

بررسی کارایی استفاده از منابع آب و خاک در تناوب‌های زراعی رایج در مناطق مختلف استان اصفهان

امیر هوشنگ جلالی^۱ و علیرضا نیکوئی

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: مرداد ۱۳۹۹ و پذیرش: آبان ۱۳۹۹

چکیده

پژوهش حاضر با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از تناوب‌های زراعی استان اصفهان از طریق پرسشنامه و تلفیق آن با مشاهدات تجربی و شاخص‌های رایج انجام شد. سه ناحیه اقلیمی اصلی شامل سرد، معتدله و گرم در استان اصفهان حاکم هستند. در هر سه منطقه اقلیمی استان تناوب‌ها غالباً کوتاه و دربرگیرنده دو یا سه محصول زراعی می‌باشند. کارایی استفاده از زمین در منطقه معتدله، منطقه گرم و منطقه سرد استان اصفهان به ترتیب دامنه‌ای معادل ۹۸-۴۳، ۹۵-۶۰ و ۸۱-۵۰ درصد داشتند. کارایی تولید در تناوب‌ها تابع نوع محصول بوده و غلات دانه‌ریز مثل گندم و جو، برخی دانه‌های روغنی مثل کلزا و گلرنگ و وجود آیش در تناوب‌ها، کارایی تولید تناوب‌ها را به کمتر از ۴۰ کیلوگرم در هرروز از تناوب کاهش داده‌اند. حضور گیاهان علوفه‌ای با عملکرد بالا (مثل ذرت علوفه‌ای) به‌ویژه وقتی در ترکیب با گیاهان غده‌ای (مثل چغندرقد) و صیفی‌جات (مثل هندوانه و طالبی) در تناوب قرار می‌گیرند، موجب افزایش کارایی تولید تناوب‌ها (گاهی به بیش از ۲۰۰ کیلوگرم در هرروز تناوب در منطقه معتدل) می‌شوند. بهره‌وری آب در تناوب‌های زراعی هر سه منطقه استان اصفهان به‌ندرت به بیش از شش کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب می‌رسد. افزایش تنوع محصولات زراعی در تناوب‌ها ضروری‌ترین اقدام در تمام مناطق اقلیمی استان محسوب می‌شود. تقویت جایگاه گیاهان غده‌ای در مناطق معتدل و گرم استان و ارتقاء جایگاه حبوبات در منطقه سرد استان نیز هم توجیه اقتصادی و هم قابلیت اجرایی دارد.

واژه‌های کلیدی: آیش، کارایی استفاده از زمین، کارایی تولید، بهره‌وری آب

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

تنوع ایجاد شده به واسطه تناوب‌های زراعی و افزایش ماده آلی خاک با تأثیر بر ساختار، جرم مخصوص ظاهری و تهویه خاک باعث افزایش مقدار ظرفیت زراعی می‌شود (رنویک و همکاران، ۲۰۱۹). به عبارت بهتر در شرایط تناوب در مقایسه باحالت تک‌کشتی توزیع مکانی و زمانی رطوبت در محیط ریشه گیاه به شکل مناسب‌تری انجام می‌شود (هان و همکاران، ۲۰۱۵). کارایی مصرف آب در الگوهای کشت دارای تناوب‌های زراعی نسبت به حالت تک‌کشتی بیشتر بوده و این حالت به‌ویژه با حضور غلات و بقولات در تناوب و حضور گیاهانی با عمق ریشه متفاوت بارزتر است (بوین کین و دنت، ۲۰۱۹). در مطالعه‌ی انجام‌شده در شهرضا بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب مشاهده‌شده معادل ۱/۵۴ و ۱ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب به ترتیب مربوط به دو تناوب (گندم-سورگوم دانه‌ای کشت دوم - جو) و (گندم-آفتابگردان کشت دوم- جو) بود (جلالی و نیکویی، ۱۳۹۷).

در کشور ما جایگاه تناوب‌های زراعی و نقش آن‌ها در حفاظت از آب و خاک به‌خوبی تبیین نشده است. در پژوهش حاضر سعی شده با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تناوب، کارایی استفاده از آب و زمین در تناوب‌های زراعی استان اصفهان مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تناوب‌های زراعی رایج در شهرستان‌های استان اصفهان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. این استان مساحتی حدود ۱۰۶۹۱۲ کیلومترمربع داشته و دارای اقلیم معتدل خشک است، حداکثر دمای آن در گرم‌ترین روز تابستان ۴۰/۶ درجه و حداقل دمای آن در سردترین روز زمستان ۱۰/۶- درجه و متوسط دمای سالانه آن ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. تعداد روزهای یخبندان استان ۷۶ روز و متوسط میزان بارندگی سالانه آن نیز ۱۱۶/۹ میلی‌متر گزارش شده است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۹). اقلیم غالب شهرستان‌های استان اصفهان بر اساس روش دومارتن به

تناوب‌های زراعی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده الگوی کشت محسوب شده و از طریق تداوم پوشش گیاهی، افزایش کارایی مصرف آب، حفظ عناصر غذایی خاک، افزایش مواد آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها، کاهش آفات و بیماری‌ها و کنترل علف‌های هرز باعث ارتقاء راندمان تولید و عملکرد می‌شوند (آئینه بند، ۱۳۸۴). بهره‌وری بالا از زمین، ثبات عملکرد، توزیع مناسب نیروی کار در فصل رشد، تنوع محصولات و ایجاد تعادل بین منابع آب و خاک موجود با تولید محصولات هر منطقه از مزایای دیگر تناوب‌های زراعی محسوب می‌شوند (سلیم، ۲۰۱۹).

در مقیاس طول عمر انسان، خاک به دلیل روند تولید بسیار آهسته به‌عنوان یک منبع غیر تجدیدپذیر شناخته می‌شود. در پژوهشی توالی‌های مختلف چرخش چهارساله محصولات زراعی شامل غلات دانه‌ریز، حبوبات و دانه‌های روغنی بررسی و مشاهده شد که در نظر گرفتن تناوب صحیح باعث تجمع بیشتر کربن خاک، بهبود نسبت کربن به نیتروژن و ثبات خاکدانه‌ها می‌شود (بوین کین و دنت، ۲۰۱۹). کاسپاری و همکاران (۲۰۱۸) اطلاعات آزمایش‌های بلندمدت در اروپا و چین در مورد تناوب‌های زراعی را گردآوری کرده و نشان دادند که اجرای تناوب‌ها در مقایسه باحالت تک‌کشتی باعث تأثیرات مثبت بر مقدار ماده آلی خاک و فعالیت کرم‌های خاکی شده ولی بر اسیدیته خاک تأثیر چندانی ندارد. در مطالعه‌ای در چین تأثیر ۲۱۴ مقایسه تناوب‌های زراعی و تأثیر آن‌ها بر عملکرد ارزیابی شد و نتایج بیانگر آن بود که اجرای تناوب‌ها علاوه بر وابستگی تام به شرایط اقلیمی به‌طور متوسط باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد محصولات زراعی شده و این اثرات مثبت در خاک‌های با بافت متوسط و سبک و دارای مقدار متوسطی از ماده آلی (۱۰-۷ گرم در کیلوگرم) بیشتر بود (ژائو و همکاران، ۲۰۲۰).

خشک، نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب و مرطوب تقسیم‌بندی می‌شود (دو مارتن، ۱۹۲۵) (جدول ۱).

برای انجام این پژوهش ویژگی‌های زراعی و باغی (مانند عملکرد، تاریخ کاشت، مقدار آب مصرفی و طول دوره رشد) و همچنین تناوب‌های رایج موجود در هر یک از ۲۴ شهرستان استان از طریق تهیه پرسشنامه و با مشورت و همکاری کارشناسان مسئول تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی مستقر در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان تهیه شد. اطلاعات پرسشنامه‌ها شامل سطح کشت محصولات (کشاورز باید حداقل سه هزار مترمربع از هر محصول داشته باشد)، تناوب آبیاری، نوع سامانه آبیاری، مقدار عملکرد پنج سال گذشته کشاورز، تاریخ کشت و نوع گیاهان کشت شده در تناوب بوده و تعداد پرسشنامه‌ها بر اساس سطح کشت هر محصول در هر شهرستان تعیین شد به این صورت که برای هر ۱۰۰ هکتار کشت حداقل ۱۰ پرسشنامه برای اراضی یکپارچه و بزرگ و ۲۵ پرسشنامه برای اراضی خرده مالکی در نظر گرفته شد. پس از تهیه پرسشنامه‌ها مسئولین تولیدات گیاهی هر شهرستان پرسشنامه‌ها را بررسی و مواردی که دارای خطا بود را اصلاح نمودند. برای تخمین مقدار آب مصرفی برای هر شهرستان از نتایج سالمی و همکاران (۱۳۹۸) استفاده شد. میانگین عملکرد پرسشنامه‌ها برای عملکرد محصول لحاظ شد. محدوده تاریخ کاشت‌هایی که در اغلب پرسشنامه‌ها ذکر شده بود با نظر مسئول تولیدات گیاهی شهرستان به‌عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه برخی ارقام دارای گروه‌های

رسیدگی مختلف (زودرس، متوسط رس و یا دیررس) بودند، بر اساس اطلاعات موجود هر منطقه و اطلاعات پرسشنامه‌ها گروه رسیدگی غالب هر منطقه تشخیص داده شد. به‌عنوان مثال در مناطق معتدله ارقام زودرس سیب‌زمینی (مثل مارفونا) و برای مناطق سردسیر، ارقام متوسط رس سیب‌زمینی (مثل جیلی) منظور گردید.

برای محاسبه کارایی استفاده از زمین، مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب بر کل روزهای دوره تناوب تقسیم شد (تومار و تایوار، ۱۹۹۰). بهره‌وری آب از تقسیم مجموع تولید اقتصادی گیاهان در تناوب تقسیم‌بندی بر حجم آب مصرفی در هر تناوب زراعی به دست آمد (جونز و پوپ هام، ۱۹۹۷). مقدار آب مصرفی هر محصول از طرح برآورد نیاز آبی محصولات زراعی و باغی استان اصفهان محاسبه شد (سالمی و همکاران، ۱۳۹۸). کارایی تولید از مجموع تولید گیاهان در تناوب تقسیم‌بندی بر مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب محاسبه و طول دوره تناوب از مجموع تعداد روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب برآورد شد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳).

در همه تناوب‌ها عملکرد قابل‌فروش ملاک قرار گرفت. به‌عنوان مثال برای برخی از محصولات مثل سیب‌زمینی عملکرد قابل‌فروش شامل غده‌های با قطر بیش از ۳۵ میلی‌متر می‌شد. دامنه اعداد بر اساس کمترین و بیشترین تولید در تناوب در نظر گرفته شد. عمر مفید یونجه پنج سال و عملکرد علوفه خشک ملاک محاسبات انجام شده بود.

جدول ۱- وسعت و پراکنش اقلیم‌های مختلف در شهرستان‌های استان اصفهان بر اساس روش دو مارتن (۱۹۲۵)

شهرستان	وسعت (کیلومتر مربع)	پوشش اقلیم (درصد)		
		خشک	نیمه خشک	مدیترانه‌ای
منطقه معتدل				
مبارکه	۱۰۹۴	۷۴/۳	۲۵/۶	۰/۱
نجف‌آباد	۲۳۸۸	۲۴/۷	۷۴	۱/۲
اصفهان	۱۵۷۰۴	۸۸/۵	۱۱/۵	۰
برخوار	۱۹۵۳	۹۰/۸	۹/۲	۰
شهرضا	۲۷۹۴	۲۶/۲	۶۸/۳	۵
تیران و کرون	۱۶۹۰	۹	۸۳/۶	۶/۳
فلاورجان	۳۲۴	۹۷	۳	۰
خمینی شهر	۱۷۶	۸۸/۴	۱۱/۶	۰
شاهین شهر و میمه	۵۰۱۶	۲۸	۷۰/۸	۱/۱
دهاقان	۱۴۲۶	۱۳/۴	۸۴/۵	۲/۱
لنجان	۱۱۶۷	۵۱/۴	۴۸/۴	۰/۲
منطقه سرد				
خوانسار	۹۵۸	۰	۸۷/۸	۱۰/۵
گلپایگان	۱۶۳۱	۲۵/۲	۷۴	۰/۸
فریدن	۲۰۰۳	۰	۸۴/۵	۱۱/۶
فریدونشهر	۲۱۵۳	۲/۷	۶۱	۲۶/۶
چادگان	۱۱۹۲	۰	۸۷/۷	۸/۱
سمیرم	۵۲۵۴	۰/۷	۸۸	۸/۸
منطقه گرم				
خور و بیابانک	۱۰۹۵۱	۱۰۰	۰	۰
کاشان	۴۳۸۸	۶۱/۴	۳۷/۸	۰/۷
آران و بیدگل	۶۰۹۷	۹۹/۷	۰/۳	۰
نائین	۲۲۵۵۰	۹۷/۷	۲/۳	۰
اردستان	۱۲۵۸۶	۸۳/۴	۱۶/۶	۰
نطنز	۳۴۱۸	۶۹/۵	۲۹/۳	۱/۱
استان	۱۰۶۹۱۲	۷۵۶۹۴	۲۸۶۵۲	۱۹۲۴
وسعت (کیلومتر مربع)				
درصد	۱۰۰	۷۰/۸	۲۶/۸	۱/۸

نتایج و بحث

تنوع محصولات و طول دوره تناوب

برخی ویژگی‌های تناوب‌های زراعی استان اصفهان در جدول‌های ۲ تا ۴ بیان شده است. ۳۰ نوع تناوب غالب در منطقه معتدله استان اصفهان وجود دارد (جدول ۲). تنوع محصولات زراعی در دو منطقه گرم و سرد استان اصفهان نسبت به منطقه معتدله کمتر است

(جدول‌های ۳ و ۴). عوامل محدودکننده مثل شوری آب و خاک و گرمای شدید در برخی مناطق گرم استان اصفهان و کوتاهی دوره رشد محصولات در منطقه سرد (عدم امکان استفاده از ارقام متوسط رس و دیررس با عملکرد بالا) از جمله دلایل کاهش تنوع محصولات در این دو ناحیه گرم و سرد است. در هر سه منطقه اقلیمی استان تناوب‌ها غالباً کوتاه و دربرگیرنده دو یا سه محصول

زراعی هستند. کمترین طول دوره تناوب مربوط به تناوب‌هایی است که دو نوع غله پاییزه و بهاره در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال تناوب (جو - ذرت - علف‌های - آیش) در منطقه معتدله معادل ۳۴۵ روز و بیشترین طول دوره تناوب‌ها با حضور گیاهان علف‌های چندساله محقق می‌شود. تناوب (گندم - یونجه - جو) در منطقه معتدله با طول دوره رشد ۱۴۰۰ روز مثالی در این مورد محسوب می‌شود (جدول ۲). عملکرد گیاهان موجود در تناوب تا حد زیادی وابسته به طول دوره تناوب است (ژائو و همکاران، ۲۰۲۰). تناوب‌هایی که از تعداد بیشتری محصول تشکیل شده و طول دوره زیادتری دارند علاوه بر این که باعث شکسته شدن چرخه بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود (بنت و همکاران، ۲۰۱۲) بلکه موجب افزایش معدنی شدن نیتروژن و افزایش مواد آلی موجود در خاک می‌شود (ماهال و همکاران، ۲۰۱۸).

جدول‌های ۲-۴ نشان می‌دهند که غلاتی مانند گندم، جو و ذرت از گیاهان غالب در تناوب‌های هر سه منطقه بوده و گیاهان خانواده بقولات در تناوب‌های اندکی حضور دارند. شوری آب و خاک و گرمای محدودکننده گلدهی از دلایل عمده برای نقش کمتر بقولات در تناوب‌های ناحیه معتدله و گرم محسوب می‌شود (جدول ۲ و ۳). حضور گیاهان خانواده بقولات در مناطق سرد

استان اصفهان به دلیل کیفیت مطلوب منابع آب و خاک بیشتر از دو ناحیه دیگر است. به علت بارش‌های مناسب در این ناحیه کشت دیم نیز در این منطقه رایج است (جدول ۴). صیفی‌جاتی مثل طالبی، خربزه و هندوانه به‌عنوان محصولات درآمدزا برای کشاورزان معمولاً در ابتدای تناوب‌ها قرار می‌گیرند. محصولات غده‌ای مثل سیب‌زمینی در برخی نقاط ناحیه معتدله به‌عنوان محصول بهاره در اسفند و فروردین کشت می‌شوند درحالی که در مناطق سرد استان کشت این محصول در خردادماه انجام می‌گردد. قرار گرفتن پیایی محصولات هم‌خانواده (غالباً خانواده غلات)، آیش اجباری ناشی از قطع آب زاینده‌رود در برخی از مناطق و محدود بودن تنوع محصولاتی که در تناوب قرار می‌گیرند از جمله مشکلات تناوب‌های زراعی این منطقه است. بسیاری از اثرات مثبت تناوب‌های زراعی مثل افزایش مواد آلی خاک، کنترل علف‌های هرز، کنترل آفات و بیماری‌ها و ... به وجود تنوع بیشتر محصولات در تناوب‌ها نسبت داده می‌شود (آئینه بند، ۱۳۸۴). در برخی از پژوهش‌ها به این نکته اشاره شده است که تأمین و مدیریت آب و نیتروژن از اساسی‌ترین مسائل در کشت محصولات زراعی محسوب می‌شود و وجود تنوع گیاهان زراعی در تناوب‌ها، کارایی استفاده از این دو عامل را به‌طور مؤثر افزایش می‌دهد (رنویک و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۲ - کارایی تولید، بهره‌وری آب، کارایی استفاده از زمین و طول دوره تناوب در تناوب‌های رایج منطقه معتدله استان اصفهان

منطقه معتدله					
ردیف	تناوب زراعی غالب	طول دوره تناوب (روز)	کارایی استفاده از زمین (درصد)	کارایی تولید* (کیلوگرم محصول اقتصادی در هرروز تناوب با حضور گیاه)	بهره‌وری آب** (کیلوگرم محصول اقتصادی بر مترمکعب آب مصرفی)
۱	گندم- ذرت علوفه ای-گندم	۵۷۵	۹۵	۱۱۶-۱۱۹**	۴/۰۲-۴/۱۲
۲	تنباکو - کاهو-آیش	۳۹۰	۴۶	۱۷۴-۲۳۳	۳/۱۲-۴/۱۸
۳	تنباکو- هویج-آیش	۳۹۰	۴۶	۲۳۰-۲۸۰	۴/۵۸-۵/۵۸
۴	گندم- برنج- سیب‌زمینی	۵۰۵	۶۵	۸۸-۱۴۱	۱/۹۹-۳/۱۹
۵	گندم- سیب‌زمینی- شلغم	۴۴۵	۷۵	۱۶۲-۲۷۱	۳/۶۵-۶/۱۱
۶	گندم - شلغم - چغندر	۴۷۵	۶۹	۱۷۷-۲۷۹	۳/۴۷-۵/۴۷
۷	گندم- ذرت علوفه‌ای - جو	۵۷۰	۹۸	۹۵-۱۲۵	۳/۶۵-۴/۸۰
۸	طالبی (لوبیا)- گندم- ذرت علوفه‌ای	۴۷۰	۸۸	۲۰۳-۲۵۷	۴/۵۳-۵/۷۴
۹	طالبی (لوبیا)- جو- ذرت علوفه‌ای	۴۶۰	۹۵	۱۹۲-۲۴۱	۴/۷۱-۵/۹۱
۱۰	گندم -یونجه***- جو	۱۴۰۰	۹۳	۶۱-۸۵	۱/۳۰-۱/۸۰
۱۱	جو- چغندرقد- طالبی	۵۵۰	۷۲	۱۴۹-۲۰۳	۳/۱۰-۴/۲۳
۱۲	گندم- ذرت علوفه‌ای - چغندرقد	۵۶۵	۷۸	۱۷۰-۲۳۰	۴/۲۷-۵/۷۸
۱۳	گندم- چغندرقد- یونجه	۱۳۹۰	۸۷	۱۹۴-۲۷۹	۳/۶۶-۵/۲۷
۱۴	جو - ذرت علوفه‌ای - جو	۵۶۵	۹۶	۹۷-۱۲۷	۳/۶۲-۴/۷۴
۱۵	طالبی-جو-ذرت	۴۶۵	۹۴	۱۹۱-۲۴۱	۴/۶۸-۵/۹۱
۱۶	هندوانه-جو-ذرت	۴۶۵	۹۴	۱۹۱-۲۵۰	۴/۷۱-۶/۱۷
۱۷	خریزه-جو-ذرت	۴۶۵	۹۴	۱۸۰-۲۴۳	۴/۹۶-۶/۷۰
۱۸	گندم ، جو، کلزا	۶۸۰	۷۹	۱۸-۲۳	۰/۷۱-۰/۹۱
۱۹	ذرت علوفه‌ای ، طالبی ، چغندرقد	۴۳۵	۵۹	۴۱۰-۶۳۲	۵/۰۵-۷/۷۹
۲۰	گندم- آیش -گندم-طالبی	۵۸۰	۴۳	۱۲۱-۲۰۴	۱/۸۴-۳/۱۰
۲۱	جو - ذرت علوفه‌ای - آیش	۳۴۵	۴۸	۲۶۷-۳۹۱	۴/۵۰-۶/۵۹
۲۲	سیب‌زمینی -گندم -آیش	۳۵۵	۵۴	۱۳۰-۲۱۱	۲/۵۴-۴/۱۳
۲۳	برنج-گندم-برنج	۵۳۰	۷۵	۳۳-۴۰	۰/۴۴-۰/۵۴
۲۴	برنج-جو-برنج	۵۲۰	۶۱	۳۸-۴۷	۰/۴۲-۰/۵۲
۲۵	سیب‌زمینی - جو- آیش	۳۴۵	۴۵	۱۵۵-۲۵۵	۲/۶۴-۴/۳۵
۲۶	جو-آیش-گندم	۷۰۰	۷۹	۱۶-۱۸	۱/۰۲-۱/۴۴
۲۷	گندم- ذرت علوفه‌ای -آیش	۴۵۰	۷۸	۱۲۸-۱۸۶	۴/۳-۶/۲
۲۸	جو-گلرنگ تابستانه-گندم	۵۹۵	۹۵	۱۸-۲۱	۰/۷۶-۰/۸۹
۲۹	برنج-منداب****-برنج	۵۴۰	۹۵	۱۶-۲۱	۰/۲۸-۰/۳۶
۳۰	پنبه-آیش-پنبه	۵۴۰	۶۷	۱۴-۱۷	۰/۲۹-۰/۳۵

* عملکرد قابل فروش ملاک قرار گرفته است، ** دامنه اعداد بر اساس کمترین و بیشترین تولید در تناوب است. ملاک محاسبات عملکرد قابل فروش بوده است، *** عمر مفید یونجه ۵ سال در نظر گرفته شد و عملکرد علوفه خشک لحاظ شد. **** به صورت کود سبز

جدول ۳ - کارایی تولید، بهره‌وری آب، کارایی استفاده از زمین و طول دوره تناوب در تناوب‌های رایج منطقه گرم استان اصفهان

منطقه گرم					
ردیف	تناوب زراعی غالب	طول دوره تناوب (روز)	کارایی استفاده از زمین (درصد)	کارایی تولید (کیلوگرم محصول اقتصادی در هرروز تناوب)	بهره‌وری آب (کیلوگرم محصول اقتصادی بر مترمکعب آب مصرفی)
۱	گندم-طالبی-گندم	۹۱۰	۶۰	۴۴-۹۳	۱/۲۷-۲/۶۸
۲	پنبه-آیش-پنبه	۵۳۵	۷۱	۱۰-۱۴	۰/۱۸-۰/۲۵
۳	گندم-ذرت دانه ای-گندم	۵۹۰	۹۵	۲۷-۳۶	۰/۸۷-۱/۱۶
۴	گندم-ذرت علوفه ای-گندم	۵۹۰	۹۵	۱۰۹-۱۵۴	۳/۶۲-۵/۱۲
۵	گندم-ذرت علوفه‌ای-جو	۵۸۰	۹۵	۱۱۲-۱۵۴	۳/۹۲-۵/۳۹
۶	گندم-ذرت دانه ای-جو	۵۸۰	۹۵	۲۸-۳۴	۰/۹۵-۱/۱۵
۷	گندم-ذرت علوفه ای-پیاز	۶۲۵	۸۱	۹۳-۱۶۷	۲/۱۷-۳/۸۹
۸	خیار-ذرت علوفه ای-جو	۴۹۵	۹۱	۲۲۰-۲۳۷	۶/۲۸-۶/۷۷
۹	طالبی-ذرت دانه ای-گندم	۴۹۵	۹۴	۶۹-۱۱۸	۱/۵۵-۲/۶۵
۱۰	گندم-ارزن-گندم	۵۸۵	۹۱	۹-۲۳	۰/۳۴-۰/۸۶
۱۱	جو-ارزن-گندم	۶۰۰	۹۱	۱۶-۲۲	۰/۶۷-۰/۹۲
۱۲	گندم-کنجد-گندم	۵۷۰	۹۳	۱۳-۲۳	۰/۴۴-۰/۷۸
۱۳	گندم-کنجد-جو	۵۸۰	۹۵	۱۴-۲۰	۰/۵۳-۰/۷۶
۱۴	جو-سورگوم دانه ای-جو	۵۶۰	۹۴	۲۳	۰/۹۰-۰/۹۰
۱۵	سورگوم علوفه ای-گندم-ذرت دانه‌ای	۵۹۰	۹۱	۱۴۳-۱۶۹	۴/۳۳-۵/۱۲
۱۶	سورگوم علوفه ای-جو-کنجد	۵۳۰	۹۵	۱۳۳-۱۵۰	۴/۵۲-۵/۱۰
۱۷	ذرت علوفه ای-یونجه-ذرت دانه‌ای	۱۴۲۰	۹۳	۸۲-۱۱۳	۱/۶۳-۲/۲۴

جدول ۴ - کارایی تولید، بهره‌وری آب، کارایی استفاده از زمین و طول دوره تناوب در تناوب‌های رایج منطقه سرد استان اصفهان

منطقه سرد					
ردیف	تناوب زراعی غالب	طول دوره تناوب (روز)	کارایی استفاده از زمین (درصد)	کارایی تولید (کیلوگرم محصول اقتصادی در هرروز تناوب)	بهره‌وری آب (کیلوگرم محصول اقتصادی بر مترمکعب آب مصرفی)
۱	گندم دیم - آیش	۳۶۰	۷۵	۲-۵	وابسته به بارش
۲	جو دیم - آیش	۳۶۰	۷۲	۲-۵	وابسته به بارش
۳	گندم دیم - آیش - نخود دیم	۶۶۰	۸۱	۲-۴	وابسته به بارش
۴	گندم دیم - آیش - عدس دیم	۶۶۰	۸۱	۱/۸-۴	وابسته به بارش
۵	گندم-آیش-سیب زمینی-جو	۹۴۰	۶۴	۴۶-۶۰	۲/۲۹-۲/۹۹
۶	ذرت علوفه ای-گندم-آیش-سیب زمینی	۷۹۰	۶۲	۱۶۹-۲۰۲	۵/۳۷-۶/۴۲
۷	گندم-آیش-خیار-جو	۸۵۰	۷۲	۴۲-۵۷	۲/۲۸-۳/۰۹
۸	یونجه-سیب زمینی-گندم	۱۴۴۰	۷۹	۲۸-۴۴	۱/۱۴-۱/۷۹
۹	اسپرس-سیب زمینی-گندم	۱۴۴۰	۷۹	۲۸-۴۴	۱/۱۴-۱/۷۹
۱۰	ماشک (کود سبز)-سیب زمینی-گندم-آیش	۶۹۵	۸۳	۳۸-۶۴	۱/۷۰-۲/۸۶
۱۱	ماشک (کود سبز)-پیاز-گندم-آیش	۹۱۰	۶۷	۱۰۳-۱۷۰	۴/۱۵-۶/۸۵
۱۲	یونجه-چغندر قند-لوبیا-گندم	۱۷۶۰	۷۴	۶۴-۷۸	۱/۴۰-۱/۷۱
۱۳	یونجه-چغندر قند-لوبیا-جو	۱۷۵۰	۷۴	۶۵-۷۸	۱/۴۱-۱/۷۰
۱۴	برنج-آیش (منطقه پادنا)	۳۶۰	۵۰	۱۱	۰/۱۷

کارایی استفاده از زمین

دوره تناوب) در تمام مناطق دامنه‌ای از ۴۵ تا ۹۸ داشت.

دلیل بالا بودن کارایی استفاده از زمین در اکثر تناوب‌ها در

هر منطقه متفاوت است. در منطقه معتدله مانند اصفهان به

کارایی استفاده از زمین (نسبت مجموع تعداد

روزهای حضور گیاهان زراعی در تناوب به کل روزهای

به هر صورت، برای استفاده پایدار از زمین‌های کشاورزی علاوه بر مسائل اقتصادی باید مسائل بوم‌شناختی و اجتماعی نیز در ارزیابی‌ها لحاظ شود (آسیمه و همکاران، ۲۰۲۰). در صورتی که وجود آیش در تناوب‌ها از دید اقتصادی و در برخی موارد علمی توجیه نداشته باشد وارد کردن گیاهان خانواده بقولات و همچنین تکیه بر کشت‌های مخلوط می‌تواند تا اندازه‌ای به حفظ شاخص‌های اکولوژیک کمک کند. در صورتی که صرفاً به مسائل اقتصادی توجه شده و زمین‌های زراعی به صورت مداوم کشت شوند (بدون تناوب یا با تناوب‌های با زنجیره کوتاه) تولیدات زراعی ما در حقیقت نوعی سرقت محصول به بهای کاهش باروری و تخریب خاک خواهد بود (چیونا کارلتون، ۲۰۱۷).

کارایی تولید

کارایی تولید در تناوب‌ها در استان اصفهان به نوع محصول موجود در تناوب بستگی دارد (جدول ۲، ۳ و ۴). حضور گیاهان علوفه‌ای با عملکرد بالا (مثل ذرت علوفه‌ای) به‌ویژه وقتی در ترکیب با گیاهان غده‌ای (مثل چغندر قند) و صیفی‌جات (مثل هندوانه و طالبی) در تناوب قرار گیرند موجب افزایش کارایی تولید تناوب‌ها (گاهی به بیش از ۲۰۰ کیلوگرم در هرروز تناوب در منطقه معتدل) شده است. تناوب (ذرت علوفه‌ای، طالبی، چغندر قند) در منطقه معتدله مثال خوبی در این زمینه است. این در حالی است که غلات دانه‌ریز مثل گندم و جو، برخی دانه‌های روغنی مثل کلزا و گلرنگ و وجود آیش در تناوب‌ها، کارایی تولید تناوب‌ها را به کمتر از ۴۰ کیلوگرم در هرروز تناوب کاهش می‌دهند. تناوب‌های (گندم، جو، کلزا) در منطقه معتدله و تناوب (گندم دیم، آیش) در منطقه سرد نمونه‌هایی از این کاهش کارایی تولید هستند. کارایی تولید تناوب‌ها در منطقه معتدله استان اصفهان (دامنه ۶۳۲-۱۴ کیلوگرم در هرروز تناوب) (جدول ۲) نسبت به مناطق گرم (دامنه ۲۳۷-۹ کیلوگرم در هرروز تناوب) (جدول ۳) و سرد استان (دامنه ۲۰۲-۱/۸ کیلوگرم در هرروز تناوب) (جدول ۴) نسبتاً بالاتر

علت اختلاط بافت صنعتی و کشاورزی، کشت‌ها به‌صورت فشرده انجام‌شده و این امر موجب استفاده حداکثری از زمین‌های موجود در تناوب و افزایش کارایی استفاده از زمین می‌شود. تناوب غلات دانه‌ریز با ذرت علوفه‌ای نمونه‌ای شاخص در این زمینه است. در مناطق گرم استان که شامل شهرستان‌های کویری مثل اردستان، کاشان و نائین می‌شود، اگرچه زمین‌های کشاورزی با وسعت‌های زیاد یافت می‌شود ولی زمین‌هایی که محدودیت کشت نداشته باشد (شوری آب‌وخاک، سنگریزه، سخت کفه، شیب و بافت بسیار سبک) اندک هستند و در عمل کشت‌ها در محدوده‌های مشخصی به‌صورت مکرر انجام می‌شود که نتیجه آن افزایش کارایی استفاده از زمین است. در مناطق سردسیر استان مانند بوئین و میان دشت و فریدون‌شهر نیز به دلیل طول دوره رشد کوتاه و اینکه اکثر اراضی تسطیح‌چندانی نداشته و به کشت دیم اختصاص می‌یابد، عملاً در طول یک دوره تناوب سعی می‌شود از اراضی مساعد موجود بهره‌برداری شده و کارایی استفاده از زمین در حد نسبتاً بالایی قرار می‌گیرد. در هر سه منطقه اقلیمی استان اصفهان وجود آیش در تناوب‌ها باعث کاهش کارایی استفاده از زمین (حتی کمتر از ۵۰ درصد) می‌شود.

بالا بودن کارایی استفاده از زمین، اگرچه ممکن است از دید اقتصادی و استفاده حداکثری از منابع یک مزیت محسوب شود ولی از دید اکولوژیک چندان مطلوب نیست. درواقع اگر بخواهیم تناوب‌ها را بر اساس تعداد اندک گیاه تعریف کنیم شرایط به حالت تک‌کشتی نزدیک می‌شود. به‌عنوان مثال پژوهشی در خراسان رضوی نتایج نشان داد بیشترین کارایی استفاده از زمین در کشت مداوم گندم و تناوب گندم با کلزا به دست آمد (زارع فیض‌آبادی، ۱۳۹۴) درحالی‌که در مطالعه دیگری در همین منطقه تناوب (گندم، ذرت علوفه‌ای، گندم، سیب‌زمینی، گندم) با طول دوره تناوب ۹۵۱ روز کمترین کارایی استفاده از زمین (۵۲/۱ درصد) در میان هشت تناوب موردبررسی را داشت (زارع فیض‌آبادی و عزیززی، ۱۳۹۱).

است. در مناطق گرم حتی با وجود تناوب‌های مشابه با مناطق معتدل، گرمی هوا موجب افزایش تنفس نگهداری (تنفس لازم برای حفظ زیست‌توده گیاهی) گیاهان شده و عملکردها کاهش می‌یابد (یاموری، ۲۰۱۶).

در مناطق سرد استان اصفهان (شهرستان‌هایی مثل چادگان، فریدن و فریدون‌شهر) با توجه به کوتاهی فصل رشد، کشاورزان ناچار به استفاده از ارقام زودرس محصولات زراعی بوده که طبیعتاً این ارقام عملکرد کمتری نسبت به ارقام متوسط رس و دیررس (مورد- استفاده در مناطق گرم و معتدل) دارند و بنابراین کارایی تولید تناوب‌ها خیلی زیاد نیست. در صورتی که محصولات زراعی مختلف به‌طور مناسب در کنار هم در تناوب‌ها قرار داده شوند قادرند پتانسیل‌های خود را بهتر نشان دهند. گان و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که قرار گرفتن گندم با حبوبات در یک تناوب علاوه بر افزایش ۱۱/۲ درصد در عملکرد دانه گندم موجب افزایش ۱۷/۵ درصدی پروتئین آن نیز می‌گردد. سلیم (۲۰۱۹) مشاهده نمود که کشت ذرت در تناوب نسبت به کشت مداوم آن باعث افزایش ۱۷-۱۰ درصدی عملکرد آن شده است. در واقع تناوب‌های زراعی ارزان‌ترین و مؤثرترین روش مدیریت بهره‌برداری از محصول بوده و پیروی از سیاست قدیمی قرار ندادن همه تخم‌مرغ‌ها در یک سبد است (بوین کین و دنت، ۲۰۱۹). در برخی پژوهش‌ها افزایش کارایی تناوب‌ها نتیجه بهبود وضعیت خاک (تلفیق ریشه‌های کم‌عمق و عمیق ریشه)، بهبود ماده آلی خاک و توزیع مناسب آب در منطقه ریشه گیاهان است که همه این موارد موجب افزایش پتانسیل عملکرد محصولات حاضر در تناوب و بهبود وضعیت درآمد کشاورزان خواهد شد (سلیم، ۲۰۱۹).

بهره‌وری آب

بهره‌وری آب در تناوب‌های زراعی منطقه معتدله به‌ندرت به بیش از شش کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب می‌رسد (جدول ۲)؛ اما همین اعداد نیز نسبت به اعداد گزارش‌شده برای حالت تک‌کشتی محصولات،

اعداد بالایی محسوب می‌شود. در مناطق گرم اعداد مربوط به بهره‌وری آب در تناوب‌های مختلف (غالباً کمتر از یک کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب) نسبت به منطقه معتدل استان اصفهان (غالباً بیش از دو کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب) کاهش داشته (جدول ۳) و این کاهش عمدتاً به دلیل نیاز تبخیر و تعرق بالاتر در این ناحیه است (سالمی و همکاران، ۱۳۹۸). در منطقه سرد استان اصفهان نیز اعداد بهره‌وری آب نسبت به منطقه معتدله پایین‌تر هستند که دلیل آن طول دوره رشد محدود و عملکردهای پایین‌تر در این ناحیه است (جدول ۴). اعداد مربوط به بهره‌وری آب در منطقه سرد در اکثر مواقع کمتر از دو کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب است که نسبت به منطقه معتدله (بیش از ۳-۲ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب) کمتر است. غلات دانه‌ریز (گندم و جو) معمولاً دارای بهره‌وری آب نسبتاً پایینی هستند اما قرار گرفتن آن‌ها در کنار محصولات علوفه‌ای، صیفی‌جات و گیاهان غده‌ای در تناوب‌های زراعی در هر سه منطقه استان اصفهان باعث بهبود نسبی بهره‌وری آب در تناوب شده است.

در استان اصفهان بهره‌وری آب برای کشت مداوم گندم در مناطق گرم (به‌عنوان مثال اردستان)، مناطق معتدل (به‌طور مثال نجف‌آباد) و مناطق سرد (به‌طور مثال بوئین و میان دشت) به ترتیب برابر ۰/۴۳، ۰/۵۴ و ۰/۲۴ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب گزارش شده است (دهقان و همکاران، ۱۳۸۸). در حالی که در پژوهش حاضر قرار گرفتن گندم در تناوب‌های زراعی مختلف در تمام مناطق استان با بهبود بهره‌وری این گیاه همراه بوده است (جدول ۲، ۳ و ۴). به‌عنوان مثال مقدار بهره‌وری آب گندم در تناوب با سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، چغندر قند و طالبی در منطقه معتدله به ترتیب بیش از ۳، ۳، ۴ و ۵ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب بوده است (جدول ۲). در مناطق گرم استان تناوب گندم با محصولات طالبی و ذرت علوفه‌ای به ترتیب بهره‌وری آبی بیش از یک و سه کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب به همراه داشته است (جدول ۳). در منطقه سرد نیز به‌جز در شرایط دیم روند

تقریباً به سمت صفر میل نموده است. علاوه بر این، حرکت چاپرهای سنگین‌وزن در شرایطی که غالباً زمین دارای رطوبت بالا است فشار مضاعفی را بر خاک زراعی وارد نموده و آن را به شدت متراکم می‌نماید. توجه به توسعه کشت سایر گیاهان زراعی که هر یک به دلیلی دچار کاهش سطح شده‌اند مهم‌ترین رویکردی است که در ابتدا باید به آن توجه شود. قیمت‌گذاری نامناسب برای برخی محصولات مثل کلزا، پنبه، ذرت دانه‌ای و چغندر قند و یا نوسانات قیمتی محصولاتی مثل سیب‌زمینی و پیاز موجب افت چشم‌گیر سطوح این گیاهان در تناوب‌های زراعی منطقه معتدله شده است. باید به یاد داشت، توصیه تناوب‌های انحصاری مشتمل بر گیاهان خاص، با اهداف کشاورزی پایدار مطابقت ندارد.

در منطقه گرم استان اصفهان اگرچه تا حدودی مشکلات تناوب‌ها به منطقه معتدله شباهت دارد ولی نکته مهم‌تر آن است که از پتانسیل طول دوره رشد طولانی این منطقه می‌توان استفاده مناسب‌تری داشت. در حال حاضر بیشترین تأکید کشت گیاهان زراعی و اجرای تناوب‌ها به ماه‌های گرم بهار و تابستان موکول شده است که با افت عملکرد محصولات در این شرایط (تنفس بالای گیاه)، کاهش چشم‌گیر بهره‌وری آب را (نسبت به دو ناحیه دیگر) در پی داشته است. فصل زراعی این منطقه از نیمه دوم بهمن آغاز می‌شود این فرصت مناسبی برای توسعه کشت گیاهانی مثل گلرنگ و پیاز نشائی است. علاوه بر این کشت چغندر قند پاییزه نیز در این شرایط نتایج خوبی داشته است.

محدودیت طول دوره رشد در مناطق سردسیر استان اصفهان مهم‌ترین چالش این ناحیه اقلیمی است. متأسفانه بارش‌های این ناحیه نه از نظر مقدار و نه از حجم شرایط ایده آلی برای کشت دیم فراهم نمی‌کند. در اکثر سال‌ها با صرف هزینه‌های زیاد کشت دیم انجام می‌شود ولی مقدار برداشت کفاف هزینه کمباین را هم نمی‌دهد. اصرار بر کشت مداوم گندم و جو در این ناحیه و بنا نهادن بنیان همه تناوب‌ها بر این اساس رویکرد مناسبی

مشابهی مشاهده شد (جدول ۴). در پژوهشی که در خراسان صورت پذیرفت مشاهده شد که در کشت مداوم گندم (پنج سال) بهره‌وری آبی معادل ۱/۴ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب آب است ولی وارد کردن هر یک از گیاهان کلزا (یک سال) یا چغندر قند (دو سال) یا سیب‌زمینی (دو سال) به تناوب موجب افزایش بهره‌وری آب به ترتیب به ۱/۹۲، ۱/۷۷ و ۱/۹۰ کیلوگرم به ازاء هر مترمکعب گردید (زارع فیض‌آبادی و عزیز، ۱۳۹۱). یکی از دلایل افزایش بهره‌وری آب در تناوب‌های زراعی (نسبت به حالت تک‌کشتی) افزایش عملکرد ناشی از اثرات مثبت تناوب‌ها است (رنویک و همکاران، ۲۰۱۹). توزیع مکانی و زمانی رطوبت در محیط ریشه گیاه (هان و همکاران، ۲۰۱۵) و اثرات هم‌افزایی گیاهانی مثل غلات و بقولات در تناوب، بهره‌وری مصرف آب در تناوب‌های زراعی را افزایش می‌دهد (بوین کین و دنت، ۲۰۱۹). با استفاده از تناوب‌های مناسب و چرخش محصولات، از منابع آب بهتر استفاده شده و مدیریت آب در زمان‌های بحرانی و کمبود آب نیز بهبود می‌یابد (سلیم، ۲۰۱۹).

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در زمینه اجرای تناوب‌ها برخی از مشکلات در هر سه منطقه معتدله، گرم و سرد استان اصفهان به چشم می‌خورد که کوتاه بودن طول زنجیره تناوب‌ها از مهم‌ترین آن‌ها است. با این وجود برخی از نارسائی‌ها به‌طور خاص در هر ناحیه اقلیمی قابل بررسی است.

در منطقه معتدله تناوب ذرت علوفه‌ای با گندم (و یا جو) تناوب غالب است. مجموع سطح کشت ذرت علوفه‌ای، گندم و جو معادل ۱۳۰ هزار هکتار (۲۷ درصد کل سطح زراعی) را تشکیل می‌دهد. تنها دلیل توسعه چنین تناوب‌هایی، جنبه‌های اقتصادی آن است. در حالی که نه از جنبه زراعی (قرار گرفتن دو محصول هم‌خانواده کنار یکدیگر) و نه از دیدگاه کشاورزی پایدار (کاهش تنوع سایر محصولات) به‌کارگیری چنین تناوبی در این سطح مطلوب نیست. جنبه‌های اقتصادی مدنظر کشاورزان به‌قدری قوی است که سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای استان

پیشنهاد‌های ترویجی

داشتن تولید قابل قبول توأم با حفظ منابع آب و خاک مستلزم آن است که تناوب‌ها به‌عنوان واحد اصلی تولید محصولات مورد توجه قرار گیرند. در این حالت تعبیری مثل بهره‌وری آب، کارایی محصول و کارایی زمین، جای خود را به بهره‌وری آب در تناوب، کارایی تولید در تناوب و کارایی استفاده از زمین در تناوب خواهند داد. همان‌گونه که در جوامع انسانی تشریح مساعی موجب افزایش بهره‌وری می‌شود در جوامع گیاهی نیز استفاده از مجموع پتانسیل گیاهانی که در یک تناوب قرار می‌گیرند نسبت به حالت کشت مداوم یک گیاه، برتری خواهد داشت. تناوب‌های زراعی با افزایش تنوع موجب افزایش کارایی استفاده از منابع شده و قادرند مشکلاتی مثل طغیان آفات و بیماری‌ها را هم کاهش دهند. برای بهره‌گیری از منافع تناوب‌ها در نظام‌های زراعی باید اصول اساسی حاکم بر تناوب‌ها (مثل ترتیب و نوع محصولات، نحوه رشد و نیازهای گیاهان و...) مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری: اطلاعات این مقاله با توجه به داده‌های ستاد الگوی کشت استان اصفهان تهیه شده و نویسندگان از معاونت محترم بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان به دلیل همکاری و مساعدت مالی در این زمینه قدردانی می‌نمایند.

نیست. این منطقه اقلیمی شرایط بسیار مساعدی برای توسعه کشت حبوبات وجود دارد. برای افزایش بهره‌وری آب، کشت انتظاری و انجام آبیاری تکمیلی حبوبات قابل توصیه است. در این نوع کشت حبوبات مقاوم به سرما (انواع نخود) در اواخر پاییز کشت‌شده و در بهار با بارش‌های طبیعی موجود در منطقه رشد یافته و در اواخر دوره رشد ممکن است به جند نوبت آبیاری تکمیلی نیاز داشته باشند. توسعه کشت گیاهان علوفه‌ای چندساله مثل یونجه و اسپرس نیز در این ناحیه قابل توصیه است؛ زیرا هم از نظر اقتصادی مقبولیت دارند و هم مشکلاتی مثل سرمازدگی بهاره که برای سایر محصولات مطرح است به‌طور معمول برای آن‌ها وجود ندارد. این محصولات علوفه‌ای معمولاً فقط ۴-۵ چین عملکرد تولید می‌کنند ولی باید توجه کرد که در بهار (تا اواخر اردیبهشت) که معمولاً امکان ورود به زمین برای کشت سایر محصولات به دلیل بارش‌های بهاره وجود ندارد، این گیاهان رشد خود را به صورت طبیعی از سر می‌گیرند و علاوه بر این به دلیل دماهای مناسب این مناطق در بهار و تابستان محصول تولیدی از نظر کیفی نسبت به مناطق گرم استان برتری داشته و عملکرد هر چین هم بیشتر است.

فهرست منابع

۱. آئینه بند ا. ۱۳۸۴. تناوب زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. مشهد. ایران، ۴۰۷ صفحه
۲. جلالی، ا. ه. و ع. نیکویی. ۱۳۹۷. نقش تناوب زراعی در حفاظت از منابع آب‌و خاک (مطالعه موردی: دهستان دشت شهرضا). نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی. جلد ۶، ص ۸۳-۹۵.
۳. دهقان، ا. ر. ذبیحی افروز و م. حسینی. ۱۳۸۸. بهره‌وری محصولات زراعی در ازای مصرف آب در ایران و مقایسه آن با کشورهای جهان. موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. وزارت جهاد کشاورزی ۸۲ صفحه.
۴. زارع فیض‌آبادی ا. ۱۳۹۴. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی در نظام‌های تناوبی مختلف بر عملکرد غده و خسارت کرم‌های مفتولی سیب‌زمینی. نشریه علوم باغبانی. جلد ۲۹، ص ۵۹۳-۵۸۲.

۵. زارع فیض‌آبادی، ا. و م. عزیزی. ۱۳۹۱. اثر نظام‌های تناوب زراعی مختلف بر عملکرد گندم در اقلیم سرد خراسان رضوی. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲، ص ۲۶۱-۲۷۵.
۶. سازمان هواشناسی کشوری. ۱۳۹۹. گزارش وضع هوای استان های کشور. بولتن سالنامه آمار هواشناسی .
<http://metservice.ir/rain>
۷. سالمی، ح.، ا. ه. جلالی، ن. تومانیان، ع. نیکویی و م. خداقلی. ۱۳۹۸. بررسی و تعیین نیازآبی خالص گیاهان قابل کشت در استان اصفهان به‌منظور مدیریت بهینه تقاضای آب در بخش کشاورزی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، شماره فروست ۵۶۷۲۵.
۸. کوچکی، ع.، م. نصیری، ا. زارع فیض‌آبادی و م. جهان‌بین. ۱۳۸۳. ارزیابی تنوع نظام‌های زراعی ایران. پژوهش و سازندگی. جلد ۶۳، ص ۷۰-۸۳.
9. Asimeh, M., M. Nooripoor, H. Azadi, V. Van Eetvelde, P. Sklenička, and F. Witlox. 2020. Agricultural land use sustainability in Southwest Iran: Improving land leveling using consolidation plans. *Land Use Policy*. 94:1-11.
10. Bai, Z., T. Caspari, M.R. Gonzalez, N.H. Batjes, P. Mäder, E.K. Bünemann, R. de Goede, L. Brussaard, M. Xu, C.S.S. Ferreira, and E. Reintam. 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 265: 1-7.
11. Benitez, M., L.O. Shannon, and L.R. Michael. 2017. Effects on maize seedling health and associated rhizosphere micro biome. *Scientific Reports*. 7: 1-13.
12. Bennett, A.J., G.D. Bending, D. Chandler, S. Hilton, and P. Mills. 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*. 87: 52-71.
13. Boincean, B., and D. Dent. 2019. Crop rotation. In *farming the black earth* (pp. 89-124). Springer, Cham.
14. Chiwona-Karlton, L., M. Lemenih, M. Tolera, T. Berisso, and E. Karlton. 2017. Crop theft and soil fertility management in the highlands of Ethiopia. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>).
15. De Martonne, E. 1925. *Traité de Géographie Physique, Vol I: Notions generals, climate, hydrography*. *Geography Review*. 15(2):336-337
16. Han, E., T. Kautz, U. Perkons, D. Uteau, S. Peth, N. Huang, R. Horn, U. Kopke. 2015. Root growth dynamics inside and outside of soil bio pores as affected by crop sequence determined with the profile wall method. *Biology and Fertility of Soils*. 51, 847-856.
17. Jones, O.R., and T. Popham. 1997. Cropping and tillage systems for dryland grain production. *Agronomy Journal*. 89: 222-232.
18. Mahal, N.K., M.J. Castellano, and F.E. Miguez. 2018. Conservation agriculture practices increase potentially mineralizable nitrogen: a meta-Analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 82: 1270-1278.
19. Renwick, L.L., T.M. Bowles, W. Deen, and A.C. Gaudin. 2019. Potential of Increased Temporal Crop Diversity to Improve Resource Use Efficiencies: Exploiting Water and Nitrogen Linkages. In *Agroecosystem Diversity* (pp. 55-73). Academic Press.
20. Selim, M. 2019. A review of advantages, disadvantages and challenges of crop Rotations. *Egyptian Journal of Agronomy*. 41:1-10.
21. Tomar, S., and A. Tiwar. 1990. Production potential and economics of different crop sequences. *Indian Journal Agronomy*. 32: 30-35.
22. Yamori, W. 2016. Photosynthesis and respiration. In *Plant factory* (pp. 141-150). Academic Press.
23. Zhao, J., Y. Yang, K. Zhang, J. Jeong, Z. Zeng, and H. Zang. 2020. Does crop rotation yield more in China? A meta-analysis. *Field Crops Research*. 245:107659.

Water and Soil Productivity in the Crop Rotations Practiced in Isfahan Province

A. H. Jalali¹ and A. R. Nikooie

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

Assistant Professor, Socioeconomic and Extension Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran. anikooie@yahoo.com

Received: July 2020, and Accepted: October 2020

Abstract

For the purposes of this study, data were collected using a questionnaire on crop rotations in Isfahan Province alongside field observations and commonly used indices. It was found that the rotations common in all the three cold, temperate, and warm climatic zones identified in the province were often short-termed with two or three crops grown. The temperate zone, however, is characterized by 30 dominant types of rotation. Land use efficiencies of 43-98%, 60-95%, and 50-81% were recorded for the temperate, warm and cold zones, respectively. Production efficiency in the rotations was found to have declined to levels below 40 kg per rotation day depending on the type of crop grown, cultivation of small grains such as wheat and barley or certain oilseeds such as rapeseed and safflower, and fallow periods allowed between rotations. The presence of high-yield forage crops (such as fodder corn), especially when combined with tuberous crops (such as sugar beet) and summer crops (such as watermelon and honeydew melon), was found to increase the production efficiency of the rotations (sometimes to more than 200 kg day⁻¹ in the temperate zone). Water productivity in crop rotations across the three zones rarely ever exceeded 6 kg m⁻³. Crop diversification in the rotations, therefore, seems to be the most urgent measure that should be taken in the three climatic zones. Finally, more extensive cultivation of tuberous crops in the temperate and warm zones as well as wider growth of pulses in the cold zones seem not only to be feasible but also economically rewarding.

Keywords: Fallow, Land use efficiency, Production efficiency, Water productivity

¹-Corresponding author: Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran.