نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۳، ص. ۱۱۰۶-۱۰۹۵

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 6, Jan.-Feb. 2015, p. 1095-1106

نقش مدیریت کشاورزی در تداوم جریان زاینده‌رود

حامد امامی حیدری[۱] – هادی جعفری[۲*] – غلامحسین کرمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲۸

چکیده

مدیریت کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک نقش مهمی در کاهش مصرف منابع محدود آب ایفا نموده و پایداری آنها را در پی خواهد داشت. در این تحقیق تاثیر مدیریت کشاورزی بر تداوم جریان زاینده‌رود از طریق محاسبه نیاز آبی (تبخیر و تعرق واقعی) برنج با روش معتبر فائو–۵۶ و مقایسه میزان مصرف آب در صورت تغییر الگوی کشت اراضی حاشیه زاینده‌رود در محدوده شهرستان زرین‌شهر اصفهان بررسی شده است. نیاز آبی برنج در طول دوره رشد آن حدود ۱۴۸۵ میلی‌مترو حجم آب مورد نیاز در محدوده ۶۶۳۰ هکتاری شالیزارها در منطقه مورد مطالعه حدود ۷۷ میلیون مترمکعب برآورد شده است. تخمین حجم آب مورد نیاز به روش بیلان نیز به خوبی کارایی روش فائو–۵۶ را تایید نموده است. محاسبه نیاز آبی کشت‌های فرضی نظیر لوبیا، ذرت دانه‌ای، گردو، سیب و انگور نشان می دهد با جایگزینی آنها به جای برنج یا الگوی کشت گندم–برنج به ترتیب ۲۷، ۱۵، ۲۴، ۲۹ و ۴۰ میلیون متر مکعب در حجم آب مصرفی کشاورزی صرفه‌جویی می گردد. با تعمیم نتایج به کل اراضی برنجکاری حاشیه زاینده‌رود (حدود ۲۰۰۰۰ هکتار) جایگزینی کشت برنج با محصولات فرضی می‌تواند دبی حداقل ۳/۴ تا ۹/۱ متر مکعب در ثانیه را در ماههای بحرانی خرداد تا مهر که زاینده‌رود با کاهش شدید آب مواجه می باشد، به دبی آن اضافه نموده و تداوم این منبع ارزشمند آبی را در پی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، برنج، بیلان، زاینده‌رود

مقدمه

مدیریت منابع آب بخشی از برنامه‌ریزی توسعه کشورها بوده و هر کشوری بر مبنای میزان منابع آب در دسترس، استراتژی و برنامه خاصی را برای بهره‌برداری بهینه آنها اجرا می‌نماید. حفظ پایداری و تداوم این منابع ارزشمند در راستای استفاده دائم از آنها، از جمله مباحث مهم در مدیریت منابع آب تلقی می گردد.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک به علت محدودیت منابع آب، فعالیتهای کشاورزی نیازمند استراتژی و برنامه‌های سازگار با این نوع اقلیم بوده تا ضمن توجه به پایداری و تداوم منابع آبی و ملاحظات زیست محیطی، حداکثر بهره‌وری از آب نیز صورت پذیرد. در این راستا تغییر الگوی کشت و کاشت محصولات متناسب با هیدرواقلیم منطقه (کشت‌های با نیاز آبی کم در مناطق خشک) به عنوان یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری و مدیریت پایدار منابع آبی توسط بسیاری از محققین توصیه شده است (۷، ۱۳، ۱۸ و ۲۱). برای مثال حذف یا کاهش کشت برنج و سبزیجات و جایگزینی آنها با کشت غلات (گندم و ذرت) صرفه‌جویی حدود ۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال را برای منابع آبی در بخشی از کشور چین در پی داشته است (۱۸). در تحقیقی دیگر در ناحیه‌ای نیمه خشک از کشور چین، الگوی کشت گندم زمستانه – ذرت بهاره به دلیل نیاز آبی بالا نامناسب تشخیص داده شده و به لحاظ پایداری منابع آب، جایگزینی یک نوع کشت مثل ذرت بهاره به جای الگوی کشت گندم–ذرت، به عنوان بهترین گزینه برای منطقه پیشنهاد شده است (۲۲). بهبود در راندمان استفاده از آب در نتیجه تغییر در الگوی کشت در استرالیا بررسی شده است (۱۴). تغییر و تصحیح الگوی کشت در منطقه شهری Beijing به صورت اساسی بر میزان در دسترس بودن منابع آبی محلی تاثیر داشته است (۱۷). جایگزینی الگوهای جدید کشت به جای سیستم‌های چرخشی سنتی (۱۹ و ۲۳) و ارائه الگوی بهینه کشت تحت شرایط کمبود آب در مناطق خشک از طریق مدلسازی ریاضی (۱۶) نیز از جمله موضوعات مرتبط بوده که توسط محققین مختلف در راستای توسعه پایدار منابع آبی پیشنهاد شده اند.

رودخانه زاینده‌رود یکی از مهمترین منابع آب سطحی در فلات مرکزی ایران بوده که مدیریت و تداوم جریان آن از سراب تا پایاب به لحاظ تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت و به ویژه گردشگری ضروری می‌باشد. متأسفانه در چند سال اخیر علیرغم انتقال آب از

۱، ۲ و ۳– به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، استادیار و دانشیار گروه هیدروژئولوژی، دانشگاه شاهرود
(*– نویسنده مسئول: Email: h_jafari@shahroodut.ac.ir)

حوضه‌های مجاور، بخشی از این رودخانه حیاتی در مواقعی از سال خشک شده و مشکلاتی نظیر افت سطح آب زیرزمینی، افت کیفیت آب و خاک و خشک شدن تالاب ارزشمند گاوخونی را در پی داشته است. خشکسالی‌های پی در پی و همچنین افزایش تقاضای بخش‌های مختلف از جمله صنعت و شرب از جمله دلایل کاهش یا قطع جریان زاینده‌رود مطرح شده است. برخی از محققین نیز مدیریت نادرست منابع آب در بخش کشاورزی برای مثال عدم تناسب کشت برنج، که از دیرباز در کرانه‌های رودخانه‌زاینده‌رود رایج بوده است، با هیدرواقلیم خشک منطقه را از دلایل عمده این موضوع می‌دانند (۴ و ۹). در تحقیق حاضر نقش کشت برنج در تداوم جریان زاینده‌رود مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این مطالعه تخمین نیاز آبی کشت برنج در اراضی حاشیه زاینده‌رود (جنوب غرب اصفهان) به روشهای معتبر و تعیین سهم آن در برداشت از رودخانه می‌باشد. همچنین در راستای مدیریت پایدار این منبع آب سطحی ارزشمند، نیاز آبی چند محصول فرضی جایگزین برنج نیز محاسبه شده و ضمن مقایسه با نیاز آبی برنج تأثیر مدیریت کشاورزی از طریق تغییر الگوی کشت در تداوم جریان زاینده‌رود بررسی شده است.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق شامل بخش غرب و جنوب غرب اصفهان، در امتداد مسیر رودخانه زاینده‌رود از پل کله (غرب لنجان) تا شرق شهرستان مبارکه (لنج) می‌باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. زرین‌شهر (مرکز شهرستان لنجان)، سده لنجان و مبارکه مهمترین مراکز جمعیتی در این محدوده می باشند.

از نظر شرایط آب و هوایی، محدوده مورد مطالعه مشابه با دیگر بخش‌های مرکزی ایران از اقلیم خشک برخوردار می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه در این منطقه حدود ۱۵۰ میلی‌متر بوده که اغلب در فصل زمستان صورت می‌گیرد. تیر و دی ماه به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماههای سال می‌باشند. حداکثر مطلق درجه حرارت منطقه مربوط به تیرماه معادل ۳۸ درجه سلسیوس و حداقل آن در دی‌ماه برابر ۱۰- درجه سلسیوس و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۴ درجه سلسیوس می‌باشد. متوسط تبخیر سالیانه در این محدوده نیز ۲۲۴۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است.

کشاورزی در شبکه‌های زراعی حاشیه زاینده‌رود به صورت معمول در دو فصل زراعی تابستانه و زمستانه انجام می‌گیرد. کشت تابستانه عمدتاً شامل برنج، علوفه و سبزیجات و کشت زمستانه به صورت غالب شامل گندم و جو می باشد (۲). محدوده اراضی برنج کاری در منطقه مورد مطالعه که در حاشیه زاینده‌رود واقع شده‌اند در شکل ۱ نشان داده شده است.

مواد و روش‌ها

محاسبه تبخیر و تعرق مرجع (ET_0)

با توجه به تحقیقات انجام شدهدر محدوده مورد مطالعه (۶ ، ۱۰، ۱۵ و ۲۰) روش‌های پنمن- مانتیث فائو، پنمن اصلاح شده فائو، هارگریوز- سامانی، بلانی- کریدل و تشتک تبخیر فائو به عنوان روش‌های برتر جهت محاسبه تبخیر و تعرق مرجع معرفی شده‌اند.

شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه (تصویر گوگل ارث، ۲۰۱۰) که حد فاصل دو ایستگاه هیدرومتری پل کله و لنج واقع شده است (موقعیت شالیزارهای حاشیه زاینده‌رود با محدوده بسته به رنگ قرمز مشخص شده است)

برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع در سال ۱۳۸۹ از آمار روزانه هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زرین‌شهر، شامل دمای ماکزیمم و مینیمم، رطوبت نسبی ماکزیمم و مینیمم، سرعت باد، تبخیر از تشتک و ساعات آفتابی استفاده شد. ابتدا داده ها به روش جرم مضاعف (۷) مورد صحت‌سنجی و آزمون همگنی قرار گرفت و سپس تبخیر و تعرق مرجع به روش‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار REF-ET (۱۲) محاسبه گردید.

محاسبه تبخیر و تعرق واقعی در شرایط استاندارد (ET_C)

بر اساس روش فائو-۵۶ (۱۱) تبخیر و تعرق واقعی معرف نیاز آبی گیاه بوده که از حاصل ضرب مقدار تبخیر و تعرق مرجع در ضریب گیاهی (K_C) طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود. در این تحقیق تبخیر و تعرق واقعی در شرایط استاندارد، که در آن هیچ محدودیتی در طول دوره رشد گیاه، اعم از آب، تنش شوری، آفات و بیماری‌ها و هجوم علف‌های هرز یا عدم حاصلخیزی خاک وجود ندارد، محاسبه شده است. لذا امکان مقایسه مقادیر نیاز آبی گیاهان مختلف وجود خواهد داشت.

$$ET_C = K_C \times ET_0 \qquad (۱)$$

ضریب گیاهی طبق رابطه زیر به صورت دو ضریب جداگانه به نام‌های ضریب گیاهی پایه برای تعرق گیاه (K_{cb}) و ضریب تبخیر از سطح خاک (K_e) مورد استفاده قرار گرفته است.

$$K_C = K_{cb} + K_e \qquad (۲)$$

داده‌های مورد نیاز برای محاسبات تبخیر و تعرق واقعی به روش فائو-۵۶ شامل تبخیر و تعرق مرجع، پارامترهای آب و هوایی (دمای ماکزیمم روزانه، دمای نقطه شبنم و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین)، پارامترهای گیاهی و پارامترهای مربوط به بافت خاک می‌باشد. پارامترهای آب و هوایی از آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه زرین‌شهر استخراج شده یا در صورت عدم اندازه‌گیری، بر اساس روابط و معادلات پیشنهادی در نشریه فائو-۵۶ و با استفاده از نرم افزار REF-ET محاسبه شده است. پارامترهای گیاهی شامل تاریخ کاشت و طول مراحل چهارگانه رشد گیاه (اولیه، توسعه، میانی و پایانی)، ضرایب گیاهی پایه برای مرحله اولیه (K_{cbini})، میانی ($K_{cb\ mid}$) و پایانی رشد ($K_{cb\ end}$)، حداکثر ارتفاع گیاه (Max.Ht) و ماکزیمم عمق ریشه ($Root_{max}$) بوده که بر اساس ارقام پیشنهادی در نشریه فائو-۵۶ (۱۱) در نظر گرفته شده و در جدول ۱ارائه شده است.

به منظور تعیین پارامترهای مربوط به بافت خاک تعداد۱۰ نمونه خاک از سطح مزارع برنج در بخشهای مختلف منطقه مورد مطالعه برداشت شده و به روش الک و هیدرومتری مورد آنالیز قرار گرفته است. پس از ترسیم نتایج در مثلث بافت خاک دپارتمان کشاورزی ایالات متحده (USDA)، بافت اغلب نمونه‌ها رسی مشخص گردیده است (شکل ۲). پارامترهای مربوط به خاک نظیر کل آب قابل تبخیر، آب سهل الوصول و مقدار آب موجود با توجه به بافت رسی آن از نشریه فائو-۵۶ استخراج گردیده و در محاسبات تبخیر و تعرق استفاده شده است.

تخمین میزان برداشت آب توسط شبکه سنتی زیر کشت برنج به روش بیلان

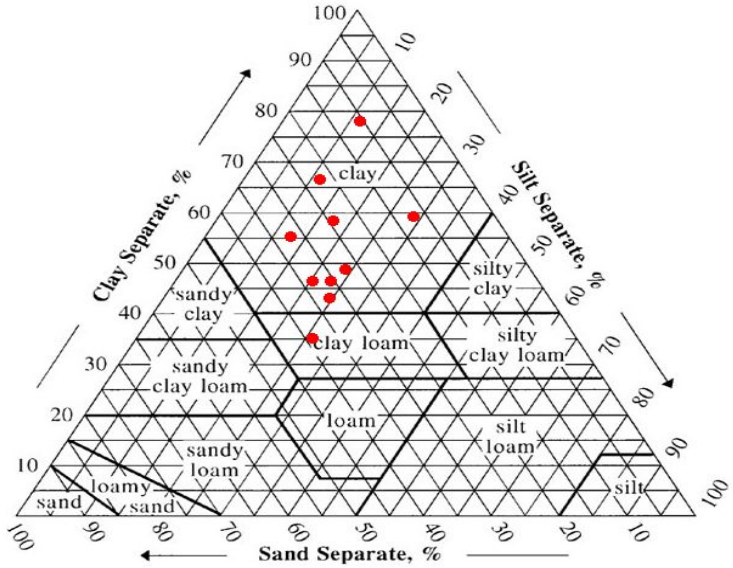
میزان آب برداشت شده توسط شبکه سنتی زیر کشت برنج در حد فاصل ایستگاه هیدرومتری پل‌کله در بخش غربی و ایستگاه هیدرومتری لنج در حاشیه شرقی منطقه مور مطالعه (شکل ۱) به روش بیلان و با استفاده از رابطه زیر تخمین زده شده است.

$$Q_T = (Q_{up} + Q_R) - (Q_{down} + Q_I + Q_C) \qquad (۳)$$

در این رابطه Q_Tمتوسط دبی برداشت شده توسط شبکه سنتی، Q_{up}متوسط دبی اندازه‌گیری شده در بالادست (ایستگاه پل کله)، Q_Rدبی اضافه شده به رودخانه از طریق جریان‌های برگشتی کشاورزی، Q_{down} متوسط دبی در پایین دست (ایستگاه لنج)، Q_Iدبی برداشت شده توسط صنعت و Q_C دبی خروجی توسط کانال‌های انتقال آب می‌باشد.

جدول ۱- پارامترهای گیاهی مورد نیاز جهت محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاهان مختلف بر اساس مقادیر پیشنهادی در نشریه فائو-۵۶

محصول	تاریخ کاشت		طول مراحل چهارگانه رشد (روز)				K_{cbini}	$K_{cb\ mid}$	$K_{cb\ end}$	Max. Ht (متر)	$Root_{max}$ (متر)
	دهه	ماه	اولیه	توسعه	میانی	پایانی					
برنج	۳	خرداد	۴۰	۳۰	۴۴	۳۰	۱	۱/۱۵	۰/۷	۱/۲	۰/۷۵
ذرت	۳	اردیبهشت	۲۰	۳۵	۴۰	۳۰	۰/۱۵	۱	۰/۳۵	۲	۱/۵
لوبیا	۱	خرداد	۱۵	۲۵	۳۵	۲۰	۰/۱۵	۱/۱۰	۰/۲۵	۰/۴	۰/۷۵
گندم	۲	آبان	۳۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰/۱۵	۱/۱۰	۰/۳۰	۱	۱/۶
گردو	۳	فروردین	۲۰	۲۰	۱۳۰	۳۰	۰/۴۰	۱/۰۵	۰/۶	۴/۵	۲
سیب	۳	فروردین	۲۰	۵۰	۹۰	۴۰	۰/۵۰	۰/۹۰	۰/۷۰	۲	۱/۵
انگور	۳	فروردین	۲۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۰/۱۵	۰/۸۰	۰/۴۰	۲	۱/۵



شکل ۲- تعیین بافت خاک مزارع برنج منطقه مورد مطالعه به روش دپارتمان کشاورزی ایالات متحده (USDA)

همه موارد مذکور بر حسب متر مکعب در ثانیه و به صورت متوسط ماهیانه می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به مقادیر اندک تبخیر و تغییرات ذخیره آب در مقطع مورد بررسی، این پارامترها در محاسبه بیلان لحاظ نشده است. مصارف متعدد آب در مقطع مورد بررسی تعیین و در محاسبات بیلان مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین تخمینی از آب برگشتی با مقایسه آمار دبی رودخانه در دو فصل زراعی و غیرزراعی به دست آمده و در محاسبات لحاظ شده است.

نتایج و بحث

محاسبه تبخیر و تعرق واقعی و حجم آب مورد نیاز کشت برنج

پس از صحت سنجی و بررسی همگنی داده‌های هواشناسی به روش جرم مضاعف، میزان تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) در ایستگاه زرین‌شهر به روشهای مختلف محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. از بین این روش‌ها، روش هارگریوز-۱۹۸۵ حداکثر مقدار تبخیر و تعرق مرجع (۱۶۰۵ میلیمتر در سال) و روش پنمن مونتیث فائو-۵۶ حداقل آن (۱۴۶۸میلیمتر در سال) را محاسبه نموده است. با توجه به آبیاری غرقابی محصولات مختلف به ویژه کشت برنج، از بین روشهای محاسباتی مختلف روش تشتک تبخیر فائو که در بردارنده شرایط محلی در میزان تبخیر می باشد، برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع مناسب تشخیص داده شد. لیکن نقص داده‌های تشتک تبخیر باعث گردید روش پنمن فائو-۲۴ که نتایج آن در بازه زمانی ۲۶اسفند تا ۲۲آبان (دوره کامل بودن آمار تبخیر از تشتک) مشابه با نتایج روش تشتک تبخیر فائو بوده (جدول ۲) به عنوان روش مناسب انتخاب و در محاسبات نیاز آبی گیاهان مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

جدول۲- مقادیر تبخیر و تعرق مرجع در ایستگاه زرین‌شهر به روشهای مختلف

تبخیر و تعرق مرجع (میلیمتر)	هارگریوز-۱۹۸۵	تشتک تبخیر فائو	بلانی کریدل فائو-۲۴	پنمن فائو-۲۴	پنمن مونتیث فائو-۵۶
سالانه	۱۶۰۵	۱۴۳۶	۱۷۴۵	۱۷۲۴	۱۴۶۸
متوسط روزانه	۵/۵	۵/۹	۶/۳	۵/۹	۵/۱
بازه زمانی ۲۶اسفند تا ۲۲آبان*	۱۳۴۱	۱۴۳۶	۱۵۱۹	۱۴۳۷	۱۲۴۰

*- دوره کامل بودن آمار تبخیر از تشتک

شکل ۳ تغییرات تبخیر و تعرق مرجع در سال ۱۳۸۹ در ایستگاه زرین‌شهر را نشان می دهد که به روش برگزیده پنمن فائو-۲۴ محاسبه شده است. مقدار تبخیر و تعرق مرجع سالانه برای این ایستگاه که در بخش مرکزی محدوده مورد مطالعه واقع شده است، برابر ۱۷۲۴ میلی‌متر می باشد.

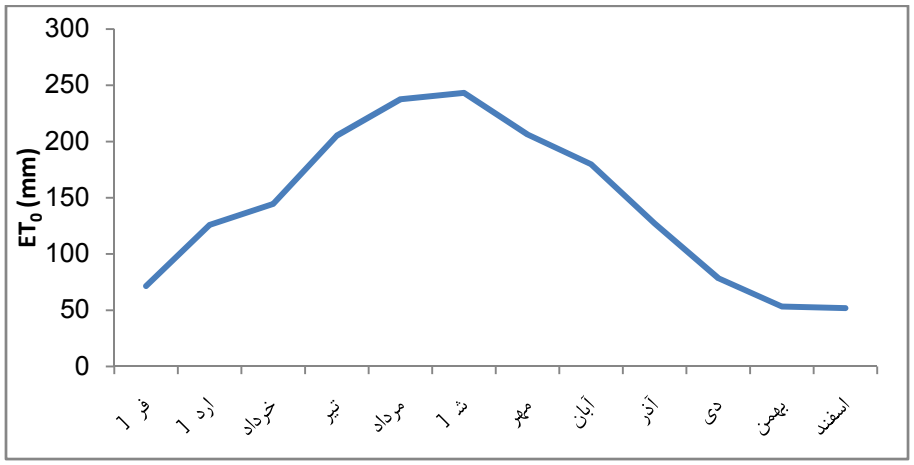
پس از تعیین تبخیر و تعرق مرجع در ایستگاه زرین شهر به عنوان ایستگاه معرف محدوده مورد مطالعه، نیاز آبی برنج (تبخیر و تعرق واقعی) در شرایط استاندارد به روش فائو-۵۶ محاسبه گردید. نیاز آبی برنج در کل دوره رشد برابر ۱۲۸۵ میلی‌متر بوده که ۳۶۵ میلیمتر آن مربوط به دوره خزانه‌گیری (۴۰ روز اولیه) و ۹۲۰ میلی‌متر مربوط به دوره پس از نشاء در زمین اصلی می‌باشد. با توجه به اینکه آماده‌سازی زمین جهت نشاء نیز حدود ۲۰۰ میلی‌متر آب نیاز دارد (۸)، مقدار کل نیاز آبی کشت برنج در محدوده مورد مطالعه ۱۴۸۵ میلی‌متر محاسبه شده است.

پس از تعیین نیاز آبی به روش فائو-۵۶ کل حجم آب مورد نیاز در دوره رشد با توجه به مساحت اراضی زیرکشت برنج در محدوده مورد مطالعه محاسبه شده است. سطح زیر کشت برنج در حد فاصل دو ایستگاه هیدرومتریپل‌کله تا لنج بر اساس تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در شروع دوره کشت، حدود ۶۶۳۰ هکتار تخمین زده شده است. لازم به ذکر است که سطح زیر کشت در خزانه ۱۰ درصد سطح کل یعنی ۶۶۳ هکتار در نظر گرفته شده است (۸). بر این اساس حجم کل آب مورد نیاز کشت برنج در این محدوده حدود ۷۷ میلیون متر مکعب در سال تخمین زده می شود. این مقدار برآوردی از حجم خالص آب مورد نیاز اراضی برنج کاری مربوط به شبکه سنتی حاشیه زاینده‌رود که در محدوده مورد مطالعه واقع شده است، می باشد.

تخمین حجم آب مورد نیاز شبکه سنتی کشت برنجبه روش بیلان و مقایسه با روش فائو-۵۶

خروجی از زاینده‌رود در فاصله دو ایستگاه پل کله و لنج

خروجی آب در حد فاصل دو ایستگاه هیدرومتری شامل خروجی از ایستگاه پایین‌دست (لنج)، مصارف صنایع و برداشت توسط کانال-های آبرسان شبکه‌های زراعی دور دست (مهیار، نکوآباد و جرقویه) می‌باشد. تغییرات ماهانه دبی در ایستگاه پایین دست مقطع انتخابی در شکل ۴ ترسیم شده است. دبی رودخانه در این مقطع در دوره بیلان (اردیبهشت تا مهرماه سال ۱۳۸۹) از ۷/۲ تا ۳۸/۳ متر مکعب در ثانیه متغیر بوده و متوسط آن برابر ۱۸/۴۵مترمکعب در ثانیه می باشد (۵).

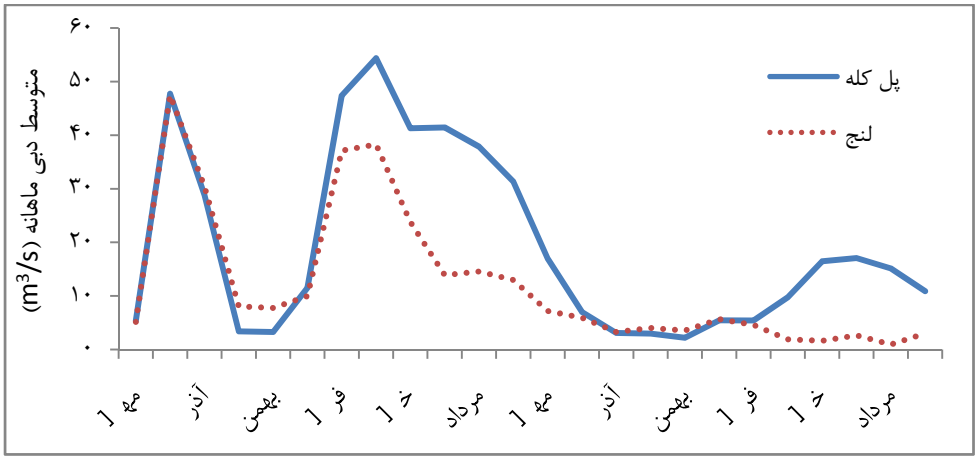


شکل ۳- تغییرات تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) در ایستگاه زرین‌شهر در سال ۱۳۸۹، محاسبه شده به روش پنمن فائو-۲۴

جدول۳- نیاز آبی برنج در شرایط استاندارد به تفکیک دوره های مختلف خزانه، پس از نشا و نیاز آبی کل

دوره	خزانه	پس از نشاء	کل
تبخیر و تعرق واقعی برنج در شرایط استاندارد (میلیمتر)	۳۶۵	۹۲۰	۱۴۸۵*
متوسط روزانه تبخیر و تعرق (میلیمتر)	۹/۱۳	۸/۸۵	۸/۹

*-۲۰۰ میلی‌متر جهت آماده سازی زمین اضافه شده است.



شکل ٤- متوسط ماهانه دبی در ایستگاه‌های هیدرومتری پل کله و لنج به ترتیب در بالادست و پایین دست مقطع انتخابی محاسبه بیلان

جدول ٤- میزان برداشت سالیانه صنایع اصلی از زاینده‌رود در مقطع انتخابی بین ایستگاه پل کله تا لنج

نام صنعت	ذوب‌آهن اصفهان	فولاد مبارکه	صنایع دفاع	پلی‌اکریل	جمع کل
میزان برداشت (میلیون متر مکعب)	۳۱	۴۰	۱۰	۳	۸۴

جدول ٥- حجم آب برداشت شده توسط کانال‌های انتقال آب در مقطع انتخابی بین ایستگاه پل کله تا لنج در فصول مختلف

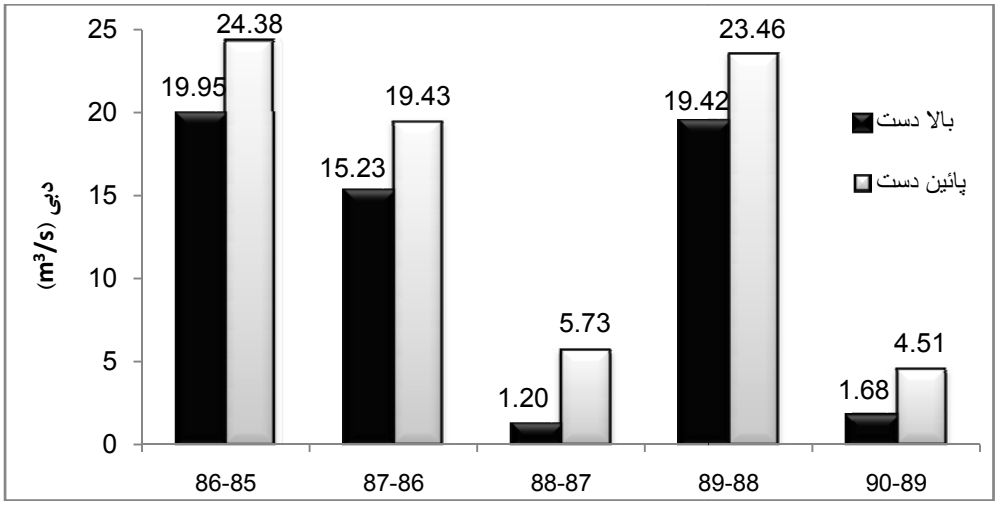
شبکه انتقال آب	حجم برداشت (میلیون متر مکعب)				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
نکوآباد	۳۳/۵۰	۸۵/۱۲	۸/۴۰	۰/۰۰	۱۲۷/۰۲
مهیار و جرقویه	۱۹/۸۳	۶/۰۹	۷/۸۰	۰/۰۰	۳۳/۷۲
جمع کل	۵۳/۳۳	۹۱/۲۱	۱۶/۲	۰/۰۰	۱۶۰/۷۴

میزان برداشت آب توسط صنایع و کانال‌های آبرسان شبکه‌های زراعی نیز به ترتیب در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. لازم به ذکر است به دلیل مشخص نبودن برداشت ماهانه صنایع مختلف، مقدار برداشت صنایع در دوره بیلان بر اساس متوسط مقادیر سالیانه در نظر گرفته شده است.

منابع ورودی به زاینده‌رود در فاصله دو ایستگاه پل کله و لنج

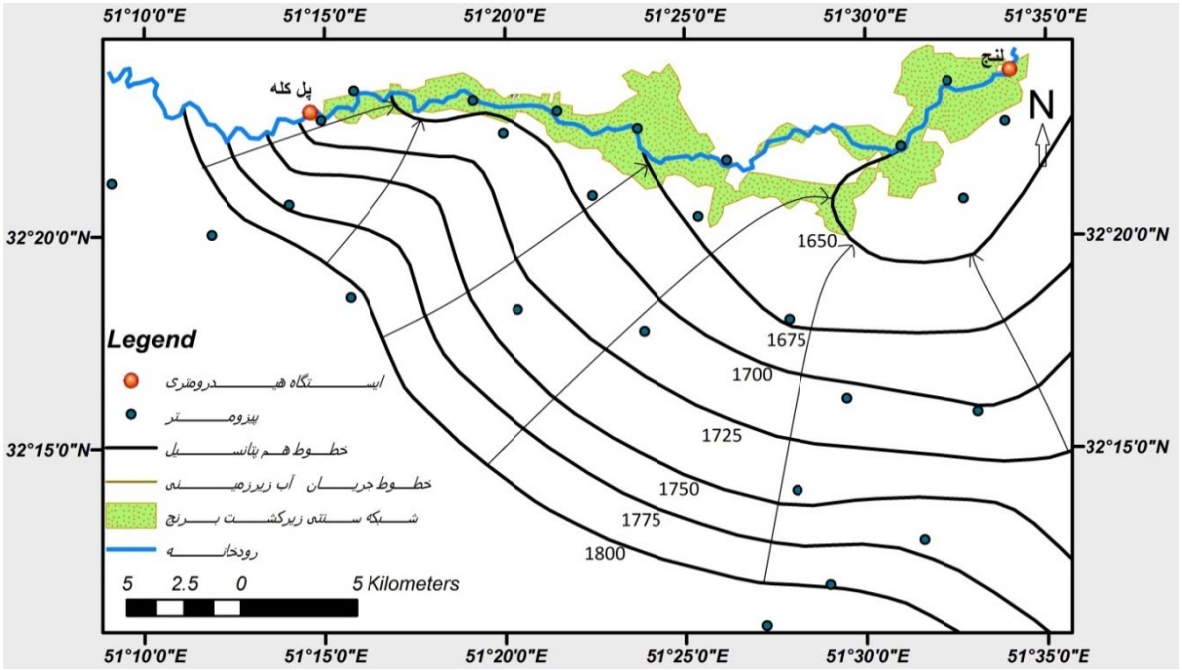
منابع ورودی در مقطع انتخابی شامل دبی ورودی زاینده‌رود در بالادست و سایر منابع مثل تغذیه رودخانه توسط سفره آب زیرزمینی می‌باشد. تغییرات ماهانه دبی در ایستگاه پل کله که در بالادست مقطع انتخابی قرار دارد، در شکل ۴ ترسیم شده است. دبی رودخانه در این مقطع در دوره بیلان از ۱۷ تا ۵۴/۴ متر مکعب در ثانیه متغیر بوده و متوسط آن برابر ۳۷/۲ مترمکعب در ثانیه می باشد.

مقایسه دبی ایستگاه پل کله در بالادست و لنج در پایین دست در دو دوره شامل فصل زراعی برنج (اردیبهشت تا مهر) که مصرف آب در بخش کشاورزی بالا بوده و فصل غیرزراعی (آبان تا فروردین) که مصرف آن محدود می باشد، بیانگر وجود سایر منابع تغذیه کننده زاینده‌رود می باشد. شکل ۵ اختلاف حدود ۴ متر مکعب در ثانیه بین دبی ورودی خالص در ایستگاه پل کله (تفاضل دبی در ایستگاه پل کله و دبی برداشتی توسط صنایع و کانال‌ها) و دبی خروجی در ایستگاه لنج در فصل غیر زراعی را نشان می‌دهد. این اختلاف که در سال‌های مختلف نیز تقریباً ثابت بوده است، نشان دهنده مجموع آب برگشتی از صنایع، تغذیه توسط آبخوان مجاور، آب برگشتی کشاورزی و رواناب ناشی از بارندگی بوده که در فاصله بین دو ایستگاه به رودخانه اضافه شده است. با توجه به اینکه در فصل زراعی بارندگی قابل توجهی رخ نمی‌دهد و بنابراین رواناب ناشی از بارش ناچیز میباشد و همچنین آب برگشتی صنایع به دلیل مصرف در فضای سبز وجود ندارد، نیمی از این مقدار یعنی حدود ۲ متر مکعب در ثانیه به عنوان ورودی به زاینده‌رود از سایر منابع در محاسبات بیلان در دوره مورد بررسی (فصل زراعی) لحاظ گردیده است.



شکل ۵- دبی خالص در ایستگاه پل‌کله در بالادست (تفاضل برداشت صنایع و کانال‌های آبرسان از دبی بالادست) و اختلاف آن با دبی ایستگاه لنج در پایین دست در فصل غیرزراعی در سالهای مختلف

نقشه هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در هر دو فصل زراعی و غیرزراعی بیانگر جریان از سمت سفره آب زیرزمینی به سمت رودخانه بوده که تأیید کننده نقش تغذیه‌ای سفره آب زیرزمینی در مقطع انتخابی می‌باشد (۱). لازم به ذکر است که به دلیل تشابه زیاد نقشه‌های هم‌پتانسیل در هر دو فصل زراعی و غیرزراعی، فقط نقشه هم پتانسیل مربوط به فصل زراعی در شکل ۶ نمایش داده شده است. در مجموع شبکه جریان ترسیم شده در مجاور رودخانه در محل مقطع مورد نظر، نشان دهنده تغذیه رودخانه از طریق آبخوان یا به عبارت دیگر زاینده بودن رودخانه در کل سال در این مقطع می‌باشد.



شکل ٦- نقشه هم‌پتانسیل آبخوان مجاور زاینده‌رود، حد فاصل دو ایستگاه هیدرومتری پل کله و لنج (متوسط اردیبهشت تا آبان ماه ۸۹)

جدول ٦- بیلان آبی زاینده‌رود در حدفاصل ایستگاههای پل‌کله و لنج طی دوره زمانی اردیبهشت تا مهر ۸۹ (کلیه مقادیر بر حسب متر مکعب بر ثانیه می باشد)

ماه	ورودیها			خروجیها				برداشت شبکه سنتی (Q_T)
	دبی متوسط بالادست (Q_{up})	تغذیه سایر منابع (Q_R)	جمع	دبی متوسط پایین دست (Q_{down})	متوسط برداشت صنایع (Q_I)	متوسط برداشت کانالها (Q_C)	جمع	
اردیبهشت	۵۴/۳۷	۲	۵۶/۳۷	۳۸/۲۸	۲/۶۱	۸/۰۵	۳۸/۹۴	۷/۴۳
خرداد	۴۱/۲۸	۲	۴۳/۲۸	۲۳/۷۹	۲/۶۱	۸/۶۱	۳۵/۰۱	۸/۲۷
تیر	۴۱/۴۳	۲	۴۳/۴۳	۱۳/۸۸	۲/۶۱	۱۱/۶۸	۲۸/۱۸	۱۵/۲۶
مرداد	۳۷/۸۶	۲	۳۹/۸۶	۱۴/۵۹	۲/۶۱	۱۱/۴۸	۲۸/۶۸	۱۱/۱۸
شهریور	۳۱/۳۴	۲	۳۳/۳۴	۱۲/۹۸	۲/۶۱	۱۰/۸۹	۲۶/۴۸	۶/۸۶
مهر	۱۶/۹۵	۲	۱۸/۹۵	۷/۲۰	۲/۶۱	۳/۶۷	۱۳/۶۹	۵/۴۷

تخمین میزان برداشت آب توسط شبکه آبیاری سنتی

آب مورد نیاز شالیزارهای حاشیه رودخانه از طریق شبکه آبیاری سنتی و با احداث بندهای کوچک سنگی در مسیر رودخانه و انتقال آب به کانال‌های مجاور آن، که در اصطلاح محلی به آن مادی گفته می‌شود، تأمین می‌گردد. معمولاً نظارتی بر میزان ورود آب به این کانال‌ها وجود نداشته و بر اساس نیاز کشاورزان، آب برداشت می‌شود.

جدول ۶ مقادیر ورودی ها و خروجیهای زاینده‌رود در مقطع انتخابی بین ایستگاه پل کله و لنج در فاصله زمانی اردیبهشت تا مهر ۸۹ را نشان می‌دهد. میزان آب برداشت شده توسط شبکه سنتی زیر کشت برنج با استفاده از رابطه بیلان (معادله ۳) محاسبه شده است. دبی برداشت شده توسط کانال‌های سنتی در فاصله زمانی اردیبهشت تا مهر ۸۹ از حداقل ۵ تا حداکثر ۱۵ متر مکعب بر ثانیه به ترتیب در ماههای مهر و تیر تغییر می‌کند.

بر اساس مقادیر دبی جریان ورودی به شبکه سنتی، حجم آب برداشتی از رودخانه در ماههای اردیبهشت تا مهر به ترتیب برابر ۱۹/۹، ۲۲/۱۵، ۴۰/۸۷، ۲۹/۹۴، ۱۸/۳۷ و ۱۴/۱۸ میلیون متر مکعب می‌باشد. با در نظر گرفتن دوره کشت ۱۰۴ روزه برنج در منطقه (بعد از نشاءکاری)، کل حجم آب برداشت شده از رودخانه در این مدت حدود ۹۹/۹ میلیون متر مکعب محاسبه می گردد.

نیاز آبی برنج در سطح اراضی محدوده مورد مطالعه با روش فائو-۵۶ حدود ۷۷ میلیون متر مکعب محاسبه گردید. این میزان نیاز آبی خالص بوده که بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری می‌باشد. در صورتی که متوسط راندمان آبیاری در منطقه مورد مطالعه حدود ۵۰ درصد در نظر گرفته شود (۳)، حجم آب مورد نیاز برنج حدود ۱۱۱ میلیون متر مکعب تخمین زده می‌شود. مقایسه مقادیر حجم آب مورد نیاز کشت برنج به روش فائو-۵۶ و حجم آب برداشت شده شبکه سنتی که به روش بیلان محاسبه شده است، بیانگر دقت خوب روش فائو-۵۶ در محاسبه نیاز آبی برنج بوده و بنابراین با اطمینان می توان از آن در محاسبات بعدی استفاده نمود.

تغییر الگوی کشت و نقش آن در تداوم جریان زاینده‌رود

به منظور ارزیابی تفاوت نیاز آبی برنج و دیگر محصولات، نیاز آبی چند محصول فرضی جایگزین برنج بررسی شده است. از دیگر محصولات شهرستان لنجان و مبارکه می‌توان به گندم، جو، ذرت، علوفه، گوجه، سیب زمینی و محصولات باغی مثل انگور، سیب، هلو، گردو و بادام اشاره نمود. چون دوره رشد این محصولات در بهار و تابستان می باشد، جایگزینی تعدادی از این محصولات (ذرت دانه‌ای، لوبیا، گردو، سیب و انگور) به جای برنج در راستای کاهش برداشت آب از زاینده‌رود بررسی و نقش آن در تداوم جریان رودخانه ارزیابی شده است. لازم به ذکر است که با توجه به اطمینان از کاربرد روش فائو-۵۶ در محاسبات تبخیر و تعرق، نیاز آبی محصولات فرضی نیز با این روش معتبر و در شرایط استاندارد انجام شده تا امکان مقایسه نیاز آبی محصولات مختلف با برنج فراهم گردد. پارامترهای گیاهی مربوط به این محصولات که در روش فائو-۵۶ مورد استفاده قرار گرفته است، بر اساس مقادیر ارائه شده در جدول ۱ می باشد.

جدول ۷ مقادیر تبخیر و تعرق واقعی (نیاز آبی) محصولات فرضی جایگزین برنج را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می شود نیاز آبی ذرت دانه‌ای، لوبیا، سیب، گردو و انگور به ترتیب برابر با۹۲۹، ۷۳۹، ۱۵۳۲، ۱۶۱۰ و ۱۴۱۲ میلی‌متر محاسبه شده است.

جدول ۷- نیاز آبی (تبخیر و تعرق) محصولات فرضی جایگزین برنج، محاسبه شده در شرایط استاندارد بر اساس روش فائو-٥٦

نام محصول	ذرت دانه‌ای	لوبیا	سیب	گردو	انگور
نیاز آبی کل دوره (میلیمتر)	۹۲۹	۷۳۹	۱۵۳۲	۱۶۱۰	۱۴۱۲
متوسط نیاز آبی روزانه (میلیمتر در روز)	۷/۴۴	۷/۷۸	۷/۶۶	۸/۰۵	۶/۴۲

مقایسه مقادیر نیاز آبی برنج و محصولات مذکور نشان می‌دهد نیاز آبی برنج بیشتر از ذرت و لوبیا می‌باشد. با احتساب نیاز آماده سازی زمین در کشت برنج (۲۰۰ میلی‌متر)، نیاز آبی آن از انگور نیز فراتر می‌گردد. در مورد گیاهان سیب و گردو، نیاز آبی آنها به ترتیب ۴۷ و ۱۲۵ میلی‌متر بیشتر از نیاز آبی برنج بوده که با توجه به دوره رشد طولانی تر آنها (۲۰۰ روز) در مقایسه با دوره رشد ۱۴۴ روزه برنج این افزایش قابل توجیه می باشد. با توجه به اینکه با کاشت باغات به جای برنج امکان کشت دیگری در سال وجود نخواهد داشت، بنابراین بایستی نیاز آبی باغات با مجموع نیاز آبی الگوی کشت (تناوب برنج و گندم) مقایسه گردد. در محدوده مورد مطالعه کشت گندم در آبان ماه شروع شده و قبل از نشاءکاری برنج برداشت می‌شود. میزان تبخیر و تعرق (نیاز آبی) گندم با طول دوره رشد ۲۲۰ روز نیز به روش فائو-۵۶ محاسبه شده که برابر۸۱۰ میلی‌متر می باشد. بنابراین در یک سال آبی با الگوی کشت گندم- برنج نیاز آبی کل حدود ۲۲۹۵ میلی‌متر بوده، در حالیکه نیاز آبی گیاهان باغی نظیر گردو، سیب و انگور به ترتیب ۱۶۱۰، ۱۵۳۲ و ۱۴۱۱ میلی‌متر می‌باشد. به عبارت دیگر با جایگزینی باغات گردو، سیب و انگور به جای الگوی کشت گندم- برنج به ترتیب ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد نیاز آبی سالانه کاهش می‌یابد.

با در نظر گرفتن مساحت ۶۶۳۰ هکتاری اراضی برنج کاری در محدوده مورد مطالعه و جایگزینی این اراضی با کشتهای فرضی ذرت دانه‌ای، لوبیا، گردو، سیب و انگور حجم آب مورد نیاز سالانه به ترتیب برابر ۶۲، ۴۹، ۱۰۷، ۱۰۱ و ۹۰ میلیون مترمکعب خواهد بود. جایگزینی ذرت دانه‌ای و لوبیا به جای برنج در اراضی منطقه به ترتیب ۱۵/۰۸ و ۲۷/۶ میلیون متر مکعب نیاز آبی کمتری را در پی خواهد داشت (جدول ۸). همانطور که ذکر گردید با جایگزینی باغات به جای برنج عملاً کشت دوم حذف شده و بنابراین مقایسه با الگوی کشت سالانه انجام شده است. حجم آب مصرفی سالانه الگوی کشت برنج- گندم در سطح اراضی محدوده مورد مطالعه حدود ۱۳۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد. با جایگزینی گردو، سیب و انگور به ترتیب کاهشی معادل ۲۳/۶۳، ۲۸/۷۷ و ۴۰/۱۳ میلیون متر مکعب در مصرف آب سالانه ایجاد می‌گردد (جدول ۸). بنابراین با تغییر الگوی کشت به سمت هر یک از گیاهان مذکور حجم آب مصرفی کشاورزی در محدوده اراضی مورد نظر کاهش می‌یابد. بدیهی است در صورت جایگزینی محصولات پیشنهادی در کل سطح اراضی زیر کشت برنج در استان اصفهان که حدود ۲۰۰۰۰ هکتار تخمین زده می شود، حجم آب قابل ملاحظه‌ای به صورت سالانه صرفه‌جویی می‌گردد. این مقدار را می‌توان در پشت سد زاینده‌رود ذخیره و در مواقع نیاز استفاده نموده یا به عنوان نیاز زیست محیطی رودخانه رهاسازی نمود.

جدول ۸ تخمینی از تغییرات دبی در دو مقیاس سالانه (استفاده از آب صرفه جویی شده ناشی از تغییر الگوی کشت در کل سال) و ماه‌های بحرانی (استفاده از آب صرفه جویی شده در اثر تغییر در الگوی کشت در ماه‌های بحرانی خرداد تا مهر که زاینده‌رود با کاهش شدید دبی مواجه است) در صورت جایگزینی کشت برنج در کل اراضی برنج کاری استان اصفهان با محصولات فرضی مختلف ارائه نموده است.

همانطور که ملاحظه می شود تغییر الگوی کشت از برنج به لوبیا و ذرت دانه ای به ترتیب افزایش دبی حداقل ۲/۶ و ۱/۴ متر مکعب در ثانیه در مقیاس سالانه و ۶/۳ و ۳/۴ متر مکعب در ثانیه در ماههای بحرانی را در پی خواهد داشت. افزایش دبی رودخانه در اثر جایگزینی سایر محصولات نظیر باغات انگور، سیب و گردو به جای الگوی کشت گندم-برنج نیز به ترتیب سبب افزایش دبی زاینده‌رود به میزان ۳/۸، ۲/۸ و ۲/۳ متر مکعب در ثانیه در مقیاس سالانه و ۹/۱، ۶/۵ و ۵/۴ مترمکعب در ثانیه در ماههای بحرانی خواهد بود.

بر اساس نتایج حاصله و به لحاظ تأثیر بر دبی زاینده‌رود، بهترین محصول جهت جایگزینی برنج از بین محصولات بررسی شده در شرایط بدون تغییر در کاربری زراعی اراضی منطقه به ترتیب لوبیا و ذرت و در صورت تغییر در کاربری اراضی به باغات به ترتیب انگور، سیب و گردو می‌باشند.

جدول ۸- اختلاف حجم نیاز آبی کشت‌های فرضی جایگزین برنج و دبی جریان ناشی از آن در دوره سالانه و ماه‌های بحرانی

محصول جایگزین فرضی	اختلاف حجم نیاز آبی در سطح اراضی مورد مطالعه (میلیون مترمکعب)		دبی (مترمکعب بر ثانیه)	
	برنج	الگوی کشت برنج- گندم	سالانه	ماه‌های بحران آب (خرداد تا مهر)
لوبیا	۲۷/۶۰	---	۲/۶۴	۶/۳۰
ذرت دانه‌ای	۱۵/۰۸	---	۱/۴۴	۳/۴۲
انگور	---	۴۰/۱۳	۳/۸۴	۹/۱۰
سیب	---	۲۸/۷۷	۲/۷۵	۶/۵۲
گردو	---	۲۳/۶۳	۲/۲۶	۵/۳۶

(دبی با فرض جایگزینی برنج با محصولات فرضی در کل اراضی برنج کاری زاینده‌رود محاسبه شده است)

نتیجه‌گیری

مدیریت آب در بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف کننده آب زاینده‌رود می باشد (حدود ۸۰ درصد مصارف)، نقش مهمی در تداوم رودخانه و کاهش پیامدهای زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از آن دارد. نتایج نشان می دهد برنج با نیاز آبی حدود ۱۴۸۵ میلی‌متر یا حجم آب مورد نیاز حدود ۷۷ میلیون متر مکعب در محدوده اراضی منطقه مورد مطالعه، یک محصول با نیاز آبی بالا بوده و کاشت آن با توجه به اقلیم خشک منطقه توجیه پذیر نمی باشد. جایگزینی اراضی شالیزاری محدوده مورد مطالعه با کشتهایی نظیر ذرت دانه‌ای و لوبیا به ترتیب کاهش حجم برداشت ۱۵/۰۸ و ۲۷/۶ میلیون متر مکعب در سال از رودخانه را به دنبال خواهد داشت. همچنین با جایگزینی باغات گردو، سیب و انگور به جای الگوی کشت برنج-گندم به ترتیب کاهشی معادل ۲۳/۶۳، ۲۸/۷۷ و ۴۰/۱۳ میلیون متر مکعب در مصرف آب سالانه ایجاد می‌گردد. حجم صرفه جویی شده آب را می‌توان در پشت سد زاینده‌رود ذخیره و در مواقع نیاز استفاده نمود. نتایج نشان می‌دهد تغییر الگوی کشت در کل اراضی حاشیه زاینده‌رود از برنج به لوبیا یا ذرت دانه‌ای به ترتیب افزایش دبی حداقل ۶/۳ و ۳/۴ متر مکعب در ثانیه در ماههای بحرانی خرداد تا مهر که رودخانه با کاهش شدید دبی مواجه می‌باشد را در پی خواهد داشت. افزایش دبی رودخانه در این دوره از سال در اثر تغییر کاربری اراضی دارای الگوی کشت برنج-گندم با باغات انگور، سیب و گردو به ترتیب برابر ۹/۱، ۶/۵ و ۵/۴ مترمکعب در ثانیه خواهد بود. بنابراین با تغییر الگوی کشت یا به عبارت بهتر مدیریت آب در بخش کشاورزی می توان میزان برداشت آب از زاینده‌رود را کاهش داده و تداوم این منبع ارزشمند آبی را تضمین نمود.

منابع

۱- امامی حیدری ح. ۱۳۹۱. مصرف آب در مزارع برنج غرب اصفهان و اثر آن بر دبی زاینده‌رود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم زمین. دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲- سازمان جهاد کشاورزی اصفهان. ۱۳۸۸. آمارنامه جهاد کشاورزی استان اصفهان (۸۸-۱۳۸۲).

۳- سالمی ح.ر. و جوان م. ۱۳۸۳. سیستم مدیریت، بهره برداری، تعمیر و نگهداری شبکه‌های آبیاری زاینده‌رود اصفهان و درودزن فارس، مجله آب و فاضلاب ۵۲: ۶۳-۵۶.

۴- سرحدی ع.، سلطانی س. و پورمنافی س. ۱۳۸۵. مقایسه نیاز آبی برنج و سایر محصولات زراعی در منطقه اصفهان جهت مدیریت بهینه منابع آب. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵- شرکت آب منطقه‌ای اصفهان. ۱۳۸۹. آمار منابع و مصارف زاینده‌رود.

۶- عابدی کوپایی ج.، اسلامیان س. و امیری م.ج. ۱۳۸۷. مقایسه چهار روش تخمین تبخیر و تعرق سطح مرجع با داده‌های میکرولایسیمتری در منطقه اصفهان. دومین همایش مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۷- علیزاده ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۸۷۰ صفحه.

۸- فلاح و.م. ۱۳۵۴. احتیاجات آبی برنج و اندازه‌گیری آن. نشریه مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک ۴۳۳.

۹- مختاری ف. ۱۳۸۸. تهیه نقشه مناطق تحت کشت برنج به منظور امکان سنجی تغییرات مدیریت کاربری در سطح شالیزارها با استفاده از تکنیک‌های GIS & RS؛ مطالعه موردی بخشی از منطقه لنجانات. پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۱۰- هاشمی گرم‌دره س.ا.، مصطفی زاده ب. و حیدرزاده م. ۱۳۸۶. برآورد نیاز آبی برخی از گونه‌های غالب فضای سبز شهر اصفهان با استفاده از لایسیمتر. سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری. جزیره کیش.

11- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 56.

12- Allen R.G. 1999. REF-ET: Reference evapotranspiration calculation software for FAO and ASCE standardized equations. University of Idaho.

13- Amini Fasakhodi A., Nouri S.H. and Amini M. 2010.Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach.Water Resources Management, 24:4639-4657.

14- Connor D.J. 2004. Designing cropping systems for efficient use of limited water in southern Australia. European Journal of Agronomy, 21(4): 419-431.

15- Dinpashoh Y., Jhajharia D., Fakhery-Fard A., P.Singh V. and Kahya E. 2011. Trends in reference crop

evapotranspiration over Iran. Journal of Hydrology, 399:422–433.
16- Haouari M., and Azaiez M.N. 2001. Optimal cropping patterns under water deficits. European Journal of Operational Research, 130(1): 133-146.
17- Huang J., Ridoutt B.G., Xu C.C., Zhang H.L., and Chen F. 2012. Cropping pattern modifications change water resource demands in the Beijing metropolitan area. Journal of Integrative Agriculture, 11(11): 1914-1923.
18- Jin L. and Young W. 2001.Water use in agriculture in china. WaterPolicy, 3:215-228.
19- Ma L., Sui P., Gao W.S., and Li F.R. 2008. Water resources use efficiency of different cropping patterns in the Piedmont of Mt. Taihang. Agricultural Research in the Arid Areas, 26: 177-183.
20- Sabziparvar A.A. and Tabari H. 2010. Regional estimation of reference evapotranspiration in arid and semiarid regions. J. Irrigation and Drainage Engineering, 136 (10):724–731.
21- Sastri A.S.R.A.S. 2000. Agricultural drought management for sustained agricultural development p. 32-58.In D.A. Wilhite (Ed). Drought: a global assessment (Vol II). London, Routleolge.
22- Sun Q., Krobel R., Muller T., Romheld V., Cui Z., Zhang F. and Chen X. 2011. Optimization of yield and water-use of different cropping systems for sustainable groundwater use in North China Plain. Agricultural Water Management, 98:808–814.
23- Wu T.L. 2008. Eco-economical efficiency analysis on different cropping pattern in North China Plain.Master Dissertation of China Agriculture University.

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 6, Jan.-Feb. 2015, p. 1095-1106

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۳، ص. ۱۱۰۶-۱۰۹۵

The Role of Agricultural Management in Sustaining Zayandeh-rud Flow

H. Emami Heidari[1]- H. Jafari[2*]-Gh. Karami[3]

Received:04-05-2013
Accepted:20-10-2014

Abstract

Management of agricultural practices plays a vital role in reducing the use of limited water resources in arid and semi-arid regions which could result in their sustainability. In this research, the role of managing agriculture in sustaining flow of Zayandeh-rud was studied by calculation of rice water requirement (actual evapotranspiration) in paddy fields of Zarrin-shahr by using method of FAO-56 and comparing the results assuming a shift in cropping pattern from rice to other crops. Rice water requirement was estimated at 1485 mm and the volume of water required for irrigation of paddy fields with area of about 6630 Hectare was estimated at 77 MCM. Volume of irrigated waterwas also evaluated by water balance method, confirmed the reliability of FAO-56 method. The results show that, replacing rice or wheat-rice cropping pattern with some possible crops such as bean, maize, walnut, apple and grape decreases irrigation requirements about 27, 15, 24, 29 and 40 MCM, respectively. Generalizing results for the total paddy fields in Isfahan Province with estimated area of about 20000 Hectare will result in an increase of about 3.4 to 9.1 m^3/s in Zayandeh-rud discharge during critical months of June to October, when the river flow highly decreases, causing sustainable flow of the river through the year.

Keywords: Evapotranspiration, Rice, Water balance, Zayandeh-rud

1,2,3- Former MSc. Student, Assistant Professor and Associate Professor of Environmental Geology Department, Shahrood University, Respectively
(*- Corresponding Author Email: h_jafari@shahroodut.ac.ir)