

تعیین تناوب مناسب با کارایی مصرف آب بالا در منطقه گالیکش

اسماعیل قربانپور^۱ و بهنام کامکار

کارشناس ارشد زراعت، Esmail_gh8608@yahoo.com

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، behnamkamkar@yahoo.com

دریافت: فروردین ۱۳۹۳ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

چکیده

این تحقیق، با هدف تعیین بهترین تناوب با استفاده از گیاهان گندم، سویا، کلزا و گوجه‌فرنگی در مزرعه‌ای به وسعت ۳۵ هکتار در ۱۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان گالیکش، در سال ۱۳۸۹ انجام شد. در این مطالعه و با استفاده از نرم‌افزار CropWat، الگوی مناسب به لحاظ سود خالص و کارایی سیستم (تولید در واحد آب مصرفی) در دو شرایط آبی و دیم انتخاب و در انتها، با توجه به درصد کشت هر گیاه در الگوی برتر، یک تناوب پنج ساله ارائه شد. بر اساس نتایج حاصل، الگوی پیشنهادی چهارم (گندم، کلزا، گوجه‌فرنگی و سویا، به ترتیب با ۵۰، ۴۰ و ۶۰ درصد سهم در تناوب)، اگرچه به لحاظ کارایی سیستم (با میزان ۳۵۶۰۹/۹ ریال به ازای متر مکعب آب مصرفی)، در رتبه دوم قرار داشت ولی با داشتن بیشترین سود خالص نسبت به تناوب دیگر به عنوان الگوی تناوبی برتر معرفی شد. در شرایط دیم نیز الگوی چهارم (با میزان ۵۶۶۷۵۱۴۵۸ ریال) به عنوان الگوی برتر معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: افت عملکرد، تناوب زراعی، کارایی سیستم، کراپ‌وات.

مقدمه

الگوی کاشت مناسب عبارت است از کاشت محصولات زراعی انتخابی در یک مزرعه به نحوی که حداکثر کارایی اقتصادی با تکیه بر حفظ منابع تولید عاید گردد (کامکار و همکاران، ۱۳۸۹). در طراحی الگوی کاشت باید به این نکته توجه داشت که کارایی سامانه باید بر اساس عامل محدودکننده (مانند آب) سنجیده شود. طراحی الگوی کاشت از مهم‌ترین و علمی‌ترین فعالیت‌هایی است که در جهت پایداری زیست‌بوم‌های کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها کاربرد دارد. در طراحی الگوی کاشت باید سامانه مورد طراحی از جنبه‌های اکولوژیک (به ویژه محیط شناسی)، قابلیت‌ها (به ویژه ظرفیت تولید)، میزان انطباق با سیاست‌گذاری‌های کلان دولت در بخش کشاورزی، انطباق فرهنگی با دانش بومی و نیازمندی‌های منطقه‌ای، تضمین اقتصادی، بهره‌وری بالا به ازای عوامل محدودکننده تولید در منطقه، توانمندی‌های اجرایی و نظایر آن مورد تحلیل قرار گیرد تا اطلاعات اولیه برای طراحی و آزمون الگوهای برتر فراهم شود (کامکار و همکاران، ۱۳۸۹).

اجرای تناوب که کاشت گیاهان زراعی در یک قطعه زمین بر اساس یک توالی منطقی و مشخص می‌باشد، یک روش مدیریت رایج است که به نظر بیش‌تر پژوهش‌گران علوم زراعی، منجر به بهبود عملکرد سیستم‌های زراعی خواهد شد (استیونسون و وان‌کسل، ۱۹۹۶؛ پیتر و همکاران، ۱۹۹۵).

مطالعات نشان می‌دهد، تناوب زراعی گیاهان در مقایسه با تناوب همراه با آیش یا زمین زراعی تک‌کشتی سالیانه ۲۷-۴۳۰ کیلوگرم بر هکتار در هر سال کرین بیشتر تولید می‌کند (کلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ مک‌کانکی و همکاران، ۲۰۰۳). نقش تنوع گونه‌ای از نگاه مصرف انرژی نیز قابل بحث است. به طور کلی، توسعه تنوع زیستی کشاورزی منجر به پایداری هر چه بیشتر بوم‌نظام‌های زراعی و کاهش مصرف انرژی فسیلی در بوم‌نظام‌های زراعی خواهد شد (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). اگرچه افزایش سطح مکانیزاسیون در سیستم‌های

رایج کشاورزی موجب افزایش تولید گردیده است، ولی مصرف انرژی در بخش کشاورزی به طور روزافزون افزایش و کارایی انرژی مصرفی کاهش یافته است (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶). مطالعات نشان می‌دهد که تنوع، با افزایش پیچیدگی ذاتی بوم‌نظام‌های زراعی فرایندهای آن را تقویت می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸). آلتری (۱۹۹۹) بیان کرد، تنظیم درونی کارکرد بوم‌نظام‌های زراعی به تنوع گیاهی و جانوری آن وابسته است. نقش اکولوژیکی تنوع گیاهی در بوم‌نظام‌های زراعی فراتر از تولید مواد غذایی است و اثرات مثبتی نظیر چرخه مواد غذایی، کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها را در بر دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳؛ گگود و همکاران، ۱۹۹۹).

طبق آمار هواشناسی متوسط بارندگی سالانه در استان گلستان حدود ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد که تقریباً ۷۰ درصد آن در ماه‌های آبان تا خرداد اتفاق می‌افتد. میزان بارندگی در مناطق جنوب و جنوب غربی استان حدود ۷۰۰ میلی‌متر و در نواحی شمال و نوار مرزی حدود ۲۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. در این استان به علت اقلیم مناسب و خاک مستعد، اغلب محصولات کشاورزی و باغی کشور کشت می‌شود.

بر اساس بررسی گزارش‌های کشاورزی استان محصولات عمده کشاورزی عبارتند از: گندم، جو، پنبه، کلزا، آفتابگردان، سویا، گوجه فرنگی، سبب زمینی، هندوانه، یونجه و سورگوم. در مطالعه میدانی که در یحانی و همکاران (۱۳۹۰) در منطقه گنبد انجام دادند، بیان داشتند، کارشناسان و کشاورزان جامعه آماری مورد مطالعه‌شان استفاده از الگوی کاشت، آیش و تناوب زراعی مطلوب مانند گندم- کلزا، گندم- سویا، گندم- پنبه و گندم- ذرت را از جمله راه‌کارهای مدیریت ریسک خشک‌سالی ذکر کرده‌اند.

به اعتقاد کارشناسان، ارایه الگوی کشت مناسب به عنوان یک راه‌کار میان‌مدت می‌بایست در بخش تحقیقات مورد توجه قرار گیرد تا از این طریق، ضمن

نهایتاً، نیاز آبی پایین آن نسبت به دیگر محصولات از دلایل انتخاب آن در الگو می‌باشد. گیاه کلزا نیز به دلیل اهمیت آن در تناوب با گندم (کلزا در تناوب با غلات سبب کاهش بیماری‌های قارچی و افزایش عملکرد می‌شود) و مدیریت علف‌های هرز و خصوصیات دیگری مانند: دارا بودن روغن زیاد در بذر و خرید تضمینی محصول کلزا توسط دولت و بالا بودن درآمد خالص، کشت آن در منطقه رایج می‌باشد. سویا به علت ویژگی‌هایی مثل تثبیت نیتروژن، نقدینگی محصول، دوره رشدی کوتاه و مدیریت آسانی که دارد قابلیت این را دارد که به عنوان یک محصول مناسب و مفید در الگوی زراعی انتخاب شود.

کشت گوجه فرنگی در استان گلستان به دلیل تقاضای بالای بازار برای آن در زمان برداشت، تولید محصول زیاد و بالا بودن درآمد خالص حاصل از یک هکتار و کوتاهی فصل رشد و چند چین بودن آن رایج می‌باشد و با وجود نیاز آبی بالایی که دارد، با توجه به درآمد و صرفه اقتصادی که از کاشت این محصول نسبی زارع می‌شود نمی‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. صنایع تبدیلی این محصول نیز در استان گلستان موجود می‌باشد و نیاز و ظرفیت بازار را می‌توان از جمله دلایل انتخاب آن دانست. از طرف دیگر، گوجه فرنگی با توجه به سیستم ریشه و نوع عملیات کاشتی که در منطقه دارد در تناوب با محصولاتی مثل گندم مفید خواهد بود.

با توجه به نوع کشاورزی در منطقه مورد مطالعه طرح و اجرای یک تناوب صحیح ضروری به نظر می‌رسد، چرا که گیاهانی مثل گندم و سویا و گیاهان با نیاز آبی بالایی مانند برنج به طور مستمر کشت می‌شوند. به همین علت در این پروژه پس از اقلیم‌بندی منطقه، تعیین نیاز آبی محصولات شاخص کشاورزی، پیش‌بینی باران موثر^۲ در دوره‌های آبیاری مشخص، با هدف بهینه سازی مساحت تحت پوشش کشت هر یک از محصولات مورد نظر در یک تناوب زراعی خاص، تعیین الگوی کاشت

بهبود شرایط موجود، از منابع و نهاده‌ها از جمله آب کشاورزی به نحو مطلوبی استفاده شود. در حال حاضر سعی بر آن است که حداکثر محصول به ازای واحد آب مصرفی حاصل شود (فررز و سوریانو، ۲۰۰۷). در این راستا حتی راهبردهای جدیدی مانند کاشت با فاصله بین ردیف خیلی کم^۱ (در گیاهانی مانند سویا و پنبه) با اهدافی همچون افزایش کارایی مصرف آب در کشاورزی نیز انجام گرفته است (وریس و گلور، ۲۰۰۶؛ لارسون و همکاران، ۲۰۰۵؛ نیکولز و همکاران، ۲۰۰۴؛ فرانسيسكو و همکاران، ۲۰۰۹).

هر چه سازگاری یک محصول یا رقم با شرایط طبیعی رشد کمتر باشد به فعالیت‌ها و عملیات زراعی زیادتری در جهت ازدیاد عملکرد آن نیاز خواهد بود. آگاهی کامل و شناخت بهتر از عوامل اقلیمی (نور، حرارت، رطوبت و باد) و خصوصیات از خاک که در تعیین نوع محصول موثرند (همچون: اسیدیته، مقدار و نوع نمک، بافت، ظرفیت نگهداری آب و عمق خاک زراعی) در انتخاب محصول در شرایط محیطی متفاوت باید در نظر گرفته شوند. در این مطالعه انتخاب گیاهان بر اساس استراتژیک بودن محصولات، متداول بودن کشت آن‌ها و امکانات موجود زارع، نیاز بازار، نقدینگی و همچنین بررسی آنالیزهای میزان نیاز آبی و آنالیزهای اقتصادی و بررسی سایر فاکتورهای زراعی صورت گرفت که در نهایت، گیاهان گندم، کلزا، سویا و گوجه فرنگی در طراحی الگو انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند.

گندم یک محصول استراتژیک است و جزء رایج‌ترین غلات می‌باشد و به علت بالا بودن میزان عملکرد، کود پذیری ارقام مورد کشت و کار، بازده بیشتر کار کشاورزی، انعطاف‌پذیری در تاریخ کاشت، زودرسی و امکان تولید چندین محصول در آن‌ها از یک قطعه در هر سال از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. با توجه به عدم تناسب قیمت با هزینه‌های سایر محصولات رقیب و همچنین حمایت همه جانبه دولت و خرید تضمینی آن و

^۲ Effective Rain^۱ Ultra Narrow Row (UNR)

منطقه ۴۲۸/۸ میلی متر می باشد. کشت غالب این منطقه (با توجه به تحقیقات میدانی از طریق پرسش نامه بین کشاورزان منطقه)، زراعت محصولاتی از قبیل گندم، سویا، پنبه، کلزا، گوجه فرنگی و سبزی و صیفی جات تعیین شد. مخزن تأمین آب مزرعه دو حلقه چاه با ظرفیت سه اینچ و دبی ۹۰ لیتر بر ثانیه بود.

جهت تعیین گیاهان مورد استفاده در الگو، پس از بررسی محصولات و با تحقیق از وضعیت کشاورزی محل، گیاهان سازگار با منطقه، میزان تقاضای محصولات و نوع ادوات کشاورزی موجود در منطقه و عوامل مرتبط دیگر، اقدام به انتخاب محصول شد و اطلاعات این گیاهان از قبیل تاریخ کاشت مطلوب، تاریخ برداشت مناسب و طول دوره رشد تعیین شد (جدول ۱).

مناسب در مزرعه مورد نظر بر اساس محاسبه کارایی الگوهای در نظر گرفته شده و آنالیزهای اقتصادی آنها در شرایط دیم و آبی و همچنین تدوین یک تناوب پنج ساله برای الگوی برتر انجام گرفته است.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی

این تحقیق در مزرعه ای به وسعت ۳۵ هکتار در ۱۵ کیلومتری شمال غرب گالیکش با طول جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۳۸ متر از سطح دریا و میانگین سالانه حداکثر دمای ۲۹/۳ و میانگین حداقل دمای سالانه ۷/۲ درجه سانتی گراد انجام شد. متوسط بارندگی سالانه ای

جدول ۱- زمان کاشت، برداشت و طول دوره رشد مطلوب گیاهان منتخب در شرایط منطقه

تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	طول دوره رشد	
۰۹/۱۰*	۰۳/۱۴	۲۱۷ روز	گندم
۰۸/۱۵	۰۳/۱۲	۲۴۰ روز	کلزا
۰۱/۱۰	۰۶/۲۰	۱۶۵ روز	گوجه فرنگی
۰۳/۱۷	۰۷/۲۷	۱۰۵ روز	سویا

روز/ ماه

محاسبه نیاز آبی گیاه^۱

داده های اقلیمی، یک پارامتر اساسی دیگر برای محاسبه نیاز آبی گیاهان، تعیین ضریب گیاهی (۳) طی مراحل مختلف رشد محصول است. KC تابعی از خصوصیات گیاه، زمان کشت، مراحل رشد گیاهی و شرایط آب و هوایی می باشد. در این مطالعه KC گیاهان مورد استفاده در الگو بر اساس مقادیر پیشنهادی سازمان خوار و بار جهانی مورد استناد و استفاده قرار گرفت (سایت سازمان خوار و بار جهانی). برای محاسبه نیاز آبی برآورد تبخیر و تعرق مرجع نیز لازم است. این شاخص، بر خلاف ضریب گیاهی، بیشترین تأثیر را از اقلیم می گیرد. برآورد تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از اطلاعات فوق و به روش پنمن موتیت (۳) که در برنامه CropWat جایگذاری شده است انجام شد معادله (۱) (خسروشاهی، ۱۳۹۲).

برای محاسبه نیاز ناخالص آبیاری با نرم افزار CropWat، از میانگین دمای حداقل و حداکثر ماهانه، میانگین رطوبت نسبی ماهانه، میانگین بارش ماهانه (mm)، میانگین سرعت باد و مجموع ساعات آفتابی ماهانه (که به میانگین روزانه تبدیل شد) منطقه استفاده شد. بدین منظور از آمار ۲۰ ساله (از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵) ایستگاه هواشناسی گنبد جدول (۵)، که در ۲۵ کیلومتری شهرستان گالیکش قرار دارد، استفاده شد. بارندگی مؤثر یک قسمت از کل بارندگی است که برای رشد گیاه مفید واقع می شود. در این مطالعه باران مؤثر نیز در نرم افزار CropWat از روش سرویس حفاظت خاک آمریکا^۲ (USDA) محاسبه شد جدول (۲). علاوه بر

^۱ Crop Water Requirement (CWR)

^۲ Soil Conservation Service Method

^۳ Penman – Monthis

معادله (۱)

$$E_{To} = \frac{0.408 \Delta (E_{in} - G) + \gamma \left\{ \frac{890}{T + 273} \right\} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

که در آن:

ETO تبخیر و تعرق استاندارد سطح مرجع بر حسب میلیمتر در روز، C؛ فشار بخار اشباع و فشار واقعی بخار آب در هوا بر حسب میلی بار، U2 سرعت باد در

روز در ارتفاع دو متری از سطح زمین بر حسب متر بر ثانیه، Rn-G میزان تشعشع بر حسب $Mjm^{-2}d^{-1}$ ، شیب منحنی تغییرات فشار بخار اشباع نسبت به درجه حرارت (T) و γ ثابت سایکرومتری بر حسب $Kpa \cdot c^{-1}$. نیاز آبی گیاه در مدل با استفاده از تبخیر و تعرق مرجع و ضریب گیاهی بدست می آید.

جدول ۲- متوسط باران موثر و نیاز خالص آبیاری تکمیلی ماهانه برای گیاهان منتخب (میلیمتر)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	
۵۵/۴	۲۶/۴	۲/۶	۰	۰	۰	۱/۵	۳۶/۹	۴۵/۲	۳۷/۵	۵۶/۴	۵۵/۴	باران موثر
۹۲/۷	۷۶/۱	۱/۸	۰	۰	۰	۰/۴	۰	۰	۰	۰	۲۲/۶	نیاز آبیاری
۵۵/۴	۲۶/۴	۰/۶	۰	۰	۰	۳۳	۴۵	۳۶/۹	۴۵/۲	۳۷/۵	۵۶/۴	باران موثر
۱۱/۷	۳۶/۲	۱/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	نیاز آبیاری
۵۵/۴	۲۶/۴	۱۶/۴	۲۱	۲۵/۷	۸/۱	۰	۰	۰	۰	۰	۳/۳	باران موثر
۰/۷	۶۲/۶	۱۲۰/۲	۱۲۶/۱	۹۹/۵	۱۵/۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	نیاز آبیاری
۰	۰	۱۳/۴	۲۱	۲۵/۷	۱۶/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	باران موثر
۰	۰	۳۲	۱۱۶/۲	۱۱۰/۴	۲۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	نیاز آبیاری

گندم

کلزا

گوجه فرنگی

سویا

معادله (۲)

$$CWR = ETO \times Kc$$

که در آن:

CWR نیاز آبی گیاه بر حسب میلیمتر، ETO تبخیر و تعرق استاندارد مرجع و Kc ضریب گیاهی می باشد. در نهایت، برای طراحی الگوهای کاشت مزرعه مورد مطالعه تعیین نیاز آبی ناخالص برای محصولات مورد نظر در هر الگو در واحد سطح برای هر گیاه و با توجه به شرایط اقلیمی منطقه تعیین شد و سپس، سطح زیر کشت ممکن^۱ و سطح آیش با توجه به حجم آب موجود تعیین گردید. سپس، در درصد کاشت هر محصول در هر ماه

ضرب شد تا نیاز ناخالص آبیاری هر الگو در هکتار به دست آید

الگوهای پیشنهادی

تعیین درصد کاشت گیاهان در هر الگو انتخابی و با توجه به ویژگی‌هایی مانند تاریخ کاشت و برداشت، نیاز آبی هر گیاه و ظرفیت مزرعه در هر فصل زراعی در نظر گرفته شد. در این پژوهش، الگوهای پیشنهادی شامل پنج الگوی کاشت بودند که از چهار گیاه گندم، کلزا، گوجه‌فرنگی و سویا تشکیل شدند. این الگوها در جدول (۳) ارائه شده‌اند.

³ Arable Land Percentage

جدول ۳- الگوهای پیشنهادی

سویا	گوجه‌فرنگی	کلزا	گندم	
۷۰	۲۴	۳۶	۴۰*	درصد اختصاص داده شده در الگوی ۱
۶۰	۳۰	۴۰	۳۰	درصد اختصاص داده شده در الگوی ۲
۷۰	۳۰	۲۴	۴۶	درصد اختصاص داده شده در الگوی ۳
۶۰	۴۰	۵۰	۵۰	درصد اختصاص داده شده در الگوی ۴
۷۰	۳۰	۰	۷۰	درصد اختصاص داده شده در الگوی ۵

* اعداد بر حسب درصد می‌باشند

LMU دارای دو قسمت است که گیاهان پاییزه و تابستانه در آن‌ها قرار گرفته‌اند. در این قسمت با توجه به اصول قرارگیری گیاهان در تناوب، مانند ویژگی‌های زراعی و گیاهشناسی گیاهان منتخب و سابقه سه ساله گذشته (سالهای ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹) زراعت در مزرعه گیاهان در سطح مزرعه توزیع شدند جدول (۱۰).

نتایج و بحث

پس از جمع آوری اطلاعات، تجزیه و تحلیل نتایج انجام گرفت و روی پنج الگوی کاشت پیشنهاد شده، طی آنالیز میزان نیاز آبیاری الگوها و آنالیزهای اقتصادی دو شرایط دیم و فاریاب، محاسبات مربوط انجام شد و در انتها با توجه به عملکرد محصولات و همچنین قیمت محصولات، سود ناخالص برای محصولات محاسبه و با کاهش میزان هزینه‌های لازم برای تولید از سود ناخالص محاسبه شده، سود خالص بدست آمد. در این مطالعه با توجه به حجم آب موجود در منطقه و نیاز آبی محاسبه شده، سطح آیش معادل صفر در نظر گرفته شد.

نتایج نشان داد که الگوی اول با $۳۶۰۶۳/۳$ ریال به ازای متر مکعب آب مصرفی بالاترین کارایی سیستم را داشت و الگوی چهارم با $۳۵۶۰۹/۹$ ریال به ازای آب مصرفی در رتبه دوم قرار گرفت. همچنین سود خالص در الگوی اول تا پنجم به ترتیب، معادل ۷۳۷۲۹۹۵۶۰ ، ۷۶۶۵۱۸۹۰۰ ، ۷۸۴۷۸۰۶۴۰ ، ۹۹۲۳۴۱۰۰۰ و ۷۷۴۲۰۰۰۰۰ ریال بود جدول (۶).

به این ترتیب الگوی چهارم از الگوی سوم که از نظر سود خالص در میان چهار الگوی دیگر دارای رتبه دوم بود، به میزان ۲۰۷۵۶۰۳۶۰ ریال بیشتر بود و بیشترین سود خالص را به خود اختصاص داد. بالا بودن کارایی سیستم (تولید به ازای آب مصرفی) با افزایش سطح زیر کشت گیاهانی که آب را بهینه مصرف می‌کنند افزایش می‌یابد، در مقابل گیاهانی که نیاز آبی بالایی دارند (مثل گوجه‌فرنگی و سویا در این تناوب) و این کارایی سیستم الگو را کاهش می‌دهد. در این تناوب کلزا و گندم از

برای تعیین الگوی برتر علاوه بر آنالیزهای مربوط به میزان نیاز آبی الگوها آنالیز اقتصادی نیز انجام شد که با استفاده از پرسش و پاسخ و تحقیقات میدانی از کشاورزان منطقه، هزینه و درآمد ناخالص و در نهایت درآمد خالص در هکتار محصولات گندم، سویا، کلزا و گوجه‌فرنگی و همچنین، درآمد خالص و ناخالص هر الگو محاسبه شد جدول (۴).

جدول ۴- هزینه برای تولید هر هکتار شرایط آبی و دیم برای محصولات مورد نظر در طراحی (محاسبه بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۹۰)

نوع محصول	شرایط آبی	شرایط دیم
گندم	ریال ۵۲۷۰۰۰۰	ریال ۴۳۴۹۵۰۰
سویا	ریال ۶۰۱۷۰۰۰	ریال ۴۷۳۱۰۰۰
کلزا	ریال ۴۷۷۹۰۰۰	ریال ۴۱۴۷۰۰۰
گوجه‌فرنگی	ریال ۱۸۹۶۰۰۰۰	ریال ۱۳۳۷۷۰۰۰

طراحی جدول تناوبی

پس از تعیین الگوی برتر از میان الگوهای پیشنهادی، با توجه به درصد سهم هر گیاه از سطح زیر کشت در هر فصل زراعی، جدول تناوبی برای استفاده در پنج سال پیش رو پیشنهاد شد. برای طراحی تناوب ابتدا زمین را به قطعات $۲/۵$ هکتاری، به عنوان واحدهای مدیریتی زمین^۱ تقسیم کرده و سپس، در هر قطعه گیاهان پاییزه و تابستانه انتخاب شدند. به این ترتیب زمین مورد مطالعه دارای ۱۴ LMU بود. در جدول پیشنهادی هر

^۱ Land Management Unit (LMU)

چهارم دارای درآمد خالص بیشتری بود و بنابراین این الگو به عنوان الگوی برتر معرفی شد. مقایسه سود خالص شرایط آبی و دیم الگوها میزان افت عملکرد الگو را نشان می‌دهد، به عبارت دیگر، الگوهای دارای نیاز آبی بالاتر دارای افت عملکرد بالاتری هستند.

جدول (۹) میزان سود خالص در هکتار تحت شرایط دیم برای کشت هر کدام از گیاهان مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به طور کلی، در شرایط دیم به علت محدودیت آب میزان افت عملکرد در الگوی اول تا پنجم به ترتیب معادل، ۰/۲۷، ۰/۳۲۴، ۰/۳۷، ۰/۳۲۱ و ۰/۴۳ کاهش سود خالص در هکتار نسبت به شرایط آبی بود جدول (۷). الگوی اول دارای کمترین افت عملکرد نسبت به الگوهای دیگر بود. همچنین الگوی چهارم با ۵۶۶۷۵۱۴۵۸ ریال سود خالص بیشترین سود خالص در شرایط دیم را دارا بود، در مقابل الگوی دوم با ۴۳۰۸۵۳۴۵۸ ریال دارای کمترین سود خالص بود جدول (۷).

طراحی الگوی تناوبی پنج ساله

تناوب زراعی مطلوب آن است که باعث افزایش عملکرد محصولات مورد کاشت (نسبت به کاشت مستمر آن‌ها در یک قطعه زمین) گشته، سبب حفاظت آب و خاک شده و بازده اقتصادی کار و سرمایه را افزایش دهد (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). طراحی تناوب با هدف استفاده بهینه از منابع و همچنین تبدیل چالش‌ها به فرصت در مزارع انجام می‌شود.

به طور کلی، در طراحی تناوب زراعی بایستی به عواملی مانند نیازها و خصوصیات مجموعه محصولات مورد کاشت، زمان برای تهیه بستر و پوسیدگی بقایای گیاهی، کنترل علف‌های هرز، آفات و امراض و مقدار باران و رطوبت خاک توجه نمود (خواجه‌پور، ۱۳۸۳).

جمله گیاهان با نیاز آبی کم به شمار می‌روند و بالا بودن سهم این گیاهان در الگوی اول (گندم و کلزا به ترتیب، ۴۰ درصد و ۳۶ درصد) سبب بالا رفتن کارایی سیستم در آن شده است.

در الگوی چهارم اگرچه سهم گندم و کلزا نسبت به الگوی اول بیشتر (هر کدام با ۵۰ درصد) بود، ولی بالاتر بودن سهم گوجه‌فرنگی در الگوی چهارم (۴۰ درصد) نسبت به الگوی اول (۲۴ درصد) سبب کاهش کارایی سیستم در این الگو شده است جدول (۵). همچنین سویا دارای نیاز آبی بالایی بوده و به تنش آبی خیلی حساس است. در الگوی اول و چهارم سهم این گیاه به ترتیب، ۷۰ درصد و ۶۰ درصد است. سود خالص در هکتار برای گوجه‌فرنگی با ۳۴۴۴۰۰۰۰ ریال بالاتر از گیاهان انتخاب شده در الگو بود (جدول ۸) و به همین ترتیب سود خالص الگو با افزایش سهم چنین گیاهانی در الگو رو به افزایش می‌گذارد.

الگوی چهارم دارای بیشترین درصد کشت گوجه‌فرنگی بود و به همین دلیل در کنار کارایی بالا دارای بیشترین سود خالص نیز بود. توجه به این که سود خالص در الگوی چهارم به میزان قابل توجهی بیشتر از الگوهای دیگر بود و از سویی با عدم اختلاف معنی‌دار با الگوی اول، در رتبه دوم قرار گرفت، بنابراین الگوی چهارم به عنوان الگوی برتر انتخاب شد.

مقایسه شرایط دیم و فاریاب

نتایج نشان داد، در منطقه مورد مطالعه در شرایط دیم با همان مقدار آبی که از طریق بارندگی تأمین می‌شود نیاز آبی در همه الگوهای پیشنهادی تأمین شده و تمام سطح مزرعه (۳۵ هکتار) قابلیت زیر کشت بردن دارد. در این منطقه فقط گوجه‌فرنگی (۲/۶۴ درصد) و سویا (۲/۲۷ درصد) دارای افت عملکرد بودند.

در نتیجه‌ی افت تحمیل شده به دلیل محدودیت آب، درآمد حاصل از محصول (سود خالص) نیز کاهش یافت. در شرایط دیم از میان الگوهای پیشنهادی الگوی

جدول ۵- میانگین ۲۰ ساله (۱۳۸۵-۱۳۶۵) آمار هواشناسی گنبد

ماه	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی گراد)	میانگین حداقل دما (درجه سانتی گراد)	میانگین دما (درجه سانتی گراد)	بارندگی (میلی متر)	پتانسیل تبخیر (واحد)	مجموع ساعات آفتابی	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (کیلومتر در ساعت)
مهر	۳۲/۵	۸/۵	۱۹/۹	۲۹/۳	۹۷/۰	۲۲۲/۹	۶۱/۲	۱/۸
آبان	۲۷/۹	۴/۱	۱۴/۸	۳۱/۹	۵۳/۷	۱۵۶/۶	۶۶/۲	۲/۰۶
آذر	۲۳/۱	۰/۲	۹/۰	۴۴/۳	۳۵/۵	۱۲۷/۳	۶۹/۶	۲/۶۱
دی	۱۹/۶	-۰/۹	۸/۰	۴۳/۲	۳۵/۹	۱۲۴/۷	۷۱/۷	۲/۲۷
بهمن	۱۹/۹	-۲/۰	۷/۷	۴۳/۵	۴۲/۹	۱۵۳/۳	۶۸/۸	۲/۸۹
اسفند	۲۱/۷	۰/۲	۸/۹	۵۸/۵	۵۵/۳	۱۳۳/۹	۷۰/۹	۲/۵۸
فروردین	۲۹/۱	۳/۲	۱۳/۹	۵۳/۳	۸۱/۷	۱۸۹/۲	۶۹/۹	۲/۲۲
اردیبهشت	۳۲/۰	۸/۲	۱۸/۶	۳۸/۵	۱۲۱/۷	۲۰۱/۶	۶۵/۳	۲/۴۲
خرداد	۳۶/۷	۱۳/۰	۲۴/۲	۱۳/۸	۱۷۷/۶	۲۷۳/۱	۵۷/۱	۲/۶۱
تیر	۳۸/۳	۱۷/۳	۲۶/۷	۱۹/۱	۱۸۱/۰	۲۴۱/۶	۵۹/۰	۲/۶۷
مرداد	۳۷/۷	۱۹/۱	۲۷/۹	۲۹/۵	۱۸۱/۴	۲۴۷/۵	۵۹/۷	۲/۴
شهریور	۳۶/۰	۱۵/۰	۲۵/۷	۲۳/۵	۱۳۵/۵	۲۲۷/۰	۶۱/۱	۱/۹۸
جمع سالانه	-	-	-	۴۲۸	۱۱۹۹	۲۲۹۹	-	۲۲/۱
میانگین سالانه	۲۹/۵	۷/۲	۱۷/۱	۳۵/۷	۹۹/۹	۱۹۱/۵	۶۵/۰	۲/۲۱

جدول ۶- نیاز آبی، کل سطح قابل کاشت، سود خالص و کارایی سیستم برای هر یک از الگوهای پیشنهادی

شماره الگو	نیاز آبی الگو در یک هکتار (متر مکعب)	کل سطح قابل کشت (هکتار)	سود خالص در الگو (ریال)	نیاز آبی در الگو (متر مکعب)	کارایی سیستم (ریال به ازای هر متر مکعب آب مصرفی ناخالص)
۱	۷۳۳/۷	۵۹/۴	۷۳۷۲۹۵۶۰	۲۰۴۴۴/۷۶	۳۶۰۶۳/۳
۲	۷۹۵/۷	۵۶	۷۶۶۵۱۸۹۰۰	۲۷۸۶۷	۲۷۵۰۶/۳
۳	۸۷۵/۳	۵۹/۵	۷۸۴۷۸۰۶۴۰	۳۰۶۲۴/۸	۲۵۶۲/۵۶
۴	۷۶۸/۷	۷۰	۹۹۲۳۴۱۰۰۰	۲۷۸۶۷	۳۵۶۰۹/۹
۵	۸۷۵/۳	۵۹/۵	۷۷۴۲۰۰۰۰۰	۳۰۶۲۴/۸	۲۵۲۸

سطح کاشت ۲۱ هکتار) و با توجه به تاریخچه زمین از سه سال (نوع گیاهانی که طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ در مزرعه مورد مطالعه کشت شده‌اند) قبل، برای کشت طی پنج سال آینده انجام گرفت جدول (۱۰).

طراحی بر اساس درصد گیاهان الگوی چهارم (گندم ۵۰ درصد با سطح کاشت ۱۷/۵ هکتار، کلزا ۵۰ درصد با سطح کاشت ۱۷/۵ هکتار، گوجه‌فرنگی ۴۰ درصد با سطح کاشت ۱۰/۵ هکتار و سویا ۲۴/۵ درصد با

جدول ۷- مقایسه درآمد خالص شرایط دیم و فاریاب و افت عملکرد الگوهای پیشنهادی

شماره الگو	کل سطح زیر کشت (هکتار)	درآمد خالص (ریال)	دیم درآمد خالص آبی (ریال)	افت عملکرد الگو
۱	۵۹/۴	۴۵۷۷۸۴۶۷۶	۶۲۵۵۰۵۰۰۰	۰/۲۷
۲	۵۶	۴۳۰۸۵۳۴۵۸	۶۳۷۷۸۸۹۰۰	۰/۳۲۴
۳	۵۹/۵	۴۴۸۰۸۴۸۲۶	۷۱۵۱۸۶۶۴۰	۰/۳۷
۴	۷۰	۵۶۶۷۵۱۴۵۸	۸۳۴۸۴۱۰۰۰	۰/۳۲۱
۵	۵۹/۵	۴۴۸۷۳۵۸۲۶	۷۹۳۳۱۰۰۰۰	۰/۴۳

جدول ۸- قیمت و عملکرد گیاهان استفاده شده در الگوی کشت و محاسبه سود خالص در شرایط آبی برای یک هکتار

نام گیاه	عملکرد محصول اصلی (کیلوگرم / هکتار)	عملکرد در محصول فرعی (کیلوگرم / هکتار)	قیمت هر کیلو اصلی (ریال)	قیمت هر کیلو محصول فرعی (ریال)	درآمد ناخالص محصول اصلی (ریال)	درآمد ناخالص محصول فرعی (ریال)	هزینه‌ها* (ریال)	سود خالص (ریال)
گندم	۴۳۰۰	۱۵۶۰	۳۴۰۰	۵۰۰	۱۴۸۷۷۰۰۰	۷۸۰۰۰۰	۵۲۷۰۰۰۰	۱۰۳۸۷۰۰۰
کلزا	۲۴۰۰	-	۶۳۶۰	-	۱۵۶۴۵۶۰۰	-	۴۷۷۹۰۰۰	۱۰۸۶۶۰۰۰
گوجه فرنگی	۳۵۶۰۰	-	۱۵۰۰	-	۵۳۴۰۰۰۰۰	-	۱۸۹۶۰۰۰۰	۳۴۴۴۰۰۰۰
سویا	۲۴۰۰	-	۵۱۵۰	-	۱۲۲۵۰۰۰۰	-	۶۰۱۷۰۰۰۰	۷۲۲۳۰۰۰۰
جمع کل					۹۷۲۷۲۶۰۰	۷۸۰۰۰۰	۳۵۰۲۶۰۰۰	۵۳۱۴۶۶۰۰

* در این بخش کلیه هزینه های مربوط از کاشت تا برداشت (از مواد مصرفی (مانند بذر و کود و سم)، کارگری، تا برداشت و حمل و نقل) در نظر گرفته شده است.

جدول ۹- قیمت و عملکرد گیاهان استفاده شده در الگوی کشت و محاسبه سود خالص در شرایط دیم با محاسبه افت عملکرد پیش‌بینی شده برای یک هکتار

نام گیاه	عملکرد محصول اصلی پس از کسر افت عملکرد (کیلوگرم / هکتار)	عملکرد در محصول فرعی پس کسر افت عملکرد (کیلوگرم / هکتار)	قیمت هر کیلو اصلی (ریال)	قیمت هر کیلو محصول فرعی (ریال)	درآمد ناخالص محصول اصلی (ریال)	درآمد ناخالص محصول فرعی (ریال)	هزینه‌ها (ریال)	سود خالص (ریال)
گندم	۴۳۰۰	۱۵۶۰	۳۴۰۰	۵۰۰	۱۴۶۲۰۰۰۰	۷۸۰۰۰۰	۴۳۴۹۵۰۰	۱۱۰۵۰۵۰۰
کلزا	۲۴۰۰	-	۶۳۰۰	-	۱۵۱۲۰۰۰۰	-	۴۱۴۷۰۰۰	۱۰۹۷۳۰۰۰
گوجه فرنگی	۱۲۷۴۵	-	۱۵۰۰	-	۱۹۱۳۱۰۰۰	-	۱۳۳۷۷۰۰۰	۵۷۵۴۰۰۰
سویا	۱۷۹۸/۱۶	-	۵۳۰۰	-	۹۵۳۰۲۴۸	-	۴۷۳۱۰۰۰۰	۴۷۹۹۲۴۸
جمع کل					۵۸۴۰۱۲۸۰۸	۷۸۰۰۰۰	۲۶۶۰۴۵۰۰	۳۲۵۷۶۷۴۸

جدول ۱۰- تناوب پنج ساله بر اساس سهم گیاهان انتخاب شده در الگوی چهار (گندم (۵۰ درصد)، کلزا (۵۰ درصد)، گوجه فرنگی (۴۰ درصد)، سویا (۶۰ درصد))

سال قطعه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
سه سال قبل	W*	S	W	S	T	W	S	W	S	W	S	W	S	W
دو سال قبل	W	T	W	T	S	W	S	W	S	W	S	C	S	C
یک سال قبل	C	S	C	S	C	S	W	T	W	T	W	T	W	S
امسال	W	S	W	S	C	T	C	T	C	T	C	S	W	S
سال بعد	C	S	T	C	S	W	S	W	S	W	S	C	S	C
دو سال بعد	W	S	W	S	T	C	S	C	S	C	S	W	T	W
سه سال بعد	C	T	C	S	C	S	W	T	W	T	W	S	C	S
چهار سال بعد	W	S	W	T	C	S	C	S	C	S	W	T	C	S
پنج سال بعد	C	S	C	S	C	S	W	T	W	S	C	S	C	S

* گندم (W)، کلزا (C)، گوجه فرنگی (T)، سویا (S)

نتیجه گیری

امروزه مبنای سنجش موفقیت سیستم‌های تولید بسته به شرایط موجود تغییر کرده و لازم است سناریوهایی که در جهت طراحی این سیستم‌ها به کار گرفته می‌شوند نیز در این راستا سمت داده شوند. از سویی باید توجه داشت که صرف دسترسی به زمین نمی‌تواند تضمین‌کننده امنیت غذایی باشد، چرا که در بسیاری از موارد عامل محدودکننده و کاهنده تولید امکان استفاده کامل از عرصه‌ها جهت تولید را غیرممکن می‌سازند. همچنین، بحث دسترسی بدون محدودیت به زمین‌های قابل کشت نیز منتفی است. بنابراین، بسته به شرایط با دو راهکار در تولید بیشتر روبرو نیستیم: افزایش سطح تولید (افزایش سطح زیر کشت) و افزایش تولید در واحد سطح (مدیریت زراعی صحیح).

بوم‌نظام‌های زراعی نوعی از نظام‌های اکولوژیکی هستند که کارکرد آن‌ها در جهت تولیدات کشاورزی سازماندهی می‌شود و ویژگی‌های تولید آن‌ها بر اساس مصرف نهاده‌های خارجی تعیین می‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۳). در این مطالعه، کشت متناوب مورد مقایسه و تحلیل اقتصادی قرار گرفت و با توجه به شرایط واقعی حاکم بر منطقه سعی بر آن بود تا پیامدهای اقتصادی استفاده از کشت تناوبی مناسب را برآورد نماید. بهتر آن است تا یک ترکیب گیاهی مطلوب بر اساس مهم‌ترین عامل محدود کننده کاشت همچون آب انتخاب شود و سطح قابل کاشت بهینه با توجه به آن ترکیب طراحی و پیاده شود. به عبارت دیگر، بر آن بودیم تا با توجه به پتانسیل تولید منطقه مورد مطالعه و بر پایه استفاده بهینه از منبع اصلی محدود کننده کاشت یعنی آب

و اطلاعات واقعی مرتبط با کاشت و در نهایت سود نهایی کشاورز، یک الگوی کاشت و جدول تناوبی پنج ساله کاربردی ارائه دهیم. این پژوهش نشان داد، تناوب زراعی به شیوه صحیح می‌تواند کمک شایانی در افزایش تولید محصولات کشاورزی و سود خالص در واحد سطح را برای کشاورز به همراه داشته باشد. بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی و برآورد نرم افزار CropWat میزان و پراکنش بارندگی در منطقه مورد مطالعه به حدی بوده که کشت گیاهانی مانند گندم و کلزا در مقایسه با شرایط آبی دچار افت عملکرد نمی‌شوند. در مقابل، کشت دیم گیاهانی همچون سویا و گوجه فرنگی برای حصول عملکرد مناسب و جلوگیری از تنش خشکی، و به دنبال آن افت عملکرد، نیازمند به آبیاری هستند.

به همین علت، به منظور داشتن عملکرد مطلوب با مصرف بهینه آب (داشتن کارایی سیستم بالا) وجود گیاهانی مثل گندم و کلزا در تناوب ضروری به نظر می‌رسد. در این بررسی اگر چه گیاه گوجه فرنگی نیاز آبی بالایی داشت ولی، به عنوان یک گیاه پرسود مطرح بود و کشت این گیاه با رعایت یک تناوب بهینه مورد توجه کشاورزان خواهد بود. البته در منطقه مورد مطالعه سطح زیر کشت این گیاه در مقایسه با سویا کمتر است. چون، تولید این محصول به نیرو و هزینه بالایی نیازمند است. البته، گیاهان دیگری نیز وجود داشتند که بتوان در مورد آنها نیز مطالعه نمود. ولی، در این مطالعه سعی بر این بود تا از گیاهانی استفاده شود که در منطقه سطح کشت بالایی داشته و به عبارت دیگر، بیشتر مورد توجه کشاورزان بودند.

فهرست منابع

۱. خسروشاهی، م. ۱۳۹۲. محاسبه نیاز آبی گونه سمر (*Prosopis juliflora*) در چند ناحیه رویشی خلیج عمانی ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ج. ۲۱، ش. ۲، ص. ۳۱۵-۳۰۰.
۲. خواجه پور، م. ۱۳۸۳. اصول و مبانی زراعت. جهاد دانشگاهی اصفهان. ۴۰۲ ص.

۳. دریحانی، ع.، س. شاه‌حسین دستجردی، ن. شاهنوشی. ۱۳۹۰. تعیین اولویت‌های مدیریت ریسک خشک‌سالی در بخش کشاورزی شهرستان گنبد کاووس با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی. اقتصاد کشاورزی. ج. ۵، ش. ۱، ص. ۳۷-۵۹.
۴. رحیمی‌زاده، م.، ح. مدنی، س. رضادوست، ا. مهربان، ع. مرجانی. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی و راهکارهای افزایش کارایی انرژی. ششمین همایش ملی انرژی.
۵. عزیزی، گ.، ع. کوچکی، م. نصیری محلاتی، پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. اثر تنوع گیاهی و نوع منبع تغذیه‌ای بر ترکیب و تراکم علف‌های هرز در الگوهای مختلف کشت. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ج. ۷، ش. ۱، ص. ۱۱۵-۱۲۵.
۶. کامکار، ب.، زاهد، م.، حسینی، ر. س. گلچین، ا. و غدیریان، ر. ۱۳۸۷. اصول طراحی الگوی کاشت (مطالعه مروری و موردی). یازدهمین کنگره زراعت. دانشگاه شهید بهشتی تهران.
۷. کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی و م. جهان‌بین. ۱۳۸۳. تنوع زیستی کشاورزی ایران: تنوع بوم‌نظام‌های زراعی. پژوهش و سازندگی. ج. ۱۰، ش. ۶۳، ص. ۷۰-۸۳.
8. Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74:19-31.
9. Fereres, E., and Soriano, M. A. 2007. Deficit irrigation for reducing agriculture water use. *Journal of Experimental Botany*, 5: 147-159.
10. Francisco, J., A., Stephen A. P., Jose F. T., and Dennis P. D. 2009. Cotton gas exchange response to standard and ultra-narrow row systems under conventional and no-tillage. *Crop Science*, 4: 42-51.
11. Kegod, G. O., Forcella, F., and Caly, S. 1999. Influence of crop rotation, tillage, and management inputs on weed seed production. *Weed Science*, 47:175-183.
12. Kelley, K. W., Long, J. H., and Todd, T. C. 2003. Long- term crop rotation affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crop Research*, 83: 41-50.
13. Larson, J. A., Gwathmey, C. O., and Hayes, R. M. 2005. Effects of defoliation timing and desiccation on net revenues from ultra-narrow-row cotton. *Journal of Cotton Science*, 9: 204-214.
14. McConkey, B. G., Liang, B. C., Campbell, C. A., Curtin, D., Moulin, A., Brandt, S. A., and Lafond, G. P. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. *Soil and Tillage Research*, 74: 81-90.
15. Nichols, S. P., Snipes, C. E., and Jones, M. A. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *Journal of Cotton Science*, 8:1-12.
16. Painter, K., Young, D., and Mulla, D. 1995. Combining alternative and conventional systems for environmental gains. *Alternative Agriculture*, 10: 88-96.
17. Stevenson, F., and Vankessel, C. 1996. The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crops. *Plant Science*, 76: 735-745.
18. Vories, E. D., and Glover, R. E., 2006. Comparison of growth and yield components of conventional and ultra-narrow row cotton. *Journal of Cotton Science*, 10: 235-243.