیستی، ایمن‌تر بوده، در غلظت‌های پایین به‌طور انتخابی عمل می‌نمایند و چون این مواد به‌وسیله میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شوند، اثرات سوء زیست‌محیطی طولانی ندارند (Moradi et al., 2010). در ایران مطالعات متعددی در زمینه تأثیر مواد دگرآسیب بر رشد علف‌های هرز (Oruji et al., 2009; Moradi et al., 2010; Azizi et al., 2010; Velayati et al., 2011; Piraste et al., 2011; Rauf & Omidbegi, 2011; Tahami & Rezvani, 2011; Karimian et al., 2011; Saraei et al., 2012) و آفات گیاهی (Hakimi et al., 2004) صورت گرفته است. در تمامی‌مطالعات مورد بررسی، مواد دگرآسیب به‌طور معنی‌داری باعث کاهش خصوصیات رشد علف‌های هرز و آفات شدند و با افزایش غلظت مواد دگرآسیب میزان بازدارندگی این مواد افزایش یافت.

جدول ۳- کنترل بیولوژیک آفات مختلف توسط برخی عوامل بیولوژیک در گیاهان مختلف

Table 3- Biological control of different pest by biological agents in various plant

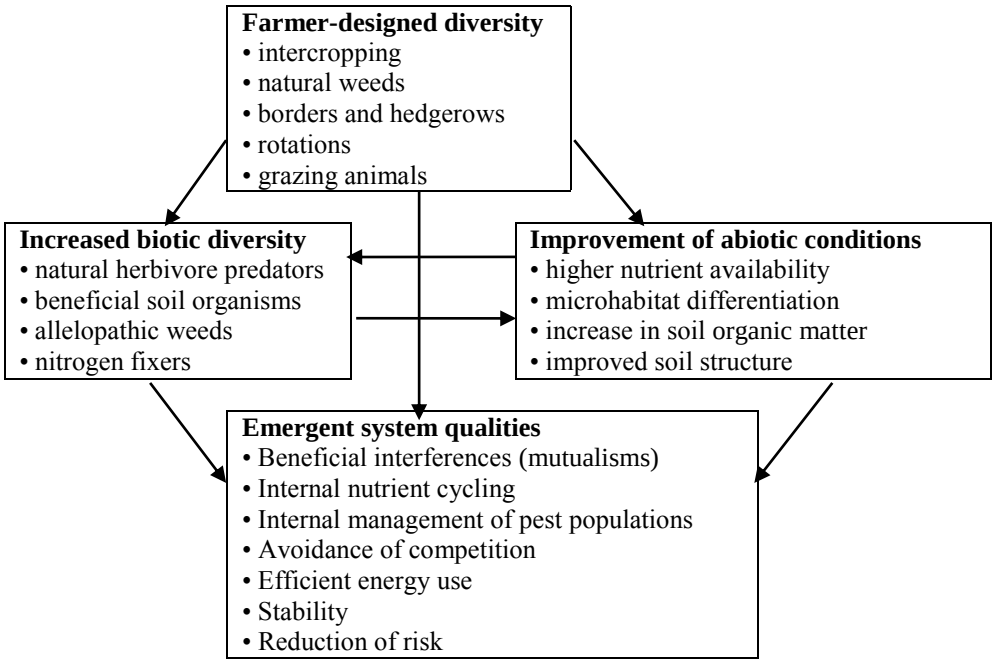
عامل بیولوژیک Biological agent	آفات هدف Target pests	گیاه میزبان Host plant	نام بیماری Disease name	درصد کنترل Contol (%)	منبع References
Bacillus criculans	*Pyricularia grisea*	برنج Rice	بلاست Blast	39	Padasht Dehkaei and Izadyar (2007)
Pseudomonas fluorescens	*Tilletia laevis*	گندم Wheat	سیاهک پنهان Bunt	18	Khodaygan et al. (2006)
Streptomyces	*Fusarium oxysporum*	خربزه Melon	پژمردگی فوزاریومی Fusarium wilt	92	Ashrafizadeh et al. (2003)
Burkholderiacepacia	*Rhizoctonia solani*	کلزا Canola	مرگ گیاهچه Damping off	66	Sarani et al. (2009)
Pseudomonas fluorescens	*Fusarium solani*	باقلا Faba bean	پوسیدگی ریشه Root Rot	51	Golpayegani et al. (2010)
Rhizobium	*Fusarium solani*	باقلا Faba bean	پوسیدگی ریشه Root Rot	9	Golpayegani et al. (2010)
Trichoderma harzianum	*Meloidogyne javanica*	گوجه فرنگی Tomato	ریشه گرهی Root- knot	28	Maleki Ziyarati et al. (2009)
Streptomyces	*Rhizoctonia solani*	چغندرقند Sugar beet	مرگ گیاهچه Damping off	57	Sadeghi et al. (2009)
Pseudomonas fluorescens	*Verticillium dahliae*	خیار Cucumber	پژمردگی Wilt	14	Ahmadifar et al. (2005)
Trichoderma harzianum	*Rhizoctonia solani*	چغندرقند Sugar beet	مرگ گیاهچه Damping off	81	Shahiri Tabarestani et al. (2005)
Bacillus subtilis	*Bipolaris sorokiniana*	گندم Wheat	پوسیدگی ریشه Root Rot	61	Mohammadi et al. (2005)
Trichoderma viride	*Bipolaris spicifera*	گندم Wheat	پوسیدگی طوقه Crown rot	76	Etebariyan et al. (2007)
Trichoderma virens	*Sclerotinia sclerotiorum*	آفتابگردان Sunflower	پوسیدگی طوقه Crown rot	71	Abdollahzadeh et al. (2006)

دانش بومی‌ایرانیان از گذشته‌های دور راهکارهای مناسب و مؤثری را برای مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی در اختیار ما قرار داده است. گزارش‌هایی از ۵۰۰ سال پیش در کشاورزی ایران وجود دارد که بر اساس آن برای مبارزه با بعضی آفات از مواد و عصاره‌های گیاهی، روغن‌های معدنی و موادی همچون خاکستر، آهک و گوگرد استفاده می‌شده است (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008). متأسفانه واکنش آفات به سموم شیمیایی کم شده است و این موضوع باعث افزایش مقدار مصرف سم در کشور شده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد اگر برای مقابله و مدیریت آفات گیاهی که سالانه میلیاردها ریال به کشاورزی کشور خسارت وارد می‌کند، تنها به مبارزه شیمیایی اکتفا شود، واردات و مصرف این سموم افزایش خواهد یافت و این امر علاوه بر زیان‌های اقتصادی، پیامدهای زیست‌محیطی برای تمام موجودات زنده به‌دنبال خواهد داشت و در این میان مقاومت عوامل بیماری زا در برابر سموم یکی از جدی‌ترین پیامدهای زیان بار آن است (Koocheki, 1997).

افزایش تنوع زیستی

در گذار از کشاورزی رایج به پایدار باید مدیریت بر مبنای

روش‌های افزایش تنوع و پیچیدگی بوم‌نظام کشاورزی باشد. در شکل ۴ پویایی بوم‌نظام کشاورزی با تنوع زیاد نشان داده شده است.



شکل ٤- پویایی بوم‌نظام در بوم‌نظام کشاورزی با تنوع زیاد (نصیری و همکاران، ۱۳۸۸)

Fig. 4- Ecosystem dynamic in a high diversity agroecosystem (Nassiri et al., 2007)

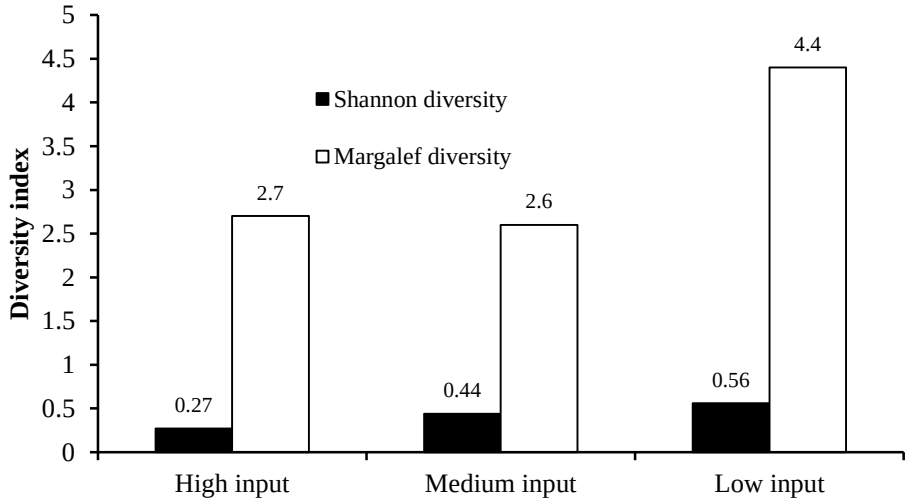
وضعیت تنوع زیستی گیاهان زراعی، آفات و علف‌های هرز برای بوم‌نظام‌های مختلف کشاورزی کشور در پژوهش‌های متعددی مورد ارزیابی قرار گرفته است (Koocheki et al., 2011; Koocheki et al., 2004a; Koocheki et al., 2004b; Mahdavi Damghani et al., 2007; Nassiri et al., 2005; Koocheki et al., 2004c; Koocheki et al., 2004d; Azizi et al., 2009; Khoramdel et al., 2009; Khodashenas et al., 2010a; Khodashenas et al., 2012; Khodashenas et al., 2011; Khodashenas et al., 2010b; Khodashenas et al., 2008). تناوب زراعی، یکی از راه‌های مؤثر افزایش تنوع در مزرعه می‌باشد که از آن به‌عنوان تنوع زمانی یاد می‌شود. مطالعات مختلف نشان داده است که تناوب زراعی باعث بروز اثرات و کارکردهای مفید در بوم‌نظام زراعی می‌شود. به‌عنوان مثال، نقش تناوب بر افزایش جمعیت ریز موجودات مفید خاک (Soduri, 2006) کنترل و کاهش تنوع و خسارت علف‌های هرز (Siahmarguei et al., 2003; Azizi et al., 2009) مورد تأیید قرار گرفته است. بررسی مطالعات مختلف در ایران نشان می‌دهد که استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک به‌جای کودهای شیمیایی منجر به افزایش تنوع زیستی گیاهی و جانوری بوم‌نظام کشاورزی می‌گردد. به‌عنوان مثال، عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2009) با بررسی مقایسه میزان تنوع گیاهی تحت تأثیر استفاده از کودهای آلی و معدنی گزارش کردند که کاربرد کود گوسفندی به‌میزان ۲۰ تن در هکتار منجر به افزایش میزان تنوع شانون و مارگالف هم در گیاهان زراعی و هم علف‌های هرز نسبت به کودهای شیمیایی شدند (جدول ۴). برخی بررسی‌ها نشان داده است که با حرکت از بوم‌نظام‌های کشت پرنهاده میزان تنوع مارگالف و شانون علف‌های هرز افزایش نشان داد (شکل ۵ و۶).

در گذار از کشاورزی رایج به پایدار، کشت مخلوط نیز به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین محورهای بهبود تنوع بوم‌نظام کشاورزی باید مورد توجه قرار گیرد. افزایش تنوع گیاهان زراعی و پوشش گیاهی به‌عنوان روشی برای کاهش اثر آفات توصیه شده و فقدان تنوع همواره یکی از عوامل آلودگی به آفات معرفی شده است (Ahmadi & Damadzade, 2006). نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012) نشان داد که الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) و گاوزبان (*Echium amoenum* L.)، تنوع شانون علف‌های هرز را نسبت به کشت خالص دو گیاه کاهش داد و الگوی کشت دو ردیف لوبیا و دو ردیف گاوزبان، بیشترین میزان کاهش توع را شامل شد (شکل ۷).

جدول ٤- شاخص‌های تنوع گیاهان زراعی و علف‌هرز در تیمارهای کودی مختلف (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸)

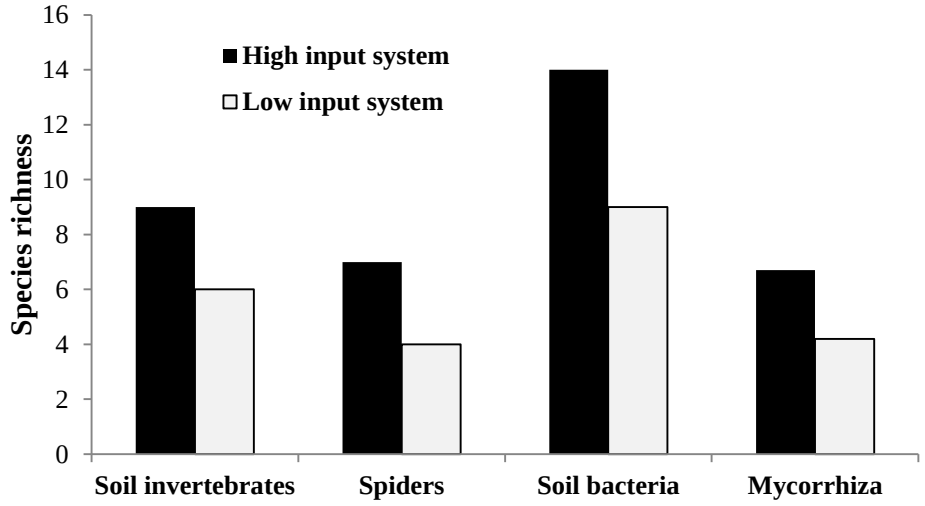
Table 4- Diversity index of crops and weed in different fertilizer treatment (Azizi et al., 2009)

	مارگالف Margalef		شانون Shannon	
	علف‌هرز Weed	گیاه زراعی Crop	علف‌هرز Weed	گیاه زراعی Crop
کود آلی Organic fertilizer	2.20	0.41	0.56	0.11
کود معدنی Mineral fertilizer	2.10	0.37	0.50	0.09



شکل٥- شاخص تنوع شانون و مارگالف علف‌های هرز تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف زراعی (خرم‌دل و همکاران، ۱۳۸۸)

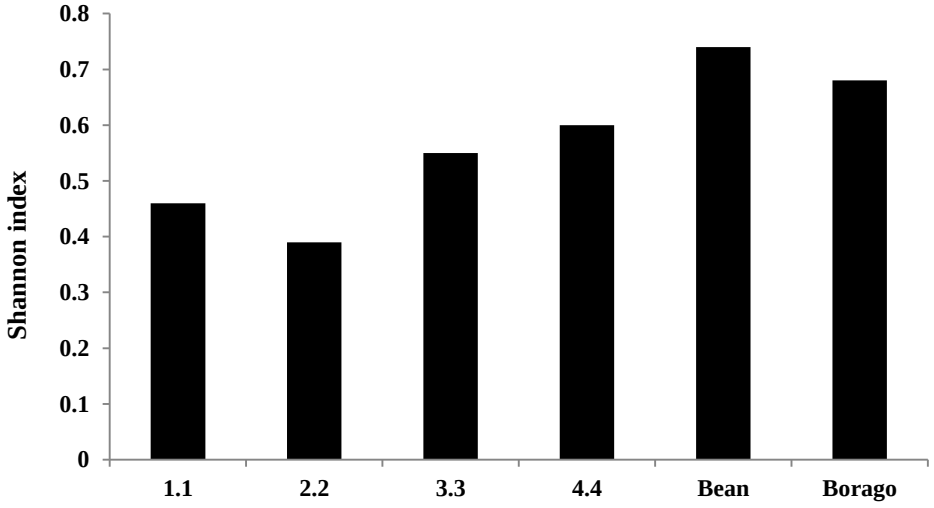
Fig. 5- Shannon and Margalef index of weed as affected by different agronomical managements (Khorramdel et al., 2009)



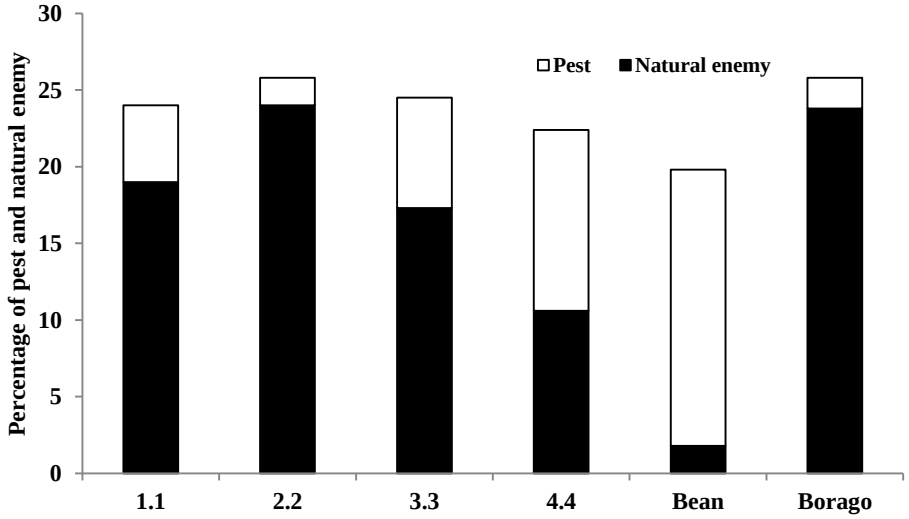
شکل ٦- غنای گونه‌ای موجودات مختلف خاک در منطقه مشهد تحت تأثیر مدیریت مختلف (خداشناس و همکاران، ۱۳۸۹؛ خداشناس و همکاران، ۱۳۹۱؛ خداشناس و همکاران، ۱۳۹۰؛ خداشناس و همکاران، ۱۳۸۹؛ خداشناس و همکاران ۱۳۸۷)

Fig. 6- Species richness of various soil microorganisms as affected by different management in Mashhad region (Khodashenas et al., 2010a; Khodashenas et al., 2012; Khodashenas et al., 2011; Khodashenas et al., 2010b; Khodashenas et al., 2008)

چنین به‌نظر می‌رسد که کشت مخلوط با افـزایش تنـوع مکـانی، آشیان‌های کمتری را در اختیار علف‌های هرز قـرار داده کـه ایـن امـر منجر به کاهش تعداد گونه علف‌هـرز در واحـد سـطح شـده اسـت. از طرفی نتایج نامبردگان در بررسی جمعیت آفات و دشمنان طبیعی آن-ها در الگوهای مختلـف کشـت دو گیـاه حـاکی اسـت کـه الگوهـای مختلف کشت مخلوط، جمعیـت کـل حشـرات و بـه‌خصـوص نسـبت جمعیت شکارگرها به آفات را نسبت به کشـت خـالص لوبیـا افـزایش چشم‌گیری داده است (شکل ۸). آن‌ها همچنین تأکید کـرده انـد کـه کشـت مخلـوط از طریـق افـزایش شـکارگرهـای طبیعـی از جملـه کفشدوزک هفت نقطه‌ای باعث کاهش جمعیت شته و سایر آفات شده است. این موضوع به‌خوبی نشـان‌دهنـده نقـش مثبـت افـزایش تنـوع مکانی حاصل از کشت مخلوط بر دیگر کارکردهای بوم‌نظام می‌باشد.



شکل ۷- میزان تنوع شانون علف‌های هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط و کشت خالص دو گیاه لوبیا و گاوزبان (کوچکی و همکارن، ۱۳۹۱)
Fig. 7- Shannon index of weed in various intercropping patterns of borage-bean on (Koocheki et al., 2012)



شکل ۸- سهم آفات و دشمنان طبیعی از کل حشرات موجود در مزرعه تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت لوبیا و گاوزبان (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۱).
Fig. 8- Share of pest and natural enemies in various intercropping patterns of borage-bean on (Koocheki et al., 2012)

پایداری خاک

مدیریت پایدار خاک تأکید بر زنده، سلامت و پویا بودن خاک دارد. بنابراین فرآیندهایی که ویژگی‌های مذکور را بهبود بخشیده و مصرف نهاده‌های شیمیایی را کاهش دهند، به‌عنوان فرآیندهای بوم سازگار نقش مهمی در بهبود خصوصیات مختلف بیوفیزیکوشیمیایی خاک دارند. کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک، باقی گذاشتن بقایا در سطح خاک، خاک ورزی حفاظتی و همچنین افزایش تنوع از طریق تناوب و کشت مخلوط و به‌ویژه استفاده از بقولات در تناوب و بوم‌نظام مخلوط از جمله راهکارهای بهبود خصوصیات شیمیایی خاک برای جایگزینی با کودهای شیمیایی می‌باشند (Nassiri et al., 2007; Kamkar & mahdavi Damghani, 2008). نقش کودهای آلی مختلف بر میزان عناصر غذایی اضافه شده به خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2008) تأیید کردند که تغذیه بستر خاک با کودهای آلی نقش مهمی در بهبود خصوصیات شیمیایی خاک داشت. نتایج آن‌ها نشان داد که از بین نهاده‌های آلی مختلف مورد استفاده، کود دامی نسبت به کمپوست و لجن فاضلاب دارای مزیت بیشتری در بهبود خصوصیات شیمیایی خاک بود.

جدول ۵- تأثیر کودهای مختلف آلی بر میزان برخی عناصر غذایی خاک (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۹)

Table 5- Effect of various organic fertilizers on some soil nutrients (Ebrahimi et al., 2010)

نوع کود Fertilizer type	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg.kg^{-1})		فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P (mg.kg^{-1})		نیتروژن (٪) N (%)	
	تجمعی Cumulative	باقی‌مانده Residual	تجمعی Cumulative	باقی‌مانده Residual	تجمعی Cumulative	باقی‌مانده Residual
گاوی Cow manure	1572	701	256	95	1.9	0.19
کمپوست Compost	697	687	63.3	44	2	0.18
لجن فاضلاب waste	503	473	60	49	1.70	0.17
شاهد Control	426	407	18	18	0.10	0.10

قرشی و همکاران (Ghoreshi et al., 2012) نیز گزارش نمودند که استفاده از کود گاوی باعث افزایش غلظت فسفر در گیاه ذرت به میزان ۵۶ درصد در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود گاوی شد. کاربرد کود گاوی تأثیر مثبت بر جذب فسفر و به‌تبع آن رشد ذرت داشت که نشان می‌دهد، مواد آلی عامل مهمی‌در فراهمی فسفر و تعادل بین عناصر غذایی خاک و گیاه به‌شمار می‌آیند. مطالعات دیگر نیز حاکی از آن است که استفاده از کودهای دامی باعث بهبود جذب سایر عناصر غذایی در گیاهان می‌شود. دهقانی و همکاران (Dehghani et al., 2007) در بررسی تأثیر استفاده از کود گاوی بر میزان عنصر روی در خاک گزارش کردند که استفاده از کود گاوی باعث افزایش معنی‌داری در میزان این عنصر در خاک شد. افزایش جذب عناصر کم‌مصرف همچون آهن، روی، مس و منگنز در گیاه ذرت تحت تأثیر کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد توسط یقطین و همکاران (Yaghtin et al., 2009) گزارش گردید. احمدآبادی و همکاران (Ahmadabadi et al., 2011) نیز افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک را تحت تأثیر کود دامی در مقایسه با شاهد و کود شیمیایی بیان نمودند.

فریدونی و همکاران (Fereyduni et al., 2009) در بررسی تأثیر کود شیمیایی و مرغی بر خصوصیات بیولوژیکی خاک گزارش کردند که استفاده از کود مرغی باعث بهبود خصوصیات زیستی خاک در مقایسه با کود شیمیایی شد، به‌طوری که کود مرغی تأثیر بیشتری بر جریان CO_2، بیومس میکروبی خاک و شاخص دسترسی کربن در مقایسه با کود اوره داشت. دهقان و همکاران (Dehghan et al., 2012) نیز اظهار داشتند که کاربرد سطوح مختلف کمپوست و ورمی‌کمپوست به مراتب بیش از کود شیمیایی موجب افزایش میزان کربن آلی، تنفس میکروبی، کربن بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم اوره آز شد. آن‌ها گزارش نمودند که با افزایش تعداد سال‌های کاربرد کود از دو سال به چهار سال، مقدار اندازه‌گیری شده فعالیت آنزیم اوره

آز روند افزایشی داشت و در نهایت کاربرد ورمی‌کمپوست تأثیر بهتری بر فعالیت میکروبی و آنزیمی‌خاک داشت. در بررسی و مقایسه تأثیر مدیریت‌های مختلف زراعی بر فعالیت زیستی و میکروبی خاک گزارش شده است که روش بدون خاک‌ورزی همراه با حفظ پسماند گیاهی و روش بدون سوزاندن مؤثرترین روش‌ها در حفاظت از ماده آلی و بهبود کربن زیست‌توده میکروبی می‌باشد (Hosseini et al., 2010). افزایش فعالیت آنزیم‌های الکالین فسفاتاز و ساکاراز تحت تأثیر استفاده از کود مرغی به‌ترتیب به‌میزان ۱۹ و ۹ درصد در مقایسه با کود اوره و ۳۳ و ۲۰ درصد در مقایسه با شاهد توسط فریدونی و همکاران (Fereyduni et al., 2009) گزارش شد. آنزیم الکالین فسفاتاز هیدرولیز ترکیبات آلی فسفردار به یون فسفات قابل جذب توسط گیاهان را بر عهده دارد و آنزیم ساکاراز نیز در هیدرولیز ترکیبات آلی کربن‌دار نقش مهمی دارد. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2012) در بررسی صفات جامعه میکروبی خاک تحت تأثیر کوددهی و خاک‌ورزی بیان نمودند که عملیات بدون خاک‌ورزی و خاک رزی حداقل نسبت به خاک‌ورزی رایج و همچنین کاربرد کود دامی و کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی و شاهد باعث افزایش خصوصیات میکروبی خاک شامل تعداد باکتری، کربن میکروبی و آنزیم‌های اوره آز، فسفاتاز اسیدی، فسفاتاز قلیایی، کاتالاز و سلولاز گردید. شخم نیز به‌دلیل بر هم زدن و زیر و رو کردن خاک می‌تواند بر فعالیت میکروبی خاک تأثیر بگذارد. مهرآوران (Mehravaran, 2001) به افزایش درجه کلونیزاسیون قارچ‌های مایکوریزا با ریشه‌های ذرت و افزایش فعالیت ریسه قارچ‌ها در تیمار بدون خاک‌ورزی در مقایسه با بوم‌نظام‌های کم خاک‌ورزی و رایج اشاره کردند.

بهبود خصوصیات فیزیکی خاک تحت تأثیر استفاده از کودهای آلی از دیگر مزایای استفاده از این کودها می‌باشد که در صورت توجیه اقتصادی، کاربرد کود دامی‌می‌تواند موجب بهبود شرایط فیزیکی نامطلوب خاک شود. صفادوست و همکاران (Safadoost et al., 2007) گزارش کردند که استفاده از کود دامی به‌میزان ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار باعث افزایش ضریب آبگذری اشباع، تخلخل کل، تخلخل درشت، تخلخل ریز و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شد. استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش میزان تخلخل و ظرفیت نگهداشت آب خاک در مقایسه با شاهد و کود شیمیایی گردید و نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب افزایش ۳۹/۹۶ و ۲۷/۶۷ درصدی در میزان تخلخل و ظرفیت نگهداشت آب خاک همراه بود (Ahmadabadi et al., 2011). اصغری و همکاران (Asghari et al., 2010) نیز اظهار داشتند که استفاده از کود دامی‌در مقایسه با لجن و ورمی‌کمپوست باعث بهبود بیشتر ساختمان، اصلاح ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین افزایش میانگین ظرفیت آب قابل استفاده برای گیاهان شد. کاهش مقاومت خاک در بوم‌نظام خاک‌ورزی رایج نسبت به بوم‌نظام کم خاک‌ورزی توسط شیرانی و همکاران (Shirani et al., 2010) گزارش شده است و دلیل این امر را عمق بیشتر خاک نرم در تیمار گاوآهن برگردان‌دار در مقایسه با دیسک سطحی بیان نمودند. نامبردگان گزارش کردند که افزودن کود دامی موجب کاهش معنی‌دار مقاومت خاک در مقایسه با شاهد گردید. افزایش پایداری خاک دانه‌ها در بوم‌نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی و حداقل توسط روستا (Rusta, 2009) نیز گزارش شد.

در برخی پژوهش‌ها (Alijani et al., 2011; Salehi et al., 2011; Haghighatnia et al., 2008; Rahimizade et al., 2011) تأثیر مثبت مدیریت بقایای گیاهی و تناوب زراعی بر بهبود خصوصیات شیمیایی خاک گزارش شده است. علیجانی و همکاران (Alijani et al., 2011) به تأثیر مثبت باقی گذاشتن بقایا و بوم‌نظام خاک‌ورزی کاهش یافته بر افزایش درصد کربن آلی و نیتروژن خاک اشاره کردند و بیان نمودند که در صورت حفظ بقایای ذرت در مزرعه با بوم‌نظام خاک ورزی کاهش یافته، درصد کربن آلی خاک از ۰/۷ درصد به ۰/۸۹ درصد می‌رسد. صالحی و همکاران (Salehi et al., 2011) نیز در پژوهشی نشان دادند که کاربرد بقایای گیاهی بر کیفیت خاک تأثیر مثبت داشته و با کاربرد بقایای گیاهی، مقدار کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک افزایش معنی‌داری یافت. حقیقت نیا و همکاران (Haghighatnia et al., 2008) و رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizade et al., 2011) در بررسی تأثیر نظام‌های مختلف تناوب بر خصوصیات خاک بیان نمودند که استفاده از تناوب باعث افزایش کربن آلی، فسفر و پتاسیم خاک شده و استفاده از بقولات در تناوب باعث بهبود تغذیه خاک شد.

مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی و هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها از مهمترین مسائل مورد توجه می‌باشد (Shahiri et al., 2005). امروزه، کودهای آلی و بیولوژیک به‌عنوان جایگزینی مناسب برای مصرف روز افزون کودهای شیمیایی و به‌منظور افزایش حاصلخیزی

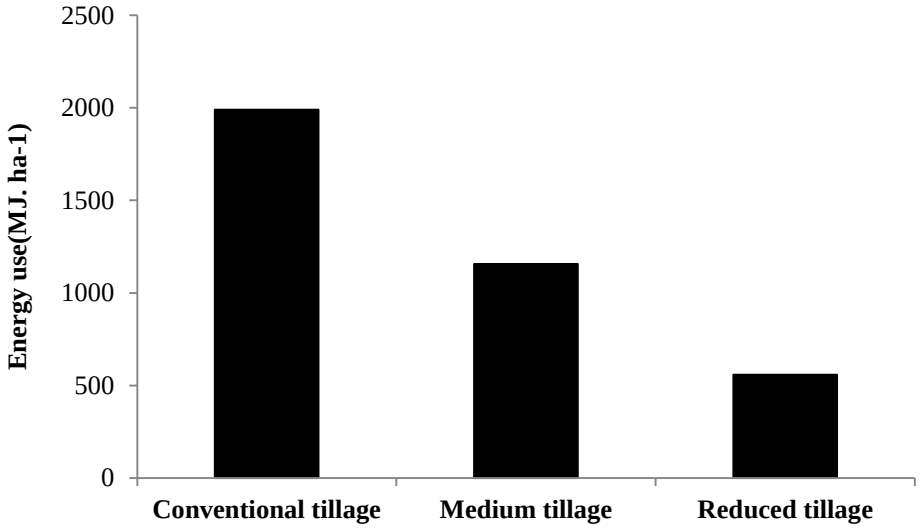
خاک به‌خصوص در بحث کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در همین راستا مطالعات زیادی در زمینه استفاده از کودهای بیولوژیک به‌منظور جایگزینی با کودهای شیمیایی در کشور انجام شده است که در اکثر آن‌ها، افزایش عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد و حتی در برخی موارد در مقایسه با کودهای شیمیایی نیز گزارش شده است. بیشترین افزایش عملکرد گزارش شده، برای کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) مشاهده شده است که عملکرد این گیاه را در مقایسه با شاهد به‌میزان ۱۸۵ درصد افزایش یافته است (Visani et al., 2012). نتایج بررسی‌ها نشان داد که در کلیه پژوهش‌های انجام گرفته، به غیر از کاربرد کود بیولوژیک *سودوموناس* در گیاه کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* var. sterica L.) (Jahan et al., 2010)، کاربرد کودهای بیولوژیک باعث بهبود عملکرد گیاهان در مقایسه با شاهد شده است. با وجود این‌که استفاده از کودهای بیولوژیک در مقایسه با کودهای شیمیایی عملکرد کمتری را در اکثر مطالعات نشان می‌دهد (Shoghi et al., 2011; Shafati et al., 2012; Amirabadi et al., 2012; Naghizade et al., 2012; Saeinejad et al., 2012; Mohammadi et al., 2011; Shakeri et al., 2012; Mohsen-Nia Jalilian, 2012; Khasse Sirjani et al., 2011; Saber et al., 2013)، ولی به‌نظر می‌رسد کودهای آلی و بیولوژیک، به‌علت کارکردهای مطلوب زیست‌محیطی آن‌ها در کشاورزی بوم‌سازگار به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی مناسب باشند. بررسی‌ها نشان داد که کودهای آلی به‌طور میانگین از عملکرد بالاتری در مقایسه با کودهای بیولوژیک برخوردار بودند و کاربرد توأم کودهای آلی و بیولوژیک باعث افزایش عملکرد بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه هر کدام از این کودها شد (Shoghi et al., 2011; Saeinejad et al., 2012; Mohammadi et al., 2011; Mohsen-Nia Jalilian, 2012; Darzi et al., 2012; Moradi et al., 2009). به‌عنوان مثال کاربرد *ازتوباکتر* به همراه ورمی‌کمپوست در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) باعث افزایش عملکرد بیشتری در مقایسه با کاربرد *ازتوباکتر* یا ورمی‌کمپوست به تنهایی شد (Moradi et al., 2009). سعید نژاد و همکاران (Saeinejad et al., 2012) نیز نشان دادند که در صورت کاربرد ازتوباکتر و ورمی‌کمپوست به‌صورت خالص، به‌ترتیب افزایش عملکرد گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در مقایسه با شاهد ۳۰/۹۶ و ۲۶/۶۵ درصد بود، در حالی‌که در زمان کاربرد *ازتوباکتر* همراه با ورمی‌کمپوست این افزایش عملکرد به ۸۰/۲۰ درصد در این گیاه رسید. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد توأم کودهای آلی و بیولوژیک عملکرد این گیاه را حدود ۱۲ درصد نسبت به استفاده از کودهای شیمیایی افزایش داد.

انرژی

اولویت نخست برنامه‌های مربوط به انرژی در کشاورزی پایدار، حفظ منابع انرژی فسیلی و کاهش مصرف این انرژی و در نتیجه کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی رویه این انرژی‌ها می‌باشد (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008). بیشترین انرژی مصرفی در بخش کشاورزی مربوط به آبیاری، ماشین آلات و کوددهی می‌باشد، بنابراین تمام عملیات مدیریتی و زراعی جایگزین که باعث کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مصرف کننده انرژی باشد می‌تواند گامی‌در راستای نیل به پایداری انرژی در کشاورزی باشد. استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر نظیر انرژی باد و خورشید و همچنین انرژی‌های زیستی به جای انرژی‌های فسیلی می‌تواند یک راهکار اساسی در کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و آلودگی‌های ناشی از آن باشد که پژوهش‌های عملی چندانی در این زمینه صورت نگرفته است. صفائیه و دانشور (Safaeie & Daneshvar, 2006) با طراحی بوم‌نظام استخراج آب از چاه با استفاده از انرژی باد، توانست آب را بدون صرف سایر انرژی‌ها از چاه تلمبه کند که یک نمونه کاربردی برای استفاده از انرژی باد به عنوان انرژی قابل تجدید در بخش کشاورزی می‌باشد.

حسن زاده و همکاران (Hasanzade et al., 2001) در بررسی تأثیر بوم‌نظام‌های مختلف تغذیه بر میزان انرژی مصرفی در زراعت آفتابگردان تأیید نمودند که کاربرد مخلوط کودهای آلی و شیمیایی به جای کود شیمیایی نه تنها میزان مصرف انرژی در واحد سطح را کاهش می‌دهد بلکه راندمان انرژی تولیدی را نیز افزایش می‌دهد. از جمله راهکارهای جایگزین برای کاهش مصرف انرژی در کشاورزی می‌توان زراعت مخلوط و چند کشتی را به جای کشت خالص گیاهان بیان کرد، زیرا در کشت مخلوط بهره‌برداری از زمین زراعی به‌علت مصرف نهاده‌های کمتر و افزایش نسبت برابری زمین بیشتر می‌شود. در اکثر پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه کشت مخلوط (Rezvani Moghaddam et al., 2009; Rezvani Moghaddam et al., 2012; Seyedi et al., 2012; Alizade et al., 2010; Fotuhi et al., 2012; Ghanbari et al., 2010a; Ghanbari et al., 2010b; Koocheki et al., 2012; Nazari et al., 2012; Naghizade et al., 2012) میزان نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود، که همان

طور که قبلاً نیز اشاره شد، بـه‌مفهـوم مصـرف انـرژی کمتـر در ایـن بوم‌نظام‌ها به‌علت مصرف نهـاده کمتـر مـی‌باشـد. اسـتفاده از شـخم حفاظتی نیز از دیگر راهبردهای کاهش مصرف انرژی در سامانه‌هـای کشاورزی می‌باشند، به‌طوری‌که مصرف انرژی در چنین بوم‌نظام‌هایی کاهش یافته و صرفه‌جویی در مصرف سوخت تا ۴۰ درصـد مـی‌باشـد (Jabel-Ameli, 2012).



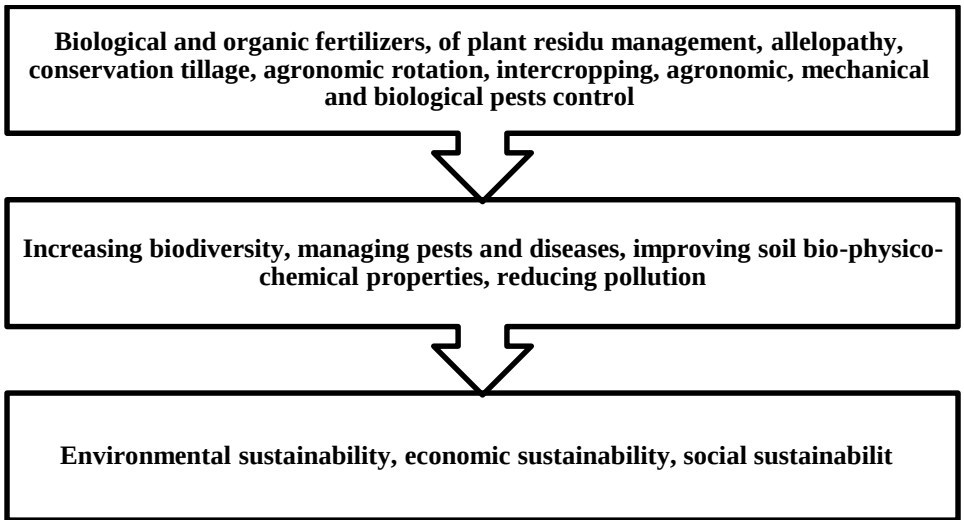
شکل ۹- بررسی تأثیر انواع مختلف شخم بر میزان مصرف انرژی (امانلو و همکاران، ۱۳۹۰)
Fig. 9- Effect of different tillage on energy use (Amanlu et al., 2011)

امانلو و همکاران (Amanlu et al., 2011) گـزارش کردنـد کـه انرژی مصرفی در بوم‌نظام شخم حداقل در کشت ذرت در مقایسـه بـا شخم متوسط و رایج کاهش یافت و میزان این کاهش انرژی به‌ترتیب ۵۲ و ۷۲ درصد بود (شکل ۹). نامبردگان گزارش کردند کـه عملکـرد ذرت تحت تأثیر سیستم‌های مختلف شخم در سیستم شـخم حـداقل بیشتر از سایر روش‌هـای شـخم بـود. همچنـین، مـرادی (Moradi, 2013) نشان داد که شـخم فشـرده باعـث افـزایش انتشـار گازهـای گلخانه‌ای گردید. ایشان گزارش نمود که میزان انتشار گاز دی اکسـید کربن در شخم رایج حدود ۱۳ درصد بیشتر از شخم حداقل بود.

از طرفی، مطالعات مختلـف (Salami et al., 2010; Beheshti Tabar et al., 2010; Ghorbani et al., 2011; Koocheki et al., 2011) در ایران نشان می‌دهد که بـا وجـود عملکـرد پـایین‌تـر کشت دیم محصولات مختلف نسبت بـه شـرایط کشـت آبـی، امـا از لحاظ کارایی مصرف انرژی و سهم انـرژی‌هـای قابـل تجدیـد و بـوم سازگار، کشت دیم نسبت به کشت آبی برتـری دارد. بـه‌عنـوان مثـال کوچکی و همکـاران (Koocheki et al., 2011) بـا بررسـی میـزان کارایی مصرف انرژی در زراعت دیم و آبی نخود، لوبیا و عدس (*Lens culinaris* L.) نشان دادند که میزان عملکرد دانـه ایـن محصـولات زراعی در شرایط کشت آبی بیشتر از کشت دیم بود ولی میزان کارایی مصرف انرژی در کشت دیم به‌دلیل حذف نهاده آب و کاهش مصـرف کود و سموم شیمیایی بیشتر از کشت آبی بود.

طراحی بوم‌نظام‌های پایدار

در مرحله طراحی بوم‌نظام که آخرین گـام در گـذار از کشـاورزی رایج به کشاورزی پایدار می‌باشد، بر اساس نقاط قوت و ضعف بررسی شده در مراحل اول و دوم (بهبود کارایی و جایگزینی نهـاده‌هـا) و بـر مبنای آگاهی و دانش حاصل از پژوهش‌های نظری و عملی، بوم‌نظام زراعی طراحی می‌شود. در این بخش طراحـی هـر جـزء بـوم‌نظـام در ارتباط با سایر اجزاء بوده و در نهایت، به کل بوم‌نظام به صـورت یـک مجموعه نگریسته مـی‌شـود. همـان‌طـور کـه در شـکل ۱۰ مشـاهده می‌شود، برای رسیدن به پایداری در بخش کشاورزی بایـد تلفیقـی از انواع مدیریت‌های بوم‌سازگار که در جهت بهبود کارکردهای مهم بوم-نظام کشاورزی از قبیل افزایش تنوع زیستی، مدیریت اکولوژیک آفات و بیماری‌ها، بهبـود خصوصـیات بیوفیزیکوشـیمیایی خـاک و کـاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی مدنظر قرار گیرد.



شکل ۱۰- اجزاء گذار از کشاورزی رایج به پایدار

Fig. 10- Component of transition to sustainable agriculture

در طراحی مدیریت آب، مفهوم کارایی مصرف آب در کشاورزی فراتر از مفهوم کاربرد روش‌ها و رهیافت‌های زراعی و فنی می‌باشد و باید آب را در مقیاس چرخه‌های بزرگ در نظر گرفته و مزرعه را در مقیاس آبخیز و محیط پیرامون آن که آب از آن منشأ گرفته و در نهایت پس از عبور از مزرعه به آن باز می‌گردد، در نظر گرفت. در چنین دیدگاهی است که می‌توان کارکرد آب را در بوم‌نظام شناخت و با بهبود کارایی مصرف آن در سطوح پایین با استفاده از مدیریت‌های زراعی به افزایش کارایی آن در سطح بوم‌نظام رسید که کاهش آلودگی آب و همچنین ذخیره آن را بیشتر از دید صرفاً افزایش عملکرد مدنظر قرار می‌دهد. باید در طراحی بوم‌نظام‌های پایدار کشاورزی استفاده از آب‌های غیر متعارف در بخش کشاورزی را مد نظر قرار داد. همچنین، سعی شود از اکوتیپ‌هایی استفاده گردد که دارای خصوصیات مورفولوژیکی و بیولوژیکی بوده که نسبت به شرایط نامساعد محیطی و تنش خشکی مقاومت بیشتری را باعث شود. در بسیاری از مناطق کویری کشور، بدلیل کمبود آب، زمین‌های کشاورزی رها شده اند، باید در این مناطق گیاهان فراموش شده و کمتر مورد توجه قرار گرفته مانند کتان (*Linum usitatissimum* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، کوشیا (*Kochia scoparia* L.) و بسیاری از گیاهان دارویی که از ویژگی‌های مقاومت به کم‌آبی و تنش خشکی برخوردار می‌باشند، در طراحی استفاده گردد.

در طراحی بوم‌نظام باید علاوه بر فرآیندهایی که سلامت، پویایی و تولید بوم‌نظام را حفظ می‌کنند، به تعادل بین اجزای زنده و غیر زنده خاک و همچنین تغذیه خاک به جای تغذیه گیاه اهمیت ویژه‌ای داده شود. در طراحی بوم‌نظام برای مدیریت آفات باید بینش کنترل کردن شرایط و جمعیت‌ها به بینش مدیریت آن‌ها تبدیل شود. در سیستم مدیریتی و طراحی جامعه و بوم‌نظام زراعی باید به اثرات متقابل و روابط پیچیده بین گونه‌ها و محیط آن‌ها و همچنین سلامت بشر و محیط زیست توجه ویژه گردد. افزایش تنوع امکان برقراری روابط مفید بین گونه‌های مختلف را فراهم می‌سازد، که باعث پایداری و ثبات بوم‌نظام زراعی می‌شود. در مدیریت تنوع در بوم‌نظام زراعی باید مفهوم تنوع را فراتر از گونه‌های زراعی در طراحی مدنظر قرار داد و گونه‌های گیاهی غیرزراعی، گونه‌های جانوری و تنوع میکروارگانیسم‌ها را نیز در نظر گرفت. بوم‌نظام‌های کشت مخلوط و تناوب زراعی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم افزایش تنوع در بعد مکانی و زمانی مطرح بوده و باید از اجزاء اصلی بوم‌نظام‌های پایدار کشاورزی باشند. این نکته که انتخاب گونه گیاهی مناسب، اولین گام در موفقیت و عدم موفقیت سامانه‌های کشت مخلوط و تناوب زراعی می‌باشد از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و در انتخاب گونه گیاهی باید سعی شود تا حدودی آشیان اکولوژیک هر گونه با سایر گونه‌ها از لحاظ مکانی و زمانی متفاوت باشد تا از منابع نور، آب و مواد غذایی به‌صورت مکمل استفاده کرده و ضمن افزایش کارایی این منابع، ظهور سایر روابط مفید از جمله کنترل علف‌های هرز و آفات، حضور

دشمنان طبیعی آفات، بهبود خصوصیات بیوفیزکوشیمیایی خاک، کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی و در نتیجه کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی ناشی از مصرف آن‌ها در کنار کاهش ریسک برای زارعین فراهم گردد. در این میان، رابطه بین بقولات و گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

یکی دیگر از نکاتی که در طراحی بوم‌نظام‌های زراعی باید مورد توجه ویژه‌ای قرار گیرد بحث تأثیر تغییرات اقلیمی‌آینده بر بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌باشد. نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده است همگی مؤید بروز این پدیده در کشور بوده اند (Koocheki & Kamali, 2010; Lashkariet al., 2012; Moradi et al., 2013a; Moradi et al., 2013b). تخفیف[1] و سازگاری[2] دو روش شناخته شده برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم می‌باشد (Moradi et al., 2013a). رهیافت‌های تخفیف که در برنامه طراحی بوم‌نظام باید مدنظر قرار گیرد، به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فعالیت‌های مدیریتی مختلف از قبیل کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، مکانیزاسیون، افزایش ترسیب کربن، کشت و کار گیاهان زراعی با هدف تولید سوخت‌های زیستی و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک منجر می‌شود. در بخش سازگاری نیز رشد و نمو گیاه طوری باید تنظیم شود که کمتر در معرض تغییرات اقلیمی به‌وقوع پیوسته قرار بگیرد که از جمله این رهیافت‌ها می‌توان به تغییر تاریخ کاشت، تراکم کاشت، استفاده از ارقام مقاوم به شرایط گرم‌تر، تغییر در تناوب کاشت، مدیریت آبیاری و غیره اشاره کرد. پتانسیل کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم از طریق مدیریت تاریخ کاشت (Koocheki & Nassiri, 2008; Moradi et al., 2013a; Moradi et al., 2013b)، آبیاری (Moradi et al., 2013a) و ارقام سازگار (Moradi et al., 2013b) در ایران مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است که می‌تواند در طراحی بوم‌نظام‌های زراعی در شرایط تغییر اقلیم مدنظر قرار گیرد.

در طراحی بوم‌نظام کشاورزی پایدار در ایران بحث اخلاق باید مدنظر قرار گرفته و آگاهی روستاییان و کشاورزان هم نسبت به مسائل و مشکلات زیست‌محیطی و هم نسبت به راه‌حل‌های برون رفت از این مسایل به‌نحوی تغییر یابد که رفتارهای سازگار با پایداری در کشاورزی تضمین گردد. در کل می‌توان مطرح کرد که وجود کشاورزانی که از ارتباط بین کشاورزی، محیط‌زیست و کیفیت و سلامت محصول آگاه باشند از ضرورت‌های پایداری زیست محیطی محسوب می‌شود و برای ایجاد کشت‌بوم‌های پایدار توجه مجدد به رویکردهای اخلاقی به‌ویژه در سیاست‌گذاری کشاورزی و طراحی کشت‌بوم‌ها اجتناب‌ناپذیر است.

با توجه به این‌که کشاورزی پایدار حرکت به سمت بوم‌نظام‌های کم نهاده می‌باشد، بنابراین، اصلاح بذور در این بوم‌نظام‌ها باید بر مبنای استفاده از تیپ‌های ایده‌آل کم‌نهاده در اگرواکوسیستم باشد تا زمین‌های حاشیه‌ای و کم‌بازده کنونی نیز وارد بوم‌نظام کشت آینده گردد. نکته حائز اهمیت در بحث طراحی بوم‌نظام توجه به این موضوع می‌باشد که در گذار از کشاورزی رایج به پایدار باید تغییرات و مراحل گذار تدریجی باشد تا ضمن حفظ تولید، مخاطرات مالی کشاورزان نیز به حداقل برسد و با ایجاد چنین بستری می‌توان توسعه روستایی را نیز به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های رسیدن به پایداری کشاورزی بهبود بخشید. از طرفی محصولات تولیدی در بوم‌نظام‌های تولید کشاورزی پایدار به دلیل سالم‌تر و با کیفیت‌تر بودن این محصولات در مقایسه با بوم‌نظام‌های رایج و هزینه تولید کمتر این محصولات می‌تواند مشوقی برای گرایش کشاورزان به این بوم‌نظام‌ها و بهبود شرایط برای توسعه روستایی برای نیل به کشاورزی پایدار باشد. در نهایت، برای طراحی بوم‌نظام کشاورزی پایدار باید تلفیقی از عملیات بهبود کارایی نهاده‌ها و جایگزینی آن‌ها که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، مدنظر قرار گیرد. در نهایت، به‌نظر می‌رسد تشکیل اتحادیه‌ها و هسته‌هایی در مراکز تولید برای توسعه کشاورزی بوم‌سازگار ضروری به‌نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که در راستای گذار به کشاورزی پایدار در ایران در بخش مطالعاتی اقدامات قابل‌توجهی صورت گرفته است. به‌عنوان نمونه مطالعات متعددی کارایی مناسب کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز و همچنین کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌ها را در ایران را در مقایسه با کنترل شیمیایی تایید نمودند. نتایج نشان داد که دانش بومی ایرانیان از گذشته‌های دور راهکارهای مناسب و مؤثری را برای مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی در اختیار ما قرار داده است. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از تناوب زراعی، کودهای آلی و بیولوژیک و کشت مخلوط از جمله راهکارهای افزایش تنوع زیستی بعنوان یکی از مهمترین ارکان گذار به کشاورزی پایدار در ایران می‌باشد. نقش استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک و همچنین شخم

۱- Mitigation
۲- Adaptation

حفاظتی در پایداری خاک در تحقیقات مختلف در کشور مورد بررسی و تایید قرار گرفت. بطور کلی، نتایج تحقیق تایید نمود که برای رسیدن به پایداری در بخش کشاورزی باید تلفیقی از انواع مدیریت-های بوم‌سازگار که در جهت بهبود کارکردهای مهم بوم‌نظام کشاورزی از قبیل افزایش تنوع زیستی، مدیریت اکولوژیک آفات و بیماری‌ها، بهبود خصوصیات بیوفیزیکوشیمیایی خاک و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش از محل پژوهه شماره ۱/۲۰۷۳۹ مورخه ۱۳۹۰/۱۲/۲، معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است. از مساعدت‌های معاونت پژوهشی و فناوری دانشکده کشاورزی دانشگاه فرودسی مشهد در اجرای این طرح سپاسگزاریم.

منابع

Abdollahzadeh, J., Mohammadi goltapeh, E., and Rouhani, H. 2006. Investigation on biocontrol of crown and root rot of sunflower (*Sclerotinia sclerotiorum*) by *Trichoderma* sp species in laboratory condition. Journal of Agricultural Sceinces 12: 43-56. (In Persian with English Summary)

Abedi Servestani, A., Shah and Vali, M. 2009. Agriculture extension role in improvement of farmer`s environmental ethic. Journal of Ethic in Sciences and Technology 4: 120-130. (In Persian with English Summary)

Ahmad Abadi, Z., Ghajar Sepanlo, M., and Rahimi Alashti, S. 2001. The effect of compost application on some of soil physic chemical properties. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 13: 1-12. (In Persian with English Summary)

Ahmad Abadi, Z., Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, M.A. 2011. Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of Borage *(Borago officinalis)*. Journal of Crops Improvement 13: 1-12. (In Persian with English Summary)

Ahmadi, A., and Damadzadeh, M. 2006. Effect of agronomy rotation on decreasing of beet cyst nematode population in Esfahan. Plant Pest and disease 74: 1-16. (In Persian with English Summary)

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siyahsar, B., Heydari, M., Ramrodi, M., and Mousavi Nik, S.M. 2010. The effect of chemical fertilizer, manure and compost on yield, yield components, some physical properties and essence amount of Chamomile under drought stress. Journal of Iranian Field Crop Research 8: 668-676. (In Persian with English Summary)

Ahmadifar, F., Rustae, A., Shahriari, D., and Khodakaramian, G. 2005. Biological control of cucumber wilt disease caused by *Verticillium dahliae* by using isolates of *Bacillus* and *Pseudomonas*. Research of Water, Soil and Plant in Agriculture 5: 65-78. (In Persian with English Summary)

Alikhani, K., Bohrani, M.J., and Kazemini, S.A. 2011. Effect of tillage methods and amount of maize residuals on growth, yield and yield component of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 486-493. (In Persian with English Summary)

Alimoradi, L., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Zarea Feyzabadi, A. 2006. Weed seed bank dynamics under various rotations and field production resources. Iranian Journal of Field Crops Research 4: 1-10. (In Persian with English Summary)

Alizade, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean and vegetative sweet basil. Journal of Agroecology 2: 383-397. (In Persian with English Summary)

Amanlo, A., Ghasemi Mobtaker, H., Akrami, A., and Mohammadi, A. 2011. Comparison of yield and energy consumption under different methods of tillage in cultivation of maize in rotation with canola. Iranian Journal of Biosystem Engineer 42: 159-164. (In Persian with English Summary)

Amirabadi, M., Seyfi, M., Rajali, F., and Ardakani, M.R. 2012. Assessment of mineral elements density in silage maize (Single cross 704) under inoculation of mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* in different nitrogen levels. Journal of Agroecology 4: 33-40. (In Persian with English Summary)

Ardakani, M.R., Rajali, F., and Heydari, S. 2012. Effect of biological fertilizer including Arbuscular mycorrhiza on yield and yield components of different rice varieties. Plant Ecophsysiology Journal 4: 1-13. (In Persian)

Asghari, S., Neyshabouri, M.R., Abbasi, F., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2010. Effects of polyacrylamide, manure, vermicompost and biological sludge on aggregate stability, penetration resistance and available water capacity in a sandy loam soil. Science of Water and Soil 30: 15-19. (In Persian with English Summary)

Ashrafizadeh, A., Etebariyan, H.R., and Zamanizadeh, H.R. 2003. Evaluation of Streptomyces to biological control of Fusarium wilt disease in melon. Journal of Iran Agriculture Science 37: 33-43. (In Persian)

Azizi, G., alimoradi, L., and Siyah Margoei, A. 2010. Investigation of allelophatic effects of fenugreek on germination and growth of some crops and weeds. Journal of Plant Protection 24: 224-233. (In Persian with English Summary)

Azizi, G., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effect of plant diversity and nutrient resource on weed composition and density in different cropping systems. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 115-126. (In Persian with English Summary)

Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). Renewable and Sustainable Energy Review 14: 849-855.

Darzi, M.T., Haj Seyed Hayed, M.R., and Rajali, F. 2012. Effect of manure and organic fertilizer on biomass yield, seed yield and essence of Coriander. Journal of Medicinal Plants 11: 78-90. (In Persian with English Summary)

Davani, D., Monfared, N., and Karamzadeh, S. 2010. Assay energy efficiency in wheat dryland in Boshehr province. Plant Ecophsysiology Journal 2: 71-82. (In Persian with English Summary)

Dehghani, A., Fotovat, A., Haghniya, G.H., and Keshavarz, P. 2007. Effect of salinity and manure on concentration and distribution of various zinc in soil. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11: 53-60. (In Persian with English Summary)

Dehghan-Menshadi, H., Bahmanyar, M.A., Salek Gilani, S., and Lakzian, A. 2012. Effect of application of compost and vermicompost enriched with chemical fertilizer and manure on some biological indicators of soil quality of Basil (*Ocimum basilicum*) Rhizosphere. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 16: 187-197. (In Persian with English Summary)

Ebrahimi, N., Afyoni, M., Karami, M., and Rezaei Nejad, Y. 2008. Effect of residual and cumulative of organic fertilizer on nitrogen, phosphor and potassium amount in soil and wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12: 803-812 (In Persian with English Summary)

Etebariyan, H.R., and Mohammadifar, M. 2007. Assessment of different species of Trichoderma to biological control of *Bipolaris spicifera (*Bainier) Subram in wheat. Plant and Seed 23: 343-356. (In Persian)

Fallah, S., Ghalavan, A., and Khajeh Pour, M.R. 2007. Effect of how mixed manure with soil and its mixed with chemical fertilizer on yield and yield components of maize in Khorram abad. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11: 233-242. (In Persian with English Summary)

Feridoniye Naghani, M., Raesi, F., and Falah, S.A. 2010. Production trend of CO_2 and changing of microbial biomass carbon in treated soils by urea fertilizer and litter. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 14: 97-109. (In Persian with English Summary)

Fotuhi Chiyaneh, S., Javanshir, A., Dabagh Nasab, A., Zand, E., Razavi, F., and Rezaei Chiyaneh, A. 2012. Effect of different densities of maize and bean intercropping on yield of two crops and weeds biomass. Journal of Agroecology 4: 131-143. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghaddam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of maize and Zucchini intercropping and its effect on weeds control. Iranian Journal of Agronomy Plants Sciences 41: 43-55. (In Persian)

Ghanbari, A., Nasir Pour, M., and Tavasoli, A. 2010. Evaluation of eco-physiological characteristics of millet and bean intercropping. Journal of Agroecology 2: 556-564. (In Persian with English Summary)

Gharshi, L.A., Haghniya, G.H., Lakziyan, A., and Khorasani, R. 2012. Interaction of lime, organic matter and iron on phosphor absorption in maize. Journal of Water and Soil 26: 1083-1091. (In Persian with English Summary)

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88: 283-288.

Gliessman, S., and Rosemeyer, R. 2010. The Conversion to Sustainable Agriculture. Principle, Processes and Practice. CRC Press. Taylor and Francis.

Golpayegani, S., Zafari, D.M., and Khoda Karimiyan, G. 2010. Biological control of broad bean`s root rot by rhizosphere antagonist bacterial. Journal of Iranian Medical Plant Science 41: 283-292. (In Persian with English Summary)

Haghighat Niya, H., Dastfal, M., and Barati, V. 2008. Effect of different rotation crop systems on wheat yield and some soil properties. Plant and Seed 24: 265-281. (In Persian with English Summary)

Hakimi-Miebodi, M.H., Sodaizadeh, H., and Shakeri, M. 2004. Preliminary investigation on allelophatic and nematodicid effect of Haloxylon ammodenderon extract. Pajouhesh and Sazandegi 20: 75-80. (In Persian with English Summary)

Hasan Zadeh, A., Ghalavand, A., Ahmadi, M.R., and Mirniya, S.K. 2001. Effect of different nutrition systems on energy efficiency of sunflower varieties. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 8: 67-78. (In Persian with English Summary)

Hosseini, M., Haghniya, G., Lakziyan, A., and Emami, H. 2010. Results of different management of barely residuals on microbial carbon, organic carbon and total nitrogen in soil. Journal of Agroecology 2: 372-382. (In Persian with English Summary)

Jabal Ameli, M. 2012. Sustainable agriculture: effective approach to increase in energy efficiency and targeted subsidies. Journal of Scientific, Cultural and Social Reclamation 4: 1-10. (In Persian with English Summary)

Jahan, M., Amiri, M.B., and Ehyaei, H.R. 2012. Radiation use and absorption efficiency of sesame under biological fertilizer in low-input agronomy system. Iranian Journal of Field Crops Research 10: 435-447. (In Persian with English Summary)

Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Salari, M.D., and Ghorbani, R. 2010. Effect of application time of manure and different organic fertilizer on qualities and quantities characterizes of Cucurbita pepo. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 726-737. (In Persian with English Summary)

Jamali, M.R., and Joker, L. 2010. Effect of rotation crop on control of Hordeum spontaneum in wheat fields of Fars province. Journal of Plant Protection 24: 99-107. (In Persian with English Summary)

Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.M. 2008. Principals of Sustainable Agriculture. Jahadeh Daneshgahi Mashhad Press 315p. (In Persian)

Karimipur, H., Jahad Akbar, M., Damadzadeh, M., and Ahmadi, A. 2006. Integrated application of trap resistance plants with no-host plans in infected fields to nematode on qualities and quantities of sugar beet in samir of Esfahan. Journal of Sugar Beet 2: 59-73. (In Persian with English Summary)

Karimiyan, K., Ghorbani, R., Asadi, G.A. and Tokolo, M.R. 2011. Evaluation of allelophatic effects of barly residuals on germination and initial growth of lentil. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 388-396. (In Persian with English Summary)

Khandan, A., Astaraei, A., Nassiri Mahallati, M., and Fotovat, A. 2005. Effect of different levels of chemical and organic fertilizer on yield and yield components of Fleawort (*Plantago ovata* Forsk.). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 245-253. (In Persian with English Summary)

Khase Sirjani, A., Farah Bakhsh, H., Ravari, S.Z., Pasandi Pour, N., and Karami, A. 2011. Effect assessment of biological fertilizer, sulfate zinc and nitrogen fertilizer on qualities and quantities characterizes of wheat. Science of Water and Soil 25: 125-135. (In Persian with English Summary)

Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010a. Effect of agricultural practices on soil bacterial's diversity and abundance. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 14: 99-113. (In Persian with English Summary)

Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., Lakzian, A., and Nassiri Mahallati, M. 2011. Effect of different agricultural systems on soil organic matter, soil invertebrate's diversity and abundance. Iranian Journal of water and soil research 41:129-141. (In Persian with English Summary)

Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effect of agricultural practices on mycorrhizal diversity and abundance in winter wheat fields of Khorasan province. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 271-283. (In Persian with English Summary)

Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Sadeghi, H., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Effect of agricultural practices on spider's diversity and abundance in wheat fields of North and Razavi Khorasan provinces. Journal of Plant Protection 26: 127-135. (In Persian with English Summary)

Khodashenas, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Sadeghi, H., and Nassiri Mahallati, M. 2010b. Effect of plant diversity on Arthropod's diversity and abundance in wheat fields. Journal of Iranian Field Crop Research 8: 622-635. (In Persian with English Summary)

Khodaygan, P., Etebariyan, H.R., Khoda Karimiyan, G., and Torabi, M. 2006. Potential study of biological control of

wheat bunt by some varieties of pseudomonas. Journal of Iran Agriculture Science 37: 707-717. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different input management on weed composition, diversity and density of corn field. Journal of Agroecology 1: 1-10. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A. 1997. Sustainable Agriculture: Insight or Method? Agriculture Economic and Development 20: 53-72. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., and Kamali, G.A. 2010. Climate change and dryland wheat production in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 508-520. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effect of climate change with increasing of CO_2 on wheat yield in Iran and evaluation of adaptation strategies. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 139-153. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Ghorbani, R., Mondani, F., Moradi, R., and Alizade, Y. 2011a. Energy use efficiency and economical analysis of pulses production systems in Iran a case study: Razavi Khorasan province. International Journal of Energy Economics and Policy 4: 95-106.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2004a. Biodiversity of medicinal plants in agro-ecosystems of Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 208-215. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Asghari Pour, M.R., and Khode Bakhsh, A. 2004b. Studying biodiversity of horticultural and vegetable products in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 79-88. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Jahan Bin, M., and Zare Feyz Abadi, A. 2004c. Diversity of crop varieties in Iran. Biyaban Journal 9: 49-76. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2011b. Analysis of agriculture biodiversity in Iran. Ecological Agriculture Journal 2: 1-16. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansouri, H. 2013. Strategies of transition from common agriculture to sustainable agriculture in Iran: improvement of input use efficiency. Journal of Agroecology 9: 618-637 (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zare Feyz Abadi, A., and Jahan Bin, M. 2004d. Investigating of agro-ecosystems diversity in Iran. Pajouhesh and Sazandegi 63: 70-83. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansoori, H. 2013. Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran. I- Improving resources use efficiency. Agroecology Journal. In Press. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafori, A. 2012. Ecological investigation of different pattern of row intercropping of borage European and bean. Journal of Agroecology 4:1-11. (In Persian with English Summary)

Lashkari, A., Alizadeh, A., and Eyshi Rezaei, E. 2012. Mitigation of climate change impacts on maize productivity in northeast of Iran: a simulation study. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 16: 114-126.

Mahdavi Damghani, A.M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2007. Assessment of agriculture biodiversity and its effect on sustainability of wheat-cotton agriculture system in Khorasan. Environmental Sciences 4: 61-67. (In Persian with English Summary)

Maleki Ziyarati, H., Sahebani, N.A., and Rahnama, K. 2009. Biological control of *Meloidogyne javanica* nematode by *Trichoderma harzianum* and evaluation of peroxide enzyme activity changes in tomato. Journal of Iranian Medical Plant Science 40: 25-33. (In Persian with English Summary)

Mehravaran, H. 2001. Effect of three intensity tillage on mycorrhiza activity in two soils of Switzerland. Plant Diseases 37: 209-219. (In Persian with English Summary)

Mohammad Dust, H.R., and Asghari, A. 2009. Effect of rotation crop, chemical fertilizer application and herbicide on weeds control of winter rye. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 47: 601-609. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, K., Ghalavand, A., Alikhani, M.A., and Rokhzadi, A. 2011. Effect of different methods to increase in soil fertility by adding manure, chemical and biological fertilizers on canola`s seed yield and quality. Journal of Agroecology 3: 298-308. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, K., Heidari, G., Javaheri, M., and Aghaalikhani, M. 2012. The effect of tillage and fertilization systems on

soil microbial biomass and enzyme activity in sunflower production. Journal of Water and Soil 26: 104-113. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, K., Parsari, B., Rokhzadi, A., Ghalavand, A., Alikhani, M.A., and Eskandari, M. 2011. Response of canola`s seed yield and quality to different sources of manure, compost and biological fertilizers in Kordestan region. Electronic Journal of Crop Production 4: 81-101. (In Persian with English Summary)

Mohammadi. K., Rahimiyan, H.A., Etebariyan, H.R., and Ghandar, M. 2005. Biological control of common root rot of wheat by antagonistic bacteria isolated from wheat rhizosphere. Plant Diseases 41: 383-402 (In Persian with English Summary)

Mohsen Niya, A., and Jaliliyan, J. 2012. Effect of drought stress on yield and yield components of safflower. Journal of Agroecology 4: 235-245. (In Persian with English Summary)

Moradi, R. 2013. Evaluation of tillage, residue management and nitrogen fertilizer effects on greenhouse gases balance in maize cultivation and adaptation strategies implementation for climate change. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Iran. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2013b. Adaptation of maize to climate change impacts in Iran. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 19: 1223–1238.

Moradi, R., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Mansouri, H. 2013a. Adaptation strategies for maize cultivation under climate change in Iran: irrigation and planting date management. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 18: 265-284.

Moradi, R., Rezvani Mogaddam, P., Alizadeh, Y., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of germination and morphological characteristics of wild oat and mustard seedling under extraction of caraway, pea shoots and mixed of them. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 897-908. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Mogaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakziyan, A. 2009. Investigating of effect biological fertilizer on yield, yield components and essence amount of fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 625-635. (In Persian with English Summary)

Motaghiyan, A., Pir Dashti, H.A., Behmanyar, M.A., and Abbasiyan, A. 2010. Effect of type and amount of manure on seed yield and leaf nutrient concentration of three varieties of soybean. Iranian Journal of Water and Soil Research 41: 19-26. (In Persian with English Summary)

Mousavi, M., Bahmanyar, M.A., and Pir Dashti, H. 2012. Rice response to few year application of vermicompost as individual and enriched with different chemical fertilizers. Electronic Journal of Crop Production 5: 19-35. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop varieties in Iran. Biyaban 10: 33-50. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, S.A.R. 2007. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad, Iran Press 459 p. (In Persian)

Nazari, S., Zand, E., Asadi, S., and Golzardi, F. 2012. Effect of additive and replacement intercropping of bean and mash on yield, yield components and weeds biomass. Journal of Weed Research 4: 97-109. (In Persian with English Summary)

Ndakidemi, P.A. 2006. Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interactions in the traditional African cropping systems. African Journal of Biotechnology 5(25): 2526-2533.

Orooji, K., Khazaei, H.R., Rashed Mahasel, M.H., Ghorbani, R., and Azizi, M. 2008. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and initial growth of redroot pigweed *(Amaranthus retroflexus)* and common lambsquarter *(Chenopodium album).* Journal of Plant Protection 22: 119-128. (In Persian with English Summary)

Oveisi, M., Rezvani Moghaddam, P., Rostami, M., Baghestani, M.A., and Nassiri Mahallati, M. 2006. Effect of three rotation systems on weed seed bank of barely fields in Karaj. Iranian Journal of Field CropS Research 4: 1-11. (In Persian with English Summary)

Padasht Dehkaei, F., and Izadyar, M. 2007. Study on the biological control of rice blast disease in the field condition. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13: 1-9. (In Persian with English Summary)

Pirsteh Anoshe, H., Emam, Y., and Saharkhiz, M.J. 2011. Study of allelopathic characterizes of some medicinal plants on some germination properties and pre-growth of wheat and wild oat. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 95-102. (In Persian with English Summary)

Pour Azar, R. 2009. Agronomy, mechanical and chemical control of canola`s weeds. Journal of Weed Research 1: 11-

23. (In Persian with English Summary)

Rahim Zadeh, S., Sohrabi, Y., Heydari, G., Eyvazi, A., and Hosseini, T. 2011. Application effect of chemical and organic fertilizers on yield and essence amount of *Dracocephalum moldavica*. Iranian Journal of Medicinal Plants Research 27: 81-96. (In Persian with English Summary)

Rahimizadeh, M., Zare Feizabadi, A., Kashani, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati M. 2012. Evaluation of soil fertility in wheat-based double cropping systems under different rates of nitrogen and return of crop residue. Journal of Water and Soil 25: 1277-1286. (In Persian with English Summary)

Raof Fard, R., and Omid Beygi, R. 2011. Evaluation of allelophatic characterize of Hyacinth shoot (*Angelica archangelica* L.). Journal of Horticulture Sciences 25: 261-266. (In Persian)

Rezaei, D., Haghniya, G.H., Lakziyan, A., Hasan Zadeh Khayat, M., and Nasirli, H. 2011. Organic decomposition of atrazin in various concentration by pseudomonas bacteria. Journal of Plant Protection 25: 224-227. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi. R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) - black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1: 65-79. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Evaluation of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essence quantity of cumin and fenugreek. Journal of Iranian Agronomy Plants Sciences 43: 217-230. (In Persian with English Summary)

Rosta, M.J. 2009. Effect of different tillage methods on organic matter amount and aggregate sustainable. Science of Water and Soil 67: 23-61. (In Persian with English Summary)

Saber, Z., Pir Dashti, H., esmaeili, M.A., and Abbasiyan, A. 2013. Evaluation of growth promoting bacteria, nitrogen and phosphor on fertilizer efficiency and wheat yield of N-80-19 variety in sari conditions. Journal of Agroecology 5: 39-49. (In Persian with English Summary)

Sadeghi, A., Hesan, A.R., Asghari, H., Naderi-ghomi, D., Farsi, M., Karimi, E., Majidi, E., Omidvari, M., and Abbaszade, P. 2009. Biological control of *Rhizoctonia solani* damping off of sugar beet with native *Streptomyces* isolates under greenhouse and field conditions. Journal of Sugarbeet 25: 177-191. (In Persian with English Summary)

Sadrabadi, R., Critchley, N., Cooper, J., Leifert, K., and Eyre, M. 2010. Effects of different fertilizer and protection managements on seed bank properties in an organic system. Journal of Agroecology 2: 512-522. (In Persian with English Summary)

Sadravi, M. 2006. Effecy of crops rotation on population of mycorrhizal fungi of wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13: 1-7. (In Persian with English Summary)

Saeid Nejad, A.M., Khazaei, H.A., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. Study of application effect of organic matter, biological and chemical fertilizers on some morphological characteristics, yield and yield components of silage sorghum (*Sorghum bicolor*). Iranian Journal of Field Crops Research 10: 503-510. (In Persian with English Summary)

Safadost, A., Mosaddegi, M.R., Mahbobi, A.A., Norozi, A., and Asadiyan, G. 2007. Effect of short-term tillage and manure on soil structure properties. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 41: 91-100. (In Persian with English Summary)

Safaeye, M.R., and Daneshvar Kakhki, M. 2006. Design of water pumping from well by application of wind energy. Sharif Journal 36: 3-8. (In Persian with English Summary)

Salami, P., and Ahmadi, H. 2010. Energy input and output in a chickpea production system in Kurdistan, Iran. African Crop Science Journal 18: 51-57.

Salehi, F., Bohrani, M.J., Kazemini, S.A., Pakniyyat, H., and Karimiyan, N. 2011. Effect of amount of wheat residuals and nitrogen fertilizer on some characterizes of filed soil in bean cultivation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 15: 209-218. (In Persian with English Summary)

Saraei, R., Lahoti, M., and Ganjali, A. 2012. Assessment of allelopathic effect of Eucalyptus on some germination, morphological and biochemical characterizes of barely and *Sisymbrium irio*. Journal of Agroecology 4: 215-222. (In Persian with English Summary)

Sarani, S.A., Sharifi Tehrani, A., Ahmadzadeh, M., and Javan Nikkhah, M. 2009. Biological control of canola rhizoctonia damping by *Burkholderia cepacia* bacterial. Journal of Agricultural Science 32: 1-14. (In Persian with

English Summary)
Seyedi, M., Hamzei, J., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The evaluation of weed suppression and crop production in barley-chickpea intercrops. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 22: 101-114. (In Persian with English Summary)
Shahiri Tabarestani, M., Falahati, M., Jafarpour, B., and Rohani, H. 2005. Investigation on biological control of sugar beet damping-off disease by some isolates of *Trichoderma harizanum* Rafai. Journal of Sugarbeet 21: 57-75. (In Persian with English Summary)
Shakeri, A., Amini, M., Tabatabaei, S.A., and Modarres Sanavi, S.A. 2012. Effect of nitrogen fertilizer and biological fertilizer included *Azotobacter* and *Azospirillum* on seed yield and fatty acid of sesame varieties in Yazd conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10: 742-750. (In Persian with English Summary)
Shefaati, F., Esmaili, M.A., Pir Dashti, H.A., and Abbasiyan, A. 2012. Application effect of organic fertilizer in different levels of nitrogen and phosphor chemical fertilizers on linked characteristics with barely seed yield. Iranian Journal of Water and Soil Research 43: 185-193. (In Persian with English Summary)
Shirani, H., Haj Abbasi, M.A., Afyoni, M., and Hemmat, A. 2010. Effect of tillage systems and manure on Penetration resistance of soil under maize cultivation. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 154: 14-41. (In Persian with English Summary)
Shoghi Klokhran, S., Ghalavand, A., Modarres Sanavi, S.A.M. 2011. Effect of organic and green fertilizers in combination with nitrogen source (chemical-manure) on qualities and quantity characteristics of sunflower. Environmental Sciences 9: 35-52. (In Persian with English Summary)
Siahmarguei, A., Rashed Mohassel, M.H., Banayan, M., and Kharaghani, F. 2003. The effect of three crop rotation systems on diversity and dispersal of weed seedbank communities. Iranian Journal of Field Crops Research 1: 257-270. (In Persian with English Summary)
Taghi Zadeh, M., Ramrodi, M., Galavi, M., Siyahsar, B., Heydari, m., and Maghsodi Moud, A.A. 2012. Application effect of various phosphor fertilizers as chemical and organic on yield and yield components of maize and green pea in intercropping system. Iranian Journal of Agronomy Plants Sciences 43: 203-215. (In Persian with English Summary)
Tahami Zarandi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Assessment of germination and morphological properties of oat under shoot organs extractraction of four medicinal plants. Journal of Plant Protection 25: 398-406. (In Persian with English Summary)
Tahmasebi Servestani, Z., and Mostafavi Rad, M. 2011. Effect of nitrogen organic and chemical sources on qualities and quantity characteristics of winter canola`s three varieties in arak. Electronic Journal of Crop Production 4: 177-194. (In Persian with English Summary)
Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. Field Crops Research 71: 17–29.
Velayati, M., Zamani, G.R., Jami Alahmadi, M., Rashed Mohassel, M.H., and Hosseini, S.A. 2011. The inhibitory effects of Chenopodium seeds on germination and seedling growth of maize and sorghum. Journal of Plant Protection 25: 1-7. (In Persian with English Summary)
Visani, V., Rahim Zadeh, S., and Sohrabi, Y. 2012. Effect of biological fertilizer on morphological, physiological characteristics and essence amount of basil. Iranian Journal of Medicinal Plants Research 28: 73-78. (In Persian with English Summary)
Yaghtin, S., Ardalan, M., Sharafa, M., and Alikhani, H. 2009. Effect of compost and vermicompost of municipal waste to increasing of micro-elements and decreasing of chemical fertilizer application. Environmental Sciences and Technology 11: 185-195. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 935-959

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۹۵۹-۹۳۵

Strategies of Transition to Sustainable Agriculture in Iran
II- Inputs Replacement and Designing Agroecosystem

A. Koocheki[1,*], M. Nassiri Mahallati[1], R. Moradi[2] and H. Mansoori[3]

Submitted: 18-08-2013
Accepted: 11-12-2013

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Mansoori, H. 2018. Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran. II- inputs replacement and designing agroecosystem. Journal of Agroecology 9(4): 935-959.

Introduction

Sustainable agricultural development is an important goal in economic planning and human development worldwide. A range of processes and relationships are transformed, beginning with aspects of basic soil structure, organic matter content, and diversity and activity of soil biota. Eventually, major changes also occur in the relationships among weed, insect, and disease populations, and in the balance between beneficial and pest organisms. Ultimately, nutrient dynamics and cycling, energy use efficiency, and overall system productivity are impacted. Measuring and monitoring these changes during the conversion period helps the farmer evaluate the success of the conversion process, and provides a framework to determine the requirements for sustainability. After improving resource use efficiency, replacement of ecological inputs with chemical inputs as second step and redesign of agro-ecosystems is as final step in transition of common to sustainable agriculture. The study was investigated to evaluation of Iran's agricultural systems status.

Materials and Methods

Using organic and ecological inputs than chemicals is the second step for transition to sustainable agriculture. This study was performed to assess and measure the status of inputs replacement and agro-ecosystem designing based on ecological principle in Iran. For this purpose, we used 223 studied researches on agronomical and medicinal plants. After, they analyzed based on functional and structural characteristics and then used. Considering to the importance of multi-functionality in sustainable agriculture, in this study we considered the multiple managements for inputs replacement. The using functions in the study were: improving fertility and bio-chemical characteristics of soil, ecological managements of pest and diseases, reducing the energy usage, and increasing biodiversity. Using the organic and biological inputs, remaining the plant residual on soil, using the allelopathy, reduced and conservation tillage, crop rotation and intercropping were the main approaches for inputs replacement. In section of agro-ecosystem designing, we designed the replaced systems based on increasing inputs efficiency approach (first step) and also replacement of conventional inputs with ecological inputs (second step). We considered the parameters about water, soil, pest management, biodiversity, climate change, low inputs systems, margin regions and environmental hazards in designing section. In designing sustainable agroecosystems, the designing of each component was considered in relation to others components and finally designed the total of agroecosystem as on society.

Results and Discussion

The results of studies showed that in most cases, mechanical control of weed in addition to environmental benefits can be most effective than chemical control. Crop rotation can be considered as a suitable replacement method than chemical herbicides. Intercropping was found as an appropriate approach for pest control. Using the

1, 2 and 3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Assistance Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran (Former PhD student in Crop Ecology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran) and Assistance Professor, Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran (Former PhD Student in Crop Ecology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran), respectively

(*- Corresponding author Email: kooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/JAG.V9I4.27139

allelophatic properties of plants had a positive role for pest and weed control in Iran.

Increasing the biodiversity must be considered in transition to sustainable agriculture. Crop rotation, organic fertilizers and intercropping were found the effective approaches for improving biodiversity in agro-ecosystems. Sustainability of agro-ecosystem is closed with soil sustainability. The studies showed that using organic chemical, remaining residual on soil, conservation tillage, crop rotation and intercropping spatially with legumes are the improving approaches for physical-chemical characteristics of soil and replacement for chemical fertilizers. Based on the researches, one main goal for achieving to sustainable agriculture was found minimizing energy consumption. Efficient use of energy in agriculture will prevent destruction of natural resources, and promote sustainable agriculture as an economical production system. Thus, natural resources could be used more efficiently. Eliminate the use of nonrenewable off farm human inputs that have the potential to harm the environment or the health of farmers, farm workers, or consumers. Mitigation and adaptation strategies in relation to climate change and quantization of transition period from common to sustainable agriculture to reduce economic risks for farmers were regarded in the agro-ecosystem design.

Conclusion

In general, although different studies were performed in the replacement of ecological inputs instead of common inputs in Iran, needed policy is necessary to transfer findings of these researches to fields. Although the complete studies were not carried out about designing agro-ecosystem, the existence of enough results for two previous steps (increasing inputs efficiency and its replacement) could be basic for this step. Therefore, deep researches and studies based on site potential in the ecosystem level should be done in the final step of transition to sustainable agriculture.

Keywords: Biodiversity, Climate Change, Multifunctional, Recreation, Rural Development, Soil Stability