

نقش تناوب زراعی در حفاظت از منابع آب و خاک

(مطالعه موردی: دهستان دشت شهرضا)

امیر هوشنگ جلالی^۱ و علیرضا نیکویی

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اصفهان، ایران. jalali51@yahoo.com

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و توسعه روستایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. anikooie@yahoo.com

دریافت: مهر ۱۳۹۶ و پذیرش: تیر ۱۳۹۷

چکیده

مدیریت پایدار اراضی کشاورزی بدون توجه به تناوب‌های زراعی میسر نیست. به منظور بررسی تناوب‌های زراعی در دهستان دشت، شهرستان شهرضا پژوهشی در سال ۱۳۹۳ انجام و شاخص کارایی تناوب به عنوان معیاری اکولوژیک و شاخص‌های کارایی تولید، کارایی مصرف آب و کارایی استفاده از زمین به عنوان معیارهای زراعی محاسبه شدند. بر اساس نتایج بدست آمده دو تناوب (پیاز پاییزه-گلرنگ تابستانه-گندم) و (پنبه- آیش - سورگوم علوفه‌ای کشت اول) از کارایی تناوب قابل قبولی برخوردار نبودند. تناوب‌های (گندم-گلرنگ تابستانه-جو)، (گندم- ارزن کشت دوم-جو) و (گندم- آفتابگردان کشت دوم- جو) به ترتیب با شاخص کارایی تناوب ۱/۶۷، ۲ و ۲ نسبت به سایر تناوب‌ها برتری داشتند. به استثناء تناوب‌هایی که دارای گیاهان علوفه ای و صیفی‌جات بودند، دو تناوب (گندم- ذرت دانه ای میان رس- جو) و (گندم- سورگوم دانه ای کشت دوم - جو) به ترتیب با کارایی تولید ۲۸/۰۷ و ۳۰/۷ کیلوگرم در روز بهترین تناوب‌ها از این نظر بودند. بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب مشاهده شده در این پژوهش معادل ۱/۵۴ و ۱ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب به ترتیب مربوط به دو تناوب (گندم- سورگوم دانه ای کشت دوم - جو) و (گندم- آفتابگردان کشت دوم- جو) بود. کارایی استفاده از زمین در منطقه مطالعاتی دامنه ای از ۵۸ تا ۸۸ درصد داشت. کوتاهی زنجیره تناوب‌ها، اجرای تناوب‌های ناقص و اساساً فقدان تفکر "تناوب محور" موجب شده تناوب‌های زراعی در منطقه مطالعه از کارایی لازم برخوردار نباشند.

واژه‌های کلیدی: تراکم خاک، عمق ریشه دهی، کارایی تناوب، کارایی مصرف آب.

^۱- آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، ایران.

مقدمه

تناوب‌های مختلف، تناوب (گندم- ذرت-گندم- کلزا- گندم) با شاخص بهره‌وری آبی معادل $1/53$ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آب را داشت (زارع فیض آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱). در پژوهش دیگری در اصفهان در بین تناوب‌های آزمایش شده، تناوب (کلزا، آفتابگردان و گندم) با شاخص بهره‌وری آب $1/05$ کیلوگرم بر متر مکعب و کارایی استفاده از زمین $52/6$ درصد یکی از بهترین تناوب‌ها بود (جلالی و اسفندیاری، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر علاوه بر انتخاب نوع گیاه زراعی در تناوب، توسعه کشاورزی‌های مبتنی بر خاکورزی‌های حفاظتی با افزایش درصد ماده آلفی خاک به بهبود و افزایش بهره‌وری آب کمک شایان توجهی نموده است (داس و همکاران، ۲۰۱۸).

در ایران، استان‌های شمالی کشور نظام‌های زراعی و تناوب‌ها مبتنی بر کشت برنج بوده و در سایر استان‌ها این نظام‌ها بر پایه کشت گندم هستند. در این شرایط تناوب‌ها از تنوع زیادی برخوردار نبوده و غالباً کوتاه هستند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳). فرسایش خاک و بهره‌وری کم آب آبیاری از مشخصه‌های اصلی چنین تناوب‌هایی است (تیرفلدر و وال، ۲۰۱۰). برای ارائه و تصحیح الگوی کشت هر منطقه، توجه و واکاوی شرایط تناوب‌های موجود در منطقه (و نه توجه به محصولات منفرد) عنصری کلیدی است و مطمئناً می‌تواند به ما کمک کند تا بینش صحیحی از شرایط منطقه داشته باشیم. گیاهان موجود در تناوب از جنبه‌های مختلف بر هم تأثیر گذارند، بنابراین مدیریت صحیح مزرعه مستلزم توجه به این برهمکنش‌ها است. پژوهش حاضر به منظور بررسی تناوب‌های زراعی موجود در دهستان دشت، شهرستان شهرضا انجام و کارایی استفاده از زمین و بهره‌وری آب در تناوب‌های موجود مورد ارزیابی قرار گرفت. اطلاعات بدست آمده از این پژوهش در آینده جهت تعیین الگوی کشت منطقه مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

ایجاد تنوع یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار محسوب شده و کشاورزان معمولاً با انتخاب و اجرای تناوب‌های زراعی سعی می‌کنند این تنوع را در بوم نظام‌های زراعی ایجاد کنند. توالی کاشت گیاهان مختلف برای یک یا چند سال براساس نظم و ترتیب خاص در یک زمین ثابت تعریف ساده‌ای از تناوب محسوب می‌شود (بلوک، ۱۹۹۲). تناوب‌های زراعی اثرات عمیق و غیرقابل انکاری بر شرایط خاک و آب مصرفی در یک منطقه دارند (تیرفلدر و وال، ۲۰۱۰). انتخاب و توالی محصولات مختلف در تناوب، تحت تأثیر ترکیبی از عوامل اقتصادی و زراعی قرار گرفته و تجربه نشان می‌دهد قیمت محصولات در بازار، تأثیر زیادی در انتخاب آن‌ها برای قرار گرفتن در تناوب دارد (چونگ تام و همکاران، ۲۰۱۷).

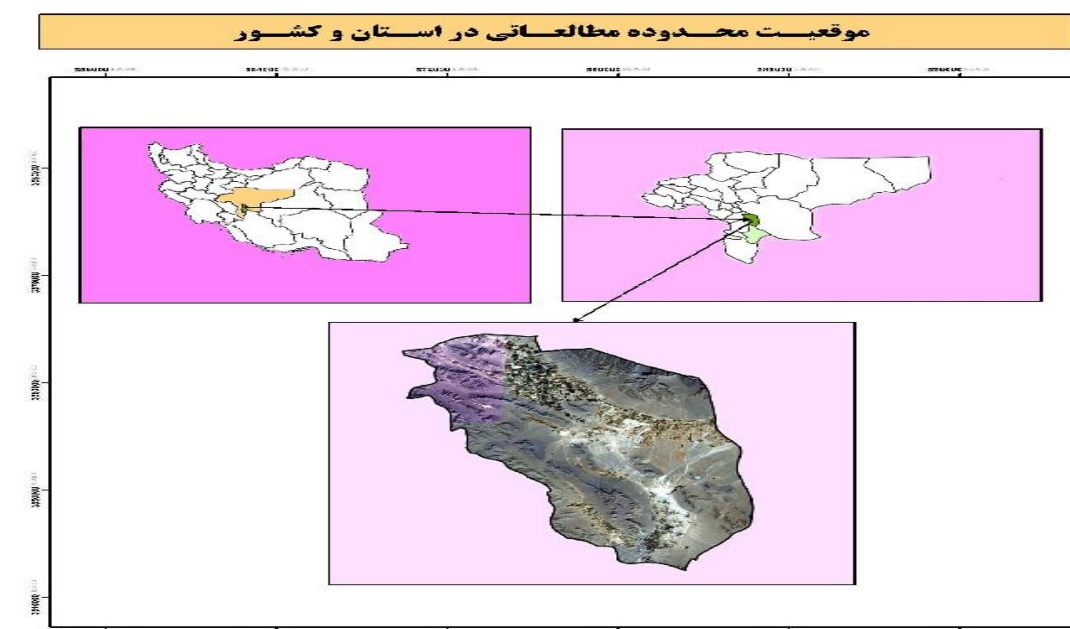
از نقطه نظر شرایط خاک، محصولات مختلف در یک تناوب از نظر جذب مواد غذایی و آزادسازی این عناصر از طریق بقایای گیاهی، توانایی متفاوتی داشته و توالی قرار گرفتن آن‌ها در تناوب می‌تواند باعث ایجاد تعادل مناسب عناصر غذایی در خاک شود. افزایش کربن آلی خاک، جلوگیری از فرسایش، جلوگیری از تراکم خاک، بهبود ساختمان خاک، کاهش آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز از اثرات مفید تناوب‌های زراعی محسوب می‌شود (لیچتفوز، ۲۰۱۱). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهد به ازاء هر یک تن افزایش کربن آلی در محیط ریشه‌ی گیاه، عملکرد گندم، برنج، ذرت، لوبیا، ارزن و سویا به ترتیب $20-70$ ، $50-100$ ، $300-300$ ، $60-50$ و $20-30$ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (لال، ۲۰۰۶).

بهره‌وری آب در اراضی آبی کشور $0/7$ کیلوگرم بر متر مکعب بوده (عبداللهی، ۱۳۷۷) که در مقایسه با کشورهای پیشرفته (بیش از $1/5$ کیلوگرم بر متر مکعب) عدد پایینی محسوب می‌شود. در پژوهشی که در پنج سال زراعی در استان خراسان رضوی انجام شد از میان

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه کارایی استفاده از زمین و بهره‌وری آب در تناوب‌های دهستان دشت، شهرستان شهرضا (محدوده مطالعات پایلوت) پژوهشی در سال ۱۳۹۳ انجام شد. این محدوده در ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی واقع شده و از شمال به شهرستان مبارکه، از جنوب به دهستان منظریه واقع در شهرستان شهرضا و از شرق به شهرستان اصفهان و از غرب به شهرستان دهاقان محدود شده است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۸۵۰ متر از سطح دریا است. عمده منبع آب مورد استفاده این بهره‌برداران، چاه های عمیق می‌باشد. در عین حال در مناطق شمالی محدوده مطالعاتی (زیر حوزه مهیار شمالی) از کانال آبیاری منشعب از رودخانه زاینده رود استفاده می‌شود. موقعیت مکانی منطقه مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

منطقه مطالعه بر اساس تقسیم بندی اقلیمی دوما رتن در ناحیه خشک سرد قرار می‌گیرد و بر اساس بررسی‌های آماری بلندمدت (۲۰ ساله)، میانگین سالانه دما ۱۴/۶ درجه سانتی گراد و میانگین حداکثر و حداقل دمای آن به ترتیب ۲۲/۳ و ۷ درجه سانتی گراد است. اختلاف دمای گرم‌ترین و سردترین ماه سال ۲۴/۱ درجه سانتی گراد می‌باشد. مجموع روزهای یخبندان آن بطور متوسط ۸۶ روز در سال بوده که ۵۳ روز آن در زمستان و ۳۲ روز آن در پاییز و یک روز آن هم ممکن است در فصل بهار اتفاق افتد. میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا ۳۶ درصد و مجموع بارش سالانه آن ۱۴۴ میلی متر است که قسمت اعظم آن را از سامانه‌های مدیترانه ای دریافت می‌دارد. تعداد روزهای بارانی ۴۳ روز و تعداد روزهای برفی آن شش روز در سال است. مجموعاً چهار روز در طول سال بارش هایی برابر یا بیش از ۱۰ میلی متر در ۲۴ ساعت در این منطقه وجود دارد.



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مطالعه

محصولات موجود در منطقه مطالعه در حال حاضر را می‌توان به دوگروه پاییزه و بهاره تقسیم کرد. گندم و جو مهم‌ترین محصولات پاییزه بوده که دارای بیشترین سطوح کشت هستند و سایر محصولات پاییزه در

مقادیر کم و به صورت پراکنده کشت می‌شوند. ارقام سیوند، پیشتاز، پارسی و افق بیشترین سطوح کشت گندم و ارقام یوسف، به رخ، نصرت و ریحان بیشترین سطوح کشت جو را به خود اختصاص داده‌اند. کشت گندم و جو

چغندر و ارزن) امتیاز ۱ و گونه‌های گرمادوست و گونه‌های با طول دوره رشد طولانی (مثل یونجه، سیب زمینی، آفتابگردان، سورگوم و سویا) امتیاز ۲ می‌گیرند. خلاصه ضرایب استفاده شده بر این اساس برای محصولات مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. مبنای اطلاعات مورد نیاز تناوب‌ها (عملکرد و آب مصرفی) براساس میانگین پنج تناوب در منطقه مطالعه بود. با استفاده از نرم افزار (SPSS) میانگین‌های نهایی به صورت جفتی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

الف- دیدگاه اکولوژیک (حرکت در جهت کشاورزی

پایدار)

شاخص کارایی تناوب زراعی

پنج عامل میزان پوشش زمین، عمق ریشه دهی، فشردگی خاک، ساختمان خاک و ذخیره رطوبت خاک شاخص کارایی تناوب زراعی را تشکیل می‌دهند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳). عمده‌ترین تناوب‌های موجود و یا قابل اجرا در شرایط منطقه مطالعاتی در جدول ۲ نشان داده شده است. پوشش گیاهی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر فرسایش خاک محسوب شده و در مطالعه حاضر سه تناوب (پیاز پاییزه-گلرنگ تابستانه-گندم)، (خربزه-گندم-گلرنگ تابستانه) و (پنبه-آیش-سورگوم علوفه ای کشت اول) به ترتیب با ضرایب ۳-، ۳/۳۳- و ۴- از وضعیت نامطلوب‌تری نسبت به سایر تناوب‌ها برخوردار بودند. فقدان کود سبز، کمی آب جهت استفاده از گیاهان پوششی و علوفه‌ای در زمستان از جمله عواملی هستند که تناوب‌های منطقه مطالعه را با چالش مواجه کرده و اعداد مربوط به این عامل همگی منفی هستند. در میان عوامل موثر بر فرسایش، پوشش گیاهی نقش ویژه‌ای در کاهش اثرات مخرب بارش‌های شدید داشته و به همین دلیل در تناوب‌ها به عنوان یک عامل کلیدی مطرح می‌شود (گارسیا-رویز، ۲۰۱۰). فقدان پوشش گیاهی و فرسایش‌های لجام گسیخته در مناطق

به وسیله کمیانات و خطی کارها انجام می‌شود. ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۷۰۴) به عنوان کشت دوم پس از غلات پاییزه و همچنین آفتابگردان در سطوح پراکنده محصولات غالب بهار منطقه هستند. ذرت معمولاً با ردیف کارهای پهنوماتیک کشت می‌شود.

برای محاسبه کارایی استفاده از زمین، مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب بر کل روزهای دوره تناوب تقسیم شد (تومار و تیوار، ۱۹۹۰). بهره‌وری آب از تقسیم مجموع تولید گیاهان در تناوب تقسیم بر حجم آب مصرفی در هر تناوب زراعی بدست آمد (جونز و پوفام، ۱۹۹۷). کارایی تولید از مجموع تولید گیاهان در تناوب تقسیم بر مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب ارزیابی و طول دوره تناوب از مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب محاسبه شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳). برای ارزیابی پوشش زمین، عمق ریشه دهی، ساختمان خاک و ذخیره رطوبت از روش امتیاز دهی ارائه شده توسط کوچکی و همکاران (۱۳۸۳) استفاده شد. در این روش مؤلفه‌های اصلی تعیین کننده کارایی تناوب‌های زراعی به چند مورد تفکیک شده و هر مورد با یک مبنای امتیاز دهی مورد پایش قرار می‌گیرد. به عنوان مثال میزان پوشش زمین را در نظر بگیرید در صورتی که گیاه موجود در تناوب در پاییز و زمستان زمین را بدون پوشش بگذارد ۴- امتیاز و در مورد محصولاتی مثل پیاز پاییزه که ایجاد پوشش کمی می‌کند ۳- در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که گیاه فقط در پاییز و یا فقط در زمستان باعث پوشش زمین شود امتیاز ۲- لحاظ می‌شود. در سایر موارد مثل گیاهان دائمی امتیاز صفر خواهد بود. در رابطه با عمق ریشه دهی حضور یونجه و غلات امتیاز ۳، گیاهان غده‌ای و ریشه‌ای امتیاز ۱ و سایر گونه‌ها امتیاز ۲ می‌گیرند. فشردگی خاک ناشی از برداشت محصول بهار امتیاز ۱- و برای برداشت زمستانه ۲- امتیاز می‌گیرد. در رابطه با ذخیره رطوبت و استفاده از آن، گونه‌های سرمادوست و گونه‌هایی با طول دوره رشد کوتاه (مثل گندم، جو، کلزا، نخود، عدس،

خشک و نیمه خشک که در آن خاک‌ها با کمی مواد آلی نیز مواجه هستند، اهمیت پوشش‌های گیاهی (طبیعی و مصنوعی) را دوچندان می‌کند (پوگنایر و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۱- امتیاز بندی محصولات قابل کشت در منطقه مطالعه بر اساس پنج عامل موثر در پایداری در کشاورزی

نوع محصول	میزان پوشش زمین	عمق ریشه دهی	تأثیر بر فشردگی خاک	تأثیر بر ساختمان خاک	ذخیره رطوبت و استفاده از آن
محصولات پاییزه					
گندم پاییزه	-۲	۳	-۱	۲	۱
جو پاییزه	-۲	۳	-۱	۲	۱
گلرنگ پاییزه	-۲	۲	-۱	۱	۱
کلزای پاییزه	-۲	۲	-۱	۱	۱
پیاز پاییزه	-۳	-۱	-۱	-۲	۱
محصولات بهاره و تابستانه					
ارزن	-۴	۲	-۱	۱	۲
ذرت دانه ای	-۴	۲	-۲	۰	۲
ذرت علوفه ای	-۴	۲	-۲	۰	۲
سورگوم دانه ای کشت اول	-۴	۲	-۱	۱	۲
سورگوم دانه ای کشت دوم	-۴	۲	-۲	۰	۲
سورگوم علوفه ای کشت اول	-۴	۲	-۱	۱	۲
سورگوم علوفه ای کشت دوم	-۴	۲	-۲	۰	۲
خریزه	-۴	۲	-۱	۱	۲
آفتابگردان	-۴	۲	-۱	۱	۲
گلرنگ بهاره و تابستانه	-۴	۲	-۱	۱	۲
پنبه	-۴	۲	-۲	۰	۲

افشان غلات به نفوذپذیری سطحی سایر گیاهان در تناوب کمک کرده و محصولاتی با ریشه مستقیم با نفوذ در اعماق بیشتر خاک و تولید منافذ در لایه های نفوذ ناپذیر زمینه را برای گسترش بیشتر ریشه فراهم می‌کنند (پرکونز و همکاران، ۲۰۱۴). ریشه‌های گیاهان می‌توانند با افزایش استحکام و یکپارچگی خاک مقدار فرسایش را به طور قابل ملاحظه کاهش داده و مواد ترشح یافته از ریشه‌ها نه تنها به استحکام و پیوستگی اجزای خاک کمک می‌کند بلکه در برخی مواقع برای سایر گیاهان موجود در تناوب جنبه تغذیه‌ای نیز دارد (اولا و همکاران، ۲۰۱۵).

عمق ریشه دهی محصولات وجود در تناوب یکی دیگر از شاخصه های مهم در کارایی تناوب است. پنج تناوب اول در جدول ۲ از وضعیت مناسب‌تری نسبت به پنج تناوب آخر برخوردارند. حضور غلات دانه ریز نقش مهمی در بهبود شاخص عمق ریشه دهی داشته و در پنج تناوب آخر مطالعه شده در این پژوهش (نسبت به پنج تناوب اول) نقش غلات دانه ریز کمتر شده است. عمق ریشه محصولات در تناوب تعیین کننده جذب آب و عناصر غذایی بوده و حضور محصولات مختلف در تناوب با ویژگی‌های رشد ریشه‌ی متفاوت می‌تواند به بهبود ساختمان خاک کمک کند. در این راستا ریشه‌های

جدول ۲- برخی تناوب‌های قابل اجرا در منطقه مطالعه به همراه ضرایب مقایسه پوشش زمین، عمق ریشه دهی، ساختمان خاک و ذخیره رطوبت و استفاده از آن*

ردیف	تناوب	میزان پوشش زمین	عمق ریشه دهی	تأثیر بر فشردگی خاک	تأثیر بر ساختمان خاک	ذخیره رطوبت و استفاده از آن
۱	گندم-گلرنگ تابستانه-جو	-۲/۶۶	۲/۶۷	-۱	۱/۶۷	۱
۲	گندم-ارزن کشت دوم-جو	-۲/۶۶	۲/۶۷	-۱	۱/۶۷	۱/۳۳
۳	گندم-ذرت دانه ای میان رس-جو	-۲/۶۶	۲/۶۷	-۱/۳۳	۱/۳۳	۱/۳۳
۴	گندم-سورگوم دانه ای کشت دوم-جو	-۲/۶۶	۲/۶۷	-۱/۳۳	۱/۳۳	۱/۳۳
۵	گندم-آفتابگردان کشت دوم-جو	-۲/۶۶	۲/۶۷	-۱	۱/۶۷	۱/۳۳
۶	کلزا-ذرت دانه ای میان رس-جو	-۲/۶۶	۲/۳۳	-۱/۳۳	۱	۱/۳۳
۷	گلرنگ پاییزه-ارزن-جو	-۲/۶۶	۱/۶۷	-۱	۱/۳۳	۱/۳۳
۸	پیار-پاییزه-گلرنگ تابستانه-گندم	-۳	۱/۳۳	-۱	۰/۳۳	۱/۳۳
۹	خربزه-گندم-گلرنگ تابستانه	-۳/۳۳	۲/۳۳	-۱	۱/۳۳	۱/۶۷
۱۰	پنبه-آیش-سورگوم علوفه ای کشت اول	-۴	۱/۳۳	-۱	۰/۳۳	۱/۳۳

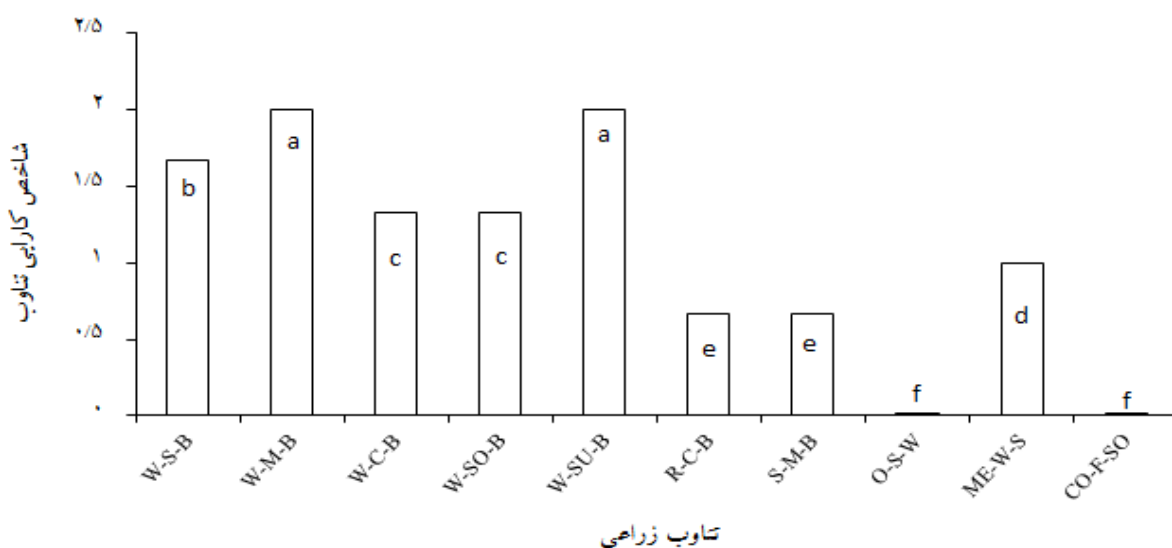
*= اختصاص ضرایب بر اساس روش کوچکی و همکاران (۱۳۸۳). اعداد بزرگ‌تر بیانگر وضعیت مطلوب‌تر هر عامل

مربوط به ساختمان خاک در حقیقت جمع جبری دو عامل تراکم خاک و عمق ریشه دهی محصولات است. ذخیره رطوبت و استفاده از آن نیز به گیاهان موجود در تناوب بستگی دارد (جدول ۲). در این رابطه بجز تناوب‌های ۱ و ۹ بقیه تناوب‌ها شرایط یکسانی داشتند. آنچه در زمینه ذخیره رطوبت در تناوب‌ها تأثیرگذار است نه تنها به نوع گیاه زراعی بستگی دارد بلکه به مدیریت تولید محصول (نحوه تهیه زمین و ماشین آلات مربوطه، حفظ بقایا و یا حذف آن‌ها، کشت ردیفی یا درهم و ...) وابسته است. اصولاً افزایش ذخیره رطوبت در خاک مستلزم داشتن برنامه دراز مدت و به ویژه برنامه‌های مرتبط با حفظ بقایای گیاهی و افزایش ماده آلی خاک است. متأسفانه چنین برنامه‌هایی در حال حاضر در هیچ یک از تناوب‌های منطقه مطالعه مشاهده نمی‌شود و تشابه ضرایب موجود در زمینه ذخیره رطوبت در تناوب‌های منطقه نیز از همین نقطه ضعف منشا می‌گیرد.

تناوب‌های ۳، ۴ و ۶ از نظر تراکم خاک وضعیت نامناسب‌تری نسبت به سایر تناوب‌ها داشتند (جدول ۲) و این امر ناشی از تکیه این نوع تناوب‌ها به محصولات زمستانه و حضور ادوات کشاورزی در زمانی است که رطوبت خاک در گیاه زیاد است. از آن جهت که تراکم خاک تعیین‌کننده تعادل آب و خاک در محیط ریشه گیاه و فعالیت ریز جانداران موجود در خاک است در مبحث حاصلخیزی خاک مورد قرار می‌گیرد (پارکچینی و همکاران، ۲۰۱۵). در رابطه با تراکم خاک در تناوب‌ها، توجه به گیاهانی که قبل از محصول مورد نظر ما قرار می‌گیرند دارای اهمیت است. به عنوان مثال قرار گرفتن گندم و یا خردل قبل از محصولاتی مثل چغندر قند و ذرت سیلوئی شرایط بهتری از نظر تراکم خاک ایجاد می‌کند نسبت به زمانی که محصولات قبل از آن‌ها ذرت سیلوئی باشد (گوتز و همکاران، ۲۰۱۶). محاسبه اعداد

تابستانه-جو)، (گندم-ارزن کشت دوم-جو) و (گندم-آفتابگردان کشت دوم-جو) به ترتیب با شاخص کارایی تناوب ۱/۶۷، ۲ و ۲ نسبت به سایر تناوب‌ها برتری داشتند. کوتاه بودن تناوب‌های زراعی در کشور (غالباً محدود به چند گیاه محدود) در عمل تناوب‌های ما را به نوعی کشت ممتد تبدیل کرده و بنابراین شاخص کارایی تناوب در ایران دامنه‌ای از صفر تا ۰/۵ دارد که بیانگر کارایی ضعیف تناوب‌های رایج است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳).

در صورتی که امتیاز مربوط به پنج عامل میزان پوشش زمین، عمق ریشه دهی، فشردگی خاک، ساختمان خاک و ذخیره رطوبت خاک را با نام شاخص کارایی تناوب زراعی خلاصه کنیم، مقدار عددی این شاخص را می‌توان به صورت شکل ۲ نشان داد. شاخص کارایی تناوب‌های ارزیابی شده دامنه‌ای از صفر تا دو داشت. در مجموع دو تناوب (پیاز پاییزه-گلرنگ تابستانه-گندم) و (پنبه-آیش - سورگوم علوفه‌ای کشت اول) از کارایی تناوب قابل قبولی برخوردار نبودند. تناوب‌های (گندم-گلرنگ



شکل ۲- مقایسه شاخص کارایی تناوب زراعی در تناوب‌های رایج در منطقه مطالعه (W, S, O, M, B, S, R, SU, SO, C, ME, O, CO و F به ترتیب عبارتند از گندم، گلرنگ، جو، ارزن، سورگوم، آفتابگردان، کلزا، ذرت، پیاز، خربزه، پنبه و آیش هستند).

منطقه مطالعه مقایسه شده‌اند. سه تناوب شماره ۸،۹ و ۱۰ در جدول ۲ به دلیل حضور گیاهان علوفه‌ای (سورگوم)، صیفی‌جات (خربزه) و سبزیجات (پیاز) که محصول تر آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد در این مقایسه آورده نشده و به صورت مجزا بحث می‌شوند. مقدار کارایی برای هفت تناوب موجود در شکل ۳ دامنه‌ای از ۱۸/۶۸ تا ۳۰/۷ کیلوگرم به ازاء هر روز تناوب تغییر یافته است. دو تناوب (گندم-ذرت دانه ای میان رس-جو) و (گندم-سورگوم) دانه ای کشت دوم - جو) به ترتیب با کارایی تولید ۲۸/۰۷ و ۳۰/۷ کیلوگرم در روز بهترین تناوب‌ها از نظر کارایی تولید بودند و بین بقیه تناوب‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کارایی تولید تناوب‌های (پیاز پاییزه-گلرنگ

ب-دیدگاه زراعی (حرکت در جهت کشاورزی

با سود بیشتر)

کارایی تولید، کارایی مصرف آب و کارایی استفاده از

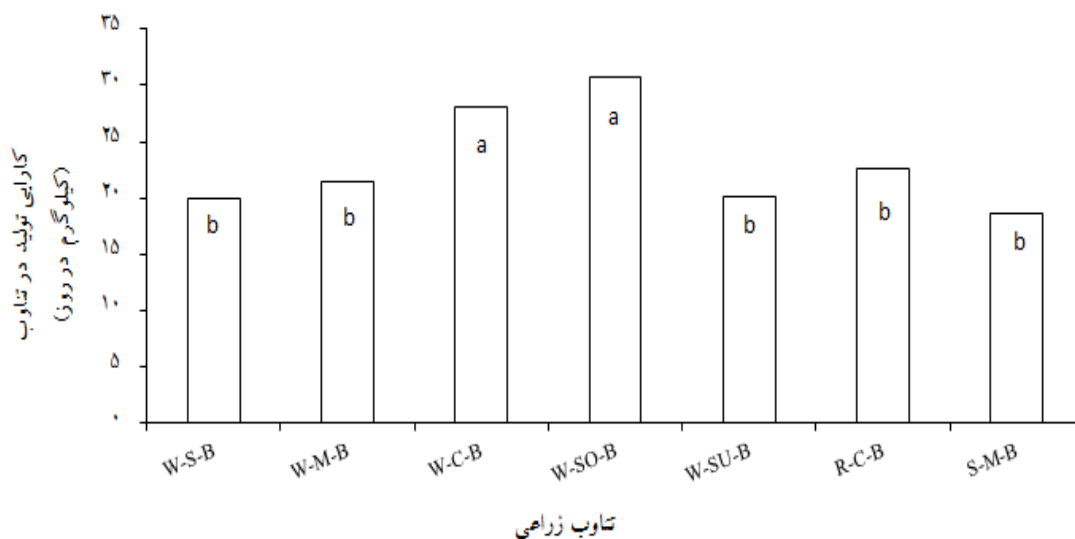
زمین

کارایی تولید

کارایی تناوب زراعی که قبلاً مورد بحث قرار گرفت در حقیقت شامل اجزایی است که از دید ما برای داشتن تناوبی پایدار در گذر زمان لازم هستند اما این شاخص به تنهایی کافی نبوده و بکارگیری شاخص‌هایی مثل کارایی تولید، کارایی مصرف آب و کارایی استفاده از زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی را به ما ارائه نماید. در شکل ۳ شاخص کارایی تولید در هفت تناوب رایج در

تناوب‌ها (علیرغم نداشتن وضعیت مناسب از نظر شاخص کارایی تناوب شکل ۲) دلیلی است که کشاورزان را به سمت این نوع تناوب‌ها سوق می‌دهد.

تابستانه- گندم)، (خربزه-گندم-گلرنگ تابستانه) و (پنبه- آیش - سورگوم علفه ای کشت اول) که در آن‌ها عملکرد پیاز، خربزه و سورگوم علفه‌ای براساس وزن‌تر محاسبه شده به ترتیب برابر ۱۰۵، ۷۲ و ۲۴۶ کیلوگرم به ازاء هر روز از تناوب بود. سودآوری اقتصادی این نوع



شکل ۳- مقایسه شاخص کارایی تولید در تناوب‌های رایج در منطقه مطالعه. W, S, M, B, SO, SU, R, C, به ترتیب عبارتند از گندم، گلرنگ، جو، ارزن، سورگوم، آفتابگردان، کلزا و ذرت هستند

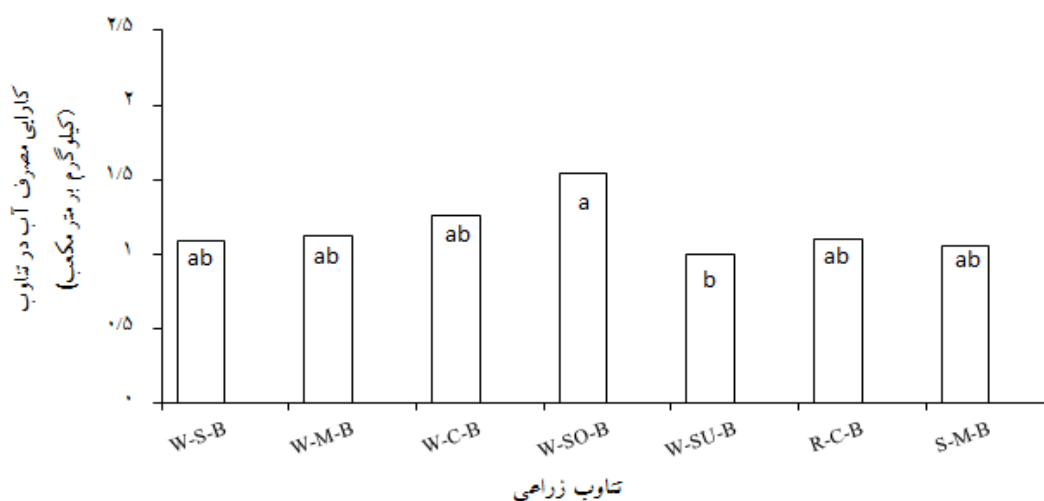
آفتابگردان و گندم) با شاخص بهره‌وری آب ۱/۰۵ کیلوگرم بر متر مکعب از بهترین تناوب‌ها بود (جلالی و اسفندیاری، ۱۳۹۵). به هر صورت در اکثر تناوب‌های موجود کارایی استفاده از آب عددی حدود یک کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب آب است که با مقدار بهره‌وری در اراضی آبی کشور (۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب) مطابقت نسبی دارد، اما در مقایسه با کشورهای پیشرفته که این عدد معمولاً به بیش از ۱/۵ کیلوگرم می‌رسد فاصله زیادی دارد (عبداللهی، ۱۳۷۷). کارایی مصرف آب در سه تناوب (پیاز پاییزه-گلرنگ تابستانه- گندم)، (خربزه-گندم- گلرنگ تابستانه) و (پنبه- آیش - سورگوم علفه ای کشت اول) به ترتیب برابر ۶، ۳/۲ و ۶/۷۶ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب بود (به دلیل ماهیت تناوب‌ها در شکل ۴ نشان داده نشده است). کارایی مصرف آب بالای این تناوب‌ها به دلیل حضور محصولات علفه‌ای و سبزی و صیفی‌جات است. کارایی مصرف آب بیش از پنج کیلوگرم بر متر مکعب برای محصولات علفه‌ای و سبزی و

کارایی مصرف آب

بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب مشاهده شده در این پژوهش معادل ۱/۵۴ و ۱ کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب به ترتیب مربوط به دو تناوب (گندم- سورگوم دانه ای کشت دوم - جو) و (گندم-آفتابگردان کشت دوم- جو) بود (شکل ۴). بقیه تناوب‌ها از نظر کارایی مصرف آب تفاوت معنی‌دار نداشتند. حضور گیاهانی مثل سورگوم دانه‌ای با مقاومت به خشکی زیاد و ریشه‌های عمیق به بهبود کارایی مصرف آب در تناوب (گندم- سورگوم دانه ای کشت دوم - جو) کمک کرده است. به طور مشابه در پژوهشی در استان خراسان رضوی از میان تناوب‌های مختلف، تناوب (گندم- ذرت-گندم- کلزا- گندم) با شاخص کارایی آبی معادل ۱/۵۳ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آب را داشت (زارع فیض آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱). در پژوهش دیگری در اصفهان در بین تناوب‌های آزمایش شده، تناوب (کلزا،

داشته در حالی که مقدار آب مصرفی مشابه بوده است (آندرسون، ۲۰۰۹). برخی از محققین معتقدند بخش قابل ملاحظه ای از افزایش کارایی مصرف آب به واسطه ترتیب قرار گرفتن محصولات در تناوب، در حقیقت مربوط به تأثیر این گیاهان بر کنترل علف‌های هرز در تناوب است (آندرسون، ۲۰۱۱).

صیفی‌جات در کشور معمول بوده (حیدری، ۱۳۹۰) و حضور چنین محصولاتی می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف آب این تناوب‌ها شود. به هر صورت ترتیب قرار گرفتن محصولات مختلف در تناوب می‌تواند نقش به‌سزایی در افزایش کارایی استفاده از آب داشته باشد. به طور مثال کشت گندم پس از نخود در مقایسه با کشت آن بعد از ارزن و یا آیش، ۱۰ تا ۲۵ درصد افزایش عملکرد

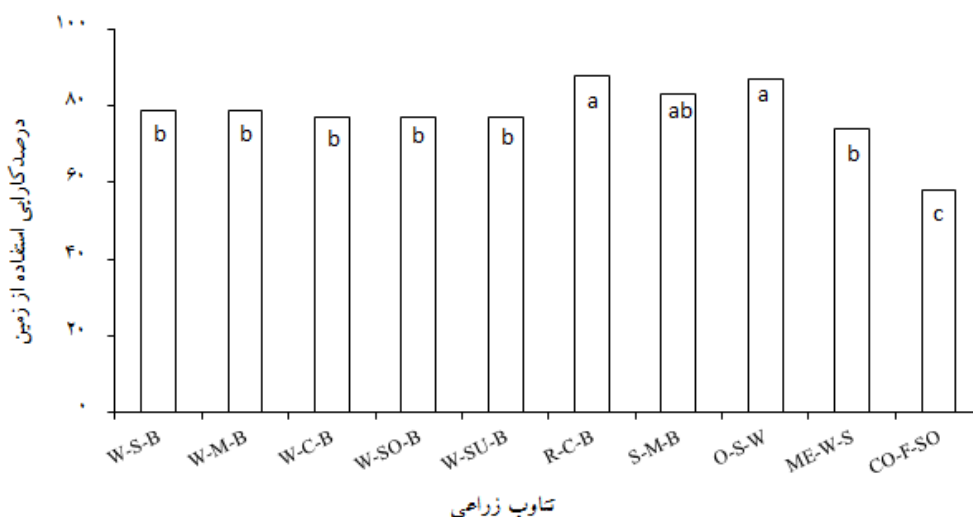


شکل ۴- مقایسه شاخص کارایی مصرف آب در تناوب‌های رایج در منطقه مطالعه. W، S، M، B، SO، SU، R، C. به ترتیب عبارتند از گندم، گلرنگ، جو، ارزن، سورگوم، آفتابگردان، کلزا و ذرت هستند

محصول در سال اول تناوب دلیل این افزایش کارایی است. در پژوهشی در مناطق کویری استان اصفهان در بین تناوب‌های آزمایش شده، کارایی استفاده از زمین دامنه‌ای از ۲۱ تا ۵۳ درصد داشت (جلالی و اسفندیاری، ۱۳۹۵). حضور آیش در تناوب‌ها می‌تواند کارایی استفاده از زمین را به طور قابل ملاحظه ای کاهش دهد و چنین وضعیتی در تناوب (پنبه- آیش - سورگوم علوفه‌ای کشت اول) قابل مشاهده است. در ایران محدودیت منابع آب بیش از زمین مسئله ساز بوده و بنابراین بیشتر توجهات معطوف به مسئله آب است و بنابراین کارایی استفاده از زمین کمتر مورد توجه بوده است.

کارایی استفاده از زمین

کارایی استفاده از زمین به ویژه در مناطقی که حالت چند کشتی رواج داشته و تناوب‌های فشرده در جریان است می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار زارعین قرار دهد. کارایی استفاده از زمین در منطقه مطالعاتی دامنه ای از ۵۸ تا ۸۸ درصد داشت (شکل ۵). تناوب‌های (کلزا- ذرت دانه ای میان رس- جو)، (گلرنگ پاییزه- ارزن- جو) و (پیاز پاییزه- گلرنگ تابستانه- گندم) به ترتیب با کارایی استفاده از زمین ۸۸، ۸۳ و ۸۷ درصد بالاترین مقادیر کارایی استفاده از زمین را داشتند. محصولات با طول دوره رشد کم و امکان تولید دو



شکل ۴- مقایسه کارایی استفاده از زمین در تناوب‌های رایج در منطقه مطالعه. W, S, M, B, SO, SU, R, C, O, ME, CO و F به ترتیب عبارتند از گندم، گلرنگ، جو، ارزن، سورگوم، آفتابگردان، کلزا، ذرت، پیاز، خربزه، پنبه و آیش هستند

جمع بندی و نتیجه گیری

پایش تناوب‌های زراعی با توجه هم زمان به مفاهیم اکولوژیک و شاخص‌های بهره‌وری فعالیتی دشوار محسوب می‌شود. به عنوان در مطالعه حاضر تناوب (گندم-آفتابگردان کشت دوم- جو) از دید اکولوژیک و رعایت شاخص‌هایی مثل پوشش زمین، عمق ریشه دهی، فشردگی خاک، ساختمان خاک و ذخیره رطوبت خاک نسبت به سایر تناوب‌های موجود در منطقه پژوهش برتر بوده است هرچند از نظر شاخص‌های زراعی مثل کارایی تولید، کارایی استفاده از آب و زمین، نتوانسته این برتری را حفظ نماید. برای تصمیم‌گیری صحیح و غلبه بر چنین تضادی چند نکته قابل توصیه است:

تناوب‌های منطقه مطالعه (مشابه اکثر تناوب‌های کشور) خیلی کوتاه و متکی به تعداد کمی گیاه زراعی است. افزایش طول تناوب‌ها (حداقل چهار تا پنج ساله) با بکارگیری گیاهان متنوع و در صورت امکان خانواده بقولات می‌تواند در بهبود شرایط موجود مفید باشد.

تناوب‌های موجود غالباً به صورت ناقص به اجرا در می‌آیند به این معنی که معمولاً سطح کشت گیاهان پاییزه در تناوب زیاد بوده و در بهار و تابستان، گیاهان کشت شده نمی‌توانند کل سطح را به خود اختصاص دهند و در نتیجه بخشی از زمین‌ها عملاً بدون

تناوب باقی می‌ماند. وارد کردن گیاهان مناسب عنوان کود سبز می‌تواند تا حدی این نقیصه را حل کند.

در هر منطقه عاملی که بیشترین محدودیت را در امر تولید ایجاد می‌کند باید ملاک تصمیم‌گیری اولیه باشد. در منطقه مطالعه کمبود منابع آب مهم‌ترین چالش است بنابراین شاخص کارایی مصرف آب ملاک اولیه قضاوت در مورد تناوب است و از این نظر دو تناوب (گندم- ذرت دانه ای میان رس- جو) و (گندم- سورگوم دانه ای کشت دوم - جو) در منطقه مطالعه وضعیت بهتری داشته‌اند. این به معنی برتری مطلق این تناوب‌ها نیست زیرا خود این تناوب‌ها نیز نیاز به بهبود شرایط دارند. به عنوان مثال در این دو تناوب سه محصول غله پشت سر هم قرار گرفته‌اند که از نظر فنی و رعایت مسائل تناوبی صحیح نیست و بهتر است تناوب‌ها با ورود گیاهان جدید اصلاح شوند.

رهیافت ترویجی

حفاظت از منابع آب و خاک مستلزم جامع‌نگری در بخش کشاورزی و به ویژه مدیریت گیاهان زراعی است. در سال‌های اخیر نگرش "تک محصولی" و نه "محصول در قالب تناوب" موجب افزایش خسارت به منابع آب و خاک شده است. برای بهبود شرایط

کشت محصولات با نیاز آبی بالا در یک منطقه فقط وقتی توجیه علمی دارد که در قالب تناوب‌های آن منطقه بررسی شده باشد؛ بنابراین نمی‌توان نسخه واحدی برای همه شرایط و مناطق ارائه نمود.

موجودبتر است ملاک تصمیم‌گیری‌ها "تناوب محور" باشد نه "محصول محور". فقط در این صورت است که از تصمیم‌گیری‌های عجولانه و بعضاً غیر کارشناسانه جلوگیری می‌شود. به عنوان مثال حذف یا کاهش سطح

فهرست منابع

۱. جلالی ا م و اسفندیاری ح (۱۳۹۵) تأثیر سامانه های خاک ورزی و تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.). تولیدات گیاهی ۴۳:۳۹-۵۶.
۲. حیدری ن (۱۳۹۰) تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مجله مدیریت آب و آبیاری ۴۳:۱-۵۷.
۳. زارع فیض آبادی ا و عزیزی م (۱۳۹۱) اثر نظام های تناوب زراعی مختلف بر عملکرد گندم در اقلیم سرد خراسان رضوی. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲۸، ص ۲۶۱-۲۷۵.
۴. عبدالمهی م (۱۳۷۷) مطالعه تطبیقی نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی و ارزیابی عملکرد آنها به منظور شناخت انواع و ویژگی‌های نظام‌های بهره‌برداری بهینه و مناسب در ایران، وزارت کشاورزی، معاونت نظام های بهره برداری، تهران. ۹۸ صفحه.
۵. کوچکی ع، نصیری محلاتی م، زارع فیض‌آبادی ا و جهان بین م (۱۳۸۳) ارزیابی تنوع نظام‌های زراعی ایران. پژوهش و سازندگی، ۶۳: ۷۰-۸۳.
6. Anderson RL (2009) Impact of preceding crop and cultural practices on rye growth in winter wheat. *Weed Technol.* 23: 564-568.
7. Anderson RL (2011) A rotation effect of improved growth efficiency. *Advances in Agronomy* 112:205-226.
8. Bullock DG (1992) Crop rotation. *Crit. Rev Plant Sci.* 11(4):309-326.
9. Chong ham IR, Bergkvist G, Watson CA, Sandström E, Bengtsson J and Öborn I (2017) Factors influencing crop rotation strategies on organic farms with different time periods since conversion to organic production. *Biological Agriculture and Horticulture*, 33(1):14-27.
10. Das TK, Saharawat YS, Bhattacharyya R, Sudhishri S, Bandyopadhyay KK, Sharma AR and Jat ML (2018) Conservation agriculture effects on crop and water productivity, profitability and soil organic carbon accumulation under a maize-wheat cropping system in the North-western Indo-Gangetic Plains. *Field Crops Research*, 215:222-231.
11. Garcia-Ruiz J M (2010) The effects of land uses on soil erosion in Spain: A review. *Catena* 81:1-11.
12. Gotez P, Rücknagel J, Jacobs A, Marlander B, Josef Koch H, Christen O (2016) Environmental impacts of different crop rotations in terms of soil compaction. *Journal of Environmental Management* 181:54-63.
13. Jones OR, and Popham T (1997) Cropping and tillage systems for dryland grain production. *Agronomy Journal*: 89:222-232.
14. Lal R (2006) Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation and Development*, 17:197-209.
15. Lichtfouse E (2011) Alternative farming systems, biotechnology, drought stress and ecological fertilization. Springer Dorecht Heidelberg London New York. 354pp.

16. Ola A, Dodd LC, and Qutnton JN (2015) Can we manipulate root system architecture to control soil erosion? *Soil* 1:603-612.
17. Paracchini ML, Bulgheroni C, Borreani G, Tabacco E, Banterle A, Bertoni D, Rossi G, Parolo G, Origi R, de Paola, C (2015) A diagnostic system to assess sustainability at a farm level: the SOSTARE model. *Agricultural Systems*. 133: 35-53.
18. Perkons U, Kautz T, Uteau D, Peth S, Geier V, Thomas K, Hols KL, Athmann M, Pude R, and Kopke U (2014) Root-length densities of various annual crops following crops with contrasting root systems. *Soil and Tillage Research* 137:50-57.
19. Pugnaire F, Luque MT, Armas C, Gutierrez L (2006) Colonization processes in semi-arid Mediterranean old fields. *Journal of Arid Environments* 65:591-603.
20. Thierfelder C, and Wall C (2010) Rotation in conservation agriculture systems of Zambia: Effects on soil quality and water relations. *Experimental agriculture*. 46:309-325.
21. Tomar S, and Tiwar A (1990) Production potential and economics of different crop sequences. *Indian Journal Agronomy* 32:30-35.

The role of crop rotation in soil and water conservation (A case study of Dehestan Dasht in Shahreza)

A. H. Jalali ¹, and A. R. Nikouei

Assistant Professor, Horticulture and Agronomy Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran. jalali51@yahoo.com

Assistant Professor; Economic, Social, and Extension Research Department; Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; AREEO; Isfahan, Iran. anikooie@yahoo.com

Received: September 2017, and Accepted: July 2018

Abstract

Crop rotation is an indispensable part of any sustainable land management program. An experiment was conducted in 2014 in Dehestan Dasht, Shahreza, Iran, to study agronomic rotations. For this purpose, rotational efficiency index in the study area was calculated as an ecological criterion, while production efficiency, water use efficiency, and land use efficiency indices were calculated as agronomic criteria. Based on the results obtained, the two rotations of (autumn onion-summer safflower-wheat) and (cotton-fallow-first forage sorghum cultivation) did not record acceptable values of rotational index. This is while the crop rotations of (wheat-summer safflower-barley), (wheat-second millet cultivation-barley), and (wheat-second sunflower cultivation-barley) recorded superior rotation indices of 1.67, 2, and 2, respectively. Except for rotations including forage plants and vegetables, the two rotations of (wheat-intermediate mature corn-barley) and (wheat-second grain sorghum cultivation-barley) were the best rotations with production efficiency indices of 28.07 and 30.7 kg per day, respectively. Water use efficiency recorded its highest and lowest values of 1.54 and 1 kg m⁻³, respectively, with the two rotations of (wheat-second grain sorghum cultivation-barley) and (wheat-second sunflower cultivation-barley). Finally, land use efficiency in the study area was found to range from 58 to 88%. Short crop rotation chains, implementation of incomplete rotations, and lack of a rotation-oriented approach were identified as the underlying reasons for the inefficiency of the crop rotations practiced in the study area.

Keywords: Soil density, Root depth, Rotation index, Water use efficiency.

1. Corresponding author: Horticulture and Agronomy Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.