نشریه علمی

پژوهش آب در کشاورزی

http://www.wra.areo.ir

ISSN: 2228-7140

ب/ جلد ۳۴ / شماره۲/ سال ۱۳۹۹

عنوان | صفحه

تأثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در گندم پائیزه در منطقه کاشمر.....۱۶۷
مهدی مکاری، میثم عابدین‌پور و هادی دهقان

توسعه مدل تحلیل ریسک خشکسالی در سامانه‌های تأمین آب کشاورزی شبکه آبیاری رودشت شمالی با استفاده از شبکه بیزین.....۱۸۷
عطیه بزرگی، عباس روزبهانی و سید مهدی هاشمی شاهدانی

اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر شاخص‌های رشد و عملکرد در بازرویی اول گیاه نیشکر.....۲۰۳
درسا نامداریان، عبدعلی ناصری، سعید برومندنسب و مسعود پرویزی آلمانی

تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب در قطب‌های تولید گندم کشور.....۲۱۷
مینا طاهری، وحید رضاوردی نژاد، جواد بهمنش، فریبرز عباسی و جواد باغانی

ارزیابی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد گندم در یک خاک با بافت متوسط در استان خوزستان.....۲۲۹
فاطمه مسکینی ویشکایی، علیرضا جعفرنژادی و ناصر دوات‌گر

بررسی تأثیر بهسازهای زئولیت، پلیمر سوپرجاذب و مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد کنجد ۲۴۳
عباس خاشعی سیوکی، علی شهیدی، مهدی دستورانی، حمیدرضا فلاحی و فاطمه شیرزادی

تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب گل محمدی در شرایط گلدانی.....۲۵۷
رستم یزدانی بیوکی، محمدحسن رحیمیان، غلامحسن رنجبر، محمدهادی راد، حسین بیرامی و حیدر مفتاحی زاده

بررسی اثر سیاست‌های قیمت و سهمیه‌بندی آب کشاورزی بر پایداری منابع آب استان گلستان.....۲۶۹
اعظم رضایی، رامتین جولا یی و علی کرامت‌زاده

بررسی امکان‌پذیری حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در شهرستان آق‌قلا.....۲۸۷
زهرا تارمحمدی قورچی، غلامحسین عبداله‌زاده، محمد شریف شریف‌زاده و عبدالوهاب قزل

ارزش‌گذاری آب زیرزمینی به روش باقیمانده با در نظر گرفتن شوری آب آبیاری در شهرستان ورامین.....۳۰۱
محمد حسن‌لی ، پیمان افراسیاب، محمود صبوحی و حامد ابراهیمیان

نشریه علمی
پژوهش آب در کشاورزی
صاحب امتیاز: مؤسسه تحقیقات خاک و آب

جلد ۳۴ شماره (۲)
۱۳۹۹

مدیر مسؤول: **دکتر هادی اسدی رحمانی** — **رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب**

سردبیر: **دکتر حمید سیادت** — **استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب**

اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر نیاز علی ابراهیمی پاک	**دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب**
دکتر محمد بای بوردی	**مدرس دانشگاه**
دکتر ابراهیم پذیرا	**استاد واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران**
دکتر نادر حیدری	**دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**
دکتر ناصر دواتگر	**دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب**
دکتر حیدرعلی کشکولی	**استاد واحد علوم تحقیقات دانشگاه ازاد اسلامی خوزستان**
دکتر عبدالمجید لیاقت	**استاد دانشگاه تهران**
دکتر سید مجید میر لطیفی	**دانشیار دانشگاه تربیت مدرس**
دکتر سید فرهاد موسوی	**استاد مدعو دانشگاه سمنان**
دکتر محمد حسین مهدیان	**استاد سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**

تعداد انتشار در سال: **چهار شماره**

ویراستار انگلیسی: **دکتر حمید سیادت**

صفحه آرایی: **فاطمه آقاجانی**

پایگاه الکترونیکی نشریه پژوهش آب در کشاورزی: http://www.wra.areo.ir

پایگاه الکترونیکی موسسه تحقیقات خاک و آب: www.swri.ir

آدرس الکترونیکی مجله: journalwater@yahoo.com

این نشریه در پایگاه‌های علمی زیر نمایه می شود:

پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی: www.sid.ir

پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC): www.isc.gov.ir

آدرس: کرج - میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی - کد پستی ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵

تلفن و نمابر ۳۶۲۲۰۱۶۰ (۰۲۶) آدرس پایگاه الکترونیکی مجله: **http://www.wra.areo.ir**

بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان **صفحه**

تأثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در گندم پائیزه در منطقه کاشمر.....۱۶۷
مهدی مکاری، میثم عابدین‌پور و هادی دهقان

توسعه مدل تحلیل ریسک خشکسالی در سامانه‌های تأمین آب کشاورزی شبکه آبیاری رودشت شمالی با استفاده از شبکه بیزین.....۱۸۷
عطیه بزرگی، عباس روزبهانی و سید مهدی هاشمی شاهدانی

اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر شاخص‌های رشد و عملکرد در بازرویی اول گیاه نیشکر.....۲۰۳
درسا نامداریان، عبدعلی ناصری، سعید برومندنسب و مسعود پرویزی آلمانی

تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب در قطب‌های تولید گندم کشور.....۲۱۷
مینا طاهری، وحید رضاوردی نژاد، جواد بهمنش، فریبرز عباسی و جواد باغانی

ارزیابی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد گندم در یک خاک با بافت متوسط در استان خوزستان.....۲۲۹
فاطمه مسکینی ویشکایی، علیرضا جعفرنژادی و ناصر دوات‌گر

بررسی تأثیر بهسازهای زئولیت، پلیمر سوپرجاذب و مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد کنجد ۲۴۳
عباس خاشعی سیوکی، علی شهیدی، مهدی دستورانی، حمیدرضا فلاحی و فاطمه شیرزادی

تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب گل محمدی در شرایط گلدانی.....۲۵۷
رستم یزدانی بیوکی، محمدحسن رحیمیان، غلامحسن رنجبر، محمدهادی راد، حسین بیرامی و حیدر مفتاحی زاده

بررسی اثر سیاست‌های قیمت و سهمیه‌بندی آب کشاورزی بر پایداری منابع آب استان گلستان.....۲۶۹
اعظم رضایی، رامتین جولایی و علی کرامت‌زاده

بررسی امکان‌پذیری حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در شهرستان آق‌قلا.....۲۸۷
زهرا تارمحمدی قورچی، غلامحسین عبداله‌زاده، محمد شریف شریف‌زاده و عبدالوهاب قزل

ارزش‌گذاری آب زیرزمینی به روش باقیمانده با در نظر گرفتن شوری آب آبیاری در شهرستان ورامین.....۳۰۱
محمد حسن‌لی ، پیمان افراسیاب، محمود صبوحی و حامد ابراهیمیان

راهنمای تهیه مقاله برای انتشار در مجله علمی-پژوهشی پژوهش آب در کشاورزی

مجله علمی-پژوهشی "پژوهش آب در کشاورزی" به منظور افزایش آگاهی محققان و پژوهشگران آبیاری و علوم خاک و آب، ایجاد زمینه ارتقای سطح دانش و پژوهش، شناخت و معرفی اندیشه‌ها, نوآوریها و خلاقیتهای علمی- پژوهشی در سطح ملی و بین‌المللی، ایجاد ارتباط بین مراکز آموزشی، علمی - پژوهشی و انتقال و تبادل نتایج یافته‌های مربوط به بهره‌برداری پایدار از منابع آب و خاک در کشاورزی را منتشر می نماید.

الف) اصول کلی

۱-این مجله صرفا مقالات پژوهشی منتج از پژوهش های نویسنده و یا نویسندگان در زمینه علوم آب و خاک در کشاورزی را منتشر می نماید.

۲- مقاله باید به زبان فارسی روان و پیراسته از غلط‌های نگارشی و نوشتاری باشد. از آوردن واژه های بیگانه که معادل شناخته شده فارسی دارند جداً خودداری گردد.

۳- مسئولیت صحت و سقم مطالب، نظرات و عقاید مندرج در مقالات به عهده نویسندگان مقاله می‌باشد. حقوق معنوی مقالات برای نویسندگان محفوظ می‌باشد.

۴- مقاله نباید در هیچ یک از نشریات کشور به چاپ رسیده یا همزمان برای مجلات دیگر ارسال شده باشد این مسئله باید با تأیید و تعهد کتبی نویسنده مسئول باشد.

ب) نحوه تهیه و ارسال مقاله

نحوۀ نگارش مقاله

۱- مقاله حداکثر در ۱۵ صفحه A4 با فاصله خطوط ۱/۵ و حاشیه‌های ۳ سانتی‌متر از هر طرف و به صورت تک ستونی در نرم افزارWord 2007 تایپ شود.

۲- نوع قلم فارسی و انگلیسی و اندازۀ آنها مطابق جدول(۱) استفاده شود.

۳- پیش از نقطه (.) و کاما (،) گذاشتن فاصله لازم نیست، لیکن پس از آنها، یک فاصله لازم است.

۴- اصول نگارش زبان فارسی به طور کامل رعایت شده و از به کاربردن اصطلاحات انگلیسی که معادل فارسی آنها در فرهنگستان زبان فارسی تعریف شده‌اند، حتی الامکان پرهیز گردد.

جدول ۱- نوع قلم و اندازه

موقعیت استفاده	نام قلم	اندازه قلم
عنوان مقاله	Nazanin پر رنگ	14
متن مقاله	Nazanin	12
عناوین بخش های مقاله	Nazanin پر رنگ	12
نام مؤلفان	Nazanin پر رنگ	12
کلمه چکیده و کلمات کلیدی	Nazanin پر رنگ	12
عناوین جداول و اشکال	Nazanin پر رنگ	11
متن جداول و شکل ها و منابع	Nazanin	11
متن انگلیسی	Times New Roman	یک واحد کمتر از اندازۀ فارسی در هر موقعیت

نویسنده(گان) موظف هستند حداکثر ۱۵ روز پس از دریافت نظرات داوران اصلاحات لازم و یا پاسخ را ارسال نمایند. ضمناً ارسال چکیده لاتین مقاله به همراه مقاله الزامی است.
ارسال نامه درخواست چاپ مقاله در مجله پژوهش آب در کشاورزی به همراه فرم تعهد نامه الزامی است.
کلیه مقالات پس از دریافت اعلام وصول گردیده و جهت ارزیابی برای داوران مجله ارسال خواهد شد و پس از اتخاذ رأی داوران و تأیید هیئت تحریریه، مقاله در نوبت چاپ قرار خواهد گرفت

شناسنامه مقاله

مقالات باید شامل عنوان، چکیده فارسی و انگلیسی (حداکثر تا ۳۰۰ کلمه)، واژه‌های کلیدی (Keywords)، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری، تشکر و قدردانی (در صورت نیاز) و فهرست منابع باشد.
برگ شناسه
عنوان مقاله، نام، نام خانوادگی، موقعیت شغلی نگارنده(گان)، نام دانشگاه یا مؤسسه پژوهشی که نگارنده(گان) در آن اشتغال دارند، نشانی کامل نگارنده(گان) و نام و مشخصات نگارنده مسئول مکاتبات (به هر دو زبان فارسی و انگلیسی)، در یک صفحه جداگانه تایپ شود.
*** نگارنده مسئول باید فرم تعهدنامه را که به امضای کلیه نگارندگان رسیده به همراه مقاله ارسال کند.**

عنوان مقاله

عنوان مقاله باید روان، گویا، مختصر و مفید بوده و در برگیرنده محتوای تحقیق انجام شده باشد. عنوان مقاله نباید بیش از ۲۰ کلمه باشد. در زیر عنوان نام و نام خانوادگی نویسندگان، مرتبه علمی و یا تحصیلات و وابستگی سازمانی، تاریخ، آدرس کامل پستی، شماره تلفن همراه و پست الکترونیک نویسندگان مقاله درج گردد.
دقت شود کلمه‌های تشکیل دهنده عنوان مقاله با کلمه‌های کلیدی مقاله متفاوت باشد.

چکیده: چکیده بایستی شامل حداکثر ۳۰۰ کلمه بوده و بیانگر زمینه و هدف، تحقیق روش بررسی، یافته‌ها، نتیجه‌گیری و ترجیحاً در یک پارگراف باشد. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد

واژه های کلیدی:
واژه های کلیدی بایستی ۶-۳ کلمه باشد. واژه های کلیدی چکیده انگلیسی نیز بایستی ترجمه دقیق واژه های چکیده فارسی باشد.
در انتخاب واژه‌های کلیدی از تکرار واژه‌هایی که در عنوان مقاله آمده است خودداری فرمایید

مقدمه
مقدمه باید دربرگیرندهٔ اهمیت پژوهش انجام شده باشد و به بیان مسئله با مروری بر مطالعات و مشاهدات مرتبط با تحقیق که در گذشته انجام شده بپردازد و به منابع معتبری که در انتهای مقاله ذکر شده، استناد کند. در ادامه مطالب، وجه تمایز پژوهش حاضر نسبت به مطالعات قبلی و لزوم و وجوب آن و در انتهای مقدمه هدف اصلی پژوهش نگاشته شود. مقالاتی که موضوع آن تکراری بوده و در گذشته به کرات در داخل و خارج از ایران در مورد آن مطالعاتی انجام شده، در صورتی که وجه تمایز قانع کننده‌ای نداشته باشد چاپ نخواهد شد.
مواد و روشها

در این قسمت باید شرح مواد و روشهای مورد استفاده در تحقیق، جامعه آماری، روشهای نمونه گیری، اندازه‌گیریهای آزمایشی و نحوه تجزیه و تحلیل آماری آورده شود. در صورتی که از روشهای متداول یا قبلا منتشر شده استفاده شده باشد، از شرح جزئیات خودداری و فقط به ارائه اصول و ذکر مأخذ اکتفا شود.

نتایج

در این بخش، نتایج بدست آمده از تحقیق به صورت نوشتار همراه شکل و جدول و بدون بحث بیان گردد. از بکار بردن عنوان هایی مانند نمودار، عکس و نقشه خودداری و کلیه آنها با عنوان " شکل" درج شوند. نتایج ارائه شده در جداول یا شکلها نباید به صورت دیگری مانند منحنی و یا متن نوشتاری در مقاله تکرار گردد. هر جدول از شماره، عنوان، سرستون ها و متن جدول تشکیل می‌شود. یک جدول باید با خطی افقی از شماره و عنوان جدول متمایز شود. همچنین سر جدول با یک خط افقی از متن جدول جدا و در زیر متن جدول نیز یک خط افقی رسم شود. عنوان جدول در بالای آن جدول درج و پس از کلمه جدول و شماره آن، خط تیره و سپس عنوان ذکر شود. در متن جدول تا جایی که ممکن است نباید از خطوط افقی و عمودی استفاده کرد. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به کمیّت آن ستون باشد. اگر همهٔ ارقام جدول دارای یک واحد مشترک باشند، آن واحد در عنوان اصلی جدول ذکر شود. توضیحات اضافی عنوان و متن جدول به صورت زیرنویس ارائه شوند.

در نمودارها از نشانه‌های○□Δ●■▲ به صورت توپر و توخالی استفاده شود. برای درج عنوان هر شکل، پس از کلمهٔ شکل و شماره آن، نقطه و سپس عنوان ذکر شود. فایل **Excel** مربوط به نمودارها ارسال شود. اختصارات موجود در شکلها و جداول باید در زیرنویس توضیح داده شوند. تمام اعداد متن و توضیحات جداول و شکلها باید به زبان فارسی ارائه گردد. از ارسال نمودارهای رنگی جداً اجتناب نموده و از رنگهای سفید، سیاه و هاشورهای کاملاً متفاوت استفاده شود. اندازه فونت توضیحات محورهای نمودارها و اعداد به اندازه کافی بزرگ باشد تا در صورت کوچک کردن نیز خوانا باشد. جداول و نمودارها حتی المقدور در متن مقاله جاسازی شوند.

بحث

یافته‌های جدید و مهم باید با یافته‌های موجود در منابع مقایسه شود و دلایل قبول و رد آنها مورد بحث قرار گیرد، از تکرار یافته‌ها خودداری شود. مروری بر مقالات گذشته در این بخش گنجانده شود، محدودیت‌های مطالعه باید مورد توجه قرار گیرد. راهکارهای جدید و فرضیه‌های جدید پیشنهاد گردد، یافته‌های جدید و یافته‌های پیش بینی شده مقایسه شود. در پایان باید موارد کاربردهای عملی و تئوری نتایج حاصل از تحقیق و نتیجه کلی پژوهش بیان گردد.

تشکر و قدردانی

در این بخش نویسنده (گان) می توانند از اشخاص، سازمانها و افراد ذیربطی که در اجرای تحقیق همکاری داشته اند، تشکر و قدر دانی نمایند. این قسمت باید کوتاه و در حدود ۵۰ کلمه باشد.

فهرست منابع

شیوه ارجاع در تمام متن مقاله بایستی به صورتی باشد که منبع مورد ارجاع در پایان جمله در داخل پرانتز به فارسی برای منابع انگلیسی و فارسی ارائه شود. برای منابع دارای دو نویسنده، نام هر دو نویسنده و منابعی که بیش از دو نویسنده دارند، نخست نام نفر اول و سپس " همکاران" و تاریخ بیان شود. مثال:

..... نتایج مشابهی توسط برخی پژوهشگران نیز گزارش شده است (کریمی و احمدی ، ۱۳۸۹)

..... نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (آلوی و همکاران، ۲۰۱۰)

فهرست منابع مورد استفاده در پایان متن به صورت پیوسته و به ترتیب منابع فارسی و انگلیسی ارائه شوند. منابع مورد استفاده به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی نگارنده، (یا اولین نگارنده برای منابعی که بیش

از یک نگارنده دارند) زیر هم آورده شوند. چنانچه از یک نگارنده چندین منبع ذکر شود، ترتیب درج آن‌ها بر حسب سال انتشار، از جدید به قدیم است. اگر از نگارنده‌ای چندین منبع همسال وجود داشته باشد، با گذاشتن حروف a، b و c پس از سال انتشار منابع از یکدیگر متمایز شوند. چنانچه مقالات منفرد و مشترک از یک نگارنده ارائه شود، نخست مقالات منفرد و سپس مقاله‌های مشترک به ترتیب حروف الفبای نام نگارندگان بعدی مرتب شوند.

برای یک مقاله به ترتیب نام خانوادگی نگارنده، حرف اول اسم کوچک نگارنده، تاریخ انتشار، عنوان مقاله عنوان کامل مجله، شماره جلد، و اولین و آخرین صفحه مقاله ارائه شود. برای یک کتاب به ترتیب نام خانوادگی و سپس حرف اول نام کوچک نگارنده، تاریخ انتشار، عنوان کامل کتاب، شماره جلد، نام ناشر، محل انتشار و تعداد کل صفحات ارائه شود. در مورد مقاله یا کتاب‌هایی که بیش از یک نویسنده دارند به ترتیب نام خانوادگی و حرف اوّل نام اوّلین نویسنده و سپس اوّل نام نویسندگان بعدی و پس از آن نام خانوادگی آن‌ها ذکر شود.

در مورد مرجعی که نویسنده آن مشخص نیست به جای نام نگارنده از "Anonymous" برای منابع انگلیسی و (بی نام) برای منابع فارسی استفاده شود.

چنانچه منبع ترجمه شده باشد، در فهرست منابع باید نخست نام نویسنده(گان) کتاب اصلی، عنوان مشخصات آن (به زبان انگلیسی) و سپس نام مترجم (مترجمان) ذکر شود.

مثال‌های برای تنظیم منابع

مقاله از مجله

Brennan, E.W., and W.L. Lindsay. 1998. Reduction and oxidation effect on the solubility and transformation of iron oxides. Soil Sci. Soc. Am. J. 62:930–937.

مقاله از کارگاه آموزشی یا علمی

Hanbury, A. 2002. The taming of the hue, saturation and brightness colour Space, 7th Computer Vision Winter Workshop, February 2002, Bad Aussee, Austria.

مطلب از کتاب

Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibrium in soils. John Wiley & Sons, New York.

مطلب نقل شده یک نویسنده در یک مجموعه مقالات

Logsdon, S.D., and D.A. Laird. 2003. Ranges of bound water properties associated with a smectite clay. p. 101–108. In Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substance. Proc. of Conf., Rotorua, New Zealand. 23–26 Mar. 2003. Industrial Research, Auckland, New Zealand.

ذکر مطلب از نویسنده ای در یک کتاب که نام ویراستاران روی جلد آن است

Olsen, S.R., and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403–427. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

ذکر مطلب از اینترنت

Soil Survey Staff. 2004. NRCS soils [Online]. Available at http://soils. usda.gov [verified 23 Mar. 2005]. USDA-NRCS, Washington, DC.

منابع مورد استفاده در متن بدین صورت نگاشته شوند:

بای بوردی و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند...

اسمیت (۲۰۰۲) گزارش کرد ...

اسمیت و جونز (۲۰۰۲) گزارش کردند...

اسمیت و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند...

- در صورت عدم رعایت دقیق مطالب فوق‌الذکر، مقاله پذیرفته نمی‌شود و پیش از بررسی به اطلاع نویسنده مسئول می‌رسد. بدیهی است چنانچه مقاله ارسالی با شرایط ذکر شده تهیه و عودت داده شود مجدداً از زمان برگشت که تاریخ واقعی مقاله منظور می‌شود مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

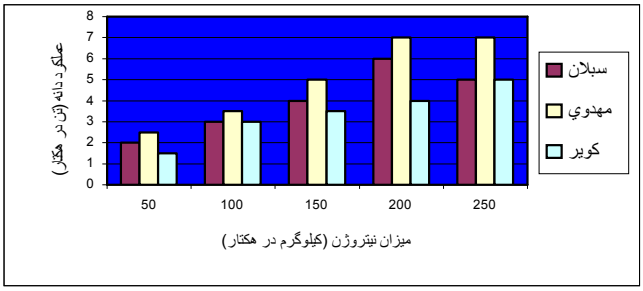
جدول نامناسب

بافت	*Mgexch*	*Kavail.*	*Pavail*	OC (%)	TNV (%)	EC (dS. m-1)	pH	عمق (cm)
	(Mg.kg-1)							
لومی رسی	۳۰۰	۲۹۰	۳/۶	۰/۶۲	۲۸	۷/۶	۸/۲	۰-۳۰
لومی رسی	۳۰۵	۲۹۵	۰/۶	۰/۵۰	۳۰	۷/۲	۸/۲	۳۰-۶۰
لومی شنی	۲۸۶	۳۳۲	۰/۵	۰/۲۱	۳۳	۹/۵	/۸ ۷	۶۰-۹۰

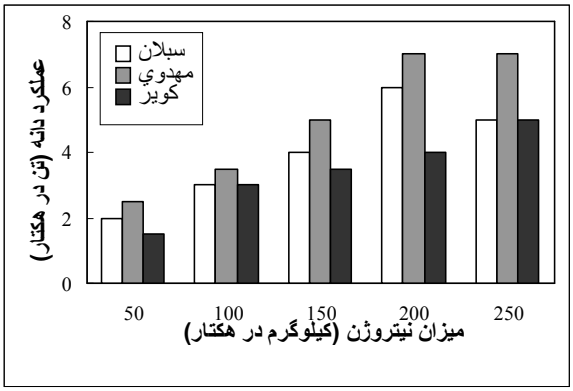
جدول مناسب

بافت	Mgex	Kav	Pav	OC (%)	TNV (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	عمق (cm)
	($mg.kg^{-1}$)							
لومی رسی	۳۰۰	۲۹۰	۳/۶	۰/۶۲	۲۸	۷/۶	۸/۳	۰-۳۰
لومی رسی	۳۰۵	۲۹۵	/۶۰	۰/۵۰	۳۰	۷/۲	۸/۲	۳۰-۶۰
لومی شنی	۲۸۶	۲۳۲	/۵۰	۰/۲۱	۳۳	۹/۵	۷/۸	۶۰-۹۰

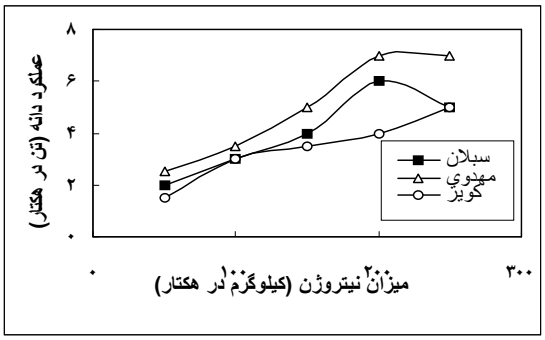
نامناسب



مناسب


8
6
4
2
0
سبلان
مهدوي
كويز
عملكرد دانه (تن در هكتار)
50
100
150
200
250
ميزان نيتروژن (كيلوگرم در هكتار)

مناسب


۸
۶
۴
۲
۰
سبلان
مهدوي
كويز
عملكرد دانه (تن در هكتار)
۰
۳۰۰
ميزان نيتروژن (كيلوگرم در هكتار)

اسامی داوران مقالات جلد ۳٤ شماره۲ سال ۱۳۹۹ به دفتر مجله پژوهش آب در کشاورزی

دکتر حامد ابراهیمیان..... ۱ داوری
دکتر هرمز اسدی..... ۱ داوری
دکتر شهرام اشرفی..... ۲ داوری
دکتر هادی افشار..... ۱ داوری
دکتر حسن اوجاقلو..... ۱ داوری
دکتر مسعود پارسی‌نژاد..... ۱ داوری
دکتر علیرضا توکلی..... ۲ داوری
دکتر آناهیتا جباری..... ۱ داوری
دکتر نادر حیدری..... ٤ داوری
دکتر مجتبی خوش‌روش..... ۱ داوری
دکتر حسین دهقانی سانیچ..... ٤ داوری
دکتر محسن رفعتی..... ۱ داوری
دکتر امیر سالاری..... ۱ داوری
دکتر ابراهیم شریفی عاشورآبادی..... ۱ داوری
دکتر حسن علیپور..... ۲ داوری
دکتر مجید غلام حسینی..... ۲ داوری
مهندس علی گرجی..... ۱ داوری
دکتر غلامعباس لطفعلی آینه..... ۱ داوری
دکتر سید فرهاد موسوی..... ۳ داوری
دکتر علی مومن پور..... ۱ داوری
دکتر محمدحسین مهدیان..... ٤ داوری
دکتر حجت میان آبادی..... ۳ داوری
دکتر بیژن نظری..... ۱ داوری

فرم تعهد نامه

نشریه پژوهش‌های آب در کشاورزی

اینجانب ..... نویسنده مسئول مقاله زیر:

- **سال‌های اجراء آزمایش ذکر شود**

موارد زیر را به آگاهی می رسانم:

1. **کلیه تهیه کنندگان مقاله از ارسال آن به دفتر مجله شما آگاهند**
2. **مقاله قبلاً در هیچ مجله داخلی و خارجی منتشر نشده است**
3. **مقاله تا زمان پایان بررسی در آن مجله به مجله دیگری ارسال نخواهد شد.**
4. **هیچگونه تغییری در تعداد نویسندگان یا ترتیب ذکر اسامی انجام نخواهد شد.**

نام نام خانوادگی نویسنده اول: امضاء نویسنده اول مقاله

نام نام خانوادگی نویسنده دوم: امضاء نویسنده دوم مقاله

نام نام خانوادگی نویسنده سوم: امضاء نویسنده سوم مقاله

نام نام خانوادگی نویسنده چهارم: امضاء نویسنده چهارم‌مقاله

تأثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در گندم پائیزه در منطقه کاشمر

مهدی مکاری[۱]*، میثم عابدین‌پور و هادی دهقان

استادیار گروه مهندسی آب مرکز آموزش عالی کاشمر.

mehdimokari@gmail.com

استادیار گروه مهندسی آب مرکز آموزش عالی کاشمر.

abedinpour_meysam@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب مرکز آموزش عالی کاشمر.

dehghan63.ha@gmail.com

چکیده

در شرایط حاضر، مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی، افزایش کارایی مصرف آب است. این پژوهش با هدف بررسی اثر کم‌آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و اجزای عملکرد گندم رقم پیشگام، به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر به اجرا درآمد. آبیاری در چهار سطح شامل: آبیاری بر اساس ۱۰۰٪، ۸۰٪، ۶۰٪ و ۴۰٪ نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و سه تاریخ کاشت شامل یک مهر، یک آبان و یک آذر به عنوان عامل فرعی، تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش بودند. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری بر عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود به‌طوری که با افزایش تنش رطوبتی عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب به‌ترتیب با مقادیر ۷۲۲۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار، ۳۲/۷۷٪ و ۲/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب متعلق به تاریخ کاشت یک آبان و تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی و کمترین آن‌ها به‌ترتیب با مقادیر ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۵/۳٪ و ۱/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب متعلق به تاریخ کاشت یک آذر و تیمار ۴۰٪ نیاز آبی بود. اثر متقابل تنش رطوبتی و تاریخ کاشت نیز بر تمام صفات زراعی گندم به جز تعداد دانه در سنبله و کارایی مصرف آب معنی‌دار بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان تیمار آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی و تاریخ کاشت یک آبان را برای کاشت گندم پاییزه رقم پیشگام در منطقه خشک و نیمه‌خشک کاشمر مناسب دانست.

واژه‌های کلیدی: گندم رقم پیشگام، شاخص برداشت، کم‌آبیاری، تنش رطوبتی

---

[۱] – آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر.

دریافت: بهمن ۱۳۹۸ و پذیرش:خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آبی در کشور مهم‌ترین نقش را در تأمین امنیت غذایی و خودکفایی در تولید محصولات استراتژیک مانند گندم ایفا می‌کند. گندم در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می‌کند. گندم با منبع غنی از کربوهیدرات‌ها، غذای اصلی انسان را تشکیل داده و از لحاظ ارزش نانوایی، آرد آن برتری نسبی بر سایر غلات دارد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). ایران جز مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود و علی رغم خشک‌سالی‌های مداوم و پایین بودن متوسط بارش سالیانه در کشور، مدیریت نادرست استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز باعث بروز مشکل کم‌آبی در اکثر مناطق کشور به خصوص در منطقه شمال‌شرق گردیده است. یکی از راه‌های کاهش بحران در بخش کشاورزی به واسطه پایین بودن کارایی مصرف آب و در پی آن استفاده بیش از حد از منابع محدود، مدیریت مصرف آب در تأمین نیاز آبی گیاهان زراعی است. در شرایط کنونی تولید بیش‌تر مواد غذایی با مصرف آب کم‌تر جز اولویت‌های اصلی بخش کشاورزی است. یکی از راهکارهای اساسی برای نیل به این هدف، افزایش کارایی مصرف آب از طریق کم‌آبیاری گیاهان زراعی در اراضی آبی و آبیاری تکمیلی گیاهان در اراضی تحت کشت دیم است (هادی و همکاران، ۱۳۹۶).

ژانگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کمبود شدید آب، عملکرد دانه گندم زمستانه را کاهش داد؛ در حالی که کمبود ملایم آب در فاصله زمانی بین زمان از سرگیری رشد فعال در بهار تا زمان پرشدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه نشد و از طرفی کارایی مصرف آب در شرایط کم‌آبیاری نسبت به شرایط دیم به میزان قابل توجهی افزایش یافت. چن و همکاران (۲۰۱۵) در یک مطالعه دو ساله به تعیین اثرات فاصله لترال در آبیاری قطره‌ای و میزان آب آبیاری در عملکرد گندم و کارایی مصرف آب پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش فاصله لترال‌ها از هم رشد گیاهان و عملکرد دانه کاهش یافت. میزان آب آبیاری ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار به عنوان تیمار دارای بالاترین عملکرد، حداکثر صرفه‌جویی در مصرف آب و بیش‌ترین سود حاصله از نظر اقتصادی معرفی گردید. لی و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد دانه و کارایی مصرف آب گندم زمستانه را تحت شرایط کم‌آبیاری در شمال دشت چین بررسی نمودند. نتایج نشان داد عملکرد دانه با افزایش مقدار آب آبیاری افزایش یافت. معاونی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم در شهر قدس را مورد بررسی قرار دادند. مقایسه میانگین اثر تنش بر عملکرد دانه نشان داد که تیمارهای بدون تنش در سال اول و دوم به ترتیب با میانگین ۴۳۷۴/۸ و ۴۶۲۸/۴ کیلوگرم دانه در هکتار نسبت به تیمار تنش رطوبتی عملکرد بیش‌تری داشتند.

تاریخ کاشت یک عامل مهم مدیریتی در تولید هر محصول است، زیرا اثر پارامترهای هواشناسی در تاریخ کاشت‌های مختلف متفاوت است. دما، نور خورشید و سایر عوامل هواشناسی به شکل منفرد یا همراه با هم رشد و تولید گیاه را متأثر می‌سازند. زمان کشت مراحل فنولوژیکی گیاه و کل تولید بیوماس را کنترل می‌کند و در بهره‌وری تبدیل بیوماس به عملکرد مؤثر است (کیچار و نیواس، ۲۰۰۶). هدف از انتخاب تاریخ کاشت بهینه، قرار گرفتن مراحل رشد و نمو با شرایط مطلوب محیطی و عدم برخورد با شرایط نامساعد محیطی می‌باشد که این امر باعث افزایش عملکرد می‌شود (سلامات، ۱۳۸۸). جین و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و اجزای وابسته به آن در گندم، تأخیر در تاریخ کاشت را علت کاهش در اکثر صفات وابسته به عملکرد و در نهایت کاهش در عملکرد دانه معرفی کردند. آزمایش انجام شده توسط توکلو و یاغباسانلار (۱۹۹۶) در ترکیه نشان داد که عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار می‌گیرد. آن‌ها گزارش کردند که تاریخ کاشت مناسب برای ارقام مختلف، متفاوت می‌باشد. کلاته عربی و همکاران (۱۳۹۰) با

بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم در گرگان اظهار داشتند که تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل مهم تعیین کننده عملکرد دانه گندم در منطقه گرگان به شمار می‌رود و دمای بالا در هنگام گرده افشانی اثر منفی قابل توجهی بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه داشت. در پژوهشی مشخص شد که حداکثر عملکرد گندم پاییزه در ایالت پنجاب هند در تاریخ کاشت اواخر ماه اکتبر تا اواخر نوامبر حاصل می‌شود (تیمسینا و همکاران، ۲۰۰۸). در دشت شمال چین نیز عملکرد گندم پاییزه در تاریخ کاشت‌های قبل از ۱۱ اکتبر اختلاف معنی‌داری نداشت ولی بعد از ۱۱ اکتبر به ازای هر روز تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد دانه به میزان ۰/۵ درصد کاهش یافت (سان و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین گزارش شده که عملکرد دانه گندم در تاریخ کاشت یک سپتامبر تا ۳۰ اکتبر به میزان ۱۵۵۰-۴۷۵ کیلوگرم در هکتار کمتر از تاریخ کاشت یک اکتبر تا دوم نوامبر بود و با تأخیر در تاریخ کاشت بعد از دوم نوامبر، عملکرد دانه به طور چشمگیری کاهش یافت (چن و همکاران، ۲۰۰۳)؛ بنابراین در مواردی نیز کشت زودهنگام می‌تواند به کاهش عملکرد منتهی شود، زیرا ماندگاری بیش‌تر گیاه گندم در مزرعه امکان ابتلا به بیماری‌ها و پیامدهای نامساعد مرتبط با عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (حسین و همکاران، ۲۰۰۳). گندم‌های پاییزه را معمولاً زمانی باید کاشت که گرمای تابستان تمام شده و هنوز سرمای زمستان شروع نشده باشد (رستگار، ۱۳۸۷). کشت زودهنگام گندم پاییزه در مناطق خشک علاوه بر تخلیه رطوبت خاک برای رشد بهاره باعث می‌شود که خواب پاییزه با دماهای بالا در اوایل بهار برطرف شده و پتانسیل صدمه سرمای دیررس بهاره افزایش یابد (وینتر و ماسیک، ۱۹۹۳). عباسی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود بهترین تاریخ کاشت گندم دیم در مناطق غرب ایران را یک مهر تا پنج آبان عنوان نمودند.

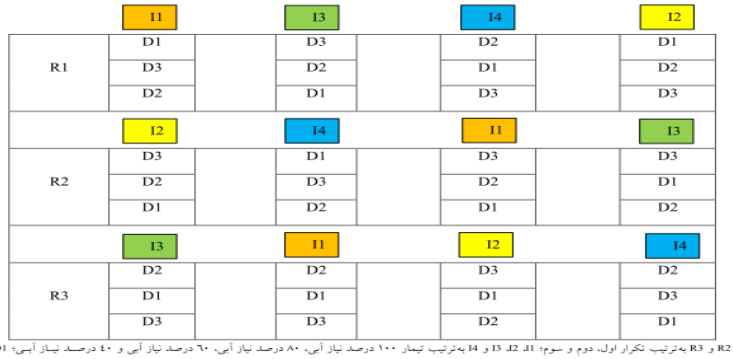
با در نظر گرفتن مدیریت نادرست استفاده از منابع آب و با توجه به اینکه گندم جزء مهم‌ترین محصولات زراعی شهرستان کاشمر می‌باشد، تعیین اثرات آبیاری بر عملکرد دانه این محصول در شرایط آب و هوایی خشک این منطقه از اهداف اصلی این پژوهش به شمار می‌آیند. علاوه بر بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد گندم، تعیین تاریخ کاشت مناسب جهت کسب بیش‌ترین کارایی مصرف از آب مصرفی و حصول عملکرد اقتصادی بیش‌تر برای کشاورز و در نتیجه افزایش عملکرد تولیدی این محصول استراتژیک در شهرستان از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کاشمر به ترتیب با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی انجام شد. ارتفاع این مرکز ۱۱۰۹/۷ متر از سطح دریا می‌باشد. میانگین بلندمدت دمای سالیانه محل آزمایش ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه ۱۹۲/۱ میلی‌متر می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دو مارتن، خشک می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی و آب آبیاری (چاه عمیق) در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. برای انجام این پژوهش کرت‌هایی به طول سه و عرض دو متر ایجاد شد. به‌منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت از یک کرت به کرت دیگر، فاصله بین کرت‌های مجاور دو متر در نظر گرفته شد؛ بنابراین مساحت کرت اصلی ۱۸ مترمربع و کرت‌های فرعی شش مترمربع در نظر گرفته شد. این آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. چهار تیمار آبیاری شامل: ۱۰۰ درصد نیاز آبی (I_1)، ۸۰ درصد نیاز آبی (I_2)، ۶۰ درصد نیاز آبی (I_3) و ۴۰ درصد نیاز آبی (I_4) به عنوان کرت اصلی و سه تاریخ کاشت شامل: ۱ مهر (D_1)، ۱ آبان (D_2) و ۱ آذر (D_3) به عنوان کرت فرعی، برای رقم گندم پیشگام مورد

مطالعه قرار گرفت. در شکل ۱ شمایی از نقشه طرح استفاده شده در این پژوهش نشان داده شده است.

پس از تسطیح کرت‌ها، بذرها به صورت ردیفی و با دست در امتداد طول کرت و در عمق حدود چهار سانتی‌متری از سطح خاک و با تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع در چهار ردیف کشت شدند. فاصله بین ردیف‌ها نیز ۲۰ سانتی‌متر منظور شد. بذر مورد استفاده رقم پیشگام بود که از ارقام مرسوم در منطقه است. قبل از انجام عملیات کاشت، به منظور بهبود کیفیت خاک از کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار استفاده شد. همچنین در مراحل مختلف رشد، کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار مصرف گردید. تعداد دفعات کوددهی اوره برای گندم سه مرتبه بود که در مراحل قبل از کشت، ساقه‌دهی و سنبله‌دهی صورت گرفت (چگنی، ۱۳۹۳). برای آبیاری قطره‌ای از نوارهای تیپ با فاصله روزنه‌های خروجی ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی دو لیتر در ساعت به ازای هر متر طول لوله در فشار کارکرد پنج تا شش متر استفاده شد. در جدول ۴ طول دوره رشد، متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه، متوسط دما، مقدار آب داده شده و بارندگی مؤثر در مراحل فنولوژیکی گندم در تاریخ‌های مختلف کاشت ارائه شده است.



R1، R2 و R3 به‌ترتیب تکرار اول، دوم و سوم؛ I1، I2، I3 و I4 به‌ترتیب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۸۰ درصد نیاز آبی، ۶۰ درصد نیاز آبی و ۴۰ درصد نیاز آبی؛ D1، D2 و D3 به‌ترتیب تاریخ کاشت اول مهر، اول آبان و اول آذر

شکل ۱- شمایی از نقشه طرح استفاده شده در این پژوهش

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک (cm)	pH	EC (ds/m)	OC %	TNV %	N %	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)
۰-۳۰	۷/۹	۰/۵۹۸	۰/۵۰۲	۲۰/۵	۰/۰۷۱	۹/۶	۳۱۰	۰/۰۴۹	۷/۹۱
۳۰-۶۰	۷/۷	۰/۵۷۰	۰/۲۵۰	۳۶	۰/۰۳۴	۴	۲۸۰	۰/۰۳۰	۴/۴۰

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق خاک (cm)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)
۰-۳۰	۳۱/۵	۴۳/۵	۲۵	لومی- رسی	۱/۳۶
۳۰-۶۰	۴۵	۳۸	۱۷	رسی	۱/۴۱

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب مزرعه تحقیقاتی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
pH	۷/۳۵	HCO^{3-} (meq/L)	۴/۳
EC (ds/m)	۰/۳۴۵	CO_3^{2-} (meq/L)	۰
Na+ (meq/L)	۰/۲۱	$SO4^{2-}$ (meq/L)	۰/۰۳
K+ (meq/L)	۰/۴۲	Ca^{2+} (meq/L)	۳/۱۱
Cl^- (meq/L)	۰/۵۱	Mg^{2+} (meq/L)	۱/۲۷

جدول ۴- طول دوره رشد، متوسط دمای کمینه، متوسط دمای بیشینه، متوسط دما، مقدار آب داده شده و بارندگی مؤثر در مراحل فنولوژیکی گندم در تاریخ کاشت‌های مختلف

تاریخ کاشت	اول مهر						اول آبان						اول آذر					
دوره رشد	روز	متوسط دمای کمینه (0^C)	متوسط دمای بیشینه (0^C)	متوسط دما (0^C)	مقدار آب داده شده (mm)	بارندگی مؤثر (mm)	روز	متوسط دمای کمینه (0^C)	متوسط دمای بیشینه (0^C)	متوسط دما (0^C)	مقدار آب داده شده (mm)	بارندگی مؤثر (mm)	روز	متوسط دمای کمینه(0^C)	متوسط دمای بیشینه (0^C)	متوسط دما (0^C)	مقدار آب داده شده (mm)	بارندگی مؤثر (mm)
از کا شت تا سبز شدن	۱۵	۱۶/۸	۳۰/۶	۲۳/۷	۳۴/۵	۰	۲۲	۹	۲۱/۶	۱۵/۳	۹/۴	۱۸/۹	۳۹	۱/۳	۱۲/۲	۶/۸	۲۱/۵	۳/۷
از سبز شدن تا پنجه زدن	۱۴	۱۲/۷	۲۶/۶	۱۹/۶	۲۷/۸	۰	۲۳	۳/۱	۱۴/۶	۸/۹	۱۵/۴	۳/۷	۳۴	۰/۸	۱۰/۷	۵/۷	۱۸/۸	۱۰
(دوره پنجه زنی)	۲۲	۹/۲	۲۱/۷	۱۵/۴	۱۹/۰۸	۱۸/۹	۴۱	۱/۸	۱۲/۳	۷	۲۶/۳	۱۴/۸	۳۹	۳/۲	۱۲/۹	۸/۱	۴۵/۹	۲۰
دوره خواب	۶۵	۲/۳	۱۳/۳	۷/۸	۵۵/۸۵	۱۸/۵	۲۴	۰/۳	۹/۲	۴/۶	۱۵/۸	۴/۵	–	–	–	–	–	–
از ساقه رفتن تا گلدهی	۴۱	۱/۶	۱۰/۶	۶	۴۲/۱	۱۹/۸	۵۱	۶/۲	۱۶/۳	۱۱/۳	۸۱	۴۳/۵	۲۸	۱۰	۲۰/۷	۱۵/۳	۶۶	۳۸
ازگلدهی تا پرشدن دانه	۲۶	۶/۶	۱۷/۴	۱۲	۷۳/۳۵	۲۸/۲	۱۶	۱۲/۸	۲۴/۵	۱۸/۶	۶۶/۶	۲۰	۹	۱۸/۶	۳۰/۳	۲۴/۴	۲۵/۹	۱۵/۴
از پرشدن دانه تا سخت شدن دانه	۴۷	۱۳/۸	۲۵/۸	۱۹/۸	۸۵/۳۴	۷۱/۸	۲۳	۱۵/۴	۲۸/۶	۲۲/۱	۶۴/۸	۵۱/۸	۱۹	۱۴/۸	۲۸/۴	۲۱/۶	۴۲	۳۶/۴

محاسبات نیاز آبی

ابتدا با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه شامل دمای کمینه و بیشینه، رطوبت نسبی کمینه و بیشینه، سرعت باد و ساعات آفتابی در منطقه (اخذ شده از ایستگاه همدیدی کاشمر) تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از فرمول پنمن- مانتیث محاسبه شد.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n-G)+\left[\frac{890}{T+273}\right]U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)} \quad (۱)$$

که در این رابطه:

ET_0 تبخیر- تعرق مرجع (mm/day)، R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)، T متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین (0^C)، U_2 متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m/s)، (e_s-e_a) کمبود فشار بخار در ارتفاع دو متری (Kpa)، ▯ شیب منحنی فشار بخار ($Kpa/0^C$)، γ ضریب رطوبتی ($Kpa/0C$) و G شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$) می‌باشند.

سپس نیاز آبی گیاه با اعمال ضریب گیاهی گندم در مراحل مختلف رشد (اقتباس از نشریه ۲۴ فائو) و با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید:

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (۲)$$

که در رابطه فوق:

ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) ، ET_C نیاز آبی گیاه (میلی‌متر بر روز) و K_C ضریب گیاهی می‌باشد. جهت محاسبه بارندگی مؤثر از روش ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS) استفاده شد.

$$P_e = \frac{P_t\times[125-(0.2\times P_t)]}{125} \quad (۳)$$

که در این رابطه:

P_e میزان بارندگی مؤثر بر حسب میلی‌متر و P_t باران کل ماهانه (mm) می‌باشد.

دور آبیاری برای آبیاری قطره‌ای سه روز و بر اساس عرف منطقه در نظر گرفته شد. برای محاسبه عمق خالص آبیاری از رابطه (۴) استفاده گردید:

$$d_n = K_r \times (\sum_{i=1}^{3} ET_{Ci} - P_e) \quad (۴)$$

که در رابطه فوق، d_n عمق خالص آبیاری (mm) و K_r ضریب مربوط به سطح سایه‌اندازی گیاه (درصد پوشش گیاهی نسبت به کل سطح مزرعه) در آبیاری قطره‌ای می‌باشد.

در این پژوهش راندمان آبیاری در کرت‌های شش مترمربعی، ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد؛ زیرا در غیر این صورت، تلفات آبیاری ناشی از راندمان‌های کمتر از ۱۰۰ درصد در تیمارهای کم‌آبیاری نفوذ عمقی نکرده و در ناحیه ریشه باقی می‌ماند و تنش رطوبتی را به کمتر از حد مورد انتظار می‌رساند؛ بنابراین با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد، عمق ناخالص آبیاری و در نهایت حجم آب آبیاری مورد نیاز در طول دوره رشد برای هر کرت از روابط زیر محاسبه گردید:

$$d_g = \frac{d_n}{E_a} \quad (۵)$$

$$V = d_g \times A \quad (۶)$$

که در روابط فوق، d_g عمق ناخالص آبیاری (mm)، E_a راندمان کاربرد (۱۰۰ درصد)، A مساحت هر کرت (مترمربع) و V حجم آب آبیاری بر حسب لیتر می‌باشد. در نهایت حجم آب آبیاری مورد نیاز با استفاده از کنتور اندازه‌گیری و به هر کرت منتقل شد. بعد از عملیات کاشت اولین آبیاری در تاریخ ۱۳۹۷/۰۷/۰۱ صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی با رعایت دور آبیاری تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۰ انجام گردید.

عملیات برداشت گندم در ۱۰ تیرماه صورت گرفت. برای این منظور از وسط هر کرت مساحتی به اندازه یک مترمربع که معرف شرایط کل کرت بود، برداشت گندم صورت گرفت و نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شدند. عملکرد و اجزای عملکرد تیمارها شامل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شده و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار $SPSS$ صورت گرفت. برای محاسبه تعداد دانه در سنبله، از هر کرت تعداد ۳۰ سنبله به طور تصادفی انتخاب شد و متوسط تعداد دانه‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه نیز تعداد پنج نمونه ۱۰۰ تایی از هر کرت انتخاب

و وزن هر نمونه اندازه‌گیری شده و به ۱۰۰۰ دانه تعمیم داده شد. در نهایت میانگین پنج نمونه به عنوان وزن هزار دانه پذیرفته شد (امیدی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۴). برای به دست آوردن میزان کاه تولیدی، وزن دانه به دست آمده از واحد سطح از وزن کل محصول برداشت شده در واحد سطح کسر گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. با توجه به محدودیت منابع آبی و لزوم مدیریت آب در بخش کشاورزی، ارایه راهکاری که بتواند کارایی مصرف آب را افزایش دهد، حایز اهمیت است؛ بنابراین کارایی مصرف آب برای تیمارها از طریق رابطه ۷ محاسبه شد (لیو و همکاران، ۲۰۱۵):

$$WUE = \frac{Y}{TWU} \qquad (۷)$$

که در این رابطه:

WUE کارایی کل آب مصرفی (کیلوگرم بر مترمکعب) ، Y مقدار عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و TWU کل آب مصرفی شامل آبیاری و بارندگی مؤثر (مترمکعب در هکتار) می‌باشد. مقادیر کل بارندگی و بارندگی مؤثر در ماه‌های مختلف دوره رشد در جدول ۵ ارائه شده است.

نتایج و بحث

در جدول ۶ عمق آب داده شده به هر کرت با احتساب باران مؤثر (بر حسب میلی‌متر) در ماه‌های مختلف دوره رشد در تیمارهای مختلف ارائه گردیده است. نتایج تجزیه واریانس صفاتی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد کاه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در جدول ۷ ارایه شده است. نتایج این جدول نشان داد که تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند در حالی که اثر متقابل تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر عملکرد کاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد که اثر متقابل تنش رطوبتی و تاریخ کاشت بر تعداد دانه در سنبله و کارایی مصرف آب معنی‌دار نبود.

جدول ۵- مقادیر بارندگی کل و بارندگی مؤثر در ماه‌های مختلف در طول دوره رشد

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
کل بارندگی (*mm*)	۰	۳۹/۱	۸/۷	۲۹/۹	۳۹/۱	۵۲/۸	۵۶/۹	۵۰
بارندگی مؤثر (*mm*)	۰	۱۸/۹	۳/۷	۱۴/۸	۱۹/۸	۲۸/۲	۳۵/۴	۳۶/۴

جدول ۶- عمق آب داده شده به هر کرت با احتساب باران مؤثر (برحسب میلی‌متر) در ماه‌های مختلف دوره رشد گندم در تیمارهای مختلف

ماه	کاشت زود هنگام (اول مهر)				کاشت بهنگام (اول آبان)				کاشت دیر هنگام (اول آذر)			
	کامل	٪۸۰	٪۶۰	٪۴۰	کامل	٪۸۰	٪۶۰	٪۴۰	کامل	٪۸۰	٪۶۰	٪۴۰
مهر	۶۲	۶۲	۶۲	۶۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	۲۹/۱	۲۹/۱	۲۹/۱	۲۹/۱	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۴/۱	۰	۰	۰	۰
آذر	۲۸/۳	۲۸/۳	۲۸/۳	۲۸/۳	۲۳/۳	۲۳/۳	۲۳/۳	۲۳/۳	۱۴/۳	۱۴/۳	۱۴/۳	۱۴/۳
دی	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۱/۲	۱۱/۲
بهمن	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲	۱۹/۲
اسفند(اعمال تنش)	۶۴/۴	۵۱/۵	۳۸/۶	۲۵/۸	۳۶/۶	۲۹/۳	۲۲	۱۴/۶	۳۶/۶	۲۹/۳	۲۲	۱۴/۶
فروردین	۸۰/۱	۶۴/۱	۴۸/۱	۳۲/۱	۱۳۰/۲	۱۰۴/۱	۷۸/۱	۵۲/۱	۸۱/۶	۶۵/۳	۴۸/۹	۳۲/۶
اردیبهشت	۳۷/۶	۳۰/۱	۲۲/۵	۱۵/۱	۳۶/۴	۲۹/۱	۲۱/۸	۱۴/۵	۴۲/۸	۳۴/۲	۲۵/۶	۱۷/۱
مجموع عمق آب داده شده به هر کرت در طول دوره رشد (*mm*)	۳۳۶/۹	۳۰۰/۵	۲۶۴/۰	۲۲۷/۸	۲۷۶	۲۳۵/۳	۱۹۴/۷	۱۵۴	۲۰۵/۷	۱۷۳/۵	۱۴۱/۲	۱۰۹/۰
کل باران مؤثر در طول دوره رشد (*mm*)	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۵۷/۲	۱۳۸/۳	۱۳۸/۳	۱۳۸/۳	۱۳۸/۳
کل نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد (*mm*)	۴۹۴	۴۵۸	۴۲۱	۳۸۵	۴۳۳	۳۹۲	۳۵۲	۳۱۱	۳۴۴	۳۱۲	۲۸۰	۲۴۷

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات زراعی گندم رقم پیشگام

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد کاه (کیلوگرم بر مترمربع)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمربع)
تنش رطوبتی	۳	۷۲۹/۲۱۳ **	۶۹۶/۶۹۴ **	۲۱۹/۸۷۱ **	۳/۲۱۲ **	۲۰۲/۴۱۶ **	۰/۲۷ **	۰/۲۰۴ **	۰/۷۰۷ **
تاریخ کاشت	۲	۱۰۸/۱۱۱ **	۶۷/۷۵۰ **	۲۰/۰۲۸ **	۰/۳۱۳ **	۴۵/۳۱۵ **	۰/۰۴۵ **	۰/۰۳۵ **	۰/۱۰۶ **
تاریخ کاشت×تنش رطوبتی	۶	۷/۰۷۴ *	۲/۱۹۴ ns	۱/۱۵۱ *	۰/۰۰۳ ns	۴/۸۸۶ **	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۴ **	۰/۰۱۱ *
خطای آزمایش	۲۴	۲/۵۸۳	۲/۱۶۷	۰/۳۲۲	۰/۰۰۵	۱/۰۸۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱/۷۹	۵/۳۶	۱/۹۸	۳/۹۱	۴/۱۳	۵/۴۷	۷/۴۷	۵/۴۷

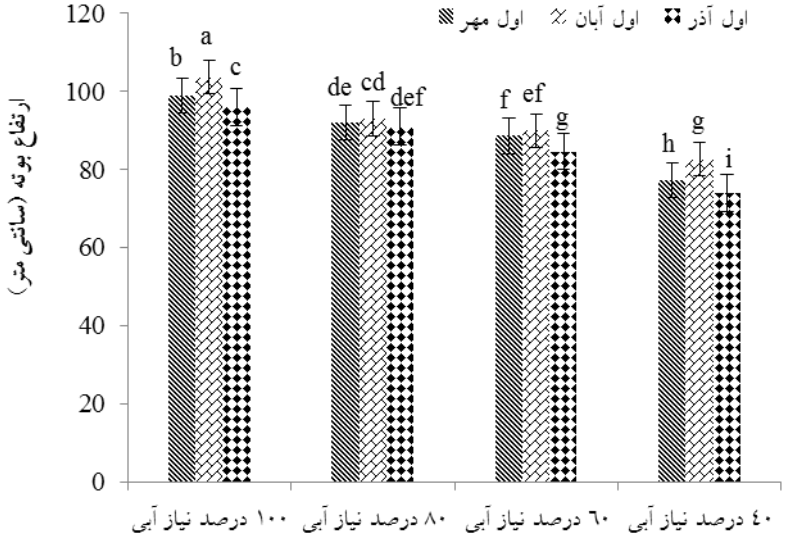
**، * و *ns*: به ترتیب معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۸- مقادیر ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف

	تیمار											
	I_1D_1	I_1D_2	I_1D_3	I_2D_1	I_2D_2	I_2D_3	I_3D_1	I_3D_2	I_3D_3	I_4D_1	I_4D_2	I_4D_3
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۹۹	۱۰۳/۶۷	۹۶	۹۲	۹۳	۹۱	۸۸/۶۷	۹۰	۸۴/۶۷	۷۷/۳۳	۸۲/۶۷	۷۴

ارتفاع بوته

در جدول ۸ مقادیر ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر) در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. بیش‌ترین ارتفاع بوته متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آبان و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آذر بود (شکل ۲). در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ارتفاع بوته در تاریخ یک آبان در مقایسه با تاریخ‌های یک مهر و یک آذر به ترتیب ۴/۷۱ و ۷/۹۸ درصد افزایش نشان داد. معاونی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی نشان دادند که اثر تنش رطوبتی بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. مقایسه میانگین اثر تنش بر ارتفاع گیاه در مطالعه آن‌ها نشان داد که تیمارهای بدون تنش از ارتفاع بیش‌تری نسبت به تیمارهای تنش رطوبتی برخوردار بودند. یافته‌های پژوهش توکلی (۱۳۹۱) نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته بود که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش همخوانی داشت. در مطالعه او ارتفاع بوته در تاریخ کاشت زود هنگام (اوایل مهر) در مقایسه با تاریخ کاشت نرمال (اواسط مهر) و دیرهنگام (اواخر مهر) بیش‌تر بود. احمدامینی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار کردند که در تاریخ کاشت‌های دیر به دلیل افزایش طول روز و افزایش دما، ارتفاع بوته کاهش نشان داد. فلاح و تدین در پژوهشی نشان دادند که تأثیر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش همخوانی داشت. کاهش دوره رشد منجر به کاهش رشد رویشی و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته می‌شود (فلاح و تدین، ۱۳۹۲). عبدالهی (۱۳۹۴) در مطالعه خود نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود. او در مطالعه خود اثر دو تاریخ کاشت قبل از بارندگی مؤثر و بعد از بارندگی مؤثر را بر اجزای عملکرد گندم دیم در منطقه کرمانشاه مورد بررسی قرار داد.



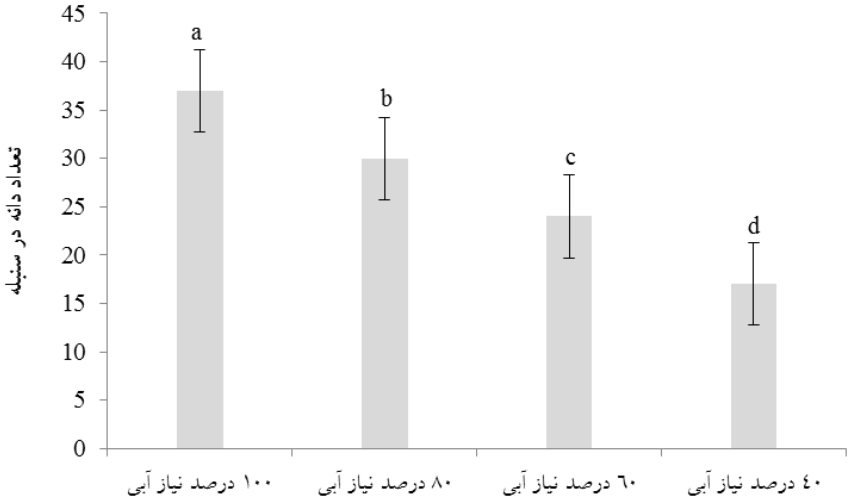
شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر ارتفاع گندم رقم پیشگام
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

تعداد دانه در سنبله

بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۳۸ دانه در سنبله و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار آبیاری ۴۰ درصد نیاز آبی و به مقدار ۱۷ دانه در سنبله بود (شکل ۳)؛ زیرا اعمال تنش رطوبتی در مرحله گلدهی باعث عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در

فتوسنتز و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در سنبله باشد (موری و همکاران، ۱۳۹۱). نتیجه مطالعه هادی و همکاران (۱۳۹۶) نیز نشان داد که تنش رطوبتی تعداد دانه در سنبله گندم رقم پیشگام را به طور معنی‌داری کاهش داد که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش همخوانی داشت.

مقایسه میانگین اثر ساده تاریخ کاشت بر تعداد دانه در سنبله نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله متعلق به تاریخ کاشت اول آبان و به مقدار ۳۰ دانه در سنبله و کمترین مقدار آن متعلق به تاریخ کاشت اول آذر و به مقدار ۲۵ دانه در سنبله بود. کاهش حدود ۱۷ درصدی تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت اول آذر (تاریخ کاشت دیرهنگام) در مقایسه با تاریخ کاشت اول آبان (تاریخ کاشت بهنگام) احتمالاً نتیجه مصادف شدن زمان گلدهی بوته‌های گندم دیر کاشت با دمای بالا و در نتیجه سقط تعدادی از دانه‌ها می‌باشد (جدول ۴). پژوهش فلاح و تدین (۱۳۹۲) نیز نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود به طوری که تأخیر در تاریخ کاشت پتانسیل دانه‌بندی گیاه را کاهش داد که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. دلیل آن این بود که به تأخیر انداختن تاریخ کاشت گندم در منطقه شهرکرد منجر به رویارویی فصل رشد با فصل سرما می‌گردد که در نتیجه آن رشد بوته‌ها و تجمع مواد فتوسنتزی و به دنبال آن تعداد دانه در سنبله به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.



شکل ۳- اثر ساده تیمارهای آبیاری بر تعداد دانه در سنبله گندم رقم پیشگام در تاریخ کاشت اول آبان‌ماه
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

وزن هزار دانه

وزن دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه در گندم می‌باشد و بسته به دوره و مرحله وقوع تنش، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (فیشر، ۱۹۷۳). همان طوری که از نتایج ارائه شده در شکل ۴ قابل استباط است، اعمال تیمارهای کم‌آبیاری وزن هزار دانه را به طور معنی‌داری کاهش داده است. این پدیده می‌تواند به دلیل آن کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه در اثر تنش رطوبتی و دمای زیادتر هوا طی روزهای پایانی دوره رشد باشد (موری و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مطالعات هادی و همکاران (۱۳۹۶) نیز نشان داد که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در تیمارهای کم‌آبیاری گردید. وزن هزار دانه در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با سایر

تیمارهای آبیاری کمتر است. وزن هزار دانه در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، ۳۳/۵۴ درصد کاهش نشان داد. فرمهینی فراهانی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که در شرایط کم‌آبی، میزان رشد رویشی و مقدار مواد فتوسنتزی گیاه گندم کاهش یافت. این شرایط باعث کاهش گرده‌افشانی گل‌ها شده و ممکن است گل‌ها به دانه تبدیل نشوند و یا به دلیل شرایط تنش آبی برخی از گل‌های تلقیح شده موفق به دریافت کربوهیدرات کافی برای پر شدن دانه نخواهند شد و در نتیجه تعداد دانه و وزن آن‌ها کم می‌شود.

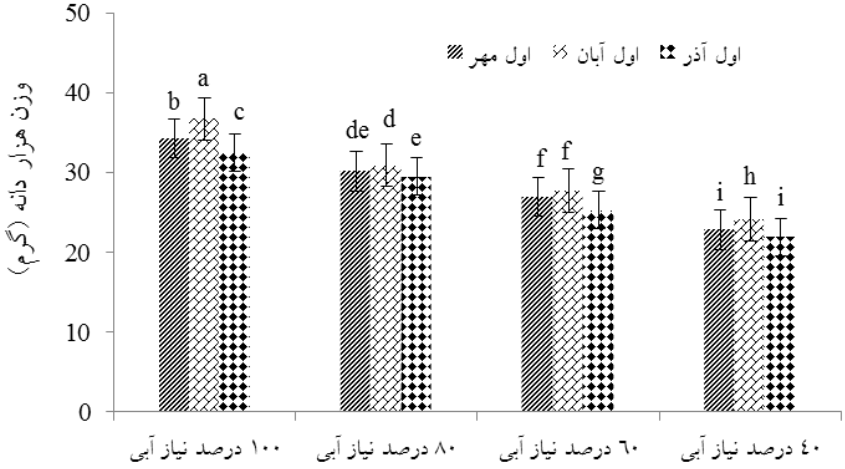
نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر تنش رطوبتی و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش رطوبتی و تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. بیش‌ترین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اول آبان ماه (کشت بهنگام) و کمترین مقدار آن در تاریخ کاشت اول آذر ماه (کشت دیرهنگام) به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اول آبان ماه به دلیل عدم برخورد رشد گیاه با شرایط نامساعد تنش گرمایی و خشکی، مواد فتوسنتزی بیش‌تری به سلول‌ها راه می‌یابد و به تبع آن وزن هزار دانه بالا می‌رود (جدول ۴). این نتیجه با نتایج به دست آمده در مطالعه فلاح و تدین (۱۳۹۲) مطابقت داشت. آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که وزن هزار دانه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت به طوری که با تأخیر در کاشت، وزن هزار دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت. وزن هزار دانه تحت تأثیر عواملی که بعد از گرده‌افشانی اتفاق می‌افتند، قرار می‌گیرد. وزن نهایی دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن دانه است، این دو عامل تحت تأثیر تأخیر در کاشت نقصان یافته و موجب کاهش وزن هزار دانه می‌گردد (کلاته عربی و همکاران، ۱۳۹۰). جین و همکاران نیز کاهش وزن هزار دانه را در گندم به دلیل تأخیر در کاشت گزارش کردند (جین و همکاران، ۱۹۹۲). قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه خود نشان دادند که وزن هزار دانه در تیمار دیم کامل نسبت به تیمارهای تحت آبیاری تکمیلی (در مرحله گلدهی، دانه‌دهی و گلدهی و دانه‌دهی) کاهش معنی‌داری از خود نشان داد. به عبارتی تنش رطوبتی در مطالعه آن‌ها نیز باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در گندم گردید که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

در شکل ۴ اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه گندم (رقم پیشگام) نشان داده شده است. مطابق شکل ۴ بیش‌ترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آبان به مقدار ۳۶/۷۳ گرم و کمترین مقدار آن در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آذر به مقدار ۲۱/۸۶ گرم مشاهده گردید.

کارایی مصرف آب

در جدول ۹ مقدار کل آب مصرفی در طول دوره رشد، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. بیش‌ترین کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آبان، به میزان ۱/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقدار آن در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آذر، به میزان ۰/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (جدول ۹). با توجه به شکل ۵ مشخص می‌شود که کارایی مصرف آب در تیمارهای ۸۰ درصد، ۶۰ درصد و ۴۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲۳/۶۴، ۲۷/۷۰ و ۴۳/۲۴ درصد کمتر از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (تیمار شاهد) بود. جعفری و همکاران (۱۳۹۷) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که کارایی مصرف آب گندم (رقم پارسی) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیش‌ترین مقدار و در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی کم‌ترین مقدار خود را داشت که با نتایج به دست آمده در این پژوهش همخوانی داشت. بر اساس نتایج به دست آمده در مطالعه آن‌ها، پربازده‌ترین تیمار آبیاری، تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود که منجر به افزایش ۴۳/۱۸ درصدی کارایی مصرف آب نسبت تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گردید. توکلی (۱۳۹۱) در پژوهش خود نشان داد که اثر تاریخ

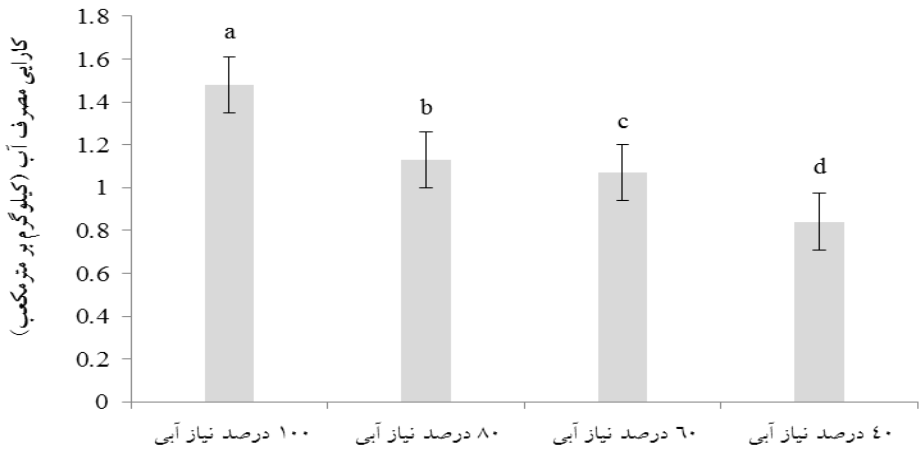
کاشت گندم در سطح احتمال ۱٪ بر کارایی مصرف آب معنی-دار بود با نتیجه به دست آمده در این پژوهش همخوانی داشت. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کوتاه بودن بازه زمانی برای کاشت گندم به دلیل فرارسیدن زودهنگام سرما، باعث می‌شود که تاریخ کاشت به موقع اثر مهمی بر عملکرد دانه و در نتیجه کارایی مصرف آب در این مناطق داشته باشد. در مناطق خشک و نیمه‌خشکی مانند کاشمر نیز تأخیر در زمان کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و در نتیجه کارایی مصرف آب خواهد داشت؛ زیرا بازه زمانی کاشت گندم در این مناطق کوتاه بوده و خطر مواجهه شدن گندم با سرمای زمستانه قبل از استقرار کامل گیاه، کمتر وجود دارد (جدول ۴). همین امر باعث شده است که در پژوهش حاضر اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب معنی‌دار گردد. نتایج مطالعات صنوبر و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری که با تنش رطوبتی بیش‌تری مواجه بودند، کمتر بود. این نتیجه با یافته‌های به دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت.



شکل ۴- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر وزن هزاردانه گندم رقم پیشگام
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

جدول ۹- مقدار کل آب مصرفی در طول دوره رشد، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف

تیمار	مقدار کل آب مصرفی (آبیاری+ بارندگی مؤثر) (مترمکعب)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I1D1	۴۹۴۰	۶۲۶۶	۱/۲۶
I1D2	۴۳۳۰	۷۲۲۷	۱/۶۷
I1D3	۳۴۴۰	۵۲۵۴	۱/۵۲
I2D1	۴۵۸۰	۴۲۸۳	۰/۹۳
I2D2	۳۹۲۰	۴۷۱۱	۱/۲۰
I2D3	۳۱۲۰	۴۰۰۰	۱/۲۸
I3D1	۴۲۱۰	۳۷۱۶	۰/۸۸
I3D2	۳۵۲۰	۳۸۷۳	۱/۱۰
I3D3	۲۸۰۰	۳۴۹۱	۱/۲۴
I4D1	۳۸۵۰	۲۷۵۸	۰/۷۱
I4D2	۳۱۱۰	۳۲۲۳	۱/۰۳
I4D3	۲۴۷۰	۲۰۰۰	۰/۸۰



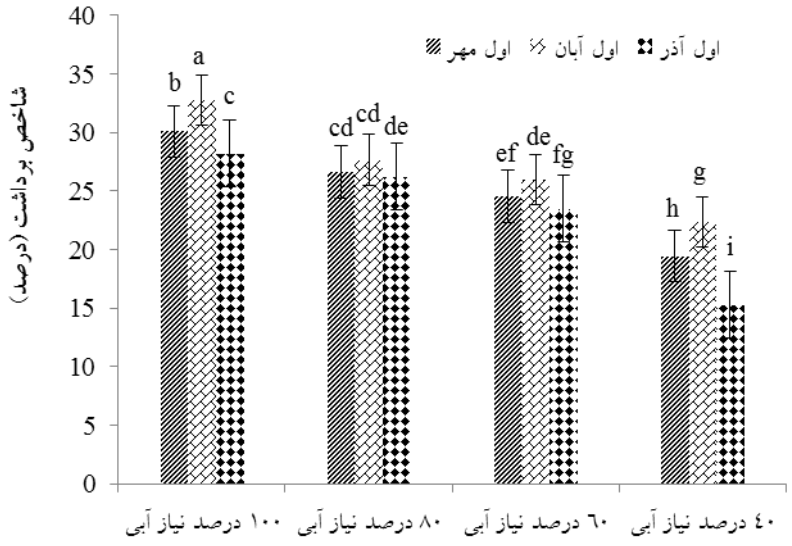
شکل ۵- اثر ساده تیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف آب گندم رقم پیشگام در تاریخ کاشت اول آبان‌ماه
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

شاخص برداشت

مقایسه میانگین شاخص برداشت در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که شاخص برداشت در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تیمارهای دیگر بیش‌تر بود (شکل ۶). بالا بودن شاخص برداشت به این معنی است که سهم دانه‌ها از کل ماده خشک تولید شده توسط گیاه افزایش یافته است؛ به عبارت دیگر مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی به دانه‌ها انتقال یافته‌اند. چون این مواد در ساقه‌ها و غلاف برگ‌ها ذخیره می‌شوند (قبل از گرده‌افشانی)، بنابراین تسهیل انتقال آن‌ها شاخص برداشت را بالا می‌برد (ترابیان و مقصودی، ۱۳۹۳). در شرایط خشک به دلیل کاهش میزان تعرق، نقل و انتقال مواد به کندی صورت می‌گیرد که همین باعث کاهش شاخص برداشت در تیمارهای تحت تنش رطوبتی می‌گردد (ریچارد، ۲۰۰۶). بیش‌ترین شاخص برداشت متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت یک آبان و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت یک آذر بود (شکل ۶). نتیجه پژوهش معاونی و همکاران (۱۳۸۸) نیز نشان داد که اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود که با نتیجه به دست آمده در پژوهش حاضر همخوانی داشت. میانگین اثر تنش بر شاخص برداشت در پژوهش آن‌ها نشان داد که تیمارهای بدون تنش نسبت به تیمار تنش رطوبتی، شاخص برداشت بالاتری داشتند. نتایج تحقیقات حلیم و همکاران (۱۳۹۶) نیز حاکی از کاهش معنی‌دار شاخص برداشت در اثر تنش رطوبتی در گندم بود.

عملکرد کاه

در جدول ۱۰ مقادیر کاه تولیدی در تیمارهای مختلف ارائه گردیده است. با توجه به شکل ۷ مشخص می‌شود که با افزایش تنش رطوبتی عملکرد کاه در تاریخ‌های مختلف کاشت، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیش‌ترین عملکرد کاه متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آبان و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آذر بود (جدول ۱۰). همچنین با توجه به شکل ۷ مشخص می‌شود که با تغییر تاریخ کاشت از اول مهر به اول آبان، میزان کاه تولیدی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت دیرهنگام به دلیل برخورد مراحل فنولوژیکی گیاه بعد از گرده‌افشانی با شرایط نامساعد (تنش حرارتی)، رقابت شدیدتری بین اندام‌های رویشی و زایشی رخ داده و در نتیجه عملکرد کاه کاهش یافته است (جدول ۴).

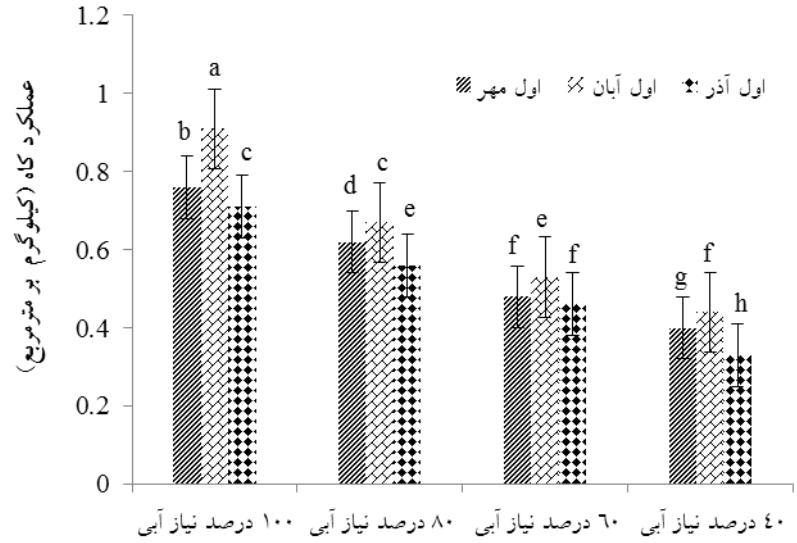


شکل ۶- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر شاخص برداشت گندم رقم پیشگام

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

جدول ۱۰- مقادیر کاه تولید شده در تیمارهای مختلف

مقدار کاه (کیلوگرم بر مترمربع)	تیمار											
	I_1D_1	I_1D_2	I_1D_3	I_2D_1	I_2D_2	I_2D_3	I_3D_1	I_3D_2	I_3D_3	I_4D_1	I_4D_2	I_4D_3
	۰/۷۶	۰/۹۱	۰/۷۱	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۳۳



شکل ۷- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد کاه گندم رقم پیشگام

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

جدول ۱۱- مقادیر دانه تولید شده در تیمارهای مختلف

مقدار دانه (کیلوگرم بر مترمربع)	تیمار											
	I_1D_1	I_1D_2	I_1D_3	I_2D_1	I_2D_2	I_2D_3	I_3D_1	I_3D_2	I_3D_3	I_4D_1	I_4D_2	I_4D_3
	۰/۶۲	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۲۰

توکلی (۱۳۹۱) نیز در پژوهش خود گزارش کرد که تاریخ کاشت بر عملکرد کاه و کلش در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌دار داشت که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش همخوانی داشت.

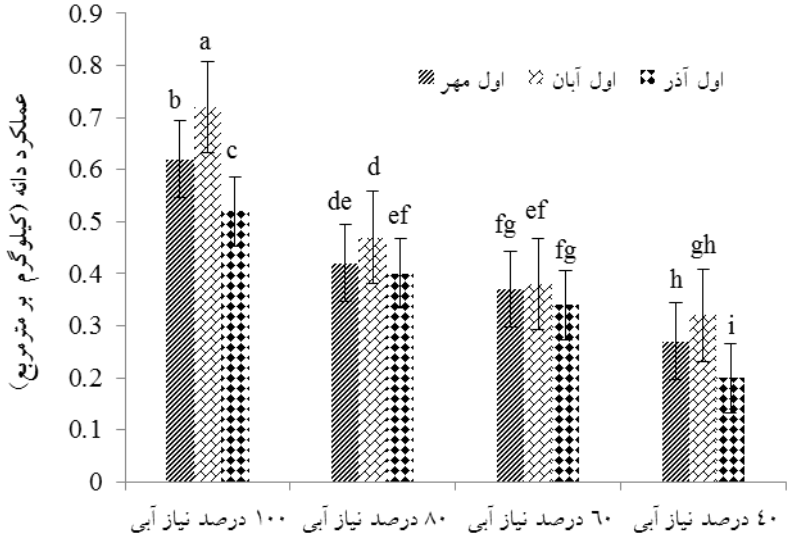
عملکرد دانه

در جدول ۱۱ مقادیر دانه تولید شده در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده تأثیر تنش رطوبتی بر کاهش عملکرد دانه گندم کاملاً مشهود است (جدول ۱۱). مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری در شکل ۶ نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیازآبی در مقایسه با تیمارهای دیگر بود. بیش‌ترین عملکرد دانه متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آبان و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت اول آذر بود (شکل ۸). اعمال تنش رطوبتی در تیمارهای ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) به ترتیب ۳۰/۶۸، ۴۰/۸۹ و ۵۷/۴۲ درصد کاهش داد. موری و همکاران (۱۳۹۱) نیز در پژوهشی نشان دادند که اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و افزایش تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید که با یافته-های این پژوهش مطابقت داشت. این موضوع می‌تواند به دلیل تأثیر منفی تنش بر اجزای عملکرد دانه به ویژه تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه باشد. نتایج پژوهش صنوبر و همکاران (۱۳۸۹) نیز نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد. به طوری که تیمار آبیاری با دور هشت روز حداکثر عملکرد دانه و تیمار آبیاری با دور ۱۴ روز حداقل عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و اثر متقابل تنش رطوبتی و تاریخ کاشت نیز بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اصولاً عملکرد دانه ناشی از تغییرات به وجود آمده در تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد. از این رو با توجه به این که در این پژوهش عوامل فوق تحت تأثیر تیمارهای مختلف تاریخ کاشت قرار گرفته‌اند، بنابراین عملکرد دانه نیز تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت و تاریخ کاشت یک آبان در مقایسه با تاریخ‌های کاشت یک مهر و یک آذر دارای عملکرد بیش‌تری بود. در تاریخ کاشت یک آبان به دلیل ظهور زودتر، گیاهچه توانست با استفاده از دوره زمانی طولانی‌تر، از رشد بهتری برخوردار شود و با جذب دماهای بیش‌تر و استفاده از منابع غذایی خاک و آب، ماده خشک بیش‌تری را تولید و ذخیره سازد و در نتیجه به پتانسیل بالاتری از عملکرد برسد. ولی در تاریخ کاشت دیرهنگام به دلیل برخورد مراحل فنولوژیک گیاه بعد از گرده‌افشانی با تنش گرما، وزن هزار دانه و در نتیجه عملکرد اقتصادی کاهش یافت. همچنین طول فصل رشد مناسب و انطباق مراحل فنولوژیکی به‌ویژه مراحل گلدهی و پرشدن دانه‌ها با طول روز و درجه حرارت‌های مطلوب‌تر نیز می‌تواند دلیل بیش‌تر بودن عملکرد دانه در تاریخ کاشت دوم (۱ آبان ماه) نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر باشد (جدول ۴).

بررسی نتایج سایر پژوهشگران نیز در تحلیل یافته-های این مطالعه مؤثر است. طی پژوهشی در گرگان و در شرایط تنش رطوبتی، ارتباط اجزای عملکرد نشان داد که وزن هزار دانه بیش‌ترین ارتباط را با عملکرد دانه دارد (خبازصابری

و همکاران، ۱۳۷۲). نتایج تحقیقات فلاح و تدین (۱۳۹۲) نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود که با نتیجه به دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. آن‌ها در مطالعه خود سه تاریخ کاشت ۱۶ مهر، ۱ آبان و ۱۶ آبان را برای کاشت گندم در نظر گرفتند که عملکرد دانه در تاریخ کاشت سوم در مقایسه با تاریخ‌های کاشت اول و دوم به ترتیب به مقدار ۲۶ و ۲۰ درصد کاهش نشان داد. دلیل این اختلاف ممکن است به شرایط متفاوت آب و هوایی در تاریخ‌های مختلف کاشت مربوط باشد. آن‌ها مطالعه خود را در منطقه‌ای انجام دادند (شهرکرد) که دارای زمستان‌های بسیار سرد است. تأخیر در کاشت به موقع گندم در این منطقه (کاشت دیرهنگام) باعث می‌شود که در شرایطی که گیاه هنوز به طور کامل در زمین استقرار نیافته است با سرمای زمستان مواجه گردد. بنابراین تأخیر در تاریخ کاشت به علت عدم استقرار به موقع گیاه، عدم رشد کافی قبل از مواجهه با سرمای پاییزه و نیز عدم دریافت بخشی از تشعشعات خورشیدی موجود به وسیله سایه‌انداز گیاهی به دلیل کاهش طول دوره رشد، منجر به کاهش عملکرد بالقوه گیاهان زراعی می‌شود. از طرفی دیگر بررسی وضعیت دمایی منطقه مورد مطالعه فلاح و تدین (۱۳۹۲) نشان داد که دما در اوایل آبان ماه به شدت کاهش یافته است به طوری که متوسط دمای کمینه، پایین‌تر از صفر فیزیولوژیکی گیاه گندم بوده است. همچنین دمای خرداد ماه نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است که این افزایش نیز احتمالاً سبب مواجهه گیاه به ویژه در تاریخ کاشت ۱۶ آبان با تنش دمایی بالا و در نتیجه کاهش عملکرد دانه در این تاریخ شده است. کاشت دیر هنگام نیز به دلیل برخورد دوره رشد و نمو دانه با تنش خشکی و گرمای هوا ممکن است موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود (عبدالهی، ۱۳۹۴).

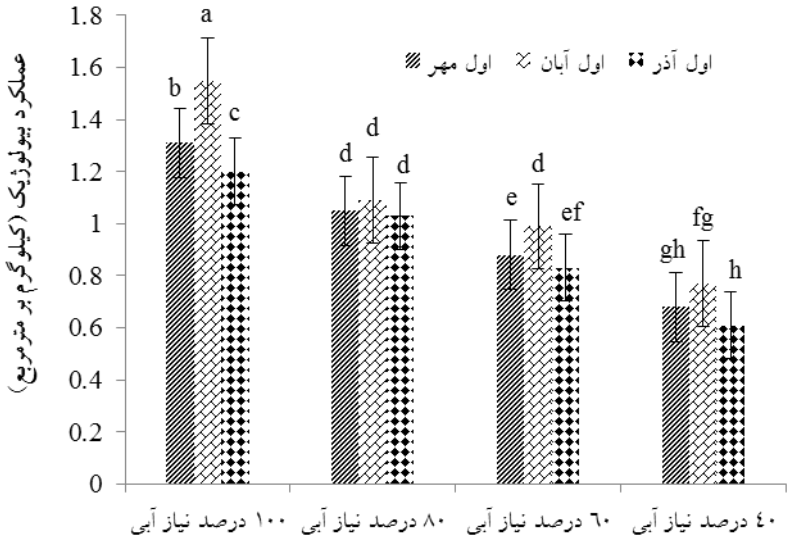


شکل ۸- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه گندم رقم پیشگام
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک بین تیمارهای آبیاری و تاریخ-های مختلف کاشت در سطح احتمال یک درصد در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار داشت. افزایش تنش رطوبتی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک گردید. تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی در مقایسه به تیمارهای ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی عملکرد بیولوژیک بیش‌تری داشت. عملکرد

بیولوژیک در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) در مقایسه با تیمارهای ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی به ترتیب به اندازه ۲۸/۰۷، ۵۰/۱۸ و ۹۶/۱۳ درصد بیش‌تر بود. بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تاریخ کاشت یک آبان و کمترین مقدار آن متعلق به تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی و تاریخ یک آذر بود (شکل ۹). این نتیجه با نتایج به دست آمده در پژوهش موری و همکاران (۱۳۹۱) همخوانی داشت. آن‌ها در مطالعه خود نشان دادند که افزایش تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در بین ارقام مختلف گندم گردید. بر اساس پژوهش‌های انجام گرفته تنش خشکی در مراحل مختلف به ویژه در زمان پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد می‌شود و همچنین کاهش فتوسنتز و از طرف دیگر کاهش انتقال مواد پرورده به اجزای گیاه، سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد (امام، ۱۳۹۰). در پژوهش معاونی و همکاران (۱۳۸۸)، مقایسه میانگین‌های اثر تنش بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که تیمارهای بدون تنش نسبت به تیمار تنش رطوبتی از عملکرد بیولوژیک بیش‌تری برخوردار بودند که با یافته‌های به دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت یک آبان در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر، بیش‌تر بود. در تیمارهای کم‌آبیاری ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی، بین عملکرد بیولوژیک در تاریخ‌های کاشت یک مهر و یک آذر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج جدول تجزیه واریانس همچنین نشان داد که اثر متقابل تنش رطوبتی و تاریخ کاشت نیز بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.



شکل ۹- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک گندم رقم پیشگام
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که اعمال کم‌آبیاری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گندم گردید به طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گندم در منطقه کاشمر زمانی اتفاق می‌افتد که ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تأمین گردد؛ بنابراین علی رغم کاهش مصرف آب در شرایط اعمال کم-آبیاری در مزارع تحت کشت گندم در منطقه مورد مطالعه، برای رسیدن به حداکثر سود پیشنهاد می‌گردد که نیاز آبی گندم به‌طور کامل تأمین شده و از ایجاد تنش رطوبتی به این گیاه

استراتژیک جلوگیری به عمل آید. همچنین با توجه به یافته-های این پژوهش می‌توان گفت، اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب متعلق به تاریخ کاشت یک آبان بود که در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر افزایش معنی‌داری را از خود نشان داد؛ بنابراین می‌توان گفت بهترین تاریخ کاشت گندم پاییزه در منطقه خشک و نیمه‌خشک کاشمر، تاریخ ۱ آبان است.

فهرست منابع

۱. امام ی، ۱۳۹۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.

۲. امیدی‌نسب د، قرینه م ح، بخشنده ع، شرفی‌زاده م، شافعی‌نیا ع ر و سقلی ع، ۱۳۹۴. اثر میزان بذر و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum*) در بقایای گیاهی ذرت (*Zea mays*) (بی-خاک‌ورزی). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۳، شماره ۳، صفحه‌های ۵۹۸ تا۶۱۰.

۳. احمدامینی ط، کامکار ب و سلطانی ا، ۱۳۹۰. اثر تاریخ کاشت بر ضرایب تخصیص ماده خشک در ارقام مختلف گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۴، شماره ۱، صفحه‌های ۱۳۱ تا ۱۵۰.

۴. ترابیان ع و مقصودی ک، ۱۳۹۳. بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن در گندم در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی با استفاده از روش تجزیه مسیر. نشریه زراعت، دوره ۱۰۴، صفحه‌های ۴۷ تا ۵۳.

۵. توکلی ع ر، ۱۳۹۱. اثر تاریخ کاشت و آبیاری محدود بر عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم گندم در مراغه. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، جلد ۲، شماره ۶، صفحه‌های ۸۷ تا ۹۶.

۶. جعفری ن، آقایاری ف و پاک‌نژاد ف، ۱۳۹۷. تأثیر روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف مصرف آب گندم رقم پارسی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۱۲، شماره ۴، صفحه‌های ۵۸۱ تا ۵۹۸.

۷. چگنی ه، ۱۳۹۳. بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، جلد ۲۷، دوره ۱۰۴، صفحه‌های ۹ تا ۲۱.

۸. حلیم ق، یحیی ا و شاکری ا، ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش در ارقام گندم نان در شرایط قطع آبیاری پس از گلدهی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، جلد ۷، شماره ۴، صفحه‌های ۱۲۱ تا ۱۳۴.

۹. خبازصابری ح، قمی س و چراغ‌علی ا، ۱۳۷۲. مطالعه و تعیین تراکم مناسب ارقام پیشرفته گندم. مجله نهال و بذر، جلد ۹، شماره ۳، صفحه‌های ۲۶ تا ۲۹.

۱۰. رستگار م ع، ۱۳۸۷. دیم‌کاری. انتشارات برهمند.

۱۱. سلامات ن، ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام دیررس گندم. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۱، شماره ۳، صفحه‌های ۳۷ تا ۵۰.

۱۲. صنوبر ع، دهقانی ف و طباطبایی س ع، ۱۳۸۹. اثر دور آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف مصرف آب و برخی خصوصیات کیفی ارقام گندم نان. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۴، شماره ۱، صفحه‌های ۳۱ تا ۴۰.

۱۳. عباسی ف، محمدی ح، بازگیر س و آزادی م، ۱۳۹۷. برآورد تاریخ بهینه کشت و مراحل حساس رشد به تنش آبی در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران. مجله مدیریت آب و آبیاری، جلد ۸، شماره ۲، صفحه‌های ۲۶۷ تا ۲۸۷.

۱۴. عبدالهی ع، ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد گندم نان در شرایط دیم. نشریه زراعت دیم ایران، جلد ۴، شماره ۲، صفحه‌های ۹۹ تا ۱۱۵.

۱۵. فرمهینی فراهانی م، میرزاخانی م و ساجدی ن ع، ۱۳۹۲. اثر تنش کم‌آبی و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پاییزه در اراک. نشریه یافته‌های نوین کشاورزی، جلد ۷، شماره ۳، صفحه‌های ۲۶۳ تا ۲۷۴.

۱۶. فلاح س و تدین م ر، ۱۳۹۲. تأثیر تاریخ و تراکم کاشت بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان پاییزه (*Triticum aestivum L.*) در منطقه شهرکرد. مجله پژوهش در گیاهان زراعی، جلد ۱، شماره ۲، صفحه‌های ۱۱ تا ۲۱.

۱۷. قمرنیا ه، فرمانی‌فرد م و ساسانی ش، ۱۳۹۱. بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارایی مصرف مصرف آب سه رقم جدید گندم. مجله مدیریت آب و آبیاری، جلد ۲، شماره ۲، صفحه‌های ۶۹ تا ۸۳.

۱۸. کلاته‌عربی م، شیخ ف، سوقی ح و هیوه‌چی ج، ۱۳۹۰. اثر تاریخ کاشت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum L.*) در گرگان. مجله به‌زراعی نهال و بذر، جلد ۲۷، شماره ۳، صفحه‌های ۲۸۵ تا ۲۹۶.

۱۹. معاونی پ، حبیبی د و عباس‌زاده ب، ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم گندم در شهر قدس. مجله زراعت و اصلاح نباتات، جلد ۵، شماره ۱، صفحه‌های ۶۹ تا ۸۵.

۲۰. موری س، امام ی و کریم‌زاده سورشجانی ه، ۱۳۹۱. ارزیابی مقاومت به خشکی انتهای فصل در ارقام گندم با استفاده از عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، جلد ۵، شماره ۱، صفحه‌های ۱۹ تا ۳۲.

۲۱. نورمحمدی ق، سیادت ع و کاشانی ع، ۱۳۸۰. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲۲. هادی م، جلیلی س و مجنونی‌هریس ا، ۱۳۹۶. ارزیابی عملکرد گندم در شرایط دیم و آبی و بررسی امکان آبیاری تکمیلی گندم دیم با استفاده از آب ذخیره شده در کم‌آبیاری گندم آبی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۱، شماره ۳، صفحه‌های ۴۰۳ تا ۴۱۱.

23. *Chen C, Payne W A, Smiley R W and Stoltz M A, 2003. Yield and water use efficiency of eight wheat cultivars planted on seven dates in Northeastern Oregon. Agronomy 95.4: 836-843.*

24. *Chen R, Cheng W, Cui J, Liano J, Fan H, Zheng Z and Ma F, 2015. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: The effect on soil moisture, yield and water use efficiency. Field Crop Research 179: 52-69.*

25. *Fischer R A, 1973. The effect of water at various stages of development on yield processes in wheat. Pp. 233-241. In: Proceedings of Plant Responses to Climate Factors Symposium. UNESCO, Paris.*

26. *Hossain I, Epplin F M and Krenzer E G, 2003. Planting date influence on dual-purpose winter wheat forage yield, grain yield, and test weight. Agronomy 95.5: 1179-1188.*

27. *Jain M P, Dixit P V and Khan R A, 1992. Effect of sowing date on wheat varieties under late sown irrigated conditions. Agricultural Science 62: 669-671.*
28. *Khichar M L and Niwas R, 2006. Microclimate profiles under different sowing environments in wheat. Agrometeorology 8: 201-209.*
29. *Li Q, Bian C, Liu X, Ma C and Liu Q, 2015. Winter wheat grain yield and water use efficiency in wide-precision planting pattern under deficit irrigation in North China Plain. Agriculture Water Management 152: 71-76.*
30. *Liu E K, Mei X R, Yan C R, Gong D Z and Zhang Y Q, 2015. Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. Agricultural Water Management 167: 75-85.*
31. *Richard A R, 2006. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. Agricultural Water Management 80.1-3: 197-211.*
32. *Sun H, Zhang X, Chen S, Pei D and Liu C, 2007. Effects of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat-summer maize in the North China Plain. Industrial Crops and Products 25.3: 239-247.*
33. *Timsina J, Godwin D, Humphreys E, Singh Y, Singh B, Kukal S S and Smith D, 2008. Evaluation of options for increasing yield and water productivity of wheat in Punjab, India using the DSSAT-CSM-CERES-Wheat model. Agricultural Water Management 95.9: 1099-1110.*
34. *Toklu F and Yagbasanlar L, 1996. A research on determination wheat cultivars under Cukrova climate conditions. Pp. 287. In: The proceedings of the 5th International Wheat Conference. Ankara, Turkey.*
35. *Winter S R and Musick J T, 1993. Wheat planting date effects on soil water extraction and grain yield. Agronomy 85.4: 912-916.*
36. *Zhang B, Li F M, Huang G, Cheng Z Y and Zhang Y, 2006. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. Agricultural Water Management 79.1: 28-42.*

توسعه مدل تحلیل ریسک خشکسالی در سامانه‌های تأمین آب کشاورزی شبکه آبیاری رودشت شمالی با استفاده از شبکه بیزین

عطیه بزرگی، عباس روزبهانی[۱]* و سید مهدی هاشمی شاهدانی

دانشجوی دکترای مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

bozorgi.atiyeh@ut.ac.ir

دانشیار گروه مهندسی آبیاری، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

roozbahany@ut.ac.ir

دانشیار گروه مهندسی آبیاری، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

mehdi.hashemy@ut.ac.ir

چکیده

کشاورزی از مهمترین بخش‌های اقتصادی ایران و بزرگترین مصرف کننده منابع آب سطحی و زیرزمینی به‌حساب می‌آید. از آنجایی که خطرات مختلفی سامانه‌های تأمین آب کشاورزی را تهدید می‌کند، لذا توسعه چارچوب تحلیل ریسک به‌منظور شناسایی و بررسی میزان تأثیر خطرات پیش‌روی سامانه‌های مذکور در پیش‌برد توسعه پایدار کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است. از این رو، تحقیق حاضر برای نخستین بار اقدام به توسعه مدل تحلیل ریسک خطر خشکسالی در سامانه تأمین آب کشاورزی با کمک شبکه بیزین نموده است. ساختار این مدل، که متشکل از گره‌ها و ارتباط بین آنها است، به‌گونه‌ای طراحی شده که با استفاده از اطلاعات دبی رودخانه، آب رهاسازی شده از سامانه انحراف آب بالادست شبکه، حجم آب زیرزمینی برداشت شده و تقاضای شبکه آبیاری، مقدار ریسک سامانه تأمین را ارزیابی کند. به‌منظور بررسی توانایی مدل توسعه داده شده، تحلیل ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی شبکه آبیاری مدرن رودشت اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر ریسک سامانه تأمین آب شبکه رودشت در بازه صفر تا ۵۸/۱۱ ٪ و به‌طور متوسط برابر ۳۹/۸۲٪ (برای ۷۸ رویداد مختلف) برآورد شد. نتایج نشان داد که این مدل در دو بخش آموزش و آزمایش به ترتیب با مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۰/۰۹ و ۰/۱، ضریب تبیین ۰/۸۵ و ۰/۷۵ و شاخص کل عملکرد ۰/۷۴ و ۰/۸۲ دارای دقت و عملکرد مناسبی در برآورد ریسک است. نتایج این تحقیق و مدل ارایه شده به بهره‌برداران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی بهتری برای تخصیص آب آبیاری بر اساس ریسک‌های پیش‌بینی شده در شرایط خشکسالی هیدرولوژیکی ارائه نمایند.

واژه های کلیدی: منابع آب سطحی و زیرزمینی، خشکسالی هیدرولوژیکی، تخصیص آب آبیاری

۱- آدرس نویسنده مسئول : گروه مهندسی آبیاری پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران.

*- دریافت: فروردین ۱۳۹۹ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

آب به‌عنوان عامل و محرک اصلی فعالیت‌های کشاورزی به‌شمار می‌رود. بر همین اساس، در حدود ۷۰ درصد آب مصرفی جهان به آبیاری زمین‌های کشاورزی اختصاص دارد. بسیاری از کشورهای جهان، به‌خصوص کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، برای تولید محصولات کشاورزی به‌شدت به کشت آبی متکی هستند. در ایران، بارندگی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان و پتانسیل تبخیر سه برابر پتانسیل تبخیر جهان است. همچنین، تنها ۱۰ درصد کشور بارندگی کافی برای کشاورزی را دریافت می‌کند که این مناطق بیشتر در شمال و غرب ایران واقع هستند. در عین حال، ۸/۴۶ میلیون هکتاراراضی تحت آبیاری و ۹/۶۶ میلیون هکتاراراضی دیم در ایران وجود دارد (گزارش سالانه کمسیون بین المللی آبیاری و زهکشی *ICID*، ۲۰۱۹-۲۰۱۸). کشاورزی فاریاب کشور از دو منبع اصلی آب زیرزمینی (برداشت غیرمتمرکز آب در محل هر مزرعه) و آب سطحی (اغلب به‌شیوه انحراف آب از رودخانه و منبع ذخیره آب به سامانه‌های انتقال و توزیع آب در سطح شبکه‌های آبیاری مدرن، نیمه مدرن و سنتی) تأمین آب می‌شود.

هرگونه اختلال ناشی از بروز خطرات مختلف در فرآیند تأمین آب کشاورزی، آثار سوئی را به‌همراه دارد. با به‌کارگیری روش‌های تحلیل ریسک، می‌توان عواقب ناشی از هر خطر را شناسایی نمود. هدف اولیه از تحلیل ریسک، برآورد ریسک به‌وسیله شناسایی رویدادهای نامطلوب[1]، احتمال وقوع رویدادهای ناخواسته[2] و اثر این رویدادها است. به‌طور کلی، منظور از ریسک، پتانسیل تحقق عواقب سوء و ناخواسته یک واقعه است (نیتو موروته و رُز ویلا[3]، ۲۰۱۱؛ کاپلان و گاریک[4]، ۱۹۸۱).

تاکنون محققان به‌منظور ارزیابی ریسک در سامانه‌های آبی از مدل‌های مختلفی استفاده کرده‌اند. صدیق[5] و همکاران (۲۰۰۴) با ترکیب مفهوم ریسک فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی، روشی برای تحلیل ریسک تجمعی آلودگی شبکه‌های توزیع آب ارائه نمودند. روش آنها با استفاده از تئوری فازی، عدم قطعیت‌های موجود در فرآیند تحلیل ریسک را به خوبی بیان می‌کند. نتایج نشان داد که روش تحلیل سلسله مراتبی ابزار مناسبی برای تجمیع ریسک‌های موجود به‌شمار می‌آید. لی[6] و همکاران (۲۰۰۹) کاربرد رویکرد تحلیل ریسک فازی سلسله مراتبی را در ارزیابی تهدیدات کیفیت آب یکی از سامانه‌های تأمین و توزیع آب شهری در کشور آمریکا مورد بررسی قرار دادند و به تحلیل حساسیت نتایج نسبت به تغییر احتمال و اثر خطرات پرداختند. فارس و زید[7] (۲۰۱۰) مدلی را برمبنای دو روش تحلیل سلسله مراتبی و استنتاج فازی ارائه کردند. در این مدل، قوانین فازی با استفاده از توابع عضویت فازی، پارامترهای تأثیرگذار بر شکست لوله‌ها ساخته می‌شوند و نهایتاً بر اساس این قوانین، وضعیت لوله‌ها از نظر ریسک شکست تعیین می‌شوند.

کارآموزو همکاران (۲۰۱۰) آسیب‌پذیری سامانه تأمین آب را در برابر خطرات و تهدیدات طبیعی بررسی و راهبردهای کاهش آن را مورد بحث قرار دادند. سپس دارایی‌های خاص به عنوان مثال زیرساخت‌ها، کارمندان، اطلاعات و یا منابع مالی که ممکن است تحت تأثیر تهدیدها قرار گیرند را شناسایی کردند. در نهایت، اقدامات متقابل بر اساس تحلیل کاهش ریسک را توصیه کردند. فنگ و لو[8] (۲۰۱۱) برای اولین بار از مدل بیرونی-درونی[9] در محاسبات ریسک فازی منابع آب شهر یوو واقع در کشور چین استفاده کردند. ریسک فازی می‌تواند ریسک چندگانه از جمله ریسک محافظه‌کارانه، ریسک مخاطره‌آمیز[10] و بیشینه مقدار ریسک باشد. ژانگ[11] (۲۰۱۲) استفاده از منابع آب در حوضه سونگلیائو[12] واقع در شمال شرقی چین را بر اساس مقدار آب، کیفیت آب و داده‌های اجتماعی و

1 Undesired
2 Unwanted
3 Morote and Vila
4 Kaplan and Garrick
5 Sadiq
6 Lee
7 Fares and Zayed
8 Feng and Luo
9 Interior_Outer Set Model
10 Venture
11 Zhang
12 Songliao

اقتصادی در سال‌های ۱۹۹۹-۲۰۰۶ تحلیل کردند. بر این اساس، سه عامل مشترک (به عنوان مثال، تقاضای بالای آب، منابع آب زیاد و آب با کیفیت نامناسب) توسط تحلیل فاکتورها به‌منظور توزیع ریسک منابع آب در منطقه مورد مطالعه تعیین شد.

روزبهانی و همکاران (۲۰۱۳) مدلی با رویکرد تحلیل ریسک سلسله مراتبی فازی جهت تحلیل ریسک سامانه‌های آب شهری شامل بخش تأمین، تصفیه و توزیع به صورت یکپارچه ارائه کردند. در این مقاله، کمیت و کیفیت آب به‌طور همزمان در نظر گرفته شد. اجزای مختلف و زیر مجموعه‌های این سامانه بر اساس مقادیر ریسک برآورد شده، رتبه‌بندی شدند. گین و جیوپونی[1] (۲۰۱۵) ارزیابی پویایی از ریسک ناشی از کمبود آب در حوضه رودخانه برهماپاترا واقع در هند، منطقه‌ای که تحت تأثیر تغییر اقلیم و جمعیت زیاد است را ارائه کردند. رویکرد ارائه شده برای ارزیابی کمبود آب تلفیقی از رویکرد سیستم پیچیده اجتماعی-اکولوژیک و رویکرد مشارکتی بود. در انتها، گزینه‌های مناسب سازگاری به‌صورت سازه‌ای و غیرسازه‌ای شناسایی شدند. لیو[2] و همکاران (۲۰۱۷) روش تحلیل ریسک سلسله مراتبی سامانه‌های آب شهری را به‌صورت یکپارچه با استفاده از دو رویکرد فازی و درخت خطا به‌کار گرفته و از مدل شی‌گرا برای شبیه‌سازی سامانه استفاده نموده‌اند. عنبری و همکاران (۲۰۱۷) مدلی برای محاسبه احتمال رویداد شکست بخشی از شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهر تهران با استفاده از شبکه بیزین[3] (*BN*) ارائه کردند. عدم قطعیت خطر لوله فاضلاب را از ادغام احتمال و پیامدهای مقادیر خرابی با استفاده از سیستم استنتاج فازی به‌دست آوردند. سرانجام، فاضلاب روها را در دسته‌بندی-های مختلف از لحاظ ریسک تقسیم‌بندی کردند. سان[4] و همکاران (۲۰۱۵) یک روش برای تحلیل ریسک و ترکیبی از وقایع خشکسالی را در سطوح مختلف آبیاری در شهر بایچنگ[5] ارائه کردند. نتایج نشان داد که در دامنه تقاضای آب زراعی، به دلیل افزایش نرخ عرضه آبیاری، تلفات ناشی از خشکسالی کاهش می‌یابد؛ اما با این حال تغییرات آنها متناسب نیست. لی[6] و همکاران (۲۰۱۶) چارچوبی را برای تخصیص منابع آب زمین کشاورزی و ارزیابی ریسک در شرایط عدم قطعیت توسعه دادند. چارچوب توسعه یافته امکان تحلیل ریسک کمبود آب آبیاری کشاورزی را با احتمال تجاوز مختلف فراهم می‌کند. زمانی و همکاران (۲۰۱۷) ریسک اثرات تغییر اقلیم بر آب مورد نیاز کشاورزی در دشت رامهرمز تحت دو سناریوی انتشار (*A2*, *B1*) برای سال‌های ۲۰۵۴-۲۰۲۵ را ارزیابی کردند. تغییر اقلیم، آب مورد نیاز خالص سالانه برای تمامی محصولات را به میزان ۱۰-۴ درصد افزایش می‌دهد؛ بنابراین، سناریوی سازگاری با تغییرات اقلیمی وابسته به الگوی کشت و نیاز آبی باید مورد توجه قرار گیرد.

بابایی و همکاران (۲۰۱۸) برای اولین بار یک چارچوب برای ارزیابی کفایت، عدالت و راندمان توزیع و تحویل آب و ارزیابی ریسک تحویل در سامانه انتقال و تحویل آب کشاورزیارائه کردند. روش تحلیل درخت خطای فازی[7] (*FFTA*) برای ارزیابی ریسک «عدم امکان تأمین و تحویل» استفاده شد. عروجلوو همکاران (۲۰۱۸) برای اولین بار، چارچوب مدیریت ریسک جامع برای سامانه انتقال و توزیع آب کشاورزی را از طریق یک روش سلسله مراتبی فازی توسعه دادند. مونتاگودو[8] و همکاران (۲۰۱۹) یک وب سایت آنلاین (*D-Risk*) را برای کمک به بنگاه‌های[9] کشاورزی طراحی کردند که ریسک خشکسالی موجود را درک کرده و از تصمیم‌گیری مستحکم‌تر در مورد تغییرات آینده در برنامه‌ریزی محصولات و سرمایه‌گذاری در زیرساخت منابع آب پشتیبانی می‌کند. بررسی سابقه تحقیق نشان می‌دهد که به‌کارگیری روش‌ها و مدل‌های تحلیل ریسک بیشتر معطوف به سامانه‌های توزیع آب

1 Gain and Giupponi
2 Liu
3 Bayesian Network
4 Sun
5 Baicheng
6 Li
7 Fuzzy Fault Tree Analysis Method
8 Monteagudo
9 Enterprises

شهری، تصفیه‌خانه‌ها، سامانه‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری و سامانه‌های توزیع آب کشاورزی بوده است. این پژوهش برای اولین بار اقدام به توسعه مدل تحلیل ریسک خشکسالی سامانه‌های تأمین آب کشاورزی با استفاده از مدل شبکه بیزین نموده است که نقش انکارناپذیری در توسعه پایدار بخش کشاورزی کشور ایفا می‌نماید. باتوجه به اهمیت بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب و یکی از تأثیرگذارترین فعالیت‌ها در اقتصاد ایران، نیاز است تصمیم‌گیران و بهره‌برداران شبکه بیش از پیش از شرایط حاکم بر شبکه آبیاری اطلاع پیداکنند. ازطرفی، شبکه‌های آبیاری در ایران به دلیل اقلیم منطقه اکثراً با خطر خشکسالی مواجه هستند؛ بنابراین، به‌منظور تصمیم‌گیری در این شرایط، به مدل‌های تحلیل ریسک خشکسالی نیاز است که بتوانند وضعیت شبکه را به‌درستی نشان دهند. در این تحقیق، ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی با استفاده از شبکه بیزین ارائه شده است.

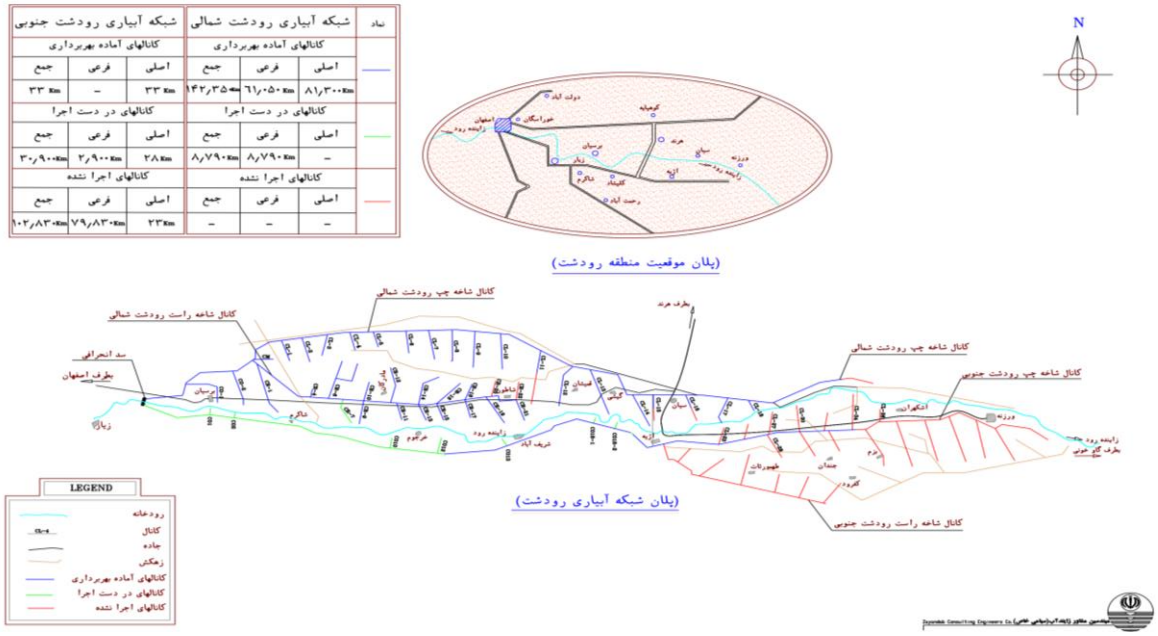
شبکه بیزین دارای نقاط قوت بسیاری است. این روش، توانایی درنظر گرفتن عدم قطعیت را دارد. همچنین، از آنجایی که اصولاً مقدار داده‌ها یک عامل محدود کننده در مدل‌سازی به‌حساب می‌آید، شبکه‌های بیزین می‌توانند با هر مقدار اطلاعات مدل‌سازی را انجام دهند. همچنین، معمولاً در مدل‌سازی سامانه‌های پیچیده طبیعی با فقدان اطلاعات در یک یا چند پارامتر روبرو هستیم. پس از توسعه وبه‌منظور بررسی توانایی مدل توسعه داده شده، تحلیل ریسک سامانه تأمین آب شبکه آبیاری مدرن رودشت، واقع در بخش جنوب شرقی استان اصفهان، مورد بررسی قرار گرفت و چگونگی کاربرد این مدل بیزین ارزیابی ریسک، بررسی و دقت عملکرد آن ارائه شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مدل توسعه داده شده در یک سامانه تأمین آب کشاورزی پیاده‌سازی شد. سامانه مذکور در حوضه آبریز زاینده‌رود واقع است. منبع تأمین کننده آب در این حوضه، نزولات آسمانی و رواناب ناشی از ذوب برف و چشمه‌ها و تونل‌های انتقال آب کوهرنگ می‌باشندکه در مجموع، رودخانه زاینده‌رود را به‌وجود آورده‌اند. این رودخانه حوضه آبخیز زاینده‌رود را زهکش نموده و به تالاب گاوخونی ختم می‌شود. شبکه‌های آبیاری متعددی در این منطقه وجود دارند که شبکه مدرن رودشت شمالی و جنوبی به‌عنوان آخرین شبکه می‌باشد.

بخش شمالی شبکه آبیاری رودشت به‌عنوان سامانه انتقال و توزیع آب کشاورزی مورد مطالعه این تحقیق انتخاب شده است. رودشت آخرین دشتی است که از زاینده رود آبگیری می‌کند. لذا، تحت نوسانات دبی این رودخانه قرار می‌گیرد که نوسانات مداوم و شدید دبی در سراب کانال و در نتیجه عملکرد نامطلوب شبکه را به همراه دارد. در اثر این عملکرد نامطلوب، آبگیرهای انتهایی شبکه دبی کمتری از دبی مورد نیاز خود دریافت می‌کنند و گاهی هم آبگیرهای انتهایی با آب مازاد بر سهمیه خود روبه‌رو می‌شوند که در اثر عدم بهره‌برداری باعث اتلاف آب می‌شوند. منبع تأمین آب شبکه رودشت از سد انحرافی رودشت به ظرفیت ۵۰۰۰۰ مترمکعب می‌باشد. پلان شبکه آبیاری رودشت در شکل ۱ نشان داده شده است. در شبکه آبیاری رودشت عمدتاً گندم و جو و در کنار آن محصولات ذرت علوفه‌ای، یونجه و گلرنگ کاشت می‌شوند. طبق آخرین آمار و اطلاعات موجود، سطح خالص قابل آبیاری شبکه آبیاری و زهکشی رودشت مجموعاً ۴۲٬۰۰۰ هکتار و حجم آب ورودی به شبکه ۸۲/۲۳ میلیون مترمکعب در سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ است که راندمان انتقال آن برابر با ۷۵ درصد است (گزارش سازگاری با کم‌آبی استان اصفهان، ۱۳۹۸).



نماد	شبکه آبیاری رودشت شمالی			شبکه آبیاری رودشت جنوبی		
	کانالهای آماده بهربرداری			کانالهای آماده بهربرداری		
	اصلی	فرعی	جمع	اصلی	فرعی	جمع
	۸۱٫۳۰۰Km	۶۱٫۰۵۰Km	۱۴۲٫۳۵۰Km	۳۳Km	–	۳۳Km
	کانالهای در دست اجرا			کانالهای در دست اجرا		
	اصلی	فرعی	جمع	اصلی	فرعی	جمع
	–	۸٫۷۹۰Km	۸٫۷۹۰Km	۲۸Km	۲٫۹۰۰Km	۳۰٫۹۰۰Km
	کانالهای اجرا نشده			کانالهای اجرا نشده		
	اصلی	فرعی	جمع	اصلی	فرعی	جمع
	–	–	–	۲۳Km	۷۹٫۸۳۰Km	۱۰۲٫۸۳۰Km

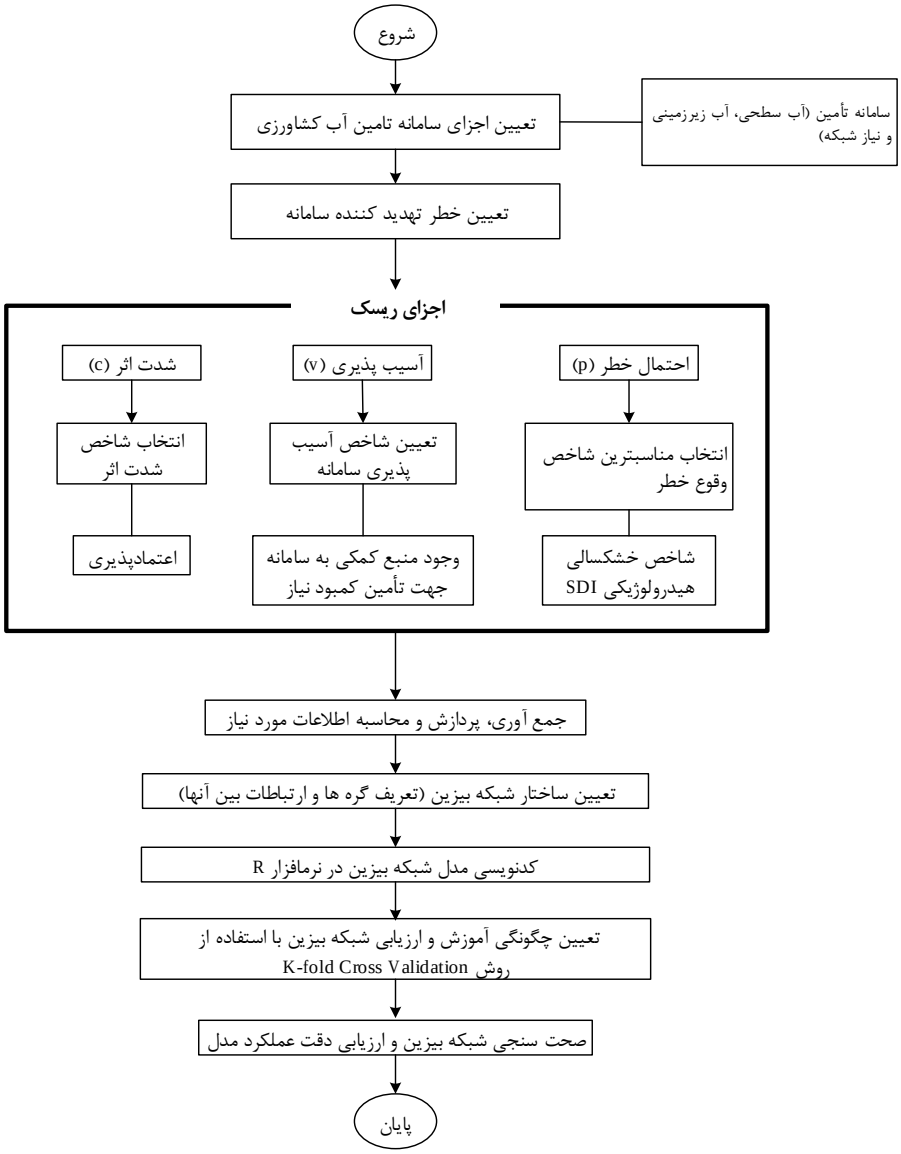
شکل ۱- پلان شبکه آبیاری رودشت (مهندسین مشاور زایندآب، ۱۳۸۳))

مدل تحلیل ریسک خشکسالی

در تحقیق حاضر، به‌منظور ارائه ساختار تحلیل ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی از روش *BN* استفاده شده است. این پژوهش شامل قسمت‌های مختلفی است که در شکل ۲ روند نمای کلی آن نشان داده شده است. در ابتدا اجزای سامانه با توجه به منطقه مطالعاتی شناسایی می‌شود. هر سامانه از اجرای گوناگونی تشکیل شده ازجمله: رودخانه بالادست شبکه، سامانه انحراف آب بالادست شبکه آبیاری، تقاضای آب شبکه با توجه به الگوی کشت و وسعت اراضی فاریاب، وجود منابع آب زیرزمینی مانند چاه‌ها که کشاورزان از آنها برداشت می‌کنند. بعد از شناسایی سامانه در گام بعد ریسک سامانه باتوجه به اجزای آن محاسبه می‌شود.

محاسبه ریسک

به‌منظور محاسبه ریسک، ابتدا باید خطر یا خطراتی که سامانه را تهدید می‌کنند مشخص شود. به‌طور کلی، خطرات را می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد: دسته اول، خطرات طبیعی مانند زلزله، سیل، خشکسالی و طوفان هستند که به‌صورت غیرمنتظره رخ می‌دهند و انسان روی آنها کنترلی ندارد. دسته بعدی، خطرات غیرطبیعی یا انسان‌ساز، مانند بمب‌گذاری، تخریب کانال‌ها و حمله نظامی هستند که با هدف تخریب و برهم‌زدن نظم سامانه رخ می‌دهند. دسته آخر، خطرات عملکردی، مانند قطع برق، نشت و آلودگی منابع آب هستند که بر اساس ساختار نامناسب زیرساخت سامانه، طراحی غیراصولی و یا عملیات بهره‌برداری و نگهداری ناصحیح رخ می‌دهد.



شکل ۲- روند نمای مراحل محاسبه ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی

در مرحله بعدی، سه جزء اصلی ریسک شامل احتمال وقوع خطر[1]، آسیب‌پذیری[2] سامانه و اثرات[3] باید تعیین شوند. به‌منظور برآورد احتمال وقوع خطر، باتوجه به ماهیت آن، احتمال رخداد با استفاده از شاخص‌هایی اندازه-گیری می‌شود. به عنوان مثال، احتمال رخداد خطر خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی جریان، هیدرولوژیک، هواشناسی و.. قابل برآورد است. منظور از پارامتر آسیب‌پذیری، آسیب‌پذیری ذاتی هرجزء می‌باشد. به این معنا که سامانه تا چه میزان نسبت به خطر رخ داده مقاومت دارد. در تعیین پارامتر شدت اثر به‌طور کلی می‌توان شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و فنی را تعریف کرد و میزان شدت اثر هر خطر را محاسبه کرد. در این تحقیق، شدت اثر به‌کمک شاخص‌های فنی درنظر گرفته می‌شود. چگونگی محاسبه هر جزء ریسک، با استفاده از شاخص-های موجود و یا باتوجه به مفهوم آن مشخص می‌شود. سپس، باتوجه به منطقه مطالعاتی، اطلاعات هرپارامتر جمع-آوری و محاسبه می‌شود. بعد از تعریف کلی اجزای مدل و آماده‌سازی بانک اطلاعات، مدل‌سازی به‌کمک شبکه بیزین انجام می‌شود. لازم به توضیح است که توسعه این مدل در محیط نرم‌افزار R انجام شده است. این مدل با اطلاعات

1 Probability of Hazard Occurrence
2 Vulnerability
3 Consequent

پردازش شده از مراحل قبل آموزش دیده و مورد واسنجی و صحت‌سنجی قرار می‌گیرد. چگونگی دقت مدل در محاسبه میزان ریسک مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

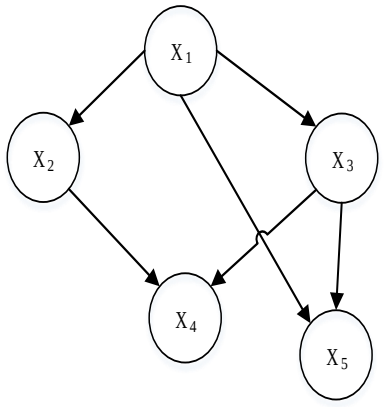
شبکه بیزین

شبکه بیزین یک الگوی نموداری احتمالاتی است که مجموعه‌ای از متغیرها و احتمالات مربوط به هر یک را نشان می‌دهد. این شبکه یک گراف مستقیم و غیرچرخه‌ای است که در آن گره‌ها در حکم متغیرهای مسئله هستند. ساختار یک شبکه بیزین در واقع یک نمایش نموداری از اثرات متقابل متغیرهایی است که باید الگوبندی شوند. این ساختار علاوه بر اینکه کیفیت رابطه بین متغیرهای مسئله را نشان می‌دهد، کمیت ارتباط بین این متغیرها را نیز به نمایش می‌گذارد. مبنای این روش، احتمالات وابسته (قانون بیز[1]) است که توسط توماسبیز بنا گذاشته شده است (بیز (۱۷۶۳)). در شبکه بیزین برای محاسبه توزیع احتمال توأم مجموعه‌ای از متغیرها از رابطه زیر استفاده می‌شود (نیلسن و جنسن[2] (۲۰۰۹)):

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^{n} P(X_i \,|Parents(X_i)) \qquad (۱)$$

که در آن:

X_i = متغیر i اموجود در شبکه است. مثالی از توزیع توأم در شکل ۳ ارائه شده است. هر متغیری از فضای توأم به‌صورت یک گره در BN نمایش داده شده و برای هر متغیر ارتباط بین والدین و فرزندان با استفاده از کمان‌هایی ترسیم می‌شود. همچنین، توزیع احتمال هرگره برای والدین بلافصل آن توسط جدول احتمالات شرطی[3] (PT) ارائه می‌شود.



$P(X_1,X_2,X_3,X_4,X_5)=P(X_5|X_3,X_1)\ P(X_4|X_3,X_2)\ P(X_3|X_1)\ P(X_2|X_1)\ P(X_1)$

شکل ۳- شبکه بیزین

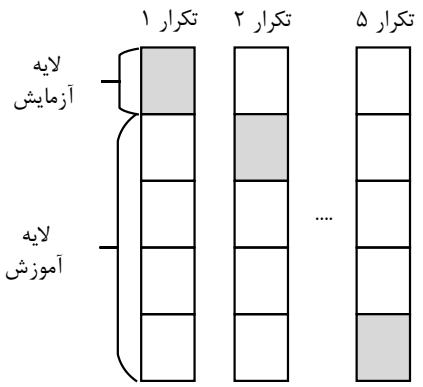
هر شبکه بیزین از سه جزء اصلی: مجموعه‌ای از گره‌ها (متغیرهای سامانه مورد بررسی)، مجموعه‌ای از کمان‌ها (روابط سببی بین متغیرها) و مجموعه‌ای از احتمالات تشکیل شده است. به‌طور کلی، گره‌ها والد یا فرزند هستند. هر گره فرزند می‌تواند توسط چندین والد تولید شده باشد. گره‌هایی که قبل از آنها گره دیگری در گراف وجود دارد با توزیع احتمال شرطی تعریف می‌شوند. در غیر این صورت، با احتمال آغازین[4] بیان می‌شود. پایین‌ترین بخش در شبکه بیزین از طریق قانون احتمال کل[5] دست می‌آید. احتمالات مرتبط با بخش‌های بالایی شبکه براساس قانون بیزین می‌باشند. بعد از آماده‌سازی ساختار شبکه بیزین نوبت به آموزش پارامتری است که از الگوریتم‌های متفاوتی ازجمله بیشینه احتمال[6] (EM) می‌توان استفاده کرد (کاردان مقدم و روزبهانی (۱۳۹۴)).

روش اعتبارسنجی متقاطع

بعد از آماده‌سازی ساختار و آموزش پارامتری مدل بیزین، می‌بایست این مدل واسنجی شود و مورد اعتبارسنجی قرار گیرد. در این راستا، روش‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از این روش‌ها روش اعتبارسنجی

1 Bayes
2 Nielsen and Jensen
3 Conditional Probability Table
4 Prior Probability
5 Total Probability
6 Estimation Maximization Algorithm

متقاطع است که با استفاده از این روش برای واسنجی و صحت‌سنجی در مطالعات تال[1] و همکاران (۱۹۹۷)، برگمیر و بنیتز[2] (۲۰۱۲)، برگمیر[3] و همکاران (۲۰۱۸) و چل[4] و همکاران (۲۰۲۰) پیشنهاد شده است. در این روش، ارزیابی مدل به کمک دو گروه مجموعه آموزشی اعتبارسنجی متقاطع[5] و مجموعه آزمایشی اعتبارسنجی متقاطع[6] انجام می‌شود. برای کاهش واریانس، چندین مرحله اعتبارسنجی متقاطع با استفاده از مجموعه‌های آموزش و آزمایش انجام می‌گیرد. در نهایت، نتیجه همه مراحل میانگینی برای تخمین صحت و کارایی مدل خواهد بود. براساس شیوه و روش انتخاب مجموعه داده‌های اعتبارسنجی، انواع مختلفی از اعتبار سنجی متقاطع وجود دارد که یکی از عمومی‌ترین انواع آنها اعتبارسنجی متقاطع *K-fold* است (رودریگرز[7] و همکاران (۲۰۰۹)؛ ونگ[8] (۲۰۱۵)). در روش اعتبارسنجی متقاطع *K-fold* اگر مجموعه داده‌های آموزشی به‌طور تصادفی به k زیرنمونه یا لایه[9] با حجم یکسان تقسیم شود، در هر مرحله از فرآیند اعتبارسنجی متقاطع، تعداد $k-1$ لایه به‌عنوان مجموعه داده آموزشی و یک لایه باقی مانده به‌عنوان مجموعه داده آزمایشی درنظر گرفته می‌شود. به‌عنوان نمونه، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، با انتخاب $k=5$، تعداد تکرارهای فرآیند اعتبارسنجی متقاطع برابر با پنج خواهد بود و پنج مرتبه مدل آموزش و آزمایش می‌شود. در این روش، همه داده‌های ورودی $k-1$ مرتبه برای آموزش مدل استفاده می‌شوند و مدل آموزش دیده در تکرارهای مختلف نسبت به تک تک داده‌ها مورد آزمایش قرار می‌گیرد.



شکل ۴- روش اعتبارسنجی متقاطع *K-fold*

مدل تحلیل ریسک سامانه تأمین آب شبکه آبیاری رودشت

باتوجه به مطالب ذکر شده، اکنون به ارائه مدل تحلیل ریسک سامانه تأمین آب مطالعه موردی این تحقیق پرداخته می‌شود. خطرات گوناگونی سامانه تأمین آب کشاورزی شبکه آبیاری رودشت را تهدید می‌کند که پس از بررسی میدانی و مصاحبه با مدیران شبکه مشخص شد که مهم‌ترین خطر پیش روی سامانه تأمین آب این شبکه، خطر خشکسالی است. احتمال وقوع این خطر توسط شاخص خشکسالی جریان[10] (*SDI*) که یکی از شاخص‌های مهم هیدرولوژیکی است، محاسبه می‌شود. به منظور محاسبه این شاخص، مقادیر دبی ایستگاه هیدرومتری (Q) می‌بایست بر توزیع آماری مناسبی برازش داده شود. شوکلا و وود (۲۰۰۸) ونالبانتیس و تساکریس (۲۰۰۹) در مطالعاتی نشان دادند که توزیع گاما در حوضه‌های کوچک و توزیع نرمال یا لوگ نرمال دومتغیره برای حوضه‌های بزرگ، مناسب‌ترین برازش هستند. چگونگی محاسبه شاخص خشکسالی جریان در روابط (۲) تا (۴) توضیح داده شده است (شوکلا و وود، ۲۰۰۸). همچنین، توصیف مقادیر شاخص *SDI* در جدول ۱ اشاره شده‌اند (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳؛ تساکریس و وانجلیس،۲۰۰۵؛ نالبانتیس و تساکریس،۲۰۰۹).

1 Thall
2 Bergmeir and Benitez
3 Bergmeir
4 Chelle
5 Cross Validation Training Set
6 Cross ValidationTesting Set
7 Rodriguez
8 Wong
9 Fold
10 Streamflow Drought Index

$$V_{i,k} = \sum_{j=1}^{k} Q_{i,j} \quad i = 1,2,3,\dots \quad j = 1,2,3,\dots,12 \quad k = 1,2,3,\dots \tag{۲}$$

$$y_{i,k} = \ln(V_{i,k}) \quad i = 1,2,3,\dots \quad k = 1,2,3,\dots \tag{۳}$$

$$SDI_{i,k} = \frac{y_{i,k} - \bar{y}_k}{S_{y,k}} \quad i = 1,2,3,\dots \quad k = 1,2,3,\dots \tag{۴}$$

که در آنها، $Q_{i,j}$= دبی ماه jام سال آبی iام، $V_{i,k}$= مقدار تجمعی دبی در دوره k ماهه از سال آبی iام و $\bar{y}_k$و $s_{y,k}$= به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌ها هستند.

جدول ۱- رده‌بندی شاخص خشکسالی *SDI*

شدت خشکسالی *SDI*	مقادیر *SDI*
ترسالی خیلی شدید	۲ و بیشتر
ترسالی شدید	۲ تا ۱/۵
ترسالی متوسط	۱/۵ تا ۱
نرمال	۰/۹۹ تا ۱-
خشکسالی متوسط	۱- تا ۱/۵-
خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۲-
خشکسالی خیلی شدید	۲- و کمتر

پارامتر احتمال خطر (P) که یکی از اجزای محاسبه ریسک است، با استفاده از مکمل مقادیر نرمال SDI طبق رابطه (۵) محاسبه می‌شود. در این رابطه، حد بالا (max) و حد پایین (min) اعداد SDI با توجه به تابع برازش داده شده، به ترتیب بین ۴ و ۴- می‌باشد.

$$P = 1 - \frac{SDI - min}{max - min} \tag{۵}$$

از آنجاییکه در این منطقه، از آب زیرزمینی به عنوان منبع آب کمکی برای جبران کمبود ناشی از آب سطحی استفاده می‌شود، لذا میزان برداشت و در دسترس بودن این منبع باعث تغییرات آسیب‌پذیری سامانه نسبت به وقوع خطر خشکسالی می‌شود؛ بنابراین، شاخص آسیب-پذیری نسبت حجم کمبود آب جبران شده به کل مقدار کمبود آب (اختلاف بین مقدار آب سطحی تخصیص یافته و نیاز) طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Cm = \frac{Gw}{De - Re} \tag{۶}$$

$$V = 1 - Cm \tag{۷}$$

که در آنها:

Gw = حجم برداشت از آب زیرزمینی، De= مقدار تقاضای آب شبکه کشاورزی، Re= مقدار آب تخصیص یافته به نیازها از سامانه انحراف آب بالادست به شبکه، Cm= نسبت کمبود جبران شده توسط آب زیرزمینی و V= آسیب‌پذیری سامانه.

همانطور که ذکر شد، میزان شدت اثر خطرات تهدید کننده را می‌توان از جوانب گوناگونی مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق، باتوجه به این که ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی مورد نظر است، بنابراین شاخص اعتمادپذیری به‌عنوان شاخص شدت اثر (C) درنظر گرفته شده. اعتمادپذیری (Rel) یعنی احتمال عدم رخداد شکست در بهره‌برداری از سامانه در یک زمان مشخص است. در بیان ریاضی، اعتمادپذیری میزان تأمین نیاز توسط آب تخصیص یافته از بند بالادست شبکه آبیاری است. مقدار این شاخص طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود (یموتو[1]، ۱۹۸۲).

$$Rel = \frac{De}{Re} \tag{۸}$$

$$C = 1 - Rel \tag{۹}$$

در نهایت، ریسک مربوط به خطر خشکسالی بعد از تعیین احتمال خطر، آسیب‌پذیری و اثرات آن همانطور که در رابطه زیر نشان داده شده است، محاسبه می‌شود (بارکرو همکاران، ۲۰۰۲؛ تورسو همکاران، ۲۰۰۹).

$$\text{Risk} = P \times C \times V \tag{۱۰}$$

که در آن:

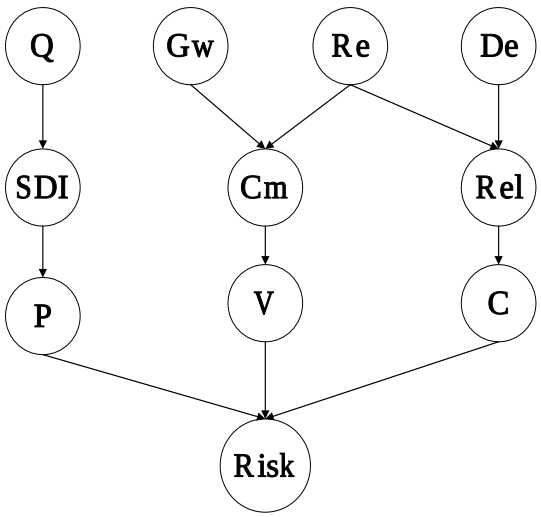
P = احتمال وقوع خطر؛ V= آسیب‌پذیری و C = اثرات.

باتوجه به مطالب ذکر شده، گره‌های شبکه بیزین معرفی و روابط بین آنها توضیح داده شد. به‌منظور شفافیت بیشتر،

1 Hashimoto

شماتیک مدل ارزیابی ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی در شکل ۵ نشان داده شده است.

بعد از تعیین ساختار مدل *BN* و توسعه آن در نرم‌افزار *R* نیاز است که عملکرد مدل مورد ارزیابی قرار گیرد. دقت و صحت خروجی‌های مدل با شاخص‌های مختلفی قابل ارزیابی است. در این تحقیق، از شاخص‌های متنوعی استفاده شده که یکی از آنها ضریب تعیین (R^2) است که در رابطه (۱۱) به آن اشاره شده است. استفاده از ضریب تعیین مقدار تطابق الگوی خروجی مدل با داده‌های مشاهداتی را نشان می‌دهد. به این صورت که اگر خط رگرسیونی بین مقادیر خروجی مدل نسبت به مقادیر داده-های مشاهداتی رسم شود، هرچقدر شیب این خط به یک نزدیک باشد و مقدار R^2 نزدیک به یک باشد عملکرد مدل دقیق‌تر بوده است.



شکل ۵- شماتیک مدل ارزیابی ریسک سامانه تأمین کشاورزی

بجز شاخص R^2 که صحت الگوی خروجی مدل را تایید می‌کند، نیاز به شاخص‌های دیگری برای بررسی دقت اعداد خروجی محاسبه شده نسبت به مقدار مشاهداتی آن است. برای این منظور از شاخص‌های جذر مجموع مربعات خطا[1] (*RMSE*)، میانگین خطای مطلق[2] (*MAE*) و شاخص کل عملکرد مدل[3] (*OI*) استفاده شده است. چگونگی محاسبه هر شاخص در روابط (۱۲) تا (۱۴) اشاره شده است. باتوجه به فرمولاسیون این شاخص‌ها، هر چقدر مقادیر شاخص‌های *RMSE* و*MAE* به صفر و شاخص *OI* به یک نزدیک باشند، مدل از دقت بالاتری برخوردار است (بایرام و الجیبوری[4]،۲۰۱۶؛ سرزعیم و همکاران، ۲۰۱۷).

$$r^2 = \left(\frac{n\sum Rs_{obs,t}Rs_{m,t}-(\sum Rs_{obs,t})(\sum Rs_{m,t})}{\sqrt{[n\sum Rs_{obs,t}{}^2-(\sum Rs_{obs,t})^2][n\sum Rs_{m,t}{}^2-(\sum Rs_{m,t})^2]}}\right)^2 \quad (۱۱)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{T}(Rs_{obs,t}-Rs_{m,t})^2}{T}} \quad (۱۲)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{T}\left|Rs_{obs,t} - Rs_{m,t}\right| \quad (۱۳)$$

$$OI = \frac{1}{2}\left[2 - \frac{RMSE}{Rs_{obs,max}-Rs_{obs,min}} - \frac{\sum_{t=1}^{T}(Rs_{obs,t}-Rs_{m,t})^2}{\sum_{t=1}^{T}(Rs_{obs,t}-\overline{Rs}_{obs})^2}\right] \quad (۱۴)$$

که در آنها:

$Rs_{obs,t}$ = مقادیر مشاهداتی، $Rs_{m,t}$ = خروجی مدل، $Rs_{obs,max}$ و $Rs_{obs,min}$ = بیشینه و کمینه مقادیر مشاهداتی، $\overline{Rs}_{obs}$ = میانگین مقادیر مشاهداتی و n = تعداد داده‌ها است.

نتایج و بحث

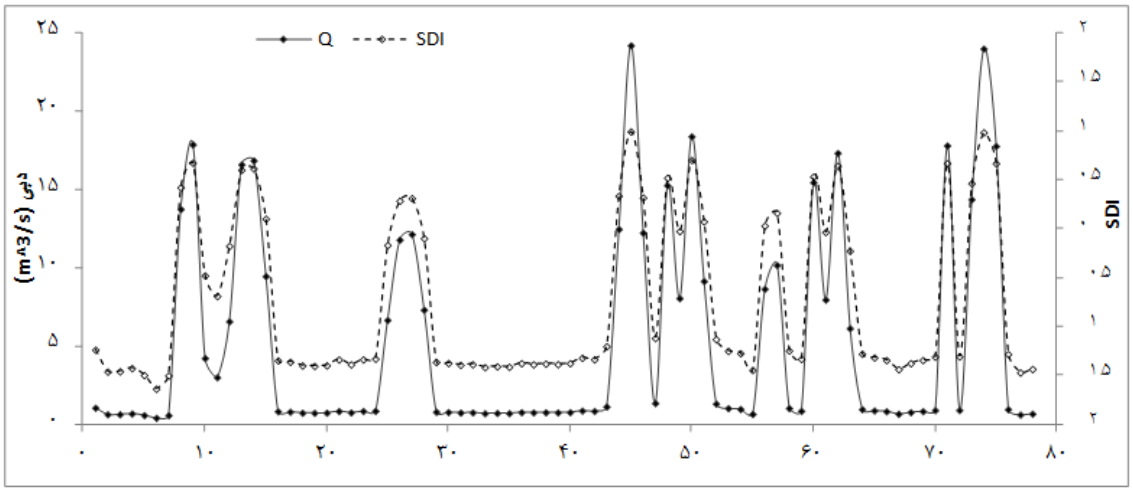
اطلاعات مورد نیاز به‌منظور ارزیابی ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی رودشت، از منطقه مطالعاتی جمع‌آوری شد. همانطور که اشاره شد، برای محاسبه شاخص خشکسالی به‌عنوان خطر تهدید کننده سامانه، نیاز به اطلاعات دبی رودخانه بالادست شبکه رودشت است. از اطلاعات ایستگاه هیدرومتری پل چوم به‌عنوان اولین ایستگاه بالادست شبکه استفاده شد و مقادیر شاخص خشکسالی *SDI* با استفاده از اطلاعات دبی محاسبه شد که نتایج آن در شکل (۶- الف) نشان داده شده است. همچنین مقادیر آب تخصیص یافته به تقاضای آب در شبکه در شکل (۶- ب) ارائه شده است که طی انجام این پژوهش از دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران شرکت مدیریت منابع آب

1 Root Mean Squares Error
2 Mean Absolute Error
3 Overall Index of Model Performance
4 Bayram and Al-Jibouri

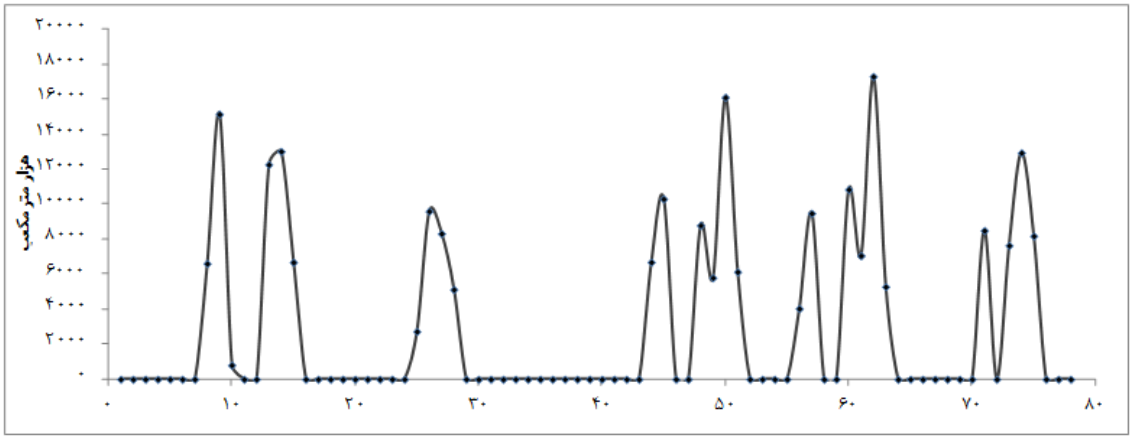
ایران و شرکت آب منطقه‌ای اصفهان جمع‌آوری شد. به منظور محاسبه تقاضای آب شبکه، به اطلاعات مقادیر سطح زیر کشت شبکه رودشت شمالی، میزان راندمان کاربرد آب در مزرعه که برابر ۴۹/۶ درصد است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵) و نیاز خالص آبی لازم است که این اطلاعات از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان جمع‌آوری شده است. با استفاده از این اطلاعات مقادیر نیاز به صورت ماهانه محاسبه می‌شود. همچنین مقادیر حجم برداشت از آب زیرزمینی به کمک اطلاعات برداشت شده از چاه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

بعد از انجام محاسبات لازم، مقادیر ریسک سامانه تأمین آب کشاورزی رودشت برآورد و در شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، کم‌ترین مقدار ریسک سامانه صفر است که این بدین معنی است که میزان آب در دسترس که ترکیبی از آب تخصیص یافته از سامانه انحراف بالادست شبکه و حجم آب زیرزمینی است، تقاضای شبکه را تأمین کرده است. به بیان دیگر تقاضا یا از میزان آب تخصیص یافته تأمین شده و یا بعد از تخصیص آب از آب زیرزمینی به‌عنوان منبع کمکی، تقاضا شبکه کامل تأمین شده است. در این شرایط خشکسالی تأثیرگذاری بر سامانه تأمین نداشته و عملاً سامانه، عملکرد موفقی داشته است؛ اما میزان ریسک همیشه صفر نبوده و برای این شبکه اعداد مختلفی در بازه صفر تا ۵۸/۱۱ درصد داشته که به‌طور متوسط برابر ۳۹/۸۲ درصد است. بیشترین مقدار برآورد شده برای ریسک شبکه نشان می‌دهد که مقدار احتمال خطر (P) برابر ۰/۷ و آسیب‌پذیری سامانه (V) در این شرایط برابر ۰/۸ است و شدت اثر (C) این شرایط بر سامانه یک است. در این شرایط سامانه در خشکسالی شدید ($SDI = -۱/۶$) به‌سر می‌برد که حتی میزان بهره‌برداری از آب زیرزمینی ($Cm = ۰/۱۷$) کمک چندانی به شبکه نکرده و شبکه کاملا آسیب‌پذیر است؛ بنابراین، مقدار ریسک سامانه تأمین در این شرایط زیاد است.

مدل تحلیل ریسک سامانه‌تأمین آب کشاورزی رودشت، با به‌کارگیری مدل *BN*، در محیط نرم‌افزار برنامه‌نویسی *R* توسعه داده شد. سپس ساختار شبکه بیزین از جمله گره‌ها و ارتباطات بین آنها طبق شکل ۳ طراحی گردید. در ادامه، با استفاده از روش اعتبارسنجی متقاطع *K-fold* مجموعه ۷۸ سری اطلاعات از سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ در این تحقیق به دو گروه آموزش و آزمایش تقسیم‌بندی شدند. در این تحقیق و مطابق تحقیق دوس سانتوس و همکاران (۲۰۲۰)، مقدار k برابر پنج درنظر گرفته شد. این انتخاب به این معنی است که داده‌ها به پنج دسته تقسیم شده و مدل پنج مرتبه آموزش می‌بینند که در هر تکرار یکی از دسته‌ها به‌عنوان مجموعه آزمایش درنظر گرفته می‌شود. نتایج ارزیابی عملکرد مدل بیزین در جدول ۳ برای دو قسمت آموزش و آزمایش به ازای هر تکرار نشان داده شده است.



(الف)

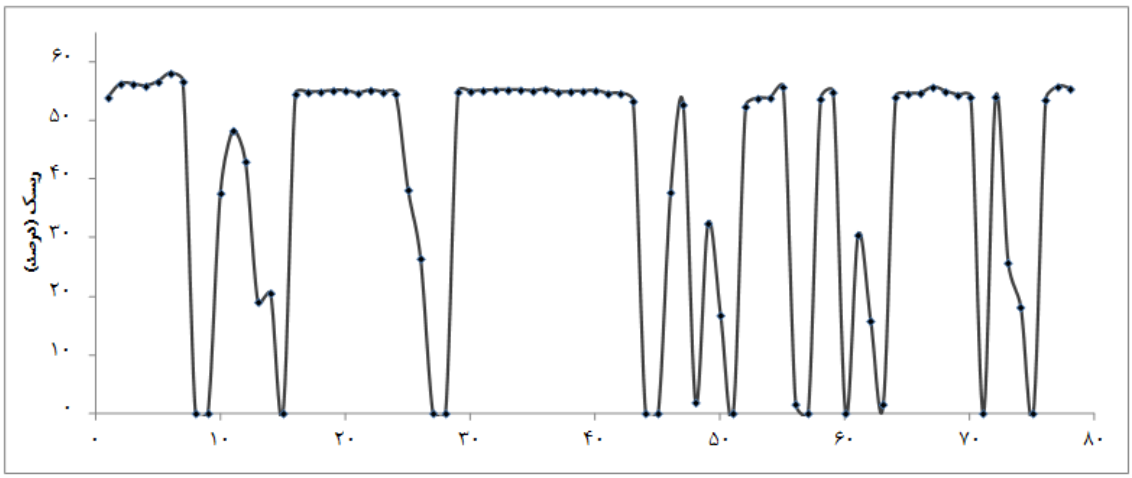


(ب)

شکل ۶- الف- اطلاعات دبی ایستگاه هیدرومتری پل چوم (Q) و مقادیر شاخص خشکسالی *SDI* محاسبه شده در این پژوهش؛ ب- حجم آب تخصیص یافته براساس تقاضای آب درشبکه

جدول ۲- اطلاعات سطح زیرکشت، نیاز خالص آبیاری و متوسط برداشت از آب زیرزمینی در منطقه رودشت شمالی (آب منطقه‌ای اصفهان، ۹۴-۱۳۹۳)

		گندم	جو	یونجه	گلرنگ	چغندرقند	آب زیرزمینی
	سطح زیر کشت (هکتار)	۱۰۳۴۳	۱۹۴۱	۸۶۲	۵۴۱	۲۲	(هزار متر مکعب)
	مهر	۰	۰	۱۷۷/۰	۰	۱۷۷/۰	۲۷۲/۴
	آبان	۴۳۱/۸	۳۵۴/۸	۲۶۲/۸	۰	۰	۹۲۸/۸
	آذر	۶۴۷/۹	۷۸۶/۰	۰	۰	۰	۱۴۹۰/۳
	دی	۴۲۷/۰	۴۵۸/۰	۰	۰	۰	۹۵۴/۵
	بهمن	۸۲۶/۶	۹۴۷/۰	۰	۰	۰	۱۸۵۲/۱
نیاز خالص	اسفند	۸۴۱/۲	۹۶۳/۴	۸۶۸/۵	۰	۰	۲۰۳۲/۴
آبیاری (m^3/ha)	فروردین	۲۶۱۴/۷	۲۵۳۸/۱	۱۸۷۷/۶	۳۶۳/۱	۱۸۷۷/۶	۶۲۴۵/۱
	اردیبهشت	۳۰۱۸/۰	۱۸۷۳/۹	۲۷۵۷/۱	۲۸۴۶/۵	۲۷۵۷/۱	۶۹۷۵/۴
	خرداد	۱۱۵/۰	۰	۳۸۴۸/۲	۳۹۵۰/۴	۳۸۴۸/۲	۱۲۱۶/۵
	تیر	۰	۰	۳۸۲۸/۱	۳۷۱۸/۶	۳۸۲۸/۱	۹۷۳/۹
	مرداد	۰	۰	۳۰۷۴/۵	۸۹۰/۴	۳۰۷۴/۵	۵۷۳/۳
	شهریور	۰	۰	۲۶۹۳/۲	۰	۲۶۹۳/۲	۴۳۰/۱



شکل ۷- مقدار ریسک ماهانه محاسبه شده سامانه تأمین آب کشاورزی رودشت توسط مدل *BN*

جدول ۳- نتایج واسنجی و صحت‌سنجی با داده‌های آموزش و آزمایش مدل *BN* ارزیابی ریسک خشکسالی سامانه تأمین آب کشاورزی رودشت

تکرار	آموزش				آزمایش			
	R^2	*RMSE*	*MAE*	*OI*	R^2	*RMSE*	*MAE*	*OI*
۱	۰/۸۲	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۸۳	۰/۶۷	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۷۰
۲	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۷۷
۳	۰/۹۸	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۷۹
۴	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۷۸
۵	۰/۸۰	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۸۰	۰/۶۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۶۵
میانگین	۰/۸۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۷۴

نتایج برای داده‌های آموزش در شاخص‌های *RMSE* و *MAE* برابر ۰/۰۹ و ۰/۰۷ و برای داده‌های آزمایش به‌ترتیب برابر ۰/۱ و ۰/۰۸ است. هرچقدر شاخص-های *RMSE* و *MAE* به صفر نزدیک باشند، به معنی این است که مدل از دقت بالاتری برخوردار است. مقادیر این دو شاخص چه در تکرارهای مختلف و چه در میانگین، اعداد کوچکی هستند. همچنین شاخص‌های R^2 و *OI* برای مجموعه آموزشی برابر ۰/۸۵ و ۰/۸۲ است و برای مجموعه آزمایش به‌ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۰/۷۴ است. همانطور که اشاره شد این شاخص‌ها هرچقدر به یک نزدیک باشند به-معنی دقت بالاتر مدل است که شاخص‌های محاسبه شده اعداد قابل قبولی را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده، مجموعه آموزشی درهمه شاخص‌ها عملکرد بهتری نسبت به مجموعه آزمایشی داشته است. عملکرد بهتر مجموعه آموزش به دلیل این است که مدل شبکه بیزین با مجموعه آموزشی مورد آموزش قرار می‌گیرد و سپس نسبت به همان مجموعه ارزیابی می‌شود. ولی در گام دوم عملکرد شبکه بیزین با استفاده از مجموعه آزمایش که تا قبل ازآن به مدل داده نشده و برای مدل اطلاعات ناشناخته‌ای بحساب می‌آید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. عملکرد دقیق مدل نسبت به داده‌های آزمایش که داده ناشناخته هستند، نشان می‌دهد که این مدل توسعه یافته، توانایی تحلیل ریسک خشسکسالی شبکه آبیاری را دارد؛ بنابراین تصمیم‌گیران و بهره‌برداران شبکه می‌توانند از این مدل برای شفاف‌سازی شرایط شبکه آبیاری در هنگام مواجه با خطر خشکسالی که در منطقه مورد مطالعه نیز زیاد رخ می‌دهد، استفاده کنند و برای بهترین اقدام در شرایط ریسک مختلف تصمیم‌گیری کنند. در واقع این ابزار قادر است به عنوان پیش‌بینی کننده ریسک خشکسالی با در نظر گرفتن ورودی‌هایی همچون میزان آب سطحی و زیرزمینی در دسترس و همچنین نیاز آبی مورد استفاده بهره‌برداران قرار گیرد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

این تحقیق، مدلی برای تحلیل ریسک خشکسالی هیدرولوژیکی در سامانه‌های تأمین آب کشاورزی به‌وسیله شبکه بیزین توسعه داده است. این مدل از پارامترها و گره-های متنوعی تشکیل شده است که با استفاده از کمان‌هایی به یکدیگر وصل می‌شوند. بعد از طراحی مدل *BN* و تعیین پارامترها و ارتباط بین آنها برای آنکه توانایی این مدل نشان داده شود، در یک شبکه آبیاری واقعی پیاده‌سازی شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. شبکه مدرن آبیاری رودشت به-عنوان منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد. به‌طور کلی خطرات مختلفی این سامانه را تهدید می‌کند. ولی باتوجه به بررسی‌های انجام شده، در این تحقیق خطر خشکسالی به‌عنوان مهمترین خطر تهدید کننده سامانه تأمین آب کشاورزی در این منطقه انتخاب وتحلیل ریسک نسبت به این خطر بررسی شد. نتایج، ریسک خشکسالی سامانه تأمین آب کشاورزی رودشت را بازه‌ای بین صفر تا ۵۸/۱۱٪ نشان داد. نتیجه اجرای این مدل بعد ازآموزش پارامتری و

آزمایش نشان می‌دهد که عملکرد مدل برای داده‌های آموزشی در شاخص‌های R^2 و $RMSE$ برابر ۰/۸۵ و ۰/۰۹ است و این شاخص‌ها برای داده‌های آزمایش به ترتیب برابر ۰/۷۵ و ۰/۱ است. تمامی شاخص‌ها نشان می‌دهند که مدل با دقت بالایی اجرا شده و نتایج آن قابل قبول می‌باشد. لذا با توجه به این نتایج، این مدل بیزین برای ارزیابی ریسک سامانه‌های تأمین آب کشاورزی کاربرد دارد. با استفاده از این مدل احتمالاتی، بهره‌بردار سامانه می‌تواند در هنگام بروز خشکسالی ناشی از کمبود رواناب به‌صورت شفاف‌تر و دقیق‌تر از وضعیت شبکه آبیاری اطلاع پیدا کند و به تبع آن تصمیمات صحیح‌تری در خصوص تأمین و تخصیص آب بگیرد. در واقع در هر گام زمانی و با در اختیار داشتن اطلاعات حداقلی از جمله دبی رودخانه، برداشت آب و نیاز آبی و با استفاده از مدل ارایه شده به تحلیل شدت و آسیب پذیری سامانه در برابر خشکسالی هیدرولوژیکی مبادرت نموده و بر اساس آن برنامه ریزی لازم را برای مدیریت توامان آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام دهند. لازم به ذکر است که این مدل BN تحلیل ریسک توسعه داده‌شده، قابل استفاده برای سامانه‌هایی که تحت تهدید چندین خطر هستند نیز کاربرد دارد و تنها لازم است باتوجه به نوع سامانه و خطرات تهدید کننده، پارامترهای محاسبه اجزای ریسک تعریف و ارتباطات منطقی بین آنها برقرار شود. در چنین شرایطی این مدل برای سامانه‌های تأمین آب کشاورزی و برای خطرهای مختلف از جمله سیل، نشت و آلودگی منابع آب کاربرد دارد. یکی دیگر از فواید این مدل قابلیت ارتباط آن با نتایج مدل‌های تحلیل خشکسالی ارایه شده توسط دیگر سازمان‌های ذیربط مانند سازمان هواشناسی در جهت مدیریت بهتر سامانه‌های کشاورزی در حوضه‌های آبریز مختلف کشور می‌باشد. همچنین می‌توان در مطالعات آینده این مدل BN تحلیل ریسک را برای سایر سامانه‌های پیچیده کشاورزی با در نظر گرفتن تأثیر خطرات مختلف موجود، از نقطه نظر اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی نیز بررسی کرد. لازم به ذکر است که ادامه این تحقیق به توسعه این مدل برای بخش سامانه توزیع آب کشاورزی تمرکز خواهد یافت.

فهرست منابع

۱. عباسی، ف.، سهراب، ف.، عباسی، ن. (۱۳۹۵). "ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران." تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷(۶۷)، ۸۷-۷۴.

۲. کاردان مقدم, ح. و روزبهانی, ع. (۱۳۹۴). "ارزیابی مدل شبکه‌های بیزین در پیش‌بینی ماهانه سطح آب زیرزمینی (مطالعهٔ موردی: آبخوان بیرجند)." مدیریت آب و آبیاری, ۵(۲), ۱۳۹-۱۵۱.

۳. هاشمی شاهدانی، س. م. (۱۳۹۵) "بررسی میزان مطلوبیت بهره‌برداری کانال‌های اصلی آبیاری از نقطه نظر توزیع عادلانه آب در شرایط کم‌آبی در سامانه کنترل بالادست و کنترل پایین دست (مطالعه موردی ، کانال اصلی شاخه شمالی شبکه آبیاری رودشت)" وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، گروه تحقیقات کاربردی.

4. *Anbari, M. J., Tabesh, M., and Roozbahani, A. (2017). "Risk assessment model to prioritize sewer pipes inspection in wastewater collection networks." Journal of*Environmental *Management, 190, 91-101.*

5. *Babaei, M., Roozbahani, A., and Shahdany, S. M. H. (2018). "Risk Assessment of Agricultural Water Conveyance and Delivery Systems by Fuzzy Fault Tree Analysis Method." Water Resources Management, 32(12), 4079-4101.*

6. *Baker, A. B., Eagan, R. J., Falcone, P. K., Harris, J. M., Herrera, G. V., Hines, W. C., ... and Woodall, T. D. (2002). A scalable systems approach for critical infrastructure security. Sandia National Laboratories.*

7. *Bayes, T. (1763). "LII. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. By the late Rev. Mr. Bayes, FRS communicated by Mr. Price, in a letter to John Canton, AMFR S. Philosophical" transactions of the Royal Society of London, (53), 370-418.*
8. *Bayram, S., and Al-Jibouri, S. (2016). "Efficacy of estimation methods inforecasting building projects' costs." Journal of construction engineering and management, 142(11).*
9. *Bergmeir, C., Benitez, J.M., 2012. On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. Information Sciences, 191,192–213.*
10. *Bergmeir, C., Hyndman, R.J., Koo, B., 2018. A note on the validity of cross-validation for evaluating autoregressive timeseries prediction. Computational Statistics and Data Analysis. 120, 70–83.*
11. *Chelle, P., Yeung, C. H., Croteau, S. E., Lissick, J., Balasa, V., Ashburner, C., & Wynn, T. (2020). "Development and Validation of a Population-Pharmacokinetic Model for Rurioctacog Alfa Pegol (Adynovate®): A Report on Behalf of the WAPPS-Hemo Investigators Ad Hoc Subgroup." Clinical pharmacokinetics, 59(2), 245-256.*
12. *Dos Santos, J. P., Fernandes, S. B., McCoy, S., Lozano, R., Brown, P. J., Leakey, A. D., & Gore, M. A. (2020). Novel Bayesian networks for genomic prediction of developmental traits in biomass sorghum. G3: Genes, Genomes, Genetics, 10(2), 769-781.*
13. *Fares, H., and Zayed, T. (2010). "Hierarchical fuzzy expert system for risk of failure of water mains." Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice, 1(1), 53-62.*
14. *Feng, L. H., and Luo, G. Y. (2011). "Application of possibility-probability distribution in assessing water resource risk in Yiwu city". Water Resources, 38(3), 409.*
15. *Gain, A. K., and Giupponi, C. (2015). "A dynamic assessment of water scarcity risk in the Lower Brahmaputra River Basin: An integrated approach". Ecological indicators, 48, 120-131.*
16. *Haro-Monteagudo, D., Knox, J. W., and Holman, I. P. (2019). "D-Risk: A decision-support webtool for improving drought risk management in irrigated agriculture." Computers and Electronics in Agriculture, 162, 855-858.*
17. *Hashimoto, T., Stedinger, J. R., and Loucks, D. P. (1982). "Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation." Water resources research, 18(1), 14-20.*
18. *Kaplan, S., and Garrick, B.J. (1981). "On the quantitative definition of risk." Risk Analysis, 1(1): 11–27.*
19. *Karamouz, M., Saadati, S., and Ahmadi, A. (2010). "Vulnerability assessment and risk reduction of water supply systems." In World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change, 4414-4426.*
20. *Lee, M., McBean, E. A., Ghazali, M., Schuster, C. J., and Huang, J. J. (2009). "Fuzzy-logic modeling of risk assessment for a small drinking-water supply system." Journal of Water Resources Planning and Management, 135(6), 547-552.*
21. *Li, M., Guo, P., Singh, V. P., and Yang, G. (2016). "An uncertainty-based framework for agricultural water-land resources allocation and risk evaluation." Agricultural Water Management, 177, 10-23.*
22. *Liu, B., Siu, Y. L., and Mitchell, G. (2017). "A quantitative model for estimating risk from multiple interacting natural hazards: an application to northeast Zhejiang, China". Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 31(6), 1319-1340.*
23. *McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).*
24. *Nalbantis, I., and Tsakiris, G. (2009). "Assessment of hydrological drought revisited." Water Resources Management, 23(5), 881-897.*
25. *Nielsen, T. D., and Jensen, F. V. (2009). "Bayesian networks and decision graphs." Springer Science and Business Media.*
26. *Nieto-Morote, A., and Ruz-Vila, F. (2011). "A fuzzy approach to construction project risk assessment." International Journal of Project Management, 29(2), 220-231.*
27. *Orojloo, M., Shahdany, S. M. H., and Roozbahani, A. (2018). "Developing an integrated risk management framework for agricultural water conveyance and distribution systems*

within fuzzy decision making approaches." Science of the Total Environment, 627, 1363-1376.

28. *Rodriguez, J. D., Perez, A., and Lozano, J. A. (2009). "Sensitivity analysis of k-fold cross validation in prediction error estimation." IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 32(3), 569-575.*
29. *Roozbahani, A., Zahraie, B., and Tabesh, M. (2012). PROMETHEE with precedence order in the criteria (PPOC) as a new group decision making aid: an application in urban water supply management. Water resources management, 26(12), 3581-3599.*
30. *Roozbahani, A., Zahraie, B., and Tabesh, M. (2013). "Integrated risk assessment of urban water supply systems from source to tap." Stochastic environmental research and risk assessment, 27(4), 923-944.*
31. *Sadiq, R., Kleiner, Y. and Rajani, B. (2004) "Aggregative risk analysis forwater quality failure in distribution networks." Journal of Water SupplyRes Technol. 53(4):241–261.*
32. *Sarzaeim, P., Bozorg-Haddad, O., Bozorgi, A., and Loáiciga, H. A. (2017). "Runoff projection under climate change conditions with data-mining methods." Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 143(8), 04017026.*
33. *Shukla, S., and Wood, A. W. (2008). "Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought." Geophysical research letters, 35(2).*
34. *Sun, Z., Zhang, J., Yan, D., Wu, L., and Guo, E. (2015). "The impact of irrigation water supply rate on agricultural drought disaster risk: a case about maize based on EPIC in Baicheng City, China." Natural Hazards, 78(1), 23-40.*
35. *Thall, P., Russel, K. and Simon, R., (1997). "Variable selection in regression via repeated data splitting."Journal of Computational and Graphical Statistics, 6 (4), 416–434.*
36. *Torres, J. M., Brumbelow, K., and Guikema, S. D. (2009). "Risk classification and uncertainty propagation for virtual water distribution systems." Reliability Engineering and System Safety, 94(8), 1259-1273.*
37. *Tsakiris, G., and Vangelis, H. J. E. W. (2005). "Establishing a drought index incorporating evapotranspiration." European water, 9(10), 3-11.*
38. *Wong, T. T. (2015). "Performance evaluation of classification algorithms by k-fold and leave-one-out cross validation." Pattern Recognition, 48(9), 2839-2846.*
39. *Zamani, R., Akhond-Ali, A. M., Roozbahani, A., and Fattahi, R. (2017). "Risk assessment of agricultural water requirement based on a multi-model ensemble framework, southwest of Iran." Theoretical and Applied Climatology, 129(3-4), 1109-1121.*
40. *Zhang, X., Xu, K., and Zhang, D. (2012). "Risk assessment of water resources utilization in Songliao Basin of Northeast China". Environmental earth sciences, 67(5), 1319-1329.*

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۴ / شماره ۲/ ۱۳۹۹

اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر شاخص‌های رشد و عملکرد در بازرویی اول گیاه نیشکر

درسا نامداریان[۱] *، عبدعلی ناصری، سعید برومندنسب و مسعود پرویزی آلمانی

دانشجوی دکترای مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

dorsanamdarian@yahoo.com

استاد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

abdalinaseri@yahoo.com

استاد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

boroomand@scu.ac.ir

مدیر به‌نژادی موسسه‌ی تحقیقات و توسعه‌ی نیشکر خوزستان، اهواز، ایران.

mparvizi_almani@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی شاخص سطح برگ، توزیع ریشه، کیفیت و عملکرد محصول نیشکر، برای بازرویی اول مورد بررسی قرار گرفت. به‌همین منظور در مزرعه‌ای با مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی سه ایستگاه اندازه‌گیری پارامترهای رشد انتخاب شد. مقدار کل آب مصرفی برای این مزرعه در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶، ۱۹۵۳/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. در این سال زراعی، ۱۱۷ میلی‌متر بارندگی نیز اتفاق افتاد. تعداد ساقه‌ها، تعداد برگ‌های سبز، طول و عرض برگ در طول یک متر از ردیف کاشت، در شش نوبت به‌ترتیب ۹۱، ۹۹، ۱۰۵، ۱۱۲، ۱۱۹ و ۱۲۸ روز پس از برداشت شمارش و اندازه‌گیری شد. تعداد، طول و عرض برگ‌ها به‌صورت میانگین و به‌ترتیب ۷/۲، ۱۰۱ و ۲/۹ سانتی‌متر بود. مقدار شاخص سطح برگ، تحت تاثیر تعداد ساقه‌ها قرار داشت. وزن ۲۰ ساقه ۱۵/۸ کیلوگرم، بریکس ۲۲/۲٪، پل ۱۹/۸٪، خلوص شربت ۸۹/۱٪، نسبت کیفیت شربت ۶/۷، عملکرد شکر زرد ۲۱/۳ و عملکرد شکر سفید ۱۴/۹ تن در هکتار اندازه‌گیری شد. همچنین ویژگی‌های مختلف ریشه اندازه‌گیری شد. وزن، طول، سطح، حجم و قطر ریشه به‌ترتیب ۷۹/۵ گرم، ۷۰۷/۵۵ سانتی‌متر، ۷۹۳/۳ سانتی‌متر مربع، ۷۰/۸ میلی‌لیتر و ۱/۰۵ میلی‌متر تعیین شد. نسبت شاخه به ریشه نیز ۵/۷۳ گرم بر گرم بود. علاوه‌بر آن ۲۰٪ افزایش قطر ریشه در لایه‌های عمیق‌تر خاک نسبت به لایه‌های سطحی خاک مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بریکس، پل، درصد خلوص شربت، نسبت شاخه به ریشه

۱- آدرس نویسنده‌ی مسئول: دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده‌ی مهندسی علوم آب، گروه آبیاری و زهکشی

* - دریافت: شهریور ۱۳۹۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

نیشکر یکی از محصولات مهم برای تولید قند است و همچنین باعث تولید فراورده‌های جانبی مهم شامل باگاس، ملاس و اتانول می‌باشد (سلواراجو[1] و همکاران، ۲۰۱۹)؛ مانند سایر محصولات کشاورزی تغییر روش‌های مدیریتی آبیاری روی محصول نیشکر تاثیر معنی‌داری می‌گذارد. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی از موثرترین مدیریت‌های آبیاری موجود برای کشت نیشکر است (باربوسا و همکاران، ۲۰۱۷ و سیلوا[2] و همکاران، ۲۰۱۷). آبیاری قطره‌ای با قطره چکان‌های مدفون در زیر سطح خاک به واسطه‌ی کاهش رطوبت در سطح، تلفات بلقوه آب را در سامانه‌ی آبیاری کاهش می‌دهد. با استفاده از این سامانه‌ها کشاورزان می‌توانند به بازده مصرف آب بالاتر، کاهش به خطر افتادن کیفیت آب، امکان بیشتر در استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر و افزایش یکنواختی آب کاربردی دست یابند (المالگلو و دیامنتوپولوز[3]، ۲۰۰۹). از جمله محاسن این سیستم می‌توان به کارآیی مصرف آب بالاتر، آلودگی کمتر آب‌های زیرسطحی به‌دلیل آبشویی کمتر نیترات‌ها، کاهش خطرات شوری به دلیل نگهداری زیاد رطوبت خاک و دور آبیاری کوتاهتر، یکنواختی بهتر پخش آب، وضعیت بهتر گیاه از نظر رشد، افزایش کمی و کیفی محصول، کنترل بهتر بیماری‌ها، مدیریت مناسب کودها و سموم، کنترل علف‌های هرز، امکان خودکار کردن کامل سیستم، کاهش خسارات ناشی از حیوانات و انعطاف‌پذیری زیاد سیستم اشاره کرد (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۱، بدر و ابوعرب[4]، ۲۰۱۳). ضمن اینکه در این سیستم نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی رایج، توزیع رطوبت و شوری در خاک نیز بهتر با الگوی توزیع ریشه همخوانی دارد. برای افزایش کارایی تولیدات کشاورزی و کاهش هزینه‌ها در کشاورزی مدرن نه تنها مسائل مربوط به مزرعه بلکه، جمع‌آوری اطلاعات نیز باید مورد اهمیت قرار گیرد (ژائو[5] و همکاران، ۲۰۱۸). متغیرهای رشد گیاهی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر روش آبیاری قرار می‌گیرند (عامر، ۲۰۱۱). برای مقایسه‌ی رشد و عملکرد بین ژنوتیپ‌های مختلف و اقتصادی نیشکر این متغیرها اندازه‌گیری می‌شوند (ساندهو و همکاران، ۲۰۱۲). نظارت بر رشد و تولید محصول نیشکر با استفاده از مدل‌های تجربی و داده‌های سنجش از دور امکان‌پذیر است (سلواراجو و همکاران، ۲۰۱۹). مدل‌های رشد با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی روشی بسیار پر کاربرد و محبوب است. برای استفاده از مدل‌های رشد باید پارامترهای فیزیولوژیکی اصلی را شناسایی و کنترل کرد. جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در کشاورزی کار دشواری است. کمبود این اطلاعات باعث کاهش دقت در پیش‌بینی‌هاست (ژائو و همکاران، ۲۰۱۸). متغیرهای رشد گیاه شامل پارامترهایی نظیر زیست توده[6]، شاخص سطح برگ[7] (LAI)، تعداد ساقه در متر و عملکرد می‌باشد (سیموئز و همکاران[8]، ۲۰۰۵). می‌توان LAI را یک متغیر مستقیم برای برآورد تغییرات رشد نیشکر در نظر گرفت (سیموئز و همکاران، ۲۰۰۵ و ژائو و همکاران، ۲۰۱۸). ریشه و میزان فعالیت آن نقش مهمی در جذب آب و مواد غذایی محصول، به‌ویژه در شرایط خشکی دارد (ال وی و همکاران[9]، ۲۰۱۹). وجود اطلاعات اندکی که از سیستم ریشه و فعالیت آن داریم ممکن است باعث بروز مدیریت ناکارآمد کشاورزی و انتخاب نادرست ارقام شود (اسمیت و همکاران[10]، ۲۰۰۵). مطالعات محدودی در مورد روند تغییرات LAI و ریشه برای محصول نیشکر، به‌ویژه در کشاورزی مدرن وجود دارد (ساندهو و همکاران، ۲۰۱۲، اوتو و همکاران[11]، ۲۰۱۱ و جانگپروما و همکاران[12]، ۲۰۱۲). سیموئز و همکاران (۲۰۰۵)، لین و همکاران (۲۰۰۹) و ژانگ و همکاران[13] (۲۰۱۶) با استفاده از تصاویر

1 Selvaraju
2 Silva
3 Elmaloglou and Diamantopoulos
4 Badr and Abuarab
5 Zhao
6 Biomass
7 Leaf Area Index
8 Simões
9 Lv
10 Smith
11 Otto
12 Jangpromma
13 Zhang

دیجیتالی تغییرات LAI را مدل‌سازی کردند. پاندی[1] و همکاران (۲۰۱۸) در شش ایالت هندوستان مقدار LAI و عملکرد محصول نیشکر را برای از چند مدل پیش‌بینی محصول با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اندازه‌گیری کردند. سلواراجو و همکاران (۲۰۱۹) برای شبیه‌سازی میزان عملکرد نیشکر با استفاده از تصاویر هوایی و مدل Mapcape-RICE روند تغییرات LAI را برای محصول نیشکر در طول دوره‌ی رشد برای منطقه‌ی تامیل نادوی هند اندازه‌گیری کردند. ژائو و همکاران (۲۰۱۸) در ۱۵ مزرعه‌ی تحقیقاتی واقع در برزیل در دوره‌های مختلف رشد میزان LAI را اندازه‌گیری کردند و از این اطلاعات در سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای شبیه‌سازی رشد محصول نیشکر DSSAT استفاده کردند. ساندهو و همکاران (۲۰۱۲) ارتباط بین تغییرات LAI، سرعت رشد و عملکرد نیشکر برای چند ژنوتیپ مختلف را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که رابطه بین عملکرد و LAI در دوره‌ی نهایی رشد همبستگی خوبی از خود نشان می‌دهد. داسیلوا و همکاران[2] (۲۰۱۷) رابطه بین LAI و زیست توده نیشکر را در چهار رقم مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. نتایج آن ها نشان داد که رقم RB92579 با LAI بزرگتر از ۴/۴۶ بیشترین مقدار عملکرد را در بین ارقام مورد مطالعه داشت.

اوتو و همکاران (۲۰۱۱) برای رقم SP81-3250 رابطه‌ی بین توزیع و تراکم ریشه با خصوصیات فیزیکی خاک را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش تراکم خاک رشد ریشه به‌شدت کاهش می‌یابد. لاکلائو و لاکلائو (۲۰۰۹) تراکم طولی ریشه را در ۳۴، ۴۹، ۱۲۵، ۱۷۹، ۲۴۱ و ۳۲۲ روز پس از کاشت در عمق یک متری خاک بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد بیشترین تراکم طولی در عمق کمتر از ۶۰ سانتی‌متر اتفاق می‌افتد. جانگپروما و همکاران (۲۰۱۲) رابطه بین خصوصیات ریشه و کارایی مصرف آب را در ۱۰ رقم مختلف نیشکر مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد تغییرات قطر، طول، سطح و حجم ریشه در رقم‌های مختلف با هم اختلاف معنی داری داشت. برای کشت نیشکر در ایران همچنان از شیوه‌ی آبیاری جویچه‌ای استفاده می‌شود؛ بنابراین اطلاعاتی در رابطه با تاثیر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی خصوصیات و متغیرهای رشد نیشکر در دست نیست. تلاش‌ها برای مدل‌سازی محصول نیشکر نشان دهنده‌ی این واقعیت است که فرایندهای شبیه‌سازی در اغلب مدل‌ها برای محیط‌های خاص باید اصلاح شوند و هیچ مدل جهانی برای یک محصول وجود ندارد. در اراضی نیشکر مورد مطالعه، در سال‌های اخیر به سمت مدرن شدن پیش می‌رود. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌برداری‌های هوایی در این اراضی در حال مرسوم شدن است. از آنجا که داده‌های LAI نقش اصلی را برای مدل‌سازی دارند. برای مدیریت بهتر اراضی مورد مطالعه، تعیین آن بسیار مهم است و بر اساس آن می‌توان برنامه‌ریزی بهینه برای آبیاری تعیین کرد؛ بنابراین با توجه به اهمیت اندازه‌گیری و آگاهی از روند تغییرات شاخص‌های عنوان شده، پژوهشی انجام شد. با توجه به این نکته که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای اولین بار در کشت نیشکر در ایران اجرا شده است، نتایج این مطالعه می‌تواند برای برنامه‌ریزی‌ها، طراحی‌ها و مدل‌سازی های مختلف این محصول راهگشا و مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، در مزرعه‌ای با مساحت ۰/۸ هکتار، زیر کشت نیشکر رقم CP69-1062، طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و در قالب بازرویی اول انجام گرفت. برداشت در آذر ماه ۱۳۹۶ انجام و جوانه‌زنی از اواخر بهمن ماه آغاز شد؛ بنابراین اولین آبیاری در همین ماه قبل از جوانه‌زنی صورت گرفت. سامانه‌ی آبیاری دارای ۱۸ لترال، با آرایش دو طرفه است. لوله‌ی اصلی در وسط مزرعه قرار گرفته است، به‌صورتی که طول هر لترال ۱۲۰ متر است. قطره‌چکان‌ها با دبی ۲/۲ لیتر در ساعت تحت فشار ۲/۵ بار، در عمق ۲۵ و فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم قرار گرفتند.

1 Pandey

2 Da Silva

مزرعه‌ی مورد مطالعه، در ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان واقع در کیلومتر ۳۰ جاده اهواز- آبادان با ۳۳' ۴۸° طول‌شرقی، ۵۹' ۳۰° عرض‌شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۷/۶ متر می‌باشد. در شکل (۱) تصویر هوایی موقعیت مکانی مزارع مورد مطالعه نشان داده شده است.

شکل ۱- تصویر هوایی موقعیت مکانی مزرعه‌ی مورد مطالعه

اقلیم منطقه براساس تقسیم‌بندی دومارتن[1] گرم و خشک محسوب می‌شود. بافت خاک مزرعه با آزمایش هیدرومتری، سیلتی‌کلی‌لوم تعیین شد. با استفاده از دستگاه صفحه‌های فشاری، نقاط ظرفیت‌زراعی و پژمردگی‌دائم به‌طور میانگین و به‌ترتیب ۳۷/۷ و ۱۹/۴ درصد حجمی اندازه‌گیری شدند. منبع تأمین آب‌آبیاری، از رودخانه کارون بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و آب آبیاری در جدول‌های (۱) و (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

عمق خاک (cm)	EC (ms/cm)	pH	ρ_b ($\frac{gr}{cm^3}$)	کاتیون‌ها (meq/l)				آنیون‌ها (meq/l)				SAR
				Na+	Ca2+	Mg2+	K+	Cl-	CO_3^{-2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}	
0-30	5.8	7.1	1.5	41.4	13	10.3	0.19	39.1	0	2.15	20.5	12.1
30-60	4.9	7.1	1.5	36.2	11.2	7.95	0.20	29.1	0	1.76	20.0	11.6
60-90	5	7.2	1.6	35.8	12.8	9.44	0.15	28.8	0	1.22	26.8	10.7

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در مزرعه مورد مطالعه

EC (dS/m)	pH	TDS (mg/l)	TH (mg/l)	کاتیون‌ها (meq/l)				آنیون‌ها (meq/l)				SAR	طبقه بندی
				Na+	Ca2+	Mg2+	K+	Cl-	CO_3^{-2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}		
2.5	7.5	1793	531	13.9	3.8	5.1	0.08	14.8	0	2.98	5.9	6.6	$C_4 S_2$

نیاز آبیاری براساس اطلاعات روزانه‌ی تشت تبخیر آمریکایی کلاس A در ایستگاه سینوپتیک مجاور مزرعه محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز گیاه نیشکر، عمق خالص و ناخالص آبیاری، نیاز آبشویی و حجم مورد نیاز آبیاری با استفاده از روابط (۱) تا (۶) محاسبه گردید (علیزاده، ۱۳۸۹):

$$ET_0 = k_p \times ET_p \quad (۱)$$

$$ET_c = k_c \times ET_0 \quad (۲)$$

$$d_n = (\theta_{fc} - \theta_p) \times MAD \times Z \times P_w \quad (۳)$$

$$d_g = \frac{d_n}{Eu(1-LR)} \quad (۴)$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{2EC_{emax}} \quad (۵)$$

$$V = d_g \times A \times 1000 \quad (۶)$$

که در این روابط:

ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل، (mm/day)، k_p ضریب تشت تبخیر، ET_p میزان تبخیر از سطح تشت تبخیر (mm/day)، ET_c تبخیر و تعرق واقعی گیاه نیشکر (mm/day)، k_c ضریب گیاهی نیشکر، d_n عمق خالص آبیاری (mm)، θ_{fc}

1 De martonne

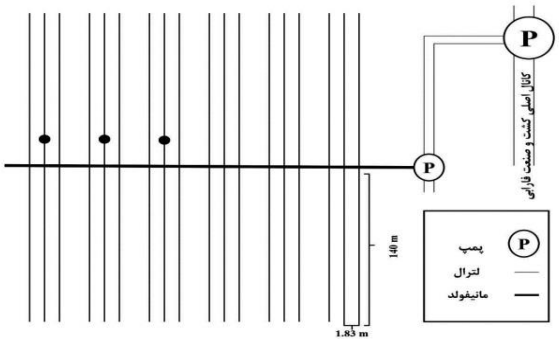
رطوبت حجمی در نقطه ظرفیت زراعی، θ_p رطوبت حجمی خاک مزرعه قبل از آبیاری، MAD درصد مجاز تخلیه‌ی رطوبتی برای گیاه نیشکر، Z عمق موثر ریشه (m)، P_w درصد مساحت خیس شده، d_g عمق ناخالص آبیاری، Eu ضریب یکنواختی پخش آب در قطره‌چکان‌ها، LR نیاز آبشویی، EC_{iw} هدایت الکتریکی آب آبیاری (dS/m)، EC_{emax} هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS/m)، V حجم آب آبیاری (m^3) و A مساحت مزرعه (m^2) است. لازم به ذکر است که برای ضریب گیاهی نیشکر در این مزارع از داده‌های لایسیمتری اندازه‌گیری شده در دوره‌های کاشت قبلی استفاده شد. برای محاسبه‌ی ET_0 روزانه از ضریب تشت تبخیر آلن و پروت[1] استفاده شد. این ضریب برای منطقه‌ی اهواز داری بیش‌ترین دقت است (شکری و همکاران ۱۳۹۴). مقدار k_c با استفاده از لایسیمتر در مجاورت مزرعه مورد مطالعه محاسبه شد. بهره‌وری مصرف آب و راندمان کاربرد آب نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$WUE=\frac{y}{ET_c} \quad (۷)$$

$$E_a=\frac{d_n}{d_g} \quad (۸)$$

که در این روابط:

WUE بهره‌وری مصرف آب (kg/mm.ha) ، y عملکرد محصول (kg/ha)، E_a راندمان کاربرد آب است. اولین و آخرین آبیاری به‌ترتیب در تاریخ ۵ بهمن ماه ۱۳۹۶ و ۱۹ آبان ماه ۱۳۹۷ صورت گرفت. حجم آب مصرفی با کنتور حجمی دقیق اندازه‌گیری و ثبت شد. به این ترتیب روند تغییرات LAI با استفاده از طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با دو تیمار (نوبت‌های اندازه‌گیری) و سه تکرار (تعداد نقاط اندازه‌گیری) صورت گرفت. در هر نوبت میانگین طول، عرض، مساحت و LAI در سه جویچه اندازه‌گیری شد. شماتیک موقعیت نقاط اندازه‌گیری متغیرهای رشد در شکل (۱)، مشاهده می‌شود.



شکل ۱- شماتیک موقعیت نقاط اندازه‌گیری متغیرهای رشد

طول مزرعه ۲۴۰ و فاصله جویچه‌ها از هم ۱/۸۳ متر بود. LAI سطح برگ در واحد سطح از سطح خاک است و پوشش گیاهی را توصیف می‌کند. این پارامتر مربوط به تبخیر و تعرق، فتوسنتز و بهره‌وری اکو سیستم گیاهی است تا کنون با تکیه بر جهت‌گیری برگ‌ها و هندسه‌ی آن تعاریف مختلفی از آن ارائه شده است. از روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری پارامتر LAI استفاده می‌شود. این روش‌ها بر اساس نوع اندازه‌گیری و تجهیزات فنی متفاوت هستند. بر این اساس دو روش اصلی مستقیم و غیرمستقیم برای تعیین LAI وجود دارد (کومار ورما[2] و همکاران، ۲۰۱۸). در روش‌های غیرمستقیم LAI با اندازه‌گیری‌های گیاهی یا عبور نور از گیاه و تجزیه و تحلیل آن و عکاسی دیجیتالی انجام و محاسبه می‌شود. روش‌های غیرمستقیم، غیرمخرب و مقرون به‌صرفه هستند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶). در روش‌های مستقیم، یا با استفاده از دستگاه Leaf area meter (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶) یا با استفاده از متر و رابطه‌ی خاص ابعاد برگ با ضریب شکل محاسبه می‌شود (کومار ورما و همکاران، ۲۰۱۸). روش‌های مستقیم مخرب پوشش گیاهی است. این روش با برداشت پوشش گیاهی و برآورد سطح برگ در محصولات زراعی و مراتع استفاده می‌شود و استفاده از آن وقت‌گیر، گران و دشوار است و در مقیاس بزرگ نمی‌توان از آن استفاده کرد؛ اما نتایج به‌دست آمده از آن دقت بیش‌تری نسبت به روش‌های غیر مستقیم دارد (کومار ورما و همکاران، ۲۰۱۸). در این مطالعه LAI

1 Allen and Pruitt

2 Kumar Verma

با استفاده از روش مرسوم در کشت و صنعت‌های نیشکری خوزستان، به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری شد. برای از بین بردن اثرات جانبی روی نتیجه‌ی پژوهش از هر کرت جویچه‌ی وسط در نظر گرفته شد. قسمت میانی هر جویچه به اندازه‌ی دو متر انتخاب و میخ‌کوبی شد. اندازه‌گیری‌ها به صورت هفتگی و در بین ساعات ۹ تا ۱۱ صبح انجام گرفت. تعداد ساقه‌های رشد کرده شمارش و متوسط تعداد برگ‌های هر ساقه اندازه‌گیری شد. برای این کار تعداد برگ های سبز برای چند ساقه شمارش (برگ‌هایی که بیش از ۲۰ درصد از آن‌ها سبز باشد) و به‌صورت میانگین برای همه‌ی ساقه‌ها در نظر گرفته شد. طول و عرض برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پهنای وسط برگ به‌عنوان عرض برگ در نظر گرفته شد. برای کاهش خطا، اندازه‌گیری‌ها دو یا سه بار تکرار شدند تا از صحت آن اطمینان حاصل شود. براساس توصیه‌ی محققین (هرمان و کامارا[1]، ۱۹۹۹ و داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۷) برای محاسبه‌ی سطح برگ ضریب تصحیح ۰/۷ در نظر گرفته شد. مساحت سطح برگ و LAI با استفاده از روابط (۹) و (۱۰) محاسبه شدند.

$$LA= 0.7 \times LL \times LW \times N \times S \quad (۹)$$

$$LAI=\frac{LA}{A} \quad (۱۰)$$

که در آن:

LA مساحت سطح برگ برحسب m^2، ۰/۷ ضریب تصحیح، LL طول برگ برحسب m، LW عرض برگ برحسب m، N تعداد متوسط برگ برای هر ساقه و S تعداد ساقه‌ها در یک متر، LAI شاخص سطح برگ برحسب m^2/m^2 و A مساحتی که LA در آن اندازه‌گیری شده و برحسب m^2 است. بهترین زمان اندازه‌گیری LAI نیشکر اواخر دوره‌ی میانی[2] یا اوایل دوره‌ی پایانی رشد[3] می‌باشد (گاتیرز و میجلی[4]، ۲۰۰۴، ساندهو و همکاران، ۲۰۱۲ و داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین اندازه‌گیری‌ها در دوره ی میانی رشد، در بازه‌ی ۹۰ تا ۱۲۸ روز بعد از برداشت پلنت[5] انجام شد. پس از قطع آبیاری و تکمیل روند رسیدگی نیشکر، برداشت صورت گرفت. در هر نقطه‌ی اندازه‌گیری یک فاصله‌ی ۱۰ متری انتخاب شد. تعداد ۲۰ ساقه به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن آن اندازه‌گیری شد. با انتقال ساقه‌ها به آزمایشگاه فاکتورهای کیفی اندازه‌گیری و محاسبه شدند. به درصد قند موجود در عصاره نیشکر، پل[6] می‌گویند و با دستگاه ساکاری‌متر[7] اندازه‌گیری می‌شود. به درصد مواد جامد محلول در عصاره نیشکر، بریکس[8] می گویند و با دستگاه رفراکتومتر[9] اندازه‌گیری می‌شود. سایر خصوصیات کیفی شامل درجه خلوص شربت[10]، نسبت کیفیت[11]، درصد شکر زرد[12]، شکر سفید تصفیه شده[13] و عملکرد شکر سفید[14] از روابط (۱۱) تا (۱۵)، محاسبه شدند (ICUMSA، ۲۰۰۹).

$$POL= Pool\ Factor\times SR \quad (۱۱)$$

$$QR=\frac{PF}{POL} \quad (۱۲)$$

$$Yield=\frac{100}{QR} \quad (۱۳)$$

$$RS= Yield\times 0.83 \quad (۱۴)$$

$$SY= Y\times RS \quad (۱۵)$$

که در روابط بالا:

POL درصد ساکاروز شربت نیشکر، Pool Factor درصد ساکاروز قرائت شده، SR ضریب اصلاحی که از جداول استاندارد استخراج می‌شود، QR نسبت کیفیت شربت نیشکر، PF ضریب تصحیح درصد خلوص، Yield عملکرد شکر زرد (ton/ha)، RS درصد شکر سفید تصفیه شده است.SY عملکرد نهایی شکر سفید تصفیه شده (ton/ha) و Y عملکرد نهایی نیشکر (ton/ha) است.

برای بررسی رشد ریشه نیز یک بوته انتخاب و با روش حفاری اسکلت ریشه به‌صورت کامل مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعه‌ی ریشه ده روز قبل از برداشت محصول

1 Hermann & Camara
2 Late mid-season
3 Early late-season
4 Gutierrez & Miceli
5 Plant
6 POL
7 Saccharimete
8 Brix
9 Refractometer
10 Purity (PTY)
11 Quality Ratio (Q.R)
12 Yield (Y)
13 Recovery Sugar (R.S)
14 Sugar yield (SY)

انجام شد. سعی شد بوته‌ی مورد مطالعه نمونه‌ی تیپیک محصول باشد. پس از انتخاب، کلیه‌ی مشخصات ظاهری گیاه یادداشت و سپس قسمت هوایی بریده شد تا در کار مطالعه اخلالی ایجاد نکند. از پیرامون و فاصله‌ای از گیاه که انشعاب ریشه‌ها بدان نمی‌رسید حفاری ترانشه‌ای آغاز شد. عرض ترانشه یک متر و عمق آن ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر پائین تر از عمیق‌ترین ریشه‌ها بود. پس از آن که کار حفاری ترانشه به پایان رسید با دقت و با استفاده از یک میله‌ی تیز خاک اطراف ریشه‌ها خارج شد تا ریشه‌ها ظاهر شوند. هم زمان رسم الگوی انشعاب ریشه‌ها چه به‌صورت گرافیکی و چه به‌صورت عکاسی انجام شد. پس از خارج شدن کامل ریشه از خاک پارامترهایی که برای توصیف کمی رشد ریشه و گسترش آن به‌کار می‌روند شامل وزن، سطح، حجم، قطر و طول ریشه اندازه‌گیری شد. سطح ریشه با روش اتکینسون[1] و با استفاده از رابطه (۱۶) محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۹):

$$A= 2[V \times \pi \times L]^{0.5} \quad (۱۶)$$

که در آن:

A سطح ریشه‌ها برحسب cm^2، V حجم ریشه برحسب cc و L طول ریشه‌ها برحسب cm است. طول ریشه‌ها با استفاده از رابطه (۱۷) محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۹):

$$L= 0.89W \quad (۱۷)$$

که در آن:

W وزن ریشه‌ها برحسب mg است. حجم ریشه‌ها مستقیما از روی جا به جا شدن آب در ظرف مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته شده به داخل آن صورت گرفت. قطر ریشه‌ها نیز با استفاده از میکرومتر پیچی که دقت آن یک صدم میلی‌متر بود اندازه‌گیری شد. در نهایت، برای برازش داده‌ها، از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

مقدار نیاز آبی گیاه نیشکر در کل دوره داشت با استفاده از تشت تبخیر کلاس A آمریکایی ۱۸۵۲/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مقدار آب مورد استفاده در پایان دوره برای مزرعه مورد مطالعه ۱۹۵۳/۱ میلی‌متر بود. لازم به ذکر است که در این دوره در مجموع ۱۱۷ میلی‌متر بارندگی اتفاق افتاد. راندمان کاربرد آب محاسبه شده، ۸۸/۲٪ است. عملکرد محصول ۴۹۳۸۵۷/۹ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری مصرف آب ۱۳۳/۳ کیلوگرم بر میلی‌متر بر هکتار محاسبه شد. در نقاط اندازه‌گیری تعداد ساقه‌ها، تعداد برگ‌های سبز، طول و عرض برگ در شش نوبت به‌ترتیب در ۹۱، ۹۹، ۱۰۵، ۱۱۲، ۱۱۹ و ۱۲۸ روز پس از برداشت پلنت شمارش و اندازه‌گیری شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها در جدول (۳) ارائه شده است.

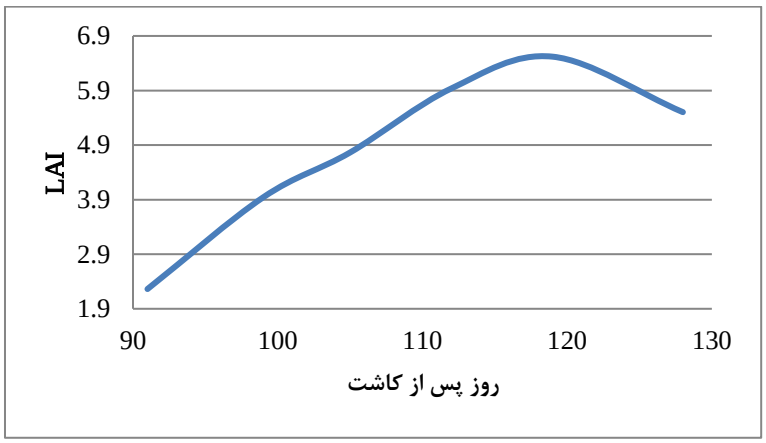
جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری متغیرهای رشد برای گیاه نیشکر در بازرویی اول

تاریخ اندازه‌گیری (تعداد روز پس از برداشت پلنت)	تعداد ساقه	تعداد برگ سبز	طول برگ (cm)	عرض برگ (cm)	LAI
۹۱ روز	۸۴	۵/۳	۹۶/۳	۲/۶۳	۲/۲۶
۹۹ روز	۱۲۷	۶/۳	۹۹/۳	۲/۶۰	۳/۹۴
۱۰۵ روز	۱۲۷/۷	۷/۳	۹۴/۳	۲/۸۳	۴/۷۶
۱۱۲ روز	۱۰۷	۸	۱۱۲/۷	۳/۲۳	۵/۹۴
۱۱۹ روز	۱۴۰/۷	۸	۹۹/۰	۳/۰۷	۶/۵۲
۱۲۸ روز	۱۰۰/۳	۸	۱۰۴/۷	۳/۴۷	۵/۵۰
میانگین	۱۱۴/۴	۷/۲	۱۰۱/۱	۲/۹۷	۴/۸۲

با توجه به جدول (۳) تعداد برگ‌ها، طول و عرض برگ به‌صورت میانگین و به‌ترتیب ۷/۲، ۱۰۱/۱ و ۲/۹۷ سانتی‌متر است. این نتیجه با نتایج داسیلوا و همکاران (۲۰۱۷) و ماچادو و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. داسیلوا

1 Atkinson

و همکاران با مطالعه‌ی چهار رقم مختلف نیشکر تعداد برگ را به‌صورت میانگین ۷/۹۵ به‌دست آوردند. ماچادو و همکاران (۲۰۰۹) نیز برای دو رقم نیشکر به‌صورت میانگین تعداد برگ را ۷ گزارش کردند. تعداد ساقه‌ها به‌صورت میانگین ۱۱۴/۴ و مقدار LAI، ۴/۸ بود. این نتیجه با نتایج داسیلوا و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. آن‌ها برای رقم RB92579 مقدار LAI را ۴/۴۶ به‌دست آوردند. با توجه به نتایج محققان پیشین مقدار LAI به‌دست آمده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به مقدار آن در آبیاری سطحی مقدار قابل توجهی افزایش از خود نشان داده است. داسیلوا (۲۰۰۷) برای رقم RB867515 مقدار ۲/۳، سیموئز و همکاران برای رقم SP801842 مقدار ۲/۰۶ و ساندهو و همکاران (۲۰۰۵) نیز مقدار ۲/۳ را برای شاخص سطح برگ نیشکر در آبیاری سطحی گزارش کردند. بیشتر شدن LAI در مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را می‌توان با تراکم بالای ساقه‌ها در آن مرتبط دانست. این نتیجه با نتایج سیموئز و همکاران (۲۰۰۵) هم‌خوانی دارد. آن‌ها یک مدل درجه سه بین LAI و تعداد ساقه‌ها تعریف کردند. نتایج آن ها نشان داد که مقدار LAI در بین پارامترهای مختلف رشد بیشترین وابستگی را به تعداد ساقه‌ها دارد. همچنین می‌توان بزرگتر شدن LAI را در مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری جویچه‌ای، به توزیع مناسب‌تر رطوبت و مواد مغذی در کود آبیاری نسبت داد. این نتیجه با نتایج گیلبرت و همکاران[1] (۲۰۰۸)، عامر (۲۰۱۱) و سیلوا و همکاران (۲۰۱۷) و هو[2] و همکاران (۲۰۱۹) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که آبیاری و کوددهی مناسب باعث افزایش LAI می‌شود. گیلبرت و همکاران (۲۰۰۸)، LAI را در آبیاری جویچه‌ای برای نیشکر، در شرایط معمول ۲/۳ به‌دست آوردند که با کوددهی مناسب میزان این شاخص تا ۴/۳ افزایش یافت. نتایج عامر (۲۰۱۱) نیز روی شاخص سطح برگ کدو نشان می‌دهد که در دسترس قرار گرفتن بهتر آب باعث افزایش مقدار LAI می‌شود. در شکل (۲) منحنی تغییرات LAI مشاهده می‌شود. همچنین هو و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه‌ی LAI برای استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی محصول نیشکر گزارش کردند که مقدار LAI همبستگی قوی با میزان آب خاک در منطقه‌ی ریشه دارد. این بدین معناست که داده‌های LAI ممکن است برای تخمین عملکرد نیشکر از داده‌های مربوط به آب خاک مفیدتر باشد.



شکل ۲- منحنی تغییرات *LAI* برای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی

مشاهده می‌شود که تغییرات LAI در ابتدا به‌صورت سریع رشد یافته و بعد از رسیدن به بیش‌ترین حد خود، در ابتدای دوره‌ی بلوغ کاهش می‌یابد. این تغییرات به‌صورت یک منحنی توانی است. این نتیجه با نتایج سیموئز و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند که منحنی تغییرات LAI یک منحنی توانی است. در جدول (۴) تجزیه

1 Gilbert

2 Hua

و تحلیل آماری تغییرات LAI را در دوره‌ی رشد نیشکر طی نوبت‌های نمونه‌برداری مشاهده می‌کنید. با توجه به معنی‌دار شدن اختلاف مقدار LAI در نوبت‌های مختلف اندازه‌گیری، از آزمون دانکن[1] برای مقایسه مقادیر آن استفاده شد. در جدول (۵) مقایسه‌ی میانگین‌های LAI را در طول دوره‌ی رشد نیشکر مشاهده می‌کنید.

جدول ۴- تجزیه و تحیل آماری تغییرات *LAI* در نوبت های مختلف نمونه برداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات خطا	میانگین مربعات	*F*	*Sig*
نوبت نمونه برداری	۵	۳۵/۴۹۸	۷/۱	۱۸/۴۱۴	۰/۰۰**
خطا	۱۲	۴/۶۲۷	۰/۳۸۶		
کل	۱۸				

**اختلاف در سطح احتمال یک درصد معنی دار است

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین‌های *LAI* در نوبت‌های اندازه‌گیری

روز پس از کاشت	۹۱	۹۹	۱۰۵	۱۱۲	۱۱۹	۱۲۸
LAI	a	b	bc	cd	cd	cd

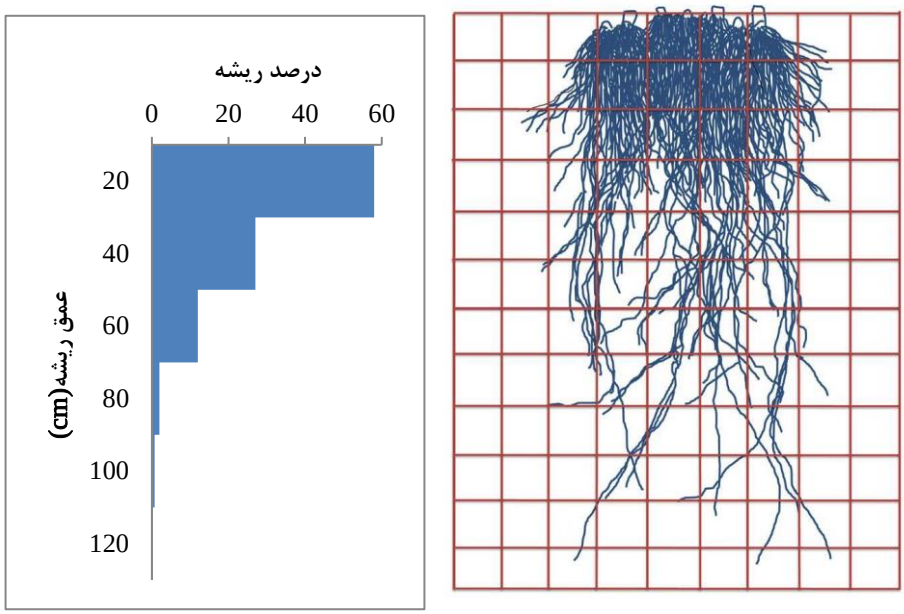
برای هر تیمار، اعدادی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری با هم ندارند

براساس نتایج به‌دست آمده کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار LAI، ۲/۲۶ و ۶/۵۲ است که در به‌ترتیب در ۹۱ و ۱۱۹ روز پس از برداشت پلنت اندازه‌گیری شده است. محاسبات آماری نشان می‌دهد که در مراحل اولیه‌ی اندازه‌گیری که با رشد سریع گیاه همراه است مقدار رشد LAI دارای اختلاف معنی‌داری است. این روند منطبق با قرار گرفتن نوبت‌های اندازه‌گیری در دوره‌ی رشد و توسعه‌ی محصول است. مشخصه‌ی مرحله‌ی توسعه، تقسیم و تمایز شدید سلولی است؛ بنابراین افزایش در اندازه و کل ماده‌ی خشک گیاه را به همراه دارد. رشد که به آرامی شروع شده در این مرحله سرعت می‌یابد تا به حداکثر مقدار خود برسد. سپس رو به کاهش می‌گذارد (سیزو و استولف[2]، ۲۰۱۲). شدت این تغییرات در نوبت‌های بعدی کاسته شده و نهایتا در مرحله‌ی آخر نمونه‌برداری، میزان تغییرات LAI اختلاف معنی‌داری از خود نشان نمی‌دهد. این کاهش را می توان به از بین رفتن و زرد شدن برگ‌ها و تولید ساقه‌های جدیدتر با برگ‌های کوچک‌تر نسبت داد. این نتیجه با نتایج کومار (۲۰۱۹) مطابقت دارد. کومار تغییرات روند LAI را برای یک مزرعه‌ی تحقیقاتی در هندوستان طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار داد. نتایج او نشان داد که کاهش LAI در دوره‌ی بلوغ به‌دلیل از بین رفتن برگ‌های قدیمی و تولید ساقه‌های جدید در این دوره است که دارای برگ‌های کوچک‌تری هستند. در نهایت پس از برداشت و انتقال ساقه‌ها به آزمایشگاه پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شد. وزن ۲۰ ساقه ۱۵/۸ کیلوگرم، بریکس ۲۲/۲ درصد، پل ۱۹/۸ درصد، خلوص شربت ۸۹/۱ درصد، نسبت کیفیت شربت ۶/۷، عملکرد شکر زرد ۲۱/۳ تن در هکتار و عملکرد شکر سفید ۱۴/۹ تن در هکتار بود.

با مطالعه‌ی کامل ریشه مقدار پارامترهای وزن، طول، سطح، حجم، قطر و نسبت شاخه به ریشه به‌ترتیب ۷۹/۵ gr، ۷۰۷/۵۵ cm، ۷۹۳/۳ cm^2 ، ۷۰/۸ cc، ۱/۰۵ mm و ۵/۷۳ gr/gr اندازه‌گیری شد. در شکل (۳) با استفاده از عکس‌برداری ریشه پروفیل رشد و درصد توزیع ریشه نسبت به عمق نشان داده شده است.

1 Duncan

2 Sizuo & Stolf



شکل ۳- پروفیل رشد و درصد توزیع ریشه نسبت به عمق در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

در شکل (۳)، مربع‌های شبکه با ابعاد ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر هستند. با توجه به شکل با افزایش فاصله از محور مرکزی گیاه و با افزایش عمق تراکم ریشه کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج اوتو و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که تراکم ریشه در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری به‌ترتیب ۳۳، ۱۹ و ۱ درصد است و کاهش یافته است. علت این امر عمدتا مقاومت مکانیکی و تاثیر کاهش نفوذپذیری گازها در خاک‌های فشرده است. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دلیل این که آب به‌صورت حجمی کوچک و مداوم در اختیار بخشی از ریشه گیاه قرار گرفته است، ریشه برای جذب بهتر آب ظریف و افشان‌تر شده است. این نتیجه با نتایج جانگپروما و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان داد با کاهش رطوبت خاک قطر ریشه هم کاهش می‌یابد. این عامل باعث می‌شود که ریشه سطح تماس بالاتری با خاک داشته باشد که به جذب بهتر آب کمک می‌کند. در لایه‌های عمیق و پایین‌تر قطر ریشه ۲۰ درصد بیشتر از لایه‌ی سطحی است. این نتیجه نیز با نتایج اوتو و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که ریشه‌های لایه‌های عمیق ضخیم‌تر از لایه های بالایی هستند. رشد ریشه تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری و توزیع افقی آن نیز تا فاصله‌ی ۱۵۰ سانتی‌متری از بوته مشاهده شد. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که آب به‌صورت جزیی و مداوم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، گیاه برای مقاوم‌تر ساختن خود عکس‌العمل عمیق‌تر شدن ریشه‌ها به صورت افقی و عمودی را از خود نشان می‌دهد. این نتیجه با نتایج اسمیت و همکاران (۲۰۰۵) هم‌خوانی دارد. آن‌ها در نتایج خود اعلام کردند که گونه‌های مقاوم‌تر نیشکر به خشکی دارای ریشه‌های عمیق‌تر هستند؛ و گیاه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی منشعب‌تر می‌شود.

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود بیشترین توزیع ریشه در لایه سطحی خاک که توزیع رطوبت و تهویه خاک مناسب‌تر است اتفاق افتاده است. این نتیجه با نتایج لاکلائو و لاکلائو (۲۰۰۹) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که بیشترین تراکم ریشه برای نیشکر در عمق کمتر از ۶۰ سانتی‌متری اتفاق می‌افتد. نتایج اسمیت و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان می‌دهد که اگر چه در شرایط خاص ریشه نیشکر قابلیت رشد تا طول شش متری را هم دارد، اما فعالیت ریشه در عمق کمتر از دو متر اتفاق می‌افتد و حداکثر عمق فعالیت ریشه‌های نیشکر به‌طور معمول به عمق ۱/۵ تا ۲ متر محدود شده است.

بیش‌ترین توزیع ریشه که شامل ۵۸ درصد از کل ریشه است در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک اتفاق افتاده است.

با توجه به نصب قطره‌چکان‌ها که در عمق ۲۵ سانتی‌متری است، می‌توان توزیع حداکثری ریشه در این عمق را توجیه کرد. رشد بیشتر ریشه در این عمق را می‌توان به توزیع بهتر آب و کود توسط قطره‌چکان مرتبط دانست؛ زیرا آب و مواد غذایی به‌صورت مستقیم در دسترس ریشه قرار می‌گیرد. همچنین تا عمق ۴۰ سانتی‌متری ۸۵ درصد از کل ریشه قرار گرفته است. این نتیجه با نتایج ال وی و همکاران (۲۰۱۹) و اوهاشی و همکاران[1] (۲۰۱۵) هم‌خوانی دارد. نتایج ال وی و همکاران (۲۰۱۹) برای مطالعه‌ی ریشه‌ی گندم بهاره نشان می‌دهد که وزن ریشه در مجاورت لوله‌های قطره‌چکان‌دار بیشتر است. اوهاشی و همکاران (۲۰۱۵) هم با مطالعه‌ی توزیع ریشه‌ی نیشکر در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به این نتیجه رسیدند که ۵۰ درصد توزیع ریشه تا عمق ۲۰ و بیش از ۸۰ درصد آن تا عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی می‌توان گفت توزیع و تمرکز بیشتر ریشه به دلیل پایین‌تر بودن مقاومت خاک، در لایه‌ی سطحی خاک اتفاق افتاده است این نتیجه با نتایج اوتو و همکاران (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که با توجه به کمتر بودن تراکم خاک در لایه‌های سطحی، ریشه‌ها در جهتی که کم‌ترین مقاومت در مسیر رشد آن‌ها وجود داشته باشد انتشار می‌یابد.

با توجه به اینکه حجم بالایی از ریشه در مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در اطراف لوله‌ی قطره‌چکان‌دار توزیع یافته است، گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌صورت منظم در طی شش مرحله در طول فصل رشد قطره‌چکان‌ها مورد بررسی قرار گرفت. گرفتگی‌ها عمدتا از نوع کربناته و بر اثر کود آبیاری ایجاد شده بود که با استفاده از اسید سولفوریک رقیق شده به‌خوبی کنترل شدند. گرفتگی با ریشه‌ی گیاه مشاهده نشد. این مسئله می‌تواند به این دلیل باشد که استفاده از اسیدهای رقیق شده گرفتگی قطره‌چکان ها با ریشه را کاهش می‌دهد. این نتیجه با نتایج سوارز ری[2] (۲۰۰۲) و سوارز ری و همکاران (۲۰۰۶) هم‌خوانی دارد. سوارز ری (۲۰۰۲) با مطالعه دو ساله روی گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای کشت چمن، گزارش کرد که با استفاده از اسید سولفوریک رقیق شده و کاهش pH آب تا ۶/۵ تمام گرفتگی‌ها بر اثر نفوذ ریشه از بین رفتند. همچنین نتایج وی نشان می‌دهد که استفاده از اسید فسفریک در سال دوم نتایج را به‌صورت معنی‌داری بهبود می‌بخشد. سوارز ری و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که اسید سولفوریک و اسید فسفریک بدون اینکه تاثیر معنی‌داری روی وزن خشک و زیست توده ی ریشه و اندام هوایی گیاه چمن بگذارد، می‌تواند به خوبی گرفتگی قطره‌چکان‌ها را بر اثر نفوذ ریشه برطرف سازد. دلیل دیگر مشاهده نشدن گرفتگی توسط ریشه را می‌توان به تناوب بالای آبیاری به‌ویژه در دوره‌ی فصل گرما که دور آبیاری یک روزه در نظر گرفته شد بود، نسبت داد. این نتیجه نیز با نتایج محمدیان و همکاران (۱۳۹۵) هم‌خوانی دارد. آن‌ها استفاده از آبیاری با تناوب بالا را یکی از راهکارهای کنترل گرفتگی قطره‌چکان‌ها بر اثر نفوذ ریشه دانستند و گزارش کردند که برای گیاه چمن در فصل زمستان با قطع آبیاری و وارد شدن تنش کم آبی به گیاه رشد و نفوذ ریشه به داخل قطره‌چکان‌ها افزایش می‌یابد. علاوه‌بر این اتفاق نیافتادن گرفتگی قطره‌چکان‌ها بر اثر نفوذ ریشه در این مزرعه را می‌توان با نوع قطره‌چکان مورد استفاده مرتبط دانست. قطره‌چکان مورد استفاده در این مزرعه از نوع پلاک‌دار است، گرفتگی قطره‌چکان توسط ریشه در این نوع کمتر از انواع دیگر قطره‌چکان‌ها اتفاق می افتد. این نتیجه نیز با نتایج محمدیان و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که در شرایط عدم استفاده از علف‌کش در آب آبیاری برای کشت چمن گرفتگی قطره‌چکان‌ها بر اثر نفوذ ریشه در قطره‌چکان‌های پلاک‌دار تنها چهار درصد اتفاق افتاده است. این در حالی است که در قطره‌چکان‌های استوانه‌ای این رقم تا ۳۶ درصد افزایش یافته است.

1 Ohashi

2 Suarez- Rey

نتیجه‌گیری

راندمان کاربرد آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مورد مطالعه ۸۸/۲٪ اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه تا کنون در این اراضی از آبیاری جویچه‌ای استفاده شده، راندمان کاربرد آب با افزایش چشم‌گیری همراه بود. توصیه می‌شود که برای صرفه‌جویی و استفاده بهینه از آب، استفاده از آبیاری قطره‌ای در منطقه برای اراضی بیشتری مورد استفاده و مطالعه قرار گیرد. نمودار تغییرات LAI یک منحنی توانی است. علت افزایش LAI در مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بالاتر بودن تعداد ساقه‌ها و توزیع مناسب‌تر رطوبت و مواد غذایی در این نوع آبیاری بود. در مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ریشه‌ها از نظر رشد افقی و عمودی تا عمق ۱۲۰ و فاصله‌ی ۱۵۰ سانتی‌متری از بوته مشاهده شد. از این اطلاعات در طراحی‌های آتی می‌توان در تعیین فاصله‌ی مناسب جویچه‌ها استفاده کرد. فاصله‌ی جویچه‌ها در این طرح بر اساس اطلاع از توزیع افقی ریشه در آبیاری جویچه‌ای به میزان ۶۰ سانتی‌متری صورت گرفته است. با استفاده از نتایج این مطالعه که رشد افقی ریشه تا ۱۵۰ سانتی‌متری اتفاق افتاده است در طرح‌های آتی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌توان فاصله‌ی جویچه‌ها را بیشتر در نظر گرفت تا از نظر اقتصادی کاهش هزینه‌ها را در پی داشته باشد. ۵۸ درصد از ریشه در در اطراف لوله‌ی قطره‌چکان‌دار توزیع یافته است. با توجه به اینکه حجم بسیاری از ریشه در اطراف لوله‌های قطره‌چکان دار انشعاب یافته است، احتمال گرفتگی قطره‌چکان‌ها توسط ریشه افزایش می‌یابد بنابراین توصیه می‌شود در این سامانه گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌صورت متناوب مورد بررسی قرار گیرد و در صورت لزوم تمهیداتی مانند استفاده از علف‌کش، اسید رقیق شده و یا آبیاری با تناوب بالا برای کنترل آن صورت گیرد. رشد بیشتر ریشه در مدیریت آبیاری قطره‌ای به‌دلیل تهویه بهتر خاک و توزیع مناسب‌تر کود و رطوبت در این نوع آبیاری است. به‌طور کلی مطالعات انجام شده در مورد LAI و ریشه در گیاه نیشکر محدود هستند. در ایران تاکنون تاثیر مدیریت آبیاری روی این پارامترها مطالعه نشده است؛ بنابراین، این اطلاعات می‌تواند در جهت بهبود طراحی و مطالعه‌ی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد. توصیه می‌شود در این اراضی با استفاده از این اطلاعات مدل‌های شبیه‌سازی محصول مختلف مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند.

فهرست منابع

۱. شکری، س.، هوشمند، ع. و قربانی، م. ۱۳۹۴. برآورد ضریب تشت تبخیر به منظور محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه اهواز. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۴۰(۱): ۱۲- ۱.

۲. صداقتی، ن.، حسینی فرد، س.ج. و محمدی محمدآبادی، ا. ۱۳۹۱. مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد- شهریور، ۵۸۵- ۵۷۵.

۳. علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار، جلد دوم. ویرایش چهارم. دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۶۷ صفحه.

۴. علیزاده، ا. ۱۳۸۹. رابطه‌ی آب و خاک و گیاه. دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۶۰ صفحه.

۵. محمدیان، م.، قیصری، م.، فاضل، ف. و اعتمادی، ن.ا. ۱۳۹۵. مقایسه گرفتگی چند نوع قطره‌چکان داخل خط در اثر نفوذ ریشه تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. تحقیقات آب و خاک ایران. ۷۴(۳): ۵۲۹- ۵۳۷.

6. Amer, K.H., 2011. Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. Agricultural Water Management (98), 1197–1206.

7. Badr, A.E. and Abuarab, M.E. 2013. Soil moisture distribution patterns under surface and subsurface drip irrigation system in sandy soil using neutron scattering technique. Irrig Sci. 31: 317- 332.
8. Barbosa, E.A.A., Matsura, E.E., Santos, L.N.S.D., Gonçalves, I.Z., Nazário, A.A. and Feitosa, D.R.C., 2017. Water footprint of sugarcane irrigated with treated sewage and freshwater under subsurface drip irrigation, in Southeast Brazil. J. Cleaner Prod. (153), 448-456.
9. Bush, A., Elamin, A.M., Ali, A.B. and Hong, L., 2016. Effect of different operating pressures on the hydraulic performance of drip irrigation system in Khartoum State conditions. J. Environ. Agric. Sci. (6), 64-68.
10. Da Silva, V.S.G., Oliveira, M.W.D., Oliveira, T.B.A., Mantovanelli, B.C., Da Silva, A.C., Soares, A.N.R. and Clemente, P.R.A., 2017. Leaf area of sugarcane varieties and their correlation with biomass productivity in three cycles. African Journal of Agricultural Research, 12(7), 459-466.
11. Elmaloglou, S.R. and Diamantopoulos, E. 2009. Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line source. J.Agri. Water Manag. 96: 1587- 1595.
12. Gilbert, R.A., Morris, D.R., Rainbolt, C.R., McCray, J.M., Perdomo, Eiland, B., Powell, G. and Montes, G., 2008. Sugarcane Response to Mill Mud, Fertilizer, and Soybean Nutrient Sources on a Sandy Soil. Agronomy Journal, 100(3), 845-854.
13. Gutierrez-Miceli, F.A., Morales-Torres, R., Espinosa-Castaneda, Y.D.J., Ricon-Rosales, R., Montes-Molina, J., Oliva-Llaven, M.A. and Dendooven, L., 2004. Effects of partial defoliation on sucrose accumulation, enzyme activity and agronomic parameters in sugarcane (Saccharum spp.). J. Agron. Crop Sci. (10), 256-261.
14. Hermann, E.R. and Câmara, G.M.S., 1999. Um método simples para estimar an área foliar de cana-de-açúcar. Stab. (17), 32-34.
15. Hu, S., Shi, L., Huang, K., Zha, Y.Y., Hu, X., Ye H. and Yang, Q. 2019. Improvement of sugarcane crop simulation by SWAP-WOFOST model via data assimilation. Field Crops Research 232, 49–61.
16. ICUMSA (International Commission for Uniform Methods in Sugar Analysis). (2009). ICUMSA Methods book and ICUMSA supplement. Edt, Whalley, H.C.S. Elsevier publishing company, Amsterdam, London, New York. 420pp.
17. Jangpromma, N., Thammasirirak, S., Jaisil, P. and Songsri, P., 2012. Effects of drought and recovery from drought stress on above ground and root growth, and water use efficiency in sugarcane (Saccharum officinarum L.). Australian Journal of Crop Science (AJCS) 6(8), 1298-1304.
18. Kumar, N. 2019. Enhancing Sugarcane plant–ratoon productivity through bud chip transplanting geometry. Sugar Tech, (22): 208–215.
19. Kumar Verma, A., Kumar Garg, P., Prasada, K.S.H. and, Kumar Dadhwal, V. 2018. Modeling of sugarcane yield using LISS-IV data based on ground LAI and yield observations. Geocarto International, Published online.
20. Laclau, P.B. and Laclau, J.P., 2009. Growth of the whole root system for a plant crop of sugarcane under rainfed and irrigated environments in Brazil. Field Crops Research (114), 351–360.
21. Lin, H., Pei, J.C.Z., Zhang, S. and Hu, X., 2009. Monitoring Sugarcane Growth Using ENVISAT ASAR Data. IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, 47(8), 2572-2580.
22. Lv, Z., Diao, M., Li, W., Cai, J., Zhou, Q., Wang, X. and Dai, T., 2019. Impacts of lateral spacing on the spatial variations in water use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system. Agricultural Water Management (212), 252–261.
23. Machado, R.S., Ribeiro, R.V., Marchiori, P.E.R., Machado, D.F.S.P., Machado, E.C., Landell, M.G.D.A., (2009). A Biometric and physiological responses to water deficit in sugarcane at different phenological stages. Pesqui. Agropecu. Bras, (44), 1575-1582.

24. Ohashi, A.Y.P., Pires, R.C.D.M., Ribeiro, R.V. and Silva, A.L.B.D.O., 2015. Root growth and distribution in sugarcane cultivars fertigated by a subsurface drip system. Bragantia, Campinas, 74(2), 131-138.
25. Otto, R., Silva, A.P., Franco, H.C.J., Oliveira, E.C.A. and Trivelin, P.C.O., 2011. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. Soil & Tillage Research (117), 201–210.
26. Pandey, S., Patel, N.R., Danodia, A. and Singh, R. 2019. Discrimination of Sugarcane crop and cane yield estimation using Landsat and IRS resource sat satellite data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences conference, Volume XLII-3/W6, Workshop on "Earth Observations for Agricultural Monitoring", New Delhi, India.
27. Sajjad, A., Bhutto, A.R., Imran, A. and Makhdum, A.H., 2016. Impact of better management practices on farmland biodiversity associated with sugarcane crop. J. Environ. Agric. Sci. (7), 48-54.
28. Sandhu, H.S., Gilbert, R.A., McCray, J.M., Perdomo, R., Eiland, B., Powell, G. and Montes, G., 2012. Relationships among Leaf Area Index, Visual Growth Rating, and Sugarcane Yield. Journal American Society of Sugar Cane Technologists, (32), 1-14.
29. Selvaraju, N., Ragunath, K.P., Pazhanivelan, S., Kannan, B. and Venkatesan. 2019. Mapping of sugarcane area using sentinel 1a SAR satellite data. The Pharma Innovation Journal; 8(6): 363-367
30. Silva, M.D.A., Rhein, A.F.D.L. and Barbosa, A.D.M., 2017. Physiology and Productivity of Sugarcane as Affected by Nitrogen Applied Via Subsurface Drip Irrigation. Journal of Environmental and Agricultural Sciences, (11), 15-28.
31. Simões, M.D.S., Rocha; J.V. and Lamparelli, R.A.C., 2005. Growth indices and productivity in Sugarcane. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 62(1), 23-30.
32. Sizuo, M. and Stolf. R. 2012. Sugarcane tillering and ratooning: key factors for a profitable cropping Sugarcane. Production, Cultivation and Uses, 5 (2): 137-157.
33. Smith, D.M., Inman-Bamber, N.G. and Thorburn, P.J., 2005. Growth and function of the sugarcane root system. Field Crops Research. (92), 169–183.
34. Suarez-Rey EM. 2002. Subsurface drip irrigation of bermudagrass turf in Arizona: benefits and limitations. PhD dissertation, the University of Arizona.
35. Suarez- Rey, E.M., Choi, C.Y., Mc Closkey, W.B. and Kopec, D.M. 2006. Effects of chemicals on root intrusion into subsurface drip emitters. Irrigation and Drainage. (55), 501- 509.
36. Zhang; D., Song; X. Mansaray; L.R., Zhou; Z., Zhang; K., Han; J., Liu; W. and Huang, J., 2016. Estimating leaf area index of sugarcane based on multi-temporal digital images. Conference: IEEE fifth international conference on agro- geoinformatics, at Tianjin, China.
37. Zhao, Y., Justina, D.D.D., Watanabe, J., Rocha, J.V., Graziano, P.S. and Lamparelli, R.A.C. 2018. Multivariety Sugarcane Sucrose Estimation Using a Combination of Spectral and Agrotechnology Methods. Proc. of SPIE Vol. 10783 107830L-2. Conference Paper

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۴ / شماره ۲/ ۱۳۹۹

تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب در قطب‌های تولید گندم کشور

مینا طاهری، وحید رضاوردی نژاد، جواد بهمنش، فریبرز عباسی [۱] * و جواد باغانی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه.

mi.taheri@urmia.ac.ir

دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه.

v.verdinejad@urmia.ac.ir

استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه.

j.behmanesh@urmia.ac.ir

استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

fa.abbasi@areeo.ac.ir

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

baghani37@gmail.com

چکیده

محدودیت منابع آب از یک سو و لزوم حفظ تولید در اراضی فاریاب از سوی دیگر، امروزه باعث جذب نگرش به بهره‌وری آب شده است. در این راستا، تحلیل، برآورد و تهیه نقشه بهره‌وری آب به عنوان یکی از عوامل مؤثر در شناسایی پتانسیل زراعی اراضی کشاورزی، ضروری است. هدف از انجام این پژوهش، انتخاب روش مناسب میانیابی برای برآورد بهره‌وری آب و بررسی تغییرات مکانی آن در قطب‌های تولید گندم است. در این پژوهش، از داده‌های میدانی ۲۴۱ مزرعه در قطب‌های تولید گندم ایران در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ استفاده شد که دامنه داده‌های بهره‌وری آب (آب آبیاری+ بارش مؤثر) بین ۰/۳۰ تا ۲/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب با میانگین ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. روش‌های میانیابی استفاده شده شامل کریجینگ معمولی ، درون‌یابی عکس فاصله وزن‌دار (*IDW*) و تابع پایه شعاعی (*RBF*) بود. برای ارزیابی روش‌ها، از فن ارزیابی متقاطع با معیارهای آماری مجذور میانگین مربعات خطا (*RMSE*)، میانگین انحراف خطا (*MBE*) و خطای نسبی (*MARE*)، استفاده شد. بررسی روش‌های درون‌یابی نشان داد که در بین روش‌های بکار گرفته شده، روش کریجینگ معمولی با مدل نیم‌تغییرنمای نمایی، شرایط مناسبی را برای تهیه نقشه پهنه‌بندی بهره‌وری آب گندم داشت. برآیند ارزیابی تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب گندم مؤید این مطلب بود که زمین‌آمار توانسته بود با دقت قابل قبولی (*MBE* = ۰/۰۰۵) در تهیه نقشه پهنه‌بندی شاخص بهره‌وری آب گندم مورد استفاده قرار گیرد. بر پایه نتایج تجزیه خوشه ای (کلاستر) عوامل تأثیرگذار (شوری آب آبیاری، شوری خاک و نوع رقم) در شاخص بهره‌وری آب گندم، مناطق مستعد کشت گندم به ۱۳ گروه مستقل در سطح پنج درصد در محدوده مطالعاتی تفکیک شد به نحوی که بیشترین و کمترین میانگین بهره‌وری آب گندم به ترتیب در گروه ۵ (کیلوگرم بر مترمکعب ۰/۸۴ = میانگین) و گروه ۱۰ (کیلوگرم بر مترمکعب ۰/۴۱ = میانگین) مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی شاخص بهره‌وری آب ، روش‌های میان‌یابی ، کریجینگ

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: کرج، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

*- دریافت: مهر ۹۸ و پذیرش: خرداد ۹۹

مقدمه

بهره‌وری آب (WP)[1] یکی از شاخص‌های مصرف بهینه آب آبیاری است که برای سنجش مصرف بهینه آب و تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. روند تغییرات شاخص بهره‌وری آب، حاکی از رشد آن طی یک دهه اخیر بوده که این شاخص از ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۸۴ به ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۴ رسیده (افزایش حدود ۵۲ درصدی) و بطور متوسط در هر سال ۰/۰۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش پیدا کرده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). گندم به عنوان یک محصول راهبُردی در ترکیب و الگوی کشت کشاورزی کشور همواره مطرح بوده و بخشی از سیاست‌گذاری کلان در بخش کشاورزی معطوف به این محصول است. از این رو، تحلیل وضعیت بهره‌وری و چالش‌های مرتبط با ارتقای بهره‌وری آب در این محصول، می‌تواند نقش مؤثری در مدیریت منابع آب و خاک کشور داشته باشد.

تاکنون مطالعات متعددی به منظور تعیین و تحلیل شاخص بهره‌وری آب در محصولات زراعی انجام شده است. مهتدی و همکاران (۱۳۹۵) میانگین بهره‌وری آب گندم در ۱۰ شبکه آبیاری و زهکشی استان خوزستان را طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ در بازه ۰/۴۴ تا ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. نوروزی‌اقدم و همکاران (۱۳۹۶) بهره‌وری آب گندم در طی یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۰) در شبکه آبیاری درودزن را با استفاده از مدل اگروهیدرولوژیکی- توزیعی SWAP برآورد نمودند. بر اساس نتایج پژوهش آن‌ها شاخص بهره‌وری گندم ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب در محدوده مطالعاتی به دست آمد. کریمی و جلینی (۱۳۹۶) شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی دشت مشهد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین شاخص بهره‌وری آب گندم در سال‌های ۹۲-۱۳۹۱، ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب است. سلامتی و همکاران (۱۳۹۷) با اندازه‌گیری میدانی و مستقیم ۲۱ مزرعه گندم در شهرستان بهبهان، میانگین بهره‌وری آب در مزارع تحت پوشش سامانه آبیاری بارانی و سطحی را معادل ۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد نمودند. بهرامی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از رهیافت تخمین توابع تولید و انتخاب تابع تولید برتر و داده‌های ترکیب سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۴، اثرات بهره-وری فیزیکی آب بر تولید گندم در استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، خوزستان، گلستان و فارس را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بهره‌وری فیزیکی نهاده آب مصرفی در دوره مورد بررسی ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب است. یان و وو (۲۰۱۴) در پژوهشی اقدام به تحلیل زمانی-مکانی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی گندم پاییزه در حوضه‌ی‌هایی در کشور چین نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در محدوده-های مطالعاتی در بازه ۰/۷ تا ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده است. سان و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی بهره‌وری آب گندم در حوضه هاتو چین را در دو مقیاس مزرعه و حوضه برآورد نمودند. نتایج نشان داد میزان متوسط شاخص بهره‌وری آب در طول دوره مطالعاتی در سطح مزرعه ۰/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب بوده و در سطح حوضه به مقدار ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش پیدا کرده است.

روش‌های زمین‌آماری مانند تخمین‌گرهای آماری ناپارامتری نظیر میانگین متحرک وزن‌دار و یا روش‌های پارامتری زمین‌آماری نظیر کریجینگ و کوکریجینک برای تحلیل مکانی داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. مؤمنی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی از قابلیت‌های روش‌های زمین‌آماری به منظور پهنه‌بندی شاخص بهره‌وری آب گندم در سال آبی ۸۶- ۱۳۸۵ در حوضه کرخه استفاده نمودند. نتایج نشان داد حداکثر بهره‌وری در حوضه ۰/۶۲ کیلوگرم بر مترمکعب بوده که بیشترین گسترش مکانی آن در مناطق شمال و شمال‌غربی حوضه بوده است.

لی و همکاران (۲۰۱۷) بهره‌وری آب آبیاری غلات طی سال‌های ۲۰۱۲- ۱۹۸۱ را در شمال غربی چین

[1] Water Productivity

مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از روش معکوس فاصله (IDW[1]) توزیع مکانی بهره‌وری آب آبیاری غلات را طی سال‌های مطالعاتی بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد بیشترین مقدار شاخص یادشده در دشت‌ها و کمترین آن در بیابان و کوه‌های محدوده مطالعاتی است. به منظور تعیین مناطق مناسب کشت گندم در منطقه کمین استان فارس، ابولپور (۲۰۱۸) از شاخص بهره‌وری آب، تغییرات اقلیم، خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد گندم استفاده نمود. برای استخراج نقشه پهنه‌بندی عملکرد با استفاده از روش کوکریجینگ، شوری آب آبیاری، هیدرومدول و بافت خاک را به عنوان متغیرهای کمکی تعیین نمود که هیچ یک از عوامل یاد شده با عملکرد رابطه معنی‌داری نداشتند لذا ایشان با استفاده از روش کریجینگ ساده نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی خاک، عملکرد گندم، بافت خاک و هیدرومدول را تهیه نمود و نتایج نشان داد تنها ۲۲ مزرعه از ۶۶۶ مزرعه دارای مقدار قابل اعتماد بهره‌وری آب برای تهیه مدل برای سایر مزارع در محدوده مطالعاتی بوده است و از لحاظ کیفیت خاک مناطق شمالی نسبت به مناطق جنوبی برای کشت گندم مناسب‌تر هستند.

بررسی مطالعات انجام شده در خصوص قابلیت‌های مبتنی بر روش‌های زمین‌آماری نشان‌دهنده آن است که این روش‌ها در صورت وجود همبستگی مکانی بین نقاط داده‌برداری شده می‌توانند منجر به افزایش دقت تخمین در تحلیل مکانی داده‌ها شود. همچنین، می‌توان ساختار مکانی و نحوه تغییرات و اثرگذاری داده را نیز در این روش‌ها مورد بررسی قرار داد. لذا در این پژوهش با توجه به وجود اطلاعات زمین مرجع از شاخص بهره‌وری آب گندم، از قابلیت‌های روش‌های زمین‌آماری به منظور تحلیل مکانی شاخص یادشده در ۲۴۱ مزرعه اندازه‌گیری شده استفاده تا با ایجاد نقشه پهنه‌بندی این شاخص، شناخت جامع و دیدگاه کلی از شاخص بهره‌وری آب گندم در مناطق مستعد کشت آن در سطح کشور حاصل شود.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده

به منظور تحلیل و تهیه نقشه پهنه‌بندی داده‌های بهره‌وری آب گندم در قطب‌های تولید گندم در کشور، از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی استفاده شد (باغانی و همکاران، ۱۳۹۷). این داده‌ها در قطب‌های تولید گندم در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزارع زارعان گندم‌کار جمع‌آوری شد. مبنای انتخاب استان‌های برتر تولید کننده استان‌هایی بوده که در ۸۰-۷۵ درصد تولید گندم در سطح کشور سهم داشته‌اند. در ادامه نیز در هر استان، شهرستان یا شهرستان‌های برتر تولیدکننده از نظر سطح زیرکشت و تولید، مشخص شد. سپس، دشت‌ها (بر اساس شهرستان‌های انتخاب‌شده) و اقلیم‌های دشت‌های مورد مطالعه (خلیلی، ۱۳۸۳) تعیین شد. انتخاب استان‌ها، شهرستان‌ها و مزارع مورد مطالعه با توجه به شرایط متفاوت آن‌ها، بر اساس روش آماری نظام‌دار (طبقه‌بندی) بوده که این استان‌ها شامل خوزستان، فارس، گلستان، همدان، کرمانشاه، خراسان‌رضوی، اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، سمنان، جنوب کرمان و قزوین است. در انتخاب مزارع منتخب روش‌های مختلف آبیاری (سطحی و تحت فشار)، ارقام، تنوع در سطوح مزارع، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری مدنظر بوده است. همچنین، سعی بر آن بوده که روش آبیاری مورد پایش، روش رایج آبیاری در منطقه باشد. جزئیات بیشتر در خصوص داده‌های اندازه‌گیری شده توسط باغانی و همکاران (۱۳۹۷) ارائه شده است.

به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی بهره‌وری آب، داده‌های ۲۴۱ مزرعه در استان‌های منتخب مورد استفاده قرار گرفت. پس از جمع‌آوری اطلاعات از مزارع منتخب شامل شوری آب آبیاری، شوری خاک، نوع رقم، تعداد نوبت آبیاری، نیاز آبی، عملکرد گندم و حجم آب مصرفی گندم (در پژوهش حاضر حجم آب مصرفی در ابتدای مزارع مدنظر بوده است به عبارتی نقطه تحویل آب در سر مزرعه

[1] Inverse Distance Method

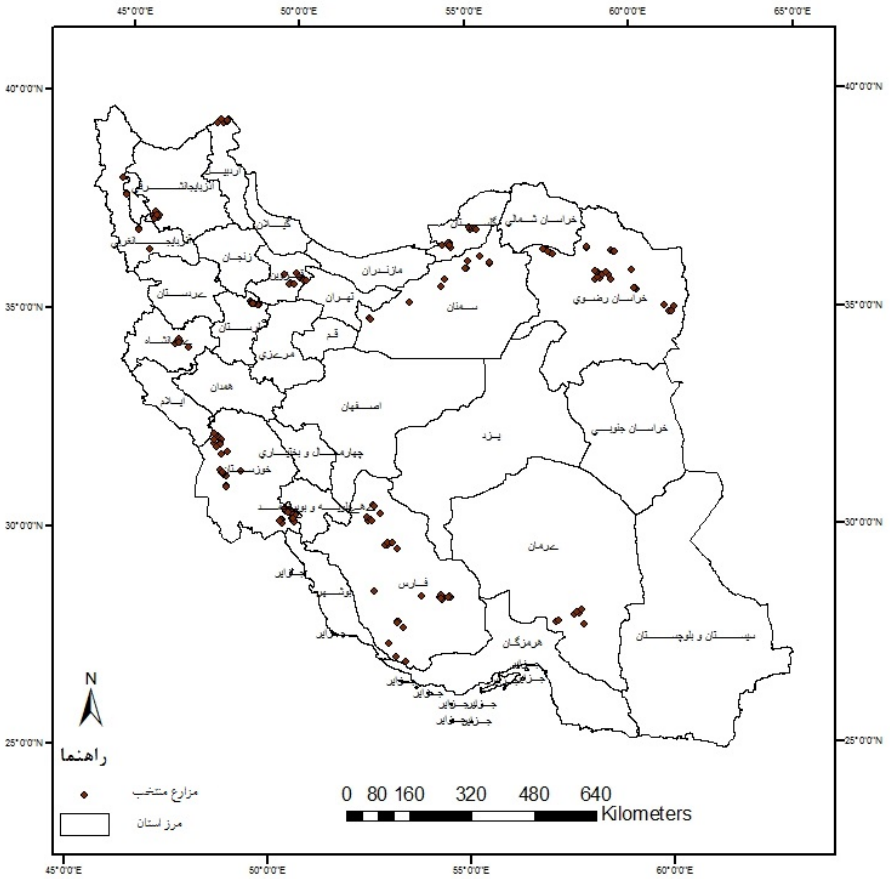
مبنای اندازه‌گیری حجم آب مصرفی بوده است)، با استفاده از حجم آب مصرفی، بارش مؤثر (روش SCS[1]) و عملکرد محصول در هر مزرعه، بهره‌وری آب گندم در مناطق مورد اندازه‌گیری، محاسبه شد:

$$W_P = \frac{Y}{I_p \times 10 + V} \qquad (۱)$$

که در آن:

Y عملکرد بر اساس کیلوگرم بر هکتار، I_P بارش مؤثر بر حسب میلی‌متر، V حجم آب مصرفی بر حسب مترمکعب بر هکتار و W_P بهره‌وری آب بر اساس کیلوگرم بر مترمکعب) است.

به منظور تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری-های میدانی از قابلیت‌های تجزیه خوشه‌ای[2] در محیط نرم-افزار SPSS استفاده و بر اساس آن مزارع منتخب از منظر تأثیرگذاری عوامل مختلف (شوری آب آبیاری، شوری خاک، رقم و شاخص بهره‌وری آب) به گروه‌های همگن تفکیک شد. شکل (۱) پراکنش مکانی مزارع مورد مطالعه در سطح کشور را نشان می‌دهد.



شکل ۱- پراکنش مزارع مورد مطالعه در کشور

تحلیل مکانی

پس از ثبت و تحلیل داده‌های میدانی حاصل از مزارع منتخب، آنالیز زمین‌آماری داده‌ها به منظور تحلیل مکانی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام شد. در این راستا، با استفاده از روش‌های کریجینگ معمولی، IDW و تابع پایه شعاعی (RBF)[3] با مدل اسپلاین ضخامت کم (TPS)[4] و تعیین پارامترهای نیم‌تغییرنما، نقشه پهنه‌بندی شاخص بهره‌وری آب گندم تهیه شد. به منظور تحلیل

[1] Soil Conversation Service
[2] Cluster
[3] Radial Basis Function
[4] Thin Plate Spline

وابستگی مکانی و شناخت مدل تغییرات مکانی داده‌های محاسباتی (بهره‌وری آب) با استفاده از روش‌های زمین آماری و قابلیت‌های مدل‌های ریاضی آن، نیم‌تغییرنما تحلیل شد. نیم‌تغییرنما از مهم‌ترین مفاهیم زمین‌آمار بوده که با فرض تعداد n(h) زوج نمونه که به فاصله افقی h از یکدیگر واقع‌اند، محاسبه می‌شود:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)}\sum_{i=1}^{n}[z(x+h) - z(x)]^2 \quad (۲)$$

که در آن:

n (h) تعداد جفت نمونه‌های به کار رفته به ازای یک فاصله مشخص مانند h، z(x) متغیر مشاهده شده در نقطه x، z(x+h) مقدار متغیر در نقطه به مختصات (x+h) است که به فاصله h از نقطه x قرار دارد (نادریان‌فر و همکاران، ۱۳۹۰).

برای ارزیابی مدل زمین آماری از فن اعتبارسنجی حذفی (CV)[1] استفاده شد. این فن بر این اساس بوده که هر بار یک نقطه مشاهده‌ای به طور موقت حذف‌شده و برای آن از روی نقاط مجاور، مقداری برآورد می‌شود. سپس مقدار حذف‌شده به جای خود برگردانده شده و برای بقیه نقاط شبکه نیز به صورت مجزا این برآورد صورت می‌گیرد. به‌طوری‌که در پایان یک جدول با دو ستون که نشان‌دهنده مقادیر واقعی و برآورد شده است، حاصل می‌شود. با داشتن این دو مقدار و با توجه به مقادیر مشاهده شده و برآورد شده، می‌توان مقادیر میانگین انحراف خطا (MBE)[2]، میانگین قدر مطلق خطای نسبی (MARE)[3] که بر اساس درصد بیان می‌شود و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)[4] را محاسبه کرد (رابطه ۳، ۴ و ۵).

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\{Z^*(x_i) - Z(x_i)\} \quad (۳)$$

$$MARE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{z^*(x_i)-z(x_i)}{z(x_i)}\right| \quad (۴)$$

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\{Z^*(x_i) - Z(x_i)\}^2} \quad (۵)$$

که در آن‌ها:

$z^*(x_i)$ و $z(x_i)$ به ترتیب مقدار برآورد شده و واقعی متغیر در نقطه x_i و n تعداد داده‌ها می‌باشد. هرچه مقدار MBE به صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده بالا بودن دقت مدل است. در گام نهایی پس از تحلیل زمین آماری شاخص بهره‌وری آب کشاورزی، از قابلیت‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور تهیه نقشه بهره‌وری آب گندم استفاده شد. بدین ترتیب که کاربری اراضی محدوده مطالعاتی با استفاده از قابلیت سنجنده مودیس استخراج گردید و جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی اطلاعات نقطه‌ای به مکانی در اراضی زراعی از نقشه کاربری اراضی تصاویر مودیس سری MCD12 Q1 در سال ۱۳۹۶ بهره گرفته شد.

نتایج و بحث

تحلیل داده‌های پایه

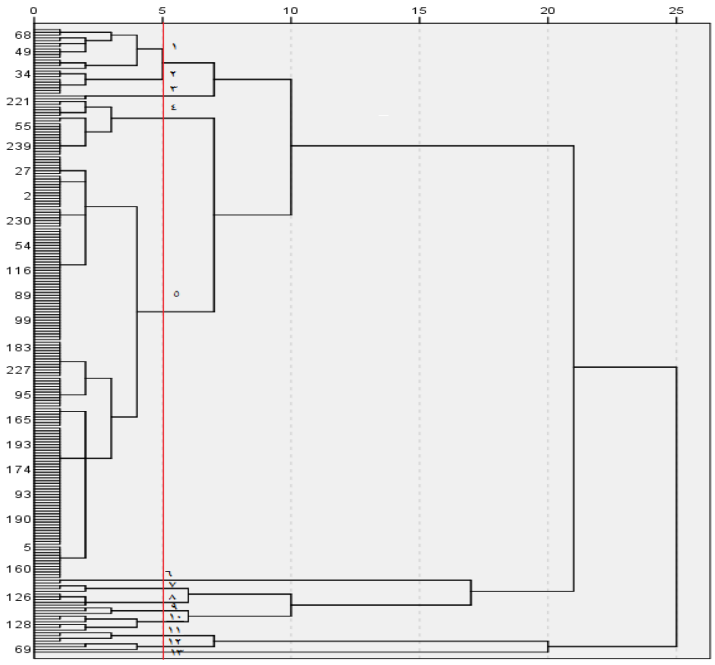
برخی مشخصه‌های آماری متغیرهای اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب در سطح کشور به تفکیک استان در جدول ۱ آمده است. بیشترین و کمترین میانگین عملکرد در مزرعه‌های منتخب به ترتیب در استان‌های کرمانشاه و خوزستان با مقدار ۶۶۶۲/۵۰ و ۴۲۶۷/۰۸ کیلوگرم در هکتار، همچنین بیشترین و کمترین میانگین بهره‌وری آب به ترتیب در استان‌های گلستان و کرمان با مقدار ۱/۶۰ و ۰/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

به منظور گروه‌بندی مکانی داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میدانی از قابلیت‌های تجزیه خوشه‌ای استفاده شد که بر اساس آن داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده با استفاده از تجزیه کلاستر به گروه‌های همگن تفکیک و گروه‌های مشابه در سطح کشور بر اساس آن مشخص شد. در شکل (۳) دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر تأثیر عوامل شاخص بهره‌وری آب کشاورزی، شوری آب آبیاری، شوری خاک و رقم نشان داده شده است.

[1] Cross-Validation
[2] Mean Bias Error
[3] Mean Absolute Relative Error
[4] Root Mean Square Error

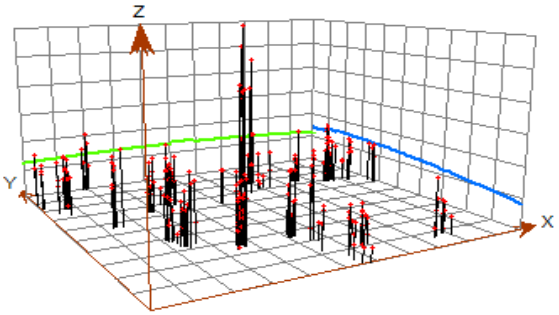
جدول ۱- خلاصه نتایج متغیرهای اندازه‌گیری شده در محدوده مطالعاتی

استان	شاخص آماری	عملکرد (kg/ha)	حجم آب مصرفی (m^3/ha)	بارش مؤثر در دوره کشت (mm)	بهره‌وری آب (kg/m^3)
اردبیل	حداکثر (Max)	۷۲۰۰/۰۰	۸۸۶۷/۰۰	۱۱۶/۵۰	۱/۱۵
	حداقل (Min)	۴۷۴۳/۰۰	۳۸۰۳/۰۰	۴۶/۰۰	۰/۶۳
	میانگین (Mean)	۵۷۳۷/۱۷	۶۱۰۶/۵۰	۷۱/۹۸	۰/۸۹
	انحراف معیار (Std. Dev)	۸۸۸/۶۰	۲۱۰۰/۴۱	۲۶/۴۸	۰/۲۰
خوزستان	حداکثر	۷۰۰۰/۰۰	۹۴۳۵/۰۰	۱۹۷/۴۰	۱/۱۸
	حداقل	۲۰۰۰/۰۰	۲۸۴۶/۰۰	۶۹/۹۰	۰/۳۲
	میانگین	۴۲۶۷/۰۸	۴۷۵۱/۷۰	۱۱۱/۷۸	۰/۷۶
	انحراف معیار	۱۰۶۸/۸۶	۱۵۶۵/۷۹	۳۲/۰۲	۰/۲۲
خراسان رضوی	حداکثر	۹۲۰۰/۰۰	۹۷۲۰/۰۰	۲۰۷/۰۰	۱/۱۳
	حداقل	۲۷۵۰/۰۰	۲۱۳۰/۰۰	۱۱۳/۰۰	۰/۴۲
	میانگین	۵۷۰۷/۰۹	۵۹۷۴/۸۷	۱۶۳/۷۹	۰/۷۶
	انحراف معیار	۱۶۳۰/۵۳	۱۸۰۱/۰۴	۳۸/۶۶	۰/۱۷
فارس	حداکثر	۹۰۰۰/۰۰	۸۰۹۲/۰۰	۳۴۳/۰۰	۱/۱۷
	حداقل	۳۰۱۵/۰۰	۲۸۰۱/۰۳	۲۱۴/۵۰	۰/۳۲
	میانگین	۵۷۰۲/۶۲	۵۵۷۵/۳۷	۲۸۹/۰۶	۰/۶۹
	انحراف معیار	۱۵۲۱/۵۲	۱۴۳۷/۹۹	۴۴/۱۳	۰/۲۱
کرمان	حداکثر	۵۴۲۰/۰۰	۱۱۳۴۰/۰۰	۲۵۶/۰۰	۱/۰۱
	حداقل	۳۱۴۰/۰۰	۲۶۵۰/۰۰	۱۱۱/۲۰	۰/۳۰
	میانگین	۴۳۳۹/۰۹	۶۰۹۰/۳۶	۱۹۷/۴۹	۰/۵۹
	انحراف معیار	۶۴۴/۰۴	۲۸۹۲/۹۳	۵۳/۴۸	۰/۲۰
کرمانشاه	حداکثر	۸۰۰۰/۰۰	۵۱۸۴/۰۰	۲۳۹/۰۲	۱/۲۶
	حداقل	۵۵۰۰/۰۰	۳۴۵۰/۰۰	۲۱۵/۱۱	۰/۷۹
	میانگین	۶۶۶۲/۵۰	۴۲۵۵/۲۵	۲۳۰/۰۵	۱/۰۲
	انحراف معیار	۱۰۱۶/۹۱	۶۶۶/۰۹	۱۲/۳۷	۰/۱۶
همدان	حداکثر	۷۰۰۰/۰۰	۶۱۵۰/۰۰	۲۱۷/۷۶	۱/۰۱
	حداقل	۴۰۰۰/۰۰	۴۰۶۰/۰۰	۲۱۵/۲۹	۰/۵۴
	میانگین	۵۴۹۰/۰۰	۵۲۳۴/۶۰	۲۱۷/۰۲	۰/۷۵
	انحراف معیار	۹۸۰/۳۱	۷۴۳/۸۵	۱/۲۰	۰/۱۵
آذربایجان شرقی	حداکثر	۴۹۵۰/۰۰	۶۰۰۰/۰۰	۱۱۰/۰۰	۱/۰۰
	حداقل	۲۰۰۹/۰۰	۳۱۱۰/۰۰	۱۱۰/۰۰	۰/۳۵
	میانگین	۴۰۰۹/۵۰	۴۲۷۳/۵۰	۱۱۰/۰۰	۰/۷۵
	انحراف معیار	۹۱۴/۴۱	۶۷۲/۶۱	۰/۰۰	۰/۱۷
آذربایجان غربی	حداکثر	۶۳۴۰/۰۰	۵۰۳۰/۰۰	۲۲۴/۰۰	۰/۹۸
	حداقل	۳۸۰۰/۰۰	۲۵۸۷/۰۰	۲۱۰/۰۰	۰/۶۴
	میانگین	۴۷۸۱/۱۱	۳۷۸۷/۴۴	۲۱۱/۵۶	۰/۸۱
	انحراف معیار	۷۷۶/۱۸	۸۴۵/۶۰	۴/۶۷	۰/۱۱
سمنان	حداکثر	۷۰۰۰/۰۰	۱۰۶۸۰/۰۰	۱۱۷/۶۰	۰/۸۱
	حداقل	۳۵۰۰/۰۰	۶۲۴۰/۰۰	۵۴/۰۰	۰/۳۸
	میانگین	۵۳۱۶/۶۷	۷۸۴۴/۰۰	۹۷/۷۳	۰/۶۱
	انحراف معیار	۱۲۱۴/۹۳	۱۱۶۴/۹۲	۲۴/۶۲	۰/۱۶
قزوین	حداکثر	۸۹۰۰/۰۰	۷۸۰۰/۰۰	۱۶۷/۰۰	۱/۱۱
	حداقل	۴۵۰۰/۰۰	۴۳۰۰/۰۰	۶۲/۰۰	۰/۵۳
	میانگین	۵۹۸۳/۳۳	۶۶۴۱/۶۷	۱۱۷/۲۵	۰/۷۸
	انحراف معیار	۱۱۰۸/۵۱	۱۰۹۸/۳۱	۴۹/۹۸	۰/۱۶
گلستان	حداکثر	۵۰۴۷/۰۰	۳۵۰۳/۰۰	۱۶۰/۰۰	۲/۵۸
	حداقل	۳۵۴۰/۰۰	۵۳۵/۰۰	۱۱۵/۰۰	۰/۷۱
	میانگین	۴۳۰۲/۶۲	۱۶۳۸/۶۹	۱۳۶/۰۸	۱/۶۰
	انحراف معیار	۵۰۱/۴۲	۱۰۵۵/۱۰	۱۶/۲۱	۰/۵۴
کل استان‌های مورد مطالعه	حداکثر	۹۲۰۰/۰۰	۱۱۳۴۰/۰۰	۳۴۳/۰۰	۲/۵۸
	حداقل (Min)	۲۰۰۰/۰۰	۵۳۵/۰۰	۴۶/۰۰	۰/۳۰
	میانگین	۵۱۲۳/۹۴	۵۲۴۸/۷۵	۱۷۲/۰۹	۰/۷۹
	انحراف معیار	۱۴۳۱/۰۸	۱۹۳۶/۸۸	۷۷/۵۰	۰/۳۰



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر تأثیر عوامل مختلف در مزارع منتخب

نتایج تجزیه کلاستر عوامل تأثیرگذار (شوری آب، شوری خاک و نوع رقم) در شاخص بهره‌وری آب گندم در سطح کشور نشان داد که شاخص بهره‌وری آب گندم به ۱۳ گروه مستقل درسطح برش پنج درصد در سطح کشور قابل تفکیک است (شکل ۳)، به نحوی که در این گروه‌بندی بخش هایی از استان های فارس (اقلید، فیروزآباد، داراب، مرودشت)، خوزستان (بهبهان، شوش)، خراسان رضوی (جوین، نیشابور، تربت‌جام، فریمان، مشهد)، کرمانشاه، همدان (رزن)، قزوین (بوئین‌زهرا، آبیک)، اردبیل (پارس‌آباد)، آذربایجان‌غربی (ارومیه)، آذربایجان‌شرقی، کرمان (رودبارجنوب، عنبرآباد، فاریاب)، سمنان و گلستان در گروه (خوشه) پنجم از نظر عوامل تأثیرگذار بر شاخص بهره‌وری آب قرار گرفتند. به همین ترتیب سایر مناطق در خوشه‌های ۱۲ گانه دیگر بر اساس نتایج تجزیه کلاستر در سطح برش پنج درصد تفکیک شده که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. بر این اساس داده‌های ۲۴۱ مزرعه منتخب در ۱۳ گروه بر اساس تأثیرگذاری عوامل مختلف تفکیک شده که بیشترین داده‌ها در خوشه پنج (۱۵۶ مزرعه) و کمترین داده‌ها در خوشه ۱۳ (یک مزرعه) قرار گرفته است.



شکل ۴- روند تغییرات شاخص بهره‌وری آب در مزارع منتخب

جدول ۳- مشخصه‌های گروه‌های تفکیکی در تجزیه کلاستر

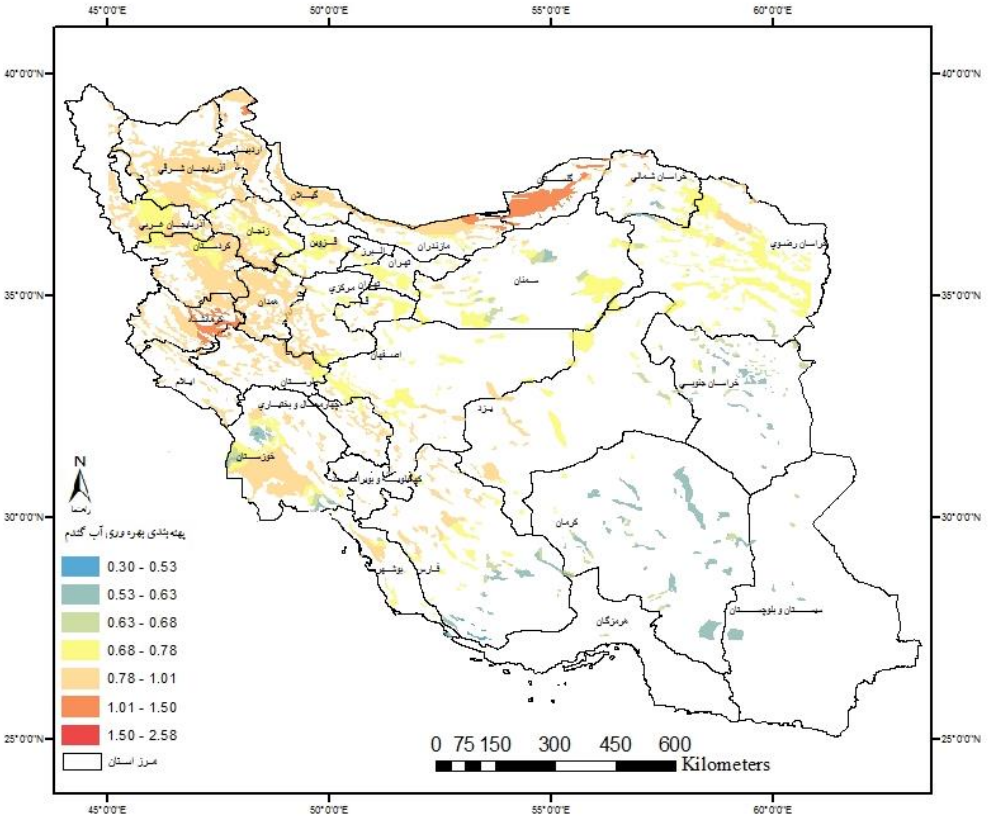
گروه	استان	میانگین بهره‌وری آب (kg/m^3)	میانگین شوری خاک (dS/m)	میانگین شوری آب آبیاری (dS/m)
۱	خوزستان، خراسان رضوی، کرمانشاه، آذربایجان شرقی، کرمان	۰/۷۹	۵/۲۳	۱/۸۱
۲	خوزستان، اردبیل	۰/۶۹	۳/۰۴	۱/۸۴
۳	خوزستان	۰/۵۰	۶/۳۷	۴/۰۲
۴	خوزستان، قزوین، گلستان، فارس	۰/۸۲	۳/۷۹	۲/۲۵
۵	فارس، خراسان رضوی، خوزستان، آذربایجان شرقی، همدان، آذربایجان غربی، قزوین، کرمان، کرمانشاه، گلستان، اردبیل، سمنان	۰/۸۴	۱/۵۴	۱/۰۵
۶	فارس	۰/۴۶	۲/۶۹	۱۰/۴۶
۷	فارس	۰/۷۳	۴/۲۰	۶/۵۲
۸	فارس	۰/۷۵	۱/۹۶	۴/۵۲
۹	سمنان، فارس، کرمان، آذربایجان شرقی	۰/۵۲	۲/۲۵	۳/۳۸
۱۰	فارس، خوزستان، خراسان رضوی	۰/۴۱	۳/۵۹	۷/۰۱
۱۱	سمنان، فارس، خوزستان	۰/۶۵	۶/۹۴	۱/۳۳
۱۲	خوزستان، خراسان	۰/۷۵	۷/۳۱	۴/۳۵
۱۳	فارس	۰/۶۳	۱۲/۷۴	۳/۱۷

برای تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب همان‌گونه که اشاره گردید از سه روش درون‌یابی استفاده شد. در گام اول برای بررسی وجود روند در داده‌های محاسباتی شاخص بهره‌وری آب، از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد که روند داده‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴ داده‌های شاخص بهره‌وری آب محاسباتی در جهات مختلف جغرافیایی دارای روند تغییرات مشخص نیست. از این‌رو در تحلیل زمین-آماری، از مدل کریجینگ معمولی استفاده شد. نتایج تحلیل روش‌های درون‌یابی بر اساس سه شاخص RMSE، MARE و MBE در جدول (۳) نشان داده شده است. بر این اساس روش درون‌یابی کریجینگ معمولی دارای دقت تخمین بالاتری نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی است. لذا برای تحلیل مکانی داده‌های محاسباتی شاخص بهره-وری، از روش کریجینگ معمولی استفاده شد.

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش‌های درون‌یابی برای برآورد بهره‌وری آب

روش	*MARE*	*MBE*	*RMSE*
IDW	۲۶/۵۰۲	۰/۰۱۰	۰/۲۵۰
RBF (TPS)	۳۷۹/۱۹۷	−۰/۰۷۸	۱۹/۶۰۵
OK	۲۴/۷۵۳	۰/۰۰۵	۰/۲۳۴

همچنین نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در مدل نمایی مقدار ۰/۳۵ به دست آمد که بر اساس معیار کامباردلا و همکاران (۱۹۹۴) در صورتی‌که این نسبت بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ باشد مدل با ساختار مکانی متوسطی تعیین می‌شود به عبارتی داده‌های بهره‌وری آب گندم در سطح کشور دارای ساختار مکانی قوی نمی‌باشد، لذا بر این اساس سایر روش-های تحلیل مکانی در کنار روش زمین آماری مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که در جدول ۳ نیز نشان داده شده، سایر روش‌های درون‌یابی دارای دقت کمتری در تحلیل داده‌های مکانی می‌باشند. در شکل (۵) نقشه تغییرات مکانی شاخص بهره‌وری آب کشاورزی گندم ارائه شده است.



شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص بهره‌وری آب به روش کریجینگ (نقشه پایه: نقشه کاربری اراضی ماهواره مودیس سال ۲۰۱۶)

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان مطرح نمود که شاخص بهره‌وری آب کشاورزی گندم در سطح کشور در بازه ۰/۳ تا ۲/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب در سطح مزارع منتخب متغیر بوده است؛ این در حالی است که بر اساس پژوهش نخجوانی و همکاران (۱۳۹۶) دامنه تغییرات این شاخص در هشت استان کشور در دهه ۷۰ تا ۹۰، ۰/۳ تا ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. مقایسه این مطالعات نشان از ارتقا شاخص یاد شده در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ دارد؛ هرچند که بر اساس نقشه تغییرات مکانی (شکل ۵) بخش عمده‌ای از مناطق مستعد کشت گندم در سطح کشور دارای شاخص بهره‌وری آب پایین‌تر از یک کیلوگرم بر مترمکعب و بیشترین آن در استان‌های گلستان و کرمانشاه در دامنه ۱/۱ تا ۲/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب است. همچنین، بهرامی و همکاران (۱۳۹۷) شاخص بهره‌وری فیزیکی آب را در استان‌های عمده تولید گندم در سطح کشور شامل اصفهان، خراسان‌رضوی، خوزستان و گلستان، طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۴، ۱/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد نمودند. با توجه به دامنه وسیع تغییرات مکانی شاخص بهره‌وری آب در سطح کشور و استان‌های منتخب (شکل ۵) می‌توان چنین مطرح نمود که پتانسیل بالایی در ارتقا شاخص بهره‌وری آب در سطح کشور وجود دارد.

نتایج تحلیل داده‌ها و نقشه پهنه‌بندی شاخص بهره‌وری آب در مزارع منتخب نشان داد که میانگین شاخص بهره‌وری آب گندم در استان کرمان کمترین میزان و در استان گلستان بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است. با این حال انحراف معیار بالای شاخص بهره‌وری آب مؤید آن است که قابلیت افزایش و بهبود بازده آب کشاورزی در همه استان‌ها حتی در استان‌هایی با شاخص بهره‌وری آب بالا همانند گلستان و کرمانشاه وجود دارد. این دامنه تغییرات نشان دهنده آن است که فرصت‌های بالقوه‌ای برای ارتقای بهره‌وری آب و کاهش

فشـــار به منابع آب و افزایش امنیت غذایی وجود دارد. پایین بودن ضریب همبستگی بهره‌وری آب به متغیر کمکی در تحلیل شـــاخص بهره‌وری آب نشـــان داد که عوامل تأثیرگذار ثابت در ارتقا این شـــاخص عواملی به غیر از بارندگی و ارتفاع می‌باشـــند. همچنین، عوامل مدیریتی در ارتقای این شـــاخص نقش مؤثری دارد و نتایج ابوالپور (۲۰۱۸) در تحلیل شـاخص بهره‌وری آب گندم در اسـتان فارس نیز مؤید این مطلب می‌باشـــد. همچنین، جناب و نظری (۱۳۹۷) در پژوهش خود بالا بودن دامنه تغییرات شـاخص بهره‌وری آب را نشـان از ضـعف قابل‌توجه در مدیریت تولید کشاورزی و مدیریت آبیاری دانستند. علاوه بر این، وجود همبســـتگی مکـانی داده‌هـای نقطـه‌ای نشان‌دهنده آن است که عواملی همچون اقلیم می‌تواند در تغییرات شاخص بهره‌وری آب در سطح کشور مؤثر واقع شود که همین امر نیز اثر خود را در نسبت ناهمسانگردی شاخص بهره‌وری آب نشان داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به گستره عظیم سطوح کشت در سطح کشور علی‌الاخصوص محصول استراتژیک گندم، هرگونه برنامه‌ریزی در سطح کلان نیازمند شناخت و کسب اطلاعات جامع از مزارع است. لیکن به دلیل محدودیت امکانات و وسعت سطوح کشت، امکان پایش همه مزارع وجود ندارد. در این راستا، ابزارهایی همانند فن زمین آماری قابلیت آن را دارند تا اطلاعات نقطه‌ای (اطلاعات پایش شده از مزارع) را به اطلاعات مکانی تعمیم دهند. به علاوه این‌گونه روش‌ها در صورت وجود ساختار مکانی، قابلیت تحلیل ساختار و بررسی عوامل تأثیرگذار بر روی شاخص‌های مورد نظر را هم دارا می‌باشند. از این رو، استفاده از قابلیت‌های زمین آمار می‌تواند به پهنه‌بندی عواملی همچون شاخص بهره‌وری آب، راندمان آبیاری، متغیرهای اقلیمی، شوری آب، خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد محصول کمک نماید که این امر در پژوهش‌های متنوعی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج پژوهش حاصل نشان داد در صورت وجود همبستگی بین داده‌ها از فن زمین آماری می‌توان به شناخت بیشتر از توزیع مکانی شاخص بهره‌وری آب محصول استراتژیک گندم پی برد. هرچند در این مبحث شناخت عوامل هم‌افزا در کنار بررسی عوامل اصلی می‌تواند در افزایش دقت تخمین نیز مؤثر واقع گردد. وجود انحراف معیار بالا در عملکرد گندم و شاخص بهره‌وری آب آن، نشان می‌دهد که قابلیت افزایش و بهبود عملکرد و بهره‌وری آب گندم در همه استان‌ها وجود دارد. به عبارتی در برخی مناطق با مجموع اقدامات مدیریتی می‌توان شاخص بهره‌وری آب را بهبود بخشید. این اقدامات می‌تواند در مباحثی همچون رعایت تقویم زراعی، انتخاب ارقام مناسب، توصیه کودی مناسب و متناسب با شرایط خاک باشد.

فهرست منابع

۱. باغانی، ج.، م. معیری، پ. ورجاوند، ن. سلامتی، ا. اسلامی، م.ع. شاهرخ‌نیا، ع.ر. کیانی، ع. قدمی فیروزآبادی، ا. حقایقی‌مقدم، ح. خسروی، ک. اخوان، ر. بهراملو، ا. ناصری ، ف. عباسی، م. اکبری، ن. عباسی، س.ح. موسوی‌فضل، ح. طایفه‌رضایی، ص. حسین‌زاده اجیرلو، ز. غفاری، م.ج. آقایی، س.ا. دهقانیان، ا. یوسف‌گمرکچی، ا. مقبلی‌دامنه، ع.ر. اسلامی، م.م. نخجوانی‌مقدم و ش. نعمتی ، ۱۳۹۷. تعیین آب مصرفی گندم در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۵۳۶۳۶، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

۲. بهرامی م.، خلیلیان ص.، مرتضوی س. ا. و اسعدی م.ع. ۱۳۹۷. بررسی بهره‌وری فیزیکی مصرف آب کشاورزی در استان‌های منتخب ایران مطالعه موردی: محصول گندم. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۲، شماره ۶، صفحه‌های ۱۵۱۱ تا ۱۵۱۸.

۳. جناب م. و نظری ب. ۱۳۹۷. مطالعه شکاف عملکرد و شکاف بهره‌وری آب گندم، جو و ذرت در استان قزوین. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۶، صفحه‌های ۱۴۰۵ تا ۱۴۱۷.

۴. خلیلی ع. ۱۳۸۳. تدوین یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، صفحه‌های ۵ تا ۱۴.

۵. سلامتی ن.، باغانی ج. و عباسی ف. ۱۳۹۷. تعیین بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی گندم (مطالعه موردی بهبهان). تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۴، صفحه‌های ۸۲۱ تا ۸۳۰.

۶. عباسی ف.، عباسی ن. و توکلی ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی. نشریه آب و توسعه پایدار، شماره ۱، صفحه‌های ۱۴۱ تا ۱۴۴.

۷. کریمی م. و جلینی م. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد (یادداشت فنی). نشریه آب و توسعه پایدار، شماره۱، صفحه‌های ۱۳۳ تا ۱۳۸.

۸. مؤمنی ر.، بهبهانی س. م.، نظری‌فر م. ه. و آزادگان ب. ۱۳۸۷. پهنه‌بندی بهره‌وری مصرف آب گندم با استفاده از مدل رشد CropSyst در دوره‌های آبی متفاوت (مطالعه موردی: حوضه کرخه). مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، صفحه‌های ۶۳ تا ۷۶.

۹. مهتدی م، الباجی م و برومندنسب س، ۱۳۹۵. بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در برخی شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی- پژوهشی)، جلد ۴۰، شماره ۱/۱، صفحه های ۲۳۹ تا ۱۴۸.

۱۰. نادریان‌فر م.، قهرمان ب.، انصاری ح. و سالاری م. ۱۳۹۰. کاربرد روش‌های مختلف زمین آمار به منظور میان‌یابی مقادیر EC و SAR در آب‌های زیرزمینی با تأکید بر تغییرات نفوذپذیری حوضه. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵، شماره ۱، صفحه‌های ۲۱ تا ۳۳.

۱۱. نخجوانی مقدم م. م.، قهرمان، ب. و زارعی ق. ۱۳۹۶. تحلیل بهره‌وری آب گندم در مدیریت‌های آبیاری در برخی مناطق ایران. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۱، شماره ۱، صفحه‌های ۴۳ تا ۵۷.

۱۲. نوروزی اقدم ا.، بابازاده ح. و وظیفه‌دوست م. ۱۳۹۶. تخمین بهره‌وری آب محصول گندم در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن استان فارس. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی، شماره ۳، صفحه‌های ۱ تا ۱۳.

13. Abolpour, B. 2018. Realistic evaluation of crop water productivity for sustainable farming of wheat in Kamin Region, Fars Province, Iran. Agricultural Water Management, 195:94-103.

14. Cambardella, C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F. and Konopka A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58: 1501-1 511.

15. Li X., Tong L., Niu J., Kang S., Du T., Li S. and Ding R., 2017. Spatio-temporal distribution of irrigation water productivity and its driving factors for cereal crops in Hexi Corridor, Northwest China. Agricultural Water Management, 179:55-63.

16. SCS, 1972. U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section 4.

17. Sun, S., Zhang C., Li X., Zhou T., Wang Y., Wu P. and Cai H., 2017. Sensitivity of crop water productivity to the variation of agricultural and climatic factors: A study of Hetao irrigation district, China. Journal of Cleaner Production, 142: 2562-2569

18. Yan, N. and Wu B., 2014. Integrated spatial–temporal analysis of crop water productivity of winter wheat in Hai Basin. Agricultural Water Management, 133: 24-33.

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۴ / شماره ۲/ ۱۳۹۹

ارزیابی اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد گندم در یک خاک با بافت متوسط در استان خوزستان

فاطمه مسکینی ویشکایی[۱]*، علیرضا جعفرنژادی و ناصر دوات‌گر

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

fatemeh.meskini@yahoo.com

دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. ***arjafarnejady@gmail.com***

دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

n_davatgar@yahoo.com

چکیده

کمبود آب آبیاری یکی از عمده‌ترین عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی است. این پژوهش با هدف بررسی اثر شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی بر شاخص‌های عملکرد گندم رقم چمران ۲ در یک خاک با بافت متوسط در استان خوزستان انجام شد. در این پژوهش ۱۰ تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل و آبیاری با اعمال تنش کم‌آبی در سه سطح تنش (کم، متوسط و شدید) در دوحالت در تمام فصل رشد و یا در مرحله‌ای از رشد گیاه اعمال شدند. این پژوهش به‌صورت کشت گلدانی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. شوری خاک مورد مطالعه ۲/۹۵ $dS\ m^{-1}$ و بافت خاک لوم رسی سیلتی بود. میانگین مقدار کل آب مصرفی در تیمارهای مختلف تحت تنش کم‌آبی از ۱۷% (تنش کم‌آبی با شدت متوسط در مرحله سوم رشد گندم) تا ۴۳٪ (تنش کم‌آبی با شدت زیاد در تمام فصل رشد) کمتر از آبیاری کامل بود. عملکرد دانه گندم با اعمال شدت‌های مختلف تنش موجب ۱۳ ٪ (تنش کم‌آبی با شدت کم در تمام فصل رشد) تا ۷۶ ٪ (تنش کم‌آبی با شدت زیاد در تمام فصل رشد) کاهش شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش کم‌آبی در مراحل ساقه‌دهی و پر شدن دانه گندم بیش از تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی و خمیری شدن موجب کاهش عملکرد دانه گردید. کمترین میانگین وزن هزار دانه (g ۲۸) در تیمار تنش کم‌آبی اعمال شده در مرحله پایانی رشد گندم مشاهده شد که مؤید اهمیت اثر آبیاری در مرحله پرشدن دانه بر کیفیت دانه گندم است. کارآیی مصرف آب در تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (۰/۷۸ $g\ L^{-1}$) نسبت به تیمار آبیاری کامل (۰/۶۲ $g\ L^{-1}$) بیشتر بود و علت آن احتمالا کاهش تلفات آب آبیاری در اثر زهکشی و تبخیر در آن تیمار بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، کارآیی مصرف آب، مراحل رشد گندم

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

*- دریافت: شهریور ۱۳۹۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

کمبود آب آبیاری یکی از عمده‌ترین عوامل بازدارنده در تولید محصولات کشاورزی است. سازمان بین‌المللی مدیریت آب در گزارشی بیان نمود که یک سوم از جمعیت کشورهای در حال توسعه، در مناطقی با کمبود آب زندگی می‌کنند و تا سال ۲۰۲۵ منابع آب کافی برای تأمین نیازهای کشاورزی، شرب، صنعتی و محیط زیستی خود نخواهند داشت (سکلر[1] و همکاران، ۱۹۹۸). با افزایش تقاضای آب آبیاری در کشاورزی و افزایش رقابت بین بخش‌های مختلف مصرف‌کننده آب هم‌چون بخش شرب و صنعت، امروزه جهان با چالش تولید غذای بیشتر با آب کمتر مواجه است. این هدف تنها با استفاده از استراتژی‌هایی در جهت ذخیره آب و مصرف کارآمدتر آب در کشاورزی ممکن خواهد بود (دهقانی‌سنیج[2] و همکاران، ۲۰۰۹). توسعه راهکارهای آبیاری برای به حداکثر رساندن عملکرد با حداقل نیاز آب آبیاری اهمیت زیادی در رفع نیاز غذایی بشر دارد (هوآنگ[3] و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه براین، برای دست‌یابی به یک کشاورزی پایدار، آگاهی از عوامل مؤثر بر فراهمی آب خاک توسط گیاهان نیز امری ضروری است (وو[4] و همکاران، ۲۰۱۱).

گندم در مراحل مختلف رشد و نمو خود حساسیت یکسانی به کمبود آب ندارد. درجه حساسیت یا عکس‌العمل به کمبود آب در مراحل مختلف رشد بسته به وضعیت خاک، عوامل اقلیمی، رقم (مثل پاکوتاه یا پا بلند بودن) و طول فصل رویش متغیر می‌باشد. مطالعات متعدی برای ارزیابی اثر تنش کم‌آبی بر روی گیاهان مختلف از جمله گندم و تعیین مراحل حساس رشد صورت گرفته است. نتایج برخی مطالعات روی گندم نشان داد که تنش کم‌آبی قبل از مرحله خوشه رفتن به طور نسبی عملکرد را کاهش نمی‌دهد (ژانگ و اویس[5]، ۱۹۹۹). هرچند تنش کم‌آبی در مراحل جوانه‌زنی و رشد ساقه (قبل از گرده افشانی) باعث کاهش رشد و نمو گیاه می‌شود، لیکن اثر عمده تنش پس از گرده‌افشانی باعث محدودشدن ظرفیت ذخیره دانه گندم خواهد شد (رابرتسون و گوینتا[6]، ۱۹۹۹). بعضی از مطالعات نیز نشان می‌دهد که تنش کم‌آبی در هر مرحله از رشد باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، به عبارت دیگر بین تبخیر و تعرق و عملکرد رابطه خطی وجود دارد. تحقیقات لی‌یو[7] و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که میزان ذخیره رطوبتی خاک عامل مهم در تعیین شدت تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد محصول است. نتایج مطالعات قلوی و مقدم[8] (۲۰۱۲) نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی بر عملکرد، شاخص برداشت، کارآیی مصرف آب و کارآیی تبخیر و تعرق گندم مؤثر است.

نتایج ابراهیمی پاک (۱۳۹۱) مؤید حساس تا نیمه حساس بودن گندم به تنش کم‌آبی به‌ترتیب در مراحل گل‌دهی، ساقه‌دهی، شیری شدن، پنجه‌دهی، جوانه‌زنی و خمیری‌شدن بود. در این پژوهش مرحله گل‌دهی بیشترین حساسیت را نسبت به تنش کم‌آبی داشت و با کاهش مقدار آب قابل دسترس خاک در این مرحله، عملکرد به‌شدت کاهش یافت. شهبازپناهی و همکاران (۱۳۹۱) اثر چهار سطح آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری کافی تا گرده افشانی و عدم آبیاری تا ۶۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی تا پایان دوره رشد و قطع آبیاری از گرده افشانی تا پایان دوره رشد) را بر روی پنج ژنوتیپ گندم مورد مطالعه قرار دادند نتایج آن‌ها نشان داد که تمام شاخص‌های عملکرد گندم متأثر از رژیم‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند. اندرزیان (۱۳۹۱) عملکرد گندم نان (رقم چمران) را تحت شرایط مختلف رطوبتی خاک در جنوب خوزستان و تأثیر سناریوهای مختلف آبیاری (عمق آب مصرفی در مراحل مختلف رشد گیاه) بر عملکرد دانه گندم را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که در استان خوزستان در سال‌های مرطوب بیشترین عملکرد دانه با

[1] *Seckler*
[2] *Dehghanisanji*
[3] *Huang*
[4] *Wu*
[5] *Zhang and Oweis*
[6] *Robertson and Guinta*
[7] *Liu*
[8] *Galavi and Moghaddam*

کاربرد چهار مرتبه آبیاری (۵۰ میلی‌متر نیاز خالص در هر مرتبه و ۲۰۰ میلی‌متر نیاز خالص در طی دوره رشد گیاه) در مراحل کاشت، پنجه‌زنی، طویل شدن ساقه و گل‌دهی یا پر شدن دانه به‌دست می‌آید. در صورتی‌که در سال‌های خشک بیشترین عملکرد دانه با شش مرتبه آبیاری (۳۰۰ میلی‌متر نیاز خالص در طی دوره رشد گیاه) در مراحل کاشت، سبز شدن (استقرار گیاهچه‌ها)، پنجه‌زنی، طویل-شدن ساقه، گل‌دهی و پر شدن دانه قابل استحصال است.

در پژوهشی دیگر دهقانی‌زاده (۱۳۹۵) به بررسی سه استراتژی مختلف آبیاری شامل آبیاری پس از ۷۵، ۹۵، ۱۱۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر بر روی برخی از ویژگی های سه رقم گندم پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تأخیر در آبیاری از ۹۵ به ۱۱۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن و افزایش درصد پروتئین دانه شد. نتایج کیخایی و گنجی خرم‌دل (۱۳۹۵) نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی بر اکثر صفات مورد بررسی گندم هامون در منطقه سیستان تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که کمترین مقدار تمام صفات اندازه‌گیری شده در گندم مربوط به تیمار تنش کم-آبی شدید (۵۵ درصد آبیاری کامل) مشاهده شد.

استان خوزستان یکی از مناطق صنعتی و کشاورزی بوده و نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی به ویژه گندم دارا است براساس آمارنامه سال ۹۴-۹۵، ۵۰ درصد از سطح اراضی زیر کشت استان خوزستان متعلق به گندم می‌باشد (۵۳۵۳۰۰ هکتار از مجموع ۱۰۱۰۵۵۹/۴ هکتار اراضی زیر کشت)؛ که در بین غلات بیشترین سطح زیر کشت استان را به خود اختصاص می‌دهد. عملکرد گندم به شدت به مقدار آب ذخیره شده در پروفیل خاک در زمان کشت وابسته بوده و می‌تواند با عملیات آبیاری مناسب افزایش یابد (کانگ[1] و همکاران، ۲۰۰۲)؛ بنابراین، مدیریت کارآیی آب در ایجاد تولید پایدار و افزایش محصول گندم بسیار مهم است.

باسینگر و هلمن[2] (۲۰۰۶) بیان نمودند که اعمال تنش کم-آبی تنظیم‌شده، کارآیی مصرف آب را ۷۲ درصد افزایش می‌دهد، ولی در کاهش مقدار محصول اثر کمی دارد؛ بنابراین تعیین کمترین مقدار آب آبیاری مورد نیاز در هر منطقه برای حصول عملکرد قابل قبول هر محصول، حائز اهمیت بسیار است. هم اکنون نوبت‌دهی آبیاری در اراضی تحت کشت گندم از سوی سازمان آب منطقه ای خوزستان تنها بر پایه حجم ذخیره آب مخازن سدها انجام می‌شود که در آن نقش خاک در ذخیره، انتقال و قابلیت استفاده آب برای گیاه در نظر گرفته نمی‌شود. لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر اعمال تنش کم‌آبی با شدت-های مختلف بر شاخص‌های عملکرد گندم و کارآیی مصرف آب در یک خاک با بافت متوسط در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

براساس بانک اطلاعات خاک مزارع تحت کشت گندم در استان خوزستان در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، محل نمونه-برداری خاک تعیین گردید. سپس از عمق ۳۰-۰ سانتی-متری نمونه‌برداری خاک از مزرعه انتخاب شده در شهرستان شوشتر به‌صورت مرکب انجام و به آزمایشگاه منتقل شد (مختصات $x=$ ۲۹۶۸۱۰ و $y=$ ۳۵۳۴۶۰۷). خاک پس از خشک‌شدن کوبیده شده و از الک‌های ۸ میلی‌متری (برای آزمایشات گلدانی) و دو میلی‌متری (برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی) عبور داده شد. قبل از شروع پژوهش برخی از ویژگی‌های فیزیکی (منحنی مشخصه آب خاک، توزیع اندازه ذرات و جرم مخصوص ظاهری خاک) و شیمیایی (هدایت الکتریکی خاک، pH، مقدار نیتروژن، فسفر قابل دسترس و پتاسیم) خاک مورد مطالعه اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتر اندازه‌گیری شد (جی و ار[3]، ۲۰۰۲). جرم

[1] Kang

[2] Basinger and Hellman

[3] Gee and Or

مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر و در نمونه‌های دست‌نخورده اندازه‌گیری شد (گروسمن و رینش[1]، ۲۰۰۲). فسفر قابل جذب به روش اولسن، پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم، کربنات کلسیم معادل خاک به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و کربن‌آلی به روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شدند (غازانشاهی، ۱۳۸۵). به منظور تعیین منحنی مشخصه آب خاک، ابتدا نمونه‌ها با محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ نرمال از قسمت تحتانی اشباع و رطوبت آن‌ها در مکش‌های مختلف با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و غشاء فشاری تعیین شد (دان و هپمن[2]، ۲۰۰۲). با استفاده از نرم افزار *RTCE*، معادله ون‌گنوختن[3] (۱۹۸۰) بر داده‌های منحنی مشخصه آب خاک اندازه‌گیری شده برازش داده شد.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha h)^n\right]^{\left[1-\frac{1}{n}\right]}} \qquad (۱)$$

θ_r و θ_S به ترتیب رطوبت حجمی باقیمانده و اشباع (cm^3cm^{-3}) و h مکش ماتریک خاک (cm) می‌باشند.

این پژوهش به صورت کشت گلدانی و در قالب طرح کاملا تصادفی درسه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان در سال زراعی ۱۳۹۷–۱۳۹۸ انجام شد. در پرکردن گلدان‌ها سعی شد که خاک گلدان به جرم مخصوص ظاهری خاک در مزرعه رسانیده شود. بدین منظور پس از محاسبه حجم گلدان و جرم خاک مورد نیاز برای رسانیدن به جرم مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده در مزرعه، مقدار خاک محاسبه شده در گلدان‌ها پر شد. بذور گندم رقم چمران ۲ در گلدان‌های تقریبا ۱۵ کیلوگرمی (با عمق ۲۵ سانتیمتر) در ۱ آذر ماه ۱۳۹۷ کشت شدند. کوددهی براساس نیاز گندم و نتایج آزمون خاک انجام شد. به این صورت که براساس جدول ۱، خاک مورد مطالعه کمبودی از نظر فسفر و پتاسیم نداشت. براساس مقدار نیتروژن خاک و عملکرد معمول گندم در منطقه، مقدار ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در سه نوبت آب دوم (۳۰ درصد کود اوره)، اواسط پنجه‌زنی (۴۰ درصد کود اوره) و در مرحله ساقه‌دهی (۳۰ درصد کود اوره) توصیه گردید که براساس سطح هر گلدان (۵۳۰ cm^2) مقادیر محاسبه و مصرف شد. پس تنک‌کردن و حفظ هشت گیاهچه گندم در هر گلدان، تیمارهای تنش کم‌آبی اعمال گردید. پس از اتمام دوره رشد جهت تعیین مقدار عملکرد، قسمت هوایی گیاهان در آون در دمای ۷۰°C به مدت حداقل ۷۲ ساعت خشک و سپس توزین شدند.

دوره رشد گیاه براساس نشریه *FAO 56* به‌صورت چهار مرحله متمایز اولیه، توسعه گیاه، میانی و پایانی در نظر گرفته شد. مرحله اولیه رشد گیاه از تاریخ کشت شروع و نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰ درصد پایان می‌یابد. از آنجایی‌که این پژوهش به‌صورت گلدانی بوده و سناریوهای مختلف پس از استقرار گیاهچه‌ها و تنک‌کردن آن‌ها اعمال شدند؛ بنابراین در این پژوهش در مرحله اولیه رشد گندم، اعمال تنش کم‌آبی ممکن نبود. مرحله دوم رشد (توسعه گیاه) از زمان پوشش گیاهی ۱۰ درصد آغاز و تا زمان پوشش مؤثر کامل ادامه می‌یابد. زمان پوشش مؤثر کامل برای بسیاری از گیاهان مصادف با ظهور خوشه و شروع گل‌دهی است؛ بنابراین مرحله دوم رشد گندم همان رشد رویشی یا ساقه‌دهی خواهد بود. مرحله سوم رشد (مرحله میانی) از زمان ظهور خوشه و گل‌دهی شروع شده و تا رسیدن محصول ادامه می‌یابد. این مرحله شامل گل‌دهی و خمیری‌شدن دانه گندم است؛ و مرحله پایانی رشد از شروع رسیدن محصول تا زمان برداشت آن ادامه دارد که برابر با مرحله پرشدن دانه گندم خواهد بود (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷).

---

[1] *Grossman and Reinsch*
[2] *Done and Hopman*
[3] *van Genuchten*

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد مطالعه

ویژگی‌های فیزیکی					ویژگی‌های شیمیایی				
بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	BD ($g\ cm^{-3}$)	EC ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس ($mg\ kg^{-1}$)
لوم رسی سیلتی	۱۶	۵۰	۳۴	۱/۵	۲/۹۵	۱/۲۴	۰/۱۲	۱۷/۵	۲۲۴

BD: جرم مخصوص ظاهری خاک و *EC*: هدایت الکتریکی خاک می‌باشد

این پژوهش شامل تیمار آبیاری کامل و تیمارهای اعمال تنش کم‌آبی در سه شدت (کم، متوسط و زیاد) در تمام فصل رشد یا تنها در یک مرحله رشد گندم بود که در مجموع ده تیمار در سه تکرار بر گلدان‌ها اعمال گردید. تیمارها شامل ۱) آبیاری کامل (حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای در مکش ۳۳۰ سانتی‌متر)، ۲) اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (حفظ رطوبت خاک در مکش ۲۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام دوران رشد گیاه، ۳) اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (حفظ رطوبت خاک در مکش ۵۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام دوران رشد گیاه، ۴) اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (حفظ رطوبت خاک در مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام دوران رشد گیاه، ۵) اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (حفظ رطوبت خاک در مکش ۵۰۰۰ سانتی‌متر) در مرحله دوم رشد گندم (رشد رویشی)، ۶) اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (حفظ رطوبت خاک در مکش ۵۰۰۰ سانتی‌متر) در مرحله سوم رشد گندم (مرحله گل‌دهی و خمیری‌شدن دانه)، ۷) اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط (حفظ رطوبت خاک در مکش ۵۰۰۰ سانتی‌متر) در مرحله پایانی رشد گندم (پر شدن دانه)، ۸) اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (حفظ رطوبت خاک در مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در مرحله دوم رشد گندم (رشد رویشی)، ۹) اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (حفظ رطوبت خاک در مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در مرحله سوم رشد گندم (گل‌دهی و خمیری‌شدن دانه) و ۱۰) اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (حفظ رطوبت خاک در مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در مرحله پایانی رشد گندم (پر شدن دانه) بودند.

جهت اعمال شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی، قبل از کاشت گیاه منحنی مشخصه رطوبتی خاک مورد مطالعه تعیین گردید و براساس آن میزان رطوبت خاک معادل هر مکش محاسبه و بر گلدان‌ها اعمال شد. جهت کنترل تیمارها از روش وزنی استفاده شد. به‌این صورت که وزن گلدان‌ها به صورت روزانه کنترل شد و جهت ثابت نگه داشتن مکش خاک مجددا به مقدار کاهش وزن هر گلدان، آب به گلدان اضافه شد. مقدار آب مصرفی برای هر گلدان با استفاده از کاهش وزن گلدان به صورت روزانه ثبت گردید. جمع‌آوری داده‌ها تا پایان دوره رشد ادامه یافت.

به‌منظور شبیه‌سازی شرایط کشت در مزرعه، گلدان‌ها در کنار یکدیگر قرار گرفته و پس از هربار اندازه‌گیری جای گلدان‌ها تغییر داده شد. علاوه بر این، به منظور تأمین شرایط طبیعی آب و هوایی استان خوزستان، گلدان‌ها در فضای آزاد قرار گرفتند و جهت کنترل دقیق رطوبت خاک و جلوگیری از ورود نزولات به سطح گلدان‌ها از یک سایه‌انداز متحرک استفاده شد. با علم بر اینکه استقرار سایه‌انداز ممکن است با تغییر شدت تابش نور خورشید بر عملکرد گندم و نتایج پژوهش تأثیرگذار باشد، در روزهای آفتابی سایه‌انداز از روی گلدان‌ها جابه-جا می‌شد تا تعداد روزهای استقرار سایه‌انداز بر روی گلدان‌ها به حداقل ممکن کاهش یابد. علاوه براین، چون برای تعیین مقدار رطوبت خاک، گلدان‌ها به صورت روزانه توزین می‌شدند (به دلیل عدم دسترسی به سایر ابزارهای کنترل رطوبت خاک در محل اجرای پژوهش)، برای جلوگیری از چسبیدن گل به کف گلدان پس از بارندگی و تأثیر بر وزن گلدان‌ها و عدم امکان کنترل و اعمال صحیح تیمارهای رطوبتی، امکان قرارگیری گلدان‌ها در سطح مزرعه وجود نداشت. به همین دلیل از یک سطح با کف سیمانی در مجاورت مزارع تحقیقاتی استفاده شد.

تا در این شرایط، هم امکان توزین روزانه گلدان‌ها و تنظیم تیمارهای رطوبتی و هم امکان جابه‌جا نمودن سایه-انداز متحرک فراهم گردد (شکل ۱).

با استفاده از رابطه (۲) کارآیی مصرف آب ***(WUE)*** برای هر تیمار تعیین گردید:

$$WUE = \frac{Y}{WR} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، کارآیی مصرف آب ($Kg\ m^{-3}$) در هر تیمار برحسب عملکرد دانه گندم (Y) به ازاء مقدار آب مصرفی در کل دوره (WR) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری اثرات تیمارهای اعمال شده با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار *SPSS 19* انجام شد.

شکل ۱- نمایی از محل اجرای پژوهش و استقرار سایه‌انداز متحرک بر روی گلدان‌ها

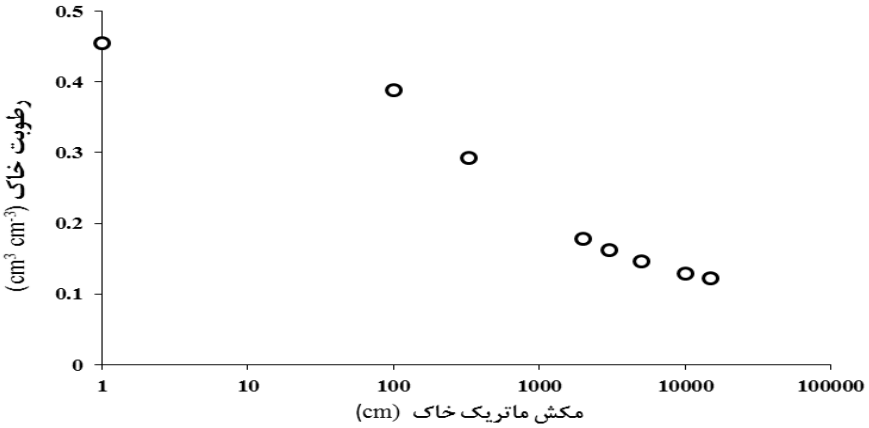
نتایج و بحث

خاک مورد مطالعه دارای بافت لوم رسی سیلتی بود. از نظر حاصلخیزی خاک، مقدار فسفر قابل استفاده و پتاسیم قابل دسترس خاک در محدوده مطلوب برای رشد گندم قرار داشت (جدول ۱). شوری خاک نیز کمتر از حد بحرانی ($EC \geq 4\ dS\ m^{-1}$) بود (ریچاردز[1]، ۱۹۵۴). شکل ۲ منحنی مشخصه آب خاک اندازه‌گیری شده می‌باشد. پارامترهای معادله ون‌گنوختن (رابطه ۱) و مقادیر رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه‌ای (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) در جدول ۲ ارائه شده است.

میانگین مقدار آب آبیاری مصرفی در تیمار آبیاری کامل (اعمال مکش ۳۳۰ سانتی‌متر در تمام مراحل رشد گیاه) برابر با ۱۹/۱ لیتر به دست آمد. مقدار آب مصرفی در تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در محدوده ۹/۶ تا ۱۶/۴ لیتر متغیر بود و به شدت تنش در مراحل مختلف رشد گیاه وابسته بود. اعمال تیمارهای مختلف تنش کم-آبی موجب کاهش معنی‌دار میانگین مصرف آب گردید (شکل ۳). میانگین مقدار کل آب مصرفی در تیمارهای مختلف با اعمال شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی در تمام مراحل رشد گیاه از ۳۱ تا ۴۳ درصد کمتر از تیمار آبیاری کامل بود. در حالی‌که اعمال تنش کم‌آبی فقط در یک مرحله از رشد گیاه گندم موجب کاهش ۱۷ تا ۳۶ درصد در میانگین مصرف آب آبیاری شد. بیشترین و کمترین میانگین آب مصرفی به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل (۱۹/۱ لیتر) و سناریو اعمال بیشترین شدت تنش کم‌آبی (تیمار مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام دوران رشد گیاه (۱۰/۹

[1] *Richards*

لیتر) مشاهده شد. در مطالعه‌ای گوشه (۱۳۸۶) نشان داد که برای تولید ۴ تا ۴/۵ تن در هکتار گندم در خاک‌های شور خوزستان، حدود ۶۰۰۰ تا ۶۵۰۰۰ متر مکعب آب مورد نیاز است که حدود نیمی از آب مصرفی سهم نیاز آبی گیاه بود؛ بنابراین، مقدار آب مصرفی به دست آمده در این مطالعه برای تیمار آبیاری کامل (برحسب سطح مزرعه برابر با ۳۶۶۰ مترمکعب در هکتار) با مقادیر آب مصرفی براساس سهم نیاز آبی گیاه گندم در مطالعه گوشه (۲۰۱۳) مطابقت دارد. هرچند امداد و همکاران (۱۳۹۷) مقدار کل آب مصرفی در مزارع گندم را در استان خوزستان (شهرستان حمیدیه- رامسه) براساس مدیریت کشاورز بسیار زیاد و در حدود ۱۰۰۰۰ $m^3\ ha^{-1}$ گزارش نمودند.

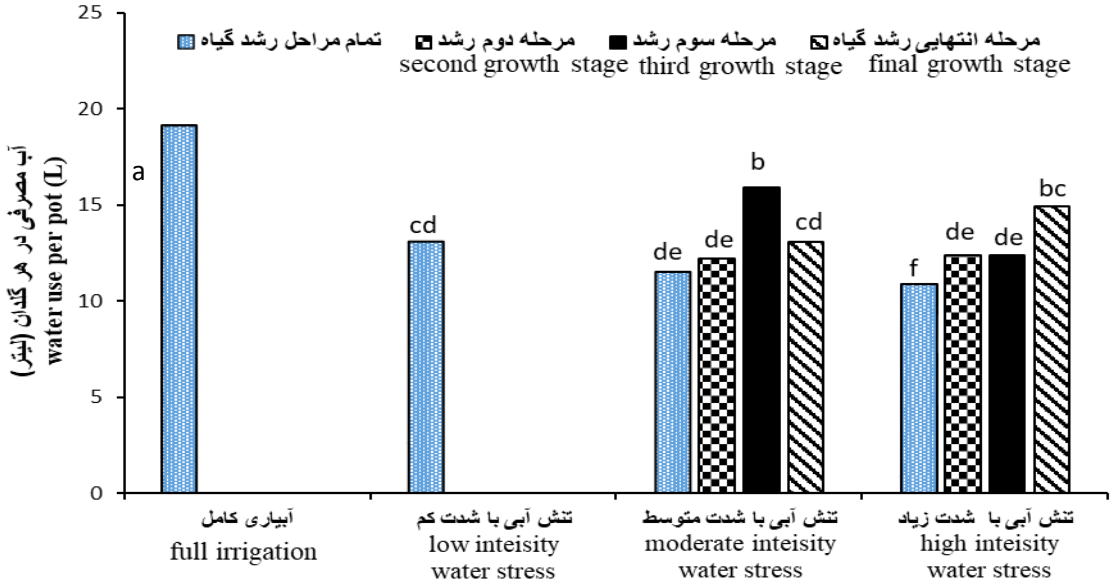


شکل ۲- منحنی مشخصه آب خاک

جدول ۲- پارامترهای معادله ون‌گنوختن و مقادیر رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم

پارامترهای معادله ون گنوختن					
θ_s ($cm^3\ cm^{-3}$)	θ_r ($cm^3\ cm^{-3}$)	α (cm^{-1})	n (-)	θ_{FC} ($cm^3\ cm^{-3}$)	θ_{PWP} ($cm^3\ cm^{-3}$)
۰/۴۵۵	۰	۰/۰۱۲۹۷	۱/۲۷	۰/۲۹	۰/۱۲

θ_s: رطوبت اشباع خاک، θr: رطوبت باقیمانده، α و n: پارامترهای تجربی مدل ون گنوختن (رابطه ۱) ، θ_{FC}: رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای در مکش ۳۳۰ سانتی‌متر، θ_{PWP}: رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم



شکل ۳- مقدار آب مصرفی در هر گلدان در تیمارهای مختلف آبیاری
(هر گلدان شامل هشت بوته گندم و دارای سطح مقطعی برابر با ۵۳۰ cm^2 می‌باشد)

شاخص‌های عملکرد گندم

میانگین مقادیر زیست‌توده، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در هر سنبله در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف اختلاف معنی-داری وجود داشت. بیشترین میانگین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل (۱۱/۹۳ g) و تیمار تنش کم‌آبی با شدت کم در تمام مراحل رشد گندم (۱۰/۳۵ g) مشاهده شد. کاهش عملکرد دانه در تیمارهای تنش کم‌آبی به شدت تنش و زمان اعمال آن مرتبط بود.

اعمال تنش کم‌آبی در یک مرحله از رشد گیاه: مقدار کاهش عملکرد دانه در هر مرحله از رشد گیاه براساس شدت تنش متغیر بود. اعمال تنش کم‌آبی در مرحله دوم رشد موجب کاهش ۴۲ درصد (تیمار تنش با شدت متوسط) تا ۶۲ درصد (تیمار تنش با شدت زیاد) عملکرد دانه گندم شد. در حالی‌که اعمال تنش کم‌آبی در مرحله سوم رشد گیاه کاهش عملکرد دانه برابر با ۳۴ (تیمار تنش با شدت متوسط) و ۴۰ درصد (تیمار تنش با شدت زیاد) را در پی داشت. کاهش عملکرد دانه برابر با ۶۳ درصد (تنش با شدت متوسط) و ۴۰ درصد (تنش با شدت زیاد) ناشی از اعمال تنش کم‌آبی در مرحله پایانی رشد گندم بود (جدول ۳). نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی در مراحل ساقه‌دهی (مرحله دوم رشد) و پر شدن دانه گندم (مرحله پایانی رشد) بیش از مرحله گلدهی و خمیری شدن (مرحله سوم رشد) موجب کاهش عملکرد دانه گندم می‌گردد. نتایج مطالعات نشان داده است که تنش آبی اعمال شده بر مراحل اولیه فاز تولیدی غلات از طریق عدم توسعه گل یا جلوگیری از لقاء گل موجب به تأخیر افتادن و یا ممانعت از گل‌دهی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌گردد (ساینی و وستگیت[1]، ۱۹۹۹؛ تاری[2]، ۲۰۱۶). نتایج مطالعات نمروری و همکاران (۱۳۹۱) در استان خوزستان نشان داد که قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی کامل تا زمان برداشت موجب کمترین عملکرد دانه گندم می‌گردد. این پژوهشگران گزارش نمودند که استفاده از کودهای آلی به همراه کود زیستی در کاهش اثرات اعمال تنش کم‌آبی در مرحله انتهایی رشد گندم مؤثر است.

تنش کم‌آبی در تمام فصل رشد گیاه: اعمال سطوح مختلف تنش کم‌آبی در تمام مراحل رشد گیاه موجب کاهش عملکرد دانه به‌میزان ۱۳، ۵۰ و ۷۶ درصد به‌ترتیب در تیمارهای تنش کم‌آبی با شدت کم (مکش ۲۰۰۰ سانتی‌متر)، متوسط (مکش ۵۰۰۰ سانتی‌متر) و شدید (مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) نسبت به آبیاری کامل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش درصد کاهش عملکرد دانه گندم نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این، اعمال تنش با شدت متوسط (مکش ۵۰۰۰ سانتی-متر) در تمام فصل رشد گیاه موجب کاهش عملکرد دانه به‌میزان ۱۴ درصد نسبت به تیمار اعمال تنش کم‌آبی تنها در مرحله دوم رشد و کاهش ۲۴ درصد عملکرد دانه نسبت به تیمار تنش کم‌آبی در مرحله سوم رشد گیاه گردید؛ اما عملکرد دانه گندم در تیمار تنش کم‌آبی با شدت متوسط در تمام مراحل رشد گیاه نسبت به اعمال تنش تنها در مرحله پایانی رشد گیاه ۲۷ درصد بیشتر به-دست آمد که این امر اهمیت آبیاری مرحله آخر در زراعت گندم در استان خوزستان را نشان می‌دهد.

[1] *Saini and Westgate*
[2] *Tari*

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های مختلف عملکرد گندم در تیمارهای مختلف آبیاری

سناریو آبیاری		عملکرد دانه (g)	وزن زیست‌توده (g)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در هر سنبله (-)	کارآیی مصرف آب ($Kg\ m^{-3}$)
آبیاری کامل	تمام مراحل رشد	a ۱۱/۹۳	a ۳۸/۳۶	a ۴۶/۸۰	ab ۲۸	b ۰/۶۲
تنش کم‌آبی با شدت کم	تمام مراحل رشد	a ۱۰/۳۵	b ۲۶/۸۳	ab ۳۹/۵۹	a ۳۱	a ۰/۷۸
تنش کم‌آبی با شدت متوسط	تمام مراحل رشد	bc ۵/۹۵	d ۱۳/۶۲	bcd ۳۲/۳۳	bc۲۳	bc ۰/۵۳
	مرحله دوم رشد	b ۶/۹۲	c ۱۹/۴۲	abc ۳۸/۰۹	bc ۲۲	bc ۰/۵۶
	مرحله سوم رشد	b ۷/۸۶	c ۱۸/۶۲	a ۴۶/۰۱	cd ۱۷	bcd ۰/۵۰
	مرحله پایانی رشد	cd ۴/۳۶	de۱۱/۷۵	d ۲۷/۸۱	cd۲۰	e ۰/۳۳
تنش کم‌آبی با شدت زیاد	تمام مراحل رشد	d ۲/۸۶	e ۷/۷۶	cd ۲۸/۹۰	cd۱۷	e ۰/۲۶
	مرحله دوم رشد	cd ۴/۵۲	de ۱۰/۰۸	bcd ۳۱/۳۶	cd ۱۸	de ۰/۳۶
	مرحله سوم رشد	b ۷/۱۷	c ۲۰/۶۶	d ۲۸/۳۱	cd ۲۰	bc ۰/۵۸
	مرحله پایانی رشد	b ۷/۱۰	c ۱۹/۳۴	d ۲۸/۰۸	cd ۱۹	cd ۰/۴۸

هر گلدان شامل هشت بوته گندم و دارای سطح مقطعی برابر با cm^2 ۵۳۰ می‌باشد

براساس نتایج این مطالعه، چنانچه گندم در تمام مراحل رشد خود آب کافی دریافت نماید و تنها در مرحله پرشدن دانه‌ها تنش کم‌آبی با شدت متوسط رخ دهد، میزان خسارت وارده به عملکرد دانه گندم بیشتر از زمانی می‌باشد که در تمام مراحل رشد گندم به طور یکنواخت تنش کم‌آبی با شدت متوسط اعمال شده باشد. نتایج سینگ (۱۹۸۱) نیز نشان داد که اگر ذخیره آب محدود است، کمبودها باید تقریبا به‌طور یکنواخت در مراحل رشد اولیه و مرحله بحرانی پخش شوند تا تأثیر منفی کمتری بر شاخص‌های عملکرد گندم داشته باشند.

اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام مراحل رشد گیاه موجب کاهش عملکرد دانه به‌میزان ۳۷ درصد نسبت به تیمار تنش کم-آبی با شدت زیاد تنها در مرحله دوم رشد گیاه و کاهش ۶۰ درصد عملکرد دانه نسبت به تیمار تنش کم‌آبی در دو مرحله سوم و پایانی رشد گیاه گندم گردید.

زیست‌توده یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دانه گندم است (وایت و ویلسون[1]، ۲۰۰۶). بین مقادیر زیست‌توده گندم در تیمارهای مختلف مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.01$). اعمال تنش کم‌آبی در تمام سطوح و در هر یک از مراحل رشد موجب کاهش معنی‌دار زیست‌توده گیاه شد (جدول ۳). با افزایش شدت و مدت زمان اعمال تنش، مقدار زیست‌توده گیاه نیز به‌طور معنی‌دار کاهش یافت، به‌گونه‌ای که اعمال تنش کم‌آبی با شدت زیاد (مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام فصل رشد گیاه موجب کاهش ۸۰ درصد زیست‌توده تولیدی نسبت به شرایط آبیاری کامل گردید. کاهش جذب رطوبت کافی توسط گیاه در اثر اعمال تنش کم‌آبی، موجب کاهش دوره رشد رویشی و زایشی و در نتیجه کاهش میزان زیست‌توده خواهد شد (یازار[2] و همکاران، ۲۰۰۹). براساس مطالعات ژو[3] و همکاران (۲۰۰۶) و دانگ[4] و همکاران (۲۰۱۱) نیز بین مقدار آب آبیاری و زیست‌توده گیاه همبستگی بالایی وجود دارد. با افزایش تبخیر و تعرق، میزان زیست‌توده و عملکرد دانه افزایش می‌یابد.

بین مقادیر وزن هزار دانه گندم در تیمارهای مختلف مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). میانگین وزن هزار دانه از g ۴۶ در تیمارهای آبیاری کامل و تنش کم‌آبی با شدت متوسط در مرحله

[1] *White and Wilson*

[2] *Yazar*

[3] *Xue*

[4] *Dong*

سوم رشد گندم تا ۲۸ g در تیمار تنش کم‌آبی با شدت متوسط و زیاد در مرحله پایانی رشد گندم متغیر بود. مشاهده کمترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار تنش کم‌آبی اعمال شده در مرحله پایانی رشد گندم احتمالا ناشی از افزایش پنجه‌زنی گیاه در اثر آبیاری کافی در مرحله ساقه-دهی (مرحله رشد رویشی) و اعمال تنش در مراحل بعدی رشد گیاه است که موجب کاهش پر شدن دانه و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه گندم شده است (تاری، ۲۰۱۶). نتایج این پژوهش حاکی از تأثیر بسیار زیاد آبیاری در مرحله پرشدن دانه بر کیفیت دانه گندم می‌باشد. درحالی-که نتایج ژو و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیماری است که در طول دوره گرده-افشانی و تشکیل سنبله آبیاری شود. در این مطالعه، بیشترین تعداد دانه در سنبله نیز در تیمار تنش کم‌آبی با شدت کم در تمام مراحل رشد گیاه مشاهده شد (جدول ۳) و با افزایش شدت تنش، تعداد دانه در سنبله گندم به-طور معنی‌داری کاهش یافت.

کارآیی مصرف آب (*WUE*)

نتایج نشان داد که شدت‌های مختلف تنش کم-آبی و اعمال آن در مراحل مختلف رشد گندم بر کارآیی مصرف آب تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۳). میانگین مقدار *WUE* برحسب عملکرد دانه گندم در تیمارهای تنش مورد مطالعه در محدوده‌ی ۰/۲۶ تا ۰/۷۸ $Kg\ m^{-3}$ متغیر بود؛ اما نتایج گوشه (۱۳۸۶) نشان داد که بیشترین کارآیی مصرف آب در روش آبیاری بارانی برای کشت گندم در استان خوزستان در تیمار آبیاری کامل و برابر با ۱/۰۵ $kg\ m^{-3}$ بود. در حالی‌که امداد و همکاران (۱۳۹۷)، کارآیی مصرف آب در کشت گندم در سه پایلوت مختلف در سطح استان خوزستان را در محدوده ۰/۴۳ $kg\ m^{-3}$ – ۰/۲۲ گزارش نمودند. بالاترین مقدار *WUE* در این مطالعه مربوط به تیمار آبیاری کامل نبود. ژانگ[1] و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش نمودند که بالاترین عملکرد دانه گندم با بیشترین مقدار زیست‌توده و شاخص برداشت همراه بود اما بالاترین کارآیی مصرف آب را نداشت. این پژوهشگران اظهار نمودند که بالاترین کارآیی مصرف آب به‌وسیله کنترل مناسب مقدار رطوبت خاک و مصرف آب حاصل می‌شود. بالاترین کارآیی مصرف آب در تیمار تنش کم‌آبی با شدت کم (مکش ۲۰۰۰ سانتی‌متر) در تمام مراحل رشد گیاه مشاهده شد (۰/۷۸ $Kg\ m^{-3}$). در تیمارهای تنش کم‌آبی با شدت متوسط (مکش ۵۰۰۰ سانتی‌متر)، بالاترین کارآیی مصرف آب زمانی مشاهده شد که تنش کم‌آبی تنها در مرحله دوم رشد گیاه (مرحله رشد رویشی، طویل شدن ساقه) اعمال شده بود ($Kg\ m^{-3}$ ۰/۵۶). در حالی‌که در تیمارهای تنش کم‌آبی با شدت زیاد (مکش ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر)، اعمال تنش در مرحله سوم رشد گیاه (گل‌دهی و خمیری شدن) بالاترین میزان کارآیی آب مصرفی را نشان داد ($Kg\ m^{-3}$ ۰/۵۸). نتایج مطالعات تاری[2] (۲۰۱۶) نیز نشان داد که تیمارهایی دارای بالاترین کارآیی مصرف آب هستند که تنش در یکی از مراحل ساقه‌دهی یا خمیری‌شدن اعمال شده باشد.

در صورتی‌که مقدار کل آب مصرفی کمتر از میزان تبخیر و تعرق باشد و مقدار زیادی از آب مصرفی در منطقه ریشه گیاه حفظ شود، در این حالت کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد (فررس و سوریانو[3]، ۲۰۰۷). از این رو، تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم (مکش ۲۰۰۰ سانتی‌متر) به‌علت تأمین آب مورد نیاز گیاه و کاهش تلفات آب آبیاری در اثر زهکشی و تبخیر، موجب عملکرد مناسب زیست‌توده و دانه گندم شده و به علت کنترل آب مصرفی دارای بالاترین کارآیی مصرف آب در بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه بود. احمد و سلیمان[4] (۲۰۱۰) کارآیی بیشتر مصرف آب در تیمار تنش کم‌آبی را به هدر رفت آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمار آبیاری کامل مرتبط دانستند. هرچند بایستی به این نکته اشاره نمود که تیمار آبیاری کامل در این

[1] *Zhang*

[2] *Tari*

[3] *Fereres and Soriano*

[4] *Ahmad and Suliman*

پژوهش شامل تأمین رطوبت خاک تا مکش ۳۳۰ سانتی-متر بود که مکش معادل رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای در خاک مورد مطالعه است؛ و از آنجایی‌که در رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای، زهکشی در اثر نیروی ثقل ناچیز می-گردد بنابراین در این تیمار هم اتلاف آب در اثر زهکشی ناچیز بوده و مصرف آب بیشتر و کارآیی کمتر آب آبیاری در این تیمار، احتمالا ناشی تبخیر بیشتر آب به‌ویژه در انتهای فصل رشد گندم مصادف با گرم شدن شرایط اقلیمی استان خوزستان و دریافت آب بیشتر توسط گیاه در مراحل اولیه رشد (رشد رویشی) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارزیابی تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی بر عمکلرد گندم و کارآیی مصرف آب در شرایط اقلیمی استان خوزستان انجام شد. نتایج نشان داد که تأثیر شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی بر تمامی شاخص‌های عملکرد گندم در این مطالعه شامل زیست-توده، عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله به شدت و زمان اعمال تنش کم‌آبی مرتبط بود. با افزایش شدت و مدت زمان اعمال تنش کم‌آبی، مقدار زیست‌توده گیاه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت، به‌گونه‌ای که اعمال تنش با شدت زیاد در تمام فصل رشد گیاه موجب کاهش ۸۰ درصد زیست‌توده تولیدی نسبت به شرایط آبیاری کامل گردید. نتایج نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم در تمام فصل رشد گیاه نسبت به اعمال تنش با شدت متوسط و شدید تنها در یک مرحله از رشد، اثرات منفی کمتری بر عملکرد دانه گندم خواهد داشت. به‌گونه‌ای که تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم در تمام فصل رشد گیاه موجب کاهش ۱۳ درصد عملکرد دانه گندم گردید. درحالی‌که اعمال تنش با شدت متوسط یا زیاد تنها در یک مرحله از رشد گیاه، حداقل ۳۴ درصد کاهش عملکرد دانه را در پی داشت. براساس نتایج این مطالعه، چنانچه گندم در تمام مراحل رشد خود آب کافی دریافت نماید و تنها در مرحله پرشدن دانه‌ها تنش کم‌آبی با شدت متوسط رخ دهد، میزان خسارت وارده به عملکرد دانه گندم بیشتر از زمانی می‌باشد که در تمام مراحل رشد گندم به طور یکنواخت تنش کم‌آبی با شدت متوسط اعمال شده باشد. بایستی به نکته نیز توجه نمود که با توجه به شرایط اقلیمی استان خوزستان و افزایش دمای هوا در فروردین ماه، اعمال تنش کم‌آبی در مرحله پر شدن دانه تأثیر زیادی بر کاهش کیفیت و عملکرد دانه گندم داشت. علاوه بر این، بیشترین وزن هزار دانه گندم در تیمارهای آبیاری کامل و اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط در مرحله سوم رشد گندم (گل‌دهی و خمیری شدن دانه) مشاهده شد که مؤید تأثیر مثبت اعمال تنش کم‌آبی با شدت متوسط در مرحله سوم رشد گیاه بر کیفیت دانه گندم می‌باشد. بالاترین کارآیی مصرف آب و تعداد دانه در سنبله در تیمار اعمال تنش کم‌آبی با شدت کم در تمام فصل رشد گندم به‌دلیل تأمین آب مورد نیاز گیاه و کاهش تلفات آب مشاهده شد. ذکر این نکته ضروری است که برای کنترل دقیق تیمارهای رطوبتی، این پژوهش در مقیاس گلدانی در شرایط طبیعی آب و هوایی استان خوزستان انجام شده است، با این‌حال، صحت-سنجی نتایج این پژوهش در آزمایش مزرعه‌ای توصیه می-گردد.

فهرست منابع

۱. ابراهیمی‌پاک، ن.ع. ۱۳۹۱. تعیین ضریب واکنش عملکرد گندم به کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۵): ۱۲۲– ۱۲۹.

۲. امداد، م.ر.، تافته، ا. و غالبی، س. ۱۳۹۷. اعتبارسنجی مدل آکوکراپ در شبیه‌سازی عملکرد گندم متأثر از تعداد نوبت‌های آبیاری. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد (۳۲): ۴۷۳–۴۶۳.

۳. اندرزیان، ب. ۱۳۹۱. واسنجی و ارزیابی نرم افزار جدید (*AquaCrop model*) *FAO*، برای مدیریت کم-آبیاری در گندم تحت شرایط خشکی و خشکسالی در خوزستان. گزراش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۳۸ صفحه.

۴. دهقان‌زاده، ح. ۱۳۹۵. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی سه رقم گندم در اصفهان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۸(۲۴): ۲۵- ۳۴.

۵. شهبازپناهی، ب.، پاک‌نژاد، ف. حبیبی، د.، صادقی‌شعاع، م.، نصری، م. و پازکی، ع. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر رژیم-های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum L.*). مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸ (۲): ۱۸۵ -۱۹۷.

۶. غازان شاهی، ج. ۱۳۸۵. آنالیز خاک و گیاه. انتشارات آییژ، ۲۹۶ صفحه.

۷. کیخایی، ف. و گنجی خرم دل، ن. ۱۳۹۵. تأثیر کم‌آبیاری با دو روش نواری و شیاری بر عملکرد . کارایی مصرف آب گندم هامون. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰ (۱): ۱-۱۱.

۸. گوشه، م. ۱۳۸۶. تقویم آبیاری جهت تعیین آب مصرفی گندم و کنترل شوری در یک خاک شور ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. موسسه تحقیقات خاک و آب.

۹. نمروری، م. فتحی، ق. بخشنده، ع. قرینه، م. ح.، جعفری، س. ۱۳۹۱. برهمکنش تنش خشکی انتهای فصل و مصرف کودهای آلی بر عملکرد گندم نان (*Triticum aestivum*). مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۵: ۱۶۳-۱۷۳.

۱۰. وزیری، ژ.، سلامت، ع.، انتصاری، م. ر.، مسچی، م.، حیدری، ن. و دهقانی‌سنیچ، ح. ۱۳۸۷. تبخیر- تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۳۵۵ صفحه.

11. Ahmad, F.E., and Suliman, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of Cowpea. Agriculture and Biology Journal of North America, 1(4): 534-540.

12. Basinger, A.R., and Hellman, E.W. 2006. Evaluation of regulated deficit irrigation on grape in Texas and implications for acclimation and cold hardiness. International Journal of Fruit Science, 6(2): 3-22.

13. Dane, J.H. and Hopmans, J.W. 2002. Pressure cell. In Dane, J.H. and Topp, G.C. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI. pp. 684–688.

14. Dehghanisanji, H., Nakhjavani, M.M., Zeggaf Tahiri, A. and Anyoji, H. 2009. Assessment of wheat and maize water productivities and production function for cropping system decisions in arid and semiarid regions. Irrigation and Drainage, 58: 105-115.

15. Dong, B., Shi, L., Shi, C., Qiao, Y., Liu, M. and Zhang, Z. 2011. Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. Agricultural Water Management, 99: 103–110.

16. Fereres, E. and Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress. Journal of Experimental Botany, 58: 147–159.

17. Galavi, M. and Moghaddam, H.A. 2012. Influence of deficit irrigation during growth stages on water use efficiency (wue) and production of wheat cultivers under field conditions. International Research Journal of Basic Applied Science, 3(10): 2071-2078.

18. Gee, G.W. and Or, D. 2002. Particle-size analysis. In Dane, J.H. and Topp, G.C. (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI. pp. 255- 293.

19. *Grossman, R.B. and Reinsch, T.G. 2002. Bulk density and linear extensibility. In Dane, J.H., and Clake, G.C. (eds.). Methods of soil analysis. Part 4: Physical Methods. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI. pp: 201- 228.*
20. *Huang, M., Gallichand, J. and Zhong, L. 2004. Water–yield relationships and optimal water management for winter wheat in the Loess Plateau of China. Irrigation Science, 23: 47–54.*
21. *Kang, S., Zhang, F. and Zhang, J. 2002. A simulation model of water dynamics in winter wheat field and its application in a semiarid region. Agricultural Water Management, 49: 115-129.*
22. *Liu, H., Li, F. and Xu, H. 2004. Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought sensitive but not drought-tolerant spring wheat. Agricultural Water Management, 64, 41-48.*
23. *Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic Soils. USDA Agriculture Handbook 60. USDA, Washington, DC.*
24. *Robertson, M.J. and Guinta, F. 1999. Responses of spring wheat exposed to preanthesis water stress. Australian Journal of Agricultural Research, 45: 19-35.*
25. *Saini, H.S., Westgate, M.E. 1999. Reproductive development in grain crops during drought. Advances in Agronomy, 68: 59–96.*
26. *Seckler, D., Upali, A., Molden, D., de Silva, R., Barker, R. 1998. World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. Research Report 19. International Water Management Institute: Colombo, Sri Lanka, 40 pp.*
27. *Singh, S.D. 1981. Moisture–sensitive growth stages of dwarf wheat and optimal sequencing of evapotrnspiration deficits. Agronomy Journal, 73: 387-391.*
28. *Tari, A.F. 2016. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. Agricultural Water Management, 167: 1-10.*
29. *Van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44: 892-898.*
30. *White, E.M., Wilson, F.E.A. 2006. Responses of grain yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties. Irish Journal of Agricultural Research, 45: 85–101.*
31. *Wu, Y., Huang, M. and Gallichand, J. 2011. Transpirational response to water availability for winter wheat as affected by soil textures. Agricultural Water Management, 98: 569–576.*
32. *Xue, Q.W., Zhu, Z.X., Musick, J.T., Stewart, B.A. and Dusek, D.A. 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. Journal of Plant Physiology, 163: 154–164.*
33. *Yazar, A., Gokcel, F., and Sezen, M.S. 2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. Plant and Soil Environment, 55(11): 494–503.*
34. *Zhang, B., Li, F., Huang, G., Cheng, Z., Zhang, Y. 2006. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. Agricultural Water Management, 79: 28–42.*
35. *Zhang, H. and Oweis, T. 1999. Water yield relations and optimal scheduling of wheat in Mediterranean's region, Agricultural Water Management, 38 (3), 195-211.*

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۴ / شماره ۲/ ۱۳۹۹

بررسی تأثیر بهسازهای زئولیت، پلیمر سوپرجاذب و مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد کنجد

عباس خاشعی سیوکی[۱]*،علی شهیدی، مهدی دستورانی، حمیدرضا فلاحی و فاطمه شیرزادی

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

abbaskhashei@birjand.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

ashahidi@birjand.ac.ir

استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

mdastourani@birjand.ac.ir

استادیار گروه زراعت و اصلاح و نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir

کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

fshirzadi7575@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مواد اصلاح کننده خاک، زئولیت و پلیمر سوپرجاذب، بر عملکرد کمی و کیفی گیاه کنجد در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شهر بیرجند انجام گرفت. تیمارها شامل آبیاری در دو سطح ۵۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی و بهسازها در شش سطح *Z0* ، *Z1*، *Z2*، *Z3*، *Z4* و *Z5* (شاهد=*Z0*، پلیمرسوپرجاذب (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) =*Z1*، ۱۱/۲ تن بر هکتار زئولیت =*Z2* و ۶/۲ تن بر هکتار زئولیت =*Z3*، زئولیت ۱۱/۲ تن بر هکتار زئولیت + ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار پلیمرسوپرجاذب =*Z4*، ۶/۲ تن بر هکتار زئولیت + ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار پلیمرسوپرجاذب =Z5) بود. در این پژوهش، وزن هزار دانه، درصد روغن خام دانه، پروتئین خام دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که وزن هزار دانه، درصد روغن، پروتئین دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه کنجد در سطح احتمال ۱٪ تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری و ماده بهساز قرار گرفته بود. همچنین سطوح مختلف مواد بهساز بر شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۱٪ تأثیر گذاشت. نیز، درصد روغن، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تأثیر اثر متقابل دوگانه سطوح آبیاری و ماده بهساز در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت. بیشترین وزن هزار دانه، درصد روغن خام دانه، پروتئین خام دانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در تیمار *Z4* مشاهده شد. بر اساس نتایج، با تغییر سطح آبیاری از ۱۰۰٪ به ۵۰٪ عملکرد گیاه با کاهش معنی‌داری همراه بود. بیشترین مقدار وزن هزار دانه کنجد در اثر سطوح مختلف بهساز معادل ۴/۱۲ گرم در تیمار *Z4* و کمترین مقدار معادل ۲/۸۹ گرم در تیمار *Z0* مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار روغن خام دانه در تأثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز برابر ۵۶/۶٪ و کمترین مقدار برابر ۴۰/۳٪ بود. بیشترین و کمترین مقدار پروتئین خام دانه در تأثیر سطوح مختلف بهساز به-ترتیب معادل ۱۵/۲٪ و ۱۳/۱٪ بود.. نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی بر رشد گیاه اثر منفی دارد اما استفاده از زئولیت و پلیمر سوپرجاذب تا حدی این اثر را جبران می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، روغن دانه، وزن هزار دانه

---

۱ –آدرس نویسنده مسئول: بیرجند– دانشگاه بیرجند دانشکده کشاورزی گروه علوم ومهندسی آب.

* – دریافت: آذر ۱۳۹۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

تحقیقات اخیر نشان دهنده اهمیت تنش کمبود آب در تولید محصولات زراعی است. عملکرد گیاهان زراعی، با توجه به مقدار و فواصل آب دریافتی و مرحله رشد متفاوت است و معمولا با افزایش تنش خشکی، کاهش می‌یابد (روستایی و همکاران، ۱۳۹۲). ما و همکاران (۲۰۱۴) با اعمال تنش در مرحله رشد رویشی گیاه ذرت دریافتند چنان چه تنش آب بعد از مرحله پنج برگی گیاه اعمال شود تعداد کل برگ‌های گیاه تغییر خواهد کرد، زیرا تمایز مریستم انتهایی در مرحله فوق صورت می‌گیرد. همچنین کوچک شدن اندازه برگ و کوتاهی میانگره‌ها، درنتیجه کوتاهی رشد بود. نوروود و همکاران (۲۰۱۵) اثر تنش رطوبتی خاک را در مراحل مختلف رشد و نمو ذرت مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی (تخلیه رطوبت خاک تا نقطه پژمردگی) قبل از کاکل دهی، هم زمان و بعد از کاکل دهی به ترتیب ۲۵، ۵۰، ۲۱ درصد عملکرد را نسبت به شاهد آبیاری نقصان داد.

فرج‌زاده معماری تبریزی و همکاران (۱۳۹۴) با مطالعه روی گیاه ذرت نشان دادند که کاهش آب آبیاری، عملکرد دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد. گیاهان برای مقابله با تنش خشکی، فرآیندهایی را در خود توسعه داده-اند که به طورکلی به عنوان فرایند دفاع آنتی‌اکسیدانی شناخته می‌شوند. افزایش این فعالیت تحت تنش خشکی باعث افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش خشکی شده و از کاهش رشد و عملکرد گیاه جلوگیری می‌کند (حسنپور و همکاران، ۲۰۱۲). تأثیر کم آبیاری در ارزن بر پارامترهای عملکرد دانه و تعداد دانه در خوشه به طوری بود که آبیاری کامل بیشترین تعداد دانه و عملکرد دانه را داشت در حالی که بین سایر تیمارها اختلاف معنی داری وجود نداشت (شوکتی مقربی و همکاران، ۱۳۹۶).

رفیعی و همکاران (۲۰۱۳) با کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی گزارش نمودند که سوپرجاذب باعث افزایش معنی‌دار عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و طول بلال شد، اما باعث کاهش ردیف در بلال گردید. لی و همکاران (۲۰۱۴) در ذرت گزارش نمودند سوپرجاذب از طریق تأمین آب و به دنبال آن برخی عناصر غذایی در مرحه بحرانی تشکیل دانه، باعث کاهش سقط جنین و در نتیجه افزایش دانه‌های بارور شده است. گانس و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر سوپرجاذب بر گیاه اظهار داشتند که سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، در مرحله پر شدن دانه، توانسته محتوی نسبی آب گیاه و در نتیجه پتانسیل آب سلول‌ها و قدرت مخزن را افزایش داده و باعث بالا رفتن وزن دانه گردد.

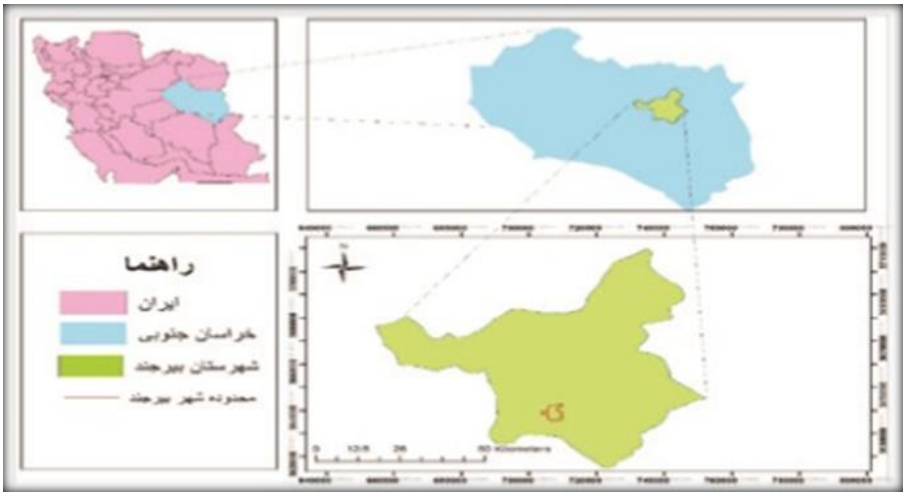
زئولیتیکی از مهمترین کانیها است که در سراسر مناطق ایران به صورت پراکنده وجود دارد (سپاس‌خواه و برزگر، ۲۰۱۰). از خصوصیات مهم زئولیتیکی که می‌توان از آن برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت، به ویژه در مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد (غلام‌حسینی و همکاران، ۲۰۱۲). براساس مطالعات انجام شده با استفاده از زئولیت در شرایط تنش خشکی تا حدودی می‌توان از کاهش عملکرد با استفاده از راهکارهای مدیریتی کاست (اسزیرمنت و همکاران، ۲۰۱۴). استفاده از زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر ارتفاع بوته و عملکرد ذرت تأثیر معنی-داری نشان داده است و همچنین نشان دادند استفاده از زئولیت بر کارایی مصرف آب تأثیر معنی داری دارد و موجب بهبود صفات رشدی در گیاهان مختلف می‌شود (احمدی و همکاران، ۲۰۱۴؛ خاشعی سیوکی و همکاران، ۱۳۸۷). عشقی و همکاران (۲۰۱۰) افزایش معنی دار کاربرد زئولیت بر صفات وزن خشک ساقه و ریشه، غلظت عنصرهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مس و منگنز در گیاه سویا را گزارش دادند.

دانه کنجد یکی از غذاهای گیاهی است که به عنوان یک غذای سالم و سنتی در بسیاری از کشورها از جمله بعضی از کشورهای خاورمیانه و ژاپن مورد استفاده قرارمی‌گیرد (کانگ و همکاران، ۱۹۹۸). حدود ۵۰ ٪ دانه

کنجد را روغن تشکیل می‌دهد و ٪۵۰ دیگر شامل پروتئین، لیگنان‌های متنوع و مواد جزیی دیگرمی‌باشد (رانگ و همکاران، ۲۰۰۵). اسیدهای چرب روغن کنجد شامل: اسید اولئیک (٪۴۳)، اسید لینولئیک (٪۴۳)، اسید پالمیتیک (٪۹)، اسید استئاریک (٪۴) و لسیتین (٪۱) می‌باشند؛ دو اسید چرب (اولئیک و لینولئیک) که بیشترین مقدار را تشکیل می‌دهند (الوچ و همکاران، ۲۰۰۷). لیگنان‌های موجود در روغن کنجد، خواص بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ویژه مانند خاصیت ضد سرطانی، آنتی اکسیدانی و ضد التهابی را ایجاد می‌کنند و موجب بهبود چربی خون و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در افراد دارای کلسترول بالا می‌شوند (رانگ و همکاران، ۲۰۰۵). به دلیل آن که این پژوهش تا کنون در منطقه بیرجند انجام نشده است. این پژوهش با بررسی اثر زئولیت بعنوان یک اصلاح کننده طبیعی و پلیمر سوپر جاذب بعنوان یک اصلاح کننده غیر طبیعی، سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد گیاه دارویی کنجد، مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی بررسی تأثیر بهسازهای خاک زئولیت، پلیمر سوپرجاذب و مقادیر مختلف آبیاری بر عملکرد کنجد، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در پنج کیلومتری جاده بیرجند-کرمان با مقیاس عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متری از سطح دریا انجام گرفت. زمین کشت در سه تکرار در مجموع ۳۶ کرت، شامل دو سطح مدیریت آبیاری (۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عامل بهساز در شش سطح (شاهد=*Z0*، پلیمرسوپرجاذب (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) =*Z1*، ۱۱/۲ تن بر هکتار زئولیت =*Z2* و ۶/۲ تن بر هکتار زئولیت =*Z3*، زئولیت ۱۱/۲ تن بر هکتار زئولیت + ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار پلیمرسوپرجاذب =*Z4*، ۶/۲ تن بر هکتار زئولیت + ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار پلیمرسوپرجاذب =*Z5*)، انجام شد. کرت‌های آزمایش ۲×۲ (متر × متر) در نظر گرفته شد. کاشت به صورت شیاری دارای پنج خط کاشت و به فاصله ۳۵ سانتی‌متری از هم و فاصله بین کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. کشت بصورت دستی و در عمق دو سانتی‌متری از سطح خاک انجام گرفت. زئولیت در قبل از کاشت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک کاملاً مخلوط شد. سوپرجاذب‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک قرار داده و روی آن با خاک پوشانده شد. نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری برداشت شدند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد پژوهش، تعیین شد (جدول ۱). در جدول (۲) مشخصات شیمیایی آب آبیاری ذکر شده است. نیاز آبی گیاه کنجد در این پژوهش، طبق مقاله برآورد نیاز آبی گیاه کنجد در اقلیم سبزوار تعیین شد. طبق نتایج بدست آمده، ۲۰ دور آبیاری به فاصله زمانی هر هفت روز در دوره‌های مختلف رشد گیاه، انجام گرفت (فلاح قالهری و همکاران، ۱۳۹۴). مجموع حجم آب مصرفی کنجد در ۲۰ نوبت آبیاری در سطح آبیاری ٪۵۰، ۲۰۱۸ m^3/ha و در سطح آبیاری ٪۱۰۰، ۴۰۳۶ m^3/ha برآورد شد. برای محاسبه حجم آب آبیاری، ابتدا نیاز خالص آبیاری هر کرت به دست آمده، سپس برای توزیع حجم آب آبیاری کرت‌ها و تنظیم دقیق توزیع آب، از پمپ و کنتور حجمی آب با دقت اندازه-گیری ۰/۰۰۰۱ متر مکعب استفاده گردید.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان بیرجند

(ب) **(الف)**

شکل ۲- الف: نمایی از موقعیت جغرافیایی زمین مورد پژوهش، ب: نمایی از گیاه کنجد در محیط آزمایش

Z_0I_2 R_1	Z_1I_1 R_1	Z_5I_2 R_1	Z_1I_2 R_1	Z_4I_1 R_1	Z_4I_2 R_1	Z_5I_1 R_1	Z_0I_1 R_1	Z_3I_1 R_1	Z_3I_2 R_1	Z_2I_2 R_1	Z_2I_1 R_1
Z_0I_2 R_2	Z_3I_2 R_2	Z_2I_2 R_2	Z_0I_1 R_2	Z_3I_1 R_2	Z_2I_1 R_2	Z_1I_2 R_2	Z_5I_1 R_2	Z_4I_1 R_2	Z_1I_1 R_2	Z_5I_2 R_2	Z_4I_2 R_2
Z_3I_2 R_3	Z_2I_1 R_3	Z_2I_2 R_3	Z_3I_1 R_3	Z_1I_2 R_3	Z_4I_2 R_3	Z_1I_1 R_3	Z_0I_1 R_3	Z_0I_2 R_3	Z_4I_1 R_3	Z_5I_2 R_3	Z_5I_1 R_3

شکل ۳- نقشه طرح

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد پژوهش

مشخصه	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	ماده آلی	نسبت جذب سدیمی	هدایت الکتریکی	*pH*	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری
واحد اندازه‌گیری	*Meq/ lit*	*Meq/ lit*	*Meq/ lit*	*Meq/ lit*	(٪)	–	(*ds/m*)	–	–	(g/cm^2)
مقدار	۲/۱۱	۱۰	۴/۲	۶	۰/۳۴	۴/۸۵	۶/۸	۷/۶	لومی رسی	۱/۳۷

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته PH	نسبت جذب سدیمی SAR	کاتیون‌ها (meq/lit)				آنیون‌ها (meq/lit)			
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	Co_3^{2-}	So_4^{2-}
۱/۳	۷/۵	۷/۲	۳/۴	۲/۶	۱۳/۲	۰/۰۵	۸/۵	۴/۸	۰	۶/۷

نتایج و بحث

بررسی‌ها نشان داد که وزن هزار دانه، در سطوح مختلف آبیاری و سطوح مختلف بهساز در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است. سطوح مختلف آبیاری، سطوح مختلف بهساز و تأثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز در سطح احتمال ۱٪ بر روغن خام دانه تأثیر معنی‌داری گذاشته است. سطوح مختلف آبیاری و سطوح مختلف بهساز در سطح احتمال ۱٪ بر پروتئین خام دانه تأثیر معنی‌داری داشته است. ارتفاع بوته در سطوح مختلف آبیاری و سطوح مختلف بهساز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است. عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری، سطوح مختلف بهساز و تأثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است. سطوح مختلف آبیاری، سطوح مختلف بهساز و تأثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز در سطح احتمال ۱٪ بر شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشته است. سطوح مختلف بهساز در سطح احتمال ۱٪ بر کارایی مصرف آب تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه کنجد

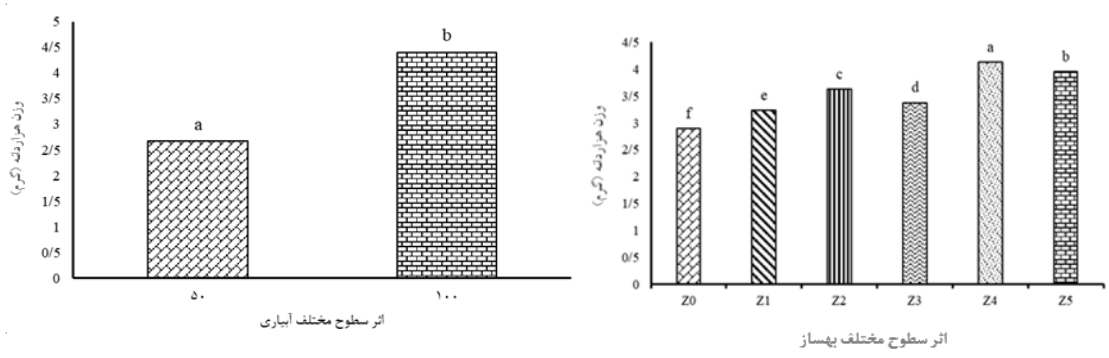
منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات						
		وزن هزار دانه gr	روغن خام دانه ٪	پروتئین خام دانه ٪	ارتفاع بوته cm	عملکرد دانه	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب
تکرار	۲	۱/۵۳ ns	۲/۳۵ ns	۰/۲۶ ns	۵۰۵/۵۵ ns	۲۹۷۹۶/۷۲ ns	۲۳/۶ ns	۰/۰۰۲۱ ns
سطوح مختلف آبیاری	۱	۲۶/۹۹ **	۳۲۶/۱۶ **	۵۶/۰۳ **	۱۳۸۸۴/۶۹ **	۱۱۶۷۱۲۰/۱۱ **	۳۸/۷۸ ns	۲/۲۶ ns
سطوح مختلف بهساز	۵	۶/۳۶ **	۲۵۸/۶۳ **	۲۹/۰۲ **	۶۰۰/۸ **	۸۹۹۵۳۵/۵۵ **	۵۳۰/۰۷ **	۰/۰۰۱۱ **
تأثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز	۵	۰/۰۱۷ ns	۴۸/۹۷ **	۰/۴۳ ns	۳۲/۱۳ ns	۴۷۲۳۴۲/۵۵ **	۲۴۵/۸۴ **	۲/۰۱۸ ns
ضریب تغییرات		۱/۳۱	۲/۰۱	۱/۵۰	۵/۶۰	۲۱/۸۲	۱۷/۰۵	۲/۶۷
خطای آزمایش		۰/۰۴۷	۲۱/۱۸	۱/۰۴	۱۷۷/۱۲	۳۲۴۸۴۹/۲۷	۲۱۱/۰۳	۰/۰۰۰۲

ns، * و ** به ترتیب بدون اثر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشد.

وزن هزار دانه

از نظر سطوح مختلف آبیاری، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش میزان سطح آبیاری از ۵۰ به ۱۰۰ درصد نیاز آبی، وزن هزار دانه افزایش داشت. بدین صورت که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۴/۴ گرم مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین وزن هزار دانه با میانگین ۲/۶۷ گرم مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی بود. وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در حدود ۳۹/۳۶٪ نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی کاهش داشت (شکل ۴- الف). از نظر سطوح مختلف بهساز،

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه با میانگین ۴/۱۲ گرم در تیمار *Z4* و کمترین وزن هزار دانه در تیمار *Z0* مشاهده گردید. ترتیب سطوح مختلف بهساز بر وزن هزار دانه به صورت *Z4>Z5>Z2>Z3>Z1>Z0* بود و شش سطح بهساز در شش گروه متفاوت قرار گرفت که نشان داد اختلاف آنها معنی‌دار است. به طور کلی تیمارهای *Z1* تا *Z5* نسبت به تیمار *Z0* یا شاهد به ترتیب افزایشی در حد ۱۰/۳۲٪، ۲۰/۱۱٪، ۱۴/۱۹٪، ۲۹٪/۸۶ و ۲۶/۶۸٪ را نشان داد (شکل ۴- ب). به طور کلی بهسازهای ترکیبی افزایش وزن هزار دانه در تأثیر بهتری بر وزن هزار دانه را نشان دادند. تنش خشکی باعث زودرس‌تر شدن دانه‌ها نیز شد. تنش خشکی، باعث کاهش اندازهٔ بذر (وزن صددانه) شد. در اصل دانه‌هایی که وزن هزار دانه بالاتر و CO_2 زیر روزنه‌ای پایین‌تر در شرایط تنش دارند، عملکرد بالاتری تولید می‌کنند (علوی‌سینی و همکاران، ۲۰۱۳). شیرانی راد و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند کاربرد زئولیت در خاک اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد داشت و کاربرد ۱۵ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن، وزن هزار دانه را ۲۳ درصد افزایش داد. تنش کمبود آب، عملکرد سویا را به واسطه کاهش تعداد غلاف، وزن دانه و وزن هزار دانه، کاهش داد و بیشترین عملکرد زمانی بدست آمد که شرایط محیطی از جمله رطوبت قابل دسترس در تمامی مراحل رشد گیاه در حد مطلوب باشد. نتایج تحقیق با تحقیق (علوی سینی و همکاران، ۲۰۱۳) مطابقت دارد.



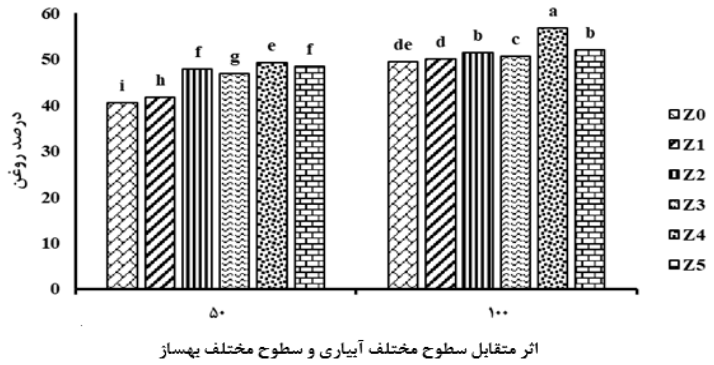
(الف) (ب)

شکل ۴- (الف): اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن هزار دانه. (ب): اثر سطوح مختلف بهساز بر وزن هزار دانه کنجد

درصد روغن دانه

بررسی داده‌های شکل (۵) در تأثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز نشان داد که با افزایش سطح آبیاری از ۵۰ به ۱۰۰ درصد نیاز آبی، درصد روغن دانه در ۱۰۰ درصد نیاز آبی، تیمار *Z4* افزایش داشت و کمترین مقدار درصد روغن دانه در ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مربوط به تیمار *Z0* بود. درصد روغن دانه در ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به تیمار *Z0* در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به میزان ۱۸/۱۹ ٪ افزایش داشته است. همچنین درصد روغن خام دانه در تیمار *Z4* نسبت به سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه کاهشی به میزان ۱۳/۴۸٪ را داشته است. دانشیان و همکاران نشان دادند با افزایش میزان تنش، میزان روغن دانه افزایش یافت و کمترین میزان روغن در شرایط آبیاری کامل مشاهده شد (دانشیان و همکاران، ۲۰۰۹). قاسمی گلعذانی و فرشباف جعفری نشان دادند با کاهش آب در دسترس، درصد روغن کاهش اما درصد پروتئین افزایش می‌یابد (قاسمی گلزنی و فرشباف‌جعفری، ۲۰۱۲). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) بیان داشتند، در شرایط تنش خشکی با کوچک شدن اندازه دانه، روغن و پروتئین حجم بیشتری از فضای دانه را اشغال می‌کنند که این مسئله عامل اصلی افزایش درصد روغن و پروتئین دانه تحت تنش خشکی است. علت اصلی افزایش میزان روغن همان‌طور که در بالا بیان شد کاهش اندازه دانه و تخصیص یافتن حجم بیشتری از فضای دانه به روغن

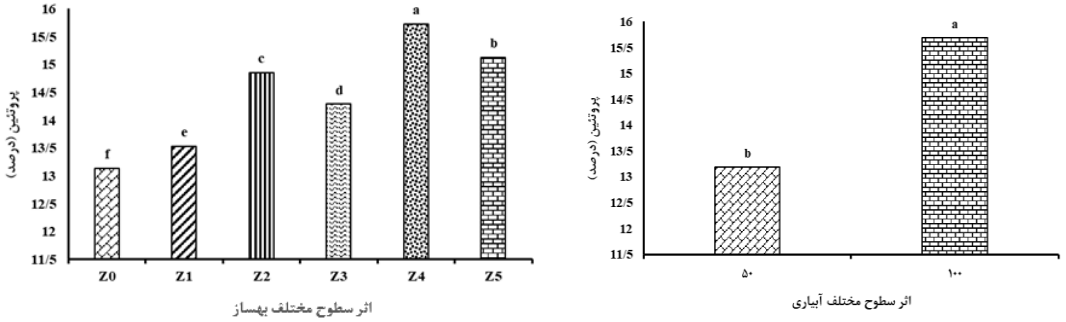
است. همچنین کاهش میزان روغن دانه به دلیل کاهش اندازه و وزن دانه‌ها تحت تنش خشکی است (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۱). نتایج پژوهش با پژوهش (دانشیان و همکاران، ۲۰۰۹) مطابقت دارد.



شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و سطوح مختلف بهساز بر درصد روغن خام دانه کنجد

پروتئین خام دانه

بررسی نشان داد سطوح مختلف آبیاری با افزایش سطح آبیاری از ۵۰ به ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، پروتئین دانه در آبیاری ۵۰٪ موجب کاهش ۱۵/۹۰٪ شد (شکل ۶ –الف). با توجه به اطلاعات بدست از شکل (۶–ب) می‌توان دریافت، پروتئین دانه به میزان ۲/۹۵٪ در تیمار *Z0*، نسبت به تیمار *Z1* کاهش داشته است. بررسی تیمار *Z1* نشان می‌دهد، تیمار *Z1* بر مقدار پروئین خام دانه کنجد تأثیر داشته است. تیمار *Z0* نسبت به زئولیت ۱۱/۲ تن بر هکتار (*Z2*) و زئولیت ۶/۲ تن بر هکتار (*Z3*) به ترتیب موجب کاهش ۱۱/۵۶٪ و ۸/۰۹٪ شده است. پروتئین دانه در تیمار *Z0* کاهشی به میزان ۱۶/۴۶٪ و ۱۳/۱۸٪ را به‌ترتیب نسبت به تیمار *Z4*، تیمار *Z0* و *Z5* داشته است. پروتئین دانه زمانی که تحت تأثیر تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و با افزایش تنش خشکی، میزان پروتئین دانه افزایش پیدا کرد. همچنین یک رابطه معکوس بین میزان روغن و پروتئین دانه گزارش شد. دلیل فیزیولوژیک این رابطه معکوس را مربوط به رقابت بر سر مصرف کربن در فرآیندهای متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌باشد. غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر کاربرد کمپوست‌های زئولیتی بر عملکرد آفتابگردان در اراضی شنی را مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند اثرات رژیم‌های متفاوت آبیاری، تیمارهای مختلف کودی و همچنین برهم‌کنش آن‌ها برعملکرد دانه، درصد پروتئین و میزان کلروفیل برگ در مرحله گلدهی معنی‌دار بود. امینی‌فر و همکاران بیان نمودند که در شرایط تنش کمبود آب، با کوچک شدن اندازه دانه، پروتئین حجم بیشتری از فضای دانه را نسبت به شرایط غیر تنش اشغال نموده واعمال تنش رطوبتی سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود (امینی‌فر و همکاران، ۲۰۱۳). دانشیان و همکاران خشکی با کوچک شدن اندازه دانه، روغن و پروتئین حجم بیشتری از فضای دانه را اشغال می‌کنند که این مسئله عامل اصلی افزایش درصد روغن و پروتئین دانه تحت تنش خشکی است (دانشیان و همکاران، ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد به کاربردن زئولیت از طریق جلوگیری از اتلاف نیتروژن چه در توده کودی و یا در خاک توانسته نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و با افزایش مصرف نیتروژن، درصد پروتئین دانه را افزایش دهد. هر گونه اثرگذاری بر جذب و سوخت و ساز نیتروژن می‌تواند اثر مستقیم بر سرعت سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین‌ها به همراه داشته باشد. نتایج تحقیق با پژوهش (دانشیان و همکاران، ۲۰۰۹) مطابقت دارد.

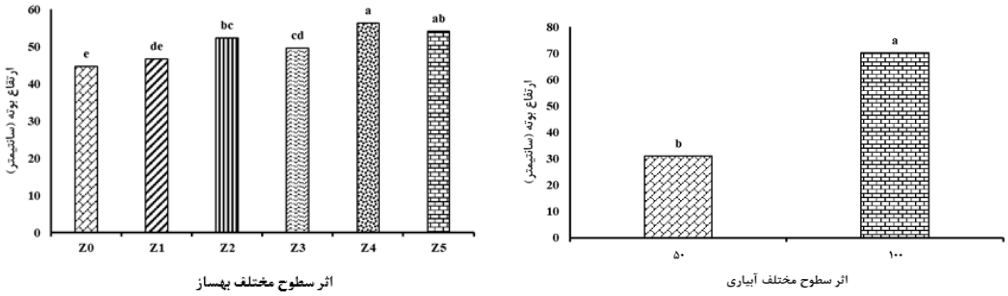


(ب) (الف)

شکل ۶- (الف): اثر سطوح مختلف آبیاری بر پروتئین خام دانه کنجد. (ب): اثر سطوح مختلف بهساز بر پروتئین خام دانه کنجد

ارتفاع بوته

بررسی اثر ساده سطوح مختلف آبیاری نشان می‌دهد، سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه ۵۵/۸۸٪ کاهش را نشان می‌دهد (شکل ۷-الف). با مقایسه *Z0* و *Z1* ارتفاع بوته، ۴/۲۸٪ کاهش داشته است. ارتفاع بوته در تیمار *Z0*، به مقدار ۱۴/۶۴٪ و ۱۰/۰۶٪ نسبت به تیمارهای *Z2* و *Z3* کاهش یافته است. تیمار *Z0*، نسبت به تیمار *Z4* و تیمار *Z5* به ترتیب به مقدار ۲۰/۷۱٪ و ۱۷/۵۳٪ کاهش داشته است (شکل ۷-ب). مهرابی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد تحت تنش کم‌آبی به این نتیجه رسیدند که تأثیر رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه درکپسول معنی‌دار بود. دلیل کاهش ارتفاع را می‌توان اینگونه توجیه کرد که افزایش ارتفاع ناشی از افزایش تعداد گره و فاصله میان گره‌ها در گیاه است و واضح است که ساقه‌های بلندتر با تعداد گره بیشتر، تعداد و سطح برگ بیشتری را دارا می‌باشند. گیاه برای کاستن از میزان تعرق و تحمل تنش، ارتفاع، قطرساقه و تعداد شاخه‌های فرعی خود را کاهش می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و خشکی بر خصوصیات فیزیومورفولوژیکی گیاه دارویی بادرشبی آزمایشی توسط قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) صورت گرفت. نتایج نشان داد که مصرف زئولیت بر وزن خشک، ارتفاع بوته و تعداد میانگره تأثیر معنی‌دار نداشت ولی تأثیر آن بر روی سایر صفات معنی‌دار بود. به عقیده این محققین زئولیت از طریق بهبود ظرفیت تبادل کاتیونی خاک سبب دسترسی بهتر و آسان‌ترگیاه به آب و عناصرغذایی به‌ویژه نیتروژن و در نتیجه افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته گیاه می‌شود. نتایج پژوهش (امینی‌فر و همکاران، ۲۰۱۳) با این پژوهش مطابقت دارد.

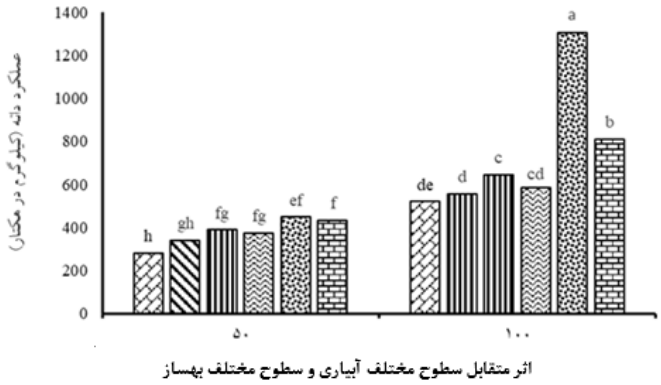


(ب) (الف)

شکل ۷- (الف): اثر سطوح مختلف آبیاری بر ارتفاع بوته کنجد. (ب): اثر سطوح مختلف بهساز بر ارتفاع بوته کنجد

عملکرد دانه

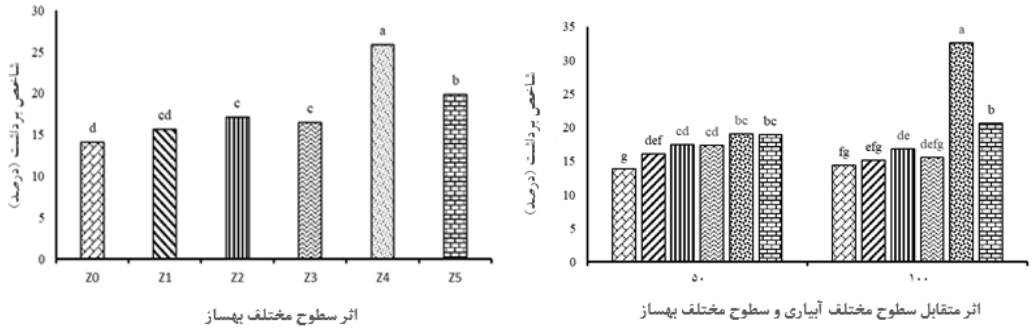
در تاثیر آبیاری و سطوح مختلف بهساز بر گیاه کنجد مشاهده شد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۳۰۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار *Z4* در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۸۰/۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار *Z0* در سطح آبیاری ۵۰ درصد بوده است. همچنین تیمار *Z4*، ۷۸٪/۴۷ نسبت به تیمار *Z0* افزایش عملکرد داشت (شکل ۸). تحقیق بر روی گلرنگ نیز نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شده است (کریمی، ۲۰۱۵). اصولاً با کمبود آب خاک در اواخر فصل رشد، کاهش عملکرد دانه به دلیل کاهش دوره پرشدن دانه، کمبود ذخایر فتوسنتزی و درنهایت کاهش وزن دانه اتفاق می‌افتد (فاروک و امیرا، ۲۰۱۳). نتایج تحقیق با تحقیق (کریمی، ۲۰۱۵) مطابقت دارد.



شکل ۸- اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و سطوح مختلف بهساز بر عملکرد دانه کنجد

شاخص برداشت

در شکل ۹- الف) مشاهده شد که شاخص برداشت در تیمار *Z0*، نسبت به تیمارهای *Z1*، *Z2* و *Z3* به ترتیب ۹/۶٪، ۱۷/۶٪ و ۱۴/۲۸٪ کاهش یافته است. همچنین ۴۵/۳۵٪ و ۲۸/۷۴٪ کاهش شاخص برداشت در تیمار *Z0*، نسبت به تیمارهای *Z4* و *Z5* مشاهده شد. نتایج بدست آمده از شکل ۹- ب) نشان داد، بیشترین مقدار شاخص برداشت با میانگین ۳۲/۵۷ درصد مربوط به تیمار *Z4* در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۳/۸درصد به تیمار *Z0* در سطح آبیاری ۵۰ درصد مربوط بوده است. مشاهده شد که مقدار شاخص برداشت در تیمار *Z0* با سطح آبیاری ۵۰ درصد نسبت به مقدار شاخص برداشت در تیمار *Z4* با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، ۵۷/۶۳٪ کاهش داشته است. پیراسته انوشه و امام (۲۰۱۲) گزارش کردند که اگر چه تنش خشکی موجب کاهش شاخص برداشت همه ارقام گردید، ولی بیشترین و کمترین کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی به ترتیب در ارقام روشن و یاواروس مشاهده شد. کرمی (۲۰۰۴) در مطالعه ۲۲ ژنوتیپ جو در شرایط غیر تنش و تنش خشکی با استفاده از آمار چند متغیره نتیجه گرفت که صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ماده خشک و شاخص برداشت در حدود ۹۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کند. نتایج تحقیق با نتایج تحقیق (پیراسته انوشه و امام، ۲۰۱۲) مطابقت دارد.

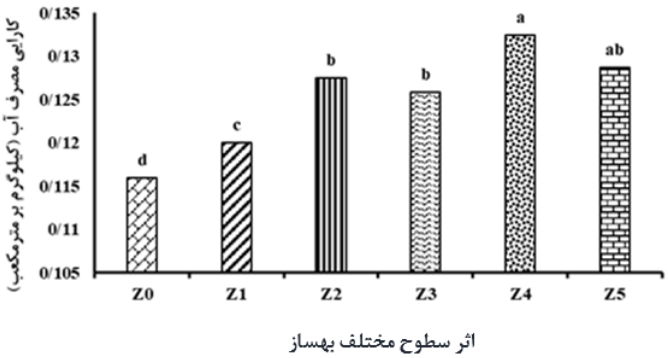


(ب) (الف)

شکل ۹- (الف): اثر سطوح مختلف بهساز بر شاخص برداشت کنجد. (ب): اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و سطوح مختلف بهساز بر شاخص برداشت کنجد

کارایی مصرف آب

شکل ۱۰ نشان داد کارایی مصرف آب در تیمار *Z0*، ۳۷/۳٪ نسبت به تیمار *Z1* کاهش داشته است. همچنین کارایی مصرف آب، ۹/۰۵٪ و ۷/۸۵٪ به‌ترتیب نسبت به تیمارهای *Z2* و *Z3* کاهش داشته است. مشاهده شد کارایی مصرف آب، نسبت به تیمارهای *Z4* و *Z5* به‌ترتیب ۱۲/۴۸٪ و ۹/۸۹٪ کاهش یافته است. مشاهده که کارایی مصرف آب از آن جا که تولید ماده خشک به مصرف آب در گیاه وابسته است با استفاده از مواد ضد تعرق و کاهنده‌های تنش، تعرق کاهش و پتانسیل آب برگ حفظ می‌شود. با ارتقای شرایط آبی گیاه، تقسیم سلولی و تولید مواد فتوسنتزی در کانوپی افزایش و به تبع آن تجمع ماده خشک کل و عملکرد گیاه زیاد می شود و در نهایت منجر به ارتقاء کارایی مصرف آب می‌گردد (جان‌محمدی و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج پژوهش شریفان و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که افزایش عملکرد محصولات زراعی و بالعکس افزایش کارایی مصرف آب تحت تأثیر کاربرد مواد هیدروژل سوپر جاذب به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی برای مدت طولانی‌تر در خاک، شستشوی مواد غذایی، رشد سریع و مطلوب ریشه با ذخیره مواد غذایی و هوادهی بهتر در خاک بود. اگر مقدار هیدروژل سوپرجاذب بیشتر باشد تغییرات رطوبت هم بیشتر می‌شود و این نشان می‌دهد که هر چه مقدار سوپرجاذب بیشتر باشد ظرفیت نگهداری رطوبت خاک بیشتر شده و این باعث تغییرات رطوبت خاک در ابتدا و انتهای فصل می‌شود. دلیل کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب را می‌توان اینگونه بیان کرد که افزایش معنی‌دار عملکرد محصول در تیمارهای آبیاری کامل نسبت به تنش خشکی شدید مرتبط دانست. نتایج تحقیق با تحقیق (شریفان و همکاران، ۱۳۹۲) مطابقت دارد.



شکل ۱۰- اثر سطوح مختلف بهساز بر کارایی مصرف آب کنجد

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به تأثیر زئولیت، پلیمر سوپرجاذب، تنش خشکی و ترکیب زئولیت و پلیمر سوپر جاذب بر پارامترهای ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، پروتئین خام دانه و درصد روغن دانه کنجد پرداخته شد. این تحقیق در سال ۹۷-۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند انجام شد. نتایج به این صورت بود که ترکیب زئولیت و پلیمر سوپرجاذب تیمار (*Z4* و *Z5*) تأثیر بسزایی بر رشد گیاه دارد. همچنین استفاده از تیمار زئولیت (*Z2*، *Z3*) و تیمار پلیمر سوپرجاذب (*Z1*) در بعضی از پارامترهای اندازه‌گیری شده رشد گیاه نقش دارد. بیشترین عملکرد بدست آمده از پارامترهای مذکور، مربوط به تیمار ترکیب زئولیت و پلیمر سوپرجاذب (*Z4* و *Z5*) و کمترین آنها مربوط به تیمار شاهد (*Z0*) می‌باشد. همچنین اعمال تنش خشکی (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر رویش گیاه اثر منفی دارد و باعث کاهش عملکرد در پارامترهای مذکور می‌شود. اما استفاده از زئولیت و پلیمر سوپرجاذب تا حدی این کمبود را جبران می‌کند. بنابراین استفاده از دوماده (زئولیت و پلیمر سوپرجاذب) به عنوان بهساز در مناطق گرم و خشک و نیمه خشک می‌تواند نقش مؤثری در رشد گیاه داشته باشد.

تشکر وقدردانی

مقاله مذکور مستخرج از طرح پژوهشی به شماره ۸۶۶۰/ د/۱۳۹۸. مورخ۹۸/۴/۱۸ بوده و با استفاده از اعتبارات دانشگاه بیرجند انجام شده است. نویسندگان مقاله بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه بیرجند به دلیل حمایت های مالی از طرح پژوهشی حاضر کمال تشکر و قدردانی را دارند.

فهرست منابع

۱. احمدی، م، خاشعی سیوکی، ع، سیاری زهان، م، ح. ۱۳۹۲. ارزیابی تاثیر نوع و مقدار زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر سبز شدن زعفران.*(Crocus sativus L)*. نشریه پژوهش های زعفران، جلد ۲،(۱). ص ۱۰۹-۹۷

۲. امینی‌فر، ج، محسن‌آبادی، غ، بیگلویی، م،ح، سمیع زاده، ح. ۱۳۹۲. تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب رقم *T.215* سویا .نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران ,۳(۳): ۲۴-۳۴.

۳. پیراسته- انوشه, ه و امام ه. ۱۱۳۹۱. پاسخ عملکردو اجزای عملکرد گندم نان و ماکارونی به *PGR* تحت شرایط تن در مزرعه و گلخانه مجله تنش های محیطی در علو زراعی.۱:۵-۱۷.

۴. خاشعی سیوکی، ع. کوچک زاده، م. شهابی‌فر، م. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و رطوبت خاک بر اجزای عملکرد ذرت. مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۲، شماره ۱.

۵. دانشیان، ج، نورمحمدی، ق، جنوبی، پ. ۱۳۸۱. بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. مؤسسات تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران.

۶. دانشیان، ج، هادی، ح , جنوبی پ. ۱۳۸۸. ارزیابی ویژگی های ژنوتیپ های کمی و کیفی سویا در شرایط تنش کمبود آب. مجله علوم کشاورزی ایران ۱۱: ۳۹۳-۴

۷. روستایی، خ، محمدی دهنوی، م، خادم، س، اولیایی، ح. ۱۳۹۰. اثر نسبت‌های مختلف پلیمر سوپرجاذب و کود دامی بر خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش سویا. مجله به زراعی کشاورزی، جلد ۱۴، شماره ۱، صفحه‌های ۳۳ تا ۴۳.

۸. شریفان، ح، مختاری، پ، و هزارجریبی، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب بر تغییرات ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف– لوئیس. مجله آب و خاک، جلد ۲۷ شماره ۱، صفحه‌های ۲۰۵ تا ۲۱۲.

۹. شوکتی مقربی، م، توحیدی‌نژاد، ع، رضایی استخروئیه، ع. ۱۳۹۶. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد لاین امید بخش ارزن معمولی. چهاردهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۱۰. شیرانی‌راد، ا، طاهرخانی، ت، مرادی‌اقدم، ا، نظری گلشن، ا، و اسکندری، ک. ۱۳۹۰. تأثیر مقادیر نیتروژن و زئولیت بر صفات زراعی گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی و پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ۳، شماره ۲، صفحه‌های ۱۲۵–۱۳۵.

۱۱. کرمی،ع۱۳۸۳. یافتن ژن های کنترل کننده صفات مورفولوژیکی جو در هر دو شرایط عادی و خشکی با استفاده از نشانگر مولکولی *AFLP*. پایان نامه کارشناسی ارشد پایان نامه در اصلاح نباتات ، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تهران.

۱۲. کریمی،۱۳۹۴. تأثیر اسید هیومیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی بر انواع بهاره گلرنگ (*Carthamus tinctorius L*.) در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد در زراعت. دانشگاه شهرکرد

۱۳. علوی سینی، س. م.، صبا، ج.، نصیری، ج. و سلیمانی، ک. ۱۳۹۲ .ارزیابی برخی صفات فیزیولوژیک در لاین های گندم نـان متحمـل بـه خـشکی در شـرایط دیـم .مجله به نژادی نهال و بذر ۱–۲۹ :۶۵۷ – ۶۳۷.

۱۴. غلامحسینی،م، آقاعلیخانی،م، ملکوتی،م. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کلزای پاییزه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۲، شماره ۴۵، صفحه‌های ۵۳۷ تا ۵۴۸.

۱۵. فرج‌زاده معماری تبریزی، ا، یارنیا، م، احمدزاده، و، فرج‌زاده معماری تبریزی، ن. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و غلظت‌های هومات پتاسیم بر دو هیبرید ذرت هیبرید ۷۰۴ و ۷۰۶. فصلنامه علمی و پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، جلد ۷، شماره ۲۵، صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۱۸.

۱۶. فلاح قالهری، غ.ل. راه چمنی، م. بیرانوند، ف. ۱۳۹۴. برآورد نیاز آبی گیاه کنجد در اقلیم سبزوار. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، جلد ۶، شماره ۲۱، صفحه‌های ۱ تا ۱۴.

۱۷. قلی‌زاده، آ، اصفهانی، م، عزیزی، م. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳، صفحه‌های ۹۶ تا ۱۰۲.

۱۸. مهرابی‌زاده، ز، احسان‌زاده، پ. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد(*Sesame indicum L.*) تحت رژیم‌های رطوبتی خاک. مجله به‌زراعی کشاورزی، جلد ۱۳، شماره ۲، صفحه‌های ۷۵ تا ۸۸.

19. *Elleuch M, Besbes SI, Roiseux O, Blecker C, Hamadi A, 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by products. Food Chem 103(2):641-50.*

20. *Eshghi S, Mahmoodabadi MR, Abdi GR and Jamali B, 2010. Zeolite ameliorates the adverse effect of cadmium contamination on growth and nodulation of soybean plant (Glycine max L.). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 4(10):43-50.*

21. *Farouk S and Amira MSAQ, 2013. Osmotic adjustment and yield of cowpea (Vigna unguiculata L.) in response to drought stress and chitosan. Indian Journal of Applied Research 3(10): 1-6.*

22. *Ghassemi-Golezani A and Farshbaf-Jafari S, 2012. Influence of water dificit on oil and protein accumulation in soybean grains. International Journal of Plant, Animal and Environmental Science 2(3): 46-52.*
23. *Gunes A, Kitir N, Turan M, Elkoca E, Yildirim E, Avci N, 2016. Evaluation of Effects of Water-saving super-absorbent polymer on corn (Zea mays L.) yield and phosphorus fertilizer efficiency. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 40: 365-378.*
24. *Hassanpour Lescokelaye K, Ahmadi J, Daneshyan J and Hatami S, 2012. Changes in chlorophyll, protein and antioxidant enzymes on durum wheat under drought stress. Journal of Crop Breeding 7(15): 76-87.*
25. *Jan- Mohammadi M, Mostafavi H and Kazemi H, 2014. Effect of chitosan application on the performance of lentil genotypes under rainfed conditions. Acta Technologica Agricalture 4: 86- 90.*
26. *Gholamhoseini M, AghaAlikhani M, Dolatabadian A, Khodaei-Joghan A and Zakikhani H, 2012. Decreasing nitrogen leaching and increasing canola forage yield in a sandy soil by application of natural zeolite. Agronomy Journal 104(5): 1467-1475.*
27. *Kang MH, Natio M, Tsujihara N, Osawa T, 1998. Sesamolin inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. Journal of Nutr 128(6):1018-22.*
28. *Li X, He JZ, Hughes JM, Liu YR, Zheng YM, 2014. Effects of Super-absorbent Polymers on a soil-corn system in the field. Applied soil Ecology 73: 58-63.*
29. *Ma BL, Subedi KD, Stewart DW and Dwyer LM, 2014. Dry matter accumulation and silage moisture changes after silking in leafy and dualpurpose corn hybrids. Journal Agronomy 98: 922-929.*
30. *Norwood CA, 2015. Water use and yield of limited-irrigated and dry land corn. Soil science Biology Journal 64: 365-370.*
31. *Rafiei F, Nourmohammadi G, Chokan R, Kashani A and Haidari Sharif Abad H, 2013. Investigation of super-absorbent polymer usage on maize under water stress. Global Journal of Medicinal Plant Research 1(1): 82-87.*
32. *Rong CP, Liong CK, Chen ST, Jen CC, Liu TL, Cheng H, et al, 2005. Dietary sesame reduces serum cholesterol and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolemia. Journal of Nutr Research 25(6): 559-67.*
33. *Sepaskhah AR and Barzegar M 2010. Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment Agricultural Water Management 98: 38-44.*
34. *Szerement J, Ambro A and Piasek KKJ, 2014. Use of zeolite in agriculture and environmental protection. A Short Review 172-177.*

تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب گل محمدی در شرایط گلدانی

رستم یزدانی بیوکی[۱] *، محمدحسن رحیمیان، غلامحسن رنجبر، محمدهادی راد، حسین بیرامی و حیدر مفتاحی زاده

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

r.yazdani@areeo.ac.ir

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

mhrahimian@gmail.com

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

ranjbar71@gmail.com

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.***mohammadhadirad@gmail.com***

استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

beyrami.h@hotmail.com

استادیار، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

hmeftahi@yahoo.com

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل محیطی و محدودکننده تولیدات کشاورزی است. به منظور بررسی تنش شوری بر آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب گل محمدی (*Rosa damascene Mill*). آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و چهار سطح شوری ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر در گلخانه پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. در این بررسی، حجم آب آبیاری، حجم آب زهکشی، تبخیر و تعرق، عملکرد گل، عملکرد اسانس و کارائی مصرف آب (بر اساس عملکرد گل) تعیین شدند. نتایج نشان داد که میانگین حجم آب آبیاری، تبخیر و تعرق و حجم آب زهکشی شده گلدان‌ها در هر نوبت آبیاری به ترتیب برابر با ۱۴/۳ ، ۸/۴ و ۵/۹ لیتر در بوته برای تمامی تیمارها بوده است. همچنین، مجموع حجم آب مصرفی، تبخیر و تعرق و حجم آب زهکشی شده در طول دوره آزمایش (اول مهرماه تا پایان شهریورماه) به ترتیب برابر با ۶۱۶، ۳۶۳ و ۲۵۳ لیتر به‌ازای هر بوته بوده است. مجموع حجم آب آبیاری در تیمارهای ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۶۱۹، ۶۲۵، ۶۱۰ و ۶۱۰ لیتر به‌ازای هر بوته بود. عملکرد گل در تیمارهای شوری آب آبیاری ۲/۸، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۶۰/۳، ۵۵/۸ و ۵۷/۱ گرم در بوته بود و اختلاف معنیداری با یکدیگر نداشتند، به‌طوری‌که گیاهان تیمار شوری پنج و هشت دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار ۲/۸ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۷/۴۶ و ۵/۲۵ درصد کاهش عملکرد داشتند، اما تیمار شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش ۶۲/۴ درصدی نسبت به تیمار ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر، پایین‌ترین مقدار عملکرد گل را (۲۲/۶۶ گرم در بوته) داشت. نتایج نشان داد که بالاترین کارائی مصرف آب عملکرد گل محمدی در تیمارهای ۲/۸، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر ۰/۰۹، ۰/۰۸ و ۰/۰۹ کیلوگرم گل بر متر مکعب و کمترین آن در شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۰/۰۳ بود. سطوح تنش شوری ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر سبب تولید بیش‌ترین درصد اسانس (به ترتیب برابر با ۲۵ % و ۲۷%) و شوری ۲/۸ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر سبب تولید کم‌ترین درصد اسانس (به ترتیب برابر با ۲۲% و ۲۱%) شدند.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، عملکرد اسانس

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: یزد، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

* - دریافت: بهمن ۱۳۹۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

عملکرد گیاهان تحت تأثیر چندین عامل (آب، خاک، هوا، مصرف عناصر غذایی، تنش‌ها از جمله شوری) قرار دارد. چنانچه هر یک از این عوامل محدودکننده باشد، عملکرد و در نتیجه کارایی مصرف آن نهاده کاهش خواهد یافت (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۴). کارایی مصرف آب نسبت عملکرد محصول به تبخیر-تعرق واقعی گیاه است (نخجوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۶).

کاهش منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک سبب توجه به استفاده از منابع آب شور شده است (حیدری نیا و همکاران، ۱۳۹۶). برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که کارایی مصرف آب در شرایط کمبود آب و استفاده از آب های شور و لب شور بویژه در زمانی که گیاه به تنش حساس بوده، افزایش یافته است (حسن پور درویشی و همکاران، ۱۳۹۰). تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده به شمار می‌رود (وفادار و همکاران، ۱۳۹۷). شوری به دلیل سمیت یونی و کاهش جذب آب، تاثیر منفی بر فعالیت‌های حیاتی و رشد گیاهان می گذارد (عمرانی و محرم نژاد، ۲۰۱۸). در چنین شرایطی حفظ بهره‌وری مصرف آب می‌تواند راهکاری مناسب برای بحران کمبود آب باشد. در این راستا، استفاده از آب‌های نامتعارف و شور به منظور سامان بخشیدن به میزان آب مصرفی و عملکرد تولیدی در بسیاری از محصولات کشاورزی به خصوص در مناطقی که با مشکلات کم آبی مواجه هستند، مرسوم است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۹).

گل محمدی (*Rosa damasena Mill.*) از خانواده *Rosaseae* درختچه‌ای چندساله که ارتفاع آن به یک تا دو متر می‌رسد (نظرالملک و همکاران، ۱۳۹۶). به سبب مصارف گوناگونی که در تهیه فرآورده‌های دارویی، غذایی، عطرسازی و آرایشی دارد، سبب شده تا توجه زیادی به توسعه کشت و کار این گیاه صورت گیرد (کدوری و ملازاده، ۱۳۹۲). به سبب ارزش اقتصادی گل محمدی و همچنین باتوجه به گسترش شوری در بسیاری از نقاط کشور لازم است در زمینه توسعه کاشت گل محمدی و ارزیابی کارایی مصرف آب این گیاه با منابع آب شور تحقیقات لازم انجام شود.

در خصوص ارزیابی کارایی مصرف آب گل محمدی مطالعات اندکی صورت گرفته که البته این مطالعات در شرایط بدون تنش شوری انجام شده است. به عنوان مثال شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) با هدف تعیین نیاز آبی گل محمدی (*Rosa damascene Mill*) با استفاده از لایسیمتر میزان کارایی مصرف آب گل محمدی را ۲/۱۸ گرم بر لیتر و نسبت تعرق را برابر با ۰/۴۶ لیتر گزارش کردند. همچنین، میزان تبخیر و تعرق گل محمدی از اول فروردین ماه تا اتمام گلدهی معادل ۱۱۱/۵ میلی‌متر برآورد شد. همچنین شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۱) با هدف بررسی تعیین نیاز آبی گیاه دارویی بومادران گزارش کردند که مقدار خالص آب مورد نیاز این گیاه دارویی طی دوره رشد اقتصادی معادل ۱۴۹/۷۲ میلی متر و ضرایب گیاهی آن برای چهار مرحله رشد اولیه، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب معادل ۰/۱۶، ۰/۴۵، ۱/۰۵ و ۰/۸۱ برآورد شد.

در خصوص مقاومت به شوری گل محمدی، بسیاری از مطالعات حاکی از مقاومت نسبی گل محمدی به شوری بوده، گل محمدی به شوری آب و خاک تا هفت دسی‌زیمنس بر متر مقاوم است (ابراهیمی و شریف زادگان، ۲۰۱۶). همچنین عملکرد گونه‌ای از گل رز (*Bridal Pink*) تحت تأثیر شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر قرار نگرفت (کابرا و پردومو، ۲۰۰۳).

طبق مطالعات صورت گرفته در کشور، به نظر می‌رسد در زمینه تعیین نیاز آبی گل محمدی در شرایط شور، پژوهش‌های قابل توجهی انجام نشده باشد. یکی از نوآوری‌های پژوهش حاضر، اجرای پروژه در شرایط کنترل شده به منظور بررسی دقیق اثرات شوری آب آبیاری بر نیاز آبی گل محمدی و عملکرد محصول است. باتوجه به ارزش اقتصادی بالای گل محمدی (به‌عنوان یک گیاه دارویی مناسب در مناطق خشک و کم آب)، ضروری است نسبت به برآورد نیازآبی و ارزیابی سطوح مختلف شوری آب

آبیاری بر عملکرد آن، تحقیقات و اقدامات لازم صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

این بررسی به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (نه گلدان برای هر تیمار) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ برای برآورد نیازآبی گیاه دارویی گل محمدی در مرکز ملی تحقیقات شوری (سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی) انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری آب آبیاری ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر بود که از طریق اختلاط دو منبع مجزای آب با کیفیت‌های مختلف بدست آمد (جدول ۱). نهال‌های گلدانی یک‌ساله گل محمدی از شهر محلات تهیه شد. سپس نهال‌های یک‌ساله گل محمدی در گلخانه مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد در گلدان‌هایی با حجم ۱۰۰ کیلوگرم خاک (جدول ۲) در اردیبهشت ۱۳۹۷ در گلدان‌هایی با حجم ۱۰۰ کیلوگرم (ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۳۳ سانتی‌متر) خاک منتقل و تیمارهای شوری بر گیاهان به مدت یک سال (اوایل مهرماه ۱۳۹۷ تا پایان شهریورماه ۱۳۹۸) اعمال شد.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

نسبت جذب سدیم	SO_4^{2-}	Cl^-	K^+	Na^+	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	نسبت جذب سدیم	اسیدیته	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)
					($meq\ l^{-1}$)						
۳/۹	۹/۷	۱۷/۳	۰/۱	۱۱/۷	۲/۸	۰	۸/۴	۹/۷	۳/۹	۸/۰	۲/۸*
۲۸/۸	۷/۸	۸۶/۴	۰/۲	۸۰/۷	۲/۷	۰	۱۲/۸	۳/۲۶	۲۸/۸	۸/۰	۱۱/۰**

* آب چاه مرکز ملی تحقیقات شوری و ** آب رقیق شده از قنات عقدا-استان یزد

جدول ۲ - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی ($dS.m$)	اسیدیته	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	شن	سیلت	رس
		(%)					
۳/۴۵	۷/۵۳	۰/۰۱	۵/۹۲	۱۴۱	۵۸/۱۸	۱۲/۸۲	۲۹

برای اعمال شوری به این ترتیب اقدام شد که پس از انتقال بوته‌ها به گلدان اصلی، ابتدا ده روز اول همه گلدان‌ها با آب ۲/۸ دسی زیمنس بر متر آبیاری شد، سپس به تدریج و طی یک بازه زمانی ده روزه، اقدام به افزایش تدریجی شوری آب آبیاری (EC_{iw}) تا رسیدن به مقادیر سطوح شوری مورد نظر (۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر) شد. پس از هر نوبت آبیاری، میزان شوری زهکش هر گلدان (EC_{dw}) با دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد تا برای اطلاع از وضعیت شوری گلدان‌ها و ثبات نسبی شوری خاک ناحیه ریشه در طول فصل رشد مورد استفاده قرار گیرد. این کار با توجه به معادله ۱ و ۲ و برآورد کسر آبشوئی (LF) پس از هر آبیاری و به تبع آن، برآورد شوری خاک ناحیه ریشه گیاه (ECe) انجام شد:

$$LF = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} \quad (۱)$$

$$EC_e = X.EC_{iw} \quad (۲)$$

که در معادله ۲، منظور از X عامل غلظت[2] است که با در نظر گرفتن برخی فرضیات در زمینه الگوی جذب آب توسط ریشه، ارتباط مستقیم با کسر آبشوئی دارد (آیرز و وستکات، ۱۹۸۹). این رابطه بصورت یک معادله ریاضی نیز قابل استخراج است (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۳).

شروع آبیاری بر اساس میزان تخلیه رطوبت تا میزان مجاز تخلیه رطوبتی (MAD) حدود ۵۰ درصد آن بود، به‌طوری‌که با توجه به توزین روزانه گلدان‌های معرف در هر تیمار، امکان تعیین رطوبت خاک گلدان‌ها به‌صورت روزانه وجود داشت و لذا در روزی که رطوبت خاک به میزان مورد نظر می‌رسید، آبیاری انجام می‌شد. حجم آب

[2] -Concentration Factor

داده شده به گلدان‌ها از طریق توزین آن‌ها قبل از هر نوبت آبیاری و محاسبه اختلاف وزن گلدان با نقطه ظرفیت زراعی خاک (۱۹/۵ درصد) و با فرض اعمال ۳۰ درصد آب مازاد برای آبشوئی املاح موجود در خاک به‌دست آمد. در پایان آزمایش، میزان شوری عصاره اشباع سطوح مختلف شوری ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۵/۰۲، ۸/۲۰، ۱۲/۶۵ و ۱۶/۶۵ دسی زیمنس بر متر بود. همچنین، به‌دلیل اندازه‌گیری حجم آب زهکشی شده گلدان‌ها در پایان هر نوبت آبیاری، تبخیر و تعرق واقعی گیاه نیز از اختلاف حجم آب آبیاری و زهکشی شده در پایان هر آبیاری محاسبه شد. همچنین سعی شد با مدیریت تغذیه که شامل مصرف کود شیمیایی پر مصرف کامل حدود ۴۰ کیلوگرم در هکتار و کود کم مصرف حدود ۱۰ گرم به ازای هر بوته قبل از گلدهی در اواخر اسفند ماه بود، گیاه در شرایط بهینه رشد کند (عباس زاده، ۱۳۹۶). در این شرایط و با توجه به مقادیر تبخیر و تعرق واقعی گیاه و در نظر گرفتن نیاز آبشویی در شرایط شور، برآوردی از نیاز آبی این گیاه انجام شد. در انتهای آزمایش صفات مورد بررسی شامل حجم آب آبیاری، حجم آب تبخیر و تعرق و حجم آب زهکشی در کل فصل کاشت محاسبه شد.

شروع گلدهی در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ و اتمام آن در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۱۵ بود که روزانه گل‌ها در ساعات اولیه صبح چیده شد و برای محاسبه وزن گل از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد. به منظور تعیین درصد اسانس ابتدا گلبرگ‌های هر تیمار به آزمایشگاه منتقل شد سپس درون کلونجر ریخته شد و به ازای هر صد گرم گلبرگ تازه به میزان یک لیتر آب به آن اضافه شد و سپس به مدت سه ساعت و نیم به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شد و سپس با استفاده از اتر، اسانس از گلاب استخراج و درصد اسانس خالص اندازه‌گیری و سپس عملکرد آن برآورد شد (طبائی عقدایی و همکاران، ۱۳۸۲). در انتهای آزمایش، با تعیین نسبت عملکرد محصول (عملکرد گل و عملکرد اسانس) به حجم آب مصرفی، شاخص کارآیی مصرف آب برای گل و اسانس به تفکیک محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار *SAS* انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون *LSD* در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

حجم آب مصرفی و تبخیر تعرق گیاه

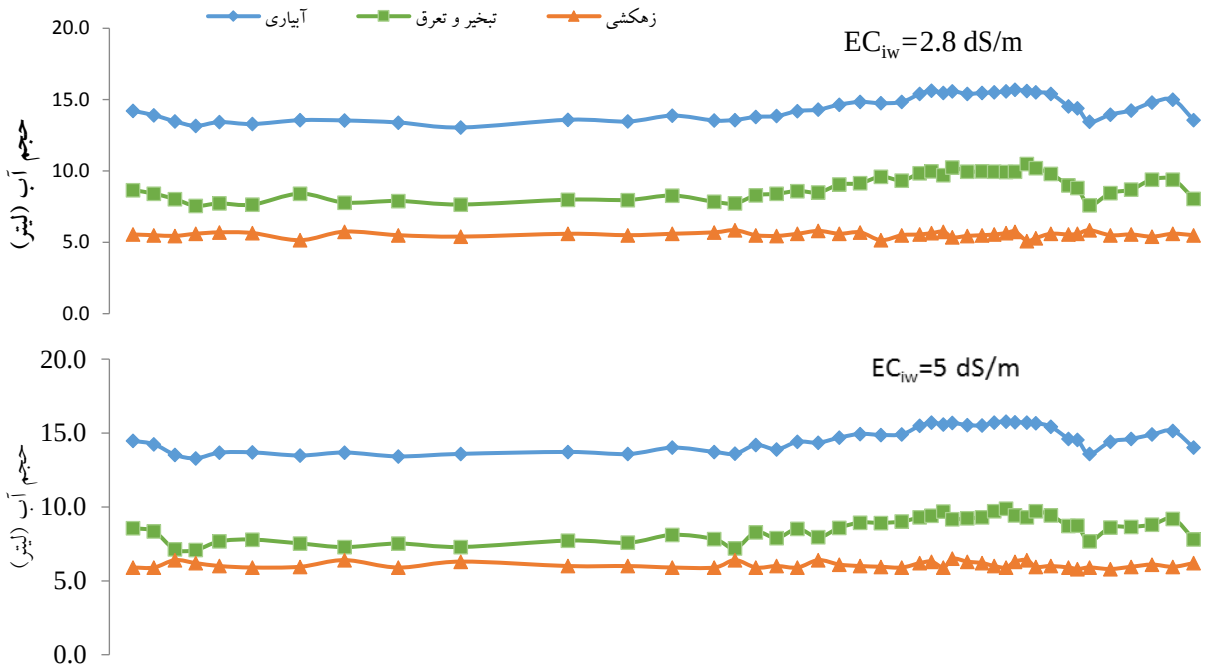
شکل (۱) مقادیر حجم آب آبیاری، تبخیر و تعرق و زهکشی گل محمدی در طول یکسال (اوایل مهرماه ۱۳۹۷ تا پایان شهریورماه ۱۳۹۸) در سطوح مختلف شوری آب آبیاری شامل ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر را نشان می‌دهد. اعداد یادشده مربوط به بازه‌های زمانی ۳ تا ۳۶ روزه بوده که بر تاریخ انجام آبیاری‌ها در طول فصل رشد منطبق است. میانگین حجم آب آبیاری، تبخیر و تعرق و حجم آب زهکشی شده گلدان‌ها در هر نوبت آبیاری به ترتیب برابر با ۱۴/۳، ۸/۴ و ۵/۹ لیتر در بوته برای تمامی تیمارها بوده است. همچنین، مجموع حجم آب مصرفی، تبخیر و تعرق و حجم آب زهکشی شده در طول دوره آزمایش (اول مهرماه تا پایان شهریورماه) به ترتیب برابر با ۶۱۶، ۳۶۳ و ۲۵۳ لیتر به‌ازای هر بوته بوده است.

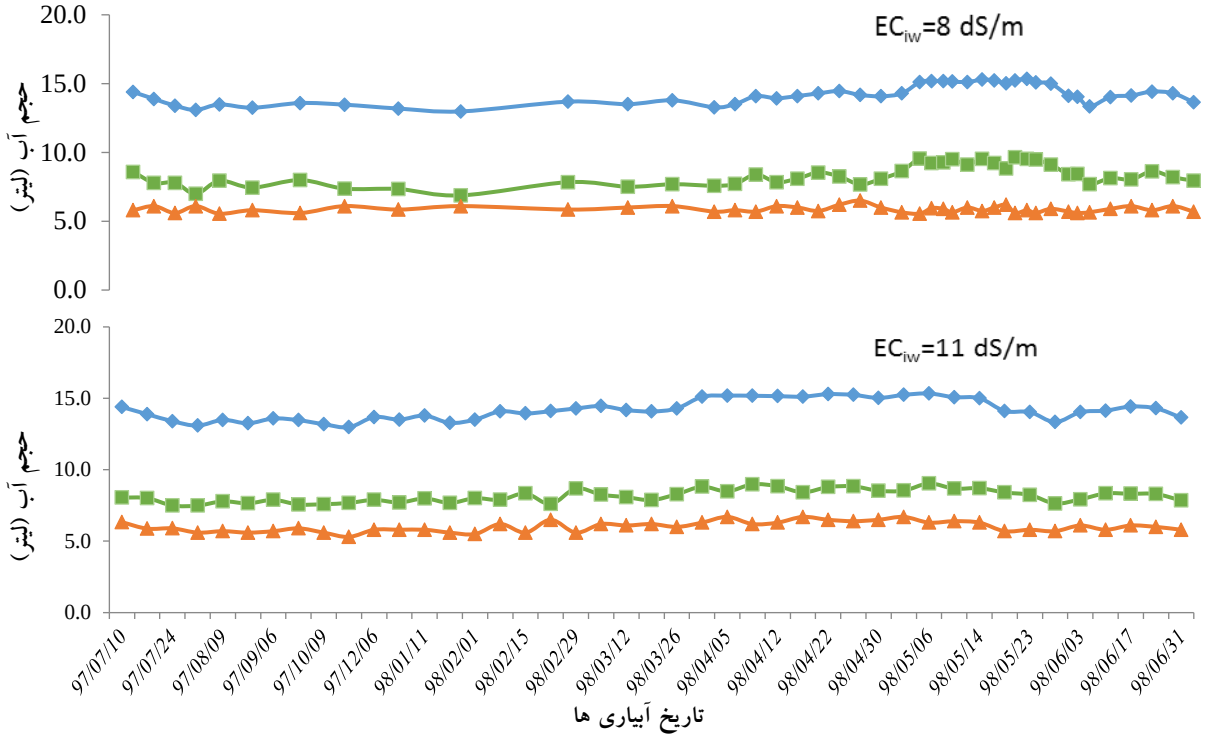
با توجه به در نظر گرفتن رطوبت اولیه خاک قبل از هر آبیاری و به‌دلیل بیشتر بودن رطوبت اولیه خاک در تیمارهای آبیاری با آب شور، حجم آب آبیاری داده شده به گلدان‌ها در تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری تا حدودی کاهش پیدا کرد که البته این تغییرات، از نظر آماری معنی‌دار نبود. به‌طوری‌که مجموع حجم آب آبیاری در تیمارهای ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۶۱۹، ۶۲۵، ۶۱۰ و ۶۱۰ لیتر به‌ازای هر بوته بوده که به‌طور روزانه، به ترتیب معادل با مقادیر ۲/۳۹، ۲/۴۲، ۲/۳۵ و ۲/۳۵ لیتر در روز بود. همچنین، به‌دلیل جذب کمتر آب به‌وسیله گیاه در شرایط شور، حجم آب زهکشی شده در شورهای بالاتر نسبت به شرایط غیرشور افزایش معنی‌دار نشان داده است. به‌طوری‌که مجموع حجم آب زهکشی شده از گلدان‌ها در تیمارهای ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۲۳۹، ۲۶۱، ۲۵۲ و ۲۵۹ لیتر بوده است. بدین ترتیب،

مجموع تبخیر و تعرق انجام شده از گلدان‌ها بین ۳۸۰ تا ۳۵۱ لیتر طی یکسال کامل (از اول مهر تا پایان شهریورماه) به‌دست آمده است. بدین ترتیب، میانگین تبخیر و تعرق روزانه هر بوته گل محمدی در تیمارهای شوری ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با ۱/۴۹، ۱/۴۳، ۱/۴۰ و ۱/۳۵ لیتر در روز بوده است. این در حالی است که میانگین حجم آب مصرفی روزانه در تیمارهای فوق الذکر در حدود ۲/۴ لیتر در روز بوده است.

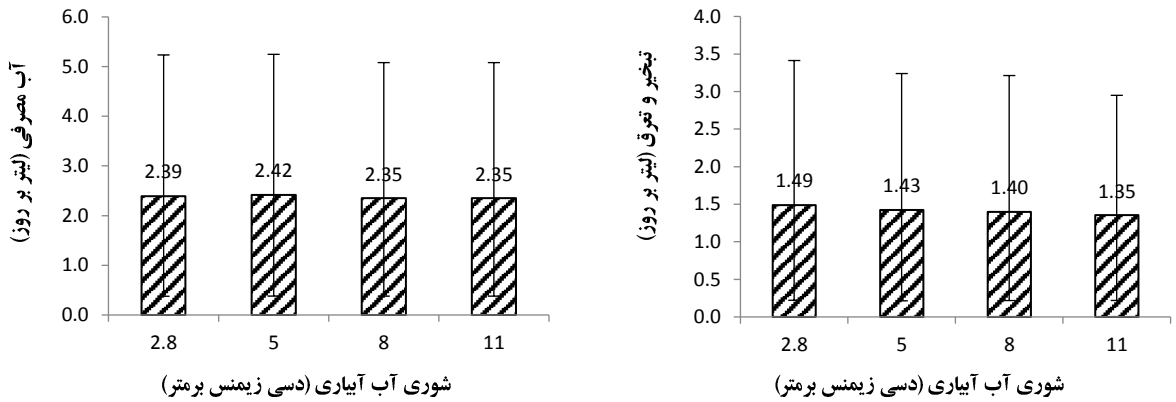
شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) برای بررسی نیاز آبی گل محمدی در شرایط لایسیمتر در منطقه کرج (شوری آب آبیاری اعلام نشده است)، میزان کل حجم آب مصرفی در بازه زمانی ۲۳۰ روز (از اول فروردین‌ماه الی پایان شهریورماه) را برابر با ۹۷۶/۷ لیتر در تک بوته اعلام کردند. در صورتی که در مطالعه حاضر برای بازه زمانی ۲۳۰ روز میانگین مقدار آب مصرفی (تبخیر و تعرق) برای تیمارهای مختلف شوری برابر با ۲۷۰/۵ لیتر (تبخیر و تعرق) به ازای هر بوته تعیین شد. به نظر می‌رسد با توجه به منطقه آزمایش، نوع خاک، کیفیت آب مصرفی، چندساله بودن گیاه گل محمدی میزان حجم آب مصرفی متغییر خواهد بود.

شکل (۲) میانگین حجم آب مصرفی و تبخیر و تعرق بوته گل محمدی در طول دوره رشد بر حسب لیتر بر روز را برای تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری نشان داده است. بر روی این نمودارها، مقادیر حداقل و حداکثر آب مصرفی و تبخیر و تعرق در طول فصل رشد به صورت میله‌های باریک نمایش داده شده که بیانگر تغییرات مقادیر مذکور در طول فصل رشد است. مهم‌ترین تاثیری که شوری بر بهره‌وری آب گیاه می‌گذارد کاهش دادن توانایی گیاه برای رقابت با یون‌های محلول خاک به سبب جذب آب موجود در خاک است، به سبب افزایش شوری محلول خاک، اگرچه آب در دسترس گیاه می باشد، اما گیاه از آن استفاده نمی کند (بودر و همکاران، ۲۰۰۶) و لذا به‌نظر می‌رسد در آزمایش حاضر حجم آب زهکشی شده در شوری‌های بالاتر نسبت به شرایط غیرشور به این علت افزایش یافته است.





شکل ۱- حجم آب آبیاری، آب زهکشی شده و تبخیر و تعرق گیاه در هر نوبت آبیاری گل محمدی (*Rosa damascene Mill*) در تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری

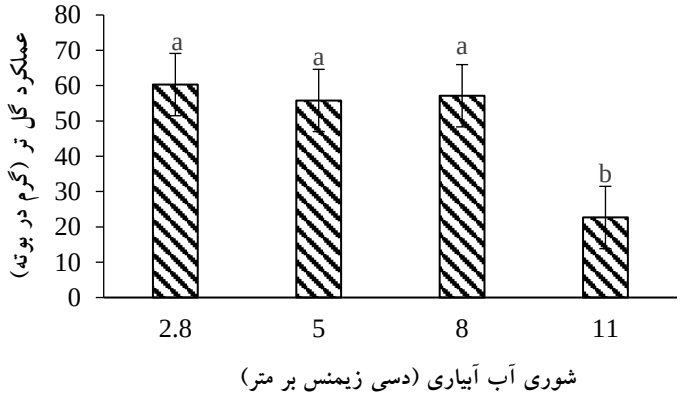


شکل ۲- میانگین حجم آب مصرفی و تبخیر و تعرق روزانه بوته گل محمدی در طول دوره رشد برای تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری

عملکرد گل

عملکرد گل در تیمارهای شوری آب آبیاری ۲/۸، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و به‌طور متوسط در حدود ۵۸ گرم در بوته به‌دست آمده است. گیاهان تحت تیمار شوری پنج و هشت دسی زیمنس نسبت به تیمار ۲/۸ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۷/۴۶ و ۵/۲۵ درصد کاهش عملکرد داشتند، اما در مورد تیمار شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر با ۶۲/۴۲ درصد کاهش نسبت به تیمار ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر، پایین‌ترین عملکرد گل را داشت (شکل ۳). عملکرد گل در تیمار یادشده برابر با ۲۲/۶ گرم در بوته بوده است. کای و همکاران (۲۰۱۴) با ارزیابی شوری ۱/۵، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر بر شش گونه رز گزارش کردند که رز *New Dawn* بدون کاهش عملکرد گل تا شوری هشت دسی زیمنس بر متر مقاوم بود. همچنین، چائوم و کردمانه (۲۰۱۵) با کاربرد سطوح شوری ۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک طعام بر رز مینیاتوری

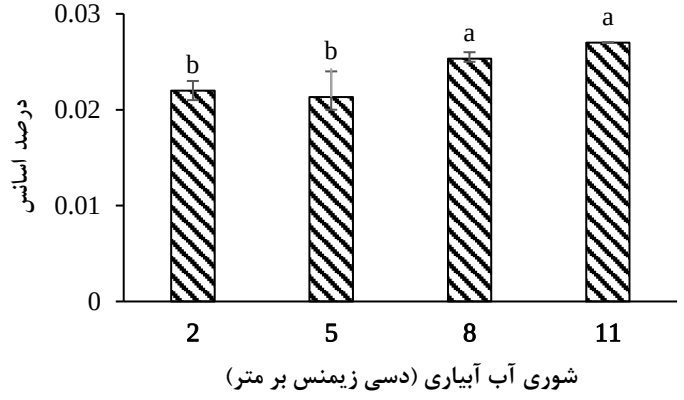
نشان دادند که افزایش شوری تا ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار سبب کاهش عملکرد گل شد و علت آن را تجمع نمک در محیط اطراف ریشه و سمیت یونی ناشی از تجمع یون‌های سدیم و کلر در گیاه بیان کردند. به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر گونه گل محمدی بدون کاهش عملکرد گل تا شوری هشت دسی زیمنس بر متر یکی از گونه‌های گل محمدی متحمل به شوری باشد.



شکل ۳- اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد گل محمدی
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه، در سطح پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند)

درصد اسانس

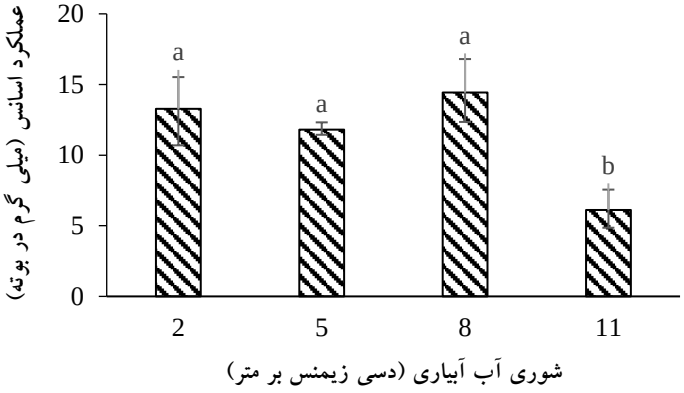
سطوح تنش شوری ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر سبب تولید بیش‌ترین درصد اسانس و سطوح شوری ۲/۸ و ۵ دسی زیمنس بر متر سبب تولید کمترین درصد اسانس شدند، با افزایش تنش شوری از سطح ۲/۸ دسی زیمنس بر متر به سطوح ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر به ترتیب باعث تولید ۱۳/۶۳ و ۲۲/۷۲ درصد اسانس بیشتری گردید (شکل ۴). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر با افزایش شوری تا سطح ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر گیاه جهت مقاله با تنش شوری به وجود آمده، مقدار اسانس گیاه افزایش یافت. عوامل محیطی نقش به سزایی در کمیت اسانس گل محمدی دارد، لذا در مطالعه حاضر اعمال تیمار شوری و تغییر شرایط محیطی سبب اختلاف در میزان اسانس تیمارهای مختلف شد. افزایش درصد اسانس به سبب کاهش مقدار متابولیت‌های اولیه گیاه در حالت تنش می‌باشد که گیاه به منظور جبران، مقدار متابولیت های ثانویه که نوعی سازوکار دفاعی در شرایط نامساعد محیطی هستند را افزایش می‌دهد (مقبلی مهنی دررودی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۴- اثر سطوح تنش شوری بر درصد اسانس گل محمدی

عملکرد اسانس

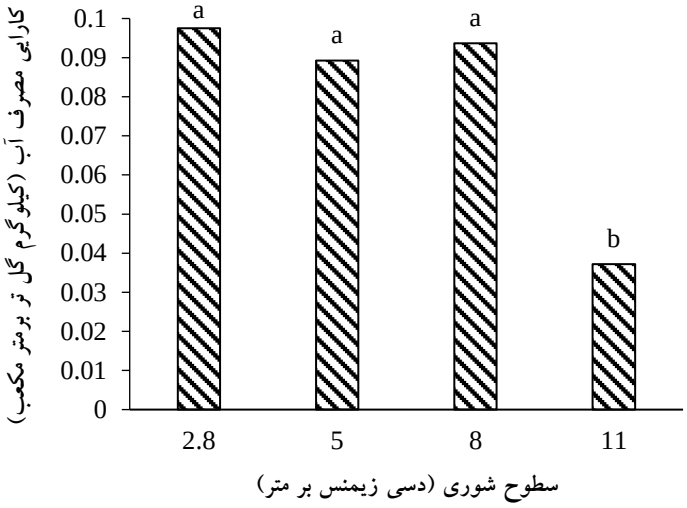
با کاربرد مقادیر شوری آب ۲/۸، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری گل محمدی، از لحاظ تولید عملکرد اسانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، به‌طوری که در این سه تیمار متوسط عملکرد اسانس ۱۳/۱ میلی‌گرم برای هر بوته بدست آمد؛ اما در تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر پایین‌ترین عملکرد اسانس (۶/۱ گرم در بوته) مشاهده شد، به‌طوری‌که در مقایسه با تیمار شوری ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر، حدود ۵۴ درصد کاهش داشت (شکل ۵). نتایج حاکی از ارتباط مستقیم عملکرد اسانس با عمکلرد گل بود، به طوری که معصومی و همکاران (۱۳۹۶) نیز مطابق با نتایج این مطالعه رابطه معنی‌داری بین افزایش عملکرد گل با عملکرد اسانس گل محمدی را گزارش کردند.



شکل ۵- اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد اسانس گل محمدی

کارایی مصرف آب

نتایج نشان داد که بالاترین کارائی مصرف آب عملکرد بوته‌های دوساله گل محمدی در تیمارهای ۲/۸، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین آن (۰/۰۳ کیلوگرم بر متر مکعب یا ۰/۰۳ گرم بر لیتر) در شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۵). به‌نظر می‌رسد در بررسی حاضر با توجه به این‌که عملکرد در سه تیمار ۲/۸، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و همچنین حجم آب آبیاری نیز تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشته است، لذا سبب شد که کارائی مصرف آب در این سه تیمار تقریباً یکسان باشد؛ اما چونکه در تیمار شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد گل نسبت به سایر تیمارها کمتر بود، سبب تولید پایین‌ترین کارائی مصرف آب در بین تیمارهای مختلف شوری آب آبیاری گردید (شکل ۶). به سبب آنکه میزان آب تعرق یافته از گیاه با عملکرد رابطه مستقیم دارد (پیری و همکاران، ۱۳۹۸)، لذا در بررسی حاضر آبیاری گیاه با آب شور باعث کاهش عملکرد گل و در نتیجه کارایی مصرف آب شد. شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) با هدف تعیین نیاز آبی گل محمدی در شرایط لایسیمتر میزان کارایی مصرف آب گل محمدی با عملکرد ۲۴۳ گرم گل در بوته و نسبت تعرق ۰/۴۶ لیتر در گرم با احتساب تبخیر- تعرق تجمعی تا انتهای دوره گلدهی (۱۰ ام خرداد ماه) را برابر با ۲/۱۸ گرم در لیتر گزارش کردند. در حالی که در آزمایش حاضر در تیمار ۲/۸ دسی زیمنس بر متر با در نظر گرفتن اتمام دوره گل دهی (۱۵ اردیبهشت)، مقدار تبخیر-تعرق تجمعی برابر ۴۰/۵ لیتر و نسبت تعرق ۰/۶۷ و کارایی مصرف آب بر اساس میزان حجم آب تبخیر و تعرق برابر با ۱/۴۸ گرم در لیتر به‌دست آمد. کارایی مصرف آب با افزایش شوری مطابق با شکل افزایش یافت و لذا تعیین کارایی و حجم آب مصرفی با توجه به کیفیت آبیاری متفاوت خواهد بود، هر چند که سطوح ۲/۸، ۵ و ۸ دسی زیمنس اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند.



شکل ۶- اثر شوری آب آبیاری بر کارایی مصرف آب گل محمدی بر اساس عملکرد گل

نتیجه گیری

با توجه به ارزش اقتصادی بالای گل محمدی (به عنوان یک گیاه دارویی مناسب در مناطق خشک و کم آب)، ضرورت داشت تا نسبت به برآورد نیازآبی و ارزیابی سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد آن، تحقیقات لازم صورت گیرد. همچنین، با توجه به اینکه پژوهش‌های قابل توجهی در زمینه تعیین نیاز آبی گل محمدی در شرایط شور، انجام نشده، لذا نتایج این تحقیق می‌تواند مهم و قابل توجه باشد. بر اساس نتایج حاصله، کاربرد سطوح مختلف شوری بر گل محمدی نشان داد که حجم آب مصرفی بوته‌های دوساله گل محمدی در شوری‌های آب آبیاری ۲/۸، ۵، ۸ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب معادل با ۲/۳۹، ۲/۴۲، ۲/۳۵ و ۲/۳۵ لیتر در روز می‌باشد. با فرض قرارگیری ۲۵۰۰ بوته در هر هکتار (۲ × ۲) و قطر دایره خیس شده هر بوته به میزان تقریبی ۳۳ سانتی‌متر (معادل با قطر گلدان های تحت آزمایش)، حجم آب مصرفی بوته های دوساله گل محمدی در سطوح شوری فوق الذکر به ترتیب برابر با ۱۵۴۷، ۱۵۶۲، ۱۵۲۵ و ۱۵۲۵ مترمکعب به ازای هر هکتار بود. همچنین، میانگین تبخیر و تعرق روزانه هر بوته گل محمدی در سطوح شوری فوق‌الذکر به ترتیب برابر با ۱/۴۹، ۱/۴۳، ۱/۴۰ و ۱/۳۵ لیتر در روز می‌باشد. عملکرد گل و عملکرد اسانس نیز در تیمارهای شوری ۲/۸، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر اختلافی با یدیگر نداشتند و گیاهان تحت تیمار ۱۱ دسی زیمنس بر متر کمترین عملکرد گل و اسانس در بوته را داشتند. بالاترین کارایی مصرف آب گل محمدی در سه تیمار ۲/۸، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر و پایین ترین کارایی مصرف آب گل در شوری ۱۱ دسی زیمنس بر متر مشاهده شد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی است که با بودجه پژوهشی و حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان یزد انجام شده است. نویسندگان مقاله از پشتیبانی و راهنمایی‌های مسئولین محترم آن سازمان کمال تشکر را دارند.

فهرست منابع

۱. ابراهیمی، م. و شریف زادگان، ح. ۱۳۹۵. آشنایی با اصول کاشت گل محمدی. سازمان جهاد کشاورزی استان قم، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی. ۲۰ص.

۲. پیری، ح. ۱۳۹۸. تاثیر توام شوری و آب آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد سورگوم علوفه‌ای در چین‌های مختلف. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۱۱(۳۸): ۱۳۲-۱۴۷.

۳. حسن پور درویشی، ح.، حبیبی، د. و فرشیدی، م. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر آبیاری با روش تلفیق آب شور و شیرین بر کارایی مصرف آب (*WUE*) ارزن علوفه ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۷(۱): ۷۹-۹۰.

۴. حیدری‌نیا، م.، ناصری، ع.، برومندنسب، س. و الباجی. م. ۱۳۹۶. تاثیر آبیاری با آب شور بر تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب ذرت در مدیریت‌های مختلف زراعی. مجله علوم و مهندس آبیاری، ۴۰(۱/۱): ۹۹-۱۱۰.

۵. رحیمیان، م.ح.، نوری امامزاده‌ئی،م.ر.، هاشمی نژاد، ی.، طباطبایی، س.ح. و نشاط. ع. ۱۳۹۳. تعیین کسرآبشویی باغ‌های پسته شمال اردکان با استفاده ترکیبی از تعیین‌گر جبهه رطوبتی و القاگر الکترومغناطیس. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۸(۱): ۱۶۴-۱۷۳.

۶. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی پور، ح.، عصاره، م. ح.، طبایی عقدائی، س. ر.، لباسچی، م. ح. و نادری، ب. ۱۳۹۳. تعیین نیاز آبی گل محمدی (*Rosa damascena Mill.*) با استفاده از لایسیمتر. دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۰ (۶) :۹۲۳-۹۳۱.

۷. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی پور، ح.، عصاره، م. ح.، لباسچی، م. ح.، عباس زاده، ب.، نادری، ب. و رضایی سرخوش، م. ۱۳۹۱. تعیین نیاز آبی گیاه دارویی بومادران (*Achillea millefolium L.*) با استفاده از لایسیمتر. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸(۳): ۴۸۴-۴۹۲.

۸. طبایی عقدایی، س. ر.، رضایی. م. ب. و کامکار. ج. ۱۳۸۲. ارزیابی تنوع در اجزا گل و عملکرد اسانس ژنوتیپ‌های گل محمدی (*Rosa damascene Mill.*) کاشان. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۱(۲): ۲۱۹-۲۳۴.

۹. عباس زاده، ب. ۱۳۹۶. واکنش کمی و کیفی گل محمدی (*Rosa damascene Mill.*) به کاربرد عنصرهای غذایی. علوم باغبانی ایران، ۴۸(۴): ۹۲۱-۹۳۲.

۱۰. عمرانی، ب. و محرم نژاد. س. ۱۳۹۶. بررسی تحمل به تنش شوری در چهار هیبرید ذرت (*Zea mays L*) در مرحله گیاهچه ای. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، ۹(۲۴): ۷۹-۸۶.

۱۱. کدوری، م. ر. و م. مولازاده،.۱۳۹۲. تولید علمی و عملی گیاهان دارویی(کاشت، داشت و برداشت). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۳۰ص.

۱۲. کریمی، ن.، صدرادینی، ع. ا.، ناظمی، ا. ح.، فرسادی زاده، د.، حسین زاده دلیر، ع. و دهقانی. ف. ۱۳۸۹. تاثیر کم آبیاری روی رشد و عملکرد خیار گلخانه ای. مجله دانش آب و خاک، ۲۰(۱): ۱۵-۲۵.

۱۳. معصومی، ز.، زندی، پ. و س. ر. طبایی عقدایی. ۱۳۹۳. مطالعه کمیت و کیفیت اسانس، عملکرد و اجزاء عملکرد هفت ژنوتیپ گل محمدی (*Rosa damascena Mill.*) در استان فارس. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۰(۱): ۱۸۶-۱۹۷.

۱۴. مقبلی مهنی دررودی، ا.، دلبری، م. و کوهی. ن. ۱۳۹۴. بررسی صفات رویشی و زایشی گل محمدی در رژیم‌های مختلف آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۶(۴): ۶۷۳-۶۸۳.

۱۵. نخجوانی مقدم، م. م.، قهرمان، ب. و زارعی، ق. ۱۳۹۶. تحلیل بهره‌وری آب گندم در مدیریت‌های آبیاری در برخی از مناطق ایران. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱(۱): ۴۳-۵۷.

۱۶. نظرالملک، ا.، زاهدی، ب. و زینلی. ح. ۱۳۹۶. بررسی رابطه ی بین عملکرد گل و اجزای آن در ده ژنوتیپ گل محمدی در گلپایگان. مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۸(۲): ۲۴۳-۲۴۹.

۱۷. وفادار، ز.، رحیم ملک، م.، سبزعلیان، م.ر. و نیکبخت، ع. ۱۳۹۷. اثر تنش شوری و زمان برداشت بر خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه مورد (*Myrtus communis*). فرآیند و کارکرد گیاهی، ۷(۲۳): ۳۳-۴۷.

۱۸. هاشمی دزفولی، ا.، کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

19. Ayers, R.S. and Westcot D.W. 1989. Fao irrigation and drainage paper. 29 Rev. 1

20. Bauder, T.A., Waskom, R.M. and Davis, J.G. 2006. Irrigation water quality criteria. Colorado State University Cooperative Extension Fact Sheet 0.506.

21. Cabrera, R.I. and Perdomo, P. 2003. Reassessing the salinity tolerance of greenhouse roses under soilless production conditions. Hortscience, 38: 533-536.

22. Cai, X., Niu, G. Starmana, T. and Hall. C. 2014. Response of six garden roses (Rosa× hybrida L.) to salt stress. Scientia Horticulturae, 168: 27-32.

23. Cha-Um, S. and Kirdemanee, C. 2015. In vitro flowering of miniature roses (Rosaxhybrida L. 'Red Imp') in response to salt stress. European Journal of Horticultural Science, 75(6): 239-245.

24. Nazarolmolk, E., Zahedi, B. and Zeinali, H. 2017. Relations between flower yield and its components in 10 genotypes of damask rose in Golpayegan. Iranian Journal of Horticultural Science, 48(2): 243-249.

بررسی اثر سیاست‌های قیمت و سهمیه‌بندی آب کشاورزی بر پایداری منابع آب استان گلستان

اعظم رضایی[۱]*، رامتین جولایی و علی کرامت‌زاده

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

arezaee@gau.ac.ir

دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

joolaie@gau.ac.ir

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

alikeramatzadeh@gau.ac.ir

چکیده

مدیریت تقاضای آب یکی از مهم‌ترین موضوعات برای رسیدن به توسعه پایدار بالاخص در کشورهای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. این مطالعه با هدف ارزیابی پایداری منابع آب ناشی از سیاست‌های مدیریت تقاضا (افزایش قیمت آب به میزان ۵۰٪ و ۱۰۰٪ و سهمیه‌بندی آب ۱۰٪ و ۲۰٪) در بخش کشاورزی استان گلستان با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و شاخص‌های پایداری منابع آبی انجام گرفت. داده‌های لازم از آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان و تکمیل پرسشنامه و مصاحبه رودررو با ۲۸۰ کشاورز در استان گلستان در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ جمع‌آوری گردید. بر اساس نتایج، اعمال سناریوی افزایش ۵۰٪ و ۱۰۰٪ قیمت آب به ترتیب منجر به کاهش۲/۷۲٪ و ۵/۴۴٪ مصرف آب و همچنین ۵/۰۶٪ و ۹/۹۹٪ سودناخالص (بازده برنامه‌ای) خواهد شد. همچنین اعمال سناریوی ۱۰٪ و ۲۰٪ سهمیه‌بندی منابع آبی به ترتیب منجر به کاهش ۸/۹٪ و ۱۱/۵۶٪ مصرف آب و کاهش ۰/۵۴٪ و ۱/۷۵٪ سودناخالص خواهد شد. به علاوه سود ناخالص به ازای واحد حجم آب در بخش زراعی با اعمال سناریوی افزایش ۵۰٪ و ۱۰۰٪ قیمت آب به ترتیب ۲/۴۱٪و ۴/۸۱٪ کاهش و با اعمال سناریوی ۱۰٪ و ۲۰٪ سهمیه‌بندی منابع آبی به ترتیب ۹/۱۷٪و ۱۱/۰۹٪ افزایش می‌یابد. همچنین، کارایی اشتغال مصرف آب، با اعمال سناریوهای افزایش ۵۰٪و ۱۰۰٪ قیمت آب به ترتیب به میزان ۰/۷۸٪ و ۱/۶٪ افزایش و بر اساس سناریوهای ۱۰٪ و ۲۰٪ کاهش منابع آبی به ترتیب ۲/۶٪و ۵/۸٪ افزایش خواهد یافت. بنابراین، توصیه می شود از سیاست‌های سهمیه‌بندی آب مانند توزیع نوبتی آب بین کشاورزان یا تحویل حجمی آب بر اساس نیاز آبی و راندمان آبیاری، با توجه به الگوی کشت در منطقه استفاده کنند و برای جبران کاهش سود کشاورزان، از پرداخت‌های مستقیم به کشاورزان حمایت شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد از روش‌هایی در آبیاری استفاده کنند که بهره‌وری آب را افزایش می دهد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت تقاضای آب ، بازده برنامه‌ای، کارایی اشتغال مصرف آب

---

[۱] - آدرس نویسنده مسئول: گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه اقتصاد کشاورزی

*. دریافت: دی ۱۳۹۸ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

با توجه به سهم کمتر از یک درصدی منابع آبی جهان برای مصارف بشری، اهمیت مدیریت آن بسیار ضروری به نظر می‌رسد (سازمان خواروبار و کشاورزی، ۲۰۰۰). تنظیم و حفاظت آب کشاورزی هم از نظر کیفی (محافظت در برابر آلودگی) و هم از نظر کمی (استفاده کارا از منابع)، یکی از مهم‌ترین اهداف دولت‌ها برای دستیابی به توسعه پایدار است (لاسالا و همکاران، ۲۰۲۰). پایداری منابع آب سهم مهمی در ثبات سیستم‌های کشاورزی دارد و تا حد زیادی وابسته به الگوی کشت محصولات زراعی می‌باشد. به علاوه بایستی معیارهای کشاورزی، زیست-محیطی و اجتماعی-اقتصادی در نظر گرفته شود. برخی از این معیارها ناسازگار هستند، مثلاً حداکثر سود خالص مزرعه نیازمند استفاده بیشتر از منابع آب است در حالی که پایداری سیستم مستلزم کاهش مصرف آب می‌باشد (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۲). به‌طور کلی مدیریت تقاضای آب نقش کمرنگ‌تری نسبت به مدیریت عرضه آب در فرایند تحولات مدیریت ملی آب داراست (پارساپور و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجایی که بیشترین اتلاف آب در بخش کشاورزی اتفاق می‌افتد، بایستی سیاست‌های مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی و بالاخص طراحی الگوی کشتی متناسب با امکانات منابع آبی مناطق مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵).

پتانسیل آب‌های سطحی و زیرزمینی استان گلستان در سال ۱۳۹۶ به ترتیب برابر ۱۲۳۵ و ۱۲۵۰ میلیون مترمکعب بوده و میزان مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی نیز در این سال برابر ۸۸۰ و ۱۲۱۰ میلیون مترمکعب بوده است که نشان می‌دهد آب‌های سطحی بیش از ۷۰ درصد و آب‌های زیرزمینی بیش از ۹۶ درصد، مصرف شده‌اند. استان گلستان مستعد کشت انواع محصولات زراعی و باغی است و انواع فعالیت‌های زراعی در سطح گسترده با ایجاد ناپایداری در بوم نظام‌های کشاورزی و طبیعی از جمله تخریب محیط زیست و منابع‌طبیعی کاهش سفره آب زیرزمینی و سرانجام ناپایداری بوم نظام‌های کشاورزی همراه است (شاهی مریدی و همکاران، ۱۳۹۵). به علاوه، محور توسعه در استان گلستان بخش کشاورزی است که مصرف آب بیشتری نسبت به بخش‌های صنعت و شرب دارد. (کریمی‌راد و همکاران، ۱۳۹۸). در سال ۱۳۹۶ میزان ۶۸۷/۳ میلیون متر مکعب از آب‌های سطحی در بخش کشاورزی، ۳۲/۶ میلیون مترمکعب در بخش صنعتی، ۴۴۴/۹ میلیون مترمکعب در بخش شرب و ۸۲/۵ میلیون مترمکعب در بخش سایر (کشاورزی و شیلات) مصرف گردیده و این در حالی است که میزان مصرف آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی ۹۳۸/۹ میلیون متر مکعب، بخش صنعتی ۳۸/۹ میلیون مترمکعب، بخش شرب ۲۳۱/۹ میلیون متر مکعب بوده است. بهره‌برداری بیش از حد کشاورزان از منابع آب سطحی و زیرزمینی، مدیریت ناکارا، شیوه آبیاری سنتی همواره خطر کم آبی را گوشزد می‌کند وسیاست‌های مدیریت تقاضای آب می‌تواند در جهت کاهش سهم بخش کشاورزی از طریق افزایش بهره‌وری آب و اصلاح الگوی کشت در بخش کشاورزی مؤثر باشد.

مطالعات مختلفی به ارزیابی پایداری منابع آب در داخل و خارج کشور پرداخته‌اند. امینی و نوری (۱۳۹۰)، به ارزیابی پایداری سیستم زراعی در شرق شهر اصفهان با در نظرگرفتن حداکثر سود و حداکثر کارایی اشتغال مصرف آب به عنوان اهداف پایداریپرداختند. در نهایت با محاسبه و مقایسه کارایی اقتصادی و اجتماعی هر واحد مصرف آب کشاورزی در سناریوهای مختلف مدل‌های یک هدفه و چندهدفه برنامه‌ریزی خطی و کسری، مناسب‌ترین الگوهای کشت منطقه با توجه به منابع موجود آب و خاک و نیروی انسانی تعیین و معرفی شدند.

عظیمی و همکاران (۱۳۹۲)، برای تشخیص پایداری منابع آب و مشخص کردن سیستم زراعی بهینه از نسبت سود به مصرف آب برای شهرستان قوچان با روش برنامه‌ریزی کسری استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از برنامه‌ریزی کسری میزان آب استفاده شده نسبت به برنامه‌ریزی خطی کمتر می‌باشد و از طرفی سود منطقه

نیز کاهش خواهد یافت. شاخص پایداری منطقه نیز برابر با ۲۸۱/۸۱ خواهد بود. بنابراین، باتوجه به این که حرکت به سمت الگوی کشت متناسب با استفاده پایداراز آب باعث کاهش سود بهره‌برداران می‌شود، حمایت بیشتر دولت از کشاورزان به کارگیرنده این الگو الزامی است.

پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳). از یک مدل-سازی اقتصادی برای شبیه‌سازی پاسخ کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت گذاری و سهمیه بندی آب آبیاری استفاده کردند. این کار با بهره‌گیری از مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای (SWAP) و برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP) صورت گرفت. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های قیمت گذاری و سهمیه بندی آب آبیاری در شهرستان زابل منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی به میزان ۹/۵۴ و ۵/۱۴ درصد و کاهش میزان آب مصرفی به میزان ۶/۲۳ و ۷/۰۱ درصد نسبت به سال پایه می‌شود.

بنایی (۱۳۹۴)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی پایداری منابع آب تحت تأثیر سیاست‌های مدیریت تقاضا در استان فارس پرداخت. نتایج نشان داد که تأثیر افزایش قیمت بروی الگوی کشت ملایم است و سود زارعین را کاهش می‌دهد ولی روی مصرف نهاده‌ی آب تأثیر کمی دارد. این سیاست بروی پایداری منابع آب نیز کارایی زیادی ندارد. بر اساس نتایج تحقیق، شاخص پایداری مصرف آب و سود خالص در هردو سیاست کاهش می‌یابند. همچنین، مقدار شاخص پایداری مصرف آب در سیاست افزایش قیمت کمتر از مقدار این شاخص در سیاست کاهش موجودی آب کاهش می‌یابد. همچنین شاخص پایدارای سود نشان می‌دهد که مقدار تغییرات سود در سیاست افزایش قیمت بیشتر از تغییرات آن در سیاست کاهش موجودی آب است. شاخص کارایی مصرف آب نیز در سیاست کاهش در موجودی آب بهبود پیدا کرده است.

پارساپور و همکاران (۱۳۹۶)، به تعیین الگوی بهینه کشت و میزان بهینه برداشت با تاکید بر پایداری منابع آب و بهینه‌سازی عوامل اقتصادی و زیست محیطی در محدوده مطالعاتی فریمان ـ تربت‌جام پرداختند. با بررسی وضعیت پایداری منابع آب و اعمال الگوی بهینه کشت پیشنهادی، میزان مصرف آب، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی به ترتیب به اندازه ۱۰، ۵/۱۱ و ۱۲/۵۲ درصد نسبت به الگوی کشت فعلی کاهش و بازده برنامه‌ای به میزان ۰/۶ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین شاخص پایداری منابع آب، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی نسبت به الگوی کشت فعلی ۱۱/۷۸، ۶/۰۲ و ۱۵ درصد افزایش یافته است.

قادرزاده و کریمی (۱۳۹۶)، به تحلیل اثرات سهمیه بندی آب آبیاری بر روی الگوی کشت و بازده برنامه‌ای در دشت قروه–دهگلان میپردازد. مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت(CES) به منظور تحلیل داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد، کاهش آب در دسترس (تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد نسبت به سال پایه) منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالا مانند یونجه و سیب زمینی و افزایش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی پایین همانند گندم و جو و در نتیجه کاهش سطح زیرکشت کل می شود. همچنین، نتایج حکایت از این دارد، اعمال سیاست، کاهش آب در دسترس، موجب افزایش بهره‌وری آب ولی در عین حال کاهش سود ناخالص می‌شود.

شیرزادی و همکاران (۱۳۹۷)، اثر سیاست قیمت-گذاری آب آبیاری بر سطح تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور را بررسی کردند. برای این منظور از مدل ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و و روش پویایی سیستم استفاده کردند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست قیمتی موجب کاهش سود ناخالص، کم شدن مصرف آب و بهبود سطح آب زیرزمینی در حوضه می‌شود. آسیابی هیر و همکاران (۱۳۹۸)، پایداری منابع آب سطحی در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل را با استفاده از شاخص‌های منابع، دسترسی، مصارف، محیط زیست و ظرفیت اقتصادی–اجتماعی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که متوسط مقادیر

استاندارد سازی شده معیارهای منابع، مصارف، دسترسی،ظرفیت و محیط زیست به ترتیب برابر با ۵۰، ۶۰، ۴۲، ۳۸ و ۲۵ است. در مجموع، معیارهای دسترسی و منابع دارای تغییرات بیشتری بوده، معیار محیط زیست در شرایط نامطلوبی قرار دارد. اکبرعلی‌پور و همکاران به تعیین الگوی کشت بهینه با اهداف پایداری منابع آب زیرزمینی در دشت نیشابور پرداختند. نتایج نشان داد که برای جلوگیری از کاهش درآمد کشاورزان از کشت‌های جایگزین پسته و زعفران استفاده شود.

ژو و خان (۲۰۰۵)، مدیریت منابع آب در استرالیا را با استفاده از بهینه‌سازی چند هدفه بررسی کردند. مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از توابع هدف حداکثرسازی سود، حداقل‌کردن هزینه‌های تولید و حداقل-سازی پمپاژ آب در نظر گرفته شد. به علت تضاد میان اهداف و رقابت تقاضای آب برای بخش‌های مختلف از تکنیک تصمیم چند معیاره برای پایداری استفاده شد.

قاسم‌پور و عباسی (۲۰۱۹)، به ارزیابی پایداری منابع آب در بخش کشاورزی استان خراسان شمالی پرداختند. برای این منظور از شش شاخص جهت طبقه‌بندی محصولات زراعی استفاده کردند. نتایج نشان داد که عامل اصلی به خطر افتادن پایداری منابع آب، الگوی کشت غیر بهینه می‌باشد. بیش‌ترین سهم مصرف آب، متعلق به غلات است که نه از نظر اقتصادی و نه از نظر محیط زیستی پایدار نیستند. بنابراین با واردات این محصولات می‌توان به پایداری منابع آبی کمک کرد.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بحران آب به یکی از جدی‌ترین معضلات زیست‌محیطی، اقتصادی و حتی سیاسی است وبهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب پایداری را با مشکل مواجه خواهد کرد. استان گلستان با مزیت‌های نسبی در زمینه کشاورزی و به خاطر ظرفیت‌ها و قابلیت‌های بسیار زیاد نقش اساسی را در توسعه کشاورزی و امنیت غذایی کشور به عهده دارد. چالش عمده در به فعلیت رساندن ظرفیت‌ها در محور توسعه استان یعنی بخش کشاورزی، محدودیت منابع آبی می‌باشد. همچنین مسائل عمده بخش کشاورزی استان گلستان عبارتند از: توزیع و پراکندگی نامناسب بارش، وقوع خشکسالی و سیلاب‌های متعدد در استان، پاسخگو نبودن پتانسیل منابع آب استان به نیازها و تقاضاها و نادرست بودن الگوی مصرف آب در بخش‌های مختلف بالاخص بخش کشاورزی که برای بهبود الگوی مصرف بخش کشاورزی، هدف کلی این تحقیق عبارتست از ارزیابی پایداری منابع آب تحت سیاست‌های مدیریت تقاضای مختلف آب در زراعت استان گلستان. همچنین اهداف جزئی عبارتند از بررسی سیاست‌های مدیریت تقاضای آب (شامل سهمیه بندی[1] ۱۰ و ۲۰ درصدی آب در دسترس کشاورزان و سیاست‌های قیمتی شامل افزایش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی قیمت آب کشاورزی) بر الگوی کشت، سطح زیر کشت محصولات زراعی، سود ناخالص، کاربری نهاده‌های آب، ماشین‌آلات، کودها، سموم و شاخص‌های پایداری منابع آبی استان گلستان. لازم به ذکر است که سهمیه‌بندی آب عبارتست از کاهش میزان آب در دسترس کشاورزان در هر هکتار که برای منابع آب سطحی کاهش تعداد دفعات دسترسی و برای چاه کاهش تعداد ساعات دسترسی در نظر گرفته شده است. همچنین، افزایش قیمت در نظر گرفته شده بر اساس سطح زیرکشت می‌باشد که تمامی شاخص‌ها برای یک هکتار محاسبه شده‌اند. شاخص‌های پایداری منابع آب مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از مصرف آب، مصرف آب به ازای هر هکتار، سود به ازای واحد حجم آب و کارایی اشتغال مصرف آبکه برای سال پایه و در شرایط اعمال سناریوهای مورد نظر محاسبه گردیدند.

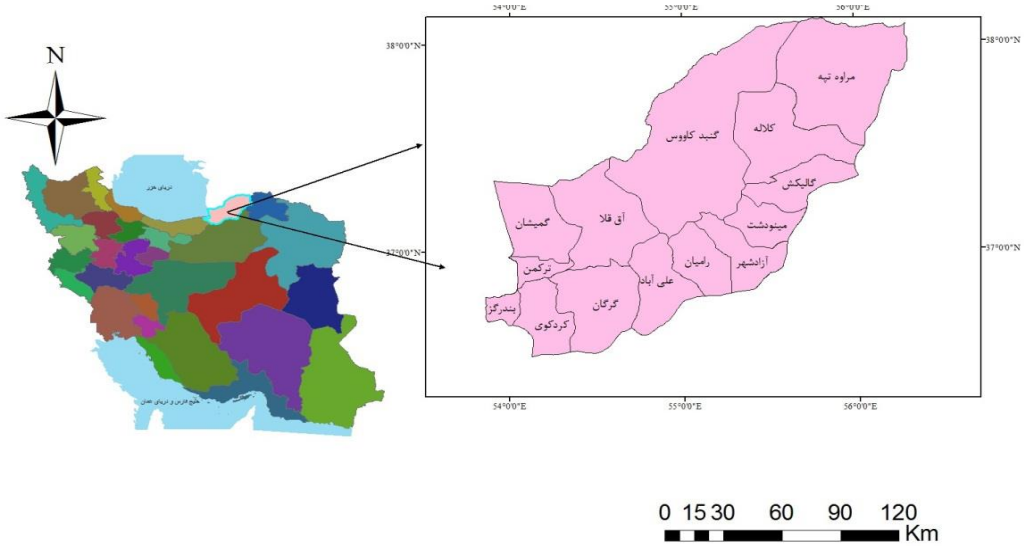
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان بین عرض‌های شمالی ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳۸ درجه و ۵ دقیقه و طول‌های شرقی ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه و ۵۶ درجه قرار گرفته است. اقلیم این منطقه

[1]. Water rationing or water quota policy

بر اساس روش دومارتن از نیمه خشک در شمال تا نیمه مرطوب در جنوب و جنوب غرب تغییر میکند. بارندگی سالیانه ۴۷۰ میلیمتر اما توزیع مکانی بارندگی به نحوی است که دو سوم استان بارندگی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر دارند (حیدری و اسدی، ۱۳۹۴). پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی میزان ۲۴۸۵ میلیون مترمکعب است که بخش عمده مصارف آبی برای بخش کشاورزی انجام می‌گیرد. بر اساس شکل (۱)، این استان دارای ۱۴ شهرستان و ۶۴۶۴۵۵ هکتار اراضی زراعی است که یکی از مهمترین مراکز تولیدات کشاورزی در کشور می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۹۶). راندمان آبیاری در این استان حدود ۴۱ درصد است (حسام و کیانی، ۱۳۹۳). میزان بهره‌وری فیزیکی آب برای گندم آبی، برنج و سویا بهاره آبی در استان گلستان به ترتیب معادل ۰/۹، ۰/۴۵ و ۰/۲۴ کیلوگرم در هکتار است. همچنین، مینودشت و آزادشهر به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین رتبه را از نظر بهره‌وری اقتصادی آب دارند و شهرستان گرگان رتبه چهارم را در استان داراست (اشراقی و قاسمیان، ۱۳۹۱). از کل سطح زیرکشت محصولات زراعی این شهرستان بیش از ۵۴ درصد به محصولات آبی و ۴۶ درصد به محصولات دیم اختصاص دارد. بیشترین سطح زیر کشت محصولات زراعی به ترتیب مربوط گندم،شلتوک، جو، کلزا، پنبه، ذرت، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، توتون و تنباکو، آفتابگردان و شبدر می‌باشد که بیش از ۹۲ درصد از سطح زیر کشت استان را به خود اختصاص داده‌اند(آمارنامه استان گلستان، ۱۳۹۵).



شکل ۱-نقشه منطقه مطالعاتی

مدل تحقیق

به منظور ارزیابی پایداری منابع آب تحت تأثیر سیاست‌های سهمیه بندی ۱۰ درصد و ۲۰ درصد منابع آبی و سیاست‌های قیمتی شامل افزایش ۵۰ درصدی و ۱۰۰ درصدی قیمت آب کشاورزی در استان گلستان از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت(PMP) استفاده خواهد شد. PMP[1] با مطالعه هاویت(۱۹۹۵) به دنیای برنامه‌ریزی وارد شد و به جهت ایجاد ادبیات نوین و مدلسازی پیچیده‌تر نسبت به مدل‌های NMP[2] تحولی عظیم در اقتصاد کشاورزی ایجاد کرد(دوناتی و همکاران، ۲۰۱۳). اولین مرحله تبیین مدل برنامه‌ریزی خطی با تابع هدف حداکثر سازی سود کشاورزان و محدودیت‌های کالیبراسیون با

[1]. Positive Mathematical Programming

[2]. Normative Mathematical Programming

محدودیت‌های منابع جهت برآورد قیمت‌های سایه‌ای[1] (رابطه ۱ تا ۳):

$$maxz = \sum_{j=1}^{n}(P_jY_j - C_j).x_j \quad (۱)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j \le b_i[\lambda] \quad (۲)$$

$$X_j \le \bar{X}_j + \varepsilon[\rho] \quad (۳)$$

که در آن:

zارزش تابع هدف، P_jقیمت محصول، Y_jعملکرد محصول، C_jهزینه حسابداری تولید هر هکتار محصول، X_jسطح زیر کشت محصول،a_{ij}میزان مصرف منبع iام برای تولید محصول، b_i موجودی منبع iام، $\bar{X}_j$ سطح زیر کشت موجود محصول، λ قیمت سایه‌ای مربوط به محدودیت‌های منابع و ρ قیمت‌سایه‌ای (ارزش سایه‌ای) مربوط به محدودیت-های کالیبراسیون می‌باشد. در یک الگوی برنامه‌ریزی خطی هزینه فرصت منابع با درآمد نهایی برابر نمی‌شود که این به دلیل وجود هزینه‌های پنهانی است که در نظر نگرفتن آن باعث برآورد کمتر از واقعیت هزینه‌هایی است که کشاورزان در تصمیم‌گیری‌های تولید با آن مواجه بوده‌اند. در واقع در مرحله اول مدل به دنبال یافتن هزینه‌های پنهانی می‌باشد که منجر می‌شود در سال پایه، هزینه نهایی واقعی با درآمد نهایی برابر شده و در نتیجه سطوح تولید مشاهده شده در سال پایه قابل بازتولید باشد. دومین مرحله برآورد ضرایب تابع هدف غیرخطی با استفاده از قیمت سایه‌ای مدل خطی مرحله قبل و اطلاعات الگوی کشت موجود منطقه و بدون نیاز به محدودیت کالیبراسیون. تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم از طریق قرار دادن یک تابع تولید یا هزینه غیرخطی در تابع هدف مدل LP بدست می‌آید. ضرایب تابع هزینه یا تولید غیرخطی که ممکن است به فرم لئونتیف تعمیم یافته، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، تابع تولید درجه دوم باشد، از مرحله دوم بدست می‌آید.

$$TVC = \acute{d}x + \acute{x}Qx \quad (۴)$$

$$MC = d + Qx = c + \rho \quad (۵)$$

در رابطه‌های (۴) و (۵)، Q ماتریس نیمه معین و متقارن با رتبه$(n\times n)$ از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه یا تابع تولید می‌باشد.d بردار $(n\times 1)$ جز خطی تابع هزینه c هزینه حسابداری و ρ مقادیر دوگان مربوط به محدودیت کالیبراسیون می‌باشد. مرحله سوم تبیین یک تابع تولید غیرخطی و یا هزینه غیرخطی از طریق قرار دادن ضرایب برآوردی تابع تولید در تابع هدف مدل LP بدون محدودیت کالیبراسیون است (رابطه۶، ۷ و ۸):

$$maxz = \sum_{j=1}^{m}\left(p_j\left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} - 0.5\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} q_{ijk}x_{ij}x_{kj}\right] - \sum_{i=1}^{n} w_i x_{ij}\right)$$

$$s.t \quad (۶)$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_j \le b_i[\lambda] \quad (۷)$$

$$X_j \ge 0 \quad (۸)$$

در روابط مذکور، تابع تولید غیرخطی بدون محدودیت‌های کالیبراسیون براورد می‌شود. مدل غیرخطی کالیبره شده به طور صحیحی سطح زیرکشت موجود و ارزش سایه‌ای منابع را بازتولید می‌کند. تابع هدف در این تحقیق عبارتست از حداکثرسازی سود کشاورزان در طول دوره کشت که از یک تابع تولید درجه دوم استفاده شده است. برای بازتولید شرایط سال پایه در مرحله اول مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، محدودیت کالیبراسیون (اعمال سطوح کشت مشاهده شده) نیز در نظر گرفته شده است. با استفاده از اطلاعات دریافتی از سطوح زیر کشت محصولات زراعی، ضرایب فنی و مقادیر موجود از هر نهاده، الگوی کشت استان گلستان بازتولید گردید. محدودیت‌های مدل عبارتند از محدودیت زمین، محدودیت سرمایه، محدودیت علف‌کش، محدودیت حشره‌کش، محدودیت قارچ‌کش، محدودیت کود نیتروژن، محدودیت کود ازت، محدودیت کود فسفات، محدودیت کود پتاس و محدودیت کشت دیم و آبی در طول دوره کشت لحاظ شده‌اند. همچنین محدودیت نیروی‌کار، محدودیت ماشین-آلات و محدودیت آب به صورت ماهیانه در نظر گرفته شده‌اند. سپس سناریوهای مدیریت تقاضا در دو طیف قیمتی و سهمیه‌بندی آب اعمال شد و شاخص‌های پایداری برای شرایط سال پایه و در صورت اعمال سیاست‌های

---

۱ ارزش نهایی منابع بکار رفته در تولید.

مذکور بدست آمد. سناریوهای قیمتی شامل افزایش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی در قیمت آب و سناریوهای سهمیه‌بندی منابع آبی به میزان ۱۰ و ۲۰ درصد نسبت به شرایط سال پایه می‌باشد. محصولات انتخاب شده شامل محصولات زراعی بودند که ۹۲ درصد سطح زیرکشت زراعی استان را به صورت دیم و آبی شامل شدند.

شاخص‌های استفاده بهینه از منابع آب به منظور پایداری منابع آب

به طور کلی بهره‌وری آب از دیدگاه فیزیکی و اقتصادی قابل محاسبه است. بهره‌وری فیزیکی آب کشاورزی به معنای تولید بیشتر محصول در ازای استفاده از هر واحد حجم آب می باشد. همچنین بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی به معنای بهره‌وری آب بیشتر به مفهوم کسب سود بیشتر به ازای واحد حجم آب می‌باشد. (احسانی و خالدی،۱۳۸۲). در این مطالعه شاخص‌های پایداری محاسباتی عبارتند از:

عملکرد به ازای واحد حجم آب *CPD*[1]:عبارتست از نسبت میزان محصول تولید شده به نسبت به حجم آب مصرف شده ، لذا هرچه این شاخص بیشتر باشد معرف مصرف مناسب‌تر آب می‌باشد (رابطه ۹):

$$CPD=\frac{\text{مقدار محصول تولید شده}}{\text{مقدار آب مصرف شده}}=\frac{Q}{W} \qquad (۹)$$

سود ناخالص به ازای واحد حجم آب *BDP*[2]:عبارتست از میزان سود ناخالص نسبت به آب مصرف شده (رابطه ۱۰):

$$BPD=\frac{\text{درآمد}}{\text{مقدار آب مصرف شده}}=\frac{GR}{W} \qquad (۱۰)$$

رابطه مذکور بر مبنای ریال بر متر مکعب و یا به شکل کلی‌تر واحد حجم آب / واحد حجم پول بیان می‌شود.

سود خالص به ازای واحد حجم آب *NBPD*[3]: اگر هدف ما بهبود بهره‌وری مصرف آب از بعد اقتصادی باشد، می‌شود گفت که این روش برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، روش مناسبی است لیکن ایراد اساسی در تهیه این شاخص تعیین میزان سود خالص در موقعیت‌های متفاوت می‌باشد.

$$NBPD=\frac{R}{W}=\frac{\text{سود}}{\text{مقدار آب مصرف شده}} \qquad (۱۱)$$

بر مبنای رابطه مذکور هر محصولی که با مصرف میزان کمتری آب بتواند سود خالص بیشتری فراهم کند برای کشت و کار مناسب‌تر می‌باشد.

کارایی اشتغال مصرف آب *WCEE*[4]: بر اساس رابطه (۱۲)، عبارتست از میزان مصرف نیروی کار نسبت به آب مصرف شده در هکتار. بر اساس این شاخص بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای ایجاد اشتغال بیشتر به ازای واحد حجم آب است (فسخودی و نوری، ۱۳۹۰؛ بنایی، ۱۳۹۴).

$$WCEE=\frac{\text{نیروی کار مورد نیاز}}{\text{مقدار آب مصرف شده}} \qquad (۱۲)$$

داده‌های مربوط به میزان مصرف نهاده‌ها، عملکرد و هزینه نهاده‌ها و محصول از پرسشنامه هزینه-تولید جهاد کشاورزی و مصاحبه رو در رو با ۲۸۰ کشاورز به صورت تصادفی در استان گلستان در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷تکمیل گردید. داده‌های مربوط به سمت راست محدودیت‌ها از سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، آب منطقه‌ای استان گلستان و مرکز آمار ایران جمع‌آوری گردید. داده‌های مربوط به سمت راست محدودیت‌های سرمایه و ماشین-آلات کالیبره شد. اطلاعات مربوط به قیمت برای محاسبه درآمد کشاورزان از آمارنامه جهاد کشاورزی و اطلاعات مربوط به سطوح کشت محصولات زراعی از سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان استخراج گردید.

نتایج و بحث

برای دستیابی به اهدف تحقیق که شامل بررسی سیاست‌های مدیریت تقاضای آب (سهمیه‌بندی ۱۰ و ۲۰ درصدی آب کشاورزی و سیاست‌های قیمتی شامل افزایش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی قیمت آب کشاورزی) بر الگوی کشت،

1.Crop per Drop
2. Benefit Per Drop
3. Net Benefit Per Drop
4. Water Consumption Employment Efficiency

سطح زیر کشت محصولات زراعی، سود ناخالص، کاربری نهاده‌های آب، ماشین‌آلات، کودها، سموم و شاخص‌های پایداری منابع آبی استان گلستان بود، ابتدا با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، الگوی کشت استان گلستان شبیه‌سازی شد. نتایج واسنجی مدل= ε (0.0001) نشان‌دهنده اعتبار و قدرت بالای مدل PMP است. سپس سناریوهای مورد استفاده در دو طیف سهمیه-بندی و افزایش قیمت آب (بر اساس قیمت آب در سال پایه ۱۴۵۰ ریال به ازای هر مترمکعب) اعمال شد و شاخصهای پایداری بدست آمد.

بررسی اثرات افزایش قیمت ۵۰٪ آب (نسبت به سال پایه) بر الگوی کشت، سودناخالص و کاربری نهاده‌ها در استان گلستان

بر اساس جدول (۱)، با افزایش ۵۰ درصدی قیمت آب، سود ناخالص[1](GM) کشاورزان استان گلستان با کاهشی ۵/۰۶ درصدی از ۲۴۶۶۵۶۸/۶ تومان در هر هکتار به ۲۳۴۱۶۴۲/۸ تومان در هکتار می‌رسد. بیشترین افزایش سطح زیرکشت با ۴/۸۱ درصد مربوط به جودیم و بیشترین کاهش با ۱۰/۲۷ درصد مربوط به آفتابگردان آبی می‌شود. استفاده از نهاده‌های آب، کود، سم، نیروی‌کار و ماشین‌آلات به ترتیب به میزان ۲/۷۲، ۰/۳۶، ۰/۸۲، ۱/۹۶ و ۰/۱۱ درصد نسبت به الگوی فعلی کاهش پیدا می‌کند.

بررسی اثرات افزایش قیمت ۱۰۰٪ آب (نسبت به سال پایه) بر الگوی‌کشت، سودناخالص و کاربری‌نهاده‌ها در استان گلستان

مطابق با نتایج جدول (۲)، افزایش ۱۰۰ درصدی قیمت آب، سود کشاورزان استان گلستان با کاهشی ۹/۹۹ درصدی از ۱۴۶۱۵۰۹ به ۱۳۱۵۵۳۵ میلیون تومان می‌رسد. بیشترین افزایش با ۹/۶۲ درصد مربوط به جو دیم و بیشترین کاهش با ۲۰/۵۴ درصد مربوط به آفتابگردان آبی می‌شود. استفاده از نهاده‌های آب، کود، سم، نیروی کار و ماشین آلات به ترتیب به میزان ۵/۴۴، ۰/۷۲، ۱/۶۵، ۳/۹۲ و ۰/۲۳ درصد نسبت به الگوی فعلی کاهش پیدا می‌کند. مقدار شاخص پایداری سود ناخالص تحت اعمال هر دو سناریوی قیمتی کاهش می‌یابد. کمتر شدن این شاخص حاکی از پایین آمدن پایداری اقتصادی و سودآوری مزارع می‌باشد و بعبارتی درآمد محصولات نسبت به مصرف آب با کشش است.

بررسی اثرات سهمیه‌بندی ۱۰٪ آب کشاورزی (نسبت به سال پایه) بر الگوی کشت، سودناخالص و کاربری نهاده‌ها در منطقه

اثرات سناریوهای سهمیه‌بندی ۱۰ و ۲۰ درصدی آب کشاورزی بر الگوی کشت و کاربری نهاده‌ها در جداول ۳ و ۴ گزارش شده است. در اثر سناریوی کاهش ۱۰ درصدی موجودی منابع آب، سود کشاورزان استان گلستان با کاهشی ۰/۵۴ درصدی از ۱۴۶۱۵۰۹ به ۱۴۵۳۵۸۳ تومان می‌رسد. بیشترین افزایش با ۱۴/۹۵ درصد مربوط به جو دیم و بیشترین کاهش با ۲۰/۷۱ درصد مربوط به شبدر آبی می‌شود. استفاده از نهاده‌های آب، کود، سم، نیروی کار و ماشین آلات به ترتیب به میزان ۸/۹۰، ۱/۱۳، ۲/۰۸، ۶/۵۲ و ۱/۴۱ درصد نسبت به الگوی فعلی کاهش پیدا می‌کند.

[1]. Gross Margin

جدول ۱- اعمال سناریوی ۵۰ درصد افزایش قیمت آب بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در استان گلستان

محصولات	سطح زیر کشت (هکتار)		تغییرات (درصد)
	الگوی فعلی	بعداز اعمال سناریو	
گندم دیم	۲۰۱۹۶۷/۴	۲۰۸۰۲۶/۱	۳
گندم آبی	۱۶۸۳۱۵/۵	۱۶۴۳۴۱/۹	-۲/۳۶
جو دیم	۴۶۳۵۷/۷	۴۸۵۸۷/۶	۴/۸۱
برنج دانه بلند پر محصول	۲۸۳۰۷/۴	۲۷۳۹۵/۵	-۳/۲۲
سویا بهاره آبی	۲۶۴۳۶/۴	۲۵۸۱۳/۲	-۲/۳۶
جو آبی	۱۹۶۸۵/۷	۱۹۰۱۰	-۳/۴۳
برنج دانه بلند مرغوب	۱۸۸۷۱/۶	۱۸۳۶۰/۲	-۲/۷۱
سویا تابستانه آبی	۱۷۶۲۴/۳	۱۶۹۷۰/۸	-۳/۷۱
کلزا دیم	۱۴۱۹۷	۱۴۳۵۶/۷	۱/۱۲
پنبه آبی	۱۱۱۹۹/۳	۱۰۹۹۹/۷	-۱/۷۸
ذرت علوفه ای آبی	۸۰۷۴/۱	۷۹۸۴	-۱/۱۲
کلزا آبی	۷۶۶۹/۴	۷۵۸۶/۳	-۱/۰۸
گوجه فرنگی آبی	۷۱۳۶/۱	۶۹۰۲/۱	-۳/۲۸
سیب زمینی آبی	۵۳۱۶/۲	۵۲۰۱/۳	-۲/۱۶
توتون و تنباکو	۳۲۱۵	۳۱۶۵/۷	-۱/۵۳
آفتابگردان آبی	۲۸۰۰	۲۵۱۲/۴	-۱۰/۲۷
شبدرآبی	۲۴۲۲/۲	۲۳۲۸/۵	-۳/۸۷
سویا بهاره دیم	۱۷۵۹/۱	۱۷۸۶/۵	۱/۵۶
سویا تابستانه دیم	۱۱۷۲/۸	۱۱۹۸/۴	۲/۱۹
مجموع سطح زیر کشت آبی (هکتار)	۳۲۷۰۷۳/۲	۳۱۸۵۷۱/۸	-۲/۶
سود ناخالص(تومان)	۱۴۶۱۵۰۹	۱۳۸۷۴۸۷	-۵/۰۶
مصرف کود (کیلوگرم)	۱۹۸۱۱۶۸۲۰	۱۹۷۴۰۱۰۳۲	-۰/۳۶
مصرف سم (لیتر)	۲۰۲۷۴۰۹/۲	۲۰۱۰۷۱۴/۹	-۰/۸۲
نیروی کار (نفر-روز-کار)	۱۲۹۳۰۲۴۵/۳	۱۲۶۷۶۸۰۹/۰۵	-۱/۹۶
ماشین آلات (ساعت)	۸۶۸۲۹۴۴/۰۱	۸۶۷۲۹۷۲/۵۵	-۰/۱۱
سود ناخالص به ازای هر هکتار (تومان بر هکتار)	۲۴۶۶۵۶۸/۶	۲۳۴۱۶۴۲/۸	-۵/۰۶

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول۲- اعمال سناریوی ۱۰۰ درصد افزایش قیمت آب بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در استان گلستان

محصولات	سطح زیر کشت (هکتار)		تغییرات (درصد)
	الگوی فعلی	بعداز اعمال سناریو	
گندم دیم	۲۰۱۹۶۷/۴	۲۱۴۰۸۴/۹	۶
گندم آبی	۱۶۸۳۱۵/۵	۱۶۰۳۶۸/۳	-۴/۷۲
جو دیم	۴۶۳۵۷/۷	۵۰۸۱۷/۵	۹/۶۲
برنج دانه بلند پر محصول	۲۸۳۰۷/۴	۲۶۴۸۳/۶	-۶/۴۴
سویا بهاره آبی	۲۶۴۳۶/۴	۲۵۱۹۰	-۴/۷۱
جو آبی	۱۹۶۸۵/۷	۱۸۳۳۴/۳	-۶/۸۶
برنج دانه بلند مرغوب	۱۸۸۷۱/۶	۱۷۸۴۸/۹	-۵/۴۲
سویا تابستانه آبی	۱۷۶۲۴/۳	۱۶۳۱۷/۳	-۷/۴۲
کلزا دیم	۱۴۱۹۷	۱۴۵۱۶/۴	۲/۲۵
پنبه آبی	۱۱۱۹۹/۳	۱۰۸۰۰/۱	-۳/۵۶
ذرت علوفه ای آبی	۸۰۷۴/۱	۷۸۹۴/۰	-۲/۲۳
کلزا آبی	۷۶۶۹/۴	۷۵۰۳/۳	-۲/۱۷
گوجه فرنگی آبی	۷۱۳۶/۱	۶۶۶۸/۱	-۶/۵۶
سیب زمینی آبی	۵۳۱۶/۲	۵۰۸۶/۴	-۴/۳۲

ماخذ: محاسبات تحقیق

ادامه جدول ۲- اعمال سناریوی ۱۰۰ درصد افزایش قیمت آب بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در استان گلستان

محصولات	الگوی فعلی	بعداز اعمال سناریو	تغییرات (درصد)
توتون و تنباکو	۳۲۱۵	۳۱۱۶/۴	-۳/۰۷
آفتابگردان آبی	۲۸۰۰	۲۲۲۴/۹	-۲۰/۵۴
شبدرآبی	۲۴۲۲/۲	۲۲۳۴/۹	-۷/۷۳
سویا بهاره دیم	۱۷۵۹/۱	۱۸۱۳/۹	۳/۱۱
سویا تابستانه دیم	۱۱۷۲/۸	۱۲۲۴/۱	۴/۳۸
مجموع سطح زیر کشت آبی (هکتار)	۳۲۷۰۷۳/۲	۳۱۰۰۷۰/۴	-۵/۲
سود ناخالص (میلیون تومان)	۱۴۶۱۵۰۹	۱۳۱۵۵۳۵	-۹/۹۹
مصرف کود (کیلوگرم)	۱۹۸۱۱۶۸۲۰	۱۹۶۶۸۵۲۶۹	-۰/۷۲
مصرف سم (لیتر)	۲۰۲۷۴۰۹/۲	۱۹۹۴۰۱۹/۷	-۱/۶۵
نیروی کار (نفر-روز-کار)	۱۲۹۳۰۲۴۵/۳	۱۲۴۲۳۳۷۳/۹۷	-۳/۹۲
ماشین آلات (ساعت)	۸۶۸۲۹۴۴/۰۱	۸۶۶۳۰۰۰/۶۵	-۰/۲۳
سود ناخالص به ازای هر هکتار (تومان بر هکتار)	۲۴۶۶۵۶۸/۶	۲۲۲۰۲۱۰/۴	-۹/۹۹

ماخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۳- نتایج اعمال سناریوی سهمیه‌بندی ۱۰ درصدی آب کشاورزی بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در استان گلستان

محصولات	سطح زیر کشت (هکتار)		تغییرات (درصد)
	الگوی فعلی	بعداز اعمال سناریو	
گندم دیم	۲۰۱۹۶۷/۴	۲۲۰۸۰۳/۴	۹/۳۳
گندم آبی	۱۶۸۳۱۵/۵	۱۵۵۸۹۹/۹	-۷/۳۸
جو دیم	۴۶۳۵۷/۷	۵۳۲۹۰/۳	۱۴/۹۵
برنج دانه بلند پر محصول	۲۸۳۰۷/۴	۲۶۷۱۵/۶	-۵/۶۲
سویا بهاره آبی	۲۶۴۳۶/۴	۲۳۴۵۴/۳	-۱۱/۲۸
جو آبی	۱۹۶۸۵/۷	۱۸۸۱۳/۱	-۴/۴۳
برنج دانه بلند مرغوب	۱۸۸۷۱/۶	۱۸۰۰۲/۹	-۴/۶۰
سویا تابستانه آبی	۱۷۶۲۴/۳	۱۵۱۴۶/۲	-۱۴/۰۶
کلزا دیم	۱۴۱۹۷	۱۴۶۹۳/۵	۳/۵۰
پنبه آبی	۱۱۱۹۹/۳	۹۳۴۳/۲	-۱۶/۵۷
ذرت علوفه ای آبی	۸۰۷۴/۱	۷۷۱۸/۳	-۴/۴۱
کلزا آبی	۷۶۶۹/۴	۷۲۷۴/۶	-۵/۱۵
گوجه فرنگی آبی	۷۱۳۶/۱	۶۱۶۸/۳	-۱۳/۵۶
سیب زمینی آبی	۵۳۱۶/۲	۴۷۵۱/۸	-۱۰/۶۲
توتون و تنباکو	۳۲۱۵	۳۱۳۴/۰	-۲/۵۲
آفتابگردان آبی	۲۸۰۰	۲۳۰۰/۵	-۱۷/۸۴
شبدرآبی	۲۴۲۲/۲	۱۹۲۰/۶	-۲۰/۷۱
سویا بهاره دیم	۱۷۵۹/۱	۱۸۴۴/۲	۴/۸۴
سویا تابستانه دیم	۱۱۷۲/۸	۱۲۵۲/۶	۶/۸۱
مجموع سطح زیر کشت آبی (هکتار)	۳۲۷۰۷۳/۲	۳۰۰۶۴۳/۳	-۸/۱
سود ناخالص(میلیون تومان)	۱۴۶۱۵۰۹	۱۴۵۳۵۸۳	-۰/۵۴
مصرف کود (کیلوگرم)	۱۹۸۱۱۶۸۲۰	۱۹۵۸۷۱۹۷۸	-۱/۱۳
مصرف سم (لیتر)	۲۰۲۷۴۰۹/۲	۱۹۸۵۲۰۱/۵	-۲/۰۸
نیروی کار (نفر-روز-کار)	۱۲۹۳۰۲۴۵/۳	۱۲۰۸۷۰۸۷/۰۷	-۶/۵۲
ماشین آلات (ساعت)	۸۶۸۲۹۴۴/۰۱	۸۵۶۰۸۹۴/۹۷	-۱/۴۱
سود ناخالص به ازای هر هکتار (تومان بر هکتار)	۲۴۶۶۵۶۸/۶	۲۴۵۳۱۹۱/۷	-۰/۵۴

ماخذ: محاسبات تحقیق

بررسی اثرات سهمیه‌بندی ۲۰٪ آب کشاورزی (نسبت به سال پایه) بر الگوی کشت، سودناخالص و کاربری نهاده‌ها در منطقه

با کاهش موجودی منابع آب به میزان ۲۰ درصد، تغییرات الگوی کشت مطابق با جدول (۴) صورت خواهد پذیرفت. بیشترین افزایش با ۲۸/۰۳ درصد مربوط به جو دیم و بیشترین کاهش با ۲۹/۱۷ درصد مربوط به آفتابگردان آبی می‌شود. استفاده از نهاده‌های آب، کود، سم، نیروی کار و ماشین آلات به ترتیب به میزان ۱۱/۵۶، ۳/۱۳، ۲/۱۸، ۶/۴۶ و ۱/۲۱ درصد نسبت به الگوی فعلی کاهش پیدا می‌کند. سود کشاورزان استان گلستان با کاهشی ۱/۷۵ درصدی از ۱۴۶۱۵۰۹ به ۱۴۳۵۹۷۷ تومان می‌رسد. به طور کلی با اعمال سناریوهای کاهش موجودی منابع آب، سود ناخالص به ازای هر هکتار از زمین‌های زراعی نیز کاهش پیدا می‌کند. دلیل این امر کاهش سهم سطح زیر کشت محصولاتی با مصرف آب و بازده برنامه‌ای بالا و افزایش سطح زیر کشت محصولات دیم با سود ناخالص پایین‌تر می‌باشد. در نتیجه پایداری اقتصادی و سودآوری مزارع کاهش پیدا می‌کند.

جدول ۴- نتایج اعمال سناریوی سهمیه‌بندی ۲۰ درصدی آب کشاورزی بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها در استان گلستان

محصولات	سطح زیر کشت (هکتار)		تغییرات (درصد)
	الگوی فعلی	بعداز اعمال سناریو	
گندم دیم	۲۰۱۹۶۷/۴	۲۳۷۲۷۷/۶	۱۷/۴۸
گندم آبی	۱۶۸۳۱۵/۵	۱۳۶۱۷۲/۰	-۱۹/۱۰
جو دیم	۴۶۳۵۷/۷	۵۹۳۵۳/۶	۲۸/۰۳
برنج دانه بلند پر محصول	۲۸۳۰۷/۴	۲۷۰۴۹/۹	-۴/۴۴
سویا بهاره آبی	۲۶۴۳۶/۴	۲۲۹۶۳/۳	-۱۳/۱۴
جو آبی	۱۹۶۸۵/۷	۱۴۰۸۵/۳	-۲۸/۴۵
برنج دانه بلند مرغوب	۱۸۸۷۱/۶	۱۸۱۸۵/۳	-۳/۶۴
سویا تابستانه آبی	۱۷۶۲۴/۳	۱۵۵۱۸/۸	-۱۱/۹۵
کلزا دیم	۱۴۱۹۷	۱۵۱۲۷/۷	۶/۵۶
پنبه آبی	۱۱۱۹۹/۳	۱۰۱۴۰/۴	-۹/۴۶
ذرت علوفه ای آبی	۸۰۷۴/۱	۷۷۲۶/۳	-۴/۳۱
کلزا آبی	۷۶۶۹/۴	۶۸۲۰/۷	-۱۱/۰۷
گوجه فرنگی آبی	۷۱۳۶/۱	۶۶۰۶/۲	-۷/۴۳
سیب زمینی آبی	۵۳۱۶/۲	۵۰۴۶/۴	-۵/۰۸
توتون و تنباکو	۳۲۱۵	۳۱۳۳/۳	-۲/۵۴
آفتابگردان آبی	۲۸۰۰	۱۹۸۳/۱	-۲۹/۱۷
شبدرآبی	۲۴۲۲/۲	۲۰۹۶/۳	-۱۳/۴۶
سویا بهاره دیم	۱۷۵۹/۱	۱۹۱۸/۷	۹/۰۷
سویا تابستانه دیم	۱۱۷۲/۸	۱۳۲۲/۴	۱۲/۷۶
مجموع سطح زیر کشت آبی (هکتار)	۳۲۷۰۷۳/۲	۲۷۷۵۲۷/۲	-۱۵/۱
سود ناخالص(میلیون تومان)	۱۴۶۱۵۰۹	۱۴۳۵۹۷۷	-۱/۷۵
مصرف کود (کیلوگرم)	۱۹۸۱۱۶۸۲۰	۱۹۱۹۱۱۵۷۰	-۳/۱۳
مصرف سم (لیتر)	۲۰۲۷۴۰۹/۲	۱۹۸۳۲۱۲/۷	-۲/۱۸
نیروی کار (نفر-روز-کار)	۱۲۹۳۰۲۴۵/۳	۱۲۰۹۵۲۰۱/۸۱	-۶/۴۶
ماشین آلات (ساعت)	۸۶۸۲۹۴۴/۰۱	۸۵۷۷۷۶۰/۹۶	-۱/۲۱
سود ناخالص به ازای هر هکتار (تومان بر هکتار)	۲۴۶۶۵۶۸/۶	۲۴۲۳۴۷۸/۷	-۱/۷۵

ماخذ: محاسبات تحقیق

بررسی اثرات سهمیه‌بندی و افزایش قیمت آب در بخش زراعی بر شاخص‌های پایداری منابع آبی استان گلستان

شاخص‌های پایداری منابع آبی ناشی از سیاست-های مدیریت تقاضا در استان گلستان در جدول (۵) نشان داده شده است. مصرف آب و مصرف آب در هکتار در تمامی سناریوها نسبت به وضعیت پایه کاهش یافته است و بیانگر افزایش پایداری تحت سیاستهای مذکور در منطقه است. به‌علاوه، با افزایش آب بها به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد سال پایه، به دلیل افزایش سهم محصولات دیم در الگوی کشت، مصرف آب کم می‌شود و در نتیجه شاخص پایداری مصرف آب در هر دو سناریو کاهش پیدا می‌کند. کم شدن مقدار مصرف آب به ازای هر هکتار نشان دهنده تقویت منابع آب زیرزمینی و پایداری منابع آبی می‌باشد. شاخص پایداری منابع آب در هر دو سناریوی کاهش موجودی منابع آب به میزان ۱۰ و ۲۰ درصد، به دلیل پایین آمدن مصرف آب کم می‌شود که این امر پایداری منابع آبی زیرزمینی را به دنبال دارد. شاخص سود ناخالص به ازای واحد حجم آب تحت سناریوهای قیمتی کاهش یافته است. در واقع

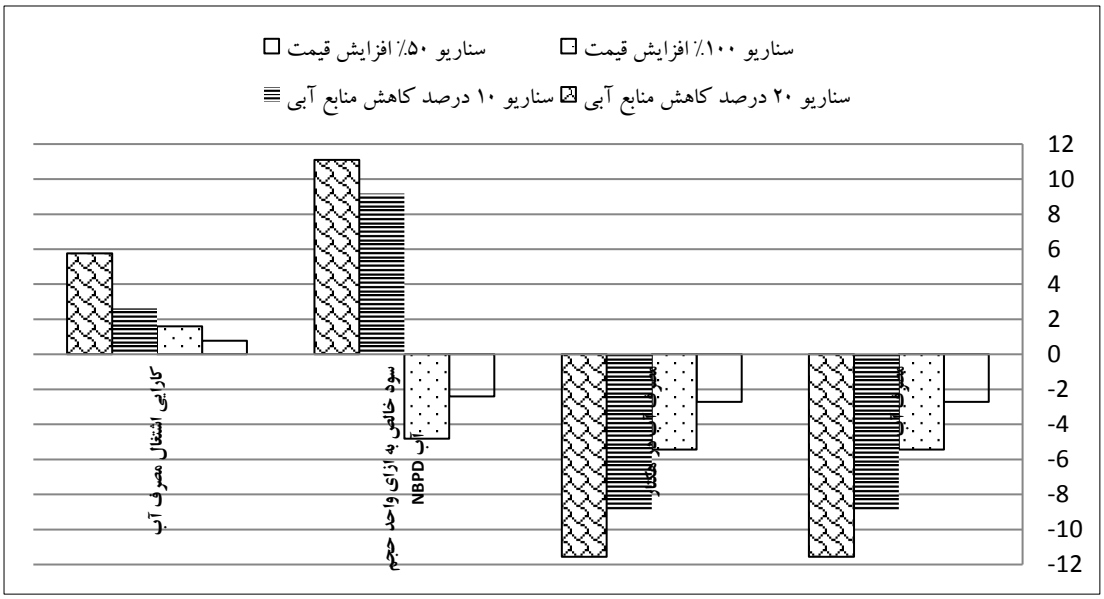
سود در ازای هر متر مکعب آب نسبت به سال پایه در سناریوهای افزایش ۵۰ و ۱۰۰ درصدی قیمت به ترتیب برابر با ۸۴۸۷ ریال و ۸۲۷۸ ریال است. به‌علاوه، با اعمال سناریوهای کاهش موجودی منابع آبی، سودآوری هر مترمکعب آب بیشتر می‌شود. به عبارت دیگر سناریوهای کاهش منابع آبی بر اساس این شاخص از سناریوهای افزایش قیمت کاراتر هستند. بر اساس شاخص کارایی اشتغال مصرف آب، فرصت‌های اشتغال به ازای هر واحد آب مصرفی کشاورزی در همه سناریوها افزایش می‌یابد و پایداری منابع آبی را افزایش می‌دهد.

جدول ۵- شاخص‌های پایداری منابع آبی ناشی از سیاست‌های مدیریت تقاضا در استان گلستان

شاخص‌های پایداری منابع آبی	وضعیت پایه	سناریوی ۵۰٪ افزایش قیمت آب کشاورزی	سناریو ۱۰۰٪ افزایش قیمت آب کشاورزی	سناریوی ۱۰٪ سهمیه‌بندی آب کشاورزی	سناریوی ۲۰٪ سهمیه‌بندی آب کشاورزی
مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۱۶۸۰/۴	۱۶۳۴/۷	۱۵۸۹	۱۵۳۰/۸	۱۴۸۶/۲
مصرف آب به ازای هر هکتار (متر مکعب بر هکتار)	۲۸۳۵/۹	۲۷۵۸/۸	۲۶۸۱/۷	۲۵۸۳/۵	۲۵۰۸/۲
سود ناخالص به ازای واحد حجم آب (ده ریال به مترمکعب)	۸۶۹/۷	۸۴۸/۷	۸۲۷/۸	۹۴۹/۵	۹۶۶/۱
کارایی اشتغال مصرف آب (نفر-روز-کاربه متر مکعب)	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۸

ماخذ: محاسبات تحقیق

درصد تغییرات در شاخص‌های پایداری منابع آبی ناشی از سیاست‌های مدیریت تقاضا نسبت به وضعیت فعلی برای استان گلستان در نمودار (۱) نشان داده شده است. بر این اساس پایداری بر اساس شاخص‌های مصرف آب و مصرف آب در هکتار کاهش یافته است و بیشترین تغییر مربوط به سناریوهای کاهش منابع آب در دسترس ۱۰٪ و ۲۰٪ است. کارایی اشتغال آب تحت هر چهار سناریو بهبود یافته است و بیشترین تغییرات مربوط به سناریوهای کاهش منابع آب در دسترس ۱۰٪ و ۲۰٪ است. به علاوه، بر اساس شاخص سود ناخالص به ازای واحد حجم آب بیشترین درصد تغییرات مربوط به سناریوی کاهش ۲۰ درصد منابع آبی است.



شکل ۱- درصد تغییرات در شاخص‌های پایداری نسبت به وضعیت فعلی

با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر مشاهده می‌شود که سود ناخالص کشاورزان تحت اعمال هر دو طیف سناریوهای قیمتی و سهمیه‌بندی آب کمتر می‌شود که با مطالعات عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) و بنایی (۱۳۹۴) مطابقت دارد. شدت کاهش سود ناخالص در سناریوهای قیمتی بیشتر است. مصرف نهاده‌های تولید (آب، کود، سم، نیروی کار و ماشین‌آلات) نیز در هر دو نوع سناریو تقلیل پیدا می‌کند که مطابق با مطالعه پارساپور و همکاران (۱۳۹۶) می‌باشد و سناریوهای کاهش موجودی منابع، مصرف کمتری را نشان می‌دهند. مصرف آب به ازای هر هکتار در اثر اعمال هر دو طیف سناریوهای قیمتی و کاهش موجودی منابع کاهش پیدا می‌کند، بنابراین پایداری منابع آب بیشتر می‌شود که با مطالعه پارساپور و همکاران (۱۳۹۶)، پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد. این امر نشان دهنده مناسب بودن هر دو نوع سیاست اعمال شده در جهت پایداری منابع آب می‌باشد. البته سناریوهای کاهش موجودی منابع آبی تاثیر مثبت بیشتری در جهت پایداری منابع آب دارند.سود ناخالص به ازای هر هکتار تحت اعمال هر دو نوع سناریو کمتر می‌شود. بنابراین پایداری اقتصادی و سودآوری مزارع در اثر افزایش آب بها و کاهش دسترسی به منابع آبی تقلیل می‌یابد که مطابق با مطالعات بنایی (۱۳۹۴) و باقری و همکاران (۱۳۹۶) می‌باشد. البته سناریوهای قیمتی به دلیل کاهش سود بالاتر، تاثیر منفی بیشتری دارند. سودآوری هر مترمکعب آب تحت سیاست‌های قیمتی کاهش و تحت سیاست‌های کاهش منابع آب در دسترس افزایش می‌یابد. شاخص کارایی اشتغال تحت هر دو نوع سناریوی اعمال شده افزایش می‌یابد. البته سناریوهای کاهش منابع آبی آب کارایی بیشتری دارند و سیاست‌های یاد شده فرصت‌های اشتغال را به ازای هر مترمکعب آب مصرفی افزایش می‌دهند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

این مطالعه با هدف بررسی اثرات سیاست‌های مدیریت تقاضای آب شامل سهمیه‌بندی و افزایش قیمت آب در زراعت استان گلستان بر پایداری منابع آبی انجام گرفت. در اثر اعمال سناریوهای افزایش ۵۰ درصدی قیمت آب کشاورزی، سود ناخالص (۵/۰۶ درصد)، مصرف آب به ازای هر هکتار (۲/۷۲ درصد)، مصرف کود (۰/۳۶ درصد)، مصرف سموم (۰/۸۲ درصد)، ماشین‌آلات (۰/۱۱ درصد)، نیروی کار مورد استفاده در هر هکتار (۱/۹۶ درصد) و سطح زیرکشت محصولات آبی (۲/۶ درصد)کاهش می‌یابد. همچنین در اثر اعمال سناریوی افزایش۱۰۰ درصدی قیمت آب کشاورزی، سود ناخالص (۹/۹۹ درصد)، مصرف آب به ازای هر هکتار (۵/۴۴ درصد)، مصرف کود (۰/۷۲ درصد)، مصرف سموم (۱/۶۵ درصد)، ماشین‌آلات (۰/۲۳ درصد)، نیروی کار مورد استفاده در هر هکتار (۳/۹۲ درصد) و سطح زیرکشت محصولات آبی (۵/۲ درصد) کاهش می‌یابد. به علاوه، سطح زیرکشت محصولات دیم و کارایی اشتغال مصرف آب با افزایش همراه است. در واقع سیاست‌های افزایش قیمت آب فقط در بهبود بهره‌وری نیروی کار به ازای هر مترمکعب آب مؤثر است و موجب کاهش سود فعالیت‌های زراعی می‌شود.به ازای سهمیه‌بندی ۱۰ درصدی آب در دسترس کشاورزان در فعالیت‌های زراعی، سود ناخالص (۰/۵۴ درصد)، مصرف آب به ازای هر هکتار (۸/۹ درصد)، مصرف کود (۱/۱۳ درصد)، مصرف سموم (۲/۰۸ درصد)، ماشین‌آلات (۱/۴۱ درصد)، نیروی کار در هکتار (۶/۵۲ درصد) و سطح زیرکشت محصولات آبی (۸/۱ درصد) کاهش می‌یابد. به علاوه، به ازای سهمیه‌بندی ۲۰ درصدی آب در دسترس کشاورزان در فعالیت‌های زراعی، سود ناخالص (۱/۷۵ درصد)، مصرف آب به ازای هر هکتار (۱۱/۵۶ درصد)، مصرف کود (۳/۱۳ درصد)، مصرف سموم (۲/۱۸ درصد)، ماشین‌آلات (۱/۲۱ درصد)، نیروی کار در هکتار (۶/۴۶ درصد) و سطح زیرکشت محصولات آبی (۱۵/۱ درصد) کاهش می‌یابد. همچنین، سطح زیرکشت محصولات دیم، سود ناخالص به ازای هر مترمکعب آب و کارایی اشتغال مصرف آب با افزایش همراه است. با اعمال سیاست‌های سهمیه‌بندی آب کشاورزان سود دریافتی به

ازای هر مترمکعب آب و بهره‌وری نیروی کار به ازای هر مترمکعب آب افزایش می‌یابد. به طور کلی می‌توان گفت سیاست‌های سهمیه‌بندی نسبت به سیاست‌های قیمتی در استان گلستان مؤثرتر هستند و پایداری منابع آبی را بهبود می‌بخشند ولی در عین حال سود کشاورزان را کاهش می‌دهند. لذا پیشنهاد می‌شود در صورتی که دولت تمایل دارد پایداری منابع آب را با استفاده از سیاست‌های مدیریت تقاضا در منطقه افزایش دهد از سیاست‌های سهمیه‌بندی آب مانند توزیع نوبتی آب بین کشاورزان یا تحویل حجمی آب بر اساس نیاز آبی و راندمان آبیاری، با توجه به الگوی کشت در منطقه استفاده کند و برای جبران کاهش سود کشاورزان در قالب پرداخت‌های مستقیم از کشاورزان حمایت کند. همچنین پیشنهاد می‌گردد از روش‌هایی در آبیاری استفاده شود که بهره‌وری آب را افزایش دهند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بابت حمایت‌های مالی از این پژوهش تقدیر می‌گردد.

فهرست منابع

۱. احسانی،م.، خالدی،ه. (۱۳۸۲). بهره‌وری آب کشاورزی،کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۲. اشراقی، ف.، قاسمیان، س. (۱۳۹۱). بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان. مجله پژوهش‌های آب در کشاورزی. ۲۶(۳): ۳۲۲-۳۱۷.

۳. امینی فسخودی، ع.، نوری، ه.(۱۳۹۰). ارزیابی پایداری و تعیین الگوی کشت سیستم‌های زراعی براساس بهینه-سازی بهره‌برداری از منابع آب و خاک با استفاده از الگوهای غیرخطی برنامه‌ریزی ریاضی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵(۵۵): ۱۰۹-۹۹.

۴. آسیابی هیر، ر.، مصطفی زاده، ر.، رئوف، م.، اسمعلی عوری، ا. (۱۳۹۸). ارزیابی پایداری منابع آب سطحی در حوضه‌های آبخیز استان اردبیل. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۱(۴): ۹۹۸-۹۸۴.

۵. باقری، ا.، نیکویی، ع.، خداد کاشی، ف.، شوکت فدایی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی سیاست قیمت‌گذاری آب برپایداری و حفظ آبخوان: مطالعه آبخوان مهیار شمالی در حوضه زاینده رود. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۱(۲): ۱۲۰-۱۰۵.

۶. بریم‌نژاد، و.، یزدانی، س. (۱۳۸۳). تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی‌کسری، مطالعهٔ موردی استان کرمان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۶۳: ۱۶-۲.

۷. بنایی، س. (۱۳۹۴). پایداری منابع آب و تعیین الگوی کشت تحت تاثیر سیاست‌های مدیریت منابع آب در استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد، اقتصاد کشاورزی. دانشکده علوم پایه. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت. ۹۴ صفحه.

۸. پارساپور، س.، سلطانی، س.، شاهنوشی، ن. (۱۳۹۶). مدیریت پایدار منابع آب بر اساس بهینه‌سازی عوامل زراعی، زیست محیطی و اقتصادی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری چند هدفه: مطالعه موردی دشت فریمان تربت جام.نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۷(۱): ۱۶۳-۱۴۷.

۹. پرهیزکاری، ا.، صبوحی صابونی، م.، احمدپور، م. و بدیع برزین، ح. (۱۳۹۳). شبیه سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت گذاری و سهمیه بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۸(۲): ۱۷۶-۱۶۴.

۱۰. حسام، م.، کیانی، ع. (۱۳۹۳). بررسی راندمان آبیاری در مزراع استان گلستان. مجله آبیاری و زهکشی. ۲(۸): ۳۳۶-۳۴۳.

۱۱. حیدری، ن. و اسماعیل اسدی، م. ۱۳۹۴. مسایل و چالش‌های مدیریت تقاضا و مصرف آب کشاورزی در استان گلستان، نشریه تخصصی آب و آبیار. ۹ (۴۲): ۴۸-۴۴.

۱۲. رضایی، ا.، مرتضوی،ا.، پیکانی، غ.، خلیلیان،ص. (۱۳۹۳). ارزیابی و مقایسهٔ سطح پایداری محصولات زراعی شرق حوضهٔ زاینده‌رود تحت شرایط خشکسالی با استفاده از تکنیک تصمیم چندمعیاره. مجله محیط شناسی. ۴۰(۲), ۵۲۹-۵۴۰.

۱۳. رضایی، ا.، مرتضوی، ا.، پیکانی، غ.،(۱۳۹۲). تحلیل وضعیت اقتصادی کشاورزان شرق حوضه رودخانه زاینده رود تحت شرایط خشکسالی. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۴۷(۲): ۳۳۵-۳۴۲.

۱۴. سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان. (۱۳۹۶). http://dbagri.maj.ir/zrt/year.asp

۱۵. سازمان خواروبار و کشاورزی(FAO). (۲۰۰۰). تهیه مقررات ملی مدیریت منابع آب، مترجم، محمد حسن مولایی، سازمان مدیریت منابع آب ایران، چاپ اول.

۱۶. سالنامه آماری استان گلستان (۱۳۹۵). http://amar.golestanmporg.ir/salnameh2.html

۱۷. شاهی مریدی، ح.، کاظمی، ح.، کامکار ب. (۲۰۱۷). ارزیابی وضعیت توسعه کشاورزی پایدار در استان گلستان. دانش کشاورزی وتولید پایدار, ۲۷(۱)، ۱۹۷-۲۱۵.

۱۸. شیرزادی، س.، صبوحی، م.، داوری، ک.، کیخا، ا. (۱۳۹۷). اثر سیاستقیمت‌گذاری آب آبیاری بر سطح تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۳): ۲۲۰-۱۸۷.

۱۹. صداقت، ر. (۱۳۸۱). بررسی نظریه دور تسلسل فقر و توسعه نیافتگی در مناطق پسته کاری ایران. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۰(۳۹): ۲۰۱-۱۸۷.

۲۰. عباسی، ح.، دلاور، م.، بیگدلی، ر. (۱۳۹۸). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پایداری منابع آب حوضه‌های آبریز با استفاده از شاخص‌های کمبود ردپای آب. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۱۵(۴)-۲۷۹-۲۵۹.

۲۱. عظیمی فرد، س.، زارع مهرجردی، م.، مهرابی بشرآبادی، ح. (۱۳۹۲). بررسی پایداری منابع آب در شهرستان قوچان: رویکرد برنامه ریزی ریاضی کسری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۳(۳): ۱۱-۱.

۲۲. علیپور، ا.، داوری، ک.، موسوی، م.، صبوحی، م.، ایزدی، ع. (۱۳۹۸). تعیین الگوی کشت بهینه با هدف پایداری آب زیرزمینی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳(۳۳): ۵۱۸-۵۰۷.

۲۳. حامد قادرزاده ، مهین کریمی. (۱۳۹۷). اثرات سیاست سهمیه‌بندی آب بر مصرف آب‌های زیرزمینی در دشت قروه-دهگلان، فصلنامه اقتصاد کشاورزی. ۱۲ (۴): ۹۸-۷۳.

۲۴. کریمی راد، ا.، ابراهیمی، ک.، عراقی نژاد، ش. (۱۳۹۸). ارزیابی پایداری توسعه آب زیرزمینی در سفره چندلایه (مطالعه موردی: آبخوان استان گلستان). مجله علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۹(۴)، ۱۳۲-۱۴۵.

۲۵. موسوی، ن.، قرقانی، ف. (۱۳۸۸). محاسبه شاخص‌های پایداری آب کشاورزی توسط مدل برنامه ریزی کسری (مطالعه موردی شهرستان مرودشت). مجله اقتصاد کشاورزی، ۳(۳): ۱۶۰-۱۴۳.

26. Chaturvedi, M.C. (2001). Sustainable development of India's waters: some policy issues, Water Policy, 3: 297–320.

27. Dantsis, Th., Douma, c., Giourga, Ch., Loumou, A., A. Polychronaki, E. (2010). A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production systems. Journal of Ecological Indicators, 10(2): 256-263.

28. Donati, M., Bodini, D., Arfini, F., Zezza, A. (2013) An integrated PMP model to assess the development of agro-energy crops and the effect on water requirements. Bio-based and Applied Economics 2(3), 301-321.
29. Ghasempour, R., Nazari, M. A., Ebrahimi, M., Ahmadi, M. H., & Hadiyanto, H. (2019). Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approach for Selecting Solar Plants Site and Technology: A Review. International Journal of Renewable Energy Development, 8(1).
30. Howitt, R.E. (1995). Positive mathematical programming. American Journal of Agricultural Economics, 77: 329-342.
31. La Sala, P., & Contò, F. (2019). Sustainable use of water resources in Italy in the perspective of the CAP 2021-2027. In CAP 2021+: balanced development among the dimensions of rural sustainability (Vol. 1, pp. 32-34).
32. Lara, p., Stancu-Minasian, I. (1999). Fractional Programming: A tool for the assessment of sustainability. Agricultural Systems, 69: 131-141.
33. Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., Huirne, R. (2003). Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. Journal ofAgriculture, Ecosystems and Environment, 95(1): 273-288.
34. Sayraudeau, S., van der Werf, H.M.G. (2005). Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. Journal ofAgriculture, Ecosystems and Environment, 107: 1-19.
35. Sun, Sh., Wang, Y., Liu, J., Cai, H., Wu, P., Geng, Q., Xu, L. (2016). Sustainability assessment of regional water resources under the DPSIR framework. Journal of Hydrology, 532: 140-148.
36. Joe, E., Khan, S. (2005). A multi-objective optimization approach to water management. Journal of Environmental Management, 77: 269–277.

بررسی امکان‌پذیری حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در شهرستان آق‌قلا

زهرا تارمحمدی قورچی، غلامحسین عبداله‌زاده[1]*، محمد شریف شریف‌زاده و عبدالوهاب قزل

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد توسعه روستایی گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده مدیریت کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

zahratarmohammadi69@gmail.com

دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده مدیریت کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

Abdollahzd@gau.ac.ir

دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده مدیریت کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

sharifzadeh@gau.ac.ir

کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، گرگان، ایران.

Abdolvahabqezel@gmail.com

چکیده

امروزه مدیریت مشارکتی آب به عنوان یکی از عناصر اصلی مدیریت پایدار منابع آب به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. امکان‌پذیری حکمروایی خوب در فرآیند مشارکت ذینفعان در بهره‌برداری از منابع آب می‌تواند منافع کلیه بهره‌برداران را به شیوه‌ای عادلانه تأمین کند. هدف از این تحقیق بررسی امکان‌پذیری حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب است که به صورت موردی در تعاونی تولید پیوند شهرستان آق‌قلا انجام شده است. روش تحقیق پیمایشی بود و از ابزار پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز استفاده شد. جامعه آماری شامل ۴۰۰ نفر از کشاورزان عضو تعاونی تولید پیوند شهرستان آق‌قلا است که خدمات مرتبط با مدیریت مشارکتی آب را دریافت کرده‌اند. داده‌ها از ۱۹۶ نفر از کشاورزان از هفت روستای هدف گردآوری شد. روایی پرسشنامه تحقیق بر مبنای دیدگاه متخصصان و پایایی آن با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ در دو قسمت میزان اهمیت و قابلیت تحقق متغیرهای حکمروایی خوب تأیید شد. نتایج بررسی وضعیت تحقق مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب نشان داد که، بیشتر پاسخگویان اعتقاد داشتند که مؤلفه-های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد مطالعه در سطح قابل قبولی مورد توجه قرار گرفته است. همچنین نتایج آزمون *t* تک نمونه‌ای هم نشان داد که فرآیند مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد مطالعه از نظر توجه به هر پنج مؤلفه حکمروایی خوب یعنی مشارکت‌مردمی و توافق‌جمعی، مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری، پاسخگویی و شفافیت، انصاف و کارایی و اثر بخشی موفق بوده است. نتایج آزمون *t* مستقل نشان داد که گروهی که دارای شغل اصلی کشاورزی هستند (در مقایسه با آنهایی که شغل اصلی آنها کشاورزی نیست) و افرادی که نحوه دریافت آب آنها به صورت گروهی است (در مقایسه با افرادی که به صورت فردی آب دریافت می‌کنند)، امکان‌پذیری مؤلفه‌های حکمروایی خوب را در سطحی بالاتر ارزیابی کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مؤلفه‌های حکمروایی خوب، تعاونی تولید پیوند، استان گلستان

1- آدرس نویسنده مسئول: گرگان، گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده مدیریت کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

* - دریافت: شهریور ۱۳۹۸ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

مقدمه

در حالی که موضوع حکمروایی از سال‌های ۱۹۸۰ به در ادبیات توسعه مورد توجه قرار گرفته اما ورود آن به بخش منابع آب از اوایل قرن حاضر بوده است (بیسواس و تورتاجادا، ۲۰۱۰). بین سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۰۰، پارادایم‌های مهم بخش آب شامل مدیریت پایدار آب و مدیریت یکپارچه منابع آب بود که هیچکدام از آنها موفق به تأثیر بلند مدت بر بخش آب نشدند (بیسواس و تورتاجادا، ۲۰۰۵؛ بیسواس و همکاران، ۲۰۰۵) و به همین علت مبحث حکمروایی آب پدید آمد. تعاریف کلی که برای مفهوم حکمروایی توسط مؤسسات مختلف بین‌المللی ارائه شده اغلب قابلیت کاربرد محدودی برای بخش آب دارد. به عنوان مثال، بانک جهانی به عنوان اولین نهادی که حکمرانی خوب که را در یک راهبرد سیاستگزاری پیگیری می‌کرد، مواردی مانند حمایت از حقوق مدنی، نهادهای پاسخگو و مسئولیت‌پذیر، آزادی مطبوعات، امکان جایگزینی دولت‌ها با انتخابات، حق اظهارنظر و پاسخگویی، ثبات سیاسی، اثربخشی دولت، کیفیت مقررات، حاکمیت قانون، کنترل فساد را در تعریف مفهوم حکمروایی خوب وارد کرده است (بانک جهانی، ۲۰۰۰).

در حالی که حکمروایی آب را به عنوان وجود طیف وسیعی از نظام‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و اداری برای توسعه و مدیریت منابع آب و ارائه خدمات آب در سطوح مختلف جامعه تعریف شده است (راجرز و هال، ۲۰۰۳). برنامه توسعه ملل متحد حکمروایی آب را شامل فرآیندها و مؤسسات سیاسی، اقتصادی و اجتماعی می‌داند که از طریق آنها دولت‌ها، بخش خصوصی و جامعه مدنی در مورد چگونگی استفاده، تخصیص، توسعه و مدیریت پایدار منابع آب تصمیم می‌گیرند (یوان‌دی‌پی، ۲۰۰۴). این شامل سازوکارها، فرآیندها و نهادهایی است که از طریق آنها کلیه ذینفعان درگیر، از جمله شهروندان و گروه‌های ذینفع، اولویت‌های خود را بیان می‌کنند، از حقوق قانونی خود استفاده می‌کنند، به تعهدات خود عمل می‌کنند و اختلاف خود را حل می‌کنند و آن بر رابطه علت و معلولی مشکلات مربوط به آب تأکید می‌کند.

حکمروایی آب و مدیریت آب موضوعاتی مستقل از یکدیگر هستند و در واقع حکمروایی به معنای امکان استفاده صحیح از ابزارهای عملی مدیریت در موقعیت‌های مورد نیاز است (تورتاجادا، ۲۰۱۰). در بیشتر کشورهای در حال توسعه، نهادهای تصمیم‌گیر بخش آب به درستی عمل نمی‌کنند و بیشتر آنها ساختارهای نهادی پراکنده و ساختارهای تصمیم‌گیر که دارای همپوشانی و یا تضاد هستند را نشان می‌دهند؛ بنابراین بحث کاربرد حکمروایی آب به عنوان چارچوبی که در آن می‌توان مدیریت یکپارچه منابع آب را به کار گرفت مطرح شد (راجرز و هال، ۲۰۰۳). بدیهی است که مدیریت آب موضوعی نیست که فقط از درون بخش آب یا فقط از دیدگاه یک ذینفع یا یک بخش قابل دستیابی باشد. در عوض این یک چالش توسعه‌ای است که نیاز به همکاری، همکاری و هماهنگی از داخل و خارج از بخش آب و همچنین از طرف‌های ذینفع دارد. از طرفی در بخش مدیریت منابع آب در اکثر کشورهای در حال توسعه، نهادها، سازمان‌ها و قوانین ناکارآمد زیادی وجود دارد که مانع یک حکمروایی خوب در بخش آب است (تورتاجادا، ۲۰۱۰)؛ بنابراین لازم با مشارکت کنشگران مختلف در بحث مدیریت، برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و معرفی مباحث اخلاقی از قبیل مشارکت مردمی، شایسته‌سالاری، انصاف، پاسخگویی، شفافیت و کارآمدی (اودی‌ای، ۲۰۰۹)، چالش-های مرتبط با ایجاد حکمروایی خوب آب رفع و چنین ساختاری به واقعیت تبدیل شود؛ بنابراین تلفیق مؤلفه‌ها و معیارهای حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای، اثربخشی این فرآیند-ها را بهبود دهد (تارمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

در منابع داخلی نیز تعاریف و مولفه‌های مختلفی برای حکمروایی آب به کار گرفته شده است. حکمروایی خوب در فرآیند مشارکت بهره‌برداران از منابع آب بدین معنی است که مدیریت، تصمیم‌گیری، اجرا و ارزیابی

عملکردها در فرآیند تأمین، توزیع و انتقال آب باید با مشارکت و همفکری بین مسئولان و ذی‌نفعان صورت گیرد (ازکیا و رستمعلی‌زاده، ۱۳۹۳). مشارکت ذی‌نفعان در تصمیم‌گیری‌ها، پاسخگو بودن مسئولان در برابر ذی‌نفعان، ثبات تصمیم‌گیری، بهبود اثربخشی، بهبود کیفیت مقررات، رعایت قانون، مهار فساد و شفاف‌سازی از جمله شاخص‌های حکمرانی خوب هستند (غنیان و جابری، ۱۳۹۵). حکمروایی خوب آب باید در نهایت منجر به تنظیم تخصیص و بهبود شرایط بهره‌برداری از آب گردد و از طریق تحریک اراده جمعی ذی‌نفعان مدیریت مشارکتی آب انجام شود (عمرانیان خراسانی، ۱۳۹۴).

در واقع تحقق حکمروایی خوب که در برگیرنده مجموعه‌ای از عناصر و مؤلفه‌های مرتبط با هم است، همانند یک دیدگاه یا رویکردی برای نظام‌بخشی و تنظیم اداره امور در تشکل‌ها و سامانه‌های مدیریتی در حوزه‌های مختلف از جمله بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی کاربرد دارد و می‌تواند به اجرای پروژه‌ها و طرح‌های مشارکتی در این حوزه با هماهنگ‌سازی دست‌اندرکاران متعدد و بهره-گیری از ظرفیت‌های محلی به شیوه خوداتکا یاری رساند؛ بنابراین حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب، فراهم‌کننده بستر یا فضای توانمندساز برای تعامل و ایفای نقش ذی‌نفعان مختلف در این فرآیند و اجرای ابتکارات مورد نظر است. ذی‌نفعان در فرآیند بهره‌برداری از منابع آب اشاره به کسانی دارد که به طور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تأثیر (منفی یا مثبت) عملکرد واحدهای آب‌بران قرار می‌گیرند[1] (تارمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷). در سطح کشور نیز واحدهای آب‌بران جهت کمک به بهبود راندمان آبیاری، مدیریت بهینه آب و جلب مشارکت واقعی بهره‌برداران در امر تصمیم‌گیری، اجرا، مدیریت و نگهداری از شبکه‌های آبیاری ایجاد و ساماندهی شده‌اند (عبدالله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). در واقع هدف از تأسیس تعاونی آب‌بران توسعه مدیریت مشارکتی آبیاری برای افزایش کارایی استفاده از آب از طریق مداخله تمام ذی‌نفعان در انواع فعالیت‌های مدیریت تا جای ممکن است (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).

در شهرستان آق‌قلا استان گلستان و در اراضی تحت پوشش تعاونی پیوند این شهرستان پروژه‌ای تحت عنوان "استقرار سیستم مدیریت مشارکتی آب" توسط آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) در سال ۱۳۸۷ با هدف بهبود بهره‌وری آب و همچنین افزایش دانش و تجربه کشاورزان در مدیریت مشارکتی آب شروع شد. عمده فعالیت‌های انجام شده توسط پروژه عبارت است از: تقویت تشکل‌های کشاورزان، تدوین برنامه آبیاری و نگهداری سازه‌ها، ترویج فنون مختلف زراعی و حفاظت و آب و خاک (جایکا، ۱۳۹۲). در این راستا تعداد ۳۶ گروه آب‌بران در منطقه تشکیل شد و هدف این بود با اجرای الگوی مدیریت مشارکتی آب، بهره‌برداری بهینه از آب و نظام بهبودیافته بهره‌برداری در منطقه مواردی از قبیل، کاهش هزینه نگهداری سازه‌ها، صرفه‌جویی در مصرف آب، افزایش میزان تولید، بهبود بهره‌وری آب، افزایش راندمان کل مزرعه و کارایی مصرف آب به دست آید. همچنین در همین راستا بهبود دانش، نگرش و رفتار کشاورزان در طی سال‌های اجرای طرح پیگیری و با عملیاتی نمودن برنامه‌های آموزشی اجرا گردیده است (جایکا، ۱۳۹۲). دستیابی به این اهداف از طریق اجرا و به کارگیری مؤلفه‌های حکمروایی آب امکان‌پذیر است؛ بنابراین بررسی امکان‌پذیری حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب اهمیت زیادی دارد و می‌تواند به مسئولین در اتخاذ تصمیم‌گیری‌های مؤثر و کارا در بهبود اثربخشی اقدامات انجام شده یاری رساند.

هر چند که تحقیقات مختلفی در زمینه حکمروایی خوب، مدیریت مشارکتی آب و تشکل‌های آب‌بران انجام شده است اما تحقیقات اندکی امکان‌پذیری مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیندهای مرتبط با مدیریت مشارکتی آب را بررسی کرده‌اند. در ادامه نتایج برخی تحقیقات مرتبط ارائه می‌شود. تحقیق شریف‌زاده و

[1] ذی نفعان در این تحقیق معادل *beneficiaries* در نظر گرفته شده است. یعنی کسانی که مستقیما از پروژه مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد نظر نفع برده‌اند. در این تحقیق کشاورزان، اعضای و مدیران تعاونی مورد مطالعه همان ذی‌نفعان پروژه مدیریت مشارکتی آب در نظر گرفته شده است.

همکاران (۱۳۹۴) بیانگر امکان‌پذیری شاخص‌های سرمایه اجتماعی و حکمروایی شایسته در مدیریت روستایی (با محوریت شوراهای اسلامی و دهیاری‌ها در تعامل دست-اندرکاران و ذی‌نفعان مرتبط از جمله مردم روستایی) در محدوده جغرافیایی شهرستان جویبار و وجود رابطه مثبت معنی‌داری بین این دو مؤلفه با یکدیگر بود. ضمن اینکه افزایش مشارکت مردم در مدیریت روستا و جلب اعتماد آنها می‌تواند به ارتقای کیفیت حکمرانی و اداره امور روستا کمک نماید. سجادی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی، نقش حکمروایی خوب در ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری را مورد بررسی قرار داد و بر امکان‌پذیری مؤلفه‌هایی مانند مشارکت، اثربخشی و کارآیی و شفافیت در حکمروایی شایسته مدیریت شهری تأکید کردند. نکیوب (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای در زیمباوه به بررسی نقش حکمروایی خوب در پیشبرد توسعه مشارکتی و کاهش فقر پرداختند و بیان کردند که حکمروایی خوب سبب توسعه مشارکت در بین جوامع شده و در نهایت این فرضیه ثابت شده است که حکمروایی خوب راهبرد مناسبی برای کاهش فقر روستایی است.

حیدریان (۱۳۸۱) در بررسی مهمترین مشکلات تشکل‌های آب‌بران در ایران مواردی را مورد اشاره قرار می‌دهد که برخی از آنها به شاخص‌های حکمروایی خوب ارتباط دارند. اینها شامل فقدان تعریف روشن و مشخص از مسئولیت‌های بهره‌برداران، نبود اختیارات کافی، هزینه-های مالی بالا، قوانین ضعیف برای انجام مسئولیت‌ها و در نهایت عدم وجود مشوق‌های کافی و مناسب برای بهره برداران است. شعبانعلی‌فمی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین دلیل عدم مشارکت کشاورزان در مدیریت منابع آب، وجود اختلاف بین بهره‌برداران در توزیع آب و تقویت حس فردگرایی است که در نهایت موجب از هم پاشیده شدن تشکل‌های بهره‌برداران می‌گردد. چانداران و چاکاچه‌ی (۲۰۰۶) در تحقیقی بیان کردند که کافی بودن مقدار آب، دسترسی به موقع و انصاف در دسترسی به آن اهمیت زیادی در جلب مشارکت مؤثر کشاورزان در اجرای پروژه‌های آبیاری دارد. بوسا (۲۰۱۵) در مقاله خود در مورد مؤسسات آب و مدیریت آن در آفریقای جنوبی بر مدیریت جمعی و گروهی در بهره‌برداری از آب تأکید کرده است و مدیریت جمعی را در مقایسه با مدیریت فردی در کاهش هدر رفت آب مؤثر می‌داند. ملاحظه می‌شود که در تحقیقات پیشین مواردی مانند عوامل مؤثر بر مشارکت در تشکل‌های آب-بران، زمینه‌های مشارکت در تشکل‌های آب‌بران، سازه‌های مؤثر بر مدیریت آب، عوامل مؤثر بر موفقیت تشکل‌های آب‌بران، حکمروایی شهری و نقش حکمروایی خوب در ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به اندک بودن تحقیقات مرتبط، تحقیق حاضر با با هدف ارزیابی امکان‌پذیری کاربرد مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب شهرستان آق‌قلا طراحی و انجام شده است. به این علت منطقه آق‌قلا استان گلستان برای مطالعه انتخاب شده است که دارای تجربه پیشبرد مجموعه‌ای اقدامات با عنوان "مدیریت مشارکتی آب" ذیل مجموعه شرکت تعاونی پیوند است که از اقدامات شناخته‌شده مدیریت مشارکتی آب در سطح کشور است. در این راستا تحقیق حاضر این اهداف را پیگیری می‌کند:

- شناخت نظر کشاورزان در خصوص میزان اهمیت شاخص‌ها و مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در اراضی تحت مالکیت آنها؛
- بررسی نظر کشاورزان در خصوص اجرای هر کدام از مؤلفه‌ها و شاخص‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در در اراضی تحت مالکیت آنها؛

مواد و روش‌ها

این تحقیق از لحاظ هدف، کاربردی، از نظر گردآوری داده ها، میدانی و از لحاظ کنترل و سنجش متغیرها، توصیفی و غیر آزمایشی می‌باشد. در این تحقیق از بین انواع روش‌های تحقیق توصیفی، از پیمایش برای دستیابی به اهداف مورد نظر بهره گرفته شده است. پس از

تدوین طرح پیشنهادی با بررسی مبانی نظری، مفاهیم و مؤلفه های حکمروایی خوب گردآوری شد. سپس تحقیقات تجربی انجام شده و مرتبط با موضوع مدیریت مشارکتی آب بررسی شد. در عین حال، تعامل میدانی تیم تحقیق با کارشناسان پروژه و همچنین تجربیات میدانی محققان در این پروژه، در قالب جلسات و بازدیدهای میدانی منجر به شناسایی و عملیاتی‌سازی شاخص‌های زیرمجموعه هر مؤلفه حکمروایی خوب با توجه به مبحث آب شد. با تلفیق این دو بخش (بررسی پیشینه تحقیق و تعامل میدانی با کارشناسان پروژه)، عملیاتی‌سازی مؤلفه‌های حکمروایی در فرآیند بهره‌برداری مشارکتی آب انجام شد و این چارچوب مبنای تدوین پرسشنامه تحقیق قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های حکمروایی خوب در فرآیند بهره‌برداری مشارکتی آب

مؤلفه‌های اصلی	گویه‌های مرتبط با بخش آب
مشارکت‌مردمی و توافق جمعی	مشارکت کشاورزان در تشکیل گروه آب‌بران، توافق و تصمیم‌گیری در خصوص سهم آب، تدوین و اجرای برنامه فعالیت‌ها در زمینه‌ی آبیاری، زراعت، انعکاس نظرات به منظور مدیریت و بهره‌برداری بهینه از آب و تاسیسات آبی.
مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری	شرکت فعال در فرآیند تصمیم‌گیری و اجرای فعالیت‌ها از جمله نوبه‌بندی آب، نگهداری کانال‌ها، استفاده از روش‌های بهینه آبیاری، مشارکت در جلسات مجمع عمومی و مجمع بخشی و تبعیت از مصوبات.
پاسخگویی و شفافیت	تشریک اطلاعات و درمیان گذاشتن فعالیت‌ها و اقدامات واحد مدیریت آب، پاسخگویی به موقع به در خواست کشاورزان در زمینه آب‌بها، نوبه‌بندی آب، برنامه آبیاری، تقاضاهای آبیاری، ارائه اطلاعات لازم به سرگروه‌ها.
انصاف	تدوین خط و مشی کلی یا رویکرد اساسی آبیاری در هیئت امناء و مجمع بخشی، اطلاع‌رسانی در مورد تقاضای آبیاری و دریافت آن، تدوین برنامه آبیاری، رعایت نوبه‌بندی و ترتیبات آبیاری و تمیزکاری کانال‌های درجه ۲ قبل از انجام آبیاری توسط کشاورزان.
کارایی و اثر بخشی	بکارگیری الگوی مدیریت مشارکتی آب، استفاده مطلوب و بهینه از سازه‌های آبیاری و زهکشی و روش‌های آبیاری پیشنهادی، مدیریت هزینه‌ها، اصلاح خاک، نواربندی و کرت‌بندی صحیح زمین

منبع: بیسواس و تورتاجادا، ۲۰۱۰؛ تورتاجادا، ۲۰۱۰؛ تارمحمدی و همکاران، ۱۳۹۷؛ تاتار و همکاران، ۱۳۹۴؛ غنیان و جابری، ۱۳۹۵؛ شریف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵؛ رکن‌الدین افتخاری و همکاران، ۱۳۹۱ (شاخص‌های اولیه از این مطالعات گردآوری شده سپس برای تدوین پرسشنامه با توجه اقدامات مرتبط با مدیریت مشارکتی آب منطقه مورد مطالعه اصلاح شد)

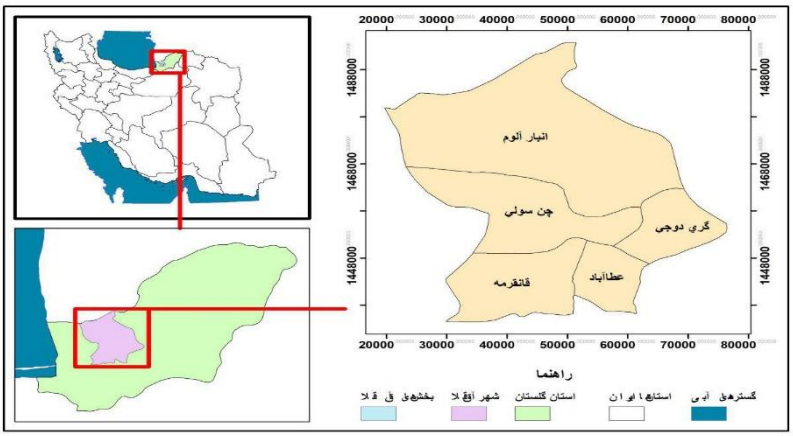
جامعه آماری، شامل کلیه اعضای تعاونی تولید پیوند شهرستان آق‌قلا به تعداد ۴۰۰ نفر است که اقدامات مرتبط با مدیریت مشارکتی آب در اراضی آنها اجرا شده است (سازمان جهاد کشاورزی گلستان، ۱۳۹۲) و از طریق فرمول کوکران ۱۹۲ نفر به عنوان نمونه‌های تحقیق انتخاب شدند. نمونه‌ها به روش تصادفی با انتساب متناسب است در درون هفت روستای تحت پوشش تعاونی تولید پیوند (تازه‌آباد، قرنجیک پورامان، آق دکش، چن سبیلی، سقر یلقی، آق زبیر و سلاق یلقی)، انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها و اندازه‌گیری متغیرها، پرسشنامه است که در شش بخش اصلی شامل، ویژگی‌های فردی و شغلی و متغیر های سنجش حکمروایی خوب در پنج زیربخش شامل (با توجه به مؤلفه‌های جدول ۱) مشارکت مردمی و توافق جمعی (۱۲ سوال، ضریب آلفای ۰/۸۷۹)، مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری (۱۱ سوال، ضریب آلفای ۰/۸۸۶)، پاسخگویی و شفافیت (۶ سوال، ضریب آلفای ۰/۷۷۰)، انصاف (۹ سوال، ضریب آلفای ۰/۸۵۲)، کارایی و اثر بخشی (۱۳ سوال، ضریب آلفای ۰/۸۶۸) تدوین شد. در ابتدا میزان اهمیت هر کدام از شاخص‌ها و سپس قابلیت اجرا و کاربرد آنها در فرآیند مدیریت مشارکتی آب ارزیابی شد. روایی محتوایی و صوری پرسشنامه از طریق سه نفر از اعضای هیأت علمی دانشگاه و همچنین مصاحبه با پنج نفر از اعضای کمیته اجرایی پروژه در سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان بررسی شد و با انجام برخی اصلاحات، در نهایت روایی آن مورد تأیید قرار گرفت. برای ارزیابی پایایی نیز ضریب آلفای کرونباخ برای شاخص‌های مختلف محاسبه گردید که بیشتر از مقدار قابل قبول ۰/۷ به دست آمد. کلیه محاسبات آماری این تحقیق به وسیله نرم‌افزار $SPSS_{18}$ در دو بخش توصیفی و استنباطی صورت گرفته است. علاوه بر روش‌های آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار، فراوانی، درصد) از آزمون های t تک نمونه‌ای (برای بررسی وضعیت حکمروایی خوب آب در منطقه) و t مستقل (برای مقایسه مؤلفه های حکمروایی با توجه به نوع شغلی اصلی

کشاورزی و غیرکشاورزی و همچنین نحوه دریافت آب فردی و گروهی) استفاده شد. همچنین از من‌وایتنی برای مقایسه مؤلفه‌های حکمروایی بر حسب محل سکونت استفاده شد. برای سطح‌بندی وضعیت مؤلفه‌های حکمروایی هم ابتدا ترکیب خطی غیروزان دار گویه های مختلف به تفکیک مؤلفه‌های پنجگانه محاسبه شد، سپس با استفاده از رابطه زیر شاخص نهایی هر مؤلفه به مقداری بین صفر و یک تبدیل شد و سپس طبقه‌بندی شد (کلانتری، ۱۳۹۱).

$$\text{شاخص نهایی} = \frac{\text{مقدار حداقل } X_i - \text{مقدار واقعی } X_i}{\text{مقدار حداقل } X_i - \text{مقدار حداکثر } X_i}$$

آق‌قلا یا آق قلعه یکی از شهرستان‌های استان گلستان ایران است (شکل ۱). این شهرستان با جمعیتی بیش از ۱۲۰ هزار نفر، ۷۶۳ کیلومترمربع وسعت دارد. این شهرستان در طرفین رودخانه گرگان و در شمال شهر گرگان قرار گرفته است. از سمت شمال به بخش اترک، از غرب به بخش گمیشان، از جنوب به بخش مرکزی گرگان و دهستان ملک و از شرق به دهستان کتول و بخش مرکزی شهرستان گنبد کاووس محدود است. منابع درآمد مردم این شهرستان نخست زراعت و پس از آن صنایع دستی و کارگری است. محصولات عمده آن: گندم، جو، برنج، پنبه، حبوبات، نباتات علوفه‌ای، سیب‌زمینی و دانه‌های روغنی است که از طریق آبیاری و دیم به دست می‌آید. این شهرستان بر اساس طبقه‌بندی علمی آمبرژه، دارای اقلیم نیمه خشک معتدل و بارندگی متوسط سالیانه ۲۳۰ میلیمتر می باشد

معرفی ناحیه مورد مطالعه



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه

نتایج و بحث

یافته‌های توصیفی

اصولاً ویژگی‌های پاسخگویان جهت آشنایی با نمونه تحقیق ارائه می‌شود. در این تحقیق ۹۹/۵ درصد پاسخگویان مرد بودند. میانگین سابقه عضویت پاسخگویان در تعاونی مورد مطالعه ۱۳/۴۴، میانگین سنی ۵۲/۳۲ و میانگین سابقه کار کشاورزی ۲۱/۱۸ سال است. میانگین زمین تحت مالکیت ۹/۵۳ هکتار بود. ۸۶/۵ درصد پاسخگویان دارای اراضی شخصی و بقیه دارای اراضی اجاره‌ای بودند و همچنین از نظر سطح تحصیلات ۴۰/۱ درصد پاسخگویان بیسواد، ۲۰/۶ درصد دارای تحصیلات ابتدایی، ۱۵/۱ درصد دارای تحصیلات راهنمایی، ۱۴/۶ در صد دبیرستان و دیپلم و ۸/۳ در صد دارای تحصیلات بالاتر از دیپلم بودند. ۶۷/۷ درصد بیان کردند که شغل

اصلی آنها کشاورزی است و ۲۰/۸ درصد دارای مشاغل جانبی دیگری هم بودند. ۹۱/۷ درصد کشاورزان از آب رودخانه برای آبیاری اراضی خود استفاده می‌کردند و بقیه از آب چاه استفاده می‌کردند. ۵۲/۱ درصد کشاورزان از شیوه‌های آبیاری کرتی- نواری استفاده می‌کردند و بقیه از روش‌های آبیاری پیشرفته (بارانی و شیاری بتونی) استفاده می‌کردند. ۵۴/۷ درصد کشاورزان بیان کردند که آب مورد استفاده آنها برای کشاورزی با شوری متوسط است، در حالی که ۷/۳ درصد شوری را کم و ۳۲/۳ درصد شوری را زیاد ارزیابی کردند.

بررسی وضعیت مؤلفه‌ها و گویه‌های حکمروایی خوب آب

جدول (۲) توصیف و مقایسه شاخص‌های حکمروایی خوب به تفکیک پنج مؤلفه را نشان می‌دهد. در مؤلفه **مشارکت‌مردمی و توافق جمعی**، گویه "اطلاع‌رسانی موضوعات مهم توسط معاون" بالاترین رتبه و گویه "شرکت در جلسات هیئت مدیره در موضوعات مرتبط با فعالیت‌های کشاورزان" کمترین اهمیت را داشته است. در همین مؤلفه و در بخش قابلیت اجرا گویه "انتخاب هیئت امناء واحد مدیریت آب توسط سرگروه‌ها" بیشتر رتبه و گویه "شرکت در جلسات هیئت مدیره در موضوعات مرتبط با فعالیت‌های کشاورزان" کمترین رتبه را داشته است. در مؤلفه **مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری**، گویه "رعایت نوبه‌بندی آب‌بها براساس موصوبات مجمع بخشی و هیئت امناء" بالاترین رتبه و گویه "پرداخت به موقع آب‌بها" کمترین اهمیت را داشته است. در همین مؤلفه و در بخش قابلیت اجرا گویه "ایجاد و استفاده از کرت‌ها و نوارهای مناسب جهت بهبود آبیاری مفید و مؤثر" بالاترین رتبه و گویه "همکاری و هماهنگی با اعضاء گروه در نوع کشت محصولات" کمترین رتبه را داشته است. در خصوص مؤلفه **پاسخگویی و شفافیت**، گویه "بیان شفاف از مسائلی مربوط به توزیع آب- هزینه‌ها در جلسات مجمع بخشی" بالاترین رتبه و گویه "ارسال دعوت‌نامه مکتوب در موارد مربوط به شرکت در جلسات و کارگاه آموزشی" کمترین اهمیت را داشته است. در همین مؤلفه و در بخش قابلیت اجرا گویه "طرح تقاضای آبیاری و عقد قرار داد آبیاری از طریق مسئول اجرایی در محل تعاونی" بیشتر رتبه و گویه "ارسال دعوت‌نامه مکتوب در موارد مربوط به شرکت در جلسات و کارگاه آموزشی" کمترین رتبه را داشته است.

در مؤلفه **انصاف**، گویه "اقدام به تمیزکاری سطح کانال درجه ۲ قبل از انجام آبیاری توسط کشاورزان" بالاترین رتبه و گویه "اعتماد به تقسیم عادلانه آب در تعاونی" کم‌ترین اهمیت را داشته است. در همین مؤلفه و در بخش قابلیت اجرا گویه "اقدام به تمیزکاری سطح کانال درجه ۲ قبل از انجام آبیاری توسط کشاورزان" بالاترین رتبه و گویه "عادلانه بودن ساعات آبیاری هر مزرعه" پایین‌ترین رتبه را داشته است. در مؤلفه **کارایی و اثربخشی** گویه "توانمندسازی اعضاء تعاونی در برطرف کردن اختلافات و ناسازگاری‌ها در تقسیم آب" بالاترین رتبه و گویه "تامین کافی و به موقع نیاز آبی کشاورزان" کمترین اهمیت را داشته است. در همین مؤلفه و در بخش قابلیت اجرا گویه "کمتر کردن هزینه‌ی آبیاری با ایجاد نوارها و کرت‌بندی مناسب" بیشترین رتبه و گویه "افزایش توانایی کشاورزان در ذخیره و منابع آب" کمترین رتبه را داشته است.

جدول ۲- آمار توصیفی شاخص‌های حکمروایی خوب آب

	شاخص‌ها	میزان اهمیت			قابلیت اجرا در تعاونی		
		میانگین	انحراف معیار	رتبه	میانگین	انحراف معیار	رتبه
مشارکت مردمی و توافق جمعی	شرکت در جلساتی که در داخل روستا و دفتر تعاونی برگزار می‌شود	۲/۴۵	۰/۵۷۰	۱۱	۲/۴۴	۰/۶۶	۸
	شرکت فعال در کارگاه آموزشی در زمینه‌ی آب و زراعت	۲,۴۸	۰/۵۶۰	۱۰	۲/۵۵	۰/۶۵۳	۴
	شرکت در جلساتی که هیئت مدیره در موضوعات مرتبط با فعالیت‌های کشاورزان برگزار می‌کنند	۰/۳۲	۰/۷۵۰	۱۲	۲/۲۴	۰/۷۵۰	۱۲
	اتخاذ تصمیمات مرتبط با آب در جلسات عمومی شرکت و مجمع بخشی با حضور نماینده کشاورزان	۲/۶۲	۰/۵۹۲	۶	۲/۴۱	۰/۷۰۴	۹
	اطلاع رسانی موضوعات مهم آب به کشاورزان توسط تعاونی	۲/۷۶	۰/۴۶۰	۱	۲/۵۶	۰/۶۲۷	۳
	اهمیت دادن کارشناسان اداری به نقطه نظرات کشاورزان در رابطه با آب و زراعت	۲/۶۶	۰/۵۴۶	۳	۲/۵۸	۰/۶۴۱	۲
	انتخاب هیئت امناء واحد مدیریت آب توسط سرگروه‌ها	۲/۶۳	۰/۵۴۳	۵	۲/۶۰	۰/۶۲۲	۱
	مشارکت با سرگروه‌ها در تصمیمات مرتبط با نگهداری سازه‌ها و آب‌ها	۲/۵۰	۰/۵۵۱	۹	۲/۴۷	۰/۵۹۶	۶
	پی‌گیری هیئت امناء در اتخاذ تصمیمات توسط سرگروه‌ها	۲/۶۴	۰/۵۳۲	۴	۲/۴۶	۰/۵۷۸	۷
	هماهنگی و برقراری ارتباط لازم بین اعضای گروه با واحد مدیریت آب توسط سرگروه‌ها	۲/۶۰	۰/۵۴۰	۷	۲/۳۳	۰/۶۲۶	۱۱
	هماهنگی جهت تعیین سهم آب سرگروه‌ها توسط واحد مدیریت آب و هماهنگی اعضاء توسط سرگروه جهت نوبه‌بندی آبیاری در داخل کانال درجه دو	۲/۶۸	۰/۵۰۷	۲	۲/۴۷	۰/۶۷	۵
	نگهداری از کانال درجه ۲ با هماهنگی سرگروه‌ها	۲/۵۶	۰/۶۰۱	۸	۲/۳۶	۰/۶۸۹	۱۰
مسئولیت‌پذیری و قانون	شرکت در جلسات مجمع عمومی و مجمع بخشی تعاونی	۲/۵۰	۰/۵۸۷	۶	۲/۴۲	۰/۶۴۲	۵
	شرکت در نگهداری و تمیزکاری کانال درجه ۲ در محدوده‌ی اراضی	۲/۵۲	۰/۶۰۴	۵	۲/۴۴	۰/۶۵۳	۴
	پرداخت به موقع آب‌بها	۲/۴۰	۰/۵۴۲	۱۱	۲/۳۸	۰/۶۶۸	۷
	رعایت نوبه‌بندی آب‌بها براساس موصوبات مجمع بخشی و هیئت امناء	۲/۷۰	۰/۵۱۲	۱	۲/۵۱	۰/۶۳۵	۲
	همکاری و هماهنگی با اعضاء گروه در نوع کشت محصولات	۲/۴۳	۰/۶۰۲	۹	۲/۲۱	۰/۷۴۵	۱۱
	مسئولیت‌پذیری کشاورزان در حفاظت و نگهداری از سازه‌های انتقال وبهره‌برداری آب کشاورزی	۲/۴۷	۰/۶۰	۸	۲/۳۹	۰/۶۶۱	۶
	ایجاد و استفاده از کرت‌ها و نوارهای مناسب جهت بهبود آبیاری مفید و مؤثر	۲/۵۷	۰/۶۰	۴	۲/۵۴	۰/۶۴۵	۱
	آگاه کردن مسئول اجرایی به محض اتمام آبیاری جهت استفاده کشاورزی بعدی از آب	۲/۴۹	۰/۶۲۲	۷	۲/۴۴	۰/۷۵۳	۳
	حضور در مزرعه از شروع تا پایان آبیاری	۲/۴۲	۰/۶۱۲	۱۰	۲/۳۷	۰/۶۹۰	۸
	مد نظر قرار دادن تصمیمات مجمع بخشی و هیئت امناء و عمل به آن	۲/۵۷	۰/۵۷۳	۳	۲/۳۶	۰/۷۱۲	۹
	همکاری و نظارت مسئول اجرایی در زمان تمیزکاری آبیاری	۲/۶۰	۰/۶۲۰	۲	۲/۳۴	۰/۷۶۴	۱۰
پاسخگویی و شفافیت	اطلاع‌رسانی در خصوص نحوه تهیه و تقسیم آب و جمع‌آوری حق‌آبه	۲/۴۶	۰/۵۸۷	۵	۲/۳۶	۰/۵۹۹	۳
	اطلاع رسانی از طریق خبرنامه و درج آگاهی از تصمیمات مرتبط با آب و آبیاری	۲/۵۷	۰/۵۸۳	۳	۲/۳۲	۰/۶۹۵	۴
	ارسال دعوت نامه مکتوب در موارد مربوط به شرکت در جلسات و کارگاه آموزشی	۲/۴۵	۰/۶۱۲	۶	۲/۳۱	۰/۷۵	۶
	بیان شفاف از مسائل مربوط به توزیع آب و هزینه‌ها در جلسات مجمع بخشی	۲/۶۳	۰/۵۱۵	۱	۲/۴۵	۰/۶۲۹	۲
	ارائه اطلاعات لازم از طریق مسئول اجرایی به سرگروه‌ها	۲/۵۱	۰/۵۴۱	۴	۲/۳۲	۰/۶۵۶	۵
	طرح تقاضای آبیاری و عقد قرارداد آبیاری از طریق مسئول اجرایی در محل تعاونی	۲/۶۰	۰/۵۴۱	۲	۲/۵۰	۰/۶۰۵	۱
انصاف	اتخاذ تصمیمات لازم جهت برنامه آبیای توسط سرگروه‌ها	۲/۶۱	۰/۵۵۶	۵	۲/۴۵	۰/۵۹۴	۶
	اولویت آبیاری مزارع در هر فصل زراعی براساس تصمیمات سرگروه‌ها در مجمع بخشی	۲/۶۶	۰/۵۰۶	۳	۲/۴۵	۰/۶۲۰	۵
	برنامه‌ریزی و اولیت آبیاری توسط هیئت امناء بر اساس تصمیمات مجمع بخشی	۲/۶۶	۰/۵۲۶	۲	۲/۴۵	۰/۶۴۵	۳
	ترتیبات منظم اجرایی آبیاری توسط مسئول اجرایی بر اساس تصمیمات سرگروه‌ها	۲/۵۹	۰/۵۵۲	۶	۲/۴۶	۰/۶۵۴	۲
	برنامه‌ریزی دقیق هیئت امناء						
	رعایت ترتیب و نوبه‌بندی آبیاری در تصمیمات سرگروه‌ها	۲/۶۳	۰/۵۶۶	۴	۲/۴۵	۰/۶۳۷	۴
	اقدام به تمیزکاری سطح کانال درجه ۲ قبل از انجام آبیاری توسط کشاورزان	۲/۶۸	۰/۵۶۶	۱	۲/۵۱	۰/۶۹۳	۱
	شرکت همه اعضاء به صورت برابر در تمیز کاری کانال	۲/۵۶	۰/۵۹۳	۷	۲/۳۴	۰/۷۳۵	۸
	عادلانه بودن ساعات آبیاری هر مزرعه	۲/۲۵	۰/۷۷۲	۸	۲/۰۸	۰/۷۳۳	۹
	اعتماد به تقسیم عادلانه آب در تعاونی	۲/۵۰	۰/۵۹۶	۹	۲/۳۶	۰/۶۳۲	۷

کارایی و اثربخشی	تاثیر احداث کانال‌های آبیاری و زهکشی در اصلاح خاک	۲/۷۱	۰/۵۰۶	۲	۲/۵۲	۰/۶۳۸	۴
	تاثیر احداث کانال‌های آبیاری و زهکشی در افزایش تولید	۲/۷۰	۰/۵۱۲	۳	۲/۵۸	۰/۵۹۰	۲
	کمتر کردن هزینه‌ی آبیاری با ایجاد نوارها و کرت بندی مناسب	۲/۶۵	۰/۵۰۸	۶	۲,۵۸	۰/۶۰۸	۱
	تاثیر بیشتر آبیاری در افزایش عملکرد با ایجاد نوارها و کرت‌بندی مناسب	۲/۶۸	۰/۵۰۷	۵	۲/۵۷	۰/۶۰۹	۳
	تامین کافی و به موقع نیاز آبی کشاورزان	۲/۰۴	۰/۸۴۸	۱۳	۲/۰۵۷	۰/۷۳۲	۱۲
	افزایش توانایی کشاورزان در ذخیره و منابع آب	۲/۱۰	۰/۸۷۵	۱۲	۱/۸۸	۰/۷۲۱	۱۳
	افزایش کارایی در تمیز کردن، لایروبی و نگهداری از کانال‌ها	۲/۶۸	۰/۵۶۶	۴	۲/۳۸	۰/۶۸۳	۷
	افزایش میزان حق‌آبه	۲/۴۹	۰/۵۵۱	۱۰	۲/۱۹	۰/۵۷۸	۱۰
	توانمند سازی اعضاء تعاونی در برطرف کردن اختلافات و ناسازگاری‌ها در تقسیم آب	۲/۷۴	۰/۴۹۳	۱	۲/۴۴	۰/۶۶۹	۵
	کاهش هزینه‌های تعمیر، حفظ و نگهداری شبکه آب	۲/۵۹	۰/۵۲۲	۸	۲/۴۰	۰/۶۷۲	۶
	توانمند سازی کشاورزان در بهبود و لایروبی کانال‌های آب	۲/۵۹	۰/۵۸۰	۹	۲/۱۹	۰/۶۷۸	۹
	دادن تجهیزات لازم برای نگهداری و بهره‌برداری به کشاورزان	۲/۳۴	۰/۷۱۳	۱۱	۲/۱۰	۰/۷۲۳	۱۱
	آموزش و مشارکت دادن کشاورزان در بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری	۲/۶۴	۰/۵۴۲	۷	۲/۳۳	۰/۷۹۴	۸

در ادامه با استفاده از این ۵۱ گویه نمره ترکیبی حکمروایی خوب به دست آمد که با استفاده از رابطه معرفی شده در بخش روش تحقیق مقدار آن به عددی بین صفر و یک تبدیل شد و این مقدار با فاصله طبقاتی ۰/۲ به گروه‌های مساوی تقسیم شد (جدول ۳). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، وضعیت حکمروایی خوب در مدیریت مشارکتی آب در شهرستان آق‌قلا، از نظر ۱۳ درصد کشاورزان پاسخگو در سطح ضعیف، ۳۲/۳ درصد متوسط، ۴۱/۷ درصد خوب و ۱۰/۹ درصد بسیار خوب است. این نتایج بیانگر قابلیت نسبتاً مناسب اجرای مؤلفه‌های حکمروایی خوب در مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد مطالعه است.

جدول ۳- جدول طبقه بندی حکمروایی خوب

وضعیت حکمروایی خوب	سطح طبقات	فراوانی	درصد	درصد تجمعی
خیلی ضعیف	۰/۲-۰	۲	۱	۱/۱
ضعیف	۰/۴-۰/۲	۲۵	۱۳	۱۴/۲
متوسط	۰/۶-۰/۴	۶۲	۳۲/۳	۴۶/۸
خوب	۰/۸-۰/۶	۸۰	۴۱/۷	۸۸/۹
بسیار خوب	۱-۰/۸	۲۱	۱۰/۹	۱۰۰
کل		۱۹۰	۹۹	
پاسخ داده نشده		۲	۱	

نتایج آزمون t تک نمونه‌ای

در این قسمت برای بررسی وضعیت امکان‌پذیری هر کدام از مؤلفه‌های حکمروایی از آزمون t تک‌نمونه‌ای استفاده شده است؛ بنابراین ابتدا شاخص کلی هر کدام از مؤلفه‌ها از طریق ترکیب خطی غیروزن‌دار گویه‌های آن محاسبه شد، سپس از طریق فرمول موریس به مقداری بین صفر و یک تبدیل شدند و بعد از طریق آزمون کولموگرف-اسمیرنف نرمال بودن توزیع آنها ارزیابی شد. همچنین فرضیات زیر تدوین شد که نتایج آن در جدول (۴) نشان داده شده است:

نقیض ادعا: مؤلفه‌های حکمروایی خوب کمتر و مساوی از حد متوسط است (امکان‌ناپذیر).

ادعا: مؤلفه‌های حکمروایی خوب بیشتر از حد متوسط است (امکان‌پذیر).

$H_0:\ \mu_i \le 0.5$

$H_1:\ \mu_i > 0.5$

برای تحلیل جدول زیر به این صورت عمل می‌شود: مرز مشخص کننده تأیید یا عدم تأیید فرض صفر، مقدار آمار استاندارد در سطح ۹۵٪ است. در این سطح اطمینان آماره استاندارد برابر است با ۱/۹۶؛ به این معنی که هر گویه یا متغیری که مقدار آماره t از ۱/۹۶ کوچکتر باشد

در محدوده H_0 قرار می‌گیرد و گویه یا متغیری که مقدار آماره t آن از ۱/۹۶ بزرگتر باشد، در محدوده H_1 است و می‌توان گفت که مؤلفه‌های حکمروایی خوب در حد مناسب است. با توجه به نتایج جدول (۳) مشاهده می‌شود که مقدار t شاخص‌های مختلف حکمروایی بیشتر از مقدار بحرانی (۱/۹۶) است، بنابراین فرض H_1 برای تمام شاخص‌ها پذیرفته می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که اجرای مؤلفه‌های حکمروایی پنجگانه در بحث مدیریت مشارکتی آب امکان‌پذیر است.

جدول ۴- نتایج آزمون t تک‌نمونه‌ای برای ارزیابی مؤلفه‌های حکمروایی خوب در میان کشاورزان

معیارها	میانگین	مقدار t	معنی‌داری	انحراف از میانگین	فاصله اطمینان		رد/قبول H_1
					حدپایین	حدبالا	
مشارکت‌مردمی و توافق‌جمعی	۰/۶۵۴	۱۰/۴۵	۰/۰۰۰*	۰/۲۰۴	۰/۱۲۵۳	۰/۱۸۳۵	قبول
مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری	۰/۶۰۹	۶/۰۵۶	۰/۰۰۰*	۰/۲۴۹	۰/۷۳۵	۰/۱۴۴۶	قبول
پاسخگویی و شفافیت	۰/۶۰۴	۶/۶۸	۰/۰۰۰*	۰/۲۱۶	۰/۷۳۶	۰/۱۳۵۲	قبول
انصاف	۰/۶۱۴	۶/۹۵	۰/۰۰۰*	۰/۲۲۷	۰/۸۱۷۳	۰/۱۴۶۳	قبول
کارایی و اثر بخشی	۰/۵۷۵	۴/۴۳۳	۰/۰۰۰*	۰/۲۳۵	۰/۴۱۸	۰/۱۰۹	قبول
کل حکمروایی خوب	۰/۶۱۱	۸/۶۳۷	۰/۰۰۰*	۰/۱۷۸	۰/۰۸۶۰	۰/۱۳۶۹	قبول

نتایج مقایسه مؤلفه‌های حکمروایی خوب بین گروه‌های مختلف پاسخگویان

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد که بین دو گروه دارای شغلی اصلی کشاورزی و غیرکشاورزی در خصوص مؤلفه‌های مشارکت مردمی و توافق جمعی، مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری، پاسخگویی و شفافیت، کارایی و اثربخشی اختلاف معنی‌دار وجود دارد و در تمام موارد گروهی که دارای شغل کشاورزی هستند از آن‌هایی که شغل غیرکشاورزی دارند میانگین بیشتری دارند.

نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که بین دو گروه دریافت‌کننده آب به صورت فردی و گروهی در خصوص مؤلفه‌های مشارکت مردمی و توافق جمعی، مسئولیت‌پذیری و قانون محوری، پاسخگویی و شفافیت، انصاف، کارایی و اثر بخشی اختلاف معنی‌دار وجود دارد و در تمام موارد میانگین گروه دوم (دریافت آب به صورت گروهی) از گروه اول بیشتر است. برای مقایسه وضعیت مؤلفه های حکمروایی در بین دو گروه از پاسخگویان روستا نشین و شهرنشین از آزمون من- وایتنی استفاده شد (با توجه به اینکه تعداد پاسخگویان شهرنشین برای ازمون پارامتری کافی نبود). نتایج جدول (۷) نشان داد که هیچ کدام از مؤلفه های حکمروایی در بین دو گروه اختلاف معنی‌دار ندارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین مؤلفه‌های حکمروایی خوب با توجه نوع شغل اصلی (آزمون t مستقل)

متغیر وابسته	شغل اصلی	تعداد	میانگین	انحراف معیار	مقدار t	معنی داری
مشارکت مردمی و توافق جمعی	کشاورزی	۱۳۰	۰/۷۰۵	۰/۱۷۸	۳/۸۲	۰/۰۰۰
	غیر کشاورزی	۴۰	۰/۵۷۶	۰/۲۱		
مسئولیت‌پذیری و قانون محوری	کشاورزی	۱۳۰	۰/۶۵۲	۰/۲۵۳	۱/۹۷	۰/۰۵
	غیر کشاورزی	۴۰	۰/۵۶۴	۰/۲۲۱		
پاسخگویی و شفافیت	کشاورزی	۱۳۰	۰/۶۳۵	۰/۲۰۹	۱/۹	۰/۰۵۹
	غیر کشاورزی	۴۰	۰/۵۶۳	۰/۲۰۷		
انصاف	کشاورزی	۱۳۰	۰/۶۵۱	۰/۲۲۴	۱/۲۶	۰/۲۱
	غیر کشاورزی	۴۰	۰/۶۰۲	۰/۱۹۱		
کارایی و اثر بخشی	کشاورزی	۱۳۰	۰/۶۲۱	۰/۲۲۷	۲/۵۷	۰/۰۱۱
	غیر کشاورزی	۴۰	۰/۵۱۴	۰/۲۳۱		
حکمروایی کل	کشاورزی	۱۳۰	۰/۶۵۳	۰/۱۶۹	۲/۹۰۹	۰/۰۰۴
	غیر کشاورزی	۴۰	۰/۵۶۴	۰/۱۶۸		

فرض برابری واریانس برای تمامی مؤلفه‌ها

جدول ۶- مقایسه میانگین مؤلفه‌های حکمروایی خوب بر حسب نحوه دریافت آب به صورت فردی و گروهی (آزمون *t* مستقل)

متغیر وابسته	دریافت آب	تعداد	میانگین	انحراف معیار	مقدار *t*	معنی‌داری
مشارکت مردمی و توافق جمعی	فردی	۱۲۴	۰/۶۲۲	۰/۲۰۵	-۳/۷۲۵	۰/۰۰۰
	گروهی	۶۵	۰/۷۲۷	۰/۱۷۰		
مسئولیت‌پذیری و قانون محوری	فردی	۱۲۴	۰/۵۶۶	۰/۲۵۸	-۳/۸۱۵	۰/۰۰۰
	گروهی	۶۵	۰/۶۹۸	۰/۲۰۵		
پاسخگویی و شفافیت	فردی	۱۲۴	۰/۵۸	۰/۲۱۲	-۲/۳۲۶	۰/۰۲۱
	گروهی	۶۵	۰/۶۵۶	۰/۲۱۷		
انصاف	فردی	۱۲۴	۰/۵۹	۰/۲۲۶	-۲/۲۳۹	۰/۰۲۶
	گروهی	۶۵	۰/۶۶۷	۰/۲۱۶		
کارایی و اثر بخشی	فردی	۱۲۴	۰/۵۵۴	۰/۲۳۲	-۱/۹۴۵	۰/۰۵۳
	گروهی	۶۵	۰/۶۲۴	۰/۲۳۱		
حکمروایی کل	فردی	۱۲۴	۰/۵۸۳	۰/۱۷۴	-۳/۴۹۵	۰/۰۰۱
	گروهی	۶۵	۰/۶۷۴	۰/۱۶۴		

فرض نابرابری واریانس‌ها برای مشارکت‌مردمی و توافق‌جمعی و مسئولیت‌پذیری و قانون محوری

جدول ۷- آزمون من-وایتنی برای مقایسه شاخص‌های حکمروایی خوب با دو گروه از پاسخگویان

متغیر وابسته	گروه	تعداد	میانگین رتبه‌ای	مقدار *u*	مقدار *z*	*sig*
مشارکت‌مردمی و توافق جمعی	روستا	۱۸۱	۹۶/۴۱	۸۳۱/۰۰۰	−۰/۴۳۵	۰/۶۶۳
	شهر	۱۰	۸۸/۶۰			
مسئولیت‌پذیری و قانون‌محوری	روستا	۱۸۱	۹۶/۰۶	۸۹۳/۰۰۵	−۰/۰۶۸	۰/۹۴۶
	شهر	۱۰	۹۴/۸۵			
پاسخگویی و شفافیت	روستا	۱۸۱	۹۷/۰۷	۷۱۱/۰۰۰	−۱/۱۴۳	۰/۲۵۳
	شهر	۱۰	۷۶/۶۰			
انصاف	روستا	۱۸۱	۹۶/۴۵	۸۲۳/۰۰۵	−۰/۴۷۹	۰/۶۳۲
	شهر	۱۰	۸۷/۸۵			
کارایی و اثر بخشی	روستا	۱۸۱	۹۷/۰۵	۷۱۴/۵۰۰	−۱/۱۲۱	۰/۲۶۲
	شهر	۱۰	۷۶/۹۵			
کل حکمروایی خوب	روستا	۱۸۱	۹۶/۴۰	۸۳۲/۵۰۰	−۰/۴۲۶	۰/۶۷۵
	شهر	۱۰	۸۸/۷۵			

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این تحقیق با هدف بررسی امکان‌پذیری مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب انجام شد و اطلاعات لازم را از ۱۹۲ نفر از کشاورزانی که در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در اراضی تحت پوشش تعاونی پیوند شهرستان آق‌قلا مشارکت کرده بودند، مورد استفاده قرار داد. از طریق بررسی پیشینه تحقیق و همچنین مصاحبه با کارشناسان پروژه مورد نظر، شاخص‌های مناسب در قالب پنج مؤلفه اصلی حکمروایی خوب تدوین و امکان‌پذیری اجرای آنها در فرآیند بهره‌برداری مشارکتی آب بررسی شد. نتایج بررسی وضعیت تحقق مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب نشان داد که بیشتر پاسخگویان اعتقاد داشتند که مؤلفه‌های حکمروایی خوب در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد مطالعه در سطح قابل قبولی مورد توجه قرار گرفته است. در این بین مواردی مانند توزیع عادلانه آب، افزایش آگاهی‌بخشی در زمینه مسائل و مشکلات آب، شفاف بودن اطلاعات در زمینه آب و همچنین توسعه زیرساخت‌های آبیاری در فرآیند مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد مطالعه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا انجام نظارت‌های دقیق میدانی توسط اعضای گروه‌های آب‌بران جهت اطلاع از نحوه توزیع آب و اتخاذ راهکارهای انگیزشی و تشویق‌کننده جهت جلوگیری از تضاد آب و

حفظ مشارکت در گروه‌های آب‌بران پیشنهاد می شود. به علاوه تدوین قانون مورد توافق کلیه اعضای تعاونی جهت پرداخت آب بهاء در راستای شفافیت و انصاف در توزیع آب هم توصیه می‌شود. همچنین برگزاری جلسات توجیهی جهت آشنایی کشاورزان در خصوص تعمیر و بازسازی کانال‌ها و دریچه‌ها و توجیه نوع فعالیت آن‌ها و اجرای کارگاه‌های آموزشی طبق تجارت آموخته شده پیشنهاد می‌شود.

همچنین نتایج آزمون t تک نمونه‌ای هم نشان داد که فرآیند مدیریت مشارکتی آب در منطقه مورد مطالعه از نظر توجه به هر پنج مؤلفه حکمروایی خوب یعنی مشارکت‌مردمی و توافق‌جمعی، مسئولیت پذیری و قانون‌محوری، پاسخگویی و شفافیت، انصاف و کارایی و اثر بخشی موفق بوده است. هر چند که تحقیقات مشابه در دسترس نیست اما نتایج سایر تحقیقات در خصوص امکان‌پذیری مؤلفه‌های حکمروایی خوب در زمینه تحقیق مورد نظر نتایج متناقضی داشته است (آدینه‌وند و همکاران، ۱۳۹۲؛ محمدی و باغراهی، ۱۳۹۵ و سجادی و همکاران، ۱۳۹۴ بیان کردند که مؤلفه های حکمروایی خوب در محیط شهری در وضعیت مناسبی نیستند در حالی که تحقیق شریف‌زاده و همکاران ۱۳۹۶ بیانگر سطح بالاتر مؤلفه‌های حکمروایی خوب در مدیریت روستایی بود). نتایج آزمون t مستقل نشان داد که دو گروه پاسخگویان یعنی افراد دارای شغل اصلی کشاورزی و غیر کشاورزی و دو گروه افراد دریافت کننده آب به صورت فردی و گروهی در خصوص مؤلفه‌های پنجگانه حکمروایی خوب دارای اختلاف معنی‌دار هستند و در تمام موارد افرادی که دارای شغل کشاورزی و افرادی که آب را به صورت گروهی دریافت کرده‌اند، این مؤلفه ها را بالاتر ارزیابی کردند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که انجام گروهی کارهای مدیریت آب نقش کلیدی در حکمروایی خوب آب دارد.

به طور کلی یافته های این تحقیق مبین لزوم تغییر رویکرد در حوزه مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب از نگاه پروژه‌ای یا سازمان‌محور (در اینجا، تعاونی پیوند)، به ظرفیت‌سازی برای تعامل همه دست‌اندرکاران و ذینفعان در قالب مناسبات نهادمند در پرتو حکمروایی خوب است. در واقع، تحقق حکمروایی خوب مبین این واقعیت است که صرف یک تشکل، حتی با رویکرد مدیریت مشارکتی به تنهایی نمی‌تواند موضوع منابع مشترکی همانند آب را که ذینفعان و دست‌اندرکاران متعددی دارد به خوبی مدیریت کند؛ مگر اینکه، قوانین و مقررات، ظرفیت های انسانی- اجتماعی، مناسبات شبکه‌ای بین دست‌اندرکاران مختلف و سایر عناصر مورد تاکید ذیل این مفهوم، متناسب با شرایط جامعه محلی، طراحی و در تعامل و توازان با همدیگر مستقر شوند؛ بنابراین، حمکروایی خوب می‌تواند یک بستر یا فضای نهادی توانمند ساز را برای ایفای نقش دست‌اندرکاران مختلف در یک عرصه فراهم سازد. بدون چنین بستری، افراد و تشکل‌ها، به تنهایی حتی با ظرفیت درونی مطلوب و رویکرد مدیریت مشارکتی، نمی‌توانند در بلندمدت موفق باشند.

فهرست منابع

۱. آدینه‌وند، ع. ا.، حاجی‌زاده، م. و قدمی م. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد شهرداری در چهارچوب حکمرانی خوب شهری (نمونه مورد مطالعه: شهر بابلسر). مجله مدیریت شهری، ۳۱: ۴۱-۶۴

۲. ازکیا، م. و رستمعلی‌زاده، و. ۱۳۹۳. جنبه‌های اجتماعی نظام آبیاری در ایران. انسان‌شناسی، ۱۲(۲۱): ۱۱-۴۳

۳. تاتار، م.، پاپ زن، ع.، و احمدوند، م. ۱۳۹۴. حکمروایی خوب کلید بحران مدیریت آب کشاورزی: الگوی مفهومی برمبنای مدیریت تضاد. اولین کنگره سالیانه جهان و بحران انرژی(۷۰۵-۶۹۹). مؤسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی، شیراز، اردیبهشت ۱۳۹۴

۴. تارمحمدی قورچی، ز.، عبدالله‌زاده، غ. ح.، شریف‌زاده، م. ش.، و قزل، ع. ۱۳۹۷. بررسی رابطه حکمروایی خوب در مدیریت مشارکتی آب. هفتمین کنگره ملی علمی ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی و محیط زیست پایدار. (۱-۱۰). دانشگاه بو علی سینا، همدان، شهریور ۱۳۹۷

۵. حسین‌پور، ز.، منهاج، م. ح. و کاوسی کلاشمی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی عوامل مؤثر بر مشارکت اعضای تعاونی آب‌بران در مدیریت منابع آب کشاورزی شهرستان اسفراین. پایان نامه کارشناسی‌ارشد. ۷۳ ص

۶. حیدریان، ا.۱۳۸۲. انتقال مدیریت (روش‌ها، موانع و راهکارها). سومین کارگاه فنی مشارکت آب‌بران در مدیریت شبکه‌های آبیاری. تهران: کرج. ص ۸۱-۲۵.

۷. رکن‌الدین افتخاری، ع.، عظیمی آملی، ج.، پورطاهری، م.، و احمدی‌پور، ز. ۱۳۹۱. ارائه الگوی مناسب حکمروایی خوب روستایی در ایران. فصلنامه ژئوپلیتیک، ۸ (۲۰): ۲۸-۱

۸. جایکا. ۱۳۹۲. مجموعه آموزشی الگوی مدیریت مشارکتی آب پروژه استقرار سامانه مدیریت مشارکتی آب در استان گلستان. جایکا و سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، گرگان.

۹. سجادی، ژ.، یارمرادی، ک.، کانونی، ر. و حیدری، م. ۱۳۹۴. نقش حکمروایی شایسته در ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری از دیدگاه ساکنان، مطالعه موردی: محله باغ فردوس منطقه یک شهر تهران. پژوهش‌های بوم شناسی شهری ۸ (۱): ۹۵-۱۰۸.

۱۰. شریف‌زاده، م. ش.، عبدالله زاده، غ.ح.، صالحی تالشی، ف. و خواجه شاهکوشی، ع.ر. ۱۳۹۴. حکمروایی شایسته مبتنی بر سرمایه اجتماعی در مدیریت روستایی در شهرستان جویبار. مجله آمایش جغرافیا فضا. ۷ (۲۳): ۱۰۵-۱۲۲.

۱۱. شعبانعلی فمی، ح.، ایروانی، ه. و مختاری، ا. ۱۳۸۵. چالش‌ها و ضرورت‌ها استفاده از روش‌ها و مکانیزم‌های مشارکتی آب کشاورزی. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس منطقه‌ای آسیایی و دهمین سمینار بین المللی مدیریت آبیاری مشارکتی. تهران

۱۲. عبدالله‌زاده، غلامحسین.، جهانگیر، لیلا.، محبوبی، محمد رضا.، قزل، عبدالوهاب. ۱۳۹۷. تأثیر الگوی مدیریت مشارکتی در بهره‌برداری بهینه آب در شهرستان آق‌قلا. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۲ (۱): ۱۴۶-۱۳۱.

۱۳. عربشاهی، ز. ۱۳۸۳. قانون برنامه چهارم زیر ذره‌بین حکمروایی خوب شهری. ماهنامه پژوهشی-آموزشی، اطلاع‌رسانی شهرداری‌ها، ۶ (۶۹): ۱۲-۶.

۱۴. عمرانیان خراسانی، ح. ۱۳۹۴. حکمرانی خوب و مدیریت آب. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱(۳): ۹۴-۹۵

۱۵. غنیان، م.، و جابری، س. ۱۳۹۵. شاخص‌ها و نشانگرهای حکمرانی خوب در مدیریت منابع آب کشاورزی. ماهنامه دانش غذا و کشاورزی، ۱۴ (۱۴۹): ۲۴-۲۰

۱۶. محمدی، ج.، و کمالی باغراهی، ا. ۱۳۹۵. تحلیل شاخص‌های حکمروایی خوبشهری درراستای استراتژی توسعه شهری مورد شناسی: محدوده بافت فرسوده شهر کرمان. جغرافیا و آمایش شهری و منطقه‌ای، ۲۱: ۱۵۳-۱۷۰.

17. *Biswas, A. K. & Tortajada, C. 2005. Appraising Sustainable Development: Water Management and Environmental Challenges (Delhi: Oxford University Press)*

18. *Biswas, A. K., Tortajada, C. 2010. Future water governance: problems and perspectives. International Journal of Water Resources Development, 26(2): 129-139.*

19. *Biswas, A. K., Varis, O. & Tortajada, C. 2005. Integrated Water Resources Management in South andSouth-East Asia. Delhi: Oxford University Press.*

20. *Bosa, M. 2015. Water Institutions and Management in Cape Verde. Water, 7(6): 2641-2655.*

21. *Chandran, K. M., & Chackacherry, G. 2006. Factors influencing farmer participation in irrigation management. Journal of tropical agriculture, 42: 77-79.*
22. *Ncube, C. 2005. Good governance-participatory development and poverty reduction: an appraisal of the NGO Bill in Zimbabwe. Unpublished masters' dissertation, International Development Department, University of Birmingham.*
23. *Overseas Development Institute. 2009. World Governance Assessment. Available atwww.odi.org.uk/projects/00–07-world-governance-assessment.*
24. *Rogers, P. & Hall, A. W. 2003. Effective Water Governance, TEC Background Paper, Stockholm, Global WaterPartnership*
25. *Tortajada, C. 2010. Water governance: Some critical issues. International Journal of Water Resources Development, 26(2): 297-307.*
26. *UNDP. 2004. Water Governance for Poverty Reduction: Key Issues and the UNDP Response to Millennium Development Goals. New York, NY: UNDP.*
27. *World Bank. 2000. Reforming Public Institutions and Strengthening Governance: A World Bank Strategy. Public Sector Group PREM Project Network, Washington D.C.*

ارزش‌گذاری آب زیرزمینی به روش باقیمانده با در نظر گرفتن شوری آب آبیاری در شهرستان ورامین

محمد حسن‌لی [۱]*، پیمان افراسیاب، محمود صبوحی و حامد ابراهیمیان

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل.

hassanli@ut.ac.ir

دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل.

p_afrasiab@yahoo.com

استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

msabuhi39@yahoo.com

دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

ebrahimian@ut.ac.ir

چکیده

ارزش اقتصادی آب به‌عنوان یکی از عوامل مهم تخصیص این عامل بین مصارف گوناگون و همچنین، تحریک کاربران برای اجرای اقدامات موردنیاز به منظور افزایش سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با ارتقاء بهره‌وری آب است. روش‌های متعددی برای ارزش‌گذاری اقتصادی آب وجود دارد که با توجه به نقش تولیدی آب زیرزمینی در آبیاری محصولات کشاورزی، در این تحقیق از روش ارزش‌گذاری باقیمانده برای ارزش‌گذاری اقتصادی آب در چاه‌های کشاورزی شهرستان ورامین با طیف گسترده‌ای از شوری آب استفاده شد. میانگین ارزش اقتصادی آب در صیفی‌جات، گندم، جو و یونجه به ترتیب برابر با ۲۵۱۳/۱، ۵۳۳۴/۵، ۱۹۳۳/۰ و ۵۶۴۷/۶ ریال بر مترمکعب بود. قیمت مبادله‌ای فروش آب در میان کشاورزان منطقه مورد مطالعه ۵۲۳۱/۸ ریال در متر مکعب محاسبه شد که نزدیک به ارزش باقیمانده آب در محصولات گندم و یونجه بود. ضریب تبیین رابطه ارزش اقتصادی و شوری آب آبیاری برای محصولات فوق به ترتیب برابر ۰/۸۰۶، ۰/۸۷۸، ۰/۸۶۵ و ۰/۷۰۲ به دست آمد که نشان‌دهنده توضیح بخش قابل‌توجه تغییرات ارزش اقتصادی آب نسبت به شوری آب بود. با توجه به رابطه به دست آمده میان شوری و ارزش آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه برای محصولات صیفی، گندم، جو و یونجه به ترتیب در شوری‌های ۳/۶۱، ۷/۳۰، ۵/۲۰ و ۸/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، ارزش باقیمانده آب به مقدار صفر می‌رسد. در نتیجه سیاست نرخ‌گذاری آب در منطقه باید به‌گونه‌ای باشد که در شوری‌های بیشتر از مقادیر ذکر شده برای محصولات، متناسب با آن شوری، قیمت فروش آب کمتر از مقادیر فعلی باشد تا زیانی برای کشاورزان حاصل نشود و یا انتخاب محصول بر اساس مقاومت بیشتر به شوری و ارزش اقتصادی آن در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد آب، ارزش آب، شوری آب زیرزمینی، بهره‌وری آب

۱- آدرس نویسنده مسئول: زابل، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل

*- دریافت: فروردین ۱۳۹۹ و پذیرش: تیر ۱۳۹۹

مقدمه

آب در بخش کشاورزی دارای خصوصیات منحصربه‌فردی است که به‌عنوان یک منبع تولیدی دارای جنبه‌های تخصیصی و کاربردی است. بسیاری از محققین ارزش‌گذاری آب را به عنوان ابزاری برای بهبود تخصیص آب، افزایش بهره‌وری آب و به تبع آن کاهش مصرف آن در ازای میزان مشخصی از تولید مورد استفاده قرار دادند (مائتسو، ۲۰۰۱). بر اساس اصل چهارم بیانیه دوبلین، «آب دارای ارزشی اقتصادی در تمام مصارف رقابتی خود است و باید به‌عنوان یک کالای اقتصادی شناخته شود» (بیانیه دوبلین سازمان ملل متحد، ۱۹۹۲). در شرایط افزایش تقاضای آب به‌تبع رشد جمعیت، رقابت بر سر به دست آوردن آب مورد نیاز در بخش‌های مختلف (شهری، صنعت و کشاورزی) افزایش یافته و این امر ضرورت توجه بیشتر به افزایش بهره‌وری استفاده از آب (به معنی تولید بیشتر محصول در ازای آب آبیاری اعمال شده) را آشکار می‌نماید. ارزش اقتصادی آب به عنوان یکی از عوامل مهم تخصیص این عامل بین مصارف گوناگون و هم‌چنین، تحریک کاربران برای اجرای اقدامات مورد نیاز به‌منظور افزایش سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با ارتقاء بهره-وری آب است (چاودوری، ۲۰۱۳).

ارزش‌گذاری اقتصادی آب[1] بر تعیین مقادیر کالاها و یا خدمات ایجادشده توسط آب اشاره دارد، بدون توجه به این‌که قیمت بازاری برای این کالاها و خدمات وجود داشته باشد (حسین و همکاران، ۲۰۰۷). اقتصاددانان اغلب علاقه‌مند به ارزش‌گذاری آب بر اساس رفتار بازار هستند (یانگ، ۲۰۰۵؛ لانگ و حسن، ۲۰۰۶؛ حسین و همکاران، ۲۰۰۷). اما کاربرد هر روش بر اساس اهداف هر مطالعه و مهم‌تر از آن بر اساس در دسترس بودن داده‌ها است. در مطالعات ارزش‌گذاری آب آبیاری، آب به‌عنوان یک کالای واسطه در نظر گرفته می‌شود (یانگ و لومیس، ۲۰۱۴). روش‌های کاربردی به‌منظور تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری به‌عنوان یک کالای مولد، شامل روش تمایل به پرداخت، روش تابع تولید، روش ارزش‌گذاری باقیمانده (*RVM*)[2] و ارزش‌افزوده است (ریگبی و همکاران، ۲۰۱۰). میانگین ارزش آب در روش ارزش‌گذاری باقیمانده برآورد می‌شود، زیرا که باقیمانده ارزش تولید کل پس از کسر سهم سایر منابع تولید به‌استثنای آب بر مقدار آب مصرفی تقسیم می‌شود. به بیان دیگر، در *RVM*، ارزش کل تولید به منابع (نهاده‌ها) تخصیص می‌یابد و نهاده‌ی آب به‌عنوان جزء باقیمانده از ارزش تولید در نظر گرفته می‌شود (بربل و همکاران، ۲۰۱۱). روش ارزش‌گذاری باقیمانده یکی از روش‌های استنتاجی ارزش‌گذاری غیر بازاری است که قیمت‌ها را از مدل تصمیمات اقتصادی ساخته‌شده توسط بنگاه‌ها و خانوارها استنتاج می‌کند (یانگ، ۲۰۰۵؛ لانگ و حسن، ۲۰۰۶). *RVM* در تولید محصولات کشاورزی اساسی و اصلی کارآیی بهتری دارد، در جایی که فرآیند تولید استانداردسازی شده است و آب آبیاری دارای اثر قابل‌توجهی بر ارزش ستانده است (یانگ، ۲۰۰۵). این روش تمام هزینه‌ها در تولید و تمام سودهای منتسب به آب را به دست می‌آورد.

شمار مطالعاتی که روش ارزش‌گذاری باقیمانده را مورد استفاده قرار داده‌اند، محدود است (کالاتروا لیوا و صیادی، ۲۰۰۵؛ گریمز و آیتکن، ۲۰۰۸). یانگ (۲۰۰۵) با مروری بر ارزش‌گذاری اقتصادی غیربازاری برای سیاست-گذاری‌های آب آبیاری، بیان نمود که روش ارزش‌گذاری باقیمانده متداول‌ترین روش به کاربرده شده برای ارزش-گذاری اقتصادی آب آبیاری می‌باشد. بیت و دوبورگ (۱۹۹۷) ارزش باقیمانده آب مورد استفاده برای آبیاری پنج محصول در شرق *Anglia* از سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۱ را با استفاده از داده‌های بررسی بودجه‌بندی مزرعه تعیین نمودند. اگرچه داده‌های مصرف واقعی آب در دسترس نبودند، اما ارزش باقیمانده بر اساس مقدار آب موردنیاز کشت یک هکتار از محصول موردنظر محاسبه شد. لانگ (۲۰۰۶) *RVM* را در حوضه رودخانه *Orange* (نامیبیا)

۱ *Economic valauation of water*

۲ *Residual Valuation Method*

به کار گرفت. اسپیلمن و همکاران (۲۰۰۸) روش ارزش‌گذاری باقیمانده را برای محاسبه ارزش آب در طرح‌های آبیاری خرد مقیاس در شمال غرب آفریقای جنوبی به کاربرد. میانگین ارزش آب ۰/۱۸۸ دلار آمریکا در هر متر مکعب برای کشت سبزی‌ها به دست آمد. علاوه بر این، انتخاب محصول و طراحی طرح آبیاری و وضعیت نهادی اقتصاد به طور قابل ملاحظه‌ای بر ارزش آب تأثیر داشت، در حالی که ویژگی‌های فردی کشاورزان اهمیت کمتری داشت. بربل و همکاران (۲۰۱۱) میانگین ارزش باقیمانده آب برای کل حوضه رودخانه *Guadalquivir* (جنوب اسپانیا) را ۰/۳۱ یورو در مترمکعب به دست آوردند. یوروجنی و انگابیتدینز (۲۰۱۵) ارزش‌گذاری اقتصادی آب آبیاری محصول برنج را با استفاده از *RVM* در شرق روآندا مطالعه نمودند. ارزش اقتصادی آب آبیاری برای محصول برنج در این مطالعه ۵/۳۳ فرانک روآندا در هر مترمکعب به دست آمد. در مطالعه فکاتی (۲۰۱۶) ارزش باقیمانده آب برای گوجه‌فرنگی بیشترین و برای حبوبات کمترین مقدار به ترتیب به میزان ۸/۶۰ و ۲/۲۲ رند آفریقای جنوبی در مترمکعب به دست آمد. هم‌چنین بیان نمود ارزش آب مطابق با نوع کشاورز، روش آبیاری، تجربه و مدیریت کشاورزی تغییر می‌کند.

املاح معدنی محلول (که معمولاً شوری نامیده می‌شود) عمده‌ترین آلاینده آب مؤثر بر بهره‌وری محصولات آبیاری شده می‌باشند. اگر مدیریت دقیق نباشد، اراضی فاریاب در معرض خطر ماندابی و افزایش غلظت نمک هستند که در نهایت خاک را نابارور خواهد ساخت. شور شدن اراضی توسط آبیاری بخش زیادی از دنیا را تهدید می‌کند و برای حفظ کشاورزی فاریاب باید بر چالش‌های قابل توجه فنی، سیاسی و اقتصادی در درازمدت فائق آمد (هیلل، ۲۰۰۰). از طرفی با توجه به تقاضای روزافزون برای آب، لزوم استفاده از آب‌های نامتعارف به‌عنوان بخشی از منابع آب آبیاری بیش از پیش احساس می‌شود. در این خصوص استفاده از منابع آب‌های شور نه‌تنها به‌عنوان یک انتخاب، بلکه به‌عنوان یک الزام پیش روی کشاورزان قرار خواهد گرفت (حسن‌لی و ابراهیمیان، ۲۰۱۶).

برآوردهای قابل‌اطمینان از ارزش آب برای تصمیمات سرمایه‌گذاری در توسعه منابع آب، سیاست‌گذاری‌های استفاده پایدار از آب و تخصیص آب در بخش‌های مختلف اهمیت زیادی دارد. مطالعات اندکی برای تعیین ارتباط شوری آب آبیاری و ارزش اقتصادی آن انجام شده است. هدف از انجام این تحقیق تعیین ارزش اقتصادی آب زیرزمینی برای محصولات اصلی (صیفی جات، گندم، جو و یونجه) و رابطه آن با شوری آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه شهرستان ورامین با استفاده از روش ارزش‌گذاری باقیمانده (پسماند) است. این روش با تجزیه و تحلیل صورت‌حساب درآمدها و هزینه‌های مزرعه کشاورزان در منطقه، ارزش‌گذاری اقتصادی آب را مورد مطالعه قرار می‌دهد و مجهول نهایی را ارزش آب قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

مبانی نظری

روش ارزش‌گذاری باقیمانده روشی است که برای محاسبه ارزش آب مصرفی به‌عنوان یک نهاده‌ی واسطه در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای استفاده از این روش، می‌بایست فرض منطقی بودن تصمیمات کشاورز در حداکثرسازی سود به‌دست‌آمده از یک واحد اضافی آب برقرار باشد. به بیان دیگر، کشاورز میزان آبی را به تولید محصول اختصاص خواهد داد که ارزش تولید نهایی آب معادل هزینه نهایی تأمین آب باشد (لانگ، ۲۰۰۶). فرض اساسی روش ارزش‌گذاری باقیمانده بر مبنای نظریه اقتصاد نوکلاسیک به‌ویژه فرضیات زیر استوار است: ۱) تولیدکنندگان، سود را حداکثرسازی می‌نمایند؛ و ۲) ارزش کل تولید با تخصیص کارآمد همه‌ی نهاده‌ها تعیین شده باشد. با توجه به شرایط رقابتی تولید در بخش کشاورزی (به‌خصوص در سال‌های

اخیر و آزادسازی قیمت اغلب نهاده‌ها)، هر دو فرض فوق در مدل‌های رفتاری کشاورز قابل مشاهده است. اگر بتوان قیمت‌های مناسب برای تمام نهاده‌ها به‌جز یکی از آن‌ها انتساب شود، باقیمانده ارزش کل محصول به نهاده باقیمانده، که در این مورد خاص آب است، نسبت داده می‌شود. سپس برای ارزش‌گذاری مؤلفه‌ی باقیمانده چنین فرض می‌شود که اگر تمام بازارها به‌جز آب رقابتی باشند، ارزش کل تولید ($Y.P_y$) دقیقاً معادل هزینه‌های فرصت تمام نهاده‌ها می‌شود. بیان ریاضی مقدار تولید به‌عنوان تابعی از نهاده‌ها در رابطه‌ی (۱) ارائه شده است (یانگ، ۲۰۰۵):

$$Y = f\left(X_M, X_H, X_K, X_L, Q_W, X_C, X_E\right) \quad (۱)$$

که در آن:

Y ستانده است که تابعی است از نهاده‌های مواد مصرفی (X_M)، سرمایه‌ی انسانی و نیروی کار (X_H)، سرمایه‌ی ساخته‌شده مانند ساختمان‌ها، ابزارها، راه‌ها و ماشین‌آلات (X_K)، زمین (X_L)، سرمایه‌ی صاحبان سهام و سرمایه‌داران شرکت (X_C)، نهاده‌ی مدیریت به معنای ارزش درآمد به‌دست‌آمده توسط کشاورز به‌عنوان یک مدیر، متمایز از نهاده‌ی نیروی کار خانوادگی اجاره‌شده (X_E) و آب (Q_W) که یک منبع محدودشده است. اگر فناوری به‌عنوان عامل ثابت و تمام عوامل دیگر به‌عنوان متغیر در نظر گرفته شود، آن‌گاه ارزش کل تولید به‌صورت رابطه‌ی (۲) نوشته می‌شود (یانگ، ۲۰۰۵):

$$\begin{aligned}\left(Y.P_Y\right) = &\left(VMP_M.X_M\right) + \left(VMP_H.X_H\right) \\ &+ \left(VMP_K.X_K\right) + \left(VMP_L.X_L\right) \\ &+ \left(VMP_W.X_W\right) + C + E\end{aligned} \quad (۲)$$

که در آن:

$Y.P_Y$ ارزش محصول Y محاسبه‌شده برای واحد سطح (هکتار)، VMP_i ارزش نهایی محصول هر عامل (X_i)، C ارزش سرمایه و E ارزش مدیریت است. برای قابل استفاده کردن رابطه‌ی (۲) سه فرضیه مبنای روش ارزش باقیمانده است: ۱) ارزش کل محصول برای هر نهاده به‌جز آب با توجه به بهره‌وری نهایی تعیین می‌شود؛ ۲) رفتار حداکثرسازی رخ می‌دهد؛ و ۳) فرض می‌شود که هزینه‌های فرصت نهاده‌های غیرآبی توسط قیمت‌های بازار آن‌ها (یا قیمت‌های سایه‌ای فرض‌شده‌ی آن‌ها) تعیین شده است. با توجه به فرض اول می‌توان قیمت هر نهاده یا P_i را با VMP_i جایگزین کرد. هم‌چنین، ارزش باقیمانده‌ی آب می‌تواند بر اساس اختلاف بین ارزش کل ستانده ($Y.P_Y$) و هزینه‌های تمام نهاده‌های غیرآبی برای تولید محاسبه شود، به‌طوری‌که در رابطه‌ی (۲) RV_W به‌عنوان یک جایگزین برای قیمت آب به شرح رابطه‌ی (۳) مورد استفاده قرار گیرد (یانگ، ۲۰۰۵):

$$\begin{aligned}\left(Y.P_Y\right) = &\left(P_M.X_M\right) + \left(P_H.X_H\right) \\ &+ \left(P_K.X_K\right) + \left(P_L.X_L\right) \\ &+ \left(RV_W.Q_W\right) + C + E\end{aligned} \quad (۳)$$

برآورد خوبی از کمیت‌های مورد استفاده از تمام نهاده‌ها در دسترس است و ارزش‌ها برای قیمت‌های تمام نهاده‌ها به جز آب نیز موجود است (قیمت‌های بازار یا قیمت‌های سایه‌ای برآوردشده). ارزش آب در رابطه‌ی (۳) توسط $RV_W.Q_W$ برآورد می‌شود. این اساس روش ارزش باقیمانده است و میانگین ارزش آب را نتیجه می‌دهد. با توجه به این که آب مصرفی هر محصول ممکن است برای هر موقعیت و محصول (Q_W) شناخته شده باشد، با استفاده از رابطه‌ی (۳) ارزش باقیمانده آب (RV_W) نتیجه رابطه‌ی (۴) خواهد بود (یانگ، ۲۰۰۵):

$$\begin{aligned}RV_W = &\left(Y.P_Y\right) - [\left(P_M.X_M\right) \\ &+ \left(P_H.X_H\right) + \left(P_K.X_K\right) \\ &+ \left(P_L.X_L\right) + C + E] \\ &/ Q_W\end{aligned} \quad (۴)$$

رابطه‌ی بالا ارزش آب که در اصل ارزش تولیدی آب است را نتیجه می‌دهد. مخرج کسر فوق (میزان واقعی مصرف آب) در مناطق دچار کمبود آب مهم است و باید با مفهوم حداکثر نیازهای آبیاری تمیز داده شود. نیاز واقعی به آب عبارت است از تبخیر-تعرق پتانسیل (ET_0) منهای بارش مؤثر که مطابق با روش‌های

کشاورزی بر اساس انتشارات *FAO* (دورنباس و کسام، ۱۹۷۹؛ الن و همکاران، ۱۹۹۸) محاسبه می‌شود و مقادیر واقعی آبیاری وابسته به موجودی آب با تصمیمات مدیریتی در مزرعه می‌باشد.

محدوده مطالعاتی

دشت ورامین یکی از دشت‌های زیرحوزه کرج- جاجرود از حوزه مرکزی می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد. از نظر تقسیمات کشوری، شهرستان ورامین بیشترین مساحت دشت ورامین را شامل می‌شود که منطقه مورد مطالعه این تحقیق می‌باشد. به طور کلی، دشت ورامین دارای اقلیمی خشک، بارش کم، سطوح دمایی بالا و دوره‌های خشکی شدید می‌باشد (کرمی و همکاران، ۲۰۱۹). در جدول (۱) خلاصه‌ای از مشخصات اقلیمی منطقه مورد مطالعه ارائه شده است (سهرابی ملایوسف و همکاران، ۱۳۹۳).

جدول ۱- برخی مشخصات اقلیمی و آب و هوایی دشت ورامین

عنوان	مقدار	واحد
متوسط دما	۱۷/۴	درجه سانتی‌گراد
متوسط بارندگی ارتفاعات	۲۵۲/۳	میلی‌متر
متوسط بارندگی دشت	۱۶۴/۷	میلی‌متر
متوسط تبخیر ارتفاعات	۲۴۳۶/۸	میلی‌متر
متوسط تبخیر دشت	۲۵۵۴/۰	میلی‌متر
متوسط ارتفاع دشت از سطح دریا	۹۵۰	متر

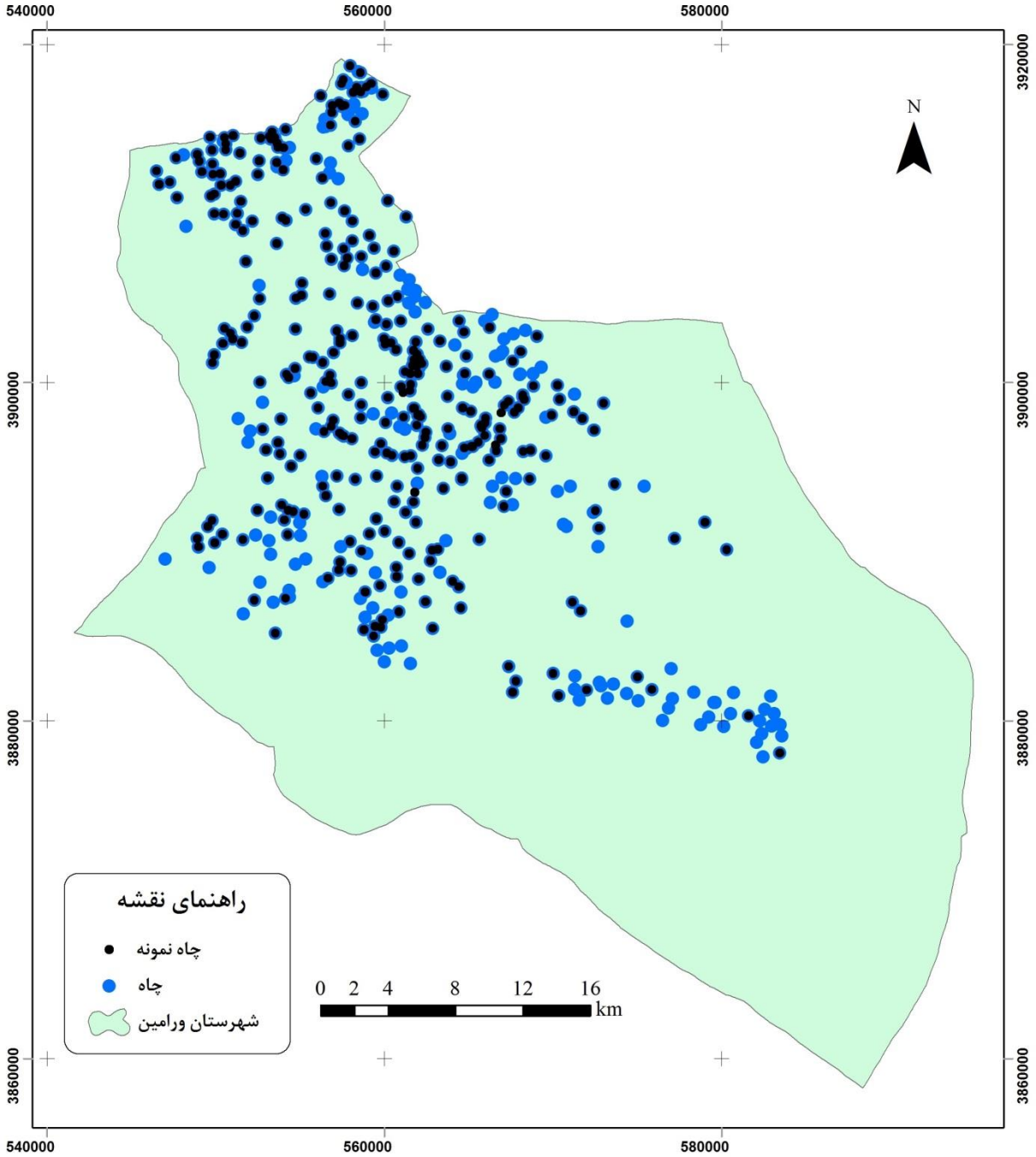
شهرستان ورامین با جمعیتی بالغ بر ۲۸۰ هزار نفر در سال ۱۳۹۵ (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۶) طی سالیان اخیر با رشد شتابان شهرنشینی مواجه گشته است. یکی از مهم‌ترین مسائلی که مناطق شهری با آن روبرو است رشد بی‌رویه شهر به لحاظ فیزیکی و کالبدی و جمعیتی و عدم تعادل در کاربری‌های شهری و در نهایت تخریب اراضی پیرامون آن است. دشت ورامین از دیرباز به لحاظ داشتن اراضی مرغوب کشاورزی مورد توجه بوده است. اما، در طی زمان هر چه به وسعت شهر افزوده شد، از وسعت اراضی کشاورزی حومه شهر کاسته شده است (کاشانی، ۱۳۸۸). به طور کلی شرایط اقلیمی و آب و هوایی، افزایش عمق آب زیرزمینی، استفاده از آب‌های شور و لب شور به منظور کشت و زرع، حفر غیرمجاز چاه‌های عمیق و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به رودخانه جاجرود، ورود مازاد آب برگشتی ناشی از آبیاری به رودخانه، مدیریت نامناسب و عدم وجود زهکش در بسیاری از اراضی کشاورزی از عوامل اصلی تخریب اراضی در منطقه می باشند (رفیعی امام و زهتابیان، ۱۳۹۵).

جمع مصارف سالیانه آب در دشت ورامین حدود ۷۰۹/۳۵ میلیون متر مکعب است که ۳۵ درصد آن (۲۵۰/۴۷ میلیون متر مکعب) از جریان‌های سطحی و چشمه‌های ارتفاعات تأمین می‌شود و ۶۵ درصد بقیه (۴۵۸/۸۸ میلیون متر مکعب) از منابع آب زیرزمینی، شامل چاه و قنات و چشمه‌های آبرفتی است. ۸۷/۲ درصد منابع آب منطقه به مصرف کشاورزی، ۹/۸۵ درصد به مصرف خانگی و ۲/۹۵ درصد به مصرف صنعت می‌رسد. عمق آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بین ۳ تا ۱۵۰ متر متغیر است. ضریب ذخیره آبخوان ۶ درصد، آب زیرزمینی تجدیدپذیر ۳۸۱ میلیون متر مکعب و حجم استاتیک آبخوان ۴۰۰۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. کمبود منابع آب سطحی باعث فشار مضاعف بر منابع آب زیرزمینی دشت شده است. از سال ۱۳۷۴ به طور متوسط سالیانه حدود ۱۰۴ میلیون کسری حجم مخزن وجود داشته است. این امر به کاهش ضخامت لایه آبدار و حجم استاتیک آبخوان به ترتیب از حدود ۸۰ متر (معادل ۵/۵ میلیارد متر مکعب) در سال ۱۳۶۷ به ۴۵ متر (معادل ۴/۵ میلیارد متر مکعب) در سال ۱۳۹۱ منجر شده است. برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی و استفاده از آب‌های شور و برگشتی در قسمت‌های جنوبی دشت باعث افت کیفی منابع آب زیرزمینی شده است؛ به طوری که از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۰ شوری آب زیرزمینی حدود ۰/۵ $dS.m^{-1}$ افزایش یافته است (سهرابی ملایوسف و همکاران، ۱۳۹۳).

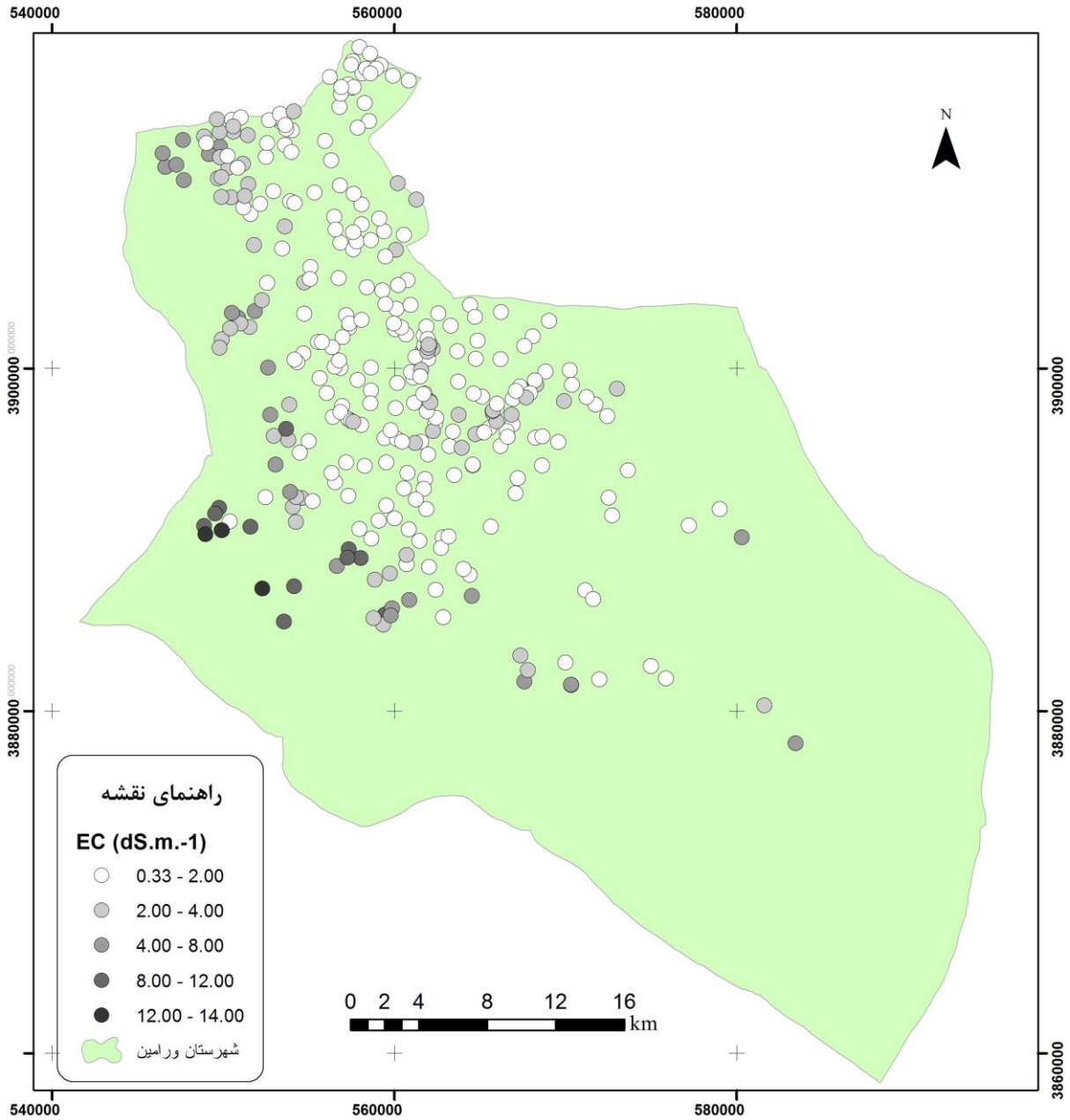
بیش از ۲۰۰۰ حلقه چاه در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ در شهرستان ورامین توسط وزارت نیرو آماربرداری شد که از این میان حدود ۵۰۰ حلقه چاه دارای مصرف کشاورزی می‌باشد (وزارت نیرو، ۱۳۸۹). اکثر کشاورزان برای آبیاری اراضی خود از روش‌های سنتی آبیاری استفاده می‌کنند، به طوری که تنها حدود ۲۰ درصد از اراضی کشت شده تحت پوشش سیستم‌های آبیاری تحت فشار قرار گرفته‌اند (جنیدی شریعت‌زاده، ۲۰۱۲). با این حال با توجه به کمیابی آب و افزایش آگاهی کشاورزان، هر سال بر این رقم افزوده می‌شود. عمده‌ترین محصولاتی که در منطقه مورد مطالعه به زیر کشت می‌روند عبارتند از: گندم، جو، سبزی و صیفی‌جات، محصولات جالیزی و نباتات علوفه‌ای (نجفی علمدارلو و همکاران، ۲۰۱۶). به طوری که از حدود ۴۷ هزار هکتار اراضی کشت شده در شهرستان ورامین، بالغ بر ۱۱ هزار هکتار برای محصول گندم و ۱۳ هزار هکتار برای محصول جو اختصاص داده شده است که سهم اراضی کشت شده شهرستان ورامین از استان تهران برای این دو محصول به ترتیب ۲۳ و ۳۵/۷ درصد می‌باشد (وزارت اقتصاد و امور دارایی، ۱۳۹۷).

جمع‌آوری داده‌ها

در این مطالعه بیلان مالی هزینه و درآمد مزرعه از کشاورزانی استخراج شد که تنها از چاه کشاورزی برای آبیاری اراضی خود استفاده می‌نمودند. زیرا به علت هم‌جواری شهرستان ورامین با کلان‌شهر تهران اغلب مقادیر آب تخصیص‌یافته کشاورزی از منابع آب سطحی تأمین نمی‌شود و با بی‌نظمی‌هایی روبه‌رو است. به علاوه هزینه‌های استحصال آب زیرزمینی و آب سطحی متفاوت است. در این تحقیق چاه‌هایی که برای مصارف باغ (اغلب پسته یا زیتون و انگور)، گلخانه و یا محصولات پرارزش هم‌چون گلهای شاخه بریده استفاده می‌شدند حذف شدند و ۳۶۲ حلقه چاه که برای مصارف گیاهان زراعی کشت غالب منطقه (محصولات صیفی‌جات، گندم و جو) بودند انتخاب شدند. صیفی‌جات اصلی کشت شده در منطقه مورد مطالعه شامل بادمجان، طالبی، لوبیاسبز، کدو، کلم و کاهو بود که عملکرد کل صیفی‌جات به صورت میانگین وزنی عملکرد محصولات مختلف محاسبه شد. در شکل (۱) چاه‌های با مصرف کشاورزی موجود در سطح شهرستان ورامین و چاه‌های نمونه‌برداری‌شده نشان داده شده است. هم‌چنین در شکل (۲) گستره شوری چاه‌های نمونه‌برداری شده در پنج دامنه‌ی هدایت الکتریکی ۰ تا ۲، ۲ تا ۴، ۴ تا ۸، ۸ تا ۱۲ و بیش از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ارائه شده است.



شکل ۱- چاه‌های با مصرف کشاورزی (آبی) و چاه‌های نمونه‌برداری‌شده (سیاه) در سطح شهرستان ورامین



شکل ۲- گستره شوری چاه‌های نمونه‌برداری شده در سطح شهرستان ورامین

اطلاعات درآمد از محصولات کشاورزی با توجه به عملکرد و قیمت فروش محصول زراعی و هم‌چنین محصولات فرعی گندم و جو جمع‌آوری شد. اطلاعات هزینه بر اساس هزینه‌های ثابت کوتاه‌مدت به دست آمد. هزینه‌های ثابت کوتاه‌مدت خود به دو دسته هزینه‌های صریح (آشکار) و ضمنی (پنهان) تقسیم می‌شود (شریف و قاسمی، ۱۳۹۵). هزینه‌های صریح کلیه هزینه‌هایی است که به‌صورت مستقیم بابت آنها پول یا مابه‌ازایی پرداخت می‌شود؛ این هزینه‌ها شامل دستمزد نیروی کار، هزینه نهاده‌های تولید، ماشین‌آلات اجاره‌ای و اجاره زمین کشاورزی می‌باشد. هزینه‌های ضمنی شامل هزینه‌هایی است که مبادلات مالی برای آن‌ها انجام نمی‌شود اما بایستی در صورت‌های مالی بیایند (لیستر، ۲۰۱۹)؛ مثل هزینه مربوط به سرمایه شخصی همچون زمین، ساختمان و حق مدیریت کسی که خود، مالک یک مؤسسه تولیدی است. اطلاعات هزینه‌های تولید کشاورزی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ از صاحبان اراضی مربوط به ۳۶۲ حلقه چاه جمع‌آوری شد. این اطلاعات

عبارت بودند از: هزینه برق یا سوخت مصرفی برای برداشت آب از چاه، هزینه نیروی انسانی و ماشینی صرف شده برای آبیاری، هزینه‌های آماده‌سازی زمین، هزینه سم و کود شیمیایی و حیوانی، هزینه‌های بذر، هزینه‌های مربوط به عملیات داشت (سله‌شکنی، وجین و تنک کردن)، هزینه‌های برداشت، بسته‌بندی و حمل محصول به انبار یا مرکز خرید. محاسبه هزینه‌های ضمنی زمین و ماشین آلات از طریق ارزش حداکثر اجاره سالانه نهاده انجام شد.

مقادیر نیاز آبی خالص در طی فصل رشد با استفاده از نرم‌افزار *CROPWAT 8.0* و داده‌های هواشناسی روزانه انجام شد. میزان آب مصرفی سالیانه نیز با توجه به برداشت سالانه از چاه مورد نظر و تعداد و ساعت آبیاری هر محصول برای کشاورزانی که چند محصول متفاوت داشتند به طور جداگانه محاسبه شد. با تقسیم باقیمانده ارزش خالص تولید (حاصل تفریق هزینه‌ها از ارزش ناخالص تولید) بر حجم آب مصرفی سالیانه، ارزش آب هر محصول بر حسب ریال بر متر مکعب محاسبه شد. در نهایت ارزش آب محاسبه شده در مقابل شوری آب آبیاری یا همان هدایت الکتریکی (EC) بر حسب دسی‌زیمنس بر متر رسم شد و ارتباط آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی رابطه آماری ارزش آب آبیاری به عنوان متغیر وابسته و شوری آب آبیاری به عنوان متغیر مستقل با استفاده از نرم افزار *SPSS v26* انجام شد.

نتایج و بحث

آب آبیاری اعمال شده

در جدول (۲) نیاز خالص آبیاری محصولات مختلف، میانگین مقدار آب اعمال شده (آب برداشت شده از چاه‌ها با اغماض از تلفات انتقال) و حاصل تقسیم نیاز خالص آبیاری بر آب آبیاری اعمال شده ارائه شده است. هرچه نسبت نیاز خالص آبیاری بر آب آبیاری اعمال شده به عدد یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده کم‌تر بودن تلفات آبیاری و بیشتر بودن راندمان آبیاری است. اطلاعات جدول (۲) بیانگر این است که نسبت نیاز خالص آبیاری بر آب آبیاری اعمال شده در صیفی‌جات از سایر محصولات کمتر است و لزوم بهبود و ارتقای راندمان آبیاری در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. اجرای روش‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها برای بهبود راندمان آبیاری، مانند آبیاری قطره‌ای، می‌تواند درآمدهای اقتصادی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد (بکچانوف و همکاران، ۲۰۱۶).

جدول ۲- نیاز خالص آبیاری و میانگین آب آبیاری اعمال شده برای محصولات مختلف در منطقه مورد مطالعه

محصولات	تعداد نمونه	نیاز خالص آبیاری (متر مکعب در هکتار در سال)	میانگین مقدار آب اعمال شده (متر مکعب در هکتار در سال)	نسبت نیاز خالص آبیاری بر مقدار آب آبیاری اعمال شده (راندمان آبیاری)
صیفی	۲۰۸	۸۷۳۰	۱۵۸۵۷	۰/۵۵
گندم	۲۰۱	۴۷۵۰	۷۱۸۰	۰/۶۶
جو	۱۷۵	۴۰۵۰	۶۰۰۷	۰/۶۷
یونجه	۳۰	۱۰۹۶۰	۱۷۳۲۹	۰/۶۳

عملکرد محصول و ارزش تولید

خلاصه‌ای از پارامترهای آماری به دست آمده از محصولات اصلی مطالعه موردی شهرستان ورامین در جدول (۳) ارائه شده است. با وجود این که هزینه‌های محصولات گندم و جو نزدیک به یکدیگر بودند اما به دلیل قیمت فروش بیشتر محصول گندم، میانگین ارزش خالص تولید برای محصول گندم بیشتر از جو بود. با این وجود به دلیل حساسیت بیشتر گندم به شوری آب آبیاری نسبت به محصول جو، کشاورزانی قادر به کشت گندم با عملکرد مناسب می‌باشند که شوری آب آبیاری آن‌ها از

حد شوری تحمل گندم کمتر باشد. بیشترین ارزش خالص تولید با مقدار ۸۱ میلیون ریال بر هکتار مربوط به یونجه بود که به دلیل هزینه‌های تولید کمتر و قیمت فروش مناسب‌تر نسبت به سایر محصولات رخ داد.

جدول ۳- پارامترهای به دست آمده محصولات اصلی منطقه مورد مطالعه

محصولات	تعداد نمونه	عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)	میانگین قیمت فروش محصول (ریال بر کیلوگرم)	میانگین کل هزینه‌های تولید (میلیون ریال بر هکتار)	میانگین درآمد حاصل از تولید (میلیون ریال بر هکتار)	میانگین ارزش خالص تولید (میلیون ریال بر هکتار)
صیفی	۲۰۸	۲۶۵۰۰	۷۰۳۳	۱۶۱	۱۸۶	۲۵
گندم	۲۰۱	۵۶۰۰	۱۳۰۰۰	۴۸	۷۸	۳۰
جو	۱۷۵	۴۴۰۰	۱۰۳۰۰	۴۴	۴۹	۵
یونجه	۳۰	۱۳۹۰۰	۱۰۰۰۰	۵۸	۱۳۹	۸۱

رابطه شوری و ارزش آب آبیاری

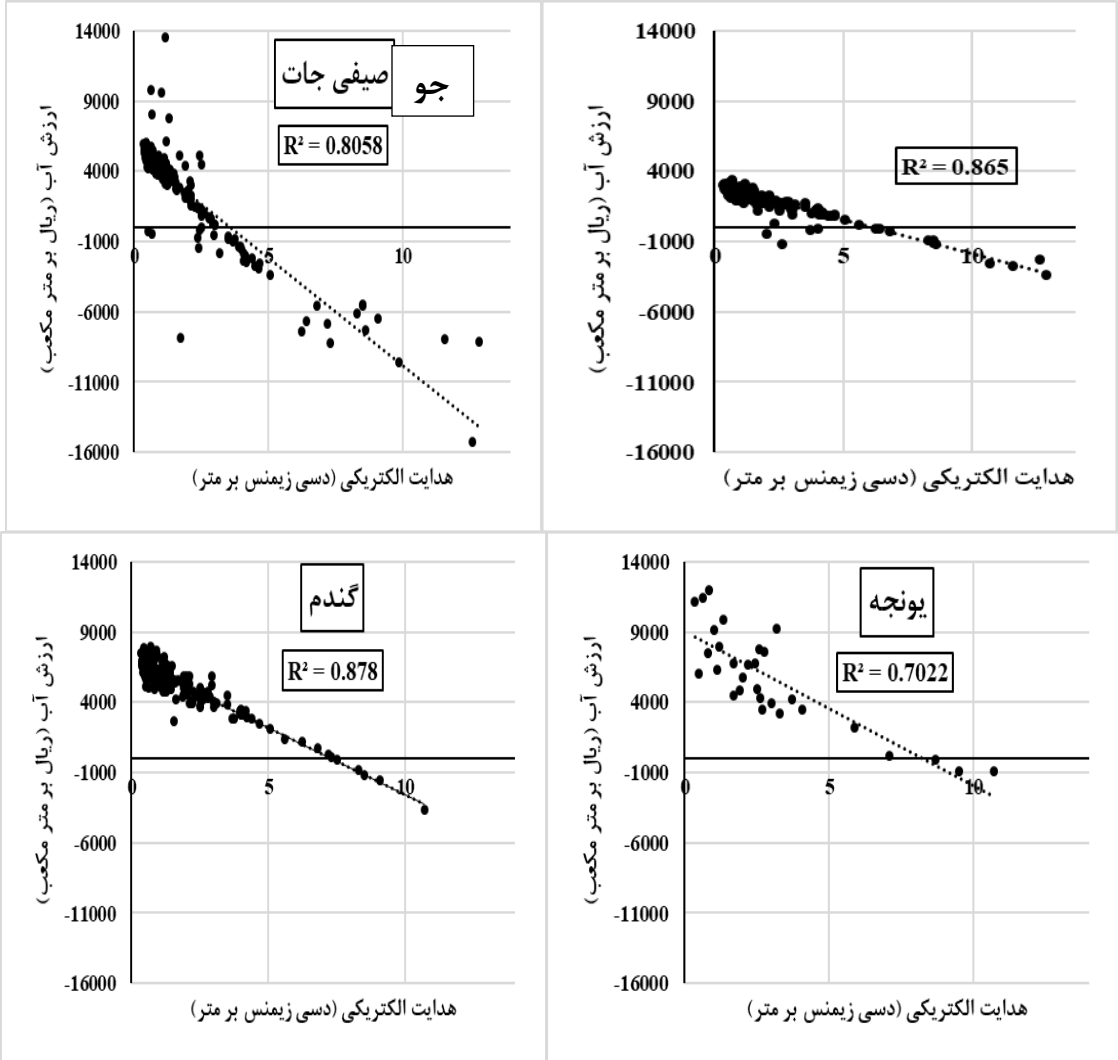
نتایج تجزیه واریانس رابطه شوری و ارزش آب آبیاری برای محصولات مختلف (جدول ۴) نشان‌دهنده معنی‌دار بودن این رابطه در سطح ۵ درصد در آزمون F برای تمامی محصولات می‌باشد. ضریب همبستگی (r) بالای ۰/۶ برای تمامی محصولات، نشان‌دهنده هم‌بستگی قوی میان شوری و ارزش آب آبیاری می‌باشد. بیشترین ضریب تبیین (R^2) در محصولات گندم (۰/۸۷۸) و جو (۰/۸۶۵) مشاهده شد که نشان‌دهنده ارتباط قوی میان شوری و ارزش آب آبیاری بود. هرچند ضریب تبیین صیفی‌جات (۰/۸۰۶) و یونجه (۰/۷۰۲) نیز نشان‌دهنده توضیح بخش قابل توجه تغییرات ارزش اقتصادی آب آبیاری نسبت به شوری آن می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس رابطه میان هدایت الکتریکی و ارزش آب برای محصولات اصلی در منطقه مورد مطالعه

محصولات	ضریب همبستگی (r)	ضریب تبیین (R^2)	خطای استاندارد برآورد	F	$Sig.$
صیفی	۰/۸۹۸	۰/۸۰۶	۱۶۵۶/۳۱	۸۵۴/۹۵	۰/۰۰۰
گندم	۰/۹۳۷	۰/۸۷۸	۶۱۴/۰۱	۱۴۳۱,۷۹	۰/۰۰۰
جو	۰/۹۳۰	۰/۸۶۵	۴۳۲/۳۷	۱۱۰۸/۸۷	۰/۰۰۰
یونجه	۰/۹۳۸	۰/۷۰۲	۱۹۴۲/۸۰	۶۶/۰۱	۰/۰۰۰

F آزمون فیشر محاسبه شده، $Sig.$ سطح معنی داری

در شکل (۳) رابطه ارزش آب (ریال بر متر مکعب) و شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر) برای محصولات اصلی در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است و پارامترهای به دست آمده از آن در جدول (۵) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد میانگین ارزش آب برای محصول گندم و یونجه بالغ بر ۵۰۰۰ ریال بر متر مکعب بوده اما این مقدار برای جو به ۱۹۳۳/۰ ریال بر متر مکعب رسیده است. این مقادیر نشان‌دهنده‌ی تمایل به پرداخت در هر هکتار برای هر متر مکعب آب آبیاری تحویل شده به کشاورزان در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (یانگ، ۲۰۰۵). شیب خط زیاد رابطه میان ارزش و شوری آب آبیاری در صیفی‌جات (۱۵۳۳/۶- ریال بر متر مکعب) نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این محصولات به شوری آب آبیاری بوده که باعث کاهش عملکرد محصول و در پی آن کاهش شدیدتر ارزش آب در شوری‌های بالاتر می‌باشد. در مقابل شیب خط کمتر در محصول جو (۴۸۲/۶- ریال بر متر مکعب) نشان‌دهنده مقاوم بودن محصول جو به شوری و کاهش کمتر ارزش آب در شوری‌های بالاتر بود. کاهش عملکرد محصول در ازای افزایش شوری آب آبیاری امری مورد انتظار بود که در مورد محصولات مختلف با نتایج تحقیقات گذشته نیز مطابقت داشت (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ مونس، ۲۰۰۲؛ کانگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ حسن‌لی و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۳- نمودار رابطه میان هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) و ارزش آب (ریال بر متر مکعب) برای محصولات اصلی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۵- پارامترهای به دست آمده از رابطه میان هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) و ارزش آب (ریال بر متر مکعب) برای محصولات اصلی در منطقه مورد مطالعه

محصول	ارزش آب (ریال بر متر مکعب)			هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)			شیب خط	عرض از مبدأ	انحراف از معیار
	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر			
صیفی	-۱۵۲۳۱/۶	۲۵۱۳/۱	۱۳۵۵۰/۱	۰/۳۳	۱/۹۷	۱۲/۸۵	-۱۵۳۳/۶	۵۵۳۱/۵	۳۷۴۹/۸
گندم	-۳۶۷۲/۹	۵۳۳۴/۵	۷۹۲۱/۹	۰/۳۳	۱/۶۹	۱۰/۷۰	-۹۵۰/۵	۶۹۳۸/۵	۱۷۵۳/۳
جو	-۳۳۵۹/۸	۱۹۳۳/۰	۳۴۱۹/۴	۰/۳۳	۲/۰۴	۱۲/۸۵	-۴۸۲/۶	۲۹۱۹/۷	۱۱۷۳/۶
یونجه	-۹۴۶/۷	۵۶۴۷/۶	۱۱۹۶۱/۴	۰/۳۵	۳/۰۶	۱۰/۷۰	-۱۰۸۹/۰	۸۹۸۲/۸	۳۴۹۸/۰

بالا بودن ارزش باقیمانده آب در کشت یک محصول، همیشه دلیل بر عدم کاشت محصولات کم‌ارزش دیگر در منطقه نیست. چرا که زمان کشت محصولاتی مانند گندم و جو با علوفه‌جات و صیفی‌جات متفاوت است. در مطالعه بربل و همکاران (۲۰۱۱) ارزش باقیمانده آب برای زیتون بیشترین و برای آفتابگردان کمترین مقدار به ترتیب به میزان ۰/۵۴۸ و ۰/۰۴۰ یورو در متر مکعب به دست آمد. هم‌چنین بیان نمودند نمی‌توان محصولات را

به طور جداگانه مورد تحلیل قرار داد و سیستم‌های کشاورزی نیازمند محصولات متفاوت برای بهینه‌سازی منابع می‌باشند. اگر محصول آفتابگردان آبیاری شده به طور تنها در نظر گرفته شود ممکن است نتیجه‌گیری شود که ارزش آب تقریباً صفر است و این که محصول آفتابگردان هرگز نباید آبیاری شود. اما این گیاه معمولاً آب اضافی را در زمانی که گیاهان اصلی به طور کامل آبیاری شده‌اند استفاده می‌کند. با توجه به رابطه به دست آمده شوری و ارزش آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه برای محصولات صیفی، گندم، جو و یونجه به ترتیب در شوری‌های آب آبیاری ۳/۶۱، ۷/۳۰، ۶/۰۵ و ۸/۲۴ دسی-زیمنس بر متر ارزش باقیمانده آب آبیاری به مقدار صفر می‌رسد. شوری‌های به دست آمده با مقادیر آستانه تحمل به شوری که در پژوهش‌های پیشین محاسبه شده است (ماس و هافمن، ۱۹۷۷؛ آلن و همکاران، ۱۹۹۸) تفاوت دارد و نشان‌دهنده زیان‌ده بودن استفاده از آب آبیاری در فرآیند تولید کشاورزی در شوری‌های فراتر از مقادیر ذکر شده می‌باشد.

در منطقه مورد مطالعه میانگین قیمت فروش آب به صورت مبادله‌ای حدود ۸۵۰ هزار ریال در هر ساعت بود که البته در بسیاری از مناطق خرید و فروش آب به صورت مستقل انجام نمی‌شد بلکه همراه زمین اجاره داده می‌شد. با توجه به میانگین دبی چاه‌های منطقه مورد مطالعه (حدود ۲۰ لیتر در ثانیه) و میانگین تعداد دفعات آبیاری در هر سال (۲۳ بار) قیمت اجاره سالیانه آب ۵۲۳۱/۸ ریال در هر متر مکعب محاسبه شد. این قیمت به دست آمده نزدیک به ارزش باقیمانده محاسبه شده در محصولات گندم و یونجه می‌باشد اما از صیفی‌جات و جو بیشتر است. نزدیک بودن ارزش باقیمانده با قیمت مبادله-ای در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده منطقی بودن تمایل به پرداخت کشاورزان به خصوص برای محصولات گندم و یونجه می‌باشد. عرب و همکاران (۲۰۱۸) ارزش آب در دشت ورامین با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط را ۱۵۷۵ ریال در متر مکعب محاسبه نمودند که در مقایسه با قیمت آب عرضه شده (پساب تصفیه‌شده شهر تهران) به میزان ۳۰۰ ریال در متر مکعب بسیار بیشتر است. هرچند آب عرضه شده در تمام مواقع سال و در تمام منطقه مورد مطالعه جوابگوی نیاز آبیاری محصولات کشاورزی نمی-باشد. در منطقه مورد مطالعه کشاورزان معدودی اقدام به کاشت گیاهان پرارزشی هم‌چون پسته و گل‌های زینتی نمودند که به دلیل قیمت فروش زیاد و هزینه های احتمالی مشابه، ارزش باقیمانده در این محصولات بیشتر است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ارزش آب چاه‌های کشاورزی به روش ارزش‌گذاری باقیمانده محاسبه شد و رابطه آن با شوری آب آبیاری بررسی شد. در برآورد ارزش آب، کلیه اجزای هزینه و درآمد استفاده کننده از آب محاسبه شدند. نتایج نشان داد ارزش آب در محصولات مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشند و علت عمده این تفاوت زیاد ناشی از نوع محصول و عملکرد و قیمت‌های بازاری آن بوده که این یافته همسو با دستاوردهای مطالعات اسپیلمن و همکاران (۲۰۰۸) است. ارزش آب برای محصول یونجه بیشترین مقدار و تأثیر شوری آب آبیاری بر ارزش آب در محصول جو در مقایسه با سایر محصولات کمترین بود. میانگین ارزش آب برای محصولات صیفی‌جات، گندم، جو و یونجه به ترتیب برابر ۲۵۱۳/۱، ۵۳۳۴/۵، ۱۹۳۳/۰ و ۵۶۴۷/۶ ریال بر متر مکعب به دست آمد. قیمت مبادله ای فروش آب در منطقه ۵۲۳۱/۸ ریال در متر مکعب محاسبه شد که با ارزش باقیمانده محصولات گندم و یونجه مشابهت بیشتری دارد. با مقایسه‌ی ارزش باقیمانده و قیمت مبادله‌ای آب چاه‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌توان چنین اظهار داشت: ۱) اگر قیمت فروش آب بیشتر از ارزش تولید نهایی آن باشد، کشاورز اقدام به استفاده از آن نخواهد کرد و چنین قیمتی برای آب مغایر با هدف رشد کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان است؛ ۲) اگر بهای آب با دقت تعیین نشود و خیلی پایین‌تر از ارزش تولید

نهایی باشد، ممکن است باعث هدر دادن و استفاده بیش از حد آب توسط کشاورزان به دلیل ارزان بودن آن شود و رغبتی برای افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری فیزیکی آب به وجود نیاید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد در منطقه مورد مطالعه، برای محصولات صیفی، گندم، جو و یونجه به ترتیب در شوری‌های آب آبیاری ۳/۶۱، ۷/۳۰، ۶/۰۵ و ۸/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، ارزش آب آبیاری به مقدار صفر می‌رسد. بدین معنی که اگر شوری آب آبیاری بیش از مقادیر ذکر شده باشد، با کشت هر یک از محصولات ذکر شده میزان مخارج بیشتر از سود حاصل از فروش محصولات خواهد شد و کشاورز متضرر می‌گردد. در نتیجه سیاست نرخ‌گذاری آب در منطقه باید به‌گونه‌ای باشد که در شوری‌های بیشتر از مقادیر ذکر شده برای محصولات متناسب با آن شوری، قیمت فروش آب کمتر از مقادیر فعلی باشد تا زیانی برای کشاورزان حاصل نشود. و یا اگر شوری آب آبیاری متناسب با ارزش نهایی محصول نیست، نباید اصرار به کشت آن محصول در منطقه نمود و باید سیاست‌گذاری کلان و استراتژیک به گونه‌ای باشد که کشت محصولات مقاوم به شوری و محصولات پرارزش در منطقه ترویج یابد. چرا که کاشت محصولات پرارزش به دلیل قیمت فروش بالا و هزینه‌های مشابه محصولات کم‌ارزش باعث افزایش ارزش باقیمانده و بهره‌وری اقتصادی آب خواهد شد. هرچند سیاست-گذاری‌های کلان و استراتژیک در بسیاری از مواقع رقم-زننده الگوی کشت کشاورزان خواهد بود. قیمت آب در روش‌های ارزش‌گذاری برابر با ارزش تولید نهایی آن در نظر گرفته می‌شود، اما قیمت‌گذاری اثربخش آب و تعیین تعرفه‌های آب‌بها نیازمند مطالعات اجتماعی، در نظر گرفتن قیمت تمام‌شده آب، محاسبه کشش قیمتی تقاضا، بررسی معیشت‌های جایگزین، مصارف رقیب و قدرت خرید گروه‌های مصرف‌کننده در منطقه مورد مطالعه می-باشد که فراتر از تحقیق حاضر بود. ارزش‌گذاری آب مبنایی برای حرکت به سمت آزادسازی قیمت‌ها و تعیین حد و حدود دخالت دولت برای اعمال ملاحظات اجتماعی در سیاست‌های موجود خواهد بود. هم‌چنین استفاده از سایر روش‌های ارزش‌گذاری اقتصادی در منطقه مورد مطالعه برای آزمودن روش ارزش‌گذاری باقیمانده توصیه می‌گردد.

فهرست منابع

۱. بی‌نام، ۱۳۹۶. نتایج سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵ هجری خورشیدی. مرکز آمار ایران.

۲. بی‌نام، ۱۳۹۶. آشنایی با شهرستان‌های قرچک و ورامین. وزارت امور اقتصادی و دارایی، اداره کل امور اقتصادی و دارایی استان تهران.

۳. بی‌نام، ۱۳۸۹. دور دوم آماربرداری سراسری منابع و مصارف آب سطحی و زیرزمینی استان تهران از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹. وزارت نیرو.

۴. جنیدی شریعت‌زاده ح، ۱۳۹۱. بهبود مدیریت و مصرف بهینه آب در کشاورزی: بسته آموزشی راهکارها و دستورالعمل‌ها. مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان ورامین، اداره آموزش و ترویج کشاورزی.

۵. رفیعی امام ع و زهتابیان غ، ۱۳۸۵. بررسی عوامل مؤثر بر تخریب اراضی در دشت ورامین. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۹، شماره ۲، صفحه‌های ۲۸۹ تا ۲۹۷.

۶. سهرابی ملایوسف ت، لیاقت ع، علیزاده ح و نظری ب، ۱۳۹۳. مدل‌سازی و شبیه‌سازی آثار بلندمدت استفاده از فاضلاب تهران بر منابع آب و خاک دشت ورامین با استفاده از مدل‌سازی پویای سیستم‌ها. تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۴۵، شماره ۳، صفحه‌های ۲۶۷ تا ۲۸۱.

۷. شریف م و قاسمی ع، ۱۳۹۵. اقتصاد خرد. انتشارات اطلاعات. چاپ چهارم. ۵۴۶ صفحه.

۸. عرب م، فتاحی اردکانی ا، فهرستی ثانی م و نشاط ا، ۱۳۹۷. برآورد ارزش عرضه آب کافی به دشت ورامین با رهیافت ارزش‌گذاری مشروط (مطالعه موردی سد ماملو و لتیان). مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، جلد ۴۹، شماره ۴، صفحه‌های ۶۲۲ تا ۶۳۴.

۹. کاشانی م، ۱۳۸۸. بررسی تغییر کاربری اراضی کشاورزی حاشیه شهر ورامین و عوامل مؤثر بر آن طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۵۴. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد.

10. *Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements irrigation and drainage paper 56. FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.*
11. *Anonymous, 1992. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. pp. 4-8. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 2lst century. 26-31 January, Dublin, Ireland.*
12. *Bate, R. N. and W. R. Dubourg, 1997. Net-back analysis of irrigation water demand in East-Anglia. Journal of Environmental Management, 49: 311–322.*
13. *Bekchanov, M., Ringler, C., Bhaduri, A. and M. Jeuland, 2016. Optimizing irrigation efficiency improvements in the Aral Sea Basin. Water Resources and Economics, 13: 30-45.*
14. *Berbel, J., Azahara Mesa-Jurado, M. and J. Máximo Pistón, 2011. Value of Irrigation water in Guadalquivir Basin (Spain) by Residual Value Method. Water Resource Management, 25: 1565-1579.*
15. *Calatrava Leyva, J. and S. Sayadi, 2005. Economic valuation of water and willingness to pay analysis with respect to tropical fruit production in southeastern Spain. Spanish Journal of Agricultural Research, 3(1): 25–33.*
16. *Chowdhury, N. T. 2013. Marginal product of irrigation expenses in Bangladesh. Water Resources and Economics, 4: 38–51.*
17. *Doorenbos, J. and A. H. Kassam, 1979. Yield response to water: Irrigation and Drainage paper 33. FAO-Food and Agriculture Organization, Rome.*
18. *Grimes, A. and A. Aitken, 2008. Water, water somewhere: the value of water in a drought-prone farming region. Motu, Wellington.*
19. *Hassanli, M. and H. Ebrahimian, 2016. Cyclic use of saline and non-saline water to increase water use efficiency and soil sustainability on drip irrigated maize. Spanish Journal of Agricultural Research, 14(4): e1204.*
20. *Hassanli, M., Ebrahimian, H., Mohammadi, E., Rahimi, A. and A. Shokouhi, 2016. Simulating maize yields when irrigating with saline water, using the AquaCrop, SALTMED, and SWAP models. Agricultural Water Management, 176: 91-99.*
21. *Hillel, D. 2000. Salinity Management for Sustainable Irrigation. World Bank, Washington DC.*
22. *Hussain, I., Turral, H., Molden, D., and M. Ahmad, 2007. Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated river basins. Irrigation Science, 25: 263-282.*
23. *Kang, Y., Chen, M. and S. Wan, 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. Agricultural Water Management, 97: 1303-1309.*
24. *Karami, L., Alimohammadi, M., Soleimani, H. and M. Askari, 2019. Assessment of water quality changes during climate change using the GIS software in a plain in the southwest of Tehran province, Iran. Desalination and Water Treatment, 148: 119-127.*
25. *Lange, G. M. 2006. Case studies of water valuation in Namibia's commercial farming areas. Pp. 237–255. In: Lange, G. M. and Hassam, R. (eds). The economics of water management in Southern Africa: an environmental accounting approach. Edward Elgar Publishing-Cheltenham.*
26. *Lange, G. M., and R. Hassan, 2006. The economics of water management in Southern Africa: An environmental Accounting approach. Edward Elgar Publishing, London.*

27. *Lister, J. 2019. Examples of Explicit & Implicit Business Transactions. Retrieved March 24, 2020 from https://smallbusiness.chron.com/examples-explicit-implicit-business-transactions-37484*
28. *Maas, E. V. and G. J. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation Drainage Div. ASCE, 103(2): 115-134.*
29. *Maestu, J. 2001. The political economy of the implementation of changes in pricing practices in Spain. What can we learn. pp. 247-267. Proceedings of the European Commission Conference on Pricing Water. Economics, Environment and Society. 6-7 September, Sintra, European Commission, Brussels, Belgium,*
30. *Munns, R. 2002. Comparative physiology of water and salt stress. Plant, Cell and Environment, 25(2): 239-250.*
31. *Najafi Alamdarlo, H., Ahmadian, M. and S. Khalilian, 2016. Groundwater management at Varamin plain: The consideration of stochastic and environmental effects. International Journal of Environmental Researches, 10(1): 21-30.*
32. *Phakathi, S. 2016. Small-scale irrigation water use productivity and its role in diversifying rural livelihood options: case studies from Ndumo B and Makhathini irrigation schemes, KwaZulu-Natal, South Africa. M. Sc. dissertation, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg.*
33. *Rigby, D., Alcon, F. and M. Burtons, 2010. Supply uncertainty and the economic value of irrigation water. European Review of Agricultural Economics, 37: 97-117.*
34. *Speelman, S., Farolfi, S., Perret, S., D'haese, L. and M. D'haese, 2008. Irrigation water value at small-scale schemes: evidence from the North West Province, South Africa. International Journal of Water Resource Development, 24(4): 621–633.*
35. *Urujeni, S. and J. C. Ngabitdinze, 2015. Economic Valuation of Irrigation Water in Smallholder Farming System in Rwanda: The Case of Kibaya-Cyunuzi Scheme. International Journal of Agriculture Innovations and Research, 4(1): 37-46.*
36. *Young, R. A. 2005. Determining the economic value of water: Concepts and methods. Resources for the future. RFF press, Washington DC.*
37. *Young, R. A. and J. B. Loomis, 2014. Determining the economic value of water, concepts and methods. RFF press, Washington D.C.*

Groundwater Valuation Using Residual Method and Considering Water Salinity in Varamin County

M. Hassanli [1] *, P. Afrasiab, M. Sabouhi, and H. Ebrahimian

PhD student, Water Engineering Department, University of Zabol.
hassanli@ut.ac.ir
Associate Professor, Water Engineering Department, University of Zabol.
p_afrasiab@yahoo.com
Professor, Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University of Mashhad.
msabuhi39@yahoo.com
Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran.
ebrahimian@ut.ac.ir

Abstract

The economic value of water is one of the most important factors for allocating water among various consumptions and encouraging users to take necessary actions to increase investments related to improving water productivity. There are several methods for economic valuation of water. In this study, due to the key role of water in irrigation of agricultural products, residual valuation method was used for agricultural wells in Varamin County, with a wide range of water salinity. The average economic values of water for cucurbits, wheat, barley, and alfalfa were 2513.1, 5334.5, 1933.0 and 5647.6 Iranian Rials per cubic meters (IRR.m^{-3}), respectively. The exchange price of water among the farmers in the study area was calculated as 5231.8 IRR.m^{-3}, which was close to the calculated residual value for wheat and alfalfa crops. The coefficient of determination (R^2) for the relationship of economic value and salinity of irrigation water for the above crops was 0.806, 0.878, 0.865 and 0.702, respectively, which indicates that the main changes of economic value of water is related to salinity of water. According to the relationship between salinity and irrigation water value in the study area, the residual value of water was zero in the electrical conductivity of 3.61, 7.30, 6.05, and 8.24 dS.m^{-1} for cucurbits, wheat, barley, and alfalfa, respectively. As a result, the water pricing policy in the study area should be such that for water salinities higher than the mentioned values, the selling price of water is set lower than the current value, so that the farmers do not suffer losses. Another option is that choice of crop should be based on greater resistance to salinity and its economic value.

Keywords: *Water economic, Water value, Groundwater salinity, Water productivity*

[1] - *Corresponding author: Water Engineering Department, University of Zabol*
* - *Received: March 2020, and Accepted: July 2020*

Feasibility Investigation of Good Governance in the Participatory Water Management in Aqqal County

Z. Tarmohammadi Ghorchi, G. Abdollahzadeh [1] *, M.S. Sharifzadeh, and A. Qezel

MSc. Graduate of Rural Development, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
zahratarmohammadi69@gmail.com
Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
Abdollahzd@gau.ac.ir
Associate Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
sharifzadeh@gau.ac.ir
MSc., Agricultural Jihad Organization of Golestan Province, Gorgan, Iran.
Abdolvahabqezel@gmail.com

Abstract

Nowadays, participatory water management receives much attention as one of the key elements of sustainable water resources management. The feasibility of good governance in the process of participation of stakeholders in water exploitation can meet the interests of all users in a fair way. The purpose of this research was to investigate the feasibility of good governance in the process of participatory water management. The study was conducted in Payvand Production Cooperative (PPC), Aqqala County. Research method was survey and questionnaire tool was used for collecting the required data. Target population included 400 farmers who were members of PPC and received services related to participatory water management. The data was collected from 196 farmers from 7 targeted villages. Reliability of research questionnaire was approved based on opinion of experts, and its validity was confirmed by Cronbach`s Alpha coefficient in two parts: importance and feasibility of good governance components. Results of evaluating the feasibly of good governance components showed that the majority of respondents believed that the components of good governance in the process of participatory water management in the study area had been considered at an acceptable level. Also, the results of one sample t-test showed that the process of participatory water management in the study area was successful in terms of attention to all five components of good governance, namely, public participation and collective agreement, responsibility and law enforcement, accountability and transparency, fairness and efficiency and effectiveness. Results of independent sample t-test indicated that respondents whose main job was farming (compared to those whose main job was not agriculture) and respondents who received water share in a group manner (compared to those who received water individually) evaluated the feasibility of good governance components at high level.

***Keywords**: Good governance components, Golestan province, Payvand Production Cooperative*

---

[1] - Corresponding author: Gorgan, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources
** - Received: September 2019, and Accepted: June 2020*

Effects of Water Pricing Policy and Water Quota on Water Resources Sustainability in Golestan Province

A. Rezaee [1*], R. Joolaie, and A. Keramatzadeh

Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural resources.

arezaee@gau.ac.ir

Associate Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural resources.

joolaie@gau.ac.ir

Assistant Professor of Agricultural Economics,Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural resources.

alikeramatzadeh@gau.ac.ir

Abstract

Sustainability of water resources has the most important role in the sustainability of agricultural systems. In this study, positive mathematical programming was applied in 2018-19 to evaluate the sustainability of water resources and to determine the cropping pattern in Golestan province based on water demand management policies, i.e. water price increase by 50% and 100%, and reducing water quota by 10% and 20%. First, according to water price increases and water quota policy scenarios, the cropping pattern was evaluated in this area. Then, by using the sustainability indicators such as gross margin (GM), water consumption, economic efficiency, and labor efficiency the sustainability of water resources was calculated. Based on water price increases by 50% and 100%, water consumption and GM decrease by, respectively, (2.72% and 5.44%) and (5.06% and 9.99%). Also, based on water quota policy of 10% and 20% reduction, water consumption and GM decrease by, respectively, (8.9% and 11.56%) and (0.54% and 1.75%). In addition, GM per unit of water in agricultural sector decreases by 2.41% and 4.81% in response to to water price increase by 50% and 100%, respectively, and in case of 10% and 20% reductiion in water quota policy, it increases by, respectively, 9.17% and 11.09%. Water price increase by 50% and 100% and water quota reduction by 10% and 20%, increase water labor efficiency by, respectively, (0.78% and 1.6%) and (2.6% and 5.8%). Based on the result, if the government is going to increase water sustainability by using demand management policies, the water quota policy is more efficient. Also, the government should support farmers by direct payments to compensate for their lost profits.It is also recommended that irrigation methods with high efficiency be employed.

Keywords: *Water demand management, Gross Margin, Employment Efficiency*

[1] - *Corresponding author: Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural resources.*

[*]- *Received: January 2020, and Accepted: June 2020*

Effects of Irrigation Water Salinity on Yield Quantity and Quality and Water Use Efficiency of Damask Rose in Pot Conditions

R. Yazdani-Biouki [1] *, M. H. Rahimian, G. H. Ranjbar, M. H. Rad, H. Beyrami, and H. Meftahizadeh

Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
r.yazdani@areeo.ac.ir
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
mhrahimian@gmail.com
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
ranjbar71@gmail.com
Assistant Prof, Forest and Rangeland Division, Yazd Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
mohammadhadirad@gmail.com
Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
beyrami.h@hotmail.com
Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
hmeftahi@yahoo.com

Abstract

In order to investigate the effect of salinity stress on applied water, yield and water use efficiency of Damask rose, an experiment was conducted based on completely randomized design with three replications and four levels of water salinity including 2.8, 5, 8 and 11 dS.m^{-1} at Research Greenhouse of National Salinity Research Center, during 10 Oct 2018 to 30 Sep 2019. In this study, volume of applied water and drainage water, evapotranspiration, flower yield, essential oil yield, and water use efficiency (based on flower yield) were determined. The results showed that the average of applied water, evapotranspiration and drainage water in each irrigation were 14.3, 8.4 and 5.9 L per plant for all treatments, respectively. Also, sum of applied water, evapotranspiration and drainage water volume during the experiment were equal to 616, 363 and 253 L per plant, respectively. The sum of irrigation water volume was 619, 625, 610 and 610 L per plant in 2.8, 5, 8 and 11 dS.m^{-1} treatments, respectively. Flower yield in 2.8, 5 and 8 dS.m^{-1} treatments were 60.3, 55.8 and 57.1 g/plant and had no significant difference, such that plants treated with 5 and 8 dS.m^{-1} had a decrease of 7.46% and 5.25% compared to the 2.8 dS.m^{-1} treatment, respectively. However, treatment of 11 dS.m^{-1} had the lowest flower yield (22.66 g/plant) with a decrease of 62.42% compared to the treatment 2.8 dS.m^{-1}. The results showed that the highest water use efficiency of Damask rose was obtained in treatments 2.8, 5, and 8 dS.m^{-1} (0.09, 0.08 and 0.09 kg/m^3) and the lowest (0.03 kg/m^3) was in salinity of 11 dS.m^{-1}. Salinity stress levels of 8 and 11 dS/m caused the highest percentage of essential oil (0.025% and 0.027%, respectively) and salinity of 2.8 and 5 dS/m caused the lowest percentage of essential oil (0.022% and 0.021%, respectively).

Keywords: *Evapotranspiration, Essential oil yield*

---

[1] - *Corresponding author: National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran*
*- *Received: February 2020, and Accepted: June 2020*

Investigating the Effect of Amendments of Zeolite, Superabsorbent Polymer, and Different Amounts of Irrigation on Sesame Yield

A. Khashei Siuki [1] *, A. Shahidi, M. Dastorani H. R Fallahi, and F. Shirzadi

Associate Professor, Sciences and Water Engineering Dept. University of Birjand.
abbaskhashei@birjand.ac.ir
Assistant Professor, Sciences and Water Engineering Dept. University of Birjand.
ashahidi@birjand.ac.ir
Assistant Professor, Sciences and Water Engineering Dept. University of Birjand.
mdastourani@birjand.ac.ir
Assistant Professor. University of Birjand.
hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir
MSc, Irrigation and Drainage, University of Birjand.
fshirzadi7575@gmail.com

Abstract

In order to investigate the effect of soil amendments, zeolite and superabsorbent polymer, on the quantity and quality of sesame yield under drought stress, a factorial experiment was performed in randomized complete block design with three replications, at Research Field of College of Agriculture, University of Birjand, in 2017-2018. Treatments included irrigation at two levels of 50% and 100% water requirement and amendment materials at 6 levels of Z0, Z1, Z2, Z3, Z4 and Z5. (Z0= Control, Z1=adsorbent polymer (125 kg / ha), Z2 = 11.2 ton/ hect of zeolite and Z3 =6.2 ton/hect of zeolite, Z4= zeolite 11.2 ton / hect of zeolite + 125 kg / hect of adsorbent polymer, Z5 =6.2 ton/ hect of zeolite + 125 kg /hect/ of adsorbent polymer) In this study, 1000-grain weight, percentage of crude grain oil, crude protein of grain, plant height, grain yield, harvest index, and water use efficiency were investigated. The results showed that 1000-grain weight, oil percentage, grain protein, plant height, and sesame grain yield were affected by different levels of irrigation and amendments at 1% probability level. Also, harvest index and water use efficiency were affected by different levels of amendments at 1% probability level. Oil percentage, grain yield and harvest index were affected by interaction effects of irrigation levels and amendments at 1% probability level. The highest grain weight, percentage of crude grain oil, crude protein of grain, plant height, grain yield, harvest index, and water use efficiency were observed in Z4 treatment. The results showed that the change in irrigation level from 100% to 50% significantly reduced yield. The highest amount of 1000-grain weight in different levels of amendments was 4.12 g in Z4 and the lowest was 2.89 g. in Z0 treatments Also, the highest amount of crude grain oil in irrigation and different levels of amendments was 56.8% and 40.5%, respectively. The highest and the lowest amount of crude protein in response to different levels of amendments were 15.7% and 13.1%, respectively. The results showed that drought stress had a negative effect on plant growth, but the use of zeolite and superabsorbent polymer partially offset this effect.

***Keywords**: Grain protein, Grain oil, 1000-grain weight*

---

[1] - *Corresponding author: Associate Professor, Water Engineering Department, University of Birjand*
* - *Received: December 2019 and Accepted: June 2020*

Evaluation of the Effect of Water Deficit Stress on Wheat Yield in a Moderate-Textured Soil in Khuzestan Province

F. Meskini-Vishkaee [1] *, A.R. Jafarnejadi, and N. Davatgar

Assistance Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
Fatemeh.meskini@yahoo.com
Associate Professor, Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran.
arjafarnejady@gmail.com
Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
n_davatgar@yahoo.com

Abstract

Irrigation water scarcity is one of the major limiting factors in agricultural production. This study was conducted to investigate the effect of different intensities of water deficit stress on yield and water use efficiency of Chamran 2 wheat cultivar in a moderate-textured soil in Khuzestan province. In this research, 10 treatments including full irrigation and water deficit stress at three intensity levels (low, moderate, and severe) were applied under two conditions: during whole growing season or at a given stage of plant growth. This research was done as a completely randomized design with three replications. The salinity of studied soil was 2.95 dS m^{-1}, and soil texture was silty clay loam. The mean water use in different stress treatments was less than full irrigation by 17% (moderate-intensity stress in the third growth stage of wheat) to 43% (high-intensity stress throughout the plant growth period). Applying different intensities of water stress caused reduction in wheat grain yield by 13% (low-intensity stress throughout the growth period) to 76% (high-intensity stress throughout the growth period). The results showed that water stress at stem elongation and grain filling stages of wheat reduced the grain yield more than stress at flowering and milk stages. The lowest value of mean thousand kernel weight (28 g) was observed in the treatments applied in the final growth stage of wheat, confirming the importance of irrigation effects during grain filling stage on the quality of grain. The overall water use efficiency in low-intensity water stress (0.78 g L^{-1}) was higher than the full irrigation treatment (0.62 g L^{-1}), probably due to the reduction of irrigation water losses by drainage and evaporation.

Keywords: *Irrigation, Water use efficiency, Wheat growth stages*

[1]- *Corresponding author: Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.*
*- *Received: September 2019, and Accepted: June 2020*

Spatial Analysis of Water Productivity Index at Major Wheat Production Centers of IRAN

M. Taheri, V. Rezaverdinejad, J. Behmanesh, F. Abbasi [1] *, and J. Baghani

PhD student, Water Engineering Department, agriculture faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
mi.taheri@urmia.ac.ir
Associate Professor, Water Engineering Department, agriculture faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
v.verdinejad@urmia.ac.ir
Professor, Water Engineering Department, agriculture faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
j.behmanesh@urmia.ac.ir
Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
fa.abbasi@areeo.ac.ir
Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
baghani37@gmail.com

Abstract

Water resource deficiency and the necessity of sustainable production in irrigated lands have attracted much attention to water productivity issues. In this regard, analysis, estimation, and preparation of water productivity map are necessary as an influential factor to recognize cultivation potential in irrigated lands. The aim of this study was to select a proper interpolation method for water productivity and investigate spatial changes in water productivity in Iranian wheat production centers. In this research, 241 field data were used, of which range of water productivity (irrigation water + effective precipitation) was estimated between 0.3 to 2.58 kg.m^{-3} with the average of 0.79 kg m$^{-3,}$ in 2016-2017 season. Interpolation methods used included Ordinary Kriging, Inverse Distance Method (IDW), and Radial Basis Function (RBF). Cross Validation technic was applied to evaluate methods by statistical measures such as Root Mean Square Error (RMSE), Mean Bias Error (MBE), and Mean Absolute Relative Error (MARE). Interpolation methods evaluation showed that between available procedures, typical Kriging method with exponential semi-variogram model had the most proper condition to prepare wheat water productivity zoning map. The results of the spatial analysis of water productivity confirmed that geostatistics could be used with acceptable accuracy (MBE=0.005) to provide water productivity mapping. Results of Cluster analysis of the effective factors (salinity of irrigation water, soil salinity, and crop cultivar) on wheat water productivity index showed that the areas suitable for wheat cultivation were separated into 13 independent groups (at the 5 percent level), such that the highest and lowest mean water productivity of wheat were observed in group 5 (Mean = 0.84 kg.m^{-3}) and group 10 (Mean = 0.41 kg.m^{-3}), respectively.

Keywords: *Kriging, Interpolation methods, Water productivity zoning*

---

[1]- *Corresponding author: Professor of Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Karaj, Iran.*
*- *Received: October 2019 and Accepted: June 2020.*

Effect of Subsurface Drip Irrigation Management on Growth and Yield Indices in First Ratoon Sugarcane Cultivation

D. Namdarian [1] [*], A. A. Naseri, S. Boroomand Nasab, and M. Parvizi Almani

PhD student in Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
dorsanamdarian@yahoo.com
Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
abdalinaseri@yahoo.com
Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.
boroomand@scu.ac.ir
Director of Eugenic unit Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute, Ahvaz, Iran.
mparvizi_almani@yahoo.com

Abstract

This study aimed to investigate the effect of subsurface drip irrigation on leaf area index, root distribution, quality and yield of sugarcane for the first ratoon. For this purpose, a field with subsurface drip irrigation management was studied. Three measurement stations were selected in the field. The amount of water consumed for this field in 2017- 18, was 19531 mm. During this period, 117 mm of rainfall also occurred. Number of plants, number of green leaves, leaf length and width over one meter of plants row were counted and measured six times at 91, 99, 105, 112, 119 and 128 days after harvesting of plant. Number, length and width of leaves averaged 7.2, 101 cm and 2.9 cm respectively. The LAI value was affected by the number of plants. Weight of 20 stalks, brix, POL, purity (PTY), Quality Ratio (Q.R), brown sugar yield (Y) and white sugar yield (SY) in subsurface drip irrigation were 15.8 kg, 22.2%, 19.8%, 89.1%, 6.7, 21.3 ton/ha and 14.9 ton/ha respectively. Also different root characteristics were measured. Root weight, length, area, volume and diameter were 79.5 g, 707.55 cm, 793.3 cm^2, 70.8 ml and 1.05 mm, respectively. Shoot/ root ratio was 5.73 g / g. Finally, in deeper and lower layers of soil, the root diameter is 20% more than the surface layer.

Keywords: *Brix, POL, Purity, Shoot/ root ratio*

[1] - *Corresponding author: Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran*
[*] - *Received: September 2019, and Accepted: June 2020*

Development of Drought Risk Analysis Model in Agricultural Water Supply Systems of Northern Roodasht Irrigation Network Using Bayesian Network

A. Bozorgi, A. Roozbahani [1] * and S. M. Hashemy Shahedany

PhD Student of Water Resources Engineering, Department of Irrigation Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran.
bozorgi.atiyeh@ut.ac.ir
Associate Professor, Department of Irrigation Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran.
roozbahany@ut.ac.ir
Assistant Professor, Department of Irrigation Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran.
mehdi.hashemy@ut.ac.ir

Abstract

Agriculture is one of the most important economic sectors of Iran and the largest consumer of surface and underground water resources. Since various risks threaten agricultural water supply systems, developing a risk analysis framework is inevitable in order to identify and assess the impact of the aforementioned systems on promoting sustainable agricultural development. Therefore, for the first time, the present study has attempted to develop a drought risk analysis model for agricultural water supply system with the Bayesian network. The structure of this model, which consists of nodes and their interactions, is designed by using river discharge, water released from the upstream water diversion system, groundwater and irrigation network demand to provide system risk. In order to investigate the capability of the developed model, the risk analysis of the modern Roodasht Irrigation System in Isfahan was investigated. The risk values of the Roodasht agricultural water supply system were estimated in the range of zero to 58.11% and an average of 39.82%. The results showed that this model has good accuracy and performance in both training and test sections, with the root mean squares error of 0.09 and 0.1, coefficient of determination of 0.85 and 0.75, and overall index of model performance of 0.82 and 0.74. The results of this research and the proposed model helps operators and decision makers to better plan the allocation of irrigation water based on the risks predicted in hydrological drought conditions.

Keywords: *Surface and groundwater resources, Hydrological drought, Water allocation*

[1] - *Corresponding author: Department of Irrigation Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran.*
*- *Received: April 2020, and Accepted: June 2020*

Effect of Drought Stress and Planting Date on Grain Yield and Water Use Efficiency of Autumn Wheat in Kashmar Region

M. Mokari [1] *, M. Abedinpour, and H. Dehghan

Assistant Professor, Water Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute
mehdimokari@gmail.com
Assistant Professor, Water Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute
abedinpour_meysam@yahoo.com
Assistant Professor, Water Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute
dehghan63.ha@gmail.com

Abstract

Presently, the main challenge of agricultural sector is improvement of crop water productivity (CWP). To evaluate the effect of water stress and planting date on grain yield, water productivity and yield components of wheat (Pishgam var.), an experiment was conducted as split plot based on complete randomized design with three replications, at Kashmar Agricultural Research Station, in 2018-2019. Irrigation treatments included 100% of irrigation water requirement (IWR), 80% IWR, 60% IWR, and 40% IWR as the main treatments, and three planting dates including 23rd September, 23rd October and 23rd November as sub treatments. The results showed that water stress had significant effect on grain yield, water use efficiency (WUE), and harvest index (HI) at 1% probability level, such that with increasing water stress, the grain yield, HI and WUE was decreased. Also, the results showed that the effect of sowing date on grain yield, thousand kernel weight, and number of kernels per panicle, HI, and WUE was significant. The highest values of grain yield, HI, and WUE were 7227.33 kg/ha, 32.77 %, and 2.51 kg/m^3, respectively, and belonged to 23rd October and 100% IWR treatment. The lowest of these values were 2000 kg/ha, 15.3%, and 1.14 kg/m^3, respectively, related to 23rd November and 40% IWR treatment. The interaction between water stress and planting date had significant effect on all agronomic traits, except the number of kernels per panicle and WUE. According to the results of this study, irrigation treatment of 100% IWR and planting date of 23rd October can be considered for autumn wheat cultivar (Pishgam var.) in arid and semi-arid region of Kashmar.

***Keywords**: Wheat var. Pishgam, Harvest index, Deficit irrigation, Water stress*

[1]-Corresponding author: Water Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute
**- Received: February 2020, and Accepted: June 2020*

Contents

Subject **Page**

Effect of Drought Stress and Planting Date on Grain Yield and Water Use Efficiency of Autumn Wheat in Kashmar Region……...…12
M. Mokari, M. Abedinpour, and H. Dehghan

Development of Drought Risk Analysis Model in Agricultural Water Supply Systems of Northern Roodasht Irrigation Network Using Bayesian Network…….....13
A. Bozorgi, A. Roozbahani , and S. M. Hashemy Shahedany

Effect of Subsurface Drip Irrigation Management on Growth and Yield Indices in First Ratoon Sugarcane Cultivation…….....14
D. Namdarian, A. A. Naseri, S. Boroomand Nasab, and M. Parvizi Almani

Spatial Analysis of Water Productivity Index at Major Wheat Production Centers of IRAN…….....15
M. Taheri, V. Rezaverdinejad, J. Behmanesh, F. Abbasi, and J. Baghani

Evaluation of the Effect of Water Deficit Stress on Wheat Yield in a Moderate-Textured Soil in Khuzestan Province…….....16
F. Meskini-Vishkaee, A.R. Jafarnejadi, and N. Davatgar

Investigating the Effect of Amendments of Zeolite, Superabsorbent Polymer, and Different Amounts of Irrigation on Sesame Yield.....17
A. Khashei Siuki, A. Shahidi, M. Dastorani H. R Fallahi, and F. Shirzadi

Effects of Irrigation Water Salinity on Yield Quantity and Quality and Water Use Efficiency of Damask Rose in Pot Conditions…….....18
R. Yazdani-Biouki, M.H. Rahimian, G.H. Ranjbar, M.H. Rad, H. Beyrami, and H. Meftahizadeh

Effects of Water Pricing Policy and Water Quota on Water Resources Sustainability in Golestan Province……...……..19
A.Rezaee, R. Joolaie, and A. Keramatzadeh

Feasibility Investigation of Good Governance in the Participatory Water Management in Aqqal County……...……...…….....20
Z. Tarmohammadi Ghorchi, G. Abdollahzadeh, M.S. Sharifzadeh, and A. Qezel

Groundwater Valuation Using Residual Method and Considering Water Salinity in Varamin County…….……...21
M. Hassanli, P. Afrasiab, M. Sabouhi, and H. Ebrahimian

Ministry of Jihad-e-Agriculture

Agricultural Research, Education, and Extension Organization

Soil and Water Research Institute

Journal of Water Research in Agriculture

Vol. 34, No. 2
2020

Manager-in–Charge: **Hadi Asadi Rahmani, PhD**
Director General, Soil and Water Research Institute

Editor-in–Chief: **Hamid Siadat, PhD**
Professor (Research), Soil and Water Research Institute

Editorial Board

Mohammad Bybordi, PhD	**Senior University Lecturere**
Naser Davatgar, PhD	**Associate Prof, Soil and Water Research Ins**
Niaz Ali Ebrahimi Pak, PhD	**Associate Prof, Soil and Water Research Ins**
Nader Heydari, PhD	**Associate Professor, Iranian Agricultural Engineering Research Institute (AERI)**
Heydar Ali Kashkuli, PhD	**Prof., Azad University, Ahvaz**
Abdolmajid Liaghat, PhD	**Prof., University of Tehran**
Mohammad Hosein Mahdian, PhD	**Prof., (research) of Agricultural Rersearch Education and Extention Organization**
Seyed Majid Mirlatifi, PhD	**Prof., Tarbiat Moddarres University, Tehran**
Seyed Farhad Moosavi, PhD	**Invited Prof., Semnan University**
Ebrahim Pazira, PhD	**Prof., Azad University, Tehran**

English Editor	**Hamid Siadat**
Design	**Fatemeh Aghajani**

Postal Address: P. O. Box: 317793545, Karaj – IRAN
Tel / Fax: 026-36220160
Soil and Water Research Institute Website: www.swri.ir
Journal Website: http://www.wra.areo.ir

Journal of Water Research in Agriculture

http://www.wra.areo.ir

Volume 34/ No 2/ 2020

ISSN: 2228-7140

Contents

Subject **Page**

Effect of Drought Stress and Planting Date on Grain Yield and Water Use Efficiency of Autumn Wheat in Kashmar Region……...…12

M. Mokari, M. Abedinpour, and H. Dehghan

Development of Drought Risk Analysis Model in Agricultural Water Supply Systems of Northern Roodasht Irrigation Network Using Bayesian Network…….....13

A. Bozorgi, A. Roozbahani , and S. M. Hashemy Shahedany

Effect of Subsurface Drip Irrigation Management on Growth and Yield Indices in First Ratoon Sugarcane Cultivation…….....14

D. Namdarian, A. A. Naseri, S. Boroomand Nasab, and M. Parvizi Almani

Spatial Analysis of Water Productivity Index at Major Wheat Production Centers of IRAN…….....15

M. Taheri, V. Rezaverdinejad, J. Behmanesh, F. Abbasi, and J. Baghani

Evaluation of the Effect of Water Deficit Stress on Wheat Yield in a Moderate-Textured Soil in Khuzestan Province…….....16

F. Meskini-Vishkaee, A.R. Jafarnejadi, and N. Davatgar

Investigating the Effect of Amendments of Zeolite, Superabsorbent Polymer, and Different Amounts of Irrigation on Sesame Yield.....17

A. Khashei Siuki, A. Shahidi, M. Dastorani H. R Fallahi, and F. Shirzadi

Effects of Irrigation Water Salinity on Yield Quantity and Quality and Water Use Efficiency of Damask Rose in Pot Conditions…….....18

R. Yazdani-Biouki, M.H. Rahimian, G.H. Ranjbar, M.H. Rad, H. Beyrami, and H. Meftahizadeh

Effects of Water Pricing Policy and Water Quota on Water Resources Sustainability in Golestan Province……...……..19

A.Rezaee, R. Joolaie, and A. Keramatzadeh

Feasibility Investigation of Good Governance in the Participatory Water Management in Aqqal County……...……...…….....20

Z. Tarmohammadi Ghorchi, G. Abdollahzadeh, M.S. Sharifzadeh, and A. Qezel

Groundwater Valuation Using Residual Method and Considering Water Salinity in Varamin County…….……...21

M. Hassanli, P. Afrasiab, M. Sabouhi, and H. Ebrahimian