خدمات و کارکردهای تنوع زیستی کشاورزی در مناطق خشک

۱-اشکان عسگری ۲- عباس غفوری

۱-گروه مهندسی کشاورزی، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان و عضو هسته پژوهشی اگرواکولوژی در مناطق خشک، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس

۲-دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان

***Email: A.Asgari@Hormozgan.ac.ir**

Email: abbasghafori@iut.ac.ir

چکیده

تنوع زیستی یکی از اصول اساسی کشاورزی پایدار، امنیت غذایی و سلامتی محسوب می شود و از مهمترین عناصر مدیریت سیستم‌ها به سمت یک اگرواکوسیستم پایدار می‌باشد. بسیاری از خدمات و نقش‌های اصلی اکوسیستم توسط تنوع زیستی ارائه می‌شود و تنوع زیستی کشاورزی موجب افزایش کارکردها در اکوسیستم های کشاورزی می‌گردد. لذا تنوع زیستی و خدمات اکوسیستم برای اطمینان از توسعه پایدار فعالیت‌های کشاورزی حیاتی هستند. از طرف دیگر مناطق خشک باتوجه به شرایط سخت محیطی حساسیت و آسیب پذیری بیشتری دارند. افزایش تنوع زیستی در این مناطق می تواند پایداری تولید محصولات کشاورزی را به همراه داشته باشد. همچنین تنوع زیستی موجب افزایش کارکردها در این مناطق می گردد و زمینه تامین امنیت غذایی را برای ساکنان مناطق خشک فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: پایداری، امنیت غذایی، فرسایش ژنتیکی، تک کشتی.

۱. خدمات و کارکردها در کشاورزی

خدمات اکوسیستمی به کارکردها و فرآیندهای اکولوژیکی مثل آب تمیز، چوب، زیستگاه ماهیگیری، گرده افشانی و ارزش‌های زیبایی شناختی گفته می‌شود که می تواند در آن محیط نیازهای انسان را تأمین می‌کنند [۱۸]. تنوع زیستی کشاورزی موجب افزایش کارکردهای اکوسیستم می‌گردد، بعنوان مثال کاشت ژنوتیپ‌ها با ژن‌های خاص و بهره گیری از گیاهان بیشتر در تناوب زراعی باعث افزایش عملکرد یا مقاومت در برابر آفات، حمایت از پارازیتوئیدها یا دشمنان طبیعی آفات در مناطق مختلف هستند.

افزایش تنوع محصولات زراعی و افزایش عملکرد در مزارع و ثبات آنها کلید دستیابی به امنیت غذایی مردم است [۳۸]، که یک هدف اصلی برای کشاورزی در سرزمین‌های خشک محسوب می‌شود. تنوع گیاهان زراعی هم در مکان و هم در زمان، می‌تواند باعث افزایش کارایی استفاده از مواد غذایی , تنظیم چرخه مواد غذایی در خاک , کنترل آفات و بیماری ها و بهبود ساختار خاک شود [۴]. واریته‌ها و نژادهای مدرن و پر بازده در محیط‌های نامطمئن و نامطلوب در مناطق خشک کارایی خوبی ندارند و در صورت محدودیت های آبی و تغذیه ای عملکرد آنها بسیار کاهش خواهد یافت. این امر باعث وابستگی بیشتر تولید مناطق خشک به گونه‌های سنتی و انواع واریته‌ها و نژادهای محلی می‌شود [۲۶]. در سیستم‌های تولید مدرن، تمرکز بر روی شناسایی صفاتی است که باعث افزایش عملکرد و مقاومت در برابر دامنه وسیعی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی می شوند [۱۸].

مهمترین عامل در بهبود محصولات زراعی منابع ژنتیکی می باشد. میزان تنوع ژنتیکی تعیین می‌کند که یک جمعیت یا گونه بتواند با تنش های زنده و غیر زنده مانند آفات، گیاهان جدید، بیماری‌ها و خشکسالی سازگار شود. در طی سال‌ها ارزیابی سیستماتیک از تغییرات ژرم پلاسم موجود در بانک‌های ژن، چندین منبع از صفات فنوتیپی، سازگاری و مقاومت به تنش‌های محیطی در تعدادی از گونه‌های مناطق خشک مشاهده شده است. چندین منبع ژنتیکی نیز شناسایی و به عنوان منابع مقاومت / تحمل تنش زنده و غیرزنده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۷، ۲۰، ۳۴]. ارزیابی سیستماتیک ارزن مرواریدی منجر به شناسایی صفات خاص از جمله تحمل تنش غیرزنده و زنده و صفات تغذیه‌ای شد [۴۱]. به طور کلی، مزارع ارزن مرواریدی دارای صفات زودرس بودن، پنجه‌زنی زیاد، شاخص برداشت بالا و سازگاری محلی بیشتری بودند [۳۹]، در حالی که منابع آفریقایی برتری بیشتری از نظر اندازه دانه و مقاومت در برابر بیماری بوده است [۲۰]. ژرم پلاسم سورگوم برای صفات مختلف مانند زودرس بودن، مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفات شناسایی شده است [۸، ۲۹، ۳۰].

در بسیاری از محصولات زراعی جهان سیستم تک کشتی باعث کاهش عملکرد می شود. تنوع گونه‌ای و ژنوتیپی از طریق مکانیزم‌هایی مانند مکمل بودن استفاده از منابع و فعل و انفعالات تسهیل کننده بین گونه‌ها یا ژنوتیپ‌ها، بهره وری جوامع گیاهی را افزایش می‌دهد [۱۵]. تنوع محصولات زراعی می‌تواند عملکرد و ثبات را افزایش دهد، همچنین می‌تواند به ارائه خدمات اکوسیستم مانند گرده‌افشانی، مهار آفات، تجمع کربن یا حفظ نیتروژن در خاک منجر شود [۱۷].

اگرچه مطالعات تنوع زیستی کشاورزی به طور عمده در اگرواکوسیستم‌ها متمرکز است، اما بسیاری از موضوعات و رویکردها به تولید مواد غذایی، فیبر و چوب در اکوسیستم‌های طبیعی مانند مراتع، جنگل‌ها و شیلات نیز مربوط می‌شوند [۱۸]. تحقیقات اکولوژیکی نشان داده است که تنوع زیستی می‌تواند پایداری اکوسیستم‌های مرتعی را نیز افزایش دهد، که این امر پیامدهای زیادی در مدیریت مراتع برای تولید دام دارد. علاوه بر این، اکوسیستم‌های غیرکشاورزی، به طور فزاینده‌ای به عنوان یک عامل مهم برای استفاده و حفاظت از تنوع زیستی در داخل و خارج از مزرعه شناخته می‌شود.

۲. مقاومت در برابر تغییرات محیطی

توانایی یک سیستم برای انطباق با تغییرات خارجی یا با بازگشت به حالت اولیه به عنوان انعطاف پذیری شناخته می‌شود. یک فرضیه پایه مطرح شده توسط اکولوژیست‌ها و اقتصاددانان این است که کارکردهای مختلف تنوع زیستی به مقاومت اگرواکوسیستم‌ها کمک می‌کند. به عنوان مثال، افزایش تنوع محصولات زراعی و باغی در سیستم‌های کشاورزی می‌تواند با ایجاد تنوع در درآمد آنها در شرایط نامشخص بازار و تغییرات قیمت در نهاده‌ها و محصولات، دوام اقتصادی را برای کشاورزان بهبود بخشد. زمانیکه تعداد گونه‌های زیادی در چشم انداز حضور داشته باشند پس از ایجاد اختلال موجب انعطاف پذیری و سازماندهی مجدد می‌شوند [۳۲].

در کوتاه مدت، تنوع زیستی کشاورزی پایداری زیادی را ایجاد نمی کند. اما در دراز مدت، ممکن است ظرفیت سیستم برای جذب خطرات زیست محیطی یا اقتصادی را کاهش دهد. عدم قطعیت مرتبط با افزایش غلظت CO_2 و دما نشان می‌دهد که واکنش کشاورزی به تغییرات آب و هوایی جهانی ممکن است از انعطاف پذیری حاصل از افزایش تنوع زراعی در سطح چشم انداز بهره‌مند شود [۱۸].

تحقیقات نشان داده است که منابع ژنتیکی در مناطق خشک دارای مزیت منحصر به فردی هستند زیرا در طول قرن‌ها با انتخاب طبیعی و انسانی در شرایط خشکسالی، دمای بالا و شوری، تکامل یافته‌اند. آنها بهتر با شرایط محلی سازگار هستند و در افزایش انعطاف پذیری در سطح مزرعه نقش دارند. این منابع می‌توانند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشند، به ویژه به عنوان منابع ژن‌های بومی، مقاوم در برابر تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده و همچنین گزینه‌ی مناسبی برای مطالعه در مورد درک سازوکار سازگاری با تنش‌های غیر زنده مورد استفاده قرار گیرند. آنها همچنین می‌توانند به عنوان یک منبع ژنومی عالی برای جداسازی ژن‌های متحمل به تنش‌های آب و هوایی جهت تسریع در بهبود ژنتیکی گیاهان عمل کنند [۴۰].

۳. جوامع و اکوسیستم‌ها

افزایش غنای گونه‌های گیاهی، بر اساس مخلوط تقریباً ۱ تا ۲۰ گونه در علفزارها، می‌تواند تأثیرات مهمی در روند اکوسیستم بگذارد. که می‌توان این تاثیرات را به مکمل بودن نیچ، فعل و انفعالات مثبت موجودات زنده و جذب منابع بیشتر نسبت به جوامع فقیر از نظر گونه‌ها نسبت داد [۳۳]. افزایش اندک در تنوع زیستی ممکن است تأثیر زیادی بر کارکردهای اکوسیستم مانند بهره وری در جوامع کشاورزی داشته باشد، با این‌حال فعل و انفعالات غذایی ممکن است نتایج را پیچیده تر کند [۲۳]. به عنوان مثال، مدیریت زیستی طولانی مدت می‌تواند منجر به افزایش تنوع زیستی گیاهان، بندپایان و گروه‌های میکروبی خاک نسبت به مدیریت رایج شود [۱۸]. برای موجودات زنده خاکزی، نسبت دادن کارکردهای اکوسیستم به تنوع زیستی دشوار است، زیرا گونه‌های زیادی در خاک حضور دارند که بسیاری از آنها قابل شناسایی نیستند و به فعالیت خاک و واکنش‌های سطح زمین کمک می‌کنند [۲۳، ۳۶].

۴. چشم اندازهای چندکارکردی

آزمایشات نشان می‌دهد که تنوع زیستی توانایی اکوسیستم‌ها را برای حفظ کارکردهای متعدد مانند ذخیره کربن، بهره‌وری و تجمع مواد مغذی (چند منظوره) افزایش می‌دهد. با این حال، رابطه بین تنوع زیستی و چند کارکردی در سطح جهانی در اکوسیستم‌های طبیعی ارزیابی نشده است [۲۴]. چند کارکردی[1] به طور مثبت و معنی‌داری با غنای گونه ارتباط دارد. نتایج برخی از محققان نشان می‌دهد که حفظ تنوع زیستی گیاهان برای مهار اثرات منفی تغییر اقلیم و بیابان‌زایی در مناطق خشک بسیار مهم است [۲۴]. تنوع زیستی عامل اصلی کارکردهای اکوسیستم نیست و این کارکردها تحت تأثیر سایر عوامل بیوتیک و غیرزنده قرار دارد [۱۰، ۲۵]. با توجه به این پیچیدگی، باید بررسی‌های دقیق از نقش تنوع زیستی در حفظ چندکارکردی در تعداد زیادی از مکان‌ها که نمایانگر طیف گسترده‌ای از تنوع مکانی انجام شود [۳۵].

سرزمین‌های خشک میزبان بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری بومی هستند [۲۷] و حدود ۲۰٪ از مراکز عمده تنوع جهانی گیاهان در این مناطق قرار دارد [۳۷]. این اکوسیستم‌ها همچنین در برابر تغییر زیست محیطی جهانی و بیابان‌زایی بسیار آسیب پذیر هستند [۲۷، ۳۱]. تنوع زیستی گیاهان به عنوان محرک سیستم‌های چند کارکردی در مناطق خشک عمل می‌کند. رابطه مثبت بین غنای گونه‌ای و چند کارکردی با نتایج آزمایشات در مراتع و بیولوژی خاک و جوامع آبزی مطابقت دارد [۱۲، ۴۲]. در مجموع تنوع زیستی گیاهان را به عنوان محرک عملکرد چند کارکردی در مناطق خشک نشان می‌دهد [۲۴].

۵. سازگاری با تغییرات اقلیمی

تنوع زیستی کشاورزی راه حل بالقوه‌ای برای سازگاری با تغییرات اقلیمی دارد. صفات سازگار موجودات مناطق خشک برای مقابله با تغییرات آب و هوایی از ارزش بی‌نظیری برخوردار هستند. منبع ژنی بزرگ از محصولات مختلف مناطق خشک، اصلاح ژنوتیپ‌های سازگارتر به شرایط اقلیمی جدید را تسهیل می‌کند. گونه‌های زراعی مانند ارزن مرواریدی، ارزن پروانه‌ای، گوار، علف‌های علوفه‌ای (*Lasiurus*، *Cenchrus*، *Cymbopogon*) می‌توانند ژن‌های ارزشمندی را ارائه دهند که تحمل تنش‌های غیر زنده را فراهم می‌کند. گونه‌های چند ساله چوبی که دارای طیف گسترده‌ای از سازگاری هستند، در سناریوی تغییر اقلیم نیاز به توجه بیشتری دارند. مانند اقاقیا، زیزیفوس، کوردیا، گرویا، ایندیگوفرا، کروتالاریا، میتنوس، بالانیت و غیره (*Acacia, Ziziphus, Cordia, Grewia, Indigofera, Crotalaria, Maytenus, Balanites* etc) [۴۰]. با توجه به بررسی منابع علمی حاضر، تنوع زیستی نقش گسترده‌ای در راهکارهای سازگاری و کاهش تغییرات آب و هوایی دارد. براساس دانش علمی موجود، تنوع زیستی بر ترسیب بیشتر کربن، کاهش خطر فرسایش خاک و امنیت غذایی در شرایط تغییر اقلیم موثر است [۱۹].

[1] - Multifunctionality

۶. کنترل آفات در اگرواکوسیستم

افزایش تولید محصولات کشاورزی به ازای واحد ورودی فشرده سازی کشاورزی گفته می شود. فشرده سازی براساس نوع محصولات خاص متناسب با شرایط زمانی–مکانی آنها است. بنابراین، کاهش تنوع زیستی باعث افزایش چالش‌های کنترل آفات در اگرواکوسیستم‌ها شده است [۱۳]. کنترل‌های مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موثر ترین روش های کنترل آفات هستند. با افزایش فشرده سازی کشاورزی، استفاده از روش‌های کنترل بیولوژیکی آفات کاهش یافته است [۲]. در عوض، درمان‌های شیمیایی و استفاده از موجودات اصلاح شده ژنتیکی برای کنترل آفات بکار گرفته می‌شود [۲]. بنابراین، کنترل سیستم طبیعی به روش های کنترل شیمیایی تغییر یافته است. این تغییرات باعث افزایش هزینه‌های زیست محیطی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و از بین رفتن تنوع زیستی بیشتر در اگرواکوسیستم‌ها می‌شود [۳، ۲۸]. دشمنان طبیعی عاملی برای سرکوب آفات یا کاهش آسیب‌های ناشی از آنها محسوب می‌شدند. سوابق تاریخی نشان می‌دهد که کشاورزان چینی از مورچه‌ها و دشمنان طبیعی در نخلستان‌ها برای کنترل جمعیت کنه‌ها استفاده می‌کردند [۱۶]. در دهه ۱۹۸۰، حدود ۱۶۰ گونه از بندپایان شکارگر و ۱۶ پرنده حشره‌خوار برای مبارزه با آفات در ایالات متحده استفاده گردید [۲۲]. تا کنون، بیش از ۲۰۰۰ گونه در سراسر جهان رهاسازی شده است [۲۸].

در مقایسه بین سیستم‌های کشاورزی مدرن، کشاورزی ارگانیک نسبت به سیستم‌های رایج با انواع آفات و حشرات روبرو می‌شود. کراودر و جابور [۵] نشان دادند که سیستم‌های کشاورزی ارگانیک ممکن است تا حدی منجر به افزایش غنای گونه‌ای شود، در حالی که تأثیرات مثبت قابل توجهی بر یکنواختی و فراوانی در مقایسه با سیستم‌های رایج دارد. سیستم‌های کشاورزی ارگانیک به دلیل کاهش کاربرد حشره‌کش باعث بهبود تنوع زیستی زیستگاه شده و تأثیرات مثبتی بر غنا و فراوانی موجودات زنده می گذارد [۳، ۵، ۱۴]. درجه بالایی از ناهمگنی زیستگاه در چشم اندازهای کشاورزی می‌تواند تنوع زیستی دشمنان طبیعی را در مزارع زراعی افزایش دهد [۱]. این ناهمگنی می‌تواند دشمنان طبیعی را به سمت اگرواکوسیستم‌ها جذب کند. برای به حداکثر رساندن مزایای انسانی سیستم‌های کشاورزی، شناسایی گونه‌ها و در نظر گرفتن یکپارچه جنبه‌های مختلف جوامع مانند یکنواختی و غنای مورد نیاز است [۵]. تناوب زراعی و سیستم‌های تلفیقی زراعت–دام دو گزینه شناخته شده برای بهبود و حفظ تنوع زیستی و بهبود خدمات مختلف اکوسیستم است. با این حال، روابط بین تنوع زیستی و کنترل بیولوژیکی در اگرواکوسیستم‌ها هنوز حل نشده است و بسیاری از مکانیزم‌های اساسی این روابط همچنان نامشخص است [۵]. سطوح تنوع زیستی، مانند ژنتیکی، گونه‌ای و اکوسیستمی، می‌تواند از چندین طریق مانند کنترل بیولوژیکی بر کنترل آفات تأثیر بگذارد و در نتیجه برهم کنش‌های پیچیده چند تروفیکی ایجاد کند [۱۹].

۷. ترسیب کربن

کند کردن روند تخریب خاک و جلوگیری از بیابان‌زایی می‌تواند منجر به حفظ کربن خاک در سطح جهانی شود [۶]. بنابراین، همه روش‌هایی که تنوع را در سطح گونه‌ای و ژنتیکی و مقیاس‌های زمانی مختلف افزایش می‌دهند، می‌توانند قابلیت اگرواکوسیستم‌ها را برای ترسیب کربن بهبود دهند [۱۱]. رابطه مثبت بین تنوع زیستی و ذخایر کربن با تصادف تنوع با مقدار زیست توده و محتوای کربن تأیید شده است. اکوسیستم‌های خشکی می‌توانند حدود Gt۲۱۰۰ کربن را در موجودات زنده، بسترها و مواد آلی خاک در

سطح جهان ذخیره کنند. این مقدار سه برابر ذخیره شده در اتمسفر تخمین زده شده است. به همین دلیل، موجودات زنده نقش مهمی در تنظیم آب و هوا دارند. ذخیره کربن در اکوسیستم‌ها از جمله عوامل دیگر به ترکیب گونه‌ای، انواع خاک موجود و تغییرات آب و هوایی بستگی دارد. تخریب کل (یا بخشی از) یک اکوسیستم توانایی آن را برای ترسیب و ذخیره کربن کاهش می‌دهد. بنابراین، اگر سهم جذب کربن برای کاهش اثرات تغییر اقلیم مهم تلقی شود، حفظ منابع کربن در مقیاس جهانی مورد نیاز است [۹].

۸. نتیجه گیری

افزایش غنای گونه‌های گیاهی و جانوری می تواند تأثیرات مهمی در روند اکوسیستم ها و افزایش توانایی اکوسیستم‌ها برای حفظ کارکردهای متعدد مانند ذخیره کربن، بهره‌وری، تجمع مواد مغذی و افزایش مقاومت به تنش های زنده و غیر زنده داشته باشد. همچنین تنوع زیستی کشاورزی منبع ژنی بزرگی از صفات سازگار موجودات مناطق خشک برای مقابله با تغییرات آب و هوایی را فراهم می‌کند. کاهش تنوع زیستی باعث افزایش هزینه‌های زیست محیطی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و از بین رفتن تنوع زیستی بیشتر در اگرواکوسیستم‌ها می‌شود. بنابراین هر روشی که تنوع را در سطح گونه‌ای و ژنتیکی و مقیاس‌های زمانی مختلف افزایش می‌دهند، می‌توانند قابلیت اگرواکوسیستم‌ها را برای پایداری بهبود دهند و در نتیجه تامین کننده امنیت غذایی برای ساکنان آن منطقه شوند.

منابع

1. *Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74, 19–31.*
2. *Benbrook, C. (2001). Do GM crops mean less pesticide use? Pesticide Outlook 12, 204–207.*
3. *Bengtsson, J., Ahnstrom, J. and Weibull, A.C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. Journal of Applied Ecology 42, 261–269.*
4. *Brussaard, L., Ruiter, P.C. and Brown, G.G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment 121(3), 233–244.*
5. *Crowder, D.W. and Jabbour, R. (2014). Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems; current status and future challenges. Biological Control 75, 8–17.*
6. *Dixon, R., Winjum, J., Andrask, K., Lee, J. and Schroeder, P. (1994). Integrated land use systems: assessment of promising agro forest and alternative land use practices to enhance carbon conservation and sequestration. Climatic Change 27, 71–92.*

7. *Dwivedi, N.K. and Bhatnagar, N. (2002). Genetic Resources. In: Guar in India. (eds. Kumar D, Singh B), pp 95-104 Scientific Publishers (India), Jodhpur.*
8. *Erpelding, J.E. (2011). Anthracnose field evaluation of sorghum germplasm from Botswana. Plant Protection Science 47, 149-156.*
9. *European Commission, 2009. Natures role in climate change. Nature and Biodiversity, August, 2009. http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/climate_change/en.pdf.*
10. *Godbold, J.A. and Solan, M. (2009). Relative importance of biodiversity and the abiotic environment in mediating an ecosystem process. Marine Ecology Progress Series 396, 281-290.*
11. *Hajjar, R., Jarvis, D.I. and Gemmill-Herren, B. (2008). The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. Agriculture, Ecosystems & Environment 123, 261–270*
12. *Hector, A., and Bagchi, R. (2007). Biodiversity and ecosystem multifunctionality. Nature 448, 188-190.*
13. *Hill, D. (1987). Agricultural Insect Pests of Temperate Regions and Their Control. Cambridge University Press, New York.*
14. *Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V. and Evans, A.D. (2005). Dose organic farming benefit biodiversity? Biological Conservation 122, 113–130.*
15. *Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. and Wardle, D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs 75, 3–35.*
16. *Huang, H.T. and Yang, P. (1987). The ancient cultured citrus ant, a tropical ant is used to control insect pests in southern China. Biological Sciences 37, 665–671.*
17. *Isbell, F., Adler, P.R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Letourneau, D.K., Liebman, M., Polley, H.W., Quijas, S. and Scherer-Lorenzen, M. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. Journal of Ecology 105, 871–879.*
18. *Jackson, L.E., Brussaard, L., Ruiter, P., Pascual, U., Perrings, C. and Bawa, K. (2013). Agrobiodiversity. Encyclopedia of Biodiversity Elsevier Inc. pp 1–13.*
19. *Kazemi, H., Klug, H. and Kamkar, B. (2018). New services and roles of biodiversity in modern agroecosystems: A review. Ecological Indicators 93, 1126-1135.*
20. *Kumar, K. and Appa, Rao, S. (1987). Diversity and utilization of pearl millet germplasm. Pp. 69-82. Proceedings of the International Pearl millet Workshop, ICrISat Centre, India.*
21. *Kumar, S. and Singh, M. (2009). 25 years of Pulses research at IIPr (1984-2009). Publication no. 2/2009. Indian Institute of Pulses research, Kanpur.*
22. *Letournea, D.K., Jedlicka, J.A., Bothwell, S.G., Moreno, C.R. (2009). Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystem. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 40, 573–592.*
23. *Lewis, W.J., van Lenteren, J.C., Phatak, S.C. and Tumlinson, J.H. (1997). A total system approach to sustainable pest management. Proceedings of the National Academy of Sciences 94, 12243–12248.*
24. *Maestre et al. (2012). Plant Species Richness and Ecosystem Multifunctionality in Global Drylands. Science 335, 214-217.*
25. *Maestre, F.T., Bowker, M.A., Escolar, C., Puche, M.D., Soliveres, S., Maltez-Mouro, S., García-Palacios, P., Castillo-Monroy, A.P., Martínez, I., Escudero A. (2010). Do biotic interactions modulate ecosystem*

functioning along stress gradients? Insights from semi-arid plant and biological soil crust communities. Philosophical Transactions of The Royal Society 365, 2057.

26. *Matthias, E. (2010). Agrobiodiversity in drylands. Published by: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5.*
27. *MEA, (2005). Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis, World Resources Institute, Washington, DC.*
28. *Philpott, S.M. (2013). Biodiversity and pest control services. Encyclopedia of Biodiversity, 1, 373-385. https://people.ucsc.edu/~sphilpot/Philpott_Lab/ Publications_files/Philpott_2013_Enclyopedia_344.pdf.*
29. *Prom, L.K., Erpelding, J.E. and Montes-Garcia, N. (2007). Chinese sorghum germplasm evaluated for resistance to downy mildew and anthracnose. Communications in Biometry and Crop Science 2, 26–31.*
30. *Prom, L.K., Montes-Garcia, N., Erpelding, J.E., Perumal, R. and Medina-Ocegueda, M. (2011), Response of sorghum accessions from Chad and Uganda to natural infection by the downy mildew pathogen, Peronosclerospora sorghi in Mexico and the USA. Journal of Plant Diseases and Protection 11, 2-8.*
31. *Reynolds James, F., Stafford Smithm D., Lambin, F., Turner, B.L., Mortimore, M., Batterbury, J., Downing, E., Dowlatabadi, H., Fernández, J., Herrick, E., Huber-Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lynam, T., Maestre, F.T., Ayarza, M. and Walker, B. (2007). Global Desertification: Building a Science for Dryland Development. Science 316, 847-851.*
32. *Swift, M.J., Izac, A.M.N. and van Noordwijk, M. (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes Fare we asking the right questions? Agriculture, Ecosystems and Environment 104, 113–124.*
33. *Tilman, D., Reich, P., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. and Lehman, C. (2001). Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. Science 294, 843–845.*
34. *Verma, N., Singh, S., Khan, J., Kumar, S. and Singh, K. (2015). Chickpea genetic resources to enhance production in changing climatic scenario. Legume Research 38, 710-713.*
35. *Wardle, D.A. and Jonsson, M. (2010). Biodiversity effects in real ecosystems – a response to Duffy. Frontiers in Ecology and the Environment 8, 10-11.*
36. *Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J.N., Setala, H., van der Putten, W.H. and Wall, D.H. (2004) Ecological linkages between aboveground and belowground biota. Science 304, 1629–1633.*
37. *White, R.P. and Nackoney, J. (2003). Drylands, People, and Ecosystem Goods and Services: A Web-Based Geospatial Analysis. World Resources Institute, Washington, DC.*
38. *Wood, S.A. and Baudron, F. (2018). Soil organic matter underlies crop nutritional quality and productivity in smallholder agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment 266, 100–108.*
39. *Yadav, O.P. and Bidinger, F.R. (2007). Utilization, diversification and improvement of landraces for enhancing pearl millet productivity in arid environments. Annals of Arid Zone 46, 49-57.*
40. *Yadav, O.P., Singh, J.P., Kakani, R.K., Mahla, H.R., Rajora, M.P., Singh A., Meghwal, P.R. and Verma, A. (2020). Managing Agrobiodiversity of Indian Drylands for Climate-Change Adaptation. Indian Journal of Plant Genetic Resources 33(1), 3–16.*
41. *Yadav, O.P., Upadhyaya, H.D., Reddy, K.N., Jukanti, A.K., Pandey, S. and Tyagi, R.K. (2017). Genetic Resources of Pearl millet: status and utilization. Indian Journal of Plant Genetic Resources 30, 31-47.*
42. *Zavaleta, E.S., Pasari, J.R., Hulvey, K.B., Tilman, G.D. (2010). Sustaining multiple ecosystem functions in grassland communities requires higher biodiversity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107, 1443.*