



نشریه علمی پژوهشی

پژوهش آب در کشاورزی

<http://www.wra.areo.ir>



ISSN: 2228-7140

ب / جلد ۳۴ / شماره ۴ / سال ۱۳۹۹

صفحه

عنوان

- ۵۰۵..... بررسی تبخیر-تعرق واقعی و ضرایب گیاهی برنج ارقام هاشمی و شیروودی در شهرستان ساری
محمدعلی غلامی سفیدکوهی، زهرا باقری خلیلی و امین قلعه‌نوی
- ۵۱۷..... تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک مؤثر بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای
مهدی زنگی‌آبادی
- ۵۳۱..... تعیین نیازآبی ارقام گل رز در گلخانه هیدروپونیک
فاطمه کیخایی، قاسم زارعی، ناصر گنجی خرم‌دل و صادق صادقی
- ۵۴۳..... بررسی اختلاط قائم آب شور و شیرین در زهکشی و تاثیر آن بر شوری زه آب در مزارع کشت نیشکر
دعبل خزاعی و سلمان فارسی
علی مختاران، عبدعلی ناصری و حیدرعلی کشکولی
- ۵۶۳..... برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد در دشت بیرجند
سعید قوام‌سعیدی نوقابی، علی شهیدی و حسین حمامی
- ۵۷۵..... اثر مقادیر مختلف مواد غذایی و آب بر بهره‌وری آب در گل سوسن در گلخانه
معظم حسن پور اصیل، جمالعلی الفتی، محمدرضا خالدیان و زهرا سادات نبوی مهاجر
- ۵۹۱..... تعیین ضرایب گیاهی گل نرگس به روش لایسیمتری در دشت بیرجند
اکبر محمدی، محمدحسین نجفی مود، عباس خاشعی سیوکی و علی شهیدی
- ۶۰۳..... بررسی عوامل مؤثر بر اضافه برداشت کشاورزان از منابع آب زیرزمینی در دشت زاوه- تربت حیدریه
زهرا مقیمی، علیرضا کرباسی، تکتم محتشمی و امین علیزاده
- ۶۱۵..... بررسی اثر مدت‌زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه تربچه
معصومه متانت، حسین بانژاد، مصطفی قلی‌زاد و مرتضی گلدانی

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

جلد ۳۴ شماره (۴)
۱۳۹۹

مدیر مسئول: دکتر هادی اسدی رحمانی	رئیس مؤسسه تحقیقات خاک و آب
سر دبیر: دکتر حمید سیادت	استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب

اعضاء هیأت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر نیاز علی ابراهیمی پاک	دانشیار پژوهشی مؤسسه 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 مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
دکتر ناصر دواتگر	دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب
دکتر حیدرعلی کشکولی	استاد واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد 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:

ویراستار انگلیسی:

صفحه آرایی:

چهار شماره

دکتر حمید سیادت

مهندس فاطمه آقاجانی

این نشریه در پایگاه‌های علمی زیر نمایه می‌شود: پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی: www.sid.ir پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC): www.isc.gov.ir پایگاه سیولیکا: https://civilica.com پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran): https://www.magiran.com	پایگاه الکترونیکی نشریه پژوهش آب در کشاورزی: http://www.wra.areo.ir پایگاه الکترونیکی مؤسسه تحقیقات خاک و آب: www.swri.ir آدرس الکترونیکی مجله: journalwater@yahoo.com
--	--

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

تلفن و نمابر ۰۲۶ ۳۶۲۳۰۱۶۰ آدرس پایگاه الکترونیکی مجله: <http://www.wra.areo.ir>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

- ۵۰۵..... بررسی تبخیر-تعرق واقعی و ضرایب گیاهی برنج ارقام هاشمی و شیرودی در شهرستان ساری
محمدعلی غلامی سفیدکوهی، زهرا باقری خلیلی و امین قلعه‌نوی
- ۵۱۷..... تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک مؤثر بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای
مهدی زنگی‌آبادی
- ۵۳۱..... تعیین نیازآبی ارقام گل رز در گلخانه هیدروپونیک
فاطمه کیخایی، قاسم زارعی، ناصر گنجی خرم‌دل و صادق صادقی
- ۵۴۳..... بررسی اختلاط قائم آب شور و شیرین در زهکشی و تاثیر آن بر شوری زه آب در مزارع کشت نیشکر
علی مختاران، عبدعلی ناصری و حیدرعلی کشکولی
- ۵۶۳..... برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد در دشت بیرجند
سعید قوام‌سعیدی نوقایی، علی شهیدی و حسین حماسی
- ۵۷۵..... اثر مقادیر مختلف مواد غذایی و آب بر بهره‌وری آب در گل سوسن در گلخانه
معظم حسن پور اصل، جمالعلی الفتی، محمدرضا خالیدیان و زهرا سادات نبوی مهاجر
- ۵۹۱..... تعیین ضرایب گیاهی گل نرگس به روش لایسمتری در دشت بیرجند
اکبر محمدی، محمدحسین نجفی مود، عباس خاشعی سیوکی و علی شهیدی
- ۶۰۳..... بررسی عوامل موثر بر اضافه برداشت کشاورزان از منابع آب زیرزمینی در دشت زاوه- تربت‌حیدریه
زهرا مقیمی، علیرضا کرباسی، تکتم محتشمی و امین علیزاده
- ۶۱۵..... بررسی اثر مدت‌زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه تربچه
معصومه متانت، حسین بانژاد، مصطفی قلی‌زاد و مرتضی گلدانی

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 می‌نماید.

الف) اصول کلی

- ۱- این مجله صرفاً مقالات پژوهشی منتج از پژوهش‌های نویسنده و یا نویسندگان در زمینه علوم آب و خاک در کشاورزی را منتشر می‌نماید.
- ۲- مقاله باید به زبان فارسی روان و پیراسته از غلط‌های نگارشی و نوشتاری باشد. از آوردن واژه‌های 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

نحوه 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 افزار Word 2007 تایپ شود.
- ۲- نوع قلم فارسی و انگلیسی و اندازه 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 اندازه 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 پاراگراف باشد. چکیده انگلیسی باید ترجمه کامل چکیده فارسی باشد

واژه‌های کلیدی:

واژه‌های کلیدی بایستی ۳-۶ کلمه باشد. واژه‌های کلیدی چکیده انگلیسی نیز بایستی ترجمه دقیق واژه‌های چکیده فارسی باشد.

در انتخاب واژه‌های کلیدی از تکرار واژه‌هایی که در عنوان مقاله آمده است خودداری فرمایید

مقدمه

مقدمه باید دربرگیرنده 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، اندازه گیریهای آزمایشی و نحوه تجزیه و تحلیل آماری آورده شود. در صورتی که از روشهای متداول یا قبلاً 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 می شود. 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 کمیت آن ستون باشد. اگر همه 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 نشانه های Δ $\square$ $\bullet$ $\blacktriangle$ به صورت توپر و توخالی استفاده شود. برای درج عنوان هر شکل، پس از کلمه 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

یافته های جدید و مهم باید با یافته های موجود در منابع مقایسه شود و دلایل قبول و رد آنها مورد بحث قرار گیرد، از تکرار یافته ها خودداری شود. مروری بر مقالات گذشته در این بخش گنجانده شود، محدودیت های مطالعه باید مورد توجه قرار گیرد. راهکارهای جدید و فرضیه های جدید پیشنهاد گردد، یافته های جدید و یافته های 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 نویسندگان (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 اول نام اولین نویسنده و سپس اول 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 نویسنده‌ای 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.

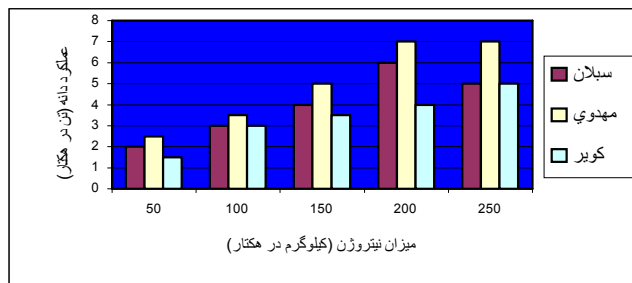
جدول نامناسب

بافت	<i>Mge xch</i>	<i>Kavail</i> .	<i>Pava il</i>	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

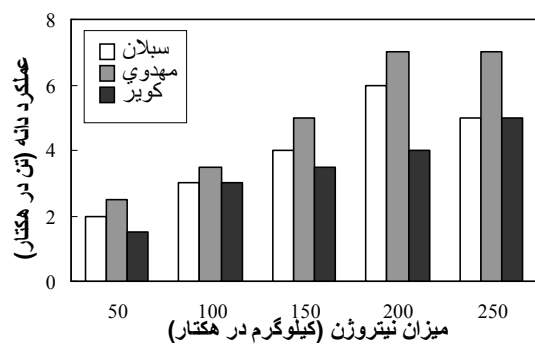
جدول مناسب

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

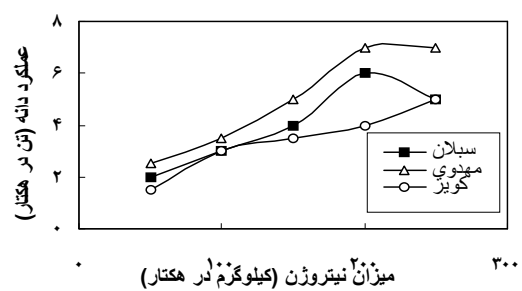
نامناسب



مناسب



مناسب



دکتر حامد ابراهیمیان.....	۱ دآوری
مهندس مجتبی اکرم.....	۳ دآوری
مهندس سید محمد بنی جمال.....	۲ دآوری
دکتر نادر پیرمراذیان.....	۱ دآوری
دکتر علیرضا حسن اقلی.....	۱ دآوری
دکتر نادر حیدری.....	۱ دآوری
دکتر ناصر دواتگر.....	۳ دآوری
دکتر محمدحسین رحیمیان.....	۸ دآوری
دکتر غلامحسن رنجبر.....	۲ دآوری
دکتر حمید زارع ابیانه.....	۱ دآوری
دکتر قاسم زارعی.....	۱ دآوری
دکتر علی شاهنظری.....	۱ دآوری
دکتر فریبرز عباسی.....	۳ دآوری
مهندس سعید غالبی.....	۱ دآوری
مهندس رضا محمدی کیا.....	۲ دآوری
دکتر علی مرشدی.....	۱ دآوری
دکتر فاطمه مسکینی.....	۳ دآوری
دکتر محمدحسین مهدیان.....	۱ دآوری
دکتر فرهاد میرزایی.....	۲ دآوری
دکتر مریم نوابیان.....	۲ دآوری

فرم تعهد نامه

نشریه پژوهش‌های آب در کشاورزی

اینجانب نویسنده مسئول مقاله زیر:

- سال‌های اجراء آزمایش ذکر شود

موارد زیر را به آگاهی می‌رسانم:

۱. کلیه تهیه کنندگان مقاله از ارسال آن به دفتر مجله شما آگاهند
۲. مقاله قبلاً در هیچ مجله داخلی و خارجی منتشر نشده است
۳. مقاله تا زمان پایان بررسی در آن مجله به مجله دیگری ارسال نخواهد شد.
۴. 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 چهارم مقاله

بررسی تبخیر-تعرق واقعی و ضرایب گیاهی برنج ارقام هاشمی و شیروودی در شهرستان ساری

محمدعلی غلامی سفیدکوهی^۱، زهرا باقری خلیلی و امین قلعه‌نوی

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.

ma.gholami@sanru.ac.ir

دانشجوی دکتری رشته مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران.

zahrabagheri587@gmail.com

دانش آموخته ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

amin.ghalenovi@yahoo.com

دریافت: آبان ۱۳۹۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

به منظور مدیریت بهینه و مناسب بر منابع آبی استان‌های شمالی کشور، اندازه‌گیری مقدار تبخیر-تعرق واقعی گیاه برنج از اهمیت بالایی برخوردار است. این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق واقعی و ضریب گیاهی دو رقم برنج (هاشمی و شیروودی) با استفاده از شش عدد لایسیمتر زهکش‌دار طراحی و احداث شد. پس از کشت برنج در درون لایسیمترها، مقادیر بارندگی، آب آبیاری و نشت عمقی در دوره‌های پنج روزه اندازه‌گیری شد. نتایج بدست آمده از لایسیمترها نشان از تفاوت مقادیر نیاز آبی و نفوذ عمقی در دوره رشد (از مرحله نشا تا برداشت) در ارقام هاشمی و شیروودی داشت به‌طوری‌که میزان نیاز آبی این ارقام در طول دوره رشد به‌ترتیب ۳۵۱ و ۳۹۷ میلی‌متر و نفوذ عمقی در این ارقام به‌ترتیب ۴۸ و ۹۷ میلی‌متر بدست آمد. همچنین با مقایسه تبخیر-تعرق واقعی اندازه‌گیری شده در لایسیمتر و تبخیر-تعرق مرجع محاسباتی ۱۴ روش غیرمستقیم، ضرایب گیاهی برای ارقام هاشمی و شیروودی حاصل شد. ضرایب گیاهی استخراج شده در این پژوهش با در نظر گرفتن رقم و روش برآورد تبخیر-تعرق مرجع، بین ۰/۷۳ تا ۱/۱۲ برای مرحله ابتدایی، ۰/۸۳ تا ۱/۴۱ برای مرحله میانی و ۰/۶۴ تا ۱/۱۵ برای مرحله انتهایی متغیر بود. همچنین متوسط درصد خطای تخمین (PE) ضریب گیاهی در مقایسه با ضریب گیاهی توصیه شده توسط فائو به ترتیب طی مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی ۱۱٪، ۱۱٪ و ۸٪ در رقم هاشمی و ۱۵٪، ۲۳٪ و ۱۶٪ در رقم شیروودی بدست آمد که ضرورت استخراج ضرایب گیاهی ارقام مختلف برنج را بر مبنای شرایط محلی، نشان می‌داد. ضرایب حاصل از این پژوهش می‌تواند برای برآورد نیاز آبی ارقام هاشمی و شیروودی بر پایه روش‌های غیر مستقیم در طراحی پروژه‌های آبی و برنامه‌ریزی تحویل آب در شبکه آبیاری و زهکشی در منطقه پژوهش استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی برنج، تبخیر-تعرق مرجع، لایسیمتر، شالیزار

^۱ -آدرس نویسنده مسئول: ساری، گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

مقدمه

با توجه به مصرف بالای آب در بخش کشاورزی و افزایش نیازآبی گیاهان بدلیل تغییرات اقلیمی، اعمال برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده بهینه از منابع آب در کشاورزی لازم و ضروری است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۵). اگرچه باور عمومی بر این است که استان‌های برنج‌خیز شمالی از این امر مستثنی هستند، ولی با کاهش بارندگی در سال‌های اخیر و عدم یکنواختی توزیع آن، مناطق شمالی ایران نیز در معرض خطرات کمبود منابع آب قرار دارند (پوریزدانخواه و همکاران، ۱۳۹۳). برنج تنها غله‌ای است که حدود نیمی از جیره غذایی جمعیت دنیا را تشکیل می‌دهد و بعد از گندم دارای بیش‌ترین سطح زیرکشت در جهان می‌باشد. عامل اصلی موفقیت در کاشت ارقام پر محصول برنج، وجود آب مطمئن و کنترل شده است (مدبری و همکاران، ۱۳۹۳). بومن و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که بین ۳۴ تا ۴۳ درصد از آبیاری یا ۲۴ تا ۳۰ درصد از کل آب شیرین دنیا برای تولید حدود ۷۵ درصد از برنج دنیا مصرف می‌شود. روش مرسوم آبیاری برنج در ایران، غرقاب دائم با ارتفاع مناسب آب در تمامی طول فصل رویش است. در این روش مقدار آب مورد نیاز گیاه برنج با مقدار تبخیر-تعرق آن رابطه مستقیم دارد؛ بنابراین تعیین میزان تبخیر-تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد و نیز میزان آب مورد نیاز این گیاه، از عوامل مهم در امر مدیریت مزرعه می‌باشد (پیرمردیان و همکاران، ۱۳۸۱). تبخیر-تعرق به عوامل محیطی مانند دمای هوا، سرعت باد، تشعشع خورشیدی و رطوبت و سایر پارامترها وابسته است. از این‌رو انتخاب بهترین روش غیر مستقیم برآورد تبخیر-تعرق، مستلزم تحقیق و مقایسه روش‌های مختلف با داده‌های اندازه‌گیری شده از روش‌های مستقیم است (آلن، ۲۰۰۱؛ علیزاده، ۱۳۸۲). در روش مستقیم از اصل بیلان جرمی در یک حجم کنترل شده خاک استفاده می‌شود. مناسب‌ترین وسیله به‌منظور اندازه‌گیری تبخیر-تعرق در این روش، لایسیمتر می‌باشد. به دلیل هزینه بالای لایسیمتر و داده برداری دشوار این روش، محققین سعی در

استفاده از روش‌های غیر مستقیم برآورد تبخیر-تعرق از مقادیر تشت تبخیر یا برخی از داده‌های هواشناسی داشته‌اند. در روش‌های غیر مستقیم برآورد تبخیر-تعرق، مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) تخمین زده می‌شود و با استفاده از آن، نیاز آبی گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود (احمدپری و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج پژوهش سه ساله در موسسه تحقیقات برنج کشور نشان داد که بین تبخیر-تعرق برآورد شده گیاه برنج (بینام و خزر) با فرمول‌های تجربی هارگریوز، پریستلی تیلور و پنمن (فائو ۲۴) و تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (پوریزدانخواه و همکاران، ۱۳۹۳). ذکری و همکاران (۱۳۹۱) با مقایسه روش‌های تشت تبخیر و پنمن-مانیت-فائو در منطقه رشت نشان دادند که میزان تبخیر-تعرق گیاه برنج با روش تشت تبخیر دقیق‌تر برآورد شده است. زارع ایبانه و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی روش‌های پنمن-مانیت-فائو ۵۶ و تشت تبخیر با مقادیر واقعی تبخیر-تعرق برنج دریافتند که به کارگیری روش‌های مناسب تخمین تبخیر-تعرق مرجع و اعمال ضریب گیاهی می‌توان تبخیر-تعرق گیاه برنج را با دقت مطلوب محاسبه کرد.

تبخیر-تعرق هر محصول مانند برنج، نسبتی از تبخیر-تعرق گیاه مرجع است که این نسبت را عاملی به نام ضریب گیاهی تعیین می‌کند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). در این ارتباط مقادیر ضریب گیاهی تعدادی از گیاهان تحت شرایط مختلف اقلیمی توسط درونبوس و پرویت (۱۹۷۷) و آلن و همکاران (۱۹۹۸) ارائه شد که این مقادیر اغلب در شرایطی فاقد دسترسی به اطلاعات محلی قابل استفاده می‌باشد. پیشنهاد شد تا این ضرایب بصورت تجربی و بر اساس داده‌های لایسیمتر برآورد شود زیرا نوع گیاه، نوع خاک و شرایط اقلیمی منطقه بر این ضریب گیاهی تاثیر دارد (آلن و همکاران، ۱۹۹۰). در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است (پیرمردیان و همکاران، ۱۳۹۲؛ پوریزدانخواه و همکاران، ۱۳۹۳؛ یو و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش پیرمردیان و همکاران (۱۳۸۱) داده‌های بدست‌آمده از لایسیمتر در منطقه

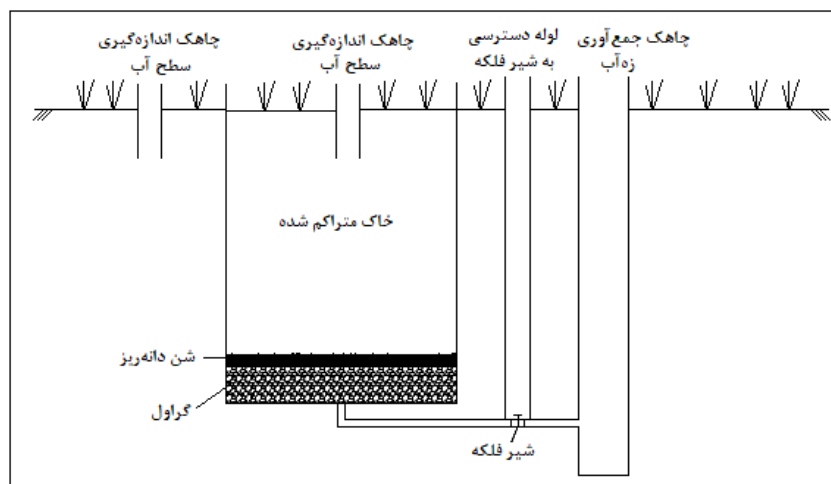
مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در محدوده اراضی شالیزاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. طی دوره رشد، تغییرات دمای کمینه در دامنه ۱۳ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و تغییرات دمای بیشینه ۲۲/۴ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. تغییرات سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین در دوره آماری از ۱/۲۵ تا ۵ متر بر ثانیه و تغییرات متوسط رطوبت نسبی در دامنه حدود ۵۱ تا ۹۳ درصد متغیر بود. همچنین میانگین بارش روزانه و تبخیر روزانه از تشت در ایستگاه هواشناسی دشت ناز ساری به ترتیب ۰/۳۱ و ۵/۹ میلی متر بر روز گزارش شد.

از شش عدد لایسیمتر به ترتیب با قطر و ارتفاع ۱۲۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر که در خاک اراضی شالیزار مدفون شده‌اند، استفاده شد. شکل ۱ نمای شماتیک لایسمترهای نصب شده را نشان می‌دهد. خاکریزی لایسمترها در لایه های ۱۵ سانتیمتری انجام و سپس با استفاده از وزنه فلزی با صفحه گسترده، شرایط طبیعی تراکم در داخل لایسیمتر فراهم شد. همچنین به منظور خروج خلل و فرج، مخازن به مدت دو ماه اشباع شد و پس از آن با تخلیه و پرکردن چند باره، نشست و تراکم مناسب خاک فراهم شد.

مقدار نفوذ عمقی هر مخزن، با استفاده از زه‌کش نصب شده در کف لایسیمتر اندازه‌گیری شد. به منظور کاهش اثر واحه‌ای، لایسمترها در داخل مزرعه اصلی نصب شدند بطوری‌که اطراف مخازن نیز شالی کشت شد. جدول ۱ مشخصات فیزیکی خاک مزرعه را ارائه می‌دهد. پس از حفاری و نصب لایسمترها، لایه‌های خاک بر اساس شرایط مزرعه، مجدداً به مخزن برگشت داده شد.

کوشک فارس نشان داد که محدوده تغییرات تبخیر-تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد ۳/۷۶-۹/۳۴ میلی‌متر در روز می‌باشد و ضریب گیاهی برنج برای دوره اولیه حدود ۰/۹۷، دوره میانی ۱/۲۵ و دوره انتهایی ۱/۰۹ تعیین شد. در پژوهشی دیگر پوریزدان‌خواه و همکاران (۱۳۹۱)، با کاربرد لایسیمتر، متوسط میزان تبخیر-تعرق مرجع طی سه فصل رشد برای چمن ۴/۸۹ و برنج رقم خزر ۵/۴۳ و رقم بینام ۵/۲۳ میلی‌متر در روز برآورد کردند. این مقدار در کرت‌های کنترل شده برای رقم خزر و بینام به ترتیب ۵/۵۱ و ۵/۴۲ اندازه‌گیری شد و ایشان متوسط ضریب گیاهی در طول سه سال اجرای طرح برای رقم خزر ۱/۱۰ و رقم بینام ۱/۰۹ برآورد کردند. مدبری و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی در دشت مرداب گیلان ضریب گیاهی برنج رقم هاشمی در سه مرحله اولیه، میانی و پایانی به ترتیب ۱/۱، ۱/۴ و ۱/۱- دست آوردند. این ضرایب برای رقم خزر به ترتیب ۱/۱، ۱/۳ و ۱/۲ حاصل شد (مدبری و همکاران، ۱۳۹۳). ویو و همکاران (۲۰۰۵)، در پژوهشی با عنوان کاربرد معادله فائو ۵۶ در ارزیابی تبخیر-تعرق در اراضی شالیزاری ژاپن به این نتیجه رسیدند که ضریب گیاهی برنج برای سه دوره ابتدایی، میانی و پایانی، به ترتیب برابر ۱/۱، ۱/۲۶ و ۰/۹۲ می‌باشد. در این تحقیق میزان تبخیر-تعرق واقعی دو رقم برنج هاشمی و شیرودی در شالیزارهای شهرستان ساری و با استفاده از لایسیمتر اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از روش‌های مختلف غیر مستقیم تعیین تبخیر-تعرق، مقادیر ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد در منطقه مورد مطالعه برآورد شد.



شکل ۱- طرح شماتیک لایسیمتر مورد استفاده در این پژوهش

جدول ۱- مشخصات فیزیکی لایه های خاک مزرعه

شماره	عمق (cm)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	ضریب آبگذری (cm/day)
۱	۰-۳۰	۴۸/۶۷	۴۵/۰۰	۶/۳۳	۱/۴۰	۲۷/۶۰
۲	۳۰-۶۰	۵۲/۵۰	۴۲/۳۳	۴/۱۷	۱/۳۳	۸/۳۷
۳	۶۰-۹۰	۴۸/۳۳	۴۵/۳۳	۶/۳۳	۱/۳۷	۲۱/۱۰

که در آن:

ET_c : تبخیر-تعرق واقعی، I: آب آبیاری، P: بارندگی، D:

نفوذ عمقی (زه آب)، ΔS : تغییرات رطوبت می باشد.

برآورد تبخیر-تعرق مرجع از ۱۴ روش غیر

مستقیم با استفاده از نرم افزار Ref-ET انجام شد. در این

نرم افزار از روابط پنمن-مانتیش-فائو (PM-FAO56)،

تشت تبخیر (Pan-FAO24)، پنمن-مانتیش (PM)، پنمن-

مانتیش اصلاح شده برای گیاهان بلند (PMrs) و کوتاه

(stPM)، کمبرلی پنمن ۱۹۹۶ (Kpen 1996)، پنمن ۱۹۴۶

(Pen 1946)، پنمن-فائو (Pen FAO24)، پنمن ۱۹۷۹،

تابش (RD-FAO24)، بلانی کریدل (BC-FAO24)،

هارگریوز-سامانی (Harg 1985)، پرستلی-تیلور (prs-

Tylr 1985) و ماکینک (Makk 1957) بهره گرفته شد.

دورنبوس و پرویت (۱۹۷۷) و آلن و همکاران

(۱۹۹۸) تقریب ساده و خطی از منحنی Kc پیشنهاد دادند

که هم اکنون نیز کاربرد گسترده ای دارد و توصیف دقیقی

از منحنی Kc ارائه می دهد (پیرمادیان و همکاران، ۱۳۹۲).

تقریب خطی منحنی Kc توسط فائو برای چهار مرحله رشد

پس از تهیه نشاء، رقم برنج هاشمی در تاریخ

۱۳۹۷/۲/۱۶ در سه عدد از لایسیمترها و رقم شیرودی در

تاریخ ۱۳۹۷/۲/۲۶ در سه عدد باقی مانده از لایسیمترها نشاء

شد. همچنین ارقام مورد بررسی در تاریخ ۱۳۹۷/۴/۲۳ برای

هاشمی و ۱۳۹۷/۵/۱۲ برای شیرودی، برداشت شدند.

اندازه گیری های حجم آب آبیاری، آب زه کشی و مقدار

بارندگی به صورت روزانه در هر لایسیمتر انجام شد. به

منظور کنترل غرقاب بودن سطح آب لایسیمتر، از دو عدد

لوله به ترتیب با قطر و طول ۱۰۰ میلی متر و ۴۰ سانتیمتر

که نیمی از طول آن مشبک شده بود، در درون و بیرون

لایسیمتر نصب شد تا ضمن بررسی و ترازبایی سطح آب،

در صورت پایین بودن سطح آب لایسیمتر، آب به درون

لایسیمتر اضافه شد تا به تراز بیرون مزرعه برسد.

با استفاده از رابطه ۱، مقدار تبخیر-تعرق روزانه

واقعی ارقام برنج محاسبه شد. بدلیل اشباع بودن لایسیمتر

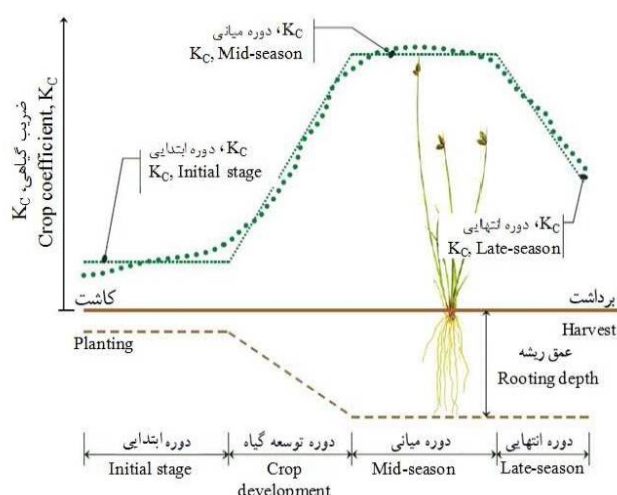
طی دوره رشد گیاه، تغییرات رطوبت طی دوره اندازه گیری

ناچیز در نظر گرفته شد.

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta S \quad (1)$$

استفاده در برآورد تبخیر-تعرق مرجع با توجه به رابطه ۲ بدست آمد. در نهایت مقادیر بدست آمده با مقادیر پیشنهادی نشریه فائو ۵۶ نیز مقایسه شد.

گیاه و تعریف سه مقدار برای ضریب گیاهی در شکل ۲ ارائه شده است. بر این اساس با داشتن تبخیر-تعرق مرجع و نیز تبخیر-تعرق واقعی گیاه برنج، مقدار ضریب گیاهی برای طول دوره رشد و بر پایه هر کدام از روش‌های مورد



شکل ۲- تقریب خطی K_c توسط فائو برای چهار مرحله رشد گیاه و تعریف سه مقدار برای ضریب گیاهی (درونوس و پرویت، ۱۹۷۷؛ آلن و همکاران، ۱۹۹۸)

جدول ۲ طول مراحل مختلف رشد رقم هاشمی و شیرودی را ارائه می دهد. بطورکلی برداشت محصول این ارقام به ترتیب ۷۰ و ۸۰ روز پس از انتقال نشاء از خزانه به زمین صورت گرفت.

که در آن: K_c : ضریب گیاهی، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع، ET_c : تبخیر-تعرق واقعی گیاه می باشد.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (2)$$

جدول ۲- طول مراحل مختلف رشد (روز)

رقم	ابتدایی	توسعه	میانی	انتهایی
هاشمی	۱۲	۱۱	۳۱	۱۶
شیرودی	۱۰	۱۵	۳۳	۲۲

نتایج و بحث

روند تغییرات تبخیر-تعرق واقعی برنج (ET_c) و تبخیر-تعرق ۱۴ روش غیر مستقیم در اشکال ۳ و ۴ آمده است. همانطور که ملاحظه می شود تغییرات ET_0 صرف نظر از روش برآورد در طول دوره رشد مشابه است. در سال مورد مطالعه از ابتدا دوره کشت افت و خیزهایی در منحنی های تبخیر-تعرق مرجع دیده می شود که می تواند متأثر از پارامترهای هواشناسی باشد بطوریکه بررسی پارامترهای هواشناسی نشان می دهد، در روزه های ابری با

به منظور مقایسه و ارزیابی از پارامتر درصد خطای تخمین^۱ (PE) برای تعیین میزان خطا هر یک از این روش ها نسبت به نتایج واقعی استفاده شد (رابطه ۳).

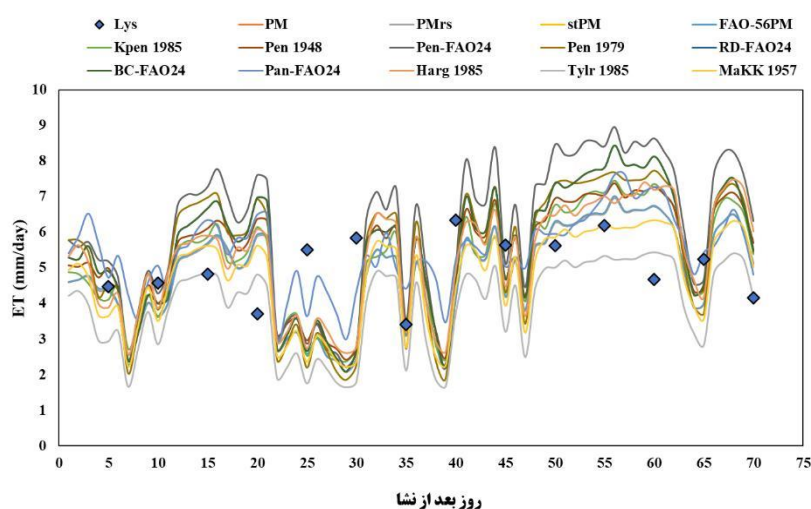
$$PE = \left(\frac{K_{cav} - K_{cFAO}}{K_{cFAO}} \right) \times 100 \quad (3)$$

که در آن ها: K_{cFAO} و K_{cav} به ترتیب میانگین ضریب گیاه در طول مراحل مختلف دوره رشد و ضریب گیاهی توصیه شده فائو ۵۶ می باشد.

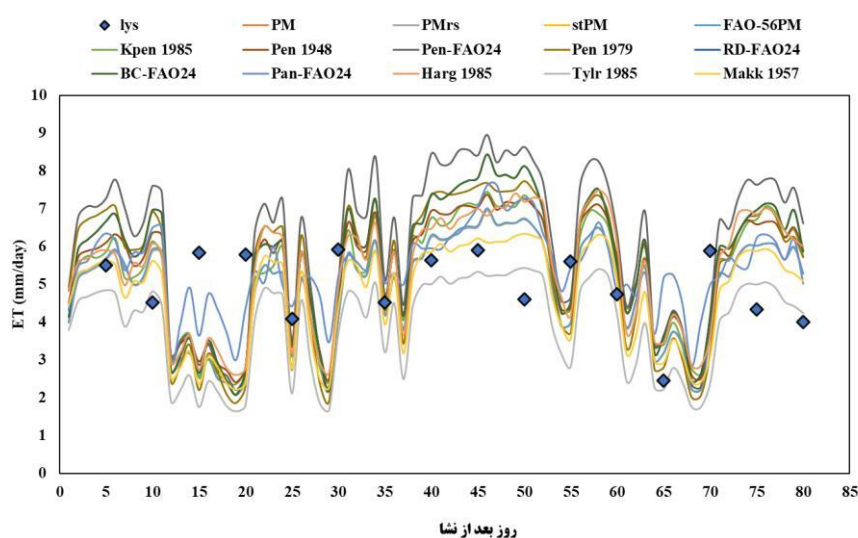
¹ PE: Percentage Error of Estimation

شیرودی ۴۹۲ و ۳۱۵ میلی‌متر بدست آمد. با توجه در شکل ۳ و ۴ مقادیر تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده در ارقام هاشمی و شیرودی در کل دوره رشد در محدوده ET_0 در نوسان بود بطوریکه همانند روند تغییرات ET_0 تبخیر-تعرق گیاه برنج در ارقام مورد مطالعه نیز در ابتدای دوره رشد کم بوده و در اواسط دوره رشد با رشد گیاه و افزایش فعالیت گیاه افزایش یافت و در انتها دوره نیز کاهش یافت.

رطوبت نسبی بالا تبخیر-تعرق مرجع با افت همراه بود. بطور کلی روند تغییرات تبخیر-تعرق مرجع در تمامی روش‌های برآوردی در ابتدای رشد کم بوده و بتدریج در اواسط فصل افزایش نسبی یافت که در نهایت در انتها رشد دوباره کاهش می‌یابد. بیشترین و کمترین مقدار ET_0 برای کل دوره رشد در ارقام هاشمی و شیرودی بترتیب در روش‌های Pen-FAO24 و prs-Tyler حاصل شد. این مقادیر برای رقم هاشمی بترتیب ۴۲۷ و ۲۷۷ میلی‌متر و برای رقم



شکل ۳- تبخیر-تعرق واقعی (ET_c) و تبخیر-تعرق مرجع محاسباتی روش‌های مختلف در طول دوره رشد برای رقم هاشمی



شکل ۴- تبخیر-تعرق واقعی (ET_c) و تبخیر-تعرق مرجع محاسباتی روش‌های مختلف در طول دوره رشد برای رقم شیرودی

ابتدایی، توسعه، میانی، انتهایی و کل دوره برای ارقام برنج هاشمی و شیرودی را ارائه می‌دهد. بر اساس بیلان جرمی،

جدول ۳ مقادیر متوسط روزانه آب تحویلی، بارندگی، نفوذ عمقی و تبخیر-تعرق واقعی طی مراحل

مقدار تبخیر-تعرق واقعی برنج ارقام هاشمی و شیروودی در کل دوره رشد بترتیب ۳۵۰/۸۶ و ۳۹۶/۶۷ میلی‌متر و متوسط تبخیر-تعرق روزانه بترتیب ۵/۰۱ و ۴/۹۸ میلی‌متر در روز است که با نتایج پژوهش مدبری (۱۳۸۹) مطابقت دارد. ایشان در پژوهش خود میزان تبخیر-تعرق واقعی برای ارقام هاشمی و خزر را بترتیب ۵ و ۵/۱ میلی‌متر در روز اندازه‌گیری کردند (مدبری، ۱۳۸۹). میزان کل آب تحویلی به لایسیمترا طی دوره رشد برای ارقام هاشمی و شیروودی بترتیب ۳۷۹/۱۱ و ۴۶۷/۶۳ میلی‌متر است. کمترین نیاز آبی روزانه رقم هاشمی در مرحله ابتدایی رخ داده این در حالی است که کم‌ترین نیاز آبی رقم شیروودی در مرحله انتهایی بوده است. بیشترین نیاز آبی روزانه برای هر دو رقم در مرحله میانی رشد رخ داده است که با نتایج پژوهش مدبری (۱۳۸۹)، پوریزدانه‌خواه و همکاران (۱۳۹۳) و پیرمادیان و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی دارد. دلیل این رویداد را می‌توان رسیدن گیاه به حداکثر پوشش سبز و افزایش نسبی نیاز آبی دانست. اگرچه مقدار میانگین روزانه تبخیر-تعرق واقعی در طول دوره رشد رقم هاشمی بیشتر از رقم شیروودی است ولی با توجه به طولانی بودن دوره رشد رقم شیروودی، تبخیر-تعرق واقعی رقم شیروودی طی دوره رشد بیشتر از رقم هاشمی است.

تعیین میزان نفوذ عمقی برای برآورد آب مورد نیاز گیاه در دوره رشد آن، بسیار اهمیت دارد. معمولاً میزان نفوذ تحت تاثیر مشخصات خاک و شرایط هیدرولیکی آن می‌باشد (پیرمادیان، ۱۳۷۶). با توجه به شرایط فیزیکی خاک، نشت و نفوذ عمقی در اراضی شالیزار می‌تواند متفاوت باشد به‌طوری‌که میانگین روزانه نفوذ عمقی در طول دوره کشت برنج در اراضی سنتی و تسطیح‌شده شالیزار شهرستان قائم‌شهر بترتیب ۲/۴ و ۱/۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (باباپور گل‌افشانی و همکاران، ۱۳۹۱). در پژوهش حاضر میانگین نفوذ عمقی در کل دوره رشد برای

رقم‌های هاشمی و شیروودی بترتیب ۰/۶۸ و ۱/۲۱ میلی‌متر در روز و مقدار تجمعی آن در کل دوره رشد برای رقم هاشمی ۴۷/۸۱ میلی‌متر و برای رقم شیروودی ۹۷/۱۱ (بترتیب حدود ۱۳ و ۲۰ درصد از آب تحویلی) بدست آمد. اگرچه نفوذ عمقی متاثر از ساختمان خاک و شرایط آن می‌باشد، اما در دوره رشد گیاه برنج، بدلیل اشباع بودن خاک، خصوصیات و نحوه گسترش ریشه گیاه می‌تواند بر میزان نفوذ عمقی این محصول موثر باشد. از آنجایی که تعداد پنجه زنی رقم شیروودی بیشتر از رقم هاشمی می‌باشد، بنابراین می‌توان بیشتر بودن نفوذ عمقی این رقم را به تعداد پنجه و گسترش ریشه این رقم مربوط دانست. نتایج حاصل شده در این تحقیق با پژوهش موسوی و همکاران (۱۳۹۱) و لو و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. موسوی و همکاران (۱۳۹۱) نفوذ عمقی را در ۴ منطقه از شالیزارهای شهرستان صومعه‌سرا استان گیلان اندازه‌گیری کردند و مقدار متوسط نفوذ برابر ۰/۷ میلی‌متر در روز برای کشت رقم هاشمی در سیاه‌کوه و ضیابر بدست آوردند.

جدول ۴ مقادیر ضرایب گیاهی طی دوره‌های رشد بر مبنای روش‌های محاسباتی برای ارقام هاشمی و شیروودی را ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد، مقدار ضریب گیاهی دوره ابتدایی و میانی رشد در رقم هاشمی، صرف نظر از روش برآورد تبخیر-تعرق مرجع، بیش‌تر از رقم شیروودی است در حالیکه در دوره انتهایی رشد برای رقم شیروودی نسبت به رقم هاشمی ضریب گیاهی بیشتری حاصل شد. ضریب گیاهی بر پایه روش‌های محاسباتی تبخیر-تعرق مرجع طی دوره‌های ابتدایی، میانی و انتهایی رشد بترتیب بین ۰/۸ تا ۱/۲، ۰/۹ تا ۱/۴۱ و ۰/۶۹ تا ۰/۹۹ برای رقم هاشمی و ۰/۷۳ تا ۱/۱۲، ۰/۷۶ تا ۱/۲ و ۰/۷۳ تا ۱/۱۵ برای رقم شیروودی بدست آمد.

جدول ۳- متوسط روزانه بارش، آب تحویلی و نفوذ عمقی لایسیمترها در ارقام برنج هاشمی و شیروودی (میلی متر)

رقم	مرحله رشد	بارش	آب تحویلی	نفوذ عمقی	تبخیر-تغرق واقعی
هاشمی	ابتدایی	۰/۱۰	۴/۸۶	۰/۴۴	۴/۵۲
	توسعه	۰/۷۵	۴/۸۸	۰/۶۰	۵/۰۳
	میانی	۰/۲۴	۶/۰۸	۰/۸۷	۵/۴۵
	انتهایی	۰/۲۶	۵/۲۱	۰/۶۹	۴/۷۸
	میانگین	۰/۲۸	۵/۴۲	۰/۶۸	۵/۰۱
	جمع کل	۱۹/۵۶	۳۷۹/۱۱	۴۷/۸۱	۳۵۰/۸۶
شیروودی	ابتدایی	۰/۰۰	۵/۹۰	۰/۸۹	۵/۰۱
	توسعه	۰/۶۰	۵/۷۴	۱/۱۰	۵/۲۴
	میانی	۰/۲۸	۵/۹۵	۰/۹۲	۵/۳۱
	انتهایی	۰/۳۷	۵/۷۳	۱/۸۸	۴/۲۲
	میانگین	۰/۳۳	۵/۸۵	۱/۲۱	۴/۹۶
	جمع کل	۲۶/۱۵	۴۶۷/۶۳	۹۷/۱۱	۳۹۶/۶۷

نتایج مقایسه روش‌های مختلف برآورد تبخیر-تغرق مرجع نشان می‌دهد بیشترین و کمترین مقادیر ضریب گیاهی بترتیب در روش prs-Tylr و Pen-FAO24 به دست آمد و بیانگر آن است که به ترتیب کمترین و بیشترین برآورد ET_0 در این دو روش بوده است. مقادیر ضریب گیاهی برای گیاه برنج در نشریه فائو ۵۶ برای سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی رشد بترتیب برابر ۱/۰۵، ۱/۲ و ۰/۶-۰/۹ پیشنهاد شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). مقایسه ضریب گیاهی برآورد شده در این پژوهش با مقادیر پیشنهادی فائو حاکی از وجود اختلاف بین مقادیر مذکور است. مقادیر درصد تفاوت ضریب گیاهی برآوردی با ضریب توصیه شده فائو (PE) در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به روش برآورد ET_0 و رقم برنج ضرایب محاسباتی و توصیه شده توسط فائو ۵۶ متفاوت است

بگونه‌ای که ضرایب گیاهی بر پایه روش پنمن مانیتث فائو ۵۶ در مقایسه با ضریب گیاهی توصیه شده توسط فائو ۵۶ طی دوره‌های رشد ابتدایی، میانی و انتهایی بترتیب ۵/۲۹، ۴/۴۵ و ۶/۷۹ درصد در رقم هاشمی و ۱۰/۶۰، ۱۹/۷۴ و ۱۸/۹۴ درصد در رقم شیروودی اختلاف داشت که ممکن است بخشی از این تفاوت به دلیل عدم تطابق طول دوره رشد برنج در منطقه مورد مطالعه با آنچه در فائو ۵۶ آمده است، باشد (پیرمادیان و همکاران، ۱۳۹۲). در نتیجه توصیه شده بمنظور لحاظ اثرات گیاه، اقلیم و عملیات زراعی استخراج ضرایب گیاهی بر مبنای مشاهدات محلی صورت گیرد (بوس و همکاران، ۲۰۰۹). بطور کلی این متوسط PE بترتیب طی مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی ۱۱، ۱۱ و ۸ درصد در رقم هاشمی و ۱۵، ۲۳ و ۱۶ درصد در رقم شیروودی بدست آمد.

جدول ۴- مقادیر برآوردی ضریب گیاهی بر مبنای روش برآورد تبخیر-تعرق مرجع برای ارقام هاشمی و شیروودی

روش‌های برآورد ETo	هاشمی			شیروودی		
	ابتدایی	میانی	انتتهایی	ابتدایی	میانی	انتتهایی
PM	۱/۰۰	۱/۱۵	۰/۸۰	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۸۹
PMrs	۱/۰۰	۱/۱۵	۰/۸۰	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۸۹
stPM	۰/۹۹	۱/۱۵	۰/۸۰	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۸۹
PM-FAO56	۰/۹۹	۱/۱۵	۰/۸۰	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۸۹
KPen1996	۰/۹۶	۱/۰۷	۰/۷۴	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۱
Pen1948	۰/۹۱	۱/۰۳	۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۸۱
Pen-FAO24	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۳
Pen 1979	۰/۸۸	۱/۰۲	۰/۷۲	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۸۱
Rd-FAO24	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۶۹	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۷۹
BC-FAO24	۰/۹۱	۱/۰۶	۰/۷۷	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۹۲
Pan-FAO24	۰/۸۵	۱/۰۴	۰/۷۵	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۸۲
Harg 1985	۰/۹۴	۱/۰۵	۰/۷۲	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۰
prs-Tylr 1985	۱/۲۰	۱/۴۱	۰/۹۹	۱/۱۲	۱/۲۰	۱/۱۵
Makk 1957	۱/۰۱	۱/۱۸	۰/۸۴	۰/۹۶	۱/۰۱	۰/۹۵
پیشنهادی فائو ۵۶	۱/۰۵	۱/۲	۰/۹۰/۶	۱/۰۵	۱/۲	۰/۹۰/۶

جدول ۵- مقادیر درصد تفاوت ضریب گیاهی برآوردی با ضریب توصیه شده فائو برای ارقام هاشمی و شیروودی

روش‌های برآورد ETo	هاشمی			شیروودی		
	ابتدایی	میانی	انتتهایی	ابتدایی	میانی	انتتهایی
PM	۴/۶۸	۴/۰۷	۶/۹۱	۱۰/۰۰	۱۹/۴۷	۱۹/۰۴
PMrs	۴/۶۹	۴/۰۸	۶/۹۰	۱۰/۰۱	۱۹/۴۸	۱۹/۰۳
stPM	۵/۲۹	۴/۴۵	۶/۷۹	۱۰/۶۰	۱۹/۷۴	۱۸/۹۴
PM-FAO56	۵/۲۹	۴/۴۵	۶/۷۹	۱۰/۶۰	۱۹/۷۴	۱۸/۹۴
KPen1996	۸/۱۲	۱۱/۱۹	۰/۶۹	۱۳/۶۵	۲۵/۵۷	۸/۲۸
Pen1948	۱۳/۵۳	۱۴/۴۱	۱/۹۴	۱۷/۸۹	۲۶/۹۷	۷/۶۳
Pen-FAO24	۲۳/۳۹	۲۴/۹۸	۱۵/۲۵	۳۰/۱۹	۳۷/۰۰	۲/۷۳
Pen 1979	۱۶/۳۵	۱۴/۹۴	۴/۲۰	۲۱/۵۵	۲۸/۱۶	۷/۵۶
Rd-FAO24	۱۵/۴۶	۱۶/۳۱	۷/۹۴	۲۱/۸۳	۳۰/۷۲	۵/۶۲
BC-FAO24	۱۳/۲۳	۱۱/۹۶	۲/۴۹	۱۲/۰۴	۲۵/۸۳	۲۲/۰۶
Pan-FAO24	۱۹/۱۸	۱۳/۳۹	۰/۳۱	۱۷/۱۷	۲۵/۷۰	۸/۹۳
Harg 1985	۱۰/۶۱	۱۲/۶۷	۳/۶۵	۱۴/۳۹	۲۶/۰۳	۶/۸۳
prs-Tylr 1985	۱۴/۱۸	۱۷/۴۲	۳۲/۱۳	۶/۶۳	۰/۳۷	۵۳/۲۳
Makk 1957	۳/۸۴	۱/۷۱	۱۲/۰۸	۸/۶۲	۱۵/۷۹	۲۶/۰۳

نتیجه گیری

با توجه به کمبود آب و افت سطح آب‌های زیرزمینی، برآورد و بررسی میزان مصرف در بخش‌های مختلف به‌خصوص کشاورزی به عنوان مصرف کننده آب حائز اهمیت است. در این پژوهش به بررسی میزان تبخیر-تعرق برنج در ارقام هاشمی و شیرودی و استخراج ضریب گیاهی این ارقام، بر پایه روش برآورد تبخیر تعرق مرجع پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد که برای کشت رقم شیرودی در منطقه مورد مطالعه نسبت به رقم هاشمی به آب بیشتری نیاز است، بطوریکه مقدار آب مصرفی برای کشت رقم شیرودی، از مرحله نشا تا برداشت محصول در سال زراعی پژوهش، حدود ۴۶۸ میلی‌متر بدست آمد در صورتیکه این مقدار برای رقم هاشمی حدود ۳۸۰ میلی‌متر می‌باشد که از این مقادیر، حدود ۱۳ درصد برای رقم هاشمی و ۲۰ درصد برای رقم شیرودی در طول فصل رشد بصورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شد. میانگین ET_c برای کل دوره رشد برای ارقام هاشمی و شیرودی بترتیب ۵/۰۱ و ۴/۹۶ میلی‌متر بر روز به دست آمد. بالاترین میانگین تبخیر-تعرق روزانه برای هر دو رقم هاشمی و شیرودی در مرحله میانی رشد و کمترین آن برای رقم هاشمی در مرحله ابتدایی و برای رقم شیرودی در مرحله انتهایی از رشد واقع شد. ضرایب گیاهی استخراج شده در این پژوهش با در نظر گرفتن رقم و روش برآورد

تبخیرتعرق مرجع، بین ۰/۷۳ تا ۱/۱۲ برای مرحله ابتدایی، ۰/۸۳ تا ۱/۴۱ برای مرحله میانی و ۰/۶۴ تا ۱/۱۵ برای مرحله انتهایی متغیر بود. همچنین متوسط درصد خطای تخمین (PE) ضریب گیاهی در مقایسه با ضریب گیاهی توصیه شده توسط فائو ۵۶ بترتیب طی مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی ۱۱، ۱۱ و ۸ درصد در رقم هاشمی و ۱۵، ۲۳ و ۱۶ درصد در رقم شیرودی بدست آمد. اختلاف ضرایب گیاهی برآورد شده در این پژوهش با مقادیر توصیه شده فائو ۵۶ در مراحل مختلف رشد ضرورت استخراج ضرایب گیاهی بر مبنای شرایط محلی را خاطر نشان می‌سازد. با توجه به یافته‌ها، دقت برآورد تبخیر-تعرق مرجع به روش Makk 1957 برای رقم هاشمی و روش prs-Tyler 1985 برای رقم شیرودی بیشتر از سایر روش‌ها می‌باشد. ضرایب حاصل از این پژوهش می‌تواند برای برآورد نیاز آبی ارقام هاشمی و شیرودی بر پایه روش‌های غیر مستقیم در طراحی پروژه‌های آبی و برنامه‌ریزی تحویل آب در شبکه آبیاری و زهکشی در منطقه پژوهش استفاده شود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (با شماره قرارداد -۲۲-۱۳۹۶) انجام شد و نویسندگان از معاونت پژوهش و فناوری این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

فهرست منابع

۱. پوریزدان‌خواه، ه. رضوی‌پور، ت. خالدیان، م. و رضایی، م. ۱۳۹۳. تعیین ضریب گیاهی برنج، رقم بینام و خزر با استفاده از لایسیمتر و کرت‌های کنترل شده در منطقه رشت. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۶(۲): ۲۴۹-۲۳۸.
۲. علیزاده، ا. ۱۳۸۲. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. ص ۴۷۹.
۳. احمدپری، ه.، هاشمی گرم دره، س. ا.، قلعه کهنه، ک. ۱۳۹۶. مقایسه روش‌های مختلف برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل با روش فائو پنمن مانیت (مطالعه موردی: منطقه سپیدان). مجله علمی ترویجی نیوار ۴۱(۹۸): ۱۳-۲۲.
۴. باباپور گل افشان، م.، شاهنظری، ع.، ضیاء تبار احمدی، م.، خ. آقاجانی، ق. ۱۳۹۱. مقایسه پارامترهای بیلان آبی در اراضی شالیزار اراضی سنتی و تسطیح شده شهرستان قائم‌شهر. نشریه آب و خاک. ۲۶(۴): ۱۰۱۰-۱۰۱۷.

۵. پوریزدانخواه، ه. رضوی پور، ت. خالدیان، م و رضایی، م. ۱۳۹۱. تعیین ضریب گیاهی برنج رقم های بینام و خزر در منطقه رشت. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب.
۶. پیرمردیان، ذ.، رضایی، عبدالهی، و. (۱۳۹۲). استخراج ضرایب گیاهی سه رقم برنج بر پایه روش برآورد تبخیر-تعرق مرجع در منطقه رشت. مجله تحقیقات غلات. ۳(۲): ۹۵-۱۰۶.
۷. پیرمردیان، ن. ۱۳۷۶. تعیین نیاز آبی برنج (*orzia stavia L.*) در منطقه کوشک استان فارس. پایان نامه تحصیلات تکمیلی، کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
۸. پیرمردیان، ن. کامکارحقیقی، ع و سپاس خواه، ع. ۱۳۸۱. ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج در منطقه کوشک استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۳): ۲۲-۱۵.
۹. ذکری، ف. پیرمردیان، ن و رضایی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی روش های پنمن مانیتث فائو و تشت تبخیر کلاس A در برآورد تبخیر-تعرق گیاه برنج در منطقه رشت. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب.
۱۰. زارع ابیانه ح.، نوری ح.، لیاقت ع.، نوری ح.، کریمی و. ۱۳۹۰. مقایسه روش پنمن مانیتث فائو و تشت تبخیر کلاس A با داده های لایسمتری در برآورد تبخیر و تعرق گیاه برنج در منطقه آمل. پژوهش های جغرافیای طبیعی. ۴۳(۷۶): ۷۱-۸۳.
۱۱. مدبری، ه. ۱۳۸۹. تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی دو رقم رایج برنج در دشت مرداب (گیلان). پایان نامه تحصیلات تکمیلی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی.
۱۲. مدبری، ه. میرلطیفی، م و غلامی، م. ۱۳۹۳. تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ارقام هاشمی و خزر برنج در دشت مرداب (گیلان). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۸(۶۷): ۹۷-۱۰۷.
۱۳. موسوی، س. م.، هوشمند، ع.، برومندنسب س.، یزدانی م. ر. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات نفوذ عمقی در یک ترانسکت از اراضی شالیزاری در طول دوره کشت. مجله علوم آب و خاک. ۱۶(۶۰): ۳۳-۴۳.
14. Allen, R. G. (2001). REF-ET reference evapotranspiration software, version 2/0. For FAO and ASCE standardized equations. Kimberly, Idaho: University of Idaho Research and Extension Center.
15. Allen, R.G., Jensen, M.E., and Burman, R.D. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirement. ASCE
16. Allen, R.G., Pereira, L.S., Rase, D. and Smith, M., 1998, Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements, Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO Rom, Italy, 300 p.
17. Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M., and Tuong, T. P. 2007. Water management in irrigated rice: Coping with water scarcity. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. pp: 54.
18. Lu, G., R. Cabangon, T.P. Tuong, P. Belder, B.A.M. Bouman and E. Castillo. 2002. The effects of irrigation management on yield and water productivity of inbred, hybrid, and aerobic rice varieties. International Rice research Institute, LosBanos, Philippines. 15-28 in Water-wise rice production
19. Vu, S. H., Watanabe, H., & Takagi, K. (2005). Application of FAO-56 for evaluating evapotranspiration in simulation of pollutant runoff from paddy rice field in Japan. Agricultural Water Management, 76(3), 195-210.
20. Yoo, S. H., Choi, J. Y., & Jang, M. W. (2008). Estimation of design water requirement using FAO Penman-Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. Agricultural Water Management, 95(7), 845-853.
21. Bos, M. G., Kselik, R. A. L., Allen, R. G. and Molden D. J. 2009. Water Requirements for Irrigation and the Environment. Springer.

تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک مؤثر بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای

مهدی زنگی‌آبادی^۱

استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

m.zangiabadi@areeo.ac.ir

دریافت: آبان ۱۳۹۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

در راستای مدیریت و ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی، توجه به ویژگی‌های فیزیکی خاک یک اصل محسوب می‌گردد. بر این اساس مطالعه حاضر با هدف بررسی رابطه مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق در استان خراسان رضوی انجام شد. در این مطالعه تعداد ۳۰ کرت با مساحت ۱۵ مترمربع، با خاک‌های متفاوت از نظر بافت و ساختمان، به‌عنوان کرت‌های آزمایشی انتخاب گردید و کلیه عملیات کاشت، داشت و برداشت به صورت یکنواخت برای کل کرت‌ها انجام شد. گیاه ذرت به صورت دستی کشت شد و آبیاری سطحی با استفاده از تانکر و شمارنده، به انجام رسید و در هر نوبت، آبیاری برای کل کرت‌ها در یک روز و به یک میزان صورت گرفت. پس از تهیه نمونه‌های خاک از کرت‌های آزمایشی و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و صحرایی، تعداد ۳۵ ویژگی فیزیکی خاک، تعیین شد. محصول ذرت به صورت دستی در هر کرت برداشت شد و مقادیر میانگین بهره‌وری مصرف آب (عملکرد کل زیست‌توده هوایی به ازاء واحد آب کاربردی) در دو سال متوالی، ملاک محاسبات آماری قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ضریب همبستگی پیرسون، رگرسیون خطی چندمتغیره و تجزیه مسیر (علیت) تحلیل شد. نتایج نشان داد که از مجموع ۳۵ ویژگی فیزیکی مطالعه شده، ویژگی‌های آب قابل استفاده (ظرفیت مزرعه در مکش ۱۰۰ سانتی‌متر) با ضریب تبیین ۵۴ درصد، انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (ظرفیت مزرعه در مکش ۳۳۰ سانتی‌متر) با ضریب تبیین ۲۰ درصد و میانگین قطر خلل و فرج خاک با ضریب تبیین چهار درصد، توانسته‌اند مجموعاً ۷۸ درصد تغییرات بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای را توجیه نمایند. در مجموع می‌توان ویژگی‌های مقدار و انرژی آب قابل استفاده و قطر خلل و فرج خاک را به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی مؤثر بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای بر شمرد.

واژه‌های کلیدی: آب قابل استفاده خاک، اندازه خلل و فرج، انرژی انتگرالی

۱- آدرس نویسنده مسئول: مشهد- بزرگراه شهید سردار سلیمانی- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی- بخش تحقیقات خاک و آب

مقدمه

طبق آمارهای رسمی و به اعتقاد کارشناسان، ایران در آستانه بحران آب به سر می‌برد و طی سال‌های آینده تامین آب به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های کشور تبدیل خواهد شد. با این وجود، مشکل اصلی در عدم بهره‌وری صحیح آب به خصوص در بخش کشاورزی و عدم برنامه‌ریزی برای افزایش آن است. میانگین آب مصرفی در بخش کشاورزی کشور در دوره هفت ساله حدود ۷۵ میلیارد مترمکعب معادل حدود ۷۱ درصد آب‌های تجدیدپذیر گزارش شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۶) اما به علت انجام آبیاری سنتی و عدم توجه به شرایط خاک، بهره‌وری آب در این بخش بسیار کم می‌باشد. بهره‌وری مصرف آب^۱، به مقدار محصولی که توسط گیاه به ازاء هر مترمکعب آب حاصل می‌گردد اطلاق می‌شود. در ایران به ازاء هر مترمکعب آب به‌طور متوسط از ۰/۸۷ تا ۱/۳۲ (میانگین ۱/۰۹) کیلوگرم محصول کشاورزی تولید می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶) که تفاوت چشم‌گیری با مقدار متوسط جهانی این شاخص دارد. پایداری در کشاورزی، اساساً به حفظ ظرفیت باروری، همراه با استمرار بقاء منابع پایه و به طور ویژه خاک و آب گفته می‌شود. زمان‌بر بودن بروز و قابلیت مشاهده علائم تغییرات کمی و کیفی خاک یکی از مهم‌ترین عواملی است که از اهمیت توجه به نحوه استفاده از خاک و ارتباط آن با بهره‌وری مصرف آب کاسته است. بر اساس نظر انجمن علوم خاک آمریکا، کیفیت خاک عبارت است از قابلیت یک خاک مشخص در حفظ تولید گیاه و دام، حفظ و ارتقاء کیفیت آب و خاک و حفظ سلامت انسان و زیست بوم در محدوده مرزهای زیست‌بوم طبیعی یا مدیریت‌شده (آپاریسیو و کاستا، ۲۰۰۷). از آنجا که خاک یک محیط فوق‌العاده پیچیده است، کیفیت خاک-های کشاورزی در پاره‌ای موارد به کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی تفکیک می‌شود. با این حال تحقیقات نشان داده است که این اجزا روابط متقابل دارند و به طور کامل قابل

تفکیک نیستند. ایماز و همکاران (۲۰۱۰) معتقدند که در بحث ارزیابی کیفیت خاک باید کلیه خصوصیات ذاتی و همچنین پویای خاک لحاظ گردد و کلیه برهم‌کنش‌ها و فرآیندهای خاکی مدنظر قرار گیرند.

تعیین شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در ارتباط با رشد گیاه مستلزم انجام تعداد زیادی آزمایشات مختلف می‌باشد. با استفاده از کوچک‌ترین مجموعه داده‌ها^۲ می‌توان تعداد این اندازه‌گیری‌ها را کاهش داده و با استفاده از تعداد کمتری از عوامل یا شاخص‌ها، کیفیت فیزیکی خاک را ارزیابی نمود. نظرات مختلفی در خصوص کوچک-ترین مجموعه داده‌ها و نحوه ارزیابی آنها ارائه شده است اما این مجموعه عوامل را نمی‌توان به صورت کلی به شرایط مختلف تعمیم داد و باید با اهداف مشخص تحقیقاتی و در خاک‌های مختلف بررسی گردد (رضایی و همکاران، ۲۰۰۶).

محققین معتقدند که آب خاک علاوه بر مدیریت وضعیت فیزیکی خاک، وضعیت شیمیایی و زیستی خاک مانند جذب عناصر غذایی توسط گیاه و همچنین فعالیت ریزجانداران را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین مدیریت آب خاک در سامانه‌های کشاورزی یکی از ارکان اصلی محسوب می‌گردد (عسگرزاده و همکاران، ۲۰۱۰).

لثی (۱۹۸۵) معتقد است که رشد گیاهان تحت تأثیر چهار عامل فیزیکی خاک شامل آب، تهویه، مقاومت فروروی و دما می‌باشد. شاخص کیفی دامنه رطوبتی بدون محدودیت^۳ که توسط لثی (۱۹۸۵) پیشنهاد و توسط داسیلوا و همکاران (۱۹۹۴) به صورت شاخص کمی دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت^۴ ارائه شد، دو ویژگی فیزیکی محدودکننده شامل تهویه و مقاومت فروروی خاک در مقابل نفوذ ریشه را با مقادیر بحرانی ویژه‌ای به عوامل رطوبت ظرفیت مزرعه و رطوبت نقطه پژمردگی دائم اضافه نمود که معایب آب قابل استفاده^۵ با تعریف رایج را برطرف نماید. بر اساس نظر این محققین در این دامنه رطوبتی،

4- Least limiting water range (LLWR)
5- Plant available water (PAW)

1- Water use productivity
2- Minimum data set (MDS)
3- Non limiting water range (NLWR)

محدودیت‌های رشد گیاه که با پتانسیل ماتریک، تهویه و مقاومت فروروی ارتباط پیدا می‌کنند به صفر یا حداقل می‌رسد.

بتز و همکاران (۱۹۹۸) و گرانولت و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که جذب آب توسط گیاه به حالت پیوسته با پتانسیل ماتریک، تهویه و مقاومت فروروی تغییر می‌کند و اثر محدودکننده‌های فیزیکی خاک بر جذب آب توسط گیاهان تدریجی و پیوسته بوده و به شکل مقطعی نمی‌باشد لذا شاخص دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت که در آن حدود بالایی و پایینی به صورت خیلی دقیق و قطعی تعیین شده است، دارای ایراداتی می‌باشد. در این راستا گرانولت و همکاران (۲۰۰۱) آب قابل استفاده با عوامل محدودکننده آن را به صورت تابعی پیوسته در نظر گرفتند و گنجایش انتگرالی آب^۱ را به عنوان مفهومی جدید برای تعیین آب قابل استفاده گیاه ارائه و معرفی نمودند. در شاخص گنجایش انتگرالی آب، محدودیت‌های مختلف جذب آب شامل کمبود تهویه و زهکشی سریع بر اثر نیروی ثقل در سمت مرطوب منحنی رطوبتی خاک^۲ و هدایت هیدرولیکی کم و مقاومت فروروی زیاد خاک در مقابل نفوذ ریشه در سمت خشک منحنی رطوبتی خاک در قالب توابع وزن‌دهی پیوسته که مقادیر آنها تحت تأثیر مکش آب تغییر می‌کند، لحاظ می‌شوند.

محققین معتقدند که با وجود همبستگی خوب عملکرد و پاسخ گیاه با کل مقدار آب قابل استفاده برای گیاهان، برای جذب واحد وزن آب موجود در خاک توسط گیاه انرژی مشخصی مورد نیاز است که تابعی از نقاط شروع و خاتمه دامنه رطوبتی در خاک می‌باشد. بر این اساس میناسنی و مک‌براتی (۲۰۰۳) انرژی انتگرالی^۳ را به عنوان معیاری برای برآورد آب قابل استفاده گیاه ارائه نموده و اعلام نمودند که رشد و عملکرد گیاه و به تبع آن بهره‌وری مصرف آب در خاک‌های مشابه از نظر مقدار آب قابل استفاده و متفاوت از نظر مقدار انرژی انتگرالی، متفاوت خواهد بود. آنها نشان دادند که منحنی رطوبتی خاک ایزاری

مناسب درخصوص برآورد انرژی مورد نیاز گیاه جهت غلبه بر انرژی آب در خاک و جذب واحد حجم آب می‌باشد. بر این اساس انرژی انتگرالی آب در هر دامنه رطوبتی را حاصل انتگرال قدرمطلق شیب منحنی رطوبتی خاک در همان دامنه رطوبتی تعریف نمودند. مطالعات این محققین در خصوص ارتباط شاخص انرژی انتگرالی با دیگر خصوصیات خاک نشان داد که این شاخص با مقدار شن و عامل شکل منحنی رطوبتی خاک دارای همبستگی منفی و معنی‌دار و با مقدار رس خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بوده است.

رینولدز و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸) گزارش نموده‌اند که آب قابل استفاده گیاه، به شیوه مدیریت خاک حساسیتی ندارد یعنی اگر در شرایطی با افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک، آب قابل استفاده گیاه به دلیل افزایش متناظر رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم ثابت بماند، اثر افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک بر آب قابل استفاده گیاه نشان داده نخواهد شد ولی در همان خاک با افزایش جرم مخصوص ظاهری، انرژی انتگرالی آب افزایش خواهد یافت.

با توجه به اینکه ویژگی‌های فیزیکی خاک یکی از مهم‌ترین مباحث مطرح در ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی محسوب می‌گردد لذا با تعیین و شناخت ویژگی‌ها و شاخص‌های مهم فیزیکی خاک و همچنین نوع و میزان اثر آنها بر بهره‌وری مصرف آب، می‌توان راهکارهای مدیریتی مؤثر برای تقویت شاخص‌های مهم و یا به بیان دیگر افزایش کیفیت فیزیکی خاک و توان تولید آن، ارائه نمود. از این شاخص‌ها می‌توان برای پهنه-بندی خاک مزارع بزرگ، از نظر کیفیت و شرایط بهینه رشد و تولید محصول استفاده نمود و در شرایط بروز محدودیت‌های مختلف از جمله کمبود نهاده‌ها و یا محدودیت منابع آب که به طور عمده در کشور ما محدودیت اصلی در بخش کشاورزی محسوب می‌گردد، اولویت‌بندی بین قطعات

پهنه‌بندی شده برای کشت محصول صورت گیرد تا حداکثر بازدهی اقتصادی برای بهره‌بردار حاصل شود.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با هدف تعیین مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک مؤثر بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق انجام شد. این ایستگاه به عنوان یکی از ایستگاه‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی با مساحتی حدود ۲۲۰ هکتار و ارتفاع متوسط ۱۰۱۰ متر از سطح دریا، در جنوب شرقی شهر مشهد و در مختصات جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۴/۱۶ ثانیه تا ۵۹ درجه و ۳۹ دقیقه و ۷/۴۹ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه و ۳۰/۷۴ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه و ۵۵/۷۵ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ایستگاه تحقیقات طرق، وجود تنوع در خصوصیات خاک به ویژه بافت خاک می‌باشد. با توجه به توزیع کلاس‌های بافت خاک در سه استان خراسان-رضوی، شمالی و جنوبی، ۹۶/۷ درصد خاک‌های این سه استان در قالب پنج کلاس بافتی لوم، لوم شنی، لوم سیلتی و لوم رسی و لوم رسی سیلتی قرار می‌گیرند (شه‌بازی و بشارتی، ۱۳۹۲) و ویژگی بارز این ایستگاه، طبقه‌بندی بافت خاک آن در پنج کلاس بافتی ذکر شده می‌باشد. به بیان دیگر این ایستگاه را می‌توان به عنوان نمونه‌ای بسیار جامع از مجموعه خاک‌های کشاورزی سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی در نظر گرفت. از طرف دیگر تجمع خاک‌های با خصوصیات مختلف در یک اقلیم، شرایط بسیار مناسبی برای کشت گیاه و برقراری ارتباط بین عملکرد محصول با خصوصیات خاک و به طور خاص، ویژگی‌های فیزیکی آن را فراهم آورده است. یکسان‌سازی شرایط کشت محصول در خاک‌های با خصوصیات فیزیکی متفاوت، لازمه دستیابی به اهداف تعیین شده این مطالعه بود. لذا

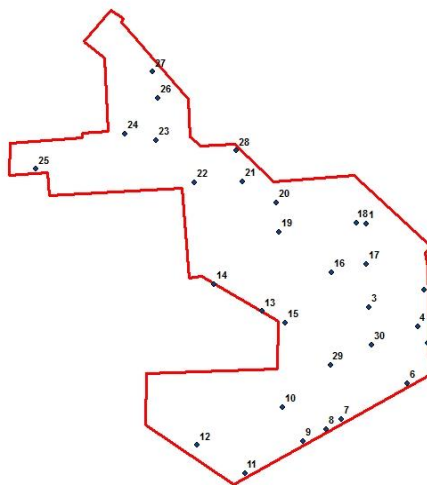
در قسمت‌های مختلف اراضی ایستگاه که بر اساس مطالعات خاک‌شناسی انجام شده (صاحب‌جمع، ۱۳۸۱)، خاک دارای بافت و ساختمان متفاوت بود، تعداد ۳۰ کرت با ابعاد ۱۵ مترمربع (۳×۵ متر) به عنوان کرت‌های ثابت برای کشت ذرت علوفه‌ای انتخاب شد.

شکل ۱ توزیع و موقعیت کرت‌های آزمایشی در اراضی ایستگاه تحقیقات طرق را نشان می‌دهد. کشت به صورت دستی با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر بر روی ردیف‌های کشت انجام شد. نیاز کودی کرت‌ها بر اساس آزمون خاک و از یک نوع منبع کودی تأمین گردید. به منظور یکسان‌سازی شرایط کشت و آبیاری برای کلیه کرت‌ها و محدود نمودن اختلاف عملکرد حاصل از مقدار و زمان آب دریافتی توسط کرت‌ها، آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای با استفاده از تانکر و شمارنده^۱ دو اینچی و با دور متعارف منطقه و با متوسط نه روز انجام گردید. به طوری که در هر نوبت آبیاری کلیه کرت‌ها در یک روز و به یک میزان مشخص آبیاری می‌شدند. کل میزان آب کاربردی در سال اول کشت معادل ۵۲۰۵ مترمکعب در هکتار (۵۰۶۷ مترمکعب در هکتار از طریق آبیاری و ۱۳۸ مترمکعب در هکتار از طریق بارندگی) و در سال دوم معادل ۶۲۶۷ مترمکعب در هکتار بود. سطح سفره آب زیرزمینی در منطقه بسیار عمیق بوده و آب مورد نیاز برای اراضی کشاورزی این ایستگاه از طریق چهار حلقه چاه عمیق تأمین می‌گردد.

هدایت الکتریکی آب معادل ۰/۹۳ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت جذب سدیم معادل ۱/۵ و واکنش شیمیایی معادل ۷/۷ می‌باشد. لذا بر اساس طبقه‌بندی ویل کاکس برای آبیاری در کلاس C3S1 قرار می‌گیرد. عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز (دستی)، کودپاشی سرک اوره، محلول‌پاشی و کودآبیاری به صورت کاملاً یکنواخت برای کلیه کرت‌های آزمایشی در زمان مشخص صورت گرفت. در نهایت برداشت محصول ذرت (کل بوته) از کرت‌های آزمایشی در مرحله خمیری شدن دانه‌ها و به صورت دستی

و میزان عملکرد کل زیست توده هوایی در هر کرت اندازه گیری شد.

و کفبر از مساحتی مشخص، در سال اول ۱۰۰ روز پس از کشت و در سال دوم ۱۰۶ روز پس از کشت انجام گردید



شکل ۱- توزیع و موقعیت کرت های آزمایشی در اراضی ایستگاه تحقیقات طرق

مقاومت فروروی خاک از فروسنج^۵ مخروطی ساخت شرکت Eijkelkamp با قابلیت اندازه گیری و ثبت مقاطع یک سانتی متری تا عمق ۵۰ سانتی متر و مخروط دارای زاویه ۶۰ درجه و سطح مقطع یک سانتی متر مربع، استفاده گردید. این اندازه گیری پنج مرتبه و در رطوبت هایی متفاوت پس از برداشت محصول ذرت انجام شد. هم زمان با هر اندازه گیری، یک نمونه خاک برای تعیین میزان رطوبت تهیه و پس از تعیین درصد وزنی رطوبت، با استفاده از ضرایب منحنی رطوبتی همان خاک، مکش متناظر با هر مقدار مقاومت فروروی خاک تعیین گردید.

در نهایت خصوصیات مختلف فیزیکی خاک شامل شاخص پایداری خاک دانه^۶ در قالب نسبت کربن آلی به مجموع رس و سیلت خاک (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹)، شاخص S^۷ از طریق محاسبه شیب منحنی رطوبتی خاک در حالت خشک شدن در نقطه عطف آن (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۹۶)، تخلخل^۸ و گنجایش هوایی خاک^۹ به تفکیک خلل و فرج درشت و ریز (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۹۵)، شاخص های موقعیت و شکل منحنی توزیع قطر

برای اندازه گیری خصوصیات مختلف خاک از هر کرت دو نمونه از عمق ۰-۳۰ سانتی متری، شامل یک نمونه دست خورده و یک نمونه دست نخورده با استفاده از استوانه های فلزی با قطر ۵ و ارتفاع ۵/۳ سانتی متر تهیه شد. ضرایب منحنی رطوبتی خاک با برازش معادله وان گنوختن (وان گنوختن، ۱۹۸۰) در برنامه RETC^۱ به داده های رطوبتی خاک در مکش های ۰، ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی متر (با استفاده از دستگاه جعبه شن^۲) و مکش های ۳۳۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی متر (با استفاده از صفحات فشاری) به دست آمد (رینولدز و تاپ، ۲۰۰۷؛ عسگرزاده و همکاران، ۲۰۱۰). توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری دو زمانه (کروش و وانگ، ۲۰۰۷)، اجزاء شن بر اساس طبقه بندی آمریکایی^۳ با استفاده از الک های مطابق و جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش نمونه دست نخورده (هاو و همکاران، ۲۰۰۷)، میانگین وزنی قطر خاک دانه^۴ در خاک هوا خشک با استفاده از الک های مطابق (لارنی، ۲۰۰۷) و کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر (جمستاد و بالدک، ۲۰۰۷) اندازه گیری گردید. جهت تعیین

5- Penetrometer
6- Stability index (SI)
7- S-index
8- Soil porosity (POR)
9- Soil air capacity (AC)

1- Retention Curve Program (RETC)
2- Sand Box
3- United states department of agriculture (USDA) system
4- Mean weight diameter (MWD)

خلل و فرج^۱ (رینولدز و همکاران، ۲۰۰۹؛ زنگی‌آبادی و همکاران ۱۳۹۶)، ظرفیت مزرعه نسبی^۲ در قالب نسبت رطوبت در نقطه ظرفیت مزرعه به رطوبت در نقطه اشباع (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵)، آب قابل استفاده و دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت ۱۰۰ و ۳۳۰ (ظرفیت مزرعه در دو مکش ۱۰۰ و ۳۳۰ سانتی‌متر) (عسگرزاده و همکاران، ۲۰۱۰؛ زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶)، گنجایش انتگرالی آب (زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵) و انرژی انتگرالی آب در دامنه‌های مختلف رطوبتی (عسگرزاده و همکاران، ۲۰۱۱؛ زنگی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) با استفاده از روابط مربوطه که مفصلاً در منابع توضیح داده شده است، محاسبه گردید. در این مطالعه برای انجام محاسبات انتگرالی در راستای تعیین مقدار گنجایش انتگرالی آب و انرژی انتگرالی آب در دامنه‌های رطوبتی مختلف، از نرم‌افزار Mathcad Prime 3 استفاده شد.

در خاتمه با استفاده از نرم افزارهای آماری JMP نسخه ۹/۰۲ و Path-Coefficients Analysis و استفاده از روش‌های همبستگی پیرسون، رگرسیون خطی چند-متغیره، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تجزیه مسیر (علیت) بین ویژگی‌های مختلف فیزیکی خاک و میزان محصول ذرت به ازاء واحد آب کاربردی به عنوان نتیجه برهم‌کنش و برآیند کلیه عوامل فیزیکی خاک ارتباط برقرار و مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک که بتوانند قسمت اعظم تفاوت بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای را توجیه نمایند، تعیین شد.

نتایج و بحث

همان‌گونه که قبلاً گفته شد، خاک کرت‌های آزمایشی در پنج کلاس بافتی لوم، لوم شنی، لوم سیلتی و لوم رسی و لوم رسی سیلتی قرار گرفتند. نتایج تجزیه شن نشان داد که از بین پنج جزء شن، به طور متوسط شن خیلی-ریز و شن خیلی‌درشت به ترتیب بیشترین و کمترین سهم را به خود اختصاص دادند. جرم مخصوص ظاهری خاک

در کرت‌های مطالعه شده بین ۱/۵۶-۱/۲۹ و میانگین ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و کربن آلی خاک دارای دامنه‌ای بین ۱/۰۵-۰/۲۶ و به طور میانگین ۰/۵۳ درصد بود. توزیع اندازه خاک‌دانه در نمونه‌های بررسی شده نشان داد که به طور میانگین خاک‌دانه‌های با قطر ۱-۰/۵ میلی‌متر بیشترین سهم و خاک‌دانه‌های با قطر ۰/۲۵-۰ میلی‌متر کمترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند و محاسبه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه با استفاده از توزیع مذکور نشان داد که مقدار این شاخص دارای دامنه‌ای بین ۲/۸۸-۰/۹۴ میلی‌متر و میانگینی برابر با ۱/۹۳ میلی‌متر می‌باشد. نتایج محاسبه شاخص پایداری خاک‌دانه در محدوده مورد مطالعه نشان داد که مقدار این شاخص دارای دامنه‌ای بین ۲/۶۱-۰/۷۶ درصد و میانگین برابر با ۱/۳۰ درصد می‌باشد. کم بودن مقدار شاخص پایداری خاک‌دانه را می‌توان به کم بودن مقدار کربن آلی خاک و سهم قابل توجه جزء سیلت در خاک این محدوده نسبت داد.

نتایج بررسی‌ها و پایش رشد و عملکرد محصول ذرت در ۳۰ کرت آزمایشی نشان داد که با اعمال شرایط یکسان مدیریت زراعی و مدیریت مزرعه، عملکرد محصول ذرت در کرت‌های مختلف متفاوت بود. این اختلاف ناشی از ویژگی‌های خاک و به طور ویژه خصوصیات فیزیکی کیفیت خاک در کرت‌های آزمایشی بود.

میانگین عملکرد محصول ذرت علوفه‌ای (کل زیست‌توده هوایی) در سال اول معادل ۴۸۸۷۷ و در سال دوم معادل ۳۶۲۱۳ کیلوگرم در هکتار بود. بررسی میزان محصول تولید شده به ازاء واحد آب کاربردی (بهره‌وری مصرف آب) در طول دوره رشد گیاه ذرت در ۳۰ کرت آزمایشی حاکی از تولید به ترتیب ۹/۳۹ و ۵/۷۸ کیلوگرم محصول به ازاء هر مترمکعب آب کاربردی در سال‌های اول و دوم بود. در این مطالعه، میانگین بهره‌وری مصرف آب در دو سال متوالی برای هر کرت آزمایشی ملاک محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل آنها قرار گرفت.

برای بررسی ارتباط بین ۳۵ ویژگی و شاخص فیزیکی خاک با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت به عنوان تابعی از وضعیت فیزیکی خاک‌های مطالعه شده، از ضریب همبستگی ساده و رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. جدول ۱ ضرائب همبستگی و سطوح معنی‌داری کل متغیرها و شاخص‌های فیزیکی خاک با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت را نشان می‌دهد.

نتایج این تجزیه نشان داد که از بین ۳۵ متغیر اندازه‌گیری شده بر روی ۳۰ نمونه خاک، تعداد ۱۰ متغیر دارای ضریب همبستگی معنی‌دار با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت می‌باشند. از این بین، سه شاخص آب قابل استفاده (۱۰۰)، انحراف معیار توزیع قطر خلل و فرج و شاخص S بیشترین ارتباط معنی‌دار را با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت نشان دادند، به گونه‌ای که افزایش آب قابل استفاده (۱۰۰) و شاخص S و کاهش انحراف معیار توزیع قطر خلل و فرج (کاهش تنوع در قطر خلل و فرج) با افزایش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب در این محصول همراه است. نتایج این تجزیه نشان داد که کاهش انرژی انتگرالی آب در دامنه‌های مختلف رطوبتی، افزایش معنی‌دار بهره‌وری مصرف آب در گیاه را به دنبال داشته است. به بیان دیگر، در خاک‌هایی که آب با سهولت بیشتری توسط ریشه گیاه جذب شده است، مقدار محصول تولید شده به ازاء هر مترمکعب آب کاربردی افزایش یافته است که کاملاً منطقی به نظر می‌رسد. ضرایب مثبت و معنی‌دار ($P < 0.01$) بین شاخص‌های کشیدگی و افراستگی توزیع قطر خلل و فرج خاک با بهره‌وری مصرف آب حاکی از آن است که افزایش قطر خلل و فرج و همچنین تمایل منحنی توزیع اندازه خلل و فرج خاک به بلندتر بودن در مرکز و کشیده‌تر بودن آن در دو انتهای منحنی نسبت به حالت لوگ نرمال منجر به افزایش بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت شده است. رابطه مثبت و معنی‌دار ($P < 0.05$) اندازه دامنه

رطوبتی با حداقل محدودیت (۱۰۰) با بهره‌وری مصرف آب در این مطالعه نیز بیان‌گر این واقعیت است که با بزرگ‌تر شدن اندازه این دامنه، تأثیر محدودیت‌های رشد گیاه که با پتانسیل ماتریک، تهویه و مقاومت فروری خاک ارتباط پیدا می‌کنند، به حداقل می‌رسد. این نتیجه با نتایج گزارش شده توسط داسیلوا و کی (۱۹۹۶) مطابقت دارد.

رابطه رگرسیونی بین بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای به عنوان متغیر وابسته و کل مجموعه ویژگی‌های فیزیکی خاک به عنوان متغیرهای مستقل در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج تجزیه رگرسیونی حاکی از ورود سه ویژگی آب قابل استفاده (۱۰۰)، انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)، شاخص افراستگی توزیع قطر خلل و فرج خاک به رابطه تخمین‌گر بهره‌وری مصرف آب با استفاده از کل مجموعه متغیرها و شاخص‌های فیزیکی خاک بود. در این رابطه، مقدار آب قابل استفاده (۱۰۰) با ضریب مثبت به تنهایی ۵۴ درصد و انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) با ضریب منفی و شاخص افراستگی توزیع قطر خلل و فرج با ضریب مثبت به ترتیب ۲۰ و ۷ درصد و در مجموع ۸۱ درصد تغییرات بهره‌وری مصرف آب در خاک‌های مطالعه شده را توجیه نمودند.

برای کاهش تعداد متغیرهای فیزیکی بررسی شده در این مطالعه از تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید. نتایج حاصل از این تجزیه در قالب جدول ۳ ارائه شده است. نتایج این بررسی نشان داد که به جای استفاده از ۳۵ متغیر، تنها شش ویژگی فیزیکی خاک به عنوان کوچک‌ترین مجموعه داده‌ها می‌توانند حدود ۹۰ درصد مجموع واریانس خاک‌های مورد مطالعه را توجیه نمایند. مشابه این نتیجه در خصوص تخلخل کل و آب قابل استفاده قبلاً توسط شون-هولتز و همکاران (۲۰۰۰) و رینولدز و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

جدول ۱- ضرائب همبستگی و سطوح معنی‌داری کل مجموعه متغیرها و شاخص‌های فیزیکی خاک با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای (n=30)

متغیرها	ضریب همبستگی	متغیرها	ضریب همبستگی
جرم مخصوص ظاهری	-۰/۰۱ ^{NS}	میان‌ه قطر خلل و فرج	-۰/۱۰ ^{NS}
شن خیلی درشت	-۰/۳۳ ^{NS}	مد قطر خلل و فرج	-۰/۳۳ ^{NS}
شن درشت	-۰/۲۰ ^{NS}	میانگین قطر خلل و فرج	-۰/۱۰ ^{NS}
شن متوسط	-۰/۰۶ ^{NS}	انحراف معیار توزیع قطر خلل و فرج	-۰/۰۶ ^{***}
شن ریز	۰/۰۳ ^{NS}	کشیدگی توزیع قطر خلل و فرج	۰/۴۹ ^{**}
شن خیلی ریز	۰/۱۸ ^{NS}	افراستگی توزیع قطر خلل و فرج	۰/۵۰ ^{**}
شن	-۰/۰۵ ^{NS}	ظرفیت مزرعه نسبی (۳۳۰)	-۰/۱۸ ^{NS}
سیلت	۰/۰۸ ^{NS}	آب قابل استفاده (۱۰۰)	۰/۷۳ ^{***}
رس	-۰/۰۱ ^{NS}	آب قابل استفاده (۳۳۰)	۰/۱۴ ^{NS}
کربن آلی	-۰/۲۳ ^{NS}	دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (۱۰۰)	۰/۳۹ [*]
شاخص پایداری خاک‌دانه	-۰/۳۱ ^{NS}	دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (۳۳۰)	-۰/۰۹ ^{NS}
میانگین وزنی قطر خاک‌دانه	۰/۱۴ ^{NS}	گنجایش انتگرالی آب	۰/۳۳ ^{NS}
شاخص S	۰/۵۵ ^{**}	انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۱۰۰)	-۰/۵۰ ^{**}
تخلخل کل	۰/۱۷ ^{NS}	انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	-۰/۲۹ ^{NS}
تخلخل خلل و فرج درشت	-۰/۲۲ ^{NS}	انرژی انتگرالی آب دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (۱۰۰)	-۰/۵۰ ^{**}
تخلخل خلل و فرج ریز	۰/۳۳ ^{NS}	انرژی انتگرالی آب دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (۳۳۰)	-۰/۴۰ [*]
گنجایش هوایی کل	۰/۱۸ ^{NS}	انرژی انتگرالی گنجایش انتگرالی آب	-۰/۴۹ ^{**}
گنجایش هوایی خلل و فرج ریز	۰/۳۳ ^{NS}		

***: معنی‌دار در سطح ۰/۱٪ ** : معنی‌دار در سطح ۱٪ * : معنی‌دار در سطح ۵٪ NS : غیرمعنی‌دار

جدول ۲- تجزیه رگرسیون خطی چندمتغیره بین کل مجموعه متغیرها با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای (n=30)

متغیر وابسته	متغیر مستقل	واحد	ضریب	ضریب تبیین	سطح معنی‌داری
آب قابل استفاده (۱۰۰)		(cm ³ cm ⁻³)	۲۴/۷۰۸	۰/۵۴	۰/۰۰۰
بهره‌وری	انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	(J kg ⁻¹)	-۰/۰۱۳	۰/۷۴	۰/۰۰۰
مصرف آب	افراستگی توزیع قطر خلل و فرج	-	۳۸/۸۳۱	۰/۸۱	۰/۰۰۲
(kg m ⁻³)	عرض از مبدا	-	-۳۸/۹۴۳	-	-

جدول ۳- متغیرهای کوچک‌ترین مجموعه داده بر اساس نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی با استفاده از ماتریس همبستگی

مؤلفه	متغیر انتخاب شده	واحد	حداکثر	حداقل	میانگین
مؤلفه اول	میانگین قطر خلل و فرج	μm	۲۵/۱	۰/۵۰	۶/۵
مؤلفه دوم	آب قابل استفاده (۱۰۰)	cm ³ cm ⁻³	۰/۲۳	۰/۱۲	۰/۲۰
مؤلفه سوم	تخلخل کل	cm ³ cm ⁻³	۰/۵۱	۰/۴۰	۰/۴۶
مؤلفه چهارم	انرژی انتگرالی آب دامنه رطوبتی با حداقل محدودیت (۳۳۰)	J kg ⁻¹	۲۷۰	۴۷	۱۸۴
مؤلفه پنجم	شاخص پایداری خاک‌دانه	%	۲/۶۱	۰/۷۶	۱/۳۰
مؤلفه ششم	آب قابل استفاده (۳۳۰)	cm ³ cm ⁻³	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۱۶

بهره‌وری مصرف آب توسط گیاه در خاک‌های مورد مطالعه به عنوان متغیر وابسته و شش خصوصیت در قالب کوچک-ترین مجموعه داده به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. نتایج این بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است.

به‌منظور بررسی میزان و نوع ارتباط متغیرهای کوچک‌ترین مجموعه داده حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت، مجدداً از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده گردید. به‌گونه‌ای که

جدول ۴- تجزیه رگرسیون خطی چند متغیره بین متغیرهای کوچک‌ترین مجموعه داده با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای (n=30)

متغیر وابسته	متغیر مستقل	واحد	ضریب	ضریب تبیین	سطح معنی‌داری
آب قابل استفاده (۱۰۰)		(cm ³ cm ⁻³)	۲۷/۹۹۸	۰/۵۴	۰/۰۰۰
بهره‌وری	میانگین قطر خلل و فرج	(μm)	۰/۱۱۵	۰/۶۶	۰/۰۰۴
مصرف آب	آب قابل استفاده (۳۳۰)	(cm ³ cm ⁻³)	۲۱/۴۶۷	۰/۸۱	۰/۰۰۰
(kg m ⁻³)	شاخص پایداری خاک‌دانه	(%)	-۰/۴۲۴	۰/۸۷	۰/۰۰۱
	عرض از مبدأ	-	-۱/۵۶۰	-	-

تخمین‌گر میزان بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت به‌عنوان متغیر وابسته شدند، از تجزیه مسیر یا علیت استفاده گردید. نتایج تجزیه مسیر متغیرهای وارد شده به روابط رگرسیونی تخمین‌گر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت با استفاده از کل مجموعه متغیرها و کوچک‌ترین مجموعه داده‌ها به- ترتیب در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است.

ضریب تبیین رابطه رگرسیونی بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت با متغیرهای کوچک‌ترین مجموعه داده، نشان داد که متغیرهای ذکر شده را می‌توان به عنوان شاخص‌های مناسبی از کل متغیرهای بررسی شده در این مطالعه فرض نمود.

به منظور بررسی و تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل که وارد روابط رگرسیونی

جدول ۵- نتایج تجزیه مسیر متغیرهای وارد شده به رابطه رگرسیونی تخمین‌گر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای با استفاده از کل مجموعه متغیرها

متغیرها	آب قابل استفاده (۱۰۰)	انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	افراشتگی توزیع قطر خلل و فرج
آب قابل استفاده (۱۰۰)	۰/۷۰	۰/۱۴	۰/۲۸
انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	-۰/۱	-۰/۴۹	-۰/۰۹
افراشتگی توزیع قطر خلل و فرج	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۳۱
ضریب همبستگی با بهره‌وری مصرف آب	۰/۷۳	-۰/۲۹	۰/۵۰

(اثرات باقی‌مانده: ۰/۴۳)

شاخص از ضریب همبستگی آن با بهره‌وری مصرف آب بیشتر بوده و دو متغیر آب قابل استفاده (۱۰۰) و افراشتگی توزیع قطر خلل و فرج خاک منجر به کاهش اثر این شاخص بر میزان بهره‌وری مصرف آب شده است. این موضوع در خصوص متغیر دیگر حالت معکوس داشته، به گونه‌ای که اثر مستقیم افراشتگی توزیع قطر خلل و فرج خاک کمتر از ضریب همبستگی آن با میزان بهره‌وری مصرف آب بوده و دیگر متغیرها منجر به افزایش ضریب همبستگی آن شده‌اند. بر این اساس متغیر ذکر شده از روند محاسبات حذف و در رابطه رگرسیونی نهایی لحاظ نشد.

در تجزیه مسیر، جمع جبری مقادیر مندرج در هر ستون جدول معادل ضریب همبستگی متغیر مربوطه با بهره‌وری مصرف آب می‌باشد. مقادیر زیر خط بیان‌گر تأثیر مستقیم متغیر مربوطه بر بهره‌وری مصرف آب است، به‌گونه‌ای که تأثیر افزایش یا کاهش‌دهنده دیگر متغیرها از طریق متغیر مورد نظر حذف می‌گردد. بر این اساس، نتایج مندرج در جدول ۵ نشان داد که افراشتگی توزیع قطر خلل و فرج خاک باعث افزایش و انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) منجر به کاهش اثر آب قابل استفاده (۱۰۰) بر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت شده است. در خصوص اثر انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) بر بهره‌وری مصرف آب، نتایج نشان داد که اثر مستقیم این

جدول ۶- نتایج تجزیه مسیر متغیرهای واردشده به رابطه رگرسیونی تخمین‌گر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای با استفاده از

کوچک‌ترین مجموعه داده‌ها				
متغیرها	آب قابل استفاده (۱۰۰)	میانگین قطر خلل و فرج	آب قابل استفاده (۳۳۰)	شاخص پایداری خاک‌دانه
آب قابل استفاده (۱۰۰)	۰/۷۹	-۰/۲۵	۰/۲۱	-۰/۰۹
میانگین قطر خلل و فرج	-۰/۳۰	۰/۹۷	-۰/۸۰	-۰/۱۱
آب قابل استفاده (۳۳۰)	۰/۲۱	-۰/۶۵	۰/۷۹	۰/۱۵
شاخص پایداری خاک‌دانه	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۰۶	-۰/۲۶
ضریب همبستگی با بهره‌وری مصرف آب	۰/۷۳	۰/۱	۰/۱۴	-۰/۳۱

(اثرات باقی‌مانده: ۰/۳۶)

قطر خلل و فرج حاصل شده است. ضریب همبستگی قوی بین این دو متغیر ($-۰/۸۳$) باعث کاهش ضریب همبستگی این دو متغیر با بهره‌وری مصرف آب شده است. لذا برای جلوگیری از ایجاد هم‌راستایی خطی، به منظور انتخاب مناسب‌ترین ویژگی فیزیکی خاک در رابطه با بهره‌وری مصرف آب باید یکی از دو متغیر ذکرشده حذف گردد. از آنجا که تأثیر مستقیم شاخص میانگین قطر خلل و فرج خاک ($۰/۶۴$) بیشتر از تأثیر مستقیم آب قابل استفاده (۳۳۰) ($۰/۵۷$) بود، لذا متغیر آب قابل استفاده (۳۳۰) از روند محاسبات آماری حذف گردید.

در نهایت به منظور دستیابی به رابطه‌ای برای تخمین زود هنگام بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای، از ویژگی‌های آب قابل استفاده (۱۰۰) و انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) مستخرج از رابطه اول و ویژگی‌های میانگین قطر خلل و فرج و شاخص پایداری خاک‌دانه که از رابطه دوم استخراج شدند به‌عنوان متغیرهای مستقل و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت به‌عنوان متغیر وابسته در قالب تجزیه رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. نتایج این تجزیه در جدول ۷ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۷ سه ویژگی آب قابل استفاده (۱۰۰)، انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) و میانگین قطر خلل و فرج خاک توانسته‌اند ۷۸ درصد تغییرات بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت را توجیه نمایند که از این بین ۵۴ درصد توسط ویژگی آب قابل استفاده (۱۰۰)، ۲۰ درصد توسط انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) و ۴ درصد توسط میانگین قطر خلل و فرج

اثرات باقی‌مانده در تجزیه مسیر نشان می‌دهد که چه مقدار از تغییرات توسط متغیرهای مورد بررسی قابل تبیین نبوده و مربوط به سایر متغیرها می‌باشد. لذا در این تجزیه، مقادیر اثرات باقی‌مانده کمتر، مطلوب‌تر بوده و نشان می‌دهد که متغیرهای مطالعه شده سهم بزرگتری از تغییرات را تبیین می‌نمایند. بر این اساس و با توجه به اثرات باقی‌مانده مربوط به دو تجزیه مسیر ذکرشده ($۰/۴۳$ و $۰/۳۶$)، کوچک‌ترین مجموعه داده حاصل از ماتریس همبستگی، تغییرات بهره‌وری مصرف آب را بهتر تبیین می‌کند.

نتایج تجزیه مسیر بر روی متغیرهای وارد شده به رابطه رگرسیون خطی چند متغیره بین کوچک‌ترین مجموعه داده به‌عنوان متغیرهای مستقل و بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت به‌عنوان متغیر وابسته (جدول ۶) نشان داد که تأثیر مستقیم سه متغیر آب قابل استفاده (۱۰۰)، میانگین قطر خلل و فرج و آب قابل استفاده (۳۳۰) بر میزان بهره‌وری مصرف آب، بیشتر از ضریب همبستگی بین شاخص‌های ذکرشده و بهره‌وری می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، این اختلاف در خصوص دو متغیر میانگین قطر خلل و فرج و آب قابل استفاده (۳۳۰) بسیار قابل ملاحظه است. با بررسی دقیق‌تر مقادیر دو ستون مربوط به متغیرهای میانگین قطر خلل و فرج و آب قابل استفاده (۳۳۰) مشخص گردید که قسمت اعظم ($-۰/۶۵$) کاهش تأثیر میانگین قطر خلل و فرج بر بهره‌وری مصرف آب از طریق متغیر آب قابل استفاده (۳۳۰) و قسمت اعظم ($-۰/۸۰$) کاهش تأثیر آب قابل استفاده (۳۳۰) بر بهره‌وری مصرف آب از طریق متغیر میانگین

خاک توجیه می‌گردد. جدول ۸ ضرائب همبستگی و سطوح معنی‌داری متغیرهای مستقل وارد شده به رابطه رگرسیونی نهایی را نشان می‌دهد. این نتایج حاکی از آن است که هیچ‌گونه ارتباط معنی‌دار و هم‌راستایی خطی بین متغیرهای وارد

شده به رابطه نهایی تخمین‌گر بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت وجود نداشته و متغیرهای ذکر شده کاملاً مستقل و از ویژگی‌های متمایز کننده خاک‌های مطالعه شده (نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی) محسوب می‌گردند.

جدول ۷- تجزیه رگرسیون خطی چندمتغیره بین متغیرهای منتخب حاصل از تجزیه مسیر با بهره‌وری مصرف آب در گیاه ذرت علوفه‌ای

(n=30)				
متغیر وابسته	متغیر مستقل	واحد	ضریب	ضریب تبیین
بهره‌وری مصرف آب	آب قابل استفاده (۱۰۰)	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	۳۱/۰۹۱	۰/۵۴
	انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	J kg^{-1}	-۰/۰۱۰	۰/۷۴
	میانگین قطر خلل و فرج	(μm)	۰/۰۲۸	۰/۷۸
	عرض از مبدا	-	۳/۶۰۷	-

جدول ۸- ضرائب همبستگی و سطوح معنی‌داری متغیرهای مستقل وارد شده به رابطه رگرسیونی نهایی (n=30)

متغیرهای مستقل	آب قابل استفاده (۱۰۰)	انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	میانگین قطر معادل خلل و فرج
آب قابل استفاده (۱۰۰)	۱/۰۰		
انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰)	۰/۱۹ ^{NS}	۱/۰۰	
میانگین قطر معادل خلل و فرج	-۰/۳۱ ^{NS}	-۰/۳۳ ^{NS}	۱/۰۰

^{NS}: غیر معنی‌دار

کیلوگرم انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) و مقادیر ۲۵/۱-۰/۵ میکرون میانگین قطر خلل و فرج خاک و برای پنج کلاس بافتی مطالعه شده صادق بوده و تعمیم این نتایج به مقادیر خارج از دامنه‌های ذکر شده و کلاس‌های بافتی دیگر، مستلزم مطالعه و واسنجی نتایج ارائه شده می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که سه ویژگی فیزیکی خاک شامل میزان آب قابل استفاده (۱۰۰)، انرژی انتگرالی آب قابل استفاده (۳۳۰) و میانگین قطر خلل و فرج خاک در پنج کلاس بافتی لوم، لوم شنی، لوم سیلتی، لوم رسی و لوم رسی سیلتی به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک برای کشت محصول ذرت علوفه‌ای محسوب می‌گردند و می‌توانند حدود ۸۰ درصد میزان عملکرد گیاه به ازاء واحد آب کاربردی را توجیه نمایند.

در مجموع می‌توان بیان نمود که از تعداد ۳۵ ویژگی فیزیکی بررسی شده در این مطالعه، به طور کلی ویژگی‌های مقدار و انرژی آب قابل استفاده و قطر خلل و فرج خاک مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک برای کشت محصول ذرت در خاک‌های مطالعه شده می‌باشند.

رینولدز و همکاران (۲۰۰۸) نیز آب قابل استفاده را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک تعیین نمودند. در مطالعه‌ای مشابه توسط مورا و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش شده است که هیچ‌یک از خصوصیات خاک به تنهایی نمی‌توانند سهم قابل توجهی از تغییرات عملکرد ذرت را توجیه نمایند، لذا استفاده از مجموعه متغیرها در این خصوص توصیه می‌گردد.

لازم به ذکر است که نتایج این مطالعه برای مقادیر ۰/۱۲-۰/۲۳ سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب آب قابل استفاده (۱۰۰)، مقادیر ۳۰۵/۶-۱۵۶/۱ ژول بر

فهرست منابع

۱. شهبازی، ک. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی، جلد ۱، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۱۵.
۲. صاحب‌جمع، ع.ا. ۱۳۸۱. مطالعات تفصیلی دقیق خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق- استان خراسان رضوی. گزارش نهایی. نشریه شماره ۱۱۴۶. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
۳. زنگی‌آبادی، م.، گرجی اناری، م.، شرفا، م.، خاوری خراسانی، س. و سعادت، س. ۱۳۹۵. رابطه شاخص گنجایش انتگرالی آب با برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در استان خراسان رضوی. نشریه آب و خاک، جلد ۳۰، شماره ۴، صفحه‌های ۱۱۹۲ تا ۱۲۰۱.
۴. زنگی‌آبادی، م.، گرجی اناری، م.، شرفا، م.، کشاورز، پ. و سعادت، س. ۱۳۹۶. ارتباط انرژی انتگرالی آب در دامنه‌های مختلف رطوبتی با شاخص S در خاک‌های با بافت متوسط و سبک. نشریه آب و خاک، جلد ۳۱، شماره ۲، صفحه‌های ۳۸۶ تا ۳۹۸.
۵. زنگی‌آبادی، م.، گرجی اناری، م.، غالبی، س. و رمضانی‌مقدم، م.ر. ۱۳۹۶. تأثیر توزیع اندازه تخلخل خاک بر میزان انرژی انتگرالی آب در دامنه‌های مختلف رطوبتی. نشریه پژوهش‌های خاک، جلد ۳۱، شماره ۳، صفحه‌های ۴۶۳ تا ۴۷۲.
۶. عباسی، ف.، عباسی، ن. و توکلی، ع.ر. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم‌اندازها. نشریه آب و توسعه پایدار، جلد ۴، شماره ۱، صفحه‌های ۱۴۱ تا ۱۴۴.
۷. ناصری، ا.، عباسی، ف. و اکبری، م. ۱۳۹۶. برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۱۸، شماره ۶۸، صفحه‌های ۱۷ تا ۳۲.
8. Aparicio, V. and Costa, J.L. 2007. Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. *Soil & Tillage Research*, 96: 155–165.
9. Asgarzadeh, H., Mosaddeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Nosrati, A. and Dexter, A.R. 2010. Soil water availability for plants as quantified by conventional available water, least limiting water range and integral water capacity. *Plant and Soil*, 335: 229–244.
10. Asgarzadeh, H., Mosaddeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Nosrati, A. and Dexter, A.R. 2011. Integral energy of conventional available water, least limiting water range and integral water capacity for better characterization of water availability and soil physical quality. *Geoderma*, 166: 34–42.
11. Betz, C.L., Allmaras, R.R., Copeland, S.M. and Randall, G.W. 1998. Least limiting water range: traffic and long term tillage influences in a Webster soil. *Soil Science Society of America Journal*, 62: 1384–1393.
12. Da Silva, A.P., Kay, B.D. and Perfect, E. 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1775–1781.
13. Da Silva, A.P. and Kay, B.D. 1996. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. *Plant and Soil*, 184: 323–329.
14. Da Silva, A.P. and Kay B.D. 2004. Linking process capability analysis and least limiting water range for assessing soil physical quality. *Soil & Tillage Research*, 79: 167–174.
15. Groenevelt, P.H., Grant, C.D. and Semetsa, S. 2001. A new procedure to determine soil water availability. *Australian Journal of Soil Research*, 39: 577–598.
16. Hao, X., Ball, B.C., Culley, J.L.B., Carter, M.R. and Parkin, G.W. 2007. Soil density and porosity. In Carter, M.R. and Gregorich, E.G. (eds.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Taylor & Francis, Abingdon. 743–759.
17. Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez-Ugalde, O. and Karlen D.L. 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. *Soil & Tillage Research*, 107: 17–25.

18. Kroetsch, D. and Wang, C. 2007. Particle size distribution. In Carter, M.R. and Gregorich, E.G. (eds.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Taylor & Francis, Abingdon. 713–725.
19. Larney, F.J. 2007. Dry-aggregate size distribution. In Carter, M.R. and Gregorich, E.G. (eds.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Taylor & Francis, Abingdon. 821–831.
20. Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, 1: 277–294.
21. Minasny, B. and McBratney, A.B. 2003. Integral energy as a measure of soil–water availability. *Plant and Soil*, 249: 253–262.
22. Moura, E.G., Moura, N.G., Marques, E.S., Pinheiro, K.M., Costa, Sobrinho, J.R.S. and Aguiar, A.C.F. 2009. Evaluating chemical and physical quality indicators for a structurally fragile tropical soil. *Soil Use and Management*, 25: 368–375.
23. Reynolds, W.D., Drury, C.F., Tan, C.S., Fox, C.A. and Yang, X.M. 2009. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. *Geoderma*, 152: 252–263.
24. Reynolds, W.D., Drury, C.F., Yang, X.M., Fox, C.A., Tan, C.S. and Zhang, T.Q. 2007. Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. *Soil & Tillage Research*, 96: 316–330.
25. Reynolds, W.D., Drury, C.F., Yang, X.M. and Tan, C.S. 2008. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. *Geoderma*, 146: 466–474.
26. Reynolds, W.D. and Topp, G.C. 2007. Soil water desorption and imbibition: tension and pressure techniques. In Carter, M.R. and Gregorich, E.G. (eds.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Taylor & Francis, Abingdon. 981–997.
27. Rezaei, A., Gilkes, R.J. and Andrews, S.S. 2006. A minimum data set for assessing soil quality in rangelands. *Geoderma*, 136: 229–234.
28. Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H. and Burger, J.A. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138: 335–356.
29. Skjemstad, J.O. and Baldock, J.A. 2007. Total and organic carbon. In Carter, M.R. and Gregorich, E.G. (eds.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Taylor & Francis, Abingdon. 225–237.
30. 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.

تعیین نیازآبی ارقام گل رز در گلخانه هیدروپونیک

فاطمه کیخایی^۱، قاسم زارعی، ناصر گنجی خرم‌دل و صادق صادقی

عضوهیئت علمی بخش آبیاری و فیزیک خاک موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

Keykhaei80@gmail.com

دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

ghzareei4554@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک، ایران.

naser.ganjikhorramdel@gmail.com

کارشناس ارشد طرح توسعه گلخانه های کشور. وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران

psadeghi2002@gmail.com

دریافت: بهمن ۱۳۹۸ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

یکی از راهکارهای کاهش تلفات آب در کشاورزی، برنامه‌ریزی صحیح آبیاری است که اساس آن را برآورد دقیق نیازآبی گیاهان تشکیل می‌دهد. به‌منظور تعیین نیاز آبی سه رقم گل رز، تحقیقی به‌مدت یک سال در گلخانه‌ای هیدروپونیک مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای در شهرستان اراک و با استفاده از لایسیمترهای زهکش‌دار انجام شد. میزان تبخیر- تعرق مرجع با استفاده از یک میکرو لایسیمتر زهکش‌دار دارای کشت چمن، برای محاسبه نیاز آبی از روش بیلان آبی استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار کل تبخیر- تعرق مرجع در گلخانه طی یک سال انجام پژوهش، ۱۶۰۸ میلی‌متر بود. همچنین مقدار کل تبخیر- تعرق رز رقم آتشی در این دوره رشد ۱۴۲۳ میلی‌متر، رقم لب صورتی ۱۴۸۰ میلی‌متر و رقم سفید، ۱۳۱۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر- تعرق ارقام رز در طول سال برابر ۳/۸ میلی‌متر در روز بدست آمد. با توجه به چند ساله بودن بوته‌های رز، ضریب گیاهی دارای مراحل چهارگانه نبود و مقدار ضریب گیاهی ارقام رز در هر دهه بین ۰/۷ تا ۰/۹۶ تغییر نمود و متوسط ضریب گیاهی ارقام رز در طول سال برابر ۰/۸۱ بدست آمد. همچنین متوسط مقدار آب مصرفی ارقام رز در طول یک سال برابر ۲۰۵۷۳ مترمکعب در هکتار به ازای تراکم کشت ۷۵۰۰۰ بوته رز در هکتار بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، میکرو لایسیمتر، تبخیر- تعرق مرجع

مقدمه

افزایش توسعه گلخانه‌ها با توجه به خشکسالی‌ها و بحران کم آبی در کشور، اجتناب ناپذیر است. یکی از مهم‌ترین عوامل در افزایش تولید در محصولات گلخانه ای، برنامه ریزی و مدیریت مناسب آبیاری است که در آن تعیین نیاز آبی نقش اساسی دارد. چنانچه نیاز آبی گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری کمتر از مقدار نیاز آبی واقعی گیاه لحاظ گردد باعث بروز علائم ناشی از تنش خشکی در گیاه مانند توقف رشد، کوچک‌تر شدن برگ، کوتاه شدن فاصله میان گره‌ها، بدشکل شدن و ریزش برگ‌ها، سوختگی حاشیه برگ‌ها و نیز کاهش عملکرد می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین بیش از حد لحاظ نمودن نیاز آبی نیز افزون بر این که باعث افزایش رطوبت بستر، رطوبت زیر پوشش و کاهش عبور نور به داخل گلخانه شده، مشکلاتی مانند افزایش ارتفاع، آبدار شدن ساقه و نرم و شکننده شدن آن، کاهش اکسیژن خاک و صدمه به ریشه و عدم جذب آب و مواد غذایی و سرانجام پژمردگی، توقف رشد گیاه و نیز گسترش بیماری‌ها و آفات را به همراه دارد (ابراهیمی بیرنگ، ۱۳۸۴). در مطالعه تیواری و همکاران (۲۰۰۳ و ۲۰۱۴) بیان شده است که سیستم آبیاری قطره‌ای یکی از اجزای مهم کشت گلخانه‌ای می‌باشد. رز شاخه بریده مهمترین گل شاخه بریده جهان است و از نظر تجاری رتبه اول را دارد و سالانه حدود ۴۰ میلیون شاخه رز در جهان استفاده می‌شود (سینگ و همکاران، ۲۰۱۶). گل‌های شاخه بریده سهم عمده‌ای در تولید گل و گیاهان زینتی ایران نیز دارند به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۶ مساحت گلخانه‌های گل‌های شاخه بریده در کشور برابر ۱۹۹۹/۵ هکتار از ۲۴۶۹/۷ هکتار مربوط به گل و گیاهان زینتی بود و در استان مرکزی مساحت گلخانه‌های استان برابر ۴۴۰/۲ هکتار بود که ۲۶۸ هکتار آن به گل‌های شاخه بریده اختصاص داشت (عباد زاده و همکاران، ۱۳۹۷). گل رز یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده در ایران است. رزهای شاخه بریدنی، برخلاف بیشتر گیاهان زینتی، به دلیل برداشت پیوسته در طول فصل، نوسانات زیادی در سطح تعرقی خود نشان می‌دهند. افزون بر

برداشت شاخه گل، تولید پیوسته برگ‌های جوان، باعث حساسیت زیاد رزهای بریدنی به تنش آبی می‌شود (راویو و بلوم، ۲۰۰۱). از این رو با توجه به موارد یاد شده، تعیین نیاز آبی این گیاهان به‌منظور داشتن یک مدیریت خوب و مؤثر در آبیاری در شرایط کنترل شده گلخانه، امری اجتناب‌ناپذیر است. در رابطه با مدیریت آبیاری و نیازآبی گیاهان گلخانه‌ای تلاش بر این است تا آب آبیاری با بیشترین بهره‌وری ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. تعیین آب مصرفی نیازمند محاسبه تبخیر-تعرق محصول می‌باشد. روش بیلان آبی یک روش آسان و ساده در مقایسه با روش‌های متعدد دیگر موجود در منابع علمی است. تبخیر-تعرق با استفاده از روش بیلان آبی با در نظر گرفتن تغییرات در ذخیره رطوبت، بین دوره‌های مورد محاسبه، آبیاری و میزان آب زهکشی در گلخانه تعیین می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۱۱). ضریب گیاهی یک پارامتر مهم برای تخمین تبخیر-تعرق گیاه است. این ضریب نسبت تبخیر-تعرق محصول به تبخیر-تعرق مرجع بوده و در برنامه‌ریزی آبیاری در مقیاس منطقه‌ای با تخمین تبخیر-تعرق محصول به کار می‌رود. مقدار ضریب گیاهی بیانگر میزان مصرف ویژه هر محصول بوده و برای تخمین دقیق و صحیح نیاز آبیاری یک و یا چند محصول در شرایط اقلیمی مختلف ضروری است (ما و ژیاو، ۲۰۰۶). ویلارنال-گوئررو و همکاران (۲۰۱۲) در طی پژوهشی سه روش استانگیلینی، پنمن مانیت و تاکاکورا را برای شبیه سازی و محاسبه تبخیر-تعرق در گلخانه‌های دارای تهویه طبیعی و مجهز به سامانه مه‌پاش، مقایسه نمودند. نتایج نشان داد روش استانگیلینی کمترین انحراف معیار را از داده‌های اندازه‌گیری شده دارد. کومورو و همکاران (۱۹۹۰) در ژاپن، نیاز آبیاری خیار گلخانه‌ای را که با استفاده از روش‌های مختلف آبیاری می‌شوند به دست آوردند. نتایج حاصله از این تحقیق، بیانگر این نکته بود که در روش آبیاری قطره ای نسبت به دیگر روش‌های آبیاری، در گلخانه آب کمتری برای رشد گیاهان مصرف شده‌است. ضریب گیاهی (kc) گل همیشه بهار در شرایط گلخانه و با روش آبیاری قطره ای در کشور هند توسط سوجیتا و همکاران (۲۰۲۰) انجام

شد. نتایج نشان داد که KC گل همیشه بهار در مرحله ابتدایی برابر ۰/۳۷، مرحله میانی ۰/۸ و مرحله انتهایی رشد ۰/۴۷ بدست آمد. دلاور و همکاران (۱۳۹۴) در شهرستان ورامین نیاز آبی گل مریم در گلخانه را برای فصل رشد، ۱۴۴ روزه، ۳۵۰ میلی‌متر به‌دست آوردند. متوسط تبخیر-تعرق واقعی این گل ۲/۵ میلی‌متر در روز گزارش شده است.

شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۱) نیازآبی و ضرایب گیاهی گیاه بومادران در منطقه کرج را با استفاده از لایسیمتر بدست آوردند، نتایج آن‌ها نشان داد که نیازآبی گیاه دارویی بومادران حدود ۱۴۹/۷۲ میلی‌متر می‌باشد. در تحقیق هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳) نیازآبی گل همیشه بهار توسط لایسیمتر، ۳۲۰/۶ میلی‌متر برآورد شد. همچنین ضرایب گیاهی این گیاه در مراحل اولیه، توسعه، میانی و پایانی به ترتیب برابر ۰/۷۱، ۱/۲۸، ۱/۵ و ۰/۶۶ بدست آمد. شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی نیاز آبی گل محمدی را با استفاده از لایسیمتر در کرج بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان تبخیر-تعرق گل محمدی تا پایان رشد برابر ۱۱۴۷ میلی‌متر بود. امید و همکاران (۱۳۹۶) نیازآبی و ضرایب گیاهی گل سوسن را در شرایط گلخانه در منطقه رشت بدست آوردند. نتایج تحقیق دو ساله نشان داد که مقدار کل تبخیر-تعرق گل سوسن در طول دوره رشد ۶۰ روزه در بستر کشت خاکی برابر ۵۹ میلی‌متر بود و در بستر هیدروپونیک به میزان ۹۹/۸ میلی‌متر بود همچنین میانگین ضرایب گیاهی گل سوسن بین ۰/۳ تا ۰/۷۱ در بستر خاکی و ۰/۳۲ تا ۰/۶۶ در بستر هیدروپونیک بدست آمد.

مطالعات علمی-پژوهشی محدودی برای کشت گل رز در شرایط گلخانه در خصوص نیاز آبی و مدیریت آبیاری گل رز انجام شده است. دولتنخواهی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی اثر تنش آبی را بر کیفیت رز شاخه بریده بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کاهش رشد رویشی رز در اثر تنش آبی، منجر به کاهش سطح برگ و محصول شد. همچنین تنش آبی اثرات نامطلوبی بر تعداد

شاخه‌های ممتاز و قطر گل داشت و پیشنهاد شد تا برای حصول کیفیت مطلوب رزهای شاخه بریده، آب کافی در دسترس این گیاه قرار گیرد. کابلرو و همکاران (۱۹۹۶) آب مصرفی گل رز را در فصل تابستان و زمستان به ترتیب ۲/۵-۳/۶ و ۱-۲/۵ میلی‌متر در روز گزارش نمودند. امپوسیا (۲۰۰۶) نیازآبی گل رز را در داخل و خارج گلخانه در منطقه Naivasha کشور کنیا مقایسه نمود. در این تحقیق تبخیر-تعرق واقعی در بستر کشت هیدروپونیک در گلخانه با استفاده از بیلان آبی به‌دست آمد. در شرایط خارج گلخانه، تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از معادله پنمن مانتیس فائو برآورد و به کمک تصاویر ماهواره‌ای، تبخیر-تعرق واقعی محاسبه شد. نتایج نشان داد که تبخیر-تعرق واقعی گیاه رز در شرایط گلخانه ۶۵٪ مقدار آن در محیط آزاد است. در پژوهشی در کشور هند، تبخیر-تعرق گل رز و ضریب گیاهی به روش بیلان آب در خاک از کاشت تا گلدهی در شرایط گلخانه بدست آمد. بیشترین مقدار روزانه تبخیر تعرق برابر ۴/۹۹ آب مورد نیاز برابر ۹۹۹/۵ میلی‌متر بدست آمد و مقدار ضریب گیاهی در بازه ۰/۴۸ تا ۰/۹۶ در طول دوره رشد بدست آمد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱). رز شاخه بریده را هم می‌توان بصورت خاکی و هم هیدروپونیک کشت کرد، اما باتوجه به گرانی پایه گل رز بهتر است به‌صورت هیدروپونیک کشت گردد تا بتوان بستر آن را راحت‌تر کنترل کرد و مواد غذایی را به آن رساند. میزان نیاز آبی گل رز بستگی به خاک و فصل کشت دارد و خاک‌های سبک نیاز به تعداد دفعات آبیاری بیشتری نسبت به خاک‌های سنگین دارند (بی‌نام، ۱۳۹۲). همچنین بستر رشد باید از زهکشی مناسبی برخوردار باشد تا آب اضافی را از خود عبور دهد، چرا که ایستابی آب باعث آسیب دیدن ریشه گل می‌شود. در تعیین حق‌آبه گلخانه‌ها افزون بر آب مصرفی گیاهان کشت شده، به آب مورد نیاز تجهیزات ضروری گلخانه مانند سامانه‌های سرمایش تبخیری نیز که به آب احتیاج دارند، توجه نموده و در محاسبه آب مصرفی در تولید محصول و حقایق به حساب آید هرچند کارآیی سرمایش سیستم تبخیری فن و پد نیز تحت تاثیر عوامل متعددی است که بدون مدیریت

آنها، سیستم سرمایشی گلخانه ها، کارآیی مناسبی نخواهد داشت. این موضوع با توجه به کمبود منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲).

از مهمترین اهداف توسعه گلخانه‌ها در کشور ارتقاء بهره‌وری تولید و بالابردن کارایی مصرف آب است. افزایش بهره‌وری آب اصولاً از دو راه امکان‌پذیر است: ۱- نگاه داشتن میزان تولید محصول در سطح کنونی توأم با کاهش آب مصرفی ۲- افزایش عملکرد به‌ازای آب مصرفی. در رابطه با مدیریت آبیاری، میزان آب مصرفی و نیازآبی در دنیا مطالعات متعددی انجام شده‌است تا آب آبیاری با بیشترین راندمان ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. لیکن نتایج بررسی‌ها نشان داد که در زمینه‌ی برآورد نیازآبی گل رز گلخانه‌ای به‌خصوص در بستر هیدروپونیک پژوهش‌های اندکی صورت گرفته‌است. با توجه به کمبود پژوهش‌های انجام یافته درخصوص نیازآبی گل و گیاهان زینتی در داخل و خارج کشور و توسعه برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی در خصوص کشت‌های گلخانه‌ای، این تحقیق با هدف تعیین تبخیر- تعرق سه رقم گل رز و ضرایب گیاهی این گیاه به‌صورت کشت هیدروپونیک در شرایط گلخانه، انجام شد.

روش بررسی

این تحقیق در گلخانه‌ای هیدروپونیک واقع در شهرک گلخانه‌ای امان‌آباد شهرستان اراک به مدت یک سال از تاریخ ۹۴/۵/۱ الی ۹۵/۴/۳۱ اجرا شد. اقلیم شهر اراک بر اساس طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک و بر اساس طبقه‌بندی آمبروزه، نیمه‌خشک سرد است. درجه حرارت مطلوب گلخانه گل رز در منطقه اراک با سیستم هیدروپونیک ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش در گلخانه‌ای با تیپ اسپانیایی (آرک گاتیک)، ارتفاع زیر ناودان چهار متر، ارتفاع نهایی شش متر، نوع پوشش دیواره‌ها پلی‌کربنات دو جداره به ضخامت شش میلی‌متر، سقف پلی‌اتیلن شفاف ۱۸۰ میکرون مجهز به ابزار لازم برای اندازه‌گیری پارامترهای

هواشناسی شامل دماسنج، رطوبت‌سنج، تشت تبخیر و تشعشع سنج در داخل و خارج گلخانه و نیز دارای تجهیزات گرمایشی از نوع هوای گرم و سیستم خنک‌کننده و نیز سیستم افزایش رطوبت مه‌پاش سقفی، انجام شد. در سقف سالن دریاچه‌هایی قرارداد شد که در صورت لزوم، امکان تهویه را خودکار فراهم می‌نمود. گل‌ها در گلخانه‌ای با مساحت ۳۶۰۰ متر و اندازه دهانه‌های هشت متر، تعداد ۲۷۰۰ بوته در ۵۴ ردیف در بستر دارای مخلوط کوکوپیت و پرلیت با $PH=6/5$ و $EC=7$ dS/m کشت شده بودند.

برای تعیین تبخیر-تعرق (نیازآبی) و مقدار آب مصرفی گل رز، سه رقم گل رز با نام‌های رز سفید، لب صورتی^۱ و آتشی^۲ انتخاب شدند. رز سفید از نظر سطح برگ در بین ارقام تحت مطالعه، بیشترین سطح برگ را دارا بود. رزها سه ساله و در بسترهایی به طول ۴۲ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر، به صورت هیدروپونیک کشت شده بودند. در دو بستر رز آتشی و لب‌صورتی، ۵۰۰ بوته رز و در بستر رز سفید به دلیل سطح برگ بیشتر آن، ۴۵۰ بوته رز استقرار داشتند. میزان آب ورودی و خروجی هر یک از بسترهای آزمایش به‌وسیله حجم‌سنج دیجیتالی که روی لوله ورودی آب مصرفی هر بستر و لوله خروجی آب زهکشی آن بستر نصب شده بودند، اندازه‌گیری می‌شد. تفاوت اعداد حجم سنج در دو روز متوالی در شروع اولین آبیاری میزان آب مصرفی هر بستر را در روز قبل نشان می‌داد و برای اندازه‌گیری میزان زهکشی نیز حجم‌سنج‌ها هر روز در همان ساعت قرائت می‌شدند. تفاوت میزان آب مصرفی و میزان آب زهکشی شده از هر بستر میزان تبخیر-تعرق بوته‌های رز آن بستر را نشان می‌دادند. عملیات سم‌پاشی و کوددهی براساس توصیه کارشناسان به طور یکنواخت در تمام سطح گلخانه انجام شد. کلیه عملیات نگهداری و برداشت رزها طبق سال‌های پیش و مطابق استانداردهای لازم، انجام شد. هم‌چنین آب و کود لازم از راه سیستم قطره‌ای و به‌صورت خودکار توسط سیستم‌های کودآبیاری تامین شدند و برنامه آبیاری نیز به صورت روزانه، انجام می‌شد. قابل ذکر است

متوالی محاسبه می‌شود (تایوان و همکاران، ۲۰۱۴). هم‌چنین در برخی از مطالعات تعیین ET_c گیاهان گلخانه‌ای، بیشتر تمرکز بر تعرق گیاه می‌باشد و تبخیر از خاک را در نظر نمی‌گیرند (کیو و همکاران، ۲۰۱۳). ضریب گیاهی (K_c) به روش یک جزئی و با روش ارائه شده در نشریه FAO-56 توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) محاسبه شد:

$$ET_c = ET_{o\ green} * K_c \quad (3)$$

$ET_{o\ green}$ که به اختصار در بیشتر معادلات به صورت ET_o نشان داده می‌شود، تبخیر-تعرق گیاه چمن در شرایط استاندارد بوده و توسط FAO به عنوان تبخیر-تعرق مرجع معرفی شده است.

لایسیمتر یا جعبه کشت یک تانک با ابعاد مشخص است که امکان اعمال معادله بیلان جرمی آب در آن وجود دارد. چگونگی تامین نیاز آبی چمن به این صورت بود که در آبیاری اول، بستر کشت درون میکرو لایسیمتر زهکش‌دار داخل گلخانه از آب اشباع و پس از خارج شدن آب ثقلی از بستر، رطوبت بستر برابر رطوبت ظرفیت زراعی می‌شد. با تبخیر آب از سطح بستر و نیز مصرف آب توسط گیاه، از میزان رطوبت خاک تا آبیاری بعدی کاسته می‌شد. با آبیاری دوباره، رطوبت بستر دوباره به میزان رطوبت در ظرفیت زراعی می‌رسید و تغییرات رطوبت بسیار ناچیز بود. از این رو میزان تبخیر-تعرق گیاه برابر اختلاف مقدار آب ورودی و خروجی فرض می‌شد. حجم آب ورودی و خروجی به لایسیمتر چمن در کل دوره مورد مطالعه، به صورت روزانه اندازه‌گیری و گیاه چمن به عنوان مرجع در نظر گرفته شد. بستر کشت چمن نیز مانند بستر بوته‌های گل رز، ترکیبی از کوکوپیت و پرلیت انتخاب شد. مقدار آب مصرفی (آب آبیاری) مجموع مقدار آب لازم برای رشد گیاه (نیازآبی خالص) به علاوه مقدار آب آبخوبی برای حفظ هدایت الکتریکی و PH بستر (آبخوبی) است. نیازآبی گیاه اختلاف مقدار آب ورودی به بستر و آب زهکشی‌شده محاسبه شد که مقدار آب زهکشی-شده توسط حجم‌سنج دیجیتال در انتهای هر بستر در هر دور آبیاری اندازه‌گیری شد. آبیاری به صورت روزانه و

که سیستم گردش آب و کود (محلول غذایی) در این گلخانه به‌صورت باز بوده و آب خروجی از بسترها که برای آبخوبی مداوم استفاده می‌شد، توسط لوله‌های خروجی از بستر (زهکشی) جمع‌آوری و سپس به خارج از گلخانه هدایت و وارد سیستم فاضلاب می‌شد.

برای تعیین میزان تبخیر - تعرق مرجع در طی دوره آزمایش، از یک میکرو لایسیمتر زهکش‌دار تحت کشت چمن در بستر ترکیب کوکوپیت و پرلیت از چهل روز پیش از شروع اندازه‌گیری‌ها در شرایط گلخانه استفاده شد. طبق مطالعات انجام‌شده، عمق توسعه ریشه چمن در فضای آزاد و با اعمال دورآبیاری گوناگون، به‌ندرت به بیش از یک متر می‌رسد (دورونبوس و پروت، ۱۹۷۷). این در حالی است که در هنگام اندازه‌گیری تبخیر - تعرق گیاه مرجع، آبیاری‌ها معمولاً به‌صورت روزانه و با اعمال حداقل تنش رطوبتی انجام می‌شد. به‌همین لحاظ عمق توسعه ریشه چمن در چنین شرایطی حتی از مقدار یک متر نیز کمتر خواهد بود (اورگاس و همکاران، ۲۰۰۵). در این تحقیق از معادله بیلان آب برای تعیین تبخیر-تعرق رز و چمن استفاده شد.

معادله بیلان آب شامل پارامترهای زیر است:

$$ET_c = P + I - R - D \pm \Delta W \quad (1)$$

در معادله:

ET_c تبخیر-تعرق یا نیاز آبی خالص محصول (میلی متر)،
 P بارندگی (میلی متر)،
 I عمق آب آبیاری (میلی متر)،
 R رواناب سطحی (میلی متر)،
 D عمق آب زهکشی شده از منطقه ریشه (میلی متر) و ΔW تغییر در ذخیره آب خاک (میلی متر) می‌باشد. با توجه به اینکه آب حاصل از بارندگی در گلخانه صفر و هم‌چنین میزان جریان‌های جانبی و رواناب سطحی در هر رخداد آبیاری صفر می‌باشد، از این رو معادله یک ساده سازی شده و به صورت زیر ارائه شد (تایوان و همکاران، ۲۰۰۳):

$$ET_c = I - D \pm \Delta W \quad (2)$$

تغییر در میزان آب در خاک در داخل لایسیمتر (ΔW)، از اختلاف بین رطوبت های مشاهداتی خاک در طی دو روز

براساس حفظ رطوبت در حد ظرفیت زراعی انجام می شد. پس از جمع آوری داده ها و با داشتن حجم آب مصرفی و زهکشی شده روزانه دو گیاه گل رز و چمن، تبخیر- تعرق این دو گیاه در گلخانه به صورت روزانه و هفتگی در کل دوره رشد، محاسبه شد. همچنین با محاسبه نسبت تبخیر- تعرق گل رز به تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن، ضریب گیاهی رز گلخانه ای محاسبه شد. باید توجه داشت که گل رز مطالعه شده در این تحقیق گل رز سه ساله بود که در تمام فصل های سال گل می دادند و بوته از نظر پوشش سبز در کل دوره رشد کامل بوده و سطح برگ با هرس شاخه ای گیاه، تقریباً ثابت نگه داشته شد. لازم به ذکر است بوته رز در طول سال در مرحله رشد کامل بوده و دارای دوره رشد ۳۶۵ روزه است.

نتایج و بحث

مقادیر تبخیر- تعرق مرجع، نیازآبی، مقدار آب مصرفی و ضریب گیاهی گل رز رقم آتشی، لب صورتی و سفید، در هر دهه در جدول یک نشان داده شد. بر پایه این جدول، بیشترین مقدار تبخیر- تعرق مرجع ماهانه چمن در مرداد ماه با ۱۷۸ میلی متر و کمترین مقدار در ماه دی برابر با ۱۱۸ میلی متر بود. دهه سوم مرداد با ۶۱ میلی متر بیشترین مقدار و دهه دوم و سوم دی ماه نیز با ۳۹ میلی متر، کمترین تبخیر- تعرق مرجع را در ده روز داشتند. مقدار کل تبخیر- تعرق مرجع در گلخانه طی یک سال انجام پژوهش، ۱۶۰۸ میلی متر بوده است. در گل های شاخه بریده تعیین ضریب گیاهی و استفاده از جدول نیاز آبی از اهمیت به سزایی برخوردار بوده و می تواند عامل تعیین کننده در برآورد نیاز آبی گیاه باشد.

بر پایه مقادیر جدول یک و جدول دو مقدار کل تبخیر- تعرق گل رز رقم آتشی در دوره رشد یک ساله،

معادل ۱۴۲۳/۵ میلی متر و مقدار متوسط تبخیر- تعرق روزانه این رقم در طی دوره رشد برابر ۳/۹ میلیمتر در روز حاصل شد. بیشترین نیاز آبی خالص این رقم در مرداد ماه با ۱۶۳/۴ میلی متر و کمترین مقدار ماهانه آن در دی و بهمن برابر ۹۳ میلی متر بدست آمد. روشن است که برنامه ریزی برای تامین آب گلخانه، بر پایه بیشترین نیاز آبی خالص (اوج مصرف) رخ می دهد. بیشترین نیاز آبی خالص (تبخیر- تعرق) در دوره ده روز برای رقم رز آتشی در دهه دوم مرداد و برابر ۵۶ میلی متر به دست آمد. بیشترین مقدار مصرفی در بستر رز رقم آتشی برابر ۲۳۱/۱ میلی متر در مرداد ماه به دست آمد. همچنین آب مصرفی رز رقم آتشی در طول دوره رشد یک ساله برابر ۲۰۸۶۶ مترمکعب در هکتار تعیین شد (جدول ۲).

مقدار کل تبخیر- تعرق گل رز رقم لب صورتی در دوره رشد مورد نظر ۱۴۸۰/۷ میلی متر (جدول ۲) و میانگین تبخیر- تعرق روزانه آن برابر ۴ میلیمتر در روز بود. بیشترین نیاز آبی خالص ماهانه این رقم در مرداد ماه با ۱۶۶/۴ میلی متر، بیشترین مقدار آن در هر دهه در دهه سوم مرداد ماه با ۵۵/۹ میلی متر و کمترین مقدار ماهانه آن در دی و بهمن ماه برابر ۹۷/۴ میلی متر به دست آمد. مقدار آب مصرفی برای گل رز رقم لب صورتی در طی دوره رشد یک ساله برابر ۲۱۷۶/۳ میلی متر و بیشترین مصرف ماهانه در مرداد ماه و برابر ۲۴۱/۹ میلی متر بود. مقدار کل تبخیر- تعرق گل رز رقم سفید در دوره رشد حدود ۱۳۱۳/۵ میلی متر (جدول ۲) و میانگین تبخیر- تعرق روزانه آن برابر ۳/۶ میلیمتر در روز بود. بیشترین نیاز آبی خالص این رقم در مرداد ماه با ۱۴۹/۸ و کمترین مقدار ماهانه آن در بهمن ماه برابر ۸۶/۴ میلی متر به دست آمده اند. همچنین دهه دوم مرداد ماه با ۵۰/۳ میلی متر، بیشترین مقدار را در دوره ده روز دارا بوده است.

جدول ۱- مقدار تبخیر-تعرق مرجع (میلی متر)، ضریب گیاهی، نیازآبی خالص (میلی متر) و آب مصرفی (میلی متر)
ارقام رز مورد مطالعه شده

گیاه	پارامتر	دهه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
چمن	تبخیرتعرق	اول	۴۰	۴۶	۴۹	۵۴	۵۸	۶۰	۵۲	۴۵	۴۱	۴۰	۴۰	۴۱
	مرجع	دوم	۴۲	۴۷	۵۱	۵۴	۵۹	۵۹	۵۲	۴۵	۴۱	۳۹	۴۰	۴۱
	سوم	۴۳	۴۸	۵۲	۵۶	۵۶	۶۱	۵۷	۵۰	۴۴	۴۰	۳۹	۴۰	۴۲
رز رقم آتشی	ضریب	اول	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۹	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۸
	گیاهی	دوم	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۹
	سوم	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۶
	نیاز آبی	اول	۳۱	۳۸/۸	۴۲	۴۷	۵۲/۴	۴۹/۶	۴۳/۴	۳۶/۶	۳۲/۲	۳۱/۳	۳۱	۳۲/۲
	دوم	۳۳/۵	۴۰	۴۴	۴۸/۱	۵۶	۴۹	۴۳/۴	۳۶/۶	۳۱/۶	۳۱	۳۱	۳۱	۳۲/۶
	سوم	۳۵/۷	۴۱	۴۵	۵۰	۵۵	۴۹	۴۲/۸	۳۵/۵	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۲/۲
	آب مصرفی	اول	۴۵/۷	۵۷	۶۱/۴	۶۹	۷۶/۵	۷۲/۸	۶۳/۶	۵۳/۹	۴۷/۶	۴۶	۴۷/۶	۴۷/۶
	دوم	۴۹/۱	۵۹/۲	۶۴/۶	۷۰/۲	۷۶/۵	۷۱/۸	۶۳/۶	۵۳/۹	۴۶/۶	۴۶/۹	۴۶/۹	۴۶/۹	۴۷/۹
	سوم	۵۲/۳	۶۰/۸	۶۵/۸	۶۹/۶	۷۸/۱	۷۱/۸	۶۲/۷	۵۳/۹	۴۵/۷	۴۶/۶	۴۵/۷	۴۵/۷	۴۷/۶
رز رقم لب صورتی	ضریب	اول	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸	۰/۸	۰/۷۸	۰/۸
	گیاهی	دوم	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸	۰/۸
	سوم	۰/۸۶	۰/۸۹	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸	۰/۸	۰/۸۳	۰/۸	۰/۸
	نیاز آبی	اول	۳۴/۱	۴۰/۹	۴۳/۷	۵۰/۲	۵۵	۵۲/۷	۴۵	۳۷/۸	۳۲/۹	۳۲/۲	۳۲/۲	۳۲/۹
	دوم	۳۴/۷	۴۱/۹	۴۵/۳	۵۱/۲	۵۵/۹	۵۲/۱	۴۵/۶	۳۷/۸	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۹
	سوم	۳۷/۲	۴۲/۵	۴۶/۸	۵۳	۵۵/۵	۵۰	۴۳	۳۷/۸	۳۲/۰	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۶	۳۲/۹
	آب مصرفی	اول	۵۰/۱	۶۰/۲	۶۳/۹	۷۳/۴	۸۰/۳	۷۷/۲	۶۷/۷	۵۵/۴	۴۸/۲	۴۸/۸	۴۸/۸	۴۸/۲
	دوم	۵۱	۶۱/۴	۶۶/۵	۷۵	۸۰/۳	۷۶/۲	۶۶/۸	۵۵/۴	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۸/۲
	سوم	۵۴/۵	۶۲/۴	۶۸/۷	۷۴/۳	۸۱/۳	۷۶/۲	۶۴/۹	۵۵/۴	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۷/۹	۴۸/۲
رز رقم سفید	ضریب	اول	۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲
	گیاهی	دوم	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۲
	سوم	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۸	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷
	نیاز آبی	اول	۲۹/۹	۳۵/۹	۳۸/۷	۴۴/۸	۴۹/۳	۴۶/۶	۴۱	۳۲/۴	۲۹/۳	۲۹	۲۸/۷	۲۹/۶
	دوم	۳۰/۹	۳۶/۲	۳۹/۴	۴۵/۴	۵۰/۳	۴۵/۷	۳۹/۴	۳۲/۴	۲۹/۳	۲۹/۳	۲۹/۳	۲۸/۴	۲۹/۶
	سوم	۳۳/۱	۳۶/۹	۴۰/۳	۴۷/۸	۵۰/۲	۴۵/۷	۳۹/۴	۳۲/۴	۲۹/۳	۲۹	۲۹/۳	۲۹/۳	۲۹/۶
	آب مصرفی	اول	۴۴/۱	۵۲/۶	۵۶/۷	۶۴/۴	۶۸/۷	۶۷/۷	۵۹/۹	۴۷/۶	۴۳/۲	۴۲/۵	۴۲/۲	۴۳/۵
	دوم	۴۵/۴	۵۲/۹	۵۷/۶	۶۶/۲	۶۸/۷	۶۶/۵	۵۷/۶	۴۷/۶	۴۳/۲	۴۳/۲	۴۳/۲	۴۱/۹	۴۳/۵
	سوم	۴۸/۵	۵۳/۹	۵۸/۹	۶۵/۵	۷۰/۲	۶۶/۵	۵۷/۶	۴۷/۶	۴۳/۲	۴۳/۲	۴۲/۵	۴۳/۲	۴۳/۵

مترمکعب در هکتار بدست آمد و مقدار آب مصرفی درهکتار نسبت به دو رقم دیگر کمتر بود.

برپایه نتایج بدست آمده از این تحقیق میانگین نیازآبی خالص ارقام گل رز در شرایط یادشده ۱۴۰۶۰ مترمکعب درهکتار در سال بدست آمد و میانگین آب مصرفی سه رقم رز مطالعه شده در طول یکسال برابر با ۲۰۸۶ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. قابل ذکر است که در مقادیر آب مصرفی ارائه شده، هدررفت عمقی نیز لحاظ

مقدار آب مصرفی گل رز رقم سفید در یک دوره رشد یکساله برابر ۱۹۰۶/۱ میلی متر بود که بیشترین مصرف ماهانه در مرداد ماه و برابر ۲۰۰/۷ میلی متر به دست آمد (جدول ۲). در مقایسه با دو رقم رز آتشی و لب صورتی، ارقام مربوط به آب مصرفی و تبخیر-تعرق رقم رز سفید کمتر بود. علی رغم این که این رقم رز به دلیل سطح برگ بیشتر نسبت به دیگر ارقام انتخاب گردید، اما بدلیل اینکه تعداد بوته در واحد سطح این رقم رز به دلیل سطح برگ بیشتر، کمتر بوده است مقدار آب مصرفی آن ۱۹۰۶۱

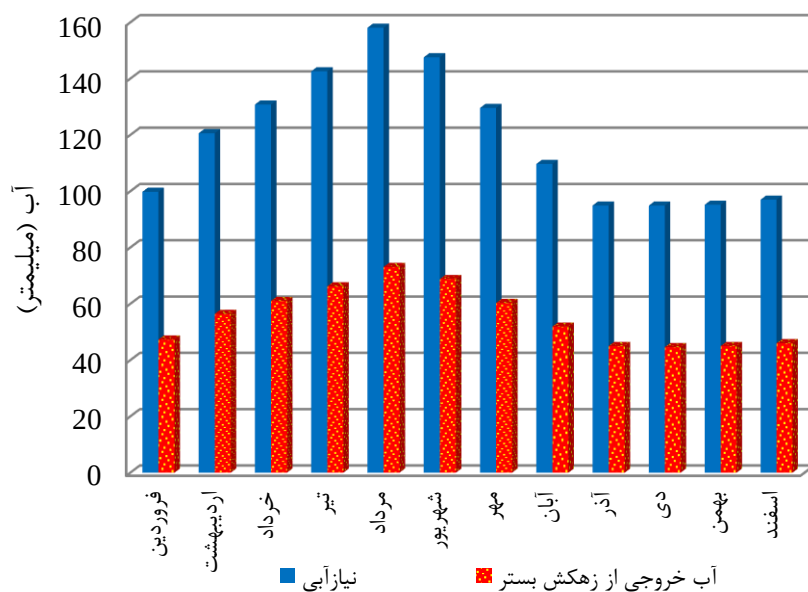
شده و این مقادیر برابر با مجموع تبخیر - تعرق گیاه و آب خروجی از زهکش (هدررفت عمقی) است.

به دلیل اینکه در کشت هیدروپونیک از خاک به عنوان بستر استفاده نمی‌شود، برای کنترل شرایط بستر و حفظ PH مطلوب، آبشویی مداوم باید انجام شود. هم‌چنین آب آبیاری عناصر غذایی و معدنی را به گیاه انتقال می‌دهد. این عوامل موجب افزایش آب مصرفی و به دنبال آن افزایش زهاب می‌شود. در شکل های یک، دو و سه مقادیر زیاد آب خروجی از بستر زهکش‌ها این مطلب را تایید می

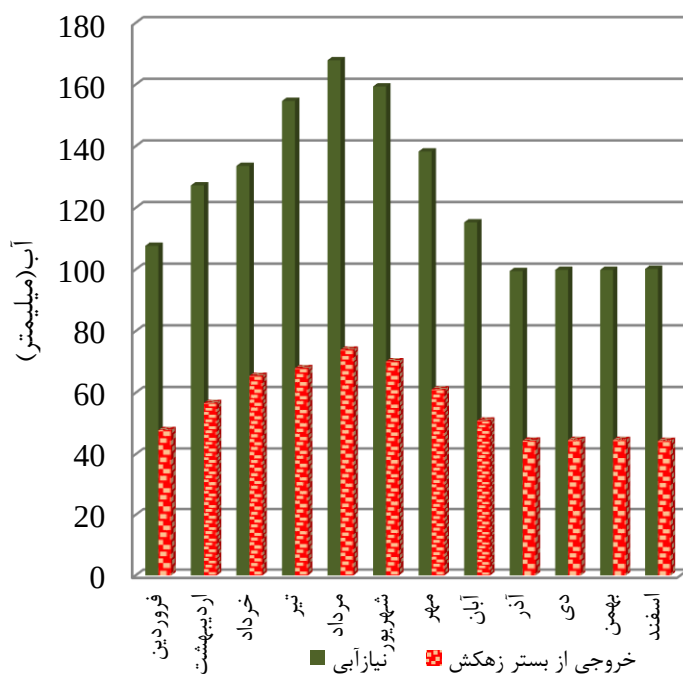
کند. براساس اندازه گیری مقدار آب خروجی از زهکش‌ها در طول اجرای تحقیق، آب خروجی از زهکش بستر رز رقم آتشی برابر ۴۷ درصد، رقم لب صورتی ۴۵ درصد و رقم رز سفید ۴۶ درصد مقدار نیاز آبی هریک از ارقام بودند که موجب کاهش کارایی مصرف آب و کود در این گلخانه ها می شود. کارایی مصرف آب و کود (با توجه به مغذی بودن فاضلاب‌ها) را می‌توان با استفاده از سیستم مدار بسته گلخانه که با تصفیه دوباره این پساب و بازچرخانی آنها امکان‌پذیر است، افزایش داد.

جدول ۲- مقادیر تبخیر - تعرق (نیازآبی خالص)، آب مصرفی ماهانه و میانگین ضریب گیاهی ماهانه ارقام مختلف رز در شرایط گلخانه (برحسب میلیمتر)

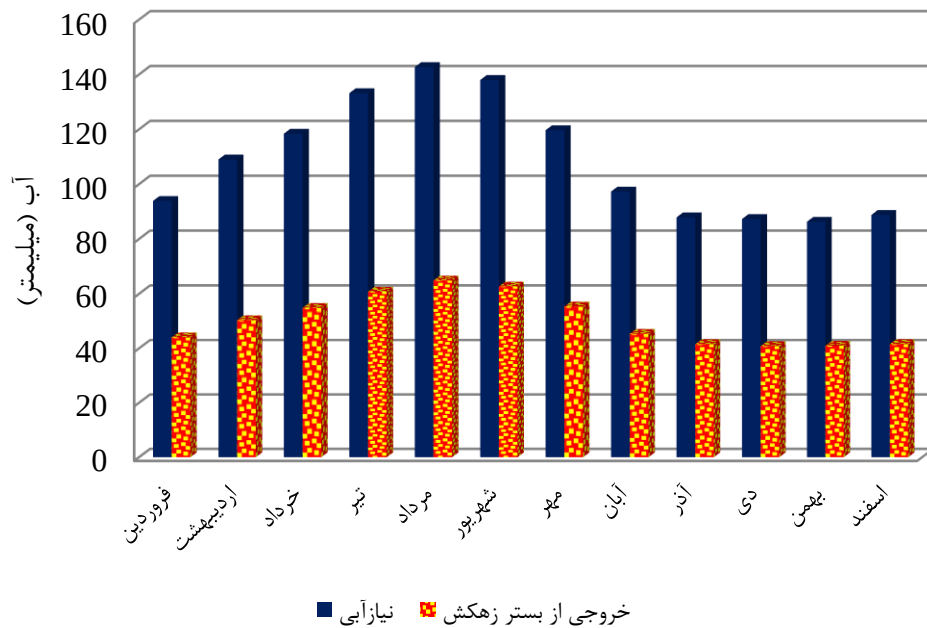
ماه	رز آتشی			رز لب صورتی			رز سفید		
	نیاز آبی	آب مصرفی	میانگین KC	نیاز آبی	آب مصرفی	میانگین KC	نیاز آبی	آب مصرفی	میانگین KC
فروردین	۱۰۰/۲	۱۴۷/۱	۰/۸۰	۱۰۶	۱۵۵/۶	۰/۸۴	۹۳/۹	۱۳۸/۰	۰/۷۵
اردیبهشت	۱۱۹/۸	۱۷۷/۰	۰/۸۵	۱۲۵/۳	۱۸۴	۰/۸۹	۱۰۹/۰	۱۵۹/۴	۰/۷۸
خرداد	۱۳۱	۱۹۱/۸	۰/۸۶	۱۳۵/۸	۱۹۹/۱	۰/۸۹	۱۱۸/۴	۱۷۳/۳	۰/۷۸
تیر	۱۴۵/۱	۲۰۸/۸	۰/۸۸	۱۵۴/۴	۲۲۲/۷	۰/۹۳	۱۳۸	۱۹۴/۰	۰/۸۴
مرداد	۱۶۳/۴	۲۳۱/۲	۰/۹۱	۱۶۶/۴	۲۴۱/۹	۰/۹۳	۱۴۹/۸	۲۰۷/۶	۰/۸۵
شهریور	۱۴۷/۶	۲۱۶/۴	۰/۸۳	۱۵۴/۸	۲۲۹/۶	۰/۸۷	۱۳۸	۲۰۰/۷	۰/۸۱
مهر	۱۲۹/۶	۱۸۹/۹	۰/۸۳	۱۳۳/۶	۱۹۹/۴	۰/۸۶	۱۱۹/۸	۱۷۵/۱	۰/۷۹
آبان	۱۰۸/۷	۱۶۱/۶	۰/۸۱	۱۱۳/۴	۱۶۶/۳	۰/۸۴	۹۷/۲	۱۴۲/۷	۰/۷۲
آذر	۹۴/۸	۱۳۹/۹	۰/۷۷	۹۷/۵	۱۴۴/۰	۰/۸	۸۷/۹	۱۲۹/۵	۰/۷۱
دی	۹۳/۳	۱۳۹/۵	۰/۷۸	۹۷/۴	۱۴۴/۶	۰/۸۳	۸۷/۳	۱۲۸/۲	۰/۷۳
بهمن	۹۳	۱۴۰/۲	۰/۷۷	۹۷/۴	۱۴۴/۶	۰/۸	۸۶/۴	۱۲۷/۳	۰/۷۲
اسفند	۹۷/۶	۱۴۳/۰	۰/۷۷	۹۸/۷	۱۴۴/۶	۰/۸	۸۸/۸	۱۳۰/۴	۰/۷۲
مجموع	۱۴۲۳/۵	۲۰۸۶/۶	۰/۸۲	۱۴۸۰/۷	۲۱۷۶/۳	۰/۸۵	۱۳۱۳/۵	۱۹۰۶/۱	۰/۷۶



شکل ۱- مقایسه میزان نیاز آبی خالص و آب خروجی از بستر زهکش رز رقم آتشی در طول دوره رشد یک ساله



شکل ۲- مقایسه میزان نیاز آبی خالص و آب خروجی از بستر زهکش رز لب صورتی در طول دوره رشد یک ساله



شکل ۳- مقایسه میزان نیاز آبی خالص و آب خروجی از بستر زهکش رز سفید در طول دوره رشد یک ساله

خصوص رز به ظاهر صدق نمی کند. این امر نشان می دهد که بدون داشتن برنامه ای جامع از الگوی کشت شهرک های گلخانه ای، برنامه ریزی برای تأمین و توزیع آب واحدها صحیح نخواهد بود و ممکن است برخی از واحدها را پس از راه اندازی با مشکلات جدی در خصوص حق آبه و تأمین آب مورد نیاز مواجه نماید. هم چنین مقادیر آب مصرفی ارائه شده در این تحقیق در شرایط استاندارد گلخانه می باشد و با تغییر شرایط قرارگیری بسترها، تراکم بوته ها و فاصله آزاد بین بسترها و نیز استفاده از بسترهای طبقاتی مقدار آب مصرفی تغییر خواهد نمود... طبق نتایج تحقیق حاضر میانگین مقدار ضریب گیاهی ارقام رز در طول سال برابر ۰/۸۱ تعیین شد که می تواند به عنوان یک راهنما در تعیین آب مصرفی انواع ارقام رز توصیه شود. با توجه به این که آب مصرفی در کشت هیدروپونیک علاوه بر رفع نیاز آبی گیاه، وظیفه انتقال عناصر غذایی و شستشوی املاح موجود در محیط ریشه را نیز برعهده دارد، میزان آب مصرفی در گلخانه و به دنبال آن هدررفت آب به صورت خروجی از زهکش بستر، افزایش می یابد که ضروری است برنامه ریزی مناسب برای استفاده دوباره از زهاب ها بمنظور

در تحقیقات سینگ و همکاران (۲۰۱۶)، بیشترین مقدار ضریب گیاهی گل رز در گلخانه هیدروپونیک در طی سه سال آزمایش برابر ۰/۹۶ گزارش شد. در پژوهش حاضر، بیشترین مقدار ضریب گیاهی گل رز در رقم لب صورتی و در ماه های تیر و مرداد به میزان ۰/۹۳ بود که به نتایج پژوهش یادشده نزدیک است. بر پایه مقادیر جدول دو، رقم لب صورتی در کلیه ماه های سال بیشترین نیازآبی خالص را در واحد سطح داشت. با توجه به چندساله بودن بوته های رز، ضریب گیاهی آنها دارای مراحل چهارگانه نیستند و به همین دلیل مقدار میانگین ضریب گیاهی آنها بین ۰/۷۶ تا ۰/۸۵ تغییر نمودند. میانگین مقدار آب مصرفی ارقام رز در طول یک سال برابر ۲۰۵۷۳ مترمکعب در هکتار به ازای تراکم کشت حدود ۷۵۰۰ بوته رز (متناسب با ۲۷۰۰ بوته در مساحت ۳۶۰۰ مترمربعی این پژوهش) بدست آمد.

نتیجه گیری

برپایه نتایج بدست آمده از این تحقیق گل رز شاخه بریده از جمله محصولات گلخانه ای است که دارای نیازآبی زیادی است (۱۴۰۶۰ مترمکعب در هکتار) و تصور استفاده از سیستم گلخانه در شرایط محدودیت آب در

افزایش بهره‌وری آب در گلخانه های هیدروپونیک انجام شود.

فهرست منابع

۱. ابراهیمی بیرنگ، ن. ۱۳۸۴. برآورد نیازآبی گیاهان گلخانه‌ای. کارگاه فنی - آموزشی روش‌های آبیاری میکرو. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۹ ص.
۲. امیری، م.ج.، عابدی کوپایی، ج و س.، اسلامیان. ۱۳۸۷. تعیین ضریب تشت کاهش یافته و کلاس A به منظور تخمین نیازآبی گیاهان گلخانه‌ای. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده مهندسی علوم آب. ۷ ص.
۳. امیدی، ا.ح.، خالدیان، م.ر.، حسن‌پور اصل، م و ج.، الفتی چیرانی. ۱۳۹۶. برآورد نیازآبی و ضرایب گیاهی گل سوسن در شرایط کشت گلخانه‌ای در شهرستان رشت. نشریه آبیاری و زهکشی. شماره ۵ جلد ۱۱. صفحات ۱۱۱-۱۱۲۰.
۴. بی‌نام. ۱۳۹۲. رز. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی. ۱۲۵ ص.
۵. دلاور، ا.، میرلطیفی، س.م و ق.، زارعی. ۱۳۹۴. برآورد نیازآبی و ضریب گیاهی گل مریم در شرایط کشت گلخانه‌ای شهرستان ورامین. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۳، جلد ۹. صفحات ۴۸۹-۴۸۱.
۶. دولتخواهی، ع.، شور، م.، بنایان اول، م.، تهرانی‌فر، ع و ا.، علیزاده. ۱۳۹۷. تأثیر سیلیسیم بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی گل رز بریدنی در شرایط تنش آبی. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال نهم، شماره اول. صفحات ۱-۱۱.
۷. صادقی، ص.، زارعی، ق و س.ن.، مرتضوی. ۱۳۹۲. ارزیابی کارایی سیستم سرمایش فنو پد گلخانه‌ای در منطقه محلات. علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. سال چهارم. شماره ۱۶. ۱۳ ص.
۸. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، خ.، عصاره، م.ح.، لباسچی، م.ح.، عباس‌زاده، ب.، نادری، ب. و م.، رضایی سرخوش. ۱۳۹۱. تعیین نیازآبی گیاه دارویی بومادران با استفاده از لایسیمتر. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. دوره ۲۸ شماره ۳. صفحات ۴۸۴-۴۹۲.
۹. شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، خ.، عصاره، م.ح.، طبایی عقدائی، س.ر.، لباسچی، م.ح و ب.، نادری. ۱۳۹۳. تعیین نیازآبی گل محمدی با استفاده از لایسیمتر. دو ماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. دوره ۳۰. شماره ۶۸. صفحات ۹۳۱-۹۲۳.
۱۰. عبادزاده، ح.ر.، احمدی، ک.، محمدنیا افروزی، ش.، طاقانی، ر.ع.، عباسی، م و ش.، یاری. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی. جلد دوم. وزارت جهادکشاورزی معاونت برنامه ریزی و اقتصادی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۴۱۸ ص.
۱۱. هاشمی‌نسب، ف.ا.، موسوی بایگی، م.، علیزاده، ا و ب.، بختیاری. ۱۳۹۳. برآورد ضرایب گیاهی و نیازآبی گیاه دائمی همیشه بهار در اقلیم نیمه خشک کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی. جلد ۲. شماره ۲. صفحات ۶۹-۶۲.
12. Allen, R.G. Pereira, L.S. Raes, D and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. In: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Roma, Italy.

13. Allen., R.G. Pereira., L.S. Howell., T.A and M.E. Jensen. 2011. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management* 98: 899-920.
14. Caballero M, Mansito P and N. Zieslin. 1996. Water use and crop productivity of roses growing on volcanic lapilli (Picon) in Canary Islands. *Acta Horticulturae*, 424: 41-44.
15. Doorenbos J and W.O Pruitt. 1977. Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, 144 p.
16. Komoura., M. Arimata., A.K. Mizuta., A. Takasu., T and A. Yonegasd. 1990. Fundamental studies on the water irrigation method, water requirement and effect of irrigation for greenhouse cucumber. *Acta Horticulture*. 253: 165-179.
17. Ma., H.Y and X.Y. Jiao. 2006. Research progress of the crop water demand calculation. *Water Science Engineering Technology*, 16: 5-7.
18. Mpusia., P.T. 2006. Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation. International institute for Geo-information Science earth observation. Enschede, The Netelands. Pp: 86.
19. Orgas., F. Fernandes., M.D. Bonachele., S. Galardo., M and E. Fereres E. 2005. Evapotranspiration of horticultural crops in a unheated plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*. 72: 81-96.
20. Qiu., R.J. Kang., S.Z. Du., T.S. Tong., L. Hao., X.M. Chen., R.Q. Chen., J.L and F.S. 2013. Effect of convection on the Penman-Monteith model estimates of transpiration of hot pepper grown in solar greenhouse. *Science Horticulture*. 160. 163-171.
21. Raviv., M and T.J Blom. 2001. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Science Horticulture*. 88: 257-276.
22. Singh., K. V. Tiwari., K.N and D.T Santosh. 2016. Estimation of Crop Coefficient and Water Requirement of Dutch Roses (*Rosa hybrida*) under Greenhouse and open field conditions. *Irrigation Drainage System Engineering*, 5(3):1-9.
23. Sujitha., E. Shanmugasundaram., k and G. Thiyagorajan. 2020. Estimation of crop coefficient for Marigold (*Tagetes erecta* (L.)) under drip irrigated greenhouse. *Journal of Applied and Natural Science*. 12 (2): 128-132.
24. Tiwari., K.N. Kumar., M. Santosh., D.T. Singh., V.K and M.K. Maji. 2014. Influence of drip irrigation and plastic mulch on yield of Sapota (*Achras zapota*) and Soil Nutrients. *Irrigation and Drainage System Engineering*. 3: 116-124.
25. Tiwari., K.N. Singh., A and P.K Mal. 2003. Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) under mulch and non-mulch conditions. *Agricultural Water Management*. 58: 19-28.
26. Villarreal-Guerrero., F. Kaciraa., M. Fitz-Rodríguez., E, Kubota., C. Giacomelli., G.A. Linker., R and A. Arbel. 2012. Comparison of three evapotranspiration models for a greenhouse cooling strategy with natural ventilation and variable high pressure fogging. *Scientia Horticulturae*, 134: 210-221.

بررسی اختلاط قائم آب شور و شیرین در زهکشی و تاثیر آن بر شوری زه آب در مزارع کشت نیشکر دعبل خزاعی و سلمان فارسی

علی مختاران^۱، عبدعلی ناصری و حیدرعلی کشکولی

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

alimokhtaran@gmail.com

استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز. ایران

abdalinaseri@yahoo.com

استاد بازنشسته گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز. ایران.

kashkulihda@gmail.com

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

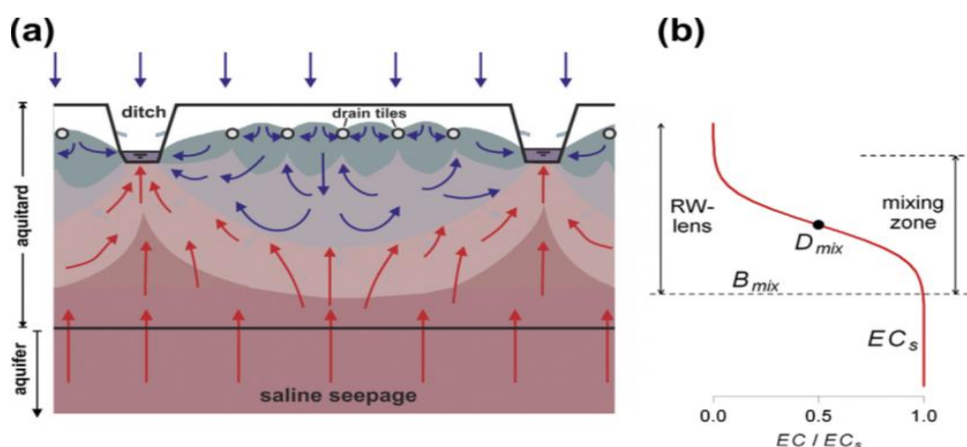
در شرایط جدید زهکشی در مرکز و جنوب غرب استان خوزستان، با کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها و زهکشی کنترل شده، مطالعه دینامیک منطقه اختلاط آب شور و شیرین در بالای سفره آب زیرزمینی، شناخت مشخصات این منطقه و تاثیر آن بر دبی و شوری زه آب اهمیت دارد. در این پژوهش هفت گروه پیزومتر در فواصل مختلف از جمع کننده زه آب نصب شد. هر گروه شامل هشت پیزومتر کارگذاری شده در اعماق مختلف سطح خاک (۸/۵ تا ۵ متری) بود. این تحقیق در دو مزرعه R9-11 شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی با عمق متوسط زهکشی دو متر و فواصل لاترال‌های ۶۵ متری و مزرعه R8-7 شرکت کشت و صنعت سلمان فارسی با عمق متوسط زهکشی ۱/۴ متر و فواصل لاترال‌های ۴۲ متری انجام شد. تراز سطح آب در پیزومترها، شوری آب در لایه‌های مختلف خاک و دبی و شوری زه آب در سه دوره آبیاری سنگین کشت نیشکر (فروردین تا مهرماه سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶) به صورت روزانه پایش شد. نتایج نشان داد که با شروع آبیاری سنگین، بار هیدرولیکی افزایش یافته و اختلاف بار هیدرولیکی بین لایه‌های پایین (چهار و پنج متری) نسبت به لایه‌های سطحی، جریان عمودی و هجوم آب شور به سمت بالا را برقرار می‌سازد. کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها تا ۶۰ سانتی‌متر از مزرعه R9-11 نسبت به مزرعه R8-7 و فاصله گرفتن از جمع کننده تا ۴۰۰ متر در هر مزرعه که کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها تا ۴۰ سانتی‌متر را به همراه داشت، باعث افزایش بار هیدرولیکی به میزان متوسط ۱۲-۸ سانتی‌متر، افزایش ضخامت منطقه اختلاط تا یک متر و کاهش خط میانگین شوری در ناحیه اختلاط به میزان هشت درصد بود. در این تحقیق مشخص شد که شوری زه آب تحت تاثیر شوری آب آبیاری و شوری آب زیرزمینی بوده و تفاوت در عمق زهکشی، موقعیت لایه محدود کننده و وجود عدسی‌های ماسه‌ای بر این شوری موثر است. با کاهش عمق زهکشی، دبی زه آب به شدت کاهش یافت. به طوری که میانگین زه آب از هر لاترال در مزرعه R9-11، ۱۰ میلی‌متر در روز و در مزرعه R8-7 به ۳/۳ میلی‌متر در روز بود. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش ضخامت منطقه اختلاط آب شور و شیرین ناشی از کاهش بهینه عمق زهکشی، به دلیل استفاده گیاه از این منطقه، حجم آب مصرفی در هر دور آبیاری کاهش می‌یابد و می‌تواند عاملی موثر در جهت حفاظت منابع خاک و آب باشد.

واژه‌های کلیدی: زهکشی نوین، منطقه بینابین، لایه محدود کننده، غلظت املاح، پیزومتر

مقدمه

این شیوه به منظور استفاده گیاه بدون اشکال نمی باشد. اراضی جنوبی جلگه خوزستان، زمین های شور و لم یزرع بودند که بعد از احداث سد بر روی رودخانه کارون و اجرای شبکه های آبیاری و زهکشی قابلیت احیاء شدن را پیدا کردند (نوذری، ۱۳۸۸). در این گونه اراضی، نفوذ عمقی پیوسته از تلفات آب در طول دوره آبیاری سنگین کشت های تابستانه مانند نیشکر و برنج، باعث شده که آب نسبتاً شیرین آبیاری در اعماق یک تا دو متری سطح زمین به علت اختلاف چگالی به صورت شناور بر روی سفره آب زیرزمینی شور قرار گیرد و منطقه ای بینابین^۱ که در آن غلظت نمک بین حالت شور و شیرین قرار دارد به وجود آید (مختاران و همکاران، ۱۳۹۲). نفوذ منطقه بینابین به ناحیه ریشه تا اندازه ای می تواند نیاز آبی گیاه را تأمین نماید. توزیع شوری در این منطقه به علت پراکندگی^۲ املاح ناشی از آب آبیاری و تراوش روبه بالای آب شور زیرزمینی می باشد (دی لئو و همکاران، ۲۰۱۳) (شکل ۱).

سیستم های زهکشی در مناطق خشک و نیمه خشک با آب زیرزمینی شور و کم عمق، با پایین نگه داشتن سطح ایستابی، از ورود آب و املاح زیرزمینی شور به عمق توسعه ریشه ها جلوگیری می کنند؛ اما امروزه در زمینه زهکشی نگرش های جدیدی مطرح گردیده است (علی نژاد و کاوه، ۱۳۹۱؛ پذیرا، ۱۳۹۱؛ اسدی کوپرچال و همکاران، ۱۳۹۲). از جمله اینکه یکی از اهداف، کاهش دادن میزان زه آب خروجی از طریق کاهش عمق کارگذاری زهکش ها می باشد. از طرف دیگر در این نوع سیستم با بالا آوردن عمق زهکش ها و بالا نگه داشتن سطح سفره آب زیرزمینی در مجاورت عمق ریشه، صعود آب زیرزمینی به عمق ریشه و در نتیجه استفاده گیاه از آب زیرزمینی را ممکن می سازد. کیفیت این آب زیرزمینی در مناطق مرطوب مناسب و قابل استفاده گیاه می باشد (هاشمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱) ولی در مناطق خشک به دلیل شور بودن آب زیرزمینی، اعمال



شکل ۱- مقطع (a) شمایی از تشکیل عدسی^۳ در منطقه با نفوذ آب آبیاری و یا باران و تراوش روبه بالای آب شور^۴. مقطع (b) شکل عدسی، ضخامت عدسی^۵، منطقه اختلاط^۶، کف منطقه اختلاط (B_{mix}) و موقعیت میانگین منطقه اختلاط (D_{mix}). (برگرفته از دی لئو و همکاران، ۲۰۱۳)

زیرزمینی در محیط اختلاط افقی نشان می دهد، بیان کرد. رابطه بین فشار و بار پیزومتري^۸ (بار هیدرولیکی) در عمق ثابتی از سطح زمین با چگالی ثابت با توجه به شکل (۲) در شرایطی که فشار اتمسفر برابر صفر باشد با استفاده از اصل

تئوری جریان آب زیرزمینی با چگالی متغیر^۷، اولین بار توسط (گای بن، ۱۸۸۹ و هرزبرگ، ۱۹۰۱) ارائه شد. در ادامه (هابرت، ۱۹۴۰)، معادله ساده ای که رابطه عمق فصل مشترک آب شور و شیرین را با بار هیدرولیکی آب

^۵ RW lens

^۶ Mixing zone

^۷ Variable density ground water flow

^۸ Pizometric head

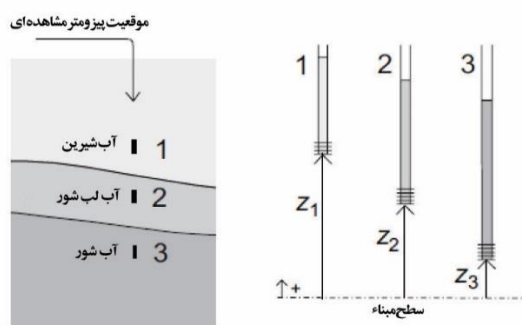
^۱ Transition zone

^۲ Dispersion

^۳ Lens

^۴ Saline seepage

(۲۰۰۱a)



شکل ۳- بار هیدرولیکی در موقعیت یکسان، با اعماق متفاوت و چگالی‌های متفاوت

$$\phi_f = Z + h_f \Leftrightarrow \phi_f = Z + \frac{\rho}{\rho_f} h \quad (2)$$

که در معادله (۲)، ϕ_f : بار هیدرولیکی آب شیرین (متر)، h_f : ارتفاع فشاری آب شیرین (متر)، h : ارتفاع فشاری آب شور (متر)، ρ_f : چگالی آب شیرین (کیلوگرم بر متر مکعب)، ρ : چگالی آب شور (کیلوگرم بر متر مکعب) و Z : ارتفاع با در نظر گرفتن سطح مبنا (متر) می‌باشد. همچنین با توجه به اختلاف چگالی آب در لایه‌های مختلف خاک می‌توان چگالی را به صورت تابعی از فشار، درجه حرارت مایع و غلظت املاح به شکل رابطه (۳) توصیف کرد (اوود اسپنک، ۲۰۰۱b).

$$\rho = F(P, T, S) \quad (3)$$

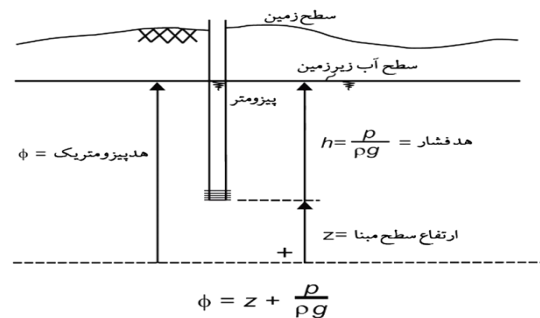
در رابطه (۳): P : چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)، T : درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)، P : فشار (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) و S : شوری یا غلظت املاح (میلی گرم بر لیتر) می‌باشد. تأثیر فشار و درجه حرارت در اکثر سیستم‌های هیدرولوژی بر روی چگالی نسبت به تأثیر شوری ناچیز فرض می‌شود (حسنی زاده، ۱۹۹۷). به عبارتی چگالی آب‌های زیرزمینی اغلب با غلظت کل مواد جامد محلول (TDS) در ارتباط می‌باشد و در اکثر مواقع درجه حرارت و فشار ثابت فرض شده است (حسنی زاده، ۱۹۹۷). معادله‌های (۴) و (۵)، ارتباط چگالی، درجه حرارت، غلظت املاح،

دوم نیوتن یا اصل بقای انرژی (رابطه برنولی)

هنگامی که سرعت جریان ناچیز باشد به صورت معادله (۱) آورده شده است (اوود اسپنک، ۲۰۰۱a).

$$\phi = \frac{P}{\rho g} + Z \quad (1)$$

که؛ ϕ : بار پیزومتریک (متر)، $\left(\frac{P}{\rho g}\right)$: بار فشار (متر) و Z : ارتفاع با در نظر گرفتن سطح مبنا (متر) می‌باشد.



شکل ۲ - نمایش بار پیزومتریک

اما در اراضی پست و جایی که اختلاف چگالی در آب زیرزمینی نسبت به عمق وجود دارد، در صورتی که هیچ جریان عمودی در خاک وجود نداشته باشد، سطح آب درون پیزومترها می‌تواند در یک تراز قرار نگیرند (شکل ۳). با در نظر گرفتن سطح مرجع به عنوان لایه محدود کننده و یا زهکش و برقراری جریان عمودی رو به بالا ممکن است بار هیدرولیکی آب‌های زیرزمینی شور و لب شور به بار هیدرولیکی آب شیرین تبدیل شود. یعنی اگر بر طبق شکل (۳)، فرض شود که آب شیرین، لب شور و شور در زیرزمین در یک تعادل هیدرواستاتیکی باشند و کف پیزومتر مشاهداتی در منطقه آب شیرین قرار گیرد به نظر می‌رسد که بار هیدرولیکی در این پیزومتر با بار هیدرولیکی در پیزومتر مشاهداتی منطقه شور متفاوت است. در حالی که بار هیدرولیکی شامل مجموع ارتفاع کف پیزومتر نسبت به سطح مرجع و ارتفاع فشاری آب درون پیزومتر می‌باشد که ممکن است با در نظر گرفتن نسبت چگالی آب شیرین و آب شور ناشی از اختلاط قائم، هر دو پیزومتر بر طبق معادله (۲) در یک تعادل هیدرواستاتیکی باشند (اوود اسپنک،

شوری و فشار را بیان می کنند (سوری، ۱۹۹۸، حسنی زاده، ۱۹۹۷ و اوود اسینک، ۲۰۰۱b).

$$\rho_s(T) = \rho_f + \frac{\partial \rho}{\partial T}(T - T_0) \quad (4)$$

$$\rho_s(c) = \rho_f + \frac{\partial \rho}{\partial c}(c - c_0) \quad (5)$$

در روابط (۴) و (۵)، ρ_f : چگالی آب شیرین، $\frac{\partial \rho}{\partial T}$: مقدار ثابت که تغییرات چگالی به تغییرات درجه حرارت در محدوده دمایی ۶۰-۲۰ درجه سانتی گراد را بیان می کند (کیلوگرم بر متر مکعب در درجه سانتی گراد)، T_0 : درجه حرارت پایه مایع (۲۵ درجه سانتی گراد)، c : غلظت املاح (میلی گرم بر لیتر)، c_0 : غلظت پایه املاح (میلی گرم بر لیتر) و $\frac{\partial \rho}{\partial c}$: مقدار ثابتی از تغییرات چگالی به تغییرات غلظت املاح می باشد. باتوجه به معادله های (۴) و (۵) می توان بیان کرد که چگالی با غلظت املاح رابطه خطی داشته و تغییرات غلظت را مبنای تغییرات چگالی دانست. در سال های اخیر در زمینه اختلاط قائم آب شور و شیرین و تشکیل منطقه بینابین تحقیقات بسیاری انجام شده است. ماس (۲۰۰۷)، راه حل تحلیلی برای شکل منطقه بینابین حاصل از عدسی آب شیرین ناشی از باران بر روی آب شور در مناطق غربی هلند که در اثر تغییر آب و هوا و حرکت رو به جلوی دریا به وجود آمده است، ارائه داد. ورمو و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی، دینامیک عدسی آب شیرین ناشی از باران در دو منطقه مختلف کشاورزی از کشور هلند را بررسی کردند. در این مطالعه با احداث دسته های پیژومتری بین دو آبگذر، تغییرات شوری نسبت به عمق را اندازه گیری کردند. آنها نشان دادند که این تغییرات در هر محل نسبت به عمق، S شکل می باشد. دی لئو و همکاران (۲۰۱۱) در تعیین مشخصات و تغییرات مکانی عدسی های کم عمق آب باران در مناطق ساحلی هلند با اندازه گیری میدانی نشان دادند که این عدسی ها در عمق ۱/۷ متری از سطح زمین تشکیل شده اند. همچنین تغییرات شوری نسبت به عمق به صورت S شکل می باشد. آنها اختلاف بارهیدرولیکی و چگالی را عامل

شکل گیری عدسی های آب باران دانستند و ضمن مشخص کردن ضخامت، خط میانگین و موقعیت کف منطقه بینابین نشان دادند که شار تراوش، عمق زهکشی و میزان تغذیه بر منطقه بینابین و عدسی تشکیل شده تأثیر دارد. همچنین دی لئو و همکاران (۲۰۱۳) با پژوهشی در قسمت جنوب غربی هلند نشان دادند که عدسی های آب باران و منطقه اختلاط در اثر تبخیر و تعرق و نفوذ آب باران به صورت روزانه در حال تغییر است و از حالت اشباع به غیر اشباع و برعکس تبدیل می شوند. در دوره خشکی (تابستان)، ضخامت منطقه اختلاط کاسته شده و آب شور از پایین ترین لایه این منطقه در اثر خاصیت موینگی وارد منطقه اختلاط شده و شوری افزایش یافته که باعث نفوذ به ناحیه ریشه می شود. آنها بیان کردند تخلیه سریع آب توسط زهکش ها در اثر جریان ترجیحی و تبخیر و تعرق بالا در دوره های خشکی باعث کوچک شدن عدسی های آب باران شده که با زهکشی کنترل شده می توان این عدسی ها را برای بهره برداری حفظ کرد. سارا ایمان و همکاران (۲۰۱۱) در تجزیه و تحلیل ضخامت منطقه اختلاط آب شور و شیرین در اراضی پست هلند مدل عددی سوترا و راه حل تحلیلی ماس (۲۰۰۷) را در دو حالت، اختلاف چگالی و عدم اختلاف چگالی در لایه های مختلف با هم مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که این دو راه حل وقتی به هم نزدیک اند که نسبت شار جرمی (نسبت تراوش آب شور بر تراوش آب باران) کوچک باشد. همچنین سارا ایمان و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تبادل کاتیونی منطقه اختلاط آب شور و شیرین نشان دادند که جریان افقی به سمت زهکش ها تأثیر بسیار ناچیزی بر روی تغییرات یون ها در مقایسه با جریان عمودی دارد. اوود اسینک و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تغییرات عدسی های آب باران تشکیل شده بر روی آب شور زیرزمینی در جنوب غرب هلند با استفاده از اندازه گیری غلظت و تغییرات سطح آب در اعماق ۱، ۱/۳، ۲، ۳ و ۴ متری نشان دادند که عمق زهکش

نقش مهمی در کنترل عدسی‌های آب شیرین داشته و نیمرخ تغییرات کلر نسبت به عمق توسط مدل ارائه شده با نتایج صحرایی تطابق خوبی داشته و عمق ناحیه اختلاط در دو متری از سطح زمین اتفاق افتاد. پاوو و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی بالا آمدن عدسی‌های آب باران با استفاده از تغذیه مصنوعی همراه با زهکشی کنترل شده در اراضی کشاورزی هلند با اندازه‌گیری‌های صحرایی به مدت یک سال و شبیه‌سازی عددی نشان دادند که عدسی‌های آب شیرین در اعماق ۱۵-۱۳ متر در عرض ۱۰ سال به ۸-۶ متر افزایش یافت. آنها بیان کردند که افزایش حجم عدسی‌های آب شیرین پس از ۱۰ سال حدود ۱۹۰,۰۰۰ مترمکعب در منطقه‌ای به طول ۱۰۰۰ متر با ضخامت ۴۰ متر می‌باشد. این مقدار ۴۰٪ از کل تغذیه (تغذیه طبیعی و مصنوعی) خواهد بود. پناهی (۱۳۸۹) به منظور بررسی عوامل مختلف بر روی شوری زه‌آب در مناطق تحت آبیاری با آب زیرزمینی کم عمق و شور، در دو مزرعه از اراضی تحقیقاتی نیشکر واحد امیرکبیر در جنوب استان خوزستان، نشان داد که شوری آب زیرزمینی با افزایش عمق خاک روند صعودی داشته و نزدیکی شوری زه‌آب به شوری آب زیرزمینی در عمق‌های ۳/۵ تا ۴/۵ متری تأثیرگذاری جریان آب زیرزمینی را در این عمق بر روی جریان آب به طرف لاترال‌های زهکشی نشان می‌دهد. محجوبی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی امکان استفاده از زهکشی کنترل شده در واحد کشت و صنعت نیشکر امام خمینی در استان خوزستان، سه تیمار شامل دو تیمار زهکشی کنترل شده با اعماق کنترل سطح ایستابی ۷۰ و ۹۰ سانتی‌متری و تیمار زهکشی آزاد با عمق کارگذاری متوسط دو متر را مورد بررسی قرار دادند. آنها نشان دادند که حجم و شوری زه‌آب خروجی در تیمارهای کنترل شده نسبت به تیمار آزاد کاهش یافته و سبب کاهش نمک خروجی در این تیمارها خواهد شد. شکبیا و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی به منظور تعیین عمق اختلاط و بررسی عوامل مؤثر بر آن به عنوان پارامتر

مؤثر بر شوری زه‌آب خروجی، از مدل فیزیکی استفاده کردند. آنها با تزریق آب زیرزمینی با شوری ۲۰ دسی-زیمنس بر متر به درون مدل و تغییر در دبی ورودی آب آبیاری از بالا و سطح ایستابی با عمق‌های مختلف، تأثیر عمق اختلاط بر شوری زهاب خروجی از زهکش را نشان دادند. آنها بیان کردند که عمق اختلاط قائم به صورت نوعی تابع خطی از بار هیدرولیکی است و در هنگام آبیاری افزایش بار هیدرولیکی سبب افزایش عمق اختلاط قائم می‌شود. در تحقیق حاضر به مطالعه دینامیک سطح آب زیرزمینی و نوسانات منطقه اختلاط قائم آب شور زیرزمینی و نسبتاً شیرین آبیاری به عنوان عوامل مؤثر بر شوری زه‌آب خروجی با هدف بهبود کیفی زه‌آب در اراضی مرکز و جنوب غرب خوزستان پرداخته شده است. در این پژوهش تنها به اختلاط قائم آب شور و شیرین در یک سفره آزاد کم عمق می‌پردازد و موضوعاتی همانند اختلاط افقی و اختلاط در اثر نیروی اسمزی را نادیده می‌گیرد. همچنین عواملی همچون فواصل آبیاری، عمق کارگذاری زهکش‌ها (به عنوان عامل مؤثر بر دبی خروجی زه‌آب)، نزدیک و دور بودن از لوله‌های فرعی زهکشی (لاترال‌ها)، بافت خاک، عمق لایه محدودکننده و عدسی‌های ماسه‌ای بر موقعیت، ضخامت و عمق منطقه اختلاط مورد تحلیل قرار گرفت و تأثیر آن بر دبی و شوری زه‌آب خروجی بررسی شد.

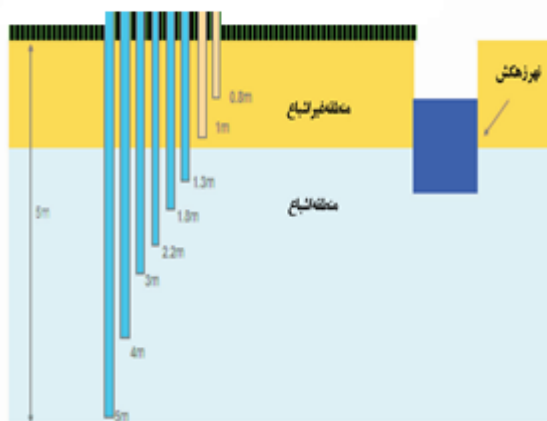
مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو مزرعه R9-11 و R8-7 که به ترتیب در واحدهای کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی و سلمان فارسی می‌باشند، انجام گردید. این دو واحد کشت و صنعت در شرق رودخانه کارون و به ترتیب در فواصل ۳۰ و ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان اهواز مرکز استان خوزستان قرار دارند. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک با تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های معتدل است. منبع تامین آب

پیزومترها از لوله غیرمشبک فلزی به قطر ۳/۴ اینچ استفاده شد. برای سهولت رانش لوله به داخل زمین و جلوگیری از ورود خاک به داخل آن، ابتدای لوله مخروطی و یا ساچمه‌ای قرار داده و عمل ضربه زنی به وسیله چکش تا رسیدن لوله به عمق مورد نظر انجام شد (بی‌نام، ۱۳۷۵). هر دسته شامل هشت لوله پیزومتری بود که در اعماق ۰/۸، ۱، ۱/۳، ۱/۸، ۲/۲، ۳، ۴ و ۵ متری نسبت به سطح زمین بین دو لوله زهکش در طول نصف مزرعه (۵۰۰ متری) در فاصله‌های مشخص از جمع‌کننده زه آب، نصب شدند. دسته اول در فاصله ۵ متری، دسته‌های دوم تا هفتم به ترتیب در فاصله‌های ۳۰، ۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ متری، از جمع‌کننده زه آب قرار گرفتند (شکل ۴). لازم به ذکر است که در مزرعه R9-11 دعبل خزاعی پیزومترهای دسته-های پنجم و ششم و در مزرعه R8-7 سلمان فارسی دسته‌های چهارم و ششم کنار لوله‌های زهکش در فاصله ۱/۵ تا ۲ متری از آنها نصب شدند. این مساله برای بررسی پایش غلظت املاح و بارهیدرولیکی در نزدیکی لاترال‌های زهکشی به دلیل ایجاد جریان شعاعی در اطراف زهکش‌ها بود.



آبیاری، رودخانه کارون است. اراضی هر دو این واحدها، قطعات ۲۵ هکتاری است به طوری که طول مزارع ۱۰۰۰ متر و عرض آنها ۲۵۰ متر است. در هر دو مزرعه تحقیقاتی، زهکش جمع‌کننده زه آب در دو طرف مزارع قرار داشته و لوله‌های (لاترال‌های) زهکشی به طول ۵۰۰ متری به صورت قرینه نسبت به هم قرار می‌گیرند. در مزرعه R9-11 زهکش‌های جمع‌کننده زه آب به صورت لوله لوله بوده و عمق نصب لوله‌های زهکش از ۱/۸ متری سطح زمین در ابتدا تا ۲/۲ متری در انتها متغیر است. این در حالی است که فاصله زهکش‌ها در این مزرعه ۶۵ متر بود. اما در مزرعه R8-7 زهکش‌های جمع‌کننده زه آب در دو طرف مزرعه به صورت نهر روباز بوده و عمق نصب لوله‌های زهکش از ۱/۲ متری سطح زمین تا ۱/۶ متری در انتهای مزرعه متغیر بود و فاصله زهکش‌ها در این مزرعه ۴۲ متر است. در این تحقیق، ابتدا مطالعات لایه‌بندی خاک در پنج نقطه از هر دو مزرعه (دو نقطه در مزرعه R9-11 و سه نقطه در مزرعه R8-7) برای تشریح لایه‌های خاک از نظر بافت خاک، موقعیت لایه محدودکننده و تخلخل خاک انجام شد (بی‌نام، ۱۳۷۵). سپس برای هر مزرعه هفت دسته پیزومتر احداث گردید. جهت نصب



شکل ۴- نمایی شماتیک از کارگذاری لوله‌های پیزومتری (سمت راست) نسبت به سطح خاک (هاشور سبز رنگ) و عکس هوایی کارگذاری لوله‌های پیزومتری بین دو لوله زهکش (سمت چپ)

۱۳۹۳، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۶ انجام شد. در خوزستان مدت زمان آبیاری نیشکر برای اولین سال کشت (پلنت) ۱۴-۱۳ ماه و

این تحقیق برای کشت پلنت و در سه دوره آبیاری سنگین کشت نیشکر از فروردین تا مهرماه سال‌های

برای بازروئی (راتون) ۸-۹ ماه است. در هر دور آبیاری بسته به کیفیت آب کارون در آن سال و نیاز آبخویی، میزان حجم آب مصرفی متغیر است. این میزان بین ۱۵۰۰-۱۱۰۰ مترمکعب آب به ازای هر هکتار بود و در نتیجه حجم آب مصرفی در طول سال به طور متوسط تا ۳۲۵۰۰ مترمکعب در هر هکتار خواهد رسید. ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور دوره زمانی حداکثر مصرف آب می‌باشد. گیاه نیشکر از اوایل آبان همزمان با پایان عملیات آبیاری، برداشت خواهد شد. در طول دوره پژوهش برای هر دو مزرعه به صورت روزانه دبی و شوری زه آب خروجی از لوله‌های (لاترال‌های) فرعی اندازه‌گیری شد. همچنین تراز سطح آب درون لوله‌های پیزومتری در لایه‌های مختلف خاک برای تعیین بار هیدرولیکی، برداشت شد. در این پژوهش برای تعیین غلظت املاح، نمونه‌های آب آبیاری و آب زیرزمینی از لوله‌های پیزومتری بعد از دو بار تخلیه آب درون پیزومترها در زمان‌های پس از آبیاری، حد واسط دو آبیاری و یک روز قبل از آبیاری بعدی برای لایه‌های مختلف خاک تهیه شد. در آزمایشگاه، هدایت الکتریکی^{۱۰} نمونه‌های آب اندازه‌گیری شد. همچنین ۴۰ نمونه از نمونه‌های اندازه‌گیری شده در هر دو مزرعه انتخاب شد و با اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها، غلظت املاح برای این نمونه‌ها به دست آمد. سپس ضریب تبدیل هدایت الکتریکی به غلظت املاح در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد ($R_2 = 0.99$) معادل 0.49 برآورد شد و طبق رابطه (۶) از این ضریب برای بیان غلظت املاح برحسب میلی گرم بر لیتر استفاده شد:

$$TDS_{(mg/lit)} = 0.49 \times EC_{(\mu s/m)} \quad (6)$$

نتایج و بحث

مطالعات لایه‌بندی خاک در مزرعه R9-11 (دقبل خزاغی) در حد واسط دسته‌های دوم و سوم و

کنار دسته هفتم انجام شد (جدول ۱). در هر دو نقطه مذکور، نتایج نیمرخ خاک یکسان بود. به این ترتیب تا عمق $1/5$ متری از سطح خاک، متوسط جرم مخصوص ظاهری خاک و درصد تخلخل خاک به ترتیب $1/40$ گرم بر سانتی مترمکعب و $47/1$ درصد بود. لایه‌بندی خاک تا عمق پنج متری انجام شد که خاک در هر دو نقطه به جز لایه $5-4/5$ متر که بافت متوسطی داشت، نیمه سنگین تا سنگین تشخیص داده شد. عمق برخورد به لایه محدود کننده (بافت خاک بسیار سنگین با ضریب آبگذری $0/4$ متر بر روز) برای هر دو نقطه در $4/2$ متری نسبت به سطح زمین بود که ضخامت آن 30 سانتی متر تشخیص داده شد ($4/5 - 4/2$). نتایج لایه‌بندی خاک در مزرعه R8-7 در سه نقطه شامل حد واسط دسته دوم و سوم، کنار دسته پنجم و حد واسط دسته ششم و هفتم انجام شد. نتایج در دو نقطه اول یکسان بود. جرم مخصوص ظاهری خاک در این دو نقطه به طور متوسط $1/45$ گرم بر سانتی متر مکعب و درصد تخلخل خاک 47 درصد برآورد شد. بافت خاک تا لایه $5/5$ متری از سطح زمین نیمه سنگین و عمق برخورد به لایه محدود کننده در سه متری از سطح زمین و به ضخامت $1/5$ متر تشخیص داده شد. فقط در نقطه دوم یعنی کنار دسته پنجم از عمق $4/9$ متری به بعد (تا لایه $5/5$ متری که حفاری شد) بافت خاک شنی و سبک بود این در حالی است که در نقطه اول این لایه، بافت خاک لومی سیلتی تشخیص داده شد. لایه بندی سوم در مزرعه R8-7 به طور کامل متفاوت بود. برطبق این لایه‌بندی، بافت خاک از عمق $0/8$ تا 2 متری و همچنین از عمق سه متری به بعد، سبک (شنی) تشخیص داده شد. همچنین در اکثر لایه‌های این محدوده (نقطه سوم مزرعه R8-7 سلمان فارسی)، عدسی‌های ماسه‌ای وجود داشت.

¹⁰ Electrical Conductivity

جدول ۱- لایه بندی خاک در مزارع تحقیقاتی

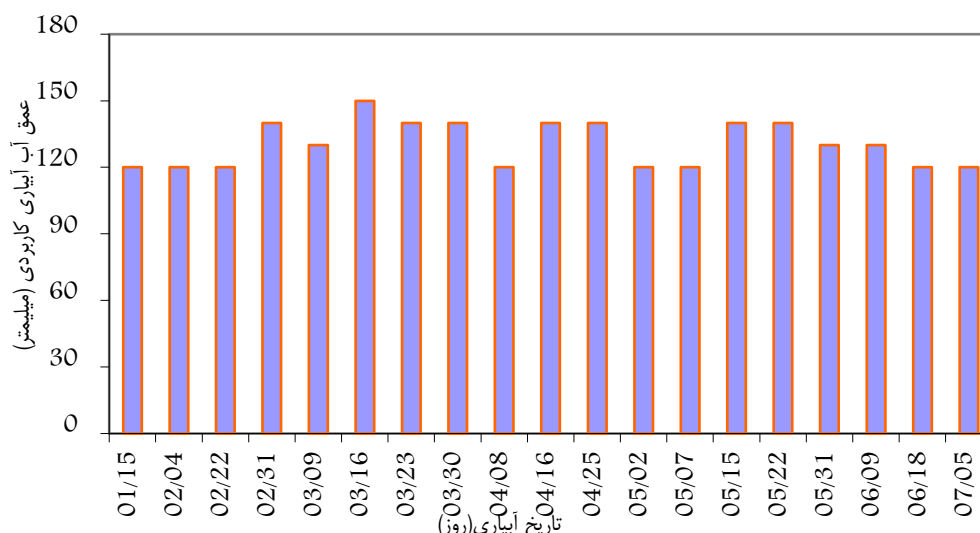
نقاط اول و دوم (مزرعه دعبل)			نقطه اول (مزرعه سلمان)			نقطه دوم (مزرعه سلمان)			نقطه سوم (مزرعه سلمان)		
ضخامت		لایه (cm)	بافت		لایه (cm)	بافت		لایه (cm)	بافت		لایه (cm)
نام	علامت		نام	علامت		نام	علامت		نام	علامت	
لومی		۰-۴۰	لومی		۰-۴۰	لومی		۰-۴۰	لومی		۰-۴۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			سیلتی		
لومی		۴۰-۸۰	لوم		۴۰-۱۰۰	لوم		۴۰-۱۰۰	لوم		۸۰-۴۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			سیلتی		
لومی		۸۰-۱۰۰	لومی		۱۰۰-۱۵۰	لومی		۱۰۰-۱۵۰	رسی		۸۰-۱۰۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			سیلتی		
لومی		۱۰۰-۲۰۰	لومی		۱۵۰-۲۴۰	لومی		۱۵۰-۲۴۰	لوم		۱۰۰-۱۴۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			رسی		
لومی		۲۰۰-۲۴۰	لومی		۲۴۰-۳۰۰	لومی		۲۴۰-۳۰۰	رسی		۱۴۰-۲۵۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			رسی		
لومی		۲۴۰-۳۰۰	رس		۳۰۰-۴۵۰	رس		۳۰۰-۴۵۰	رس		۲۵۰-۳۲۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			رسی		
لومی		۳۰۰-۴۰۰	لومی		۴۵۰-۴۹۰	لومی		۴۵۰-۴۹۰	رسی		۳۲۰-۴۲۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			رسی		
لومی		۴۹۰-۵۱۰	لومی		۴۹۰-۵۱۰	لومی		۴۹۰-۵۱۰	رس		۴۲۰-۴۵۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			رسی		
لومی		۴۵۰-۵۰۰	لومی		۴۵۰-۵۰۰	لومی		۴۵۰-۵۰۰	لوم		۴۵۰-۵۰۰
رسی			رسی			رسی			رسی		
سیلتی			سیلتی			سیلتی			رسی		

۱۵۰۰ مترمکعب در هر هکتار (۱۵۰ میلی متر) و در خرداد ماه بود. حداقل آن در فروردین و مهر ماه به میزان ۱۲۰۰ مترمکعب در هر هکتار اندازه گیری شد. متوسط شوری آب آبیاری رودخانه کارون به عنوان منبع تامین آب ۲/۵ دسی زیمنس بر متر بود به طوری که حداکثر شوری در خرداد ماه به میزان متوسط ۲/۹۵ دسی زیمنس بر متر و حداقل آن در مرداد ماه با ۲/۱ دسی زیمنس بر متر اندازه گیری شد.

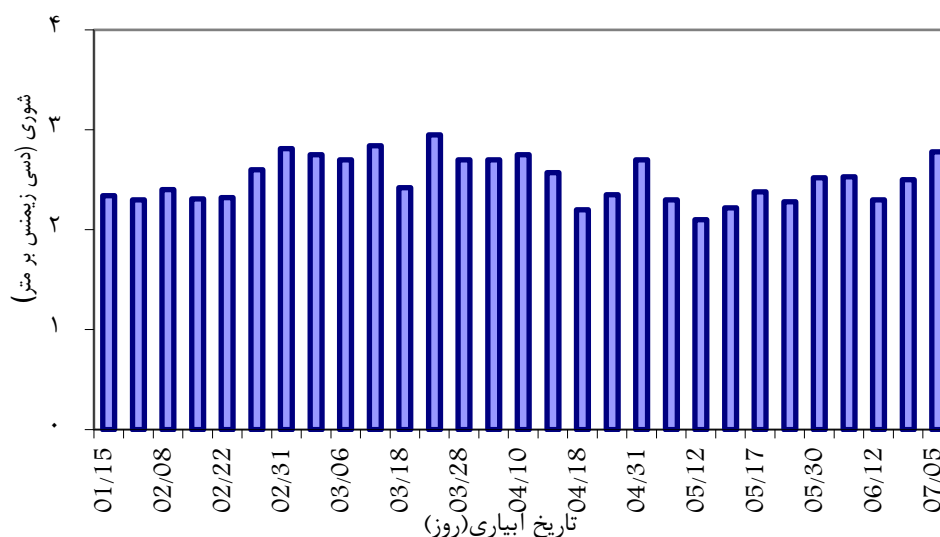
در پیش از شروع تحقیق (زمستان ۱۳۹۱ و قبل از شروع عملیات آبیاری سنگین در بهار ۱۳۹۲) برای هر دو مزرعه کنار دسته دوم، شوری عصاره اشباع خاک تا عمق دو متری از سطح زمین اندازه گیری شد (جدول ۲). متوسط میزان آب آبیاری در سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ و همچنین میانگین شوری آب آبیاری در این سال ها برای هر دور آبیاری در شکل های (۵) و (۶) آورده شده است. حداکثر میزان آب آبیاری

جدول ۲- میزان شوری عصاره اشباع خاک (ds/m) در لایه های مختلف از سطح زمین

ضخامت لایه (cm)	شوری عصاره اشباع خاک مزرعه (R9-11)	شوری عصاره اشباع خاک (مزرعه R8-7)
۰-۵۰	۵/۱۹	۵/۹۴
۵۰-۱۰۰	۴/۸۳	۴/۹۶
۱۰۰-۱۵۰	۴/۰۵	۳/۳
۱۵۰-۲۰۰	۳/۸۱	۳/۱



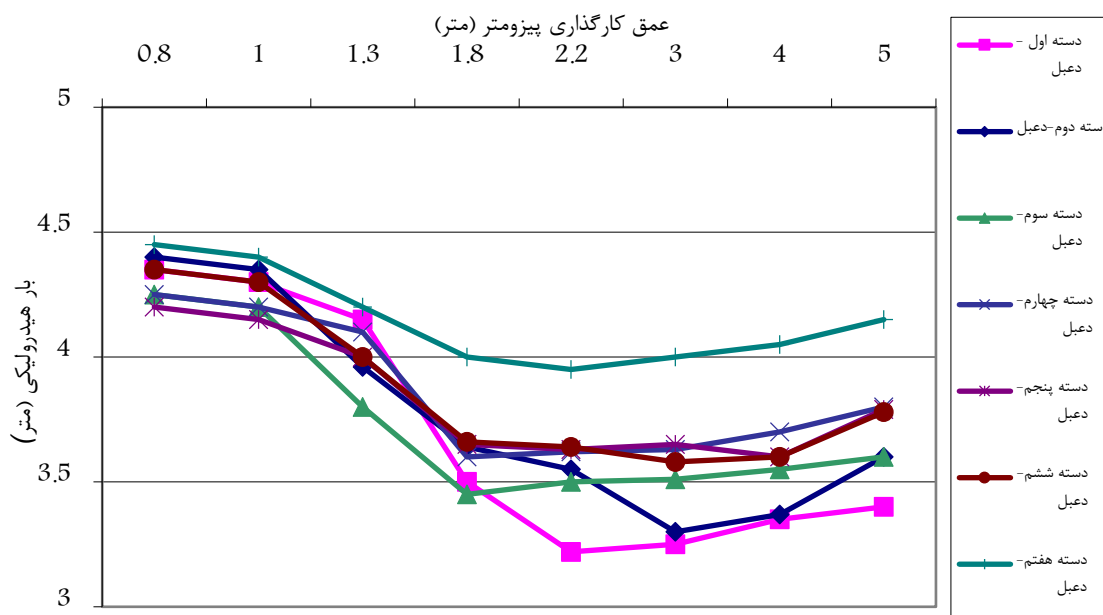
شکل ۵- عمق آب آبیاری کاربردی در آبیاری‌های انجام شده در طول اجرای تحقیق



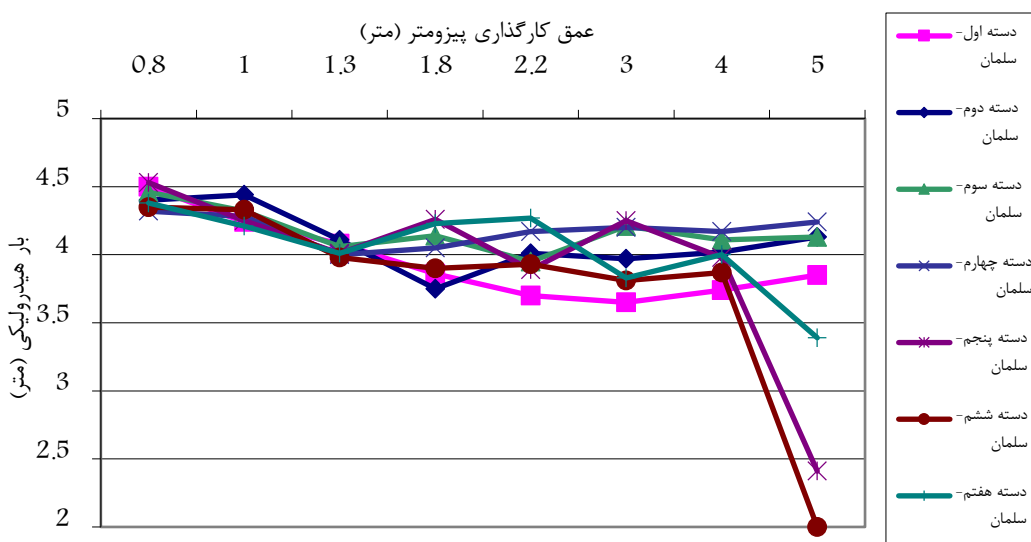
شکل ۶- شوری آب آبیاری در آبیاری‌های انجام شده در طول اجرای تحقیق

11 دعبل خزاعی که در طول دوره اجرایی، قابلیت اندازه‌گیری وجود نداشت) مشاهده شد. در هر دو مزرعه برای تمامی دسته‌ها هنگام آبیاری، افزایش تراز سطح آب و در فاصله بین آبیاری‌ها روند کاهش تراز آب برقرار بود. در شکل‌های (۷ و ۸)، با در نظر گرفتن کف لایه محدود کننده به عنوان سطح مبنا، میانگین تغییرات بار هیدرولیکی در پیزومترهای هر دسته با توجه به عمق کارگذاری نشان داده شده است.

در این تحقیق نوسانات تراز سطح آب در لایه‌های مختلف از سطح زمین در طول مزارع با توجه به شیب کارگذاری لوله‌های زهکش، تفاوت در عمق کارگذاری، نزدیک بودن به زهکش‌ها و فاصله از جمع‌کننده زه‌آب مورد بررسی قرار گرفت. برای هر دو مزرعه با کاهش فواصل آبیاری و شروع آبیاری سنگین، صعود آب در تمامی پیزومترها (به جز پیزومتر کارگذاری شده در عمق ۸۰ سانتی‌متر در مزرعه R9-



شکل ۷- میانگین بار هیدرولیکی دسته‌های پیژومتری در اعماق مختلف از سطح خاک در طول تحقیق- مزرعه R9-11

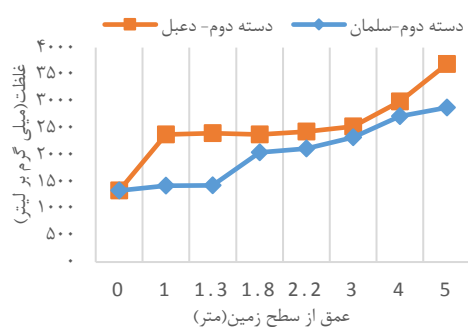


شکل ۸- میانگین بار هیدرولیکی دسته‌های پیژومتری در اعماق مختلف از سطح خاک در طول تحقیق- مزرعه R8-7

۲/۲ متری به پایین نسبت به پیژومترهای بالایی برقرار بود. همچنین در دسته‌های سوم، چهارم، پنجم و ششم که از ۵۰ تا ۳۰۰ متر نسبت به جمع کننده فاصله داشتند، اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۲۰ سانتی‌متر تا عمق ۱/۸ متری و برای دسته هفتم که در بالادست مزرعه قرار داشت به میزان ۱۰ سانتی‌متر و تا عمق ۱/۳ متری از سطح زمین بود. اختلاف بار هیدرولیکی باعث جریان عمودی و هجوم آب شور از لایه‌های پایین (حتی تا زیر لایه محدود کننده) به سمت لایه‌های

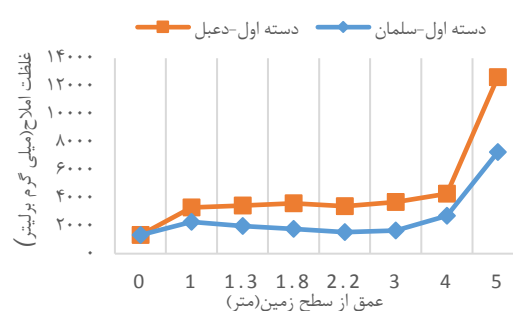
در مزرعه R9-11 دعبل خزاعی (شکل ۷)، اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۷۳ سانتی‌متر بین لایه های دسته هفتم (فاصله ۴۰۰ متری از جمع کننده با عمق زهکشی ۱/۸ متر) نسبت به دسته اول (کنار جمع کننده با عمق زهکشی ۲/۲ متر)، باعث حرکت جریان طولی به سمت جمع کننده زه آب شد. مهم اینکه در دسته های اول و دوم (با فاصله های ۵ و ۳۰ متری از جمع کننده) اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۲۰ سانتی‌متر بین پیژومترهای کارگذاری شده در عمق

دوم و سوم (با فاصله‌های ۵،۳۰ و ۵۰ متری از جمع کننده) اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۱۰ سانتی‌متر بین پیزومترهای کارگذاری شده در عمق ۲/۲ متری به پایین نسبت به پیزومترهای بالایی بود و درد سته‌های پیزومتری چهارم تا هفتم اختلاف بار هیدرولیکی بین لایه‌های پایین نسبت به لایه‌های بالایی بسیار کم بود. در نتیجه جریان روبه بالای آب شور ناشی از اختلاف بار هیدرولیکی کمتر اتفاق افتاد. به همین دلیل می‌توان گفت یکی از راه‌های کاهش شوری زه‌آب‌ها، کم کردن عمق زهکش‌ها است. قابل توجه این‌که در مزرعه-R8 7، در دسته‌های پنجم، ششم و هفتم از عمق چهار متری به پایین اختلاف بار هیدرولیکی نتوانست جریان عمودی رو به بالا را برقرار سازد. این مهم به دلیل قرارگیری عدسی‌های ماسه‌ای در زیر لایه محدودکننده بود. با اندازه‌گیری شوری آب زیرزمینی در لایه‌های مختلف از سطح زمین تا عمق پنج متری، تغییرات غلظت املاح نسبت به عمق برای هر دسته در هر دو مزرعه تحقیقاتی در شکل (۹) آورده شده است. نقطه اول در هر شکل (عمق صفر) متوسط شوری آب آبیاری در طول دوره تحقیق بوده که بر طبق رابطه (۶) معادل ۱۳۳۲/۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

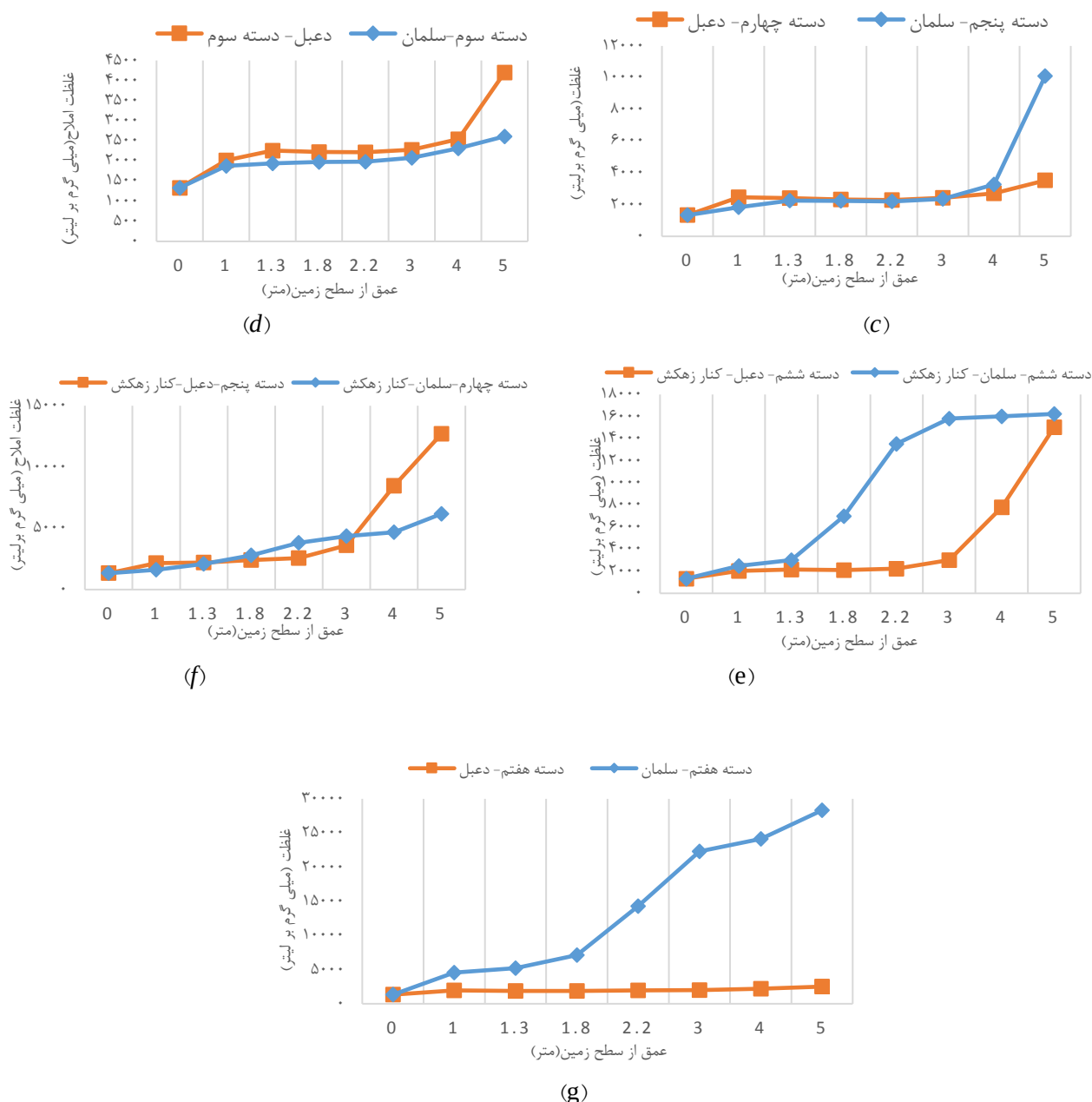


(b)

بالا شد. این مساله باعث ایجاد عمق اختلاط در طی عملیات آبیاری سنگین شده و منطقه‌ای بینابین آب شور و شیرین را به وجود آورد. لایه محدود کننده به معنی لایه نفوذ ناپذیر نیست که جریان آب نتواند از آن لایه به سمت بالا و یا پایین حرکت کند بلکه لایه‌ای است که هدایت هیدرولیکی آن نسبت به لایه‌های بالایی کم بوده و این موضوع نسبی است. دی‌لثو و همکاران (۲۰۱۱) در مناطق ساحلی هلند نشان دادند که عامل تشکیل عدسی‌های آب باران و منطقه بینابین این عدسی‌ها و آب شور زیرزمینی، اختلاف بار هیدرولیکی می‌باشد. همچنین نوذری (۱۳۸۸) نشان داد که با افزایش بار هیدرولیکی ناشی از افزایش عملیات آبیاری، عمق اختلاط افزایش یافته در نتیجه آب به سمت لایه‌های زیرین زهکش که دارای شوری بیشتری نسبت به لایه‌های رویی هستند، جریان پیدا کرده و باعث افزایش شوری زه‌آب خروجی از زهکش می‌شود. در مزرعه R8-7 سلمان فارسی به دلیل کم عمق بودن لوله‌های زهکش (متوسط عمق زهکشی ۱/۴ متر در طول ۵۰۰ متر)، بالا آمدگی تراز سطح آب در تمامی دسته‌ها نسبت به مزرعه R9-11 نامحسوس بود (شکل ۸). در این مزرعه اختلاف بار هیدرولیکی بین پیزومترها کمتر بود به طوری که در دسته‌های اول،



(a)



شکل ۹- میانگین غلظت دسته‌های پیژومتری در عمق‌های مختلف از سطح خاک در دو مزرعه تحقیقاتی

بین ۱۰ تا ۴۰ درصد با توجه به موقعیت دسته‌های پیژومتری و فاصله آنها از جمع‌کننده زه آب متغیر بود. همچنین در لایه‌های پایین (عمق‌های چهار و پنج متری)، اطراف و زیر لایه محدودکننده، میزان کاهش شوری مشهودتر بود. این کاهش شوری در تمامی دسته‌ها بجز دسته‌های ششم و هفتم مزرعه سلمان فارسی نسبت به مزرعه دلبه خزاعی رخ داد. علت افزایش بسیار زیاد شوری در دسته‌های هفتم و ششم از مزرعه R8-7 با توجه

با توجه به شکل (۹) میزان شوری در هر دو مزرعه برای تمامی دسته‌های پیژومتری با افزایش عمق از سطح زمین، افزایش داشت. این مهم به دلیل تجمع املاح ناشی از آب آبیاری تا نزدیکی لاترال‌های زهکشی و هجوم عمودی آب شور زیرزمینی از لایه‌های پایینی در زیر عمق کارگذاری زهکش‌ها بود. میزان شوری با کاهش عمق نصب زهکش‌ها در مزرعه R8-7 سلمان فارسی نسبت به مزرعه R9-11 دلبه خزاعی کاهشی بود. کاهش شوری

به کاهش عمق کارگذاری زهکش‌ها، وضعیت لایه‌بندی خاک و وجود عدسی‌های ماسه‌ای بود (بخش‌های *g&f* از شکل ۹). عدسی‌های ماسه‌ای در این دو دسته از مزرعه R8-7 باعث شد تا اختلاف بار هیدرولیکی بین لایه‌های پایین نسبت به لایه‌های سطحی برقرار نشده و منطقه اختلاط آب شور و شیرین در ضخامتی بسیار کم به وجود آید (جدول ۴) و در نتیجه آبیاری با آب نسبتاً شیرین نتواند بر کاهش شوری اثری داشته باشد. این درحالی است که وجود لایه محدودکننده در بقیه دسته‌های مزرعه R8-7 در عمق ۳-۴ متری و برای تمامی دسته‌های پیرومتری مزرعه R9-11 در عمق ۴/۲ متری باعث شد با برقراری اختلاف بار هیدرولیکی بین لایه‌های پایین نسبت به لایه‌های فوقانی و اختلاف چگالی ناشی از اختلاف غلظت بین آب شور زیر زمینی و آب شیرین آبیاری، توزیع شوری بین لایه‌های سطحی (عمق ۱ تا ۱/۳ متری از سطح زمین) تا لایه محدودکننده (عمق ۳-۴ متری از سطح زمین) ناشی از پراکندگی املاح ایجاد شود و منطقه بینابین آب شور و شیرین را ایجاد کرد (جدول‌های ۳ و ۴). در هر دو مزرعه تحقیقاتی میزان شوری در عمق‌های مساوی برای دسته‌هایی که کنار زهکش جمع‌کننده زه‌آب و لوله‌های زهکش نصب شده بودند، نسبت به دسته‌های دیگر بیشتر بود. این افزایش شوری در نزدیکی عمق کارگذاری زهکش‌ها و زیر عمق کارگذاری بسیار محسوس بود به‌طوری‌که برای مزرعه R9-11 دعبل خزاعی در عمق دو متری این افزایش شوری ۵۰ درصد نسبت به دسته‌های دیگر و در عمق‌های سه متری و بخصوص چهار و

پنج متری بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد افزایش داشت. این مسئله به دلیل اثر جریان شعاعی و نزدیک شدن خطوط جریان به طرف لوله‌های زهکش و در نتیجه کم شدن ضخامت منطقه اختلاط بود. همچنین بخش‌های (a) تا (e) از شکل (۹) که پنج دسته اول هر دو مزرعه را با هم مقایسه می‌کند، نشان می‌دهند که تفاوت شوری در دسته اول از هر دو مزرعه مشهودتر است. شاید بتوان این مهم را علاوه بر تاثیر عمق نصب زهکش‌ها در این مقطع (مزرعه R9-11 دعبل خزاعی با عمق زهکشی ۲/۲ متر و مزرعه R8-7 سلمان فارسی با عمق زهکشی ۱/۶ متر)، به دلیل تفاوت در جمع‌کننده زه‌آب بین مزارع دانست. در مزرعه R9-11 جمع‌کننده به صورت لوله بوده و بالا آمدگی و گرفتگی در بعضی زمان‌ها، شوری را به شدت افزایش داد. این مسأله در مزرعه R8-7 که جمع‌کننده به صورت نهر روباز بود، مشاهده نشد. همچنین با دقت در شکل (۹) مشخص شد تغییرات شوری نسبت به عمق در هر دو مزرعه به دلیل ایجاد منطقه اختلاط آب شور و شیرین، شکلی S مانند به خود گرفت. در تحقیقاتی که توسط ورمو و همکاران (۲۰۱۰)، دی لئو و همکاران (۲۰۱۳ و ۲۰۱۱) و ایمان و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد، تغییرات غلظت املاح نسبت به عمق را بصورت S شکل بیان کردند. با توجه به شکل (۹) می‌توان مشخصات منطقه اختلاط شامل موقعیت و شوری نقطه فوقانی، شوری خط میانگین، موقعیت و شوری کف و در نهایت ضخامت منطقه اختلاط را در دسته‌های مختلف مزرعه‌های تحقیقاتی به صورت جدول‌های (۳) و (۴) نشان داد.

جدول ۳- موقعیت و شوری نقطه فوقانی، خط میانگین، نقطه کف و ضخامت منطقه بینابین در مزرعه R9-11

نام دسته	موقعیت نقطه فوقانی بر حسب عمق از سطح زمین (متر)	شوری نقطه فوقانی (میلی گرم بر لیتر)	شوری خط میانگین (میلی گرم بر لیتر)	موقعیت کف منطقه بر حسب عمق از سطح زمین (متر)	شوری کف منطقه (میلی گرم بر لیتر)	ضخامت منطقه (متر)
اول	۱	۳۳۰۷/۵	۳۶۲۶	۴	۴۳۰۲/۲	۳
دوم	۱	۲۳۸۱/۴	۲۵۱۹/۴۲	۴	۲۹۹۳/۹	۳
سوم	۱	۲۰۱۳/۹	۲۲۵۶/۴۵	۴	۲۵۴۳/۱	۳
چهارم	۱	۲۴۶۴/۷	۲۴۴۵/۳۰	۴	۲۷۱۴/۶	۳
پنجم (کنار زهکش)	۱	۲۱۶۰/۹	۲۵۸۷/۲	۳	۳۶۰۱/۵	۲
ششم (کنار زهکش)	۱	۲۰۳۳/۵	۲۳۱۲/۸	۳	۳۰۱۸/۴	۲
هفتم	۱	۱۹۴۵/۳	۲۰۴۹/۶	۵	۲۵۰۸/۸	۴

جدول ۴- موقعیت و شوری نقطه فوقانی، خط میانگین، نقطه کف و ضخامت منطقه بینابین در مزرعه R8-7

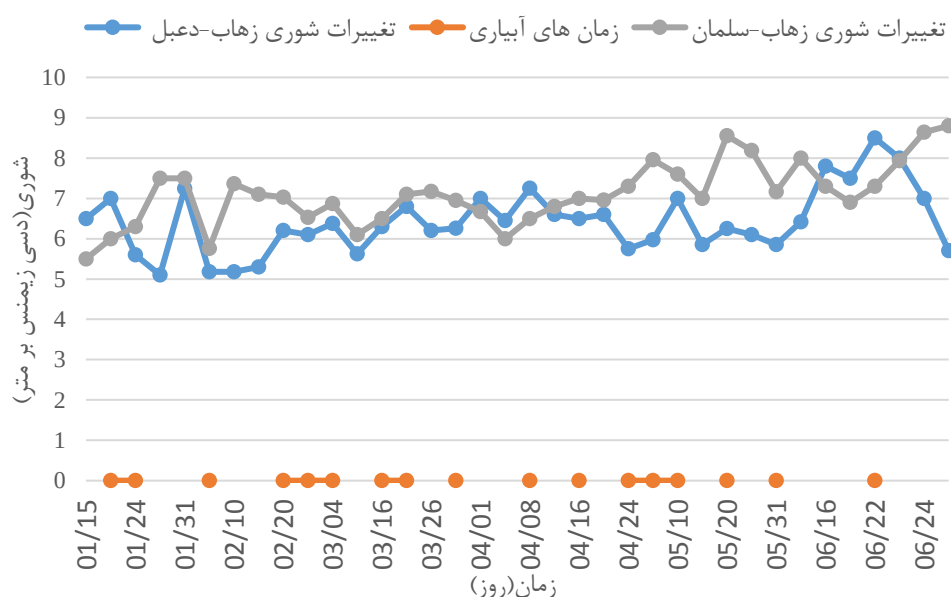
نام دسته	موقعیت نقطه فوقانی بر حسب عمق از سطح زمین (متر)	شوری نقطه فوقانی (میلی گرم بر لیتر)	شوری خط میانگین (میلی گرم بر لیتر)	موقعیت کف منطقه بر حسب عمق از سطح زمین (متر)	شوری کف منطقه (میلی گرم بر لیتر)	ضخامت منطقه (متر)
اول	۱	۲۲۶۸/۷	۱۹۸۴/۵	۴	۲۷۰۹/۷	۳
دوم	۱	۱۴۲۵	۲۱۳۴/۷۶	۵	۲۸۸۱/۲	۴
سوم	۱	۱۸۷۶/۷	۲۱۱۱/۹	۵	۲۶۱۱/۷	۴
چهارم (کنار زهکش)	۱	۱۶۲۱/۹	۲۹۳۸/۰۴	۳	۴۳۵۶/۱	۲
پنجم	۱	۱۸۳۷/۵	۲۳۵۷/۷۲	۴	۳۲۶۸/۳	۳
ششم (کنار زهکش)	۱	۲۴۹۴/۱	۴۱۶۶/۶۳	۱/۸	۶۹۹۲/۳	۰/۸
هفتم	۱	۴۵۵۷	۵۶۲۶/۸۳	۱/۸	۷۱۲۹/۵	۰/۸

نقطه فوقانی منطقه بینابین آب شور زیرزمینی و آب شیرین آبیاری، نقطه ای است که شوری آن از شوری آب آبیاری کمی بیشتر بوده و دقیقاً نقطه شروع افزایش شوری در خاک است. نقطه کف این منطقه که به طور معمول در زیر عمق زهکش ها قرار داشته، نقطه ای است که شوری آن به شوری آب زیرزمینی بسیار نزدیک است و پایین تر از این نقطه، میزان شوری به شدت افزایش می یابد. آنچه با توجه به شکل (۹) و جدول های مستخرج شده آن (۳ و ۴) می توان بیان کرد این است که منطقه اختلاط به صورت یک خط نازک نبوده بلکه دارای ضخامت است. همچنین با کاهش عمق کارگذاری زهکش ها، ضخامت منطقه اختلاط به اندازه یک متر افزایش می یابد. کم شدن ضخامت منطقه اختلاط تا یک متر همراه با افزایش میانگین شوری بین ۱۰۰-۴۰ درصد در دسته هایی که کنار لوله زهکش یا جمع کننده لوله ای (مزرعه R9-11) نصب شده اند در مقایسه با بقیه دسته های پیژومتری (بجز دسته هفتم از مزرعه R8-7 به علت وجود عدسی های ماسه ای) را نیز می توان مشاهده کرد. تأثیر لایه بندی خاک، عمق لایه محدودکننده و وجود عدسی های ماسه ای در مشخصات این منطقه باید در نظر گرفت. به طوری که در مزرعه R9-11 دعبل خراعی که وضعیت لایه بندی خاک یکسان است با فاصله گرفتن از جمع کننده زه آب و کاهش عمق کارگذاری، ضخامت منطقه اختلاط افزایش یافت (البته بجز دسته های پنجم و ششم به

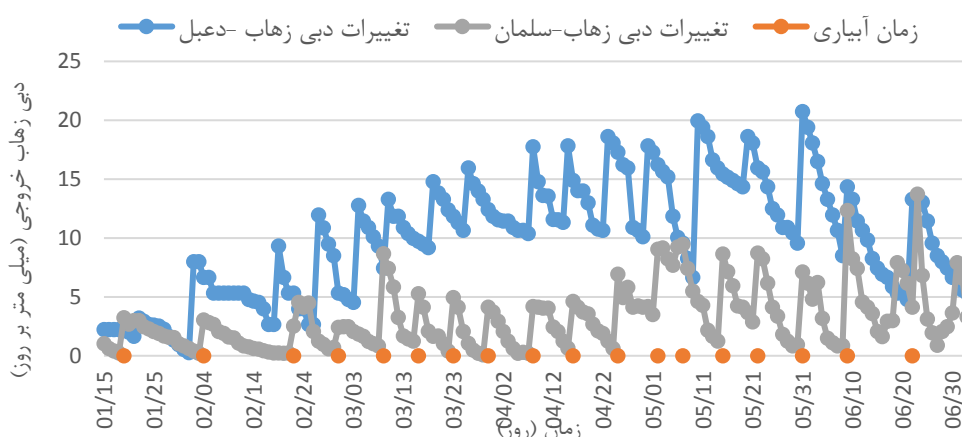
دلیل همجوار بودن با لوله های زهکشی). این مهم در دسته هفتم این مزرعه که در فاصله ۴۰۰ متری از جمع کننده لوله ای با عمق نصب ۱/۸ متر از سطح زمین قرار دارد با ضخامت منطقه بینابین چهار متر و شوری میانگین ۲۰۴۹/۴ میلی گرم بر لیتر می توان مشاهده کرد. اما در مزرعه R8-7 این وضعیت تا فاصله ۲۵۰ متری (دسته پنجم) برقرار است زیرا در دسته های ششم و هفتم این مزرعه به دلیل عدم لایه محدودکننده و وجود عدسی های ماسه ای ضخامت منطقه اختلاط کاهش و میانگین شوری افزایش می یابد. با اندازه گیری شوری زه آب خروجی در هر دو مزرعه تحقیقاتی، تأثیر مستقیم آبیاری بر فرآیند شوری زه آب مشاهده شد (شکل ۱۰). با افزایش آبیاری میزان شوری زه آب افزایش یافت و این مساله به دلیل افزایش عمق اختلاط بود. شکلیا و همکاران (۱۳۹۲) و نوذری (۱۳۸۸) نشان دادند که با افزایش بار هیدرولیکی ناشی از افزایش آبیاری، عمق اختلاط افزایش و در نتیجه آب به سمت لایه های زیرین زهکش که دارای شوری بیشتری نسبت به لایه های روین هستند جریان یافته و باعث افزایش شوری زه آب خروجی از زهکش می شود. همچنین دقت در نوسانات شوری زه آب خروجی از مزرعه R9-11 نشان داد که این تغییرات روند افزایشی نداشته و مشخص است که شوری آب زیرزمینی با شوری آب آبیاری به یک حالت تعادل رسیده است. این مساله به دلیل سال ها کشت نیشکر و عملیات آبیاری در این مزرعه بود (بیش از ۱۰ سال). نوذری (۱۳۸۸) در تحقیقی که بر روی شوری زه آب خروجی از

واحد کشت و صنعت امیرکبیر انجام داد زمان رسیدن به این تعادل را ۱۵ سال گزارش کرد؛ اما در مزرعه R8-7 هرچند که لوله‌های زهکشی نسبت به مزرعه R9-11 در عمق کمتری کارگذاری شده بود اما به دلیل اولین سال کشت متوسط شوری زه‌آب خروجی از لاترال‌ها در مزرعه R8-7 (۶/۸۰ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به مزرعه R9-11 (۶/۴۲ دسی‌زیمنس بر متر) کمی بیشتر بود. انتظار می‌رود با افزایش آبیاری در سال‌های آینده و پایین آمدن شوری در بالادست مزرعه، میزان شوری زه‌آب خروجی در این

مزرعه کاهش یابد. با اندازه‌گیری روزانه دبی زه‌آب از لوله‌های زهکشی، مشاهده شد که تغییرات دبی زه‌آب تحت تأثیر آبیاری است (شکل ۱۱). دبی زه‌آب خروجی در مزرعه R8-7 بسیار کمتر از مزرعه R9-11 بود به طوری که میزان متوسط زه‌آب خروجی از لوله زهکشی در مزرعه R8-7، ۳/۳ میلی‌متر بر روز و این میزان برای مزرعه R9-11، ۱۰ میلی‌متر بر روز بود. این مساله تأثیر بسیار زیاد آب زیرزمینی، عمق کارگذاری لاترال‌های زهکشی و موقعیت لایه محدودکننده بر زه‌آب خروجی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- شوری زه‌آب خروجی از لاترال‌های زهکشی مزارع در طول اجرای تحقیق



شکل ۱۱- دبی زه‌آب خروجی از لاترال‌های زهکشی مزارع در طول اجرای تحقیق

نتیجه گیری

در این تحقیق به مطالعه دینامیک سطح آب زیرزمینی و نوسانات منطقه اختلاط آب شور زیرزمینی و نسبتا شیرین آبیاری به عنوان عواملی موثر بر دبی و شوری زه آب خروجی در اراضی مرکز و جنوب غرب خوزستان پرداخته شد. این پژوهش در دو مزرعه R9-11 و R8-7 که به ترتیب در واحدهای کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی و سلمان فارسی می باشند، انجام شد. در مزرعه R9-11 زهکش های جمع کننده زه آب به صورت لوله بوده و عمق نصب لوله های زهکش از ۱/۸ متری سطح زمین در ابتدا تا ۲/۲ متری در انتها متغیر بود. این در حالی است که فاصله زهکش ها در این مزرعه ۶۰ متر بود. اما در مزرعه R8-7، زهکش های جمع کننده زه آب در دو طرف مزرعه به صورت نهر روباز بوده و عمق نصب لوله های زهکش از ۱/۲ متری سطح زمین تا ۱/۶ متری در انتهای مزرعه متغیر بود و فاصله زهکش ها در این مزرعه ۴۲ متر بود. در طول دوره تحقیق برای هر دو مزرعه به صورت روزانه دبی و شوری زه آب خروجی از لوله های فرعی اندازه گیری شد. همچنین تراز سطح آب درون لوله های پیزومتری در لایه های مختلف خاک برای تعیین بار هیدرولیکی، برداشت شد. در هر دو مزرعه برای تمامی دسته ها هنگام آبیاری، افزایش تراز سطح آب و در فاصله بین آبیاری ها روند کاهش تراز آب برقرار بود. در مزرعه R9-11 دعبل خزاعی، در دسته های اول و دوم (با فاصله های ۵ و ۳۰ متری از جمع کننده) اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۲۰ سانتی متر بین پیزومترهای کارگذاری شده در عمق ۲/۲ متری به پایین نسبت به پیزومترهای بالایی برقرار بود. همچنین در دسته های سوم، چهارم، پنجم و ششم که از ۵۰ تا ۳۰۰ متر نسبت به جمع کننده فاصله داشتند، اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۲۰ سانتی متر تا عمق ۱/۸ متری و برای دسته هفتم که در بالادست مزرعه قرار داشت به میزان ۱۰ سانتی متر و تا عمق ۱/۳ متری از سطح زمین بود. این اختلاف بار

هیدرولیکی باعث جریان عمودی و هجوم آب شور از لایه های پایین به سمت بالا و در نتیجه افزایش عمق اختلاط در طی عملیات آبیاری سنگین شده و منطقه ای بینابین آب شور و شیرین را به وجود آورد. در مزرعه R8-7 سلمان فارسی به دلیل کم عمق بودن لوله های زهکش (متوسط عمق زهکشی ۱/۴ متر در طول ۵۰۰ متر)، بالا آمدگی تراز سطح آب در تمامی دسته ها نسبت به مزرعه R9-11 نامحسوس بود. در این مزرعه برای دسته های اول، دوم و سوم (با فاصله های ۵، ۳۰ و ۵۰ متری از جمع کننده) اختلاف بار هیدرولیکی به میزان ۱۰ سانتی متر بین پیزومترهای کارگذاری شده در عمق ۲/۲ متری به پایین نسبت به پیزومترهای بالایی بود و در دسته های پیزومتری چهارم تا هفتم اختلاف بار هیدرولیکی بین لایه های پایین نسبت به لایه های بالایی بسیار کم بود. در نتیجه جریان روبه بالای آب شور ناشی از اختلاف بار هیدرولیکی کمتر اتفاق افتاد. این کاهش شوری در تمامی دسته ها بجز دسته های ششم و هفتم به دلیل وجود عدسی های ماسه ای نسبت به مزرعه دعبل خزاعی رخ داد. در این تحقیق میزان شوری با کاهش عمق نصب زهکش ها در مزرعه R8-7 سلمان فارسی نسبت به مزرعه R9-11 دعبل خزاعی کاهش بود. کاهش شوری بین ۱۰ تا ۴۰ درصد با توجه به موقعیت دسته های پیزومتری و فاصله آنها از جمع کننده زه آب متغیر بود. همچنین در لایه های پایین (عمق های چهار و پنج متری)، اطراف و زیر لایه محدود کننده، میزان کاهش شوری مشهودتر بود. این کاهش شوری در تمامی دسته ها بجز دسته های ششم و هفتم مزرعه سلمان فارسی نسبت به مزرعه دعبل خزاعی رخ داد. افزایش بسیار زیاد شوری در دسته های هفتم و ششم از مزرعه R8-7 با توجه به کاهش عمق کارگذاری زهکش ها، به علت وضعیت لایه بندی خاک و وجود عدسی های ماسه ای بود. در هر دو مزرعه میزان شوری در عمق های مساوی برای دسته هایی که کنار زهکش جمع کننده زه آب و لوله های زهکش نصب شده بودند، نسبت به دسته های دیگر بیشتر بود. به طوری که برای مزرعه

به دلیل اولین سال کشت متوسط شوری زه آب خروجی از لاترال‌ها در مزرعه R8-7 (۶/۸۰ دسی‌زیمنس بر متر) نسبت به مزرعه R9-11 (۶/۴۲ دسی‌زیمنس بر متر) کمی بیشتر بود. انتظار می‌رود با افزایش آبیاری در سال‌های آینده و پایین آمدن شوری در بالادست مزرعه، میزان شوری زه آب خروجی در این مزرعه کاهش یابد. دبی زه آب خروجی در مزرعه R8-7 بسیار کمتر از مزرعه R9-11 بود به طوری که میزان متوسط زه آب خروجی از لوله زهکشی در مزرعه R8-7، ۳/۳ میلی‌متر بر روز و این میزان برای مزرعه R9-11، ۱۰ میلی‌متر بر روز بود. این مساله تاثیر بسیار زیاد آب زیرزمینی، عمق کارگذاری لاترال‌های زهکشی و موقعیت لایه محدودکننده بر زه آب خروجی را نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش ضخامت منطقه اختلاط آب شیرین آبیاری و آب شور زیرزمینی ناشی از کاهش بهینه عمق زهکشی، حجم آب مصرفی در هر دور آبیاری به دلیل استفاده گیاه از این منطقه، کاهش می‌یابد. همچنین کاهش حجم و شوری زهاب خروجی ناشی از بهینه کردن عمق زهکشی عاملی موثر برای حفاظت منابع آب و خاک پایین دست خواهد بود.

R9-11 دعبل خزاعی در عمق دو متری این افزایش شوری ۵۰ درصد نسبت به دسته های دیگر و در عمق های سه متری و بخصوص چهار و پنج متری بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ درصد افزایش داشت. این مسئله به دلیل اثر جریان شعاعی در نزدیک لوله های زهکش و در نتیجه کم شدن ضخامت منطقه اختلاط بود. همچنین با کاهش عمق کارگذاری زهکش ها، ضخامت منطقه اختلاط به اندازه یک متر افزایش و میانگین شوری در این منطقه تا هشت درصد کاهش یافت. کم شدن ضخامت منطقه اختلاط تا یک متر همراه با افزایش میانگین شوری بین ۱۰۰-۴۰ درصد در دسته هایی که کنار لوله زهکش یا جمع کننده لوله ای (مزرعه R9-11) نصب شده - اند در مقایسه با بقیه دسته های پیرومتری (بجز دسته هفتم از مزرعه R8-7 به علت وجود عدسی های ماسه ای) نیز مشاهده شد. با اندازه گیری شوری زه آب خروجی در هر دو مزرعه تحقیقاتی، تأثیر مستقیم آبیاری بر فرآیند شوری زه آب مشاهده شد. با افزایش آبیاری میزان شوری زه آب افزایش یافت و این مساله به دلیل افزایش عمق اختلاط بود. در مزرعه R8-7 هر چند که لوله های زهکشی نسبت به مزرعه R9-11 در عمق کمتری کارگذاری شده بود اما

فهرست منابع

۱. اسدی کپورچال، ص.، پذیرا، ا. و همایی، م. ۱۳۹۱. مدل سازی آب آبتوی مورد نیاز برای بهسازی خاک های شور. مجله
۲. حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۲): ۸۴-۶۵.
۳. بی نام، ۱۳۷۵. دستورالعمل لایه بندی خاک در مطالعات زهکشی اراضی، نشریه شماره ۱۵۳، سازمان برنامه و بودجه، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، ۵۵ صفحه.
۴. پذیرا، ا. ۱۳۹۱. امکان بهسازی خاک های شور و سدیمی با استفاده از بهسازی های شیمیایی. مجله حفاظت منابع آب و خاک، ۱(۴): ۴۴-۲۷.
۵. پناهی، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر شوری آب زیرزمینی و آب آبیاری بر روی شوری آب خروجی از زهکش های زیرزمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۱۶ صفحه.
۶. شکبیا، م.، لیاقت، ع. و میرزایی، ف. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر عمق اختلاط بر کیفیت زه آب خروجی از زهکش در اراضی با آب زیرزمینی کم عمق و شور. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷ (۲): ۲۷۹-۲۶۷.

۷. علی نژاد، ش. و کاوه، ف. ۱۳۹۲. شبیه سازی توازن رطوبت و نمک های محلول در روش کم آبیاری برای برخی گیاهان زراعی. مجله حفاظت منابع آب و خاک، ۱(۳): ۲۸-۱۳.
۸. محجوبی، آ. ۱۳۹۱. بررسی اثرات زهکشی کنترل شده بر روی شوری خاک، مدیریت آبیاری و عملکرد نیشکر در کشت و صنعت امام خمینی. پایان نامه دکتر رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۹. مختاران، ع.، ناصری، ع.ع. و کشکولی، ح.ع. ۱۳۹۲. تعیین ضخامت فصل مشترک آب شور- شیرین در اراضی تحت آبیاری و آب زیرزمینی شور و کم عمق. دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران: دانشگاه تهران. ۷-۸ آبان.
۱۰. نوذری، ح. ۱۳۸۸. مدیریت شوری و بهره برداری از زه آب کشاورزی با استفاده از تحلیل پویایی سیستم. پایان نامه دکتری، رشته هیدرولوژی و مدیریت منابع آب، دانشکده آب و خاک گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، ۱۳۶ صفحه.
۱۱. هاشمی نژاد، ی.، غلامی، م. و سلطانی، و. ۱۳۹۱. بهینه سازی مصرف آب از طریق کنترل دقیق شوری خاک در شرایط ماندگار. مجله حفاظت منابع آب و خاک، ۱(۳): ۶۸-۵۹.
12. De Louw, P.G.B., Eeman, S. and Oude Essink, G.H.P. 2011. Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage. *Hydrologie and Earth System Sciences Discussions*, 8: 7657- 7707.
13. De Louw, P.G.B., Eeman, S., Oude Essink, G.H.P., Vermue, E. and Post, V.E.A. 2013. Rainwater lens dynamics and mixing between infiltrating rainwater and upward saline groundwater seepage beneath a tile-drained agricultural field. *Hydrogeology Journal*: 501(2013)133-145.
14. Eeman, S., De Louw, P.G.B. and Van Der Zee, S. E. A. T. M. 2017. Cation exchange in a temporally fluctuating thin freshwater lens on top of saline groundwater. *Hydrogeol J* (2017) 25:223-241.
15. Eeman, S., Leijnse, A., Raats, P.A.C. and Van Der Zee, S. E. A.T. M. 2011. Analysis of the thickness of a fresh water lens and of the transition zone between this lens and upwelling saline water. *Advances in Water Resources*, 34(2): 191-202.
16. Ghjben, W.B. 1889. Nta in vebend met de woorgenomen putboring nabij Ames terdam- *Tijdschrift van let konink lijk inst. Vagnig*.
17. Hassanizadeh, S.M. 1997. Mathematical modeling of hydro- geologic processes. Lecture notes. Utrecht University, Institute of Earth Sciences.
18. Herzberg, A. 1901. Die wasser versorgune einiger nordseebader. *Journal Gasbeleucht Wasserversorgung*, 44: 815-9.
19. Hubbert, M. K. 1940. The theory of groundwater motion: *Journal of Geology*. 48(8): 785-944.
20. Maas, K. 2007. Influence of climate change and sea level rise on a Ghijben Herzberg Lens. *Hydrogeology Journal*: 347: 223-8.
21. Oude Essink, G. H. P. 2001a. Salt water intrusion in a three- dimensional groundwater system in the Netherlands: A numerical study, *Transport in Porous Media*, 43(1): 137-158.
22. Oude Essink, G. H. P. 2001b. Salt water intrusion in 3-d large- scale aquifers: A Dutch case, *phys. Chem. earth*, 24(4): 337.

23. Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. and De louw. P. G. B. 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. Water Resource research, 46:
24. Sorey, M. L. 1998. Numerical modeling of liquid geothermal systems, U.S. Geological survey prof. pap. 16044-D, 1978.
25. Pauw, P.S., van Baaren, E.S., Visser, M., Delouw, P.G.B. and Oude Essink, G.H.P. 2015. Increasing a freshwater lens below a creek ridge using a controlled artificial recharge and drainage system: a case study in the Netherlands. Hydrogeology Journal: DOI 10.1007/s10040-015-1264-z.
26. Vermue, E., Delouw, P.G.B., Eeman, S., Oude Essink, G.H.P. and Vanderzee. S.E.T. 2010. Experimental evidence of rainwater lens dynamics in natural and agro-ecosystems in the Scheldt river region. Salt water Intrusion Meeting Azores, Portugal.

برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد در دشت بیرجند

سعید قوام‌سعیدی نوقابی^۱، علی شهیدی و حسین حمامی

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

saeidghavam@birjand.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

ashahidi@birjand.ac.ir

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

hhammami@birjand.ac.ir

دریافت: دی ۱۳۹۸ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

تعیین نیاز آبی گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری و در نتیجه مدیریت درست آب در بخش کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این رابطه، از روش بیلان آبی به کمک لایسیمترها استفاده می‌شود. از این رو، پژوهشی با هدف تعیین نیاز آبی گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa L.*) در سال ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند صورت گرفت. بدین منظور از شش عدد لایسیمتر وزنی استفاده شد و نیاز آبی شاهدانه با معادله بیلان آب محاسبه گردید که سه لایسیمتر به محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن معمول برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) اختصاص یافت و در سه لایسیمتر دیگر گیاه شاهدانه کشت شد. بر اساس نتایج بدست آمده از معادله بیلان آب، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع و تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه به ترتیب برابر ۸۹۹/۶ و ۶۸۸/۸۹ میلی‌متر بود. طول مراحل مختلف رشد گیاه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر ۷۵، ۵۵، ۳۰ و ۲۰ روز بدست آمد. همچنین مقادیر ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل چهارگانه رشد گیاه به ترتیب برابر ۰/۲۸، ۰/۶۸، ۱/۰۱ و ۰/۵۴ بدست آمد. این مقادیر برای برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری گیاه شاهدانه توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، گیاه مرجع، لایسیمتر وزنی، مدیریت آبیاری، معادله بیلان آب

^۱ -آدرس نویسنده مسئول: بیرجند، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند.

مقدمه

رویکرد جهانی به استفاده از گیاهان دارویی و ترکیب‌های طبیعی در صنایع دارویی، آرایشی-بهداشتی، غذایی و به دنبال آن توجه مردم، مسئولین و صنایع داخلی به استفاده از گیاهان دارویی، نیاز مبرم به پژوهش‌های پایه‌ای و کاربردی وسیعی را در این زمینه نمایان می‌سازد. گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیعی از منابع طبیعی ایران است که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌تواند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیرنفتی داشته باشد (سفیدکن، ۱۳۸۷).

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa L.* و نام انگلیسی کانابیس، گیاهی علفی، یکساله، دوپایه، از شاخه نهاندانگان، از راسته اورتیکال^۲ و متعلق به خانواده کانابیناسه^۳ است (فلورس-سانچز و ورپورته، ۲۰۰۸). شاهدانه گیاه بومی ایران است و در بیشتر مناطق کشور به صورت وحشی رشد کرده یا کشت می‌شود؛ بنابراین، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در ایران دارد. گیاه شاهدانه رشد سریع، توانایی رشد در اقلیم‌های گوناگون، توانایی مقاومت به خشکی و هجوم میکروبی، هزینه ماده اولیه کم و درصد زیست توده بالا، بازده بالای کشت، بازده بالای وزن خشک، نیاز کم به تقویت‌کننده‌ها، عدم نیاز به آفت‌کش‌ها، توانایی رشد در خاک‌های آلوده و جلوگیری از رشد عوامل بیماری‌زای خاک، تأثیر مثبت در تناوب زراعی و امکان بهبود کیفیت خاک را دارد (آمادوچی و همکاران، ۲۰۰۸؛ وان در ورف و تورونن، ۲۰۰۸؛ پیوتروسکی و کاروس، ۲۰۱۱؛ رحمان و همکاران، ۲۰۱۳). با توجه به ارزش غذایی شاهدانه و همچنین نیاز مبرم به تهیه داروهای مناسب در تسکین بیماری‌های مهم و فراگیر جهان از جمله ام‌اس، سرطان و ایدز این گیاه به عنوان یک گیاه دارویی مهم در جهت بهبود این بیماری‌ها شناخته می‌شود (ون‌باکل و همکاران، ۲۰۱۱). بذر شاهدانه نیز به عنوان منبعی غنی از پروتئین و روغن از دیرباز همواره مورد استفاده بشر بوده

است. بذور شاهدانه از مغذی‌ترین دانه‌های جهان است و حاوی ۲۰ تا ۲۵ درصد پروتئین، ۲۰ تا ۳۰ درصد کربوهیدرات، ۲۵ تا ۳۵ درصد روغن و ۱۰ تا ۱۵ درصد فیبر نامحلول و همچنین مقادیر مطلوب فسفر، پتاسیم، منیزیم، سولفور، کلسیم، آهن، روی و انواع ویتامین‌های A، C و E و همچنین مواد معدنی، بتا-کاروتن و آنتی اکسیدان است (اورهان و سنر، ۲۰۰۲).

برآورد نیاز آبی واقعی گیاهان می‌تواند قدمی جدی در بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی باشد و آینده روشنی را برای مدیریت اثر بخش آب در بخش کشاورزی به ارمغان آورد. در رابطه با برآورد نیاز آبی گیاهان به خصوص گیاهان دارویی، در چند سال اخیر تحقیقاتی در سطح کشور انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

راد و همکاران (۱۳۹۲) پژوهشی را با هدف تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی دو گونه اکالیپتوس در شرایط لایسمتری در یزد انجام دادند. نتایج نشان داد میزان تبخیر-تعرق هر دو گونه کمتر از تبخیر-تعرق گیاه مرجع بوده و ضریب گیاهی به صورت میانگین، به ترتیب برابر ۰/۴۵ و ۰/۶۷ بدست آمد. هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی را به منظور برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی همیشه بهار در اقلیم نیمه‌خشک کرمان انجام دادند. در آن پژوهش به منظور برآورد تبخیر-تعرق محصول از شش عدد لایسمتر استفاده شد که در پنج لایسمتر گیاه دارویی همیشه بهار و در یک لایسمتر گیاه مرجع کشت شد. نتایج نشان داد، نیاز آبی گیاه همیشه بهار برابر با ۳۲۰/۶ میلی‌متر و مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله رشد ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۱/۲۸، ۱/۵ و ۰/۶۶ بود. ریحانی و خاشعی (۱۳۹۴) آزمایشی را طی یک سال زراعی برای تعیین ضرایب گیاهی زیره سبز در منطقه بیرجند انجام دادند. در این تحقیق نیاز آبی زیره و تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از لایسمتر و به روش بیلان آب محاسبه گردید. در نهایت در پایان فصل رشد،

^۳ . Cannabaceae^۲ . Urticales

مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۹۲، ۱/۲۱ و ۰/۸۵ بدست آمد. زارعی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی مراحل مختلف رشد گونه سیاه دانه و تعیین ضریب گیاهی آن با استفاده از میکرو لایسیمترها پرداختند. نتایج نشان داد طول هر یک از چهار مرحله رشد به ترتیب برابر ۱۰، ۱۱، ۴۱ و ۲۳ روز و ضریب گیاهی برای این دوره ها به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۱/۰۲، ۱/۲۱ و ۰/۸ بدست آمد. قوام سعیدی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی را طی یک سال زراعی برای تعیین ضریب گیاهی چای ترش در منطقه بیرجند انجام دادند. در این پژوهش، نیاز آبی چای ترش و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده از لایسیمتر و به روش بیلان آب محاسبه شد. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب برابر ۱/۲۶، ۱/۵۵، ۱/۸۱ و ۰/۹۶ برآورد شد.

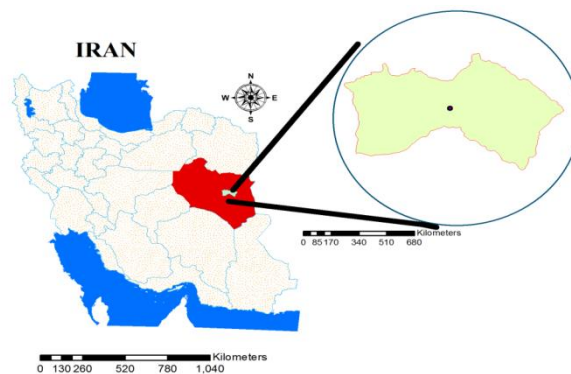
مهدوی دامغانی و همکاران (۲۰۱۰) طی پژوهشی میزان میزان تبخیر-تعرق فصلی خشکاش را در منطقه کوردوبا اسپانیا برابر با ۵۰۵ میلی متر محاسبه کردند. حسن لی و پزانتی (۲۰۱۳) به منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گوجه فرنگی در دشت شمال آدلاید استرالیا آزمایشی انجام دادند. میزان ضریب گیاهی در مراحل اولیه رشد بین ۰/۴۹ تا ۰/۶۱، در مرحله توسعه بین ۰/۵۳ تا ۱/۳۴، در مرحله رشد میانی بین ۱/۱۷ تا ۱/۳۸ و در مرحله رشد نهایی بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۲ برآورد شد. همچنین میزان تبخیر-تعرق در طول فصل رشد گیاه، ۹۵۱ میلی متر برآورد شد. حسن و علی (۲۰۱۴) پژوهشی را بر روی گیاه گشنیز در منطقه ال بوستان مصر انجام دادند. در این تحقیق میزان تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از تشتک تبخیر بدست آمد. نتایج نشان داد، میانگین تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی گیاه گشنیز به ترتیب برابر با ۱۱۵۲/۹ و ۱۳۲۲/۴ میلی متر بود. جعفر و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی دو ساله در لبنان، میزان ضریب گیاهی گونه دارویی *Hyssop Biblical*

(*Marjorana Syriaca*) را به ترتیب برابر با ۰/۷۹ و ۰/۷۵ گزارش کردند. در این تحقیق، میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع (در طول دو سال آزمایش) برابر ۱۳۷۳ میلی متر (با استفاده از معادله هارگریوز) و میزان تبخیر-تعرق گیاه *Hyssop Biblical* برابر ۱۰۸۸ میلی متر محاسبه شد. پارادس و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی نیاز آبی، ضریب گیاهی و ضریب حساسیت به کم آبی سیب زمینی را در دو سال مطالعه کردند و بر اساس داده های گردآوری شده، مدل *SIMDualKc* را واسنجی و صحت سنجی کرده و توسعه دادند. نتایج نشان داد که برآورد دقیق نیاز آبی و مدیریت زمان کشت در کاهش آب آبیاری به صورت معنی داری نقش دارد و مدیریت آب مصرفی را بهبود می بخشد.

با توجه به اینکه شاهدانه گیاهی صنعتی و دارویی بوده و می تواند اهمیت زیادی در اقتصاد کشور به ویژه در بخش تولیدات دارویی داشته باشد و همچنین به دلیل اینکه اخیراً در مناطق مختلفی از کشور، کشت آن توسعه یافته و ضرایب گیاهی آن در مراحل مختلف رشد تاکنون در ایران و در سایر نقاط جهان، مطالعه، تعیین و گزارش نشده است لذا، این پژوهش با هدف تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی شاهدانه در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک بیرجند انجام شد.

مواد و روش ها

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی این منطقه کمتر از ۱۲۰ میلی متر و میانگین سالانه دمای آن ۱۶ درجه سانتی گراد است. شهرستان بیرجند با توجه به ضریب خشکی دومرتن که برای این منطقه کمتر از ۱۰ می باشد، دارای اقلیم خشک است (علیزاده، ۱۳۸۹). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان

لایسیمترها آبیاری شد و پس از نشست کامل مجدداً تا سطح مورد نظر با خاک پر شد. به منظور جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید و برقراری شرایطی مشابه با شرایط مزرعه، لایسیمترها در داخل خاک کارگذاری شدند. قبل از کاشت به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک درون لایسیمترها و همچنین خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده نمونه برداری صورت گرفت. نتایج مربوطه به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

اجرای طرح به صورت کشت گیاه در لایسیمترهایی به قطر ۲۶ و ارتفاع ۳۱ سانتی متر صورت گرفت که در سه لایسیمتر (به عنوان سه تکرار) گیاه شاهدانه و در سه لایسیمتر دیگر، گیاه مرجع (چمن) کشت شد. به منظور سهولت در انجام عمل زهکشی در کف هر کدام از لایسیمترها به ارتفاع شش سانتی متر شن ریز و درشت ریخته شد و مابقی حجم آن توسط خاک مورد نظر به همراه کود پوسیده حیوانی به منظور رشد بهتر گیاه پر گردید. جهت تحکیم خاک قبل از کشت، دو نوبت خاک داخل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک درون لایسیمترها

جرم مخصوص	رطوبت حجمی	رطوبت حجمی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن
ظاهر	ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی	(دسی زیمنس بر متر)	(دسی زیمنس بر متر)	الی
(گرم بر سانتی متر مکعب)	(درصد)	(درصد)			(درصد)
۱/۴	۲۵/۰۶	۱۶/۵۲	۲/۸۱	۷/۸	۰/۴۹
لوم					

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	SAR	کاتیون ها (میلی اکی والان بر لیتر)					آنیون ها (میلی اکی والان بر لیتر)		
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Hco ₃ ⁻	Co ₃ ²⁻	So ₄ ²⁻
۱/۴	۸	۷/۵	۳/۵	۲/۷	۱۳/۳	۰/۰۸	۸/۸	۴/۹	۰	۶/۴

و جین دستی صورت گرفت. در طی انجام آزمایش، آب زهکشی شده از لایسیمترها به صورت وزنی اندازه گیری و سپس به حجم و ارتفاع آب تبدیل شد. قبل از کاشت، رطوبت خاک مورد استفاده در محدوده ظرفیت زراعی با استفاده از صفحات فشاری اندازه گیری و سپس به صورت درصد حجمی تعیین گردید. اندازه گیری محتوای آب و

در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۶ کشت شاهدانه در داخل لایسیمترها صورت گرفت. در هر کدام از لایسیمترها به طور متوسط تعداد پنج عدد بذر شاهدانه به منظور بالا بردن شانس جوانه زنی بذر کشت گردید و سپس پس از سبز شدن اقدام به تنک کردن گیاه شد. همچنین در صورت مشاهده علف هرز و به منظور کنترل آن، به دفعات لازم

باشند، تبخیر-تعرق می تواند بر مبنای تغییر مقدار آب خاک (ΔSW) در طول یک دوره مشخص به صورت رابطه ۲ محاسبه گردد:

$$ET = I + P - RO - DP + CR \pm \quad (2)$$

$$\Delta SF \pm \Delta SW$$

با توجه به اینکه لایسیمتر یک محیط بسته است و انتقال آب از محیط اطراف به داخل آن امکان پذیر نبوده و تمام آب رسیده به سطح زمین به داخل آن نفوذ می کند، بنابراین میزان رواناب سطحی صفر خواهد بود. لذا در مطالعات نیاز آبی، معادله بیلان آب در خاک برای یک محیط بسته مانند لایسیمتر به صورت رابطه ۳ در نظر گرفته می شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$ET_C = I + P - D \pm \Delta S \quad (3)$$

که در آن:

ET_C : تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه (میلی متر بر روز)
 I : آب آبیاری (میلی متر)، P : میزان بارندگی (میلی متر)،
 D : آب زهکشی شده (میلی متر) و ΔS : تغییرات رطوبت خاک در دوره معین (میلی متر) می باشند. به طور معمول معادله بیلان آب در خاک می تواند شدت تبخیر-تعرق را در دوره های طولانی (هفته ای یا ده روزه) برآورد کند (صابری و همکاران، ۱۳۹۴).

تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0)

در این پژوهش، روشی که برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (چمن معمول برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتی متر) استفاده شد، شامل اندازه گیری مستقیم تبخیر-تعرق چمن با خصوصیات ذکر شده بود. بدین صورت که در طی زمان فصل رشد گیاه، تبخیر-تعرق چمن مشابه با تبخیر-تعرق گیاه شاهدانه اندازه گیری و به عنوان تبخیر-تعرق پتانسیل لحاظ گردید.

نتایج و بحث

اطلاع از میزان تبخیر-تعرق و یا میزان آب مصرفی گیاه اساس یک برنامه ریزی آبیاری را تشکیل می

خاک و تعیین نوبت آبیاری به صورت وزنی انجام شد، بدین صورت که رطوبت ظرفیت زراعی به عنوان رطوبت بهینه جهت وارد نیامدن تنش به گیاه در نظر گرفته شد و وزن مجموعه لایسیمتر و خاک در این رطوبت محاسبه گردید و سپس سعی شد که وزن لایسیمتر و در نتیجه رطوبت خاک در این حد حفظ شود.

ضریب گیاهی (K_c)

اگر تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع (ET_0) و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (ET_C) موجود باشند، ضریب گیاهی به کمک رابطه ۱ قابل اندازه گیری خواهد بود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$K_c = \frac{ET_C}{ET_0} \quad (1)$$

تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه (ET_C)

تبخیر-تعرق پتانسیل یک گیاه خاص را می توان با اندازه گیری مستمر تغییرات آب ذخیره شده در خاک داخل لایسیمتر و معادله بیلان آب در خاک بدست آورد. معادله بیلان آب در خاک، شامل میزان آب ورودی و خروجی به ناحیه ریشه گیاه در دوره های زمانی مشخص می باشد که اساس کار لایسیمتر وزنی است. آبیاری (I) و بارندگی (P)، منابع آب ورودی به محدوده توسعه ریشه گیاه محسوب می شوند. بخشی از آب آبیاری و بارندگی ممکن است به صورت رواناب سطحی (RO) و نفوذ عمقی (DP) تلف شده که موجب تغذیه سطح ایستابی می شود. همچنین امکان دارد، آب تحت صوت موئینه ای (CR) از یک سطح ایستابی بالا به محدوده (عمق) توسعه ریشه گیاه انتقال یابد و یا حتی در جهت افقی، به صورت جریان زیرزمینی به محدوده توسعه ریشه گیاه وارد یا از آن خارج گردد (ΔSF). با این اوصاف در بسیاری از شرایط، به استثنای شیب های هیدرولیکی بالا، مقادیر (ΔSF) ناچیز بوده و قابل صرف نظر است. تبخیر از خاک و تعرق از گیاه موجب تخلیه آب خاک محدوده توسعه ریشه گیاه می شوند. چنانچه به جزء تبخیر-تعرق، تمامی جریان ها قابل برآورد

دهد. بدون اطلاع از این موضوع یا کمتر از نیاز واقعی گیاه، آب در اختیار گیاه قرار گرفته و عملکرد گیاه را تحت الشعاع قرار می‌دهد و یا بیشتر از نیاز واقعی گیاه بوده و تلفات آب را به دنبال دارد. یکی از بهترین راهکارهای ارائه شده در رابطه با بررسی نیاز آبی گیاهان، برآورد ضرایب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه می‌باشد. با تجزیه و تحلیل داده های لایسمتری، مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع، تبخیر-تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی شاهدانه به صورت ده روزه در طی دوره رشد گیاه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد، مقادیر سالانه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه در طی دوره رشد گیاه به ترتیب برابر $89/6$ و $88/89$ میلی متر بود. بر اساس داده های موجود در جدول ۳، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع از دهه اول تا دهه دهم روندی افزایشی و پس از آن تا آخر دوره رشد گیاه روندی کاهشی داشته است. همچنین میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه دارویی شاهدانه از دهه اول تا دهه دوازدهم روندی افزایشی و در ادامه روندی کاهشی داشته است. ضرایب گیاهی نیز، از ابتدای دوره تا دهه سیزدهم افزایشی و پس از آن تا آخر دوره رشد گیاه کاهشی بوده است. نتایج این بخش با نتایج بسیاری از پژوهشگران دیگر روی سایر گیاهان دارویی مطابقت دارد که از این میان می‌توان به پژوهش هاشمی نسب و همکاران (۱۳۹۳) روی گیاه دارویی همیشه بهار و صابری و همکاران (۱۳۹۶) روی گیاه دارویی اجغون اشاره نمود.

به طور کلی ضریب گیاهی در چهار مرحله رشد، شامل مرحله ابتدایی رشد (از زمان کاشت تا زمانی که گیاه ۱۰ درصد سطح زمین را بپوشاند)، مرحله توسعه گیاه (از انتهای مرحله ابتدایی تا زمانی که گیاه به حداکثر رشد خود رسیده و حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد سطح زمین را در بر گیرد)، مرحله میانی (از انتهای مرحله توسعه تا زمانی که گیاه شروع به رسیدن کند مثلاً برگ‌ها زرد شوند یا بریزند) و

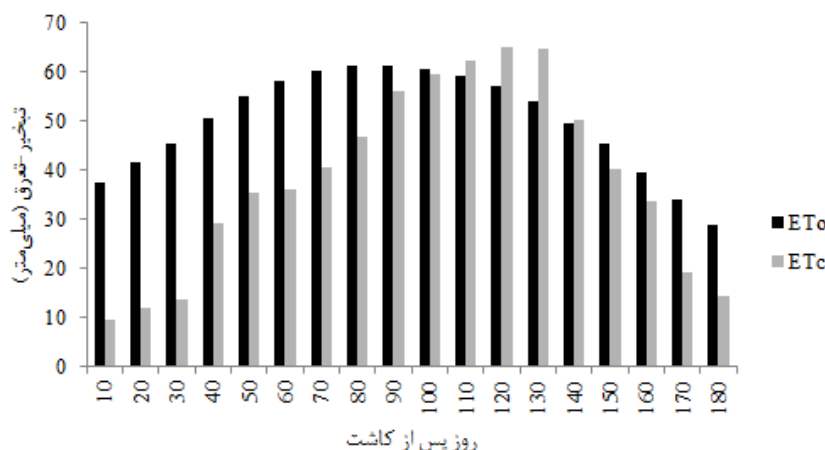
مرحله نهایی (از انتهای مرحله میانی تا زمان برداشت محصول) مورد محاسبه قرار می‌گیرد. به طور کلی ضریب گیاهی اثر متفاوت بودن ویژگی های یک محصول و سطح چمن با ظاهر ثابت و پوشش گیاهی کامل را در یک ضریب می‌گنجاند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)؛ بنابراین انواع محصولات دارای ضرایب گیاهی متفاوتی هستند. ضریب گیاهی به طور عمده به ویژگی های گیاه و به طور محدودتر به اقلیم هر منطقه بستگی دارد که این امر بیانگر لزوم استفاده از ضرایب گیاهی استاندارد در مناطق و اقلیم های مختلف می‌شود. ضرایب گیاهی شاهدانه در چهار مرحله رشد گیاه شامل مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برآورد شد که مقادیر حاصل از آن در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین طول دوره رشد در هر مرحله به ترتیب برابر با ۳۰، ۵۵، ۷۵ و ۲۰ روز و کل دوره رشد گیاه برابر با ۱۸۰ روز می‌باشد که این مقدار بسته به منطقه کشت گیاه متفاوت خواهد بود. نمودار تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل چمن و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه شاهدانه در شکل ۲ آمده است. همان طور که مشخص است، در ابتدای دوره رشد گیاه، اختلاف بین تبخیر-تعرق پتانسیل چمن و تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه زیاد بوده ولی در اواخر دوره رشد، این اختلاف کم می‌شود. حداقل و حداکثر مقادیر متوسط تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع به ترتیب برابر $28/8$ و $61/3$ میلی متر و تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه برابر $9/4$ و $65/21$ میلی متر در طی دوره های ۱۰ روز بود. تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه در مرحله ابتدایی به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه، پایین بوده و سپس در مرحله توسعه با افزایش رشد گیاه، افزایش شاخص سطح برگ و افزایش تعرق، افزایش یافته است. در مرحله میانی به دلیل توسعه اندام هوایی گیاه و پرشدن دانه ها، میزان تبخیر-تعرق پتانسیل شاهدانه به حداکثر مقدار خود رسیده و به تدریج در مرحله پایانی روند کاهشی داشته است.

جدول ۳- تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ده روزه شاهدانه در سال ۱۳۹۶

دهه	تبخیر-تعرق پتانسیل مرجع (میلی متر)	لایسیمتر ۱		لایسیمتر ۲		لایسیمتر ۳		متوسط
	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)	ضریب گیاهی	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)	ضریب گیاهی	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)	ضریب گیاهی	تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی متر)	ضریب گیاهی
۱	۳۷/۶	۸/۶۵	-/۲۳	۹/۴	-/۲۵	۱۰/۱۵	-/۲۷	۹/۴۰
۲	۴۱/۵	۱۲/۴۵	-/۳	۱۱/۲۱	-/۲۷	۱۲/۰۴	-/۲۹	۱۱/۹
۳	۴۵/۴	۱۴/۰۷	-/۳۱	۱۳/۱۷	-/۲۹	۱۴/۰۷	-/۳۱	۱۳/۷۷
۴	۵۰/۵	۲۳/۷۴	-/۴۷	۳۱/۳۱	-/۶۲	۳۲/۳۲	-/۶۴	۲۹/۱۲
۵	۵۵/۱	۳۰/۸۶	-/۵۶	۳۶/۹۲	-/۶۷	۳۸/۰۲	-/۶۹	۳۵/۲۶
۶	۵۸/۳	۳۴/۹۸	-/۶	۳۷/۳۱	-/۶۴	۳۶/۱۵	-/۶۲	۳۶/۱۵
۷	۶۰/۴	۳۹/۸۶	-/۶۶	۴۰/۴۷	-/۶۷	۴۱/۶۸	-/۶۹	۴۰/۶۷
۸	۶۱/۱	۴۵/۲۱	-/۷۴	۴۷/۰۵	-/۷۷	۴۷/۶۶	-/۷۸	۴۶/۶۴
۹	۶۱/۳	۵۴/۵۶	-/۸۹	۵۶/۴۰	-/۹۲	۵۷/۶۲	-/۹۴	۵۶/۱۹
۱۰	۶۰/۵	۵۸/۶۹	-/۹۷	۶۰/۵۰	۱	۵۹/۹	-/۹۹	۵۹/۶۹
۱۱	۵۹/۳	۶۱/۶۷	۱/۰۴	۶۲/۸۶	۱/۰۶	۶۲/۲۷	۱/۰۵	۶۲/۲۷
۱۲	۵۷/۲	۶۳/۴۹	۱/۱۱	۶۶/۳۵	۱/۱۶	۶۵/۷۸	۱/۱۵	۶۵/۲۱
۱۳	۵۴	۶۴/۲۶	۱/۱۹	۶۵/۸۸	۱/۲۲	۶۳/۷۲	۱/۱۸	۶۴/۶۲
۱۴	۴۹/۷	۵۰/۲۰	۱/۰۱	۵۱/۱۹	۱/۰۳	۴۹/۷	۱	۵۰/۳۶
۱۵	۴۵/۴	۳۹/۵۰	-/۸۷	۴۰/۴۱	-/۸۹	۴۰/۸۶	-/۹	۴۰/۲۵
۱۶	۳۹/۶	۳۳/۲۶	-/۸۴	۳۴/۴۵	-/۸۷	۳۳/۶۶	-/۸۵	۳۳/۷۹
۱۷	۳۳/۹	۱۷/۹۷	-/۵۳	۱۹/۳۲	-/۵۷	۲۰	-/۵۹	۱۹/۱
۱۸	۲۸/۸	۱۴/۱۱	-/۴۹	۱۴/۴۰	-/۵	۱۴/۹۸	-/۵۲	۱۴/۵
جمع	۸۹۹/۶	۶۶۷/۵۳	-	۶۹۸/۵۸	-	۷۰۰/۵۶	-	۶۸۸/۸۹

جدول ۴- مقادیر ضرایب گیاهی شاهدانه در مراحل مختلف رشد و طول دوره رشد

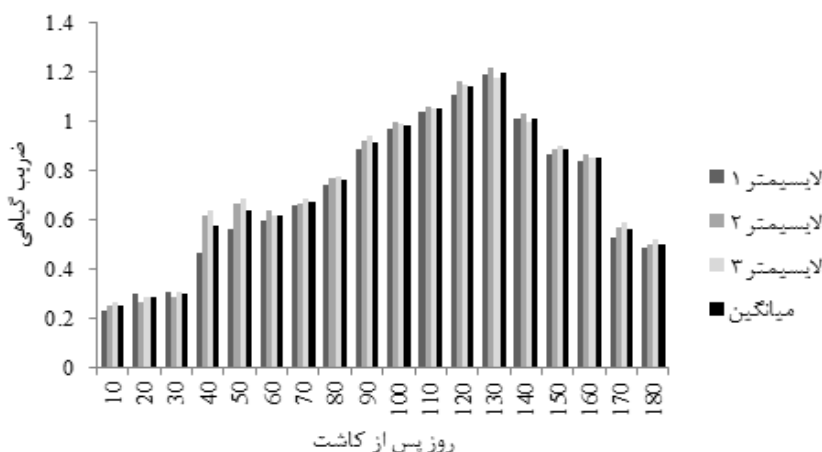
مراحل رشد	طول دوره (روز)	تاریخ		ضریب گیاهی		
		شروع	پایان	لایسیمتر ۱	لایسیمتر ۲	لایسیمتر ۳
ابتدایی	۳۰	۹۶/۰۲/۱۵	۹۶/۳۰/۱۳	-/۲۸	-/۲۷	-/۲۹
توسعه	۵۵	۹۶/۰۳/۱۴	۹۶/۰۵/۰۶	-/۶۳	-/۷۰	-/۷۱
میانی	۷۵	۹۶/۰۵/۰۷	۹۶/۰۷/۱۹	۱/۰۰	۱/۰۳	۱/۰۱
انتهایی	۲۰	۹۶/۰۷/۲۰	۹۶/۰۸/۰۹	-/۵۱	-/۵۴	-/۵۶



شکل ۲- متوسط تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی شاهدانه در طی دوره رشد

میانی به حداکثر مقدار خود رسیده و در نهایت در مرحله انتهایی رشد ضریب گیاهی کاهش یافته است. با توجه به نتایج این بخش می توان اظهار نمود که به علت تغییرات زیاد شرایط اقلیمی مانند دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد، تابش خورشیدی و سایر عوامل موثر بر تبخیر-تعرق، طول دوره های رشد گیاه شاهدانه ثابت نبوده و برای اینکه طول مراحل چهارگانه رشد گیاه از قطعیت بیشتری برخوردار باشد، نیاز به تحقیقات بیشتر در شرایط آب و هوایی متفاوت می باشد.

نمودار تغییرات ضریب گیاهی ۱۰ روزه شاهدانه مربوط به هر کدام از لایسیمترها به همراه میانگین آن ها در طی دوره رشد گیاه، در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد، حداقل و حداکثر مقادیر متوسط ضریب گیاهی شاهدانه به ترتیب برابر ۰/۲۵ (در دوره ابتدایی) و ۱/۲۰ (در دوره میانی) برآورد شد. همان طور که مشخص است، ضریب گیاهی شاهدانه در مرحله ابتدایی رشد تقریباً ثابت بوده و سپس در مرحله توسعه شروع به افزایش پیدا کرده و تا آغاز مرحله میانی رشد ادامه داشته است و پس از آن در مرحله



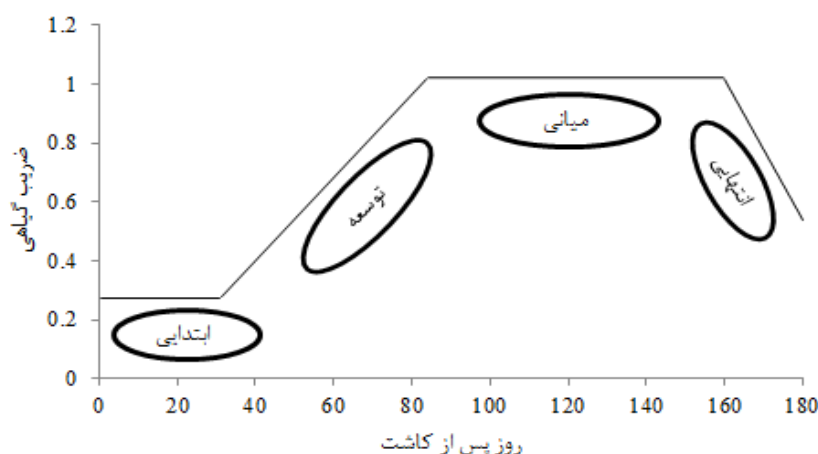
شکل ۳- مقادیر ضریب گیاهی شاهدانه مربوط به هر کدام از لایسیمترها در طی دوره رشد

رشد گیاه، منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم شد تا در هر مرحله از رشد، ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود. برای رسم این منحنی در مراحل ابتدایی و میانی از روش

بر اساس روش پیشنهادی فائو برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده از آن جهت تبدیل تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع به تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مورد نظر برای دوره

فائو ۵۶، ضریب گیاهی ارائه شده در مرحله پایانی نیز مربوط به آخرین روز از دوره رشد می‌باشد. منحنی ضریب گیاهی شاهدانه مطابق با روش ارائه شده در نشریه فائو ۵۶ در شکل ۴ ارائه شده است.

میانگین‌گیری استفاده شد. همچنین تغییرات ضریب گیاهی در مراحل توسعه و پایانی با توجه به مقدار ضریب گیاهی بدست آمده در ابتدا و انتهای هر مرحله از رشد و در نهایت با بدست آوردن معادله خط قابل ترسیم است. در نشریه



شکل ۴- تغییرات ضریب گیاهی شاهدانه در مراحل چهارگانه رشد

انتهای به ترتیب برابر با ۳۰، ۵۵، ۷۵ و ۲۰ روز و ۰/۲۸، ۰/۶۸، ۱/۰۱ و ۰/۵۴ حاصل شد. از سویی، با استفاده از ضرایب گیاهی بدست آمده در این پژوهش که تاکنون به صورت تجربی برای منطقه بیرجند ارائه نشده است و همچنین محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع توسط نرم‌افزارهایی مانند AGWAT، CROPWAT، PEF-ET و غیره، برآورد نیاز آبی گیاه شاهدانه امکان‌پذیر بوده و می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری این گیاه در منطقه خشک و نیمه‌خشک بیرجند و مناطقی با شرایط آب و هوایی مشابه استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آبی بجای کاشت چمن در لایسمتر، تبخیر-تعرق گیاه مرجع به کمک معادله پنمن-مانیت محاسبه شود و با نتایج این پژوهش مقایسه گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به کمبود منابع آب و تغییر اقلیم دوره های آبی، توجه به گیاهان دارویی و برآورد پارامترهای مورد نیاز آنها مانند نیاز آبی و ضریب گیاهی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این پژوهش، گیاه دارویی شاهدانه مورد بررسی قرار گرفت و نیاز آبی آن در منطقه خشک و نیمه‌خشک بیرجند برآورد گردید. با توجه به عمق توسعه ریشه گیاه در لایسمترهایی به قطر ۲۶ و ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر، بذر چمن فضای سبز کاشته شد و نیاز آبی آن به عنوان تبخیر-تعرق مرجع در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد، مقدار نیاز آبی گیاه شاهدانه در طی دوره رشد گیاه برابر ۶۸۸/۸۹ میلی‌متر بود. همچنین طول دوره‌های مختلف رشد و مقادیر ضرایب گیاهی در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و

فهرست منابع

۱. راد، م.ه.، عصاره، م.ح.، سلطانی، م. و تجملیان، م. ۱۳۹۲. تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی آب در دو گونه اکالیپتوس در شرایط لایسمتری. نشریه پژوهش آب ایران، ۷ (۱۲): ۷۱-۷۸.

۲. ریحانی، ن. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۴. برآورد ضریب گیاهی زیره سبز در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک، ۲۹ (۵): ۱۰۵۶-۱۰۴۷.
۳. سفیدکن، ف. ۱۳۸۷. برنامه راهبردی تحقیق پژوهش‌های گیاهان دارویی. موسسه تحقیقات، جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، وزرات جهاد کشاورزی، ۴۰ صفحه.
۴. صابری، ا.، رضایی، ف. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۶. برآورد ضریب گیاهی اجغون (*Trachyspermum ammi*) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱ (۳): ۳۸۹-۳۸۸.
۵. صارمی، م.، فرهادی، ب.، ملکی، ع. و فراستی، م. ۱۳۹۴. تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی عدس به روش بیلان آبی (مطالعه موردی: خرم‌آباد). نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، ۶ (۲): ۸۷-۹۸.
۶. علیزاده، ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ بیست و هشتم، مشهد، ایران، ۸۶۶ صفحه.
۷. قوام سعیدی نوقابی، س.، خاشعی سیوکی، ع. و حمامی، ح. ۱۳۹۸. برآورد ضریب گیاهی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک، ۳۳ (۱): ۱-۱۱.
۸. هاشمی‌نسب، فریده السادات، موسوی بایگی، م.، علیزاده، ا. و بختیاری، ب. ۱۳۹۳. برآورد ضرایب گیاهی و نیاز آبی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis L.*) در اقلیم نیمه‌خشک کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۲ (۲): ۶۲-۶۹.
9. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy, 300 p.
10. Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., and Venturi, G. 2008. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa L.*) fibre and implication for an innovative production system. Field Crops Research, 107(2): 161-169.
11. Flores-Sanchez, I.J., and Verpoorte, R. 2008. Secondary metabolism in cannabis. Phytochemistry Reviews, 7(3): 615-639.
12. Hassan, F.A.S., and Ali, E.F. 2014. Impact of different water regimes based on class-A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum L.* plant. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 13(2): 155-161.
13. Hassanli, A.M., and Pezzaniti, D. 2013. Crop Irrigation scheduling in South Australia, A case study. Water Journal, 40(4): 92-97.
14. Jaafar, H., Khraizat, Z., Bashour, I., and Haidar, M. 2017. Determining water requirements of biblical hyssop using an ET-based drip irrigation system. Agricultural Water Management, 180: 107-117.
15. Mahdavi-Damghani, A., Kamkar, B., Al-Ahmadi, M.J., Testi, L., Muñoz-Ledesma, F.J., and Villalobos, F.J. 2010. Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum L.*). Agricultural Water Management, 97(10): 1582-1590.
16. Orhan, I., and Sener, B. 2002. Fatty acid content of selected seed oils. Journal of Herbal Pharmacotherapy, 2(3): 29-33.
17. Paredes, P., D'Agostino, D., Assif, M., Todorovic, M., and Pereira, L.S. 2018. Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual Kc approach. Agricultural Water Management, 195: 11-24.
18. Piotrowski, S., and Carus, M. 2011. Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products. Nova Institute, 5: 1-6.
19. Rehman, M.S.U., Rashid, N., Saif, A., Mahmood, T., and Han, J.I. 2013. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18: 154-164.

20. Van Bakel, H., Stout, J.M., Cote, A.G., Tallon, C.M., Sharpe, A.G., Hughes, T.R., and Page, J.E. 2011. The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa*. *Genome Biology*, 12(10): R102.
21. Van der Werf, H.M., and Turunen, L. 2008. The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. *Industrial Crops and Products*, 27(1): 1-10.

اثر مقادیر مختلف مواد غذایی و آب بر بهره‌وری آب در گل سوسن در گلخانه

معظم حسن پور اصیل، جمالعلی الفتی، محمدرضا خالدیان^۱ و زهرا سادات نبوی مهاجر

استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

hassanpour1@gmail.com

دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

jamalaliolfati@gmail.com

دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه آبی دریای خزر، رشت.

khaledian@guilan.ac.ir

دانشجوی دکتری علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

z.snabavi@yahoo.com

دریافت: فروردین ۱۳۹۹ و پذیرش: مهر ۱۳۹۹

چکیده

هدف از پژوهش حاضر مطالعه اثر کودآبیاری با سطوح مختلف مواد غذایی و رژیم‌های آبیاری بر بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به حجم آب مصرفی حاوی مواد غذایی) در کشت سوسن گلخانه‌ای است. آزمایش طی دو سال در دانشگاه گیلان انجام شد. در سال اول از بین چهار غلظت مختلف مواد غذایی بر حسب محلول کوئیک شامل S1، S2، S3 و S4، غلظت مناسب مواد غذایی تعیین شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تیمار S1، (تیمار دارای بیشترین غلظت عناصر غذایی) بر بیشتر خصوصیات رویشی، زایشی و پس از برداشت گیاه سوسن اثر مثبتی داشت. در سال دوم با داشتن غلظت مناسب مواد غذایی و تهیه سه سطح مختلف از آن شامل S11، S12 و S13، رژیم‌های مختلف آبیاری بر حسب ظرفیت زراعی مدنظر قرار گرفت. چهار رژیم مختلف آبیاری به‌منظور تامین رطوبت خاک تا رسیدن به ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌کار رفت. نتایج آزمایش دوم نیز نشان داد که استفاده از تیمارهای کم آبیاری ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد باعث افزایش بهره‌وری آب شد و این بهره‌وری بیشتر آب بر صفات رویشی و زایشی گیاه تأثیر سوء نداشت. بر اساس نتایج، اعمال تیمارهای کم آبیاری بر ویژگی‌هایی نظیر ماندگاری گل بریده معنی‌دار شد و با کاهش مصرف آب و افزایش غلظت محلول غذایی ماندگاری بیشتر شد. در مورد خصوصیات رویشی گیاه سوسن نیز داده‌ها نشان داد که صفاتی مانند وزن تر و خشک ریشه، برگ و گل به‌طور مثبت با کاهش سطح آبیاری و افزایش محلول غذایی، تحت تأثیر قرار گرفت در حالی که صفات ارتفاع گیاه و تعداد و وزن پیازچه دختری تحت تأثیر این تیمارها نبود. بیشترین مقدار بهره‌وری آب حاوی مواد غذایی در تیمار سوم مواد غذایی و آبیاری در سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و به میزان ۲۱/۵۷ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: محلول غذایی، کودآبیاری، کم آبیاری، ماندگاری گل بریده

^۱ آدرس نویسنده مسئول: رشت، دانشگاه گیلان-دانشکده علوم کشاورزی، گروه مهندسی آب.

مقدمه

گل سوسن (*Lilium sp.*) یکی از گیاهان گل‌دهنده علفی پایا، پیازی با گل‌های بزرگ و زیبا، متعلق به خانواده لیلیاسه (*Liliaceae*) و یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده دنیا است (اندرسون، ۲۰۰۷؛ الام و همکاران، ۲۰۱۳). بعضی از گونه‌های این گل خاصیت دارویی نیز دارند (دیانی و همکاران، ۲۰۰۹). این گل در حراج‌های عمده گل در هلند از نظر رتبه فروش بعد از رز، میخک و داوودی چهارمین گل شاخه بریدنی است (پاراندیان و سماوات، ۲۰۱۴). مساحت کل تولیدات گل و گیاه زیتنی کشور در سال ۱۳۹۷ حدود ۷۸۲۱/۶ هکتار بوده است که شامل ۵۱۵۲/۶ هکتار فضای باز و ۲۶۶۹ هکتار مساحت کل گلخانه می‌باشد. میزان تولید گل شاخه بریده در ایران از حدود ۲/۵۶ میلیارد شاخه در سال ۱۳۹۶ به ۲/۶۰ میلیارد شاخه در سال ۱۳۹۷ رسیده است که ۱/۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد. میزان تولید گل گلدانی از حدود ۱۲۰ میلیون گلدان در سال ۱۳۹۶ به ۱۷۵ میلیون گلدان در سال ۱۳۹۷ رسیده است و برابر ۴۵ درصد رشد داشته است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷). بر اساس آمارهای ارائه شده وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۷ مساحت کل گلخانه‌های کشور، ۲۶۶۹ هکتار است. مساحت گلخانه‌ها در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال قبل رشدی معادل هشت درصدی داشته است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۷). مدیریت مناسب آب مصرفی در این گلخانه‌ها با توجه به محدودیت منابع آب کشور بایستی مدنظر قرار گیرد و راهکارهایی برای کاهش مصرف آب با حفظ کمیت و کیفیت عملکرد گیاه توسط پژوهشگران پیشنهاد شود تا بهره‌وری آب در این بخش ارتقا یابد.

تولید گلخانه‌ای در چندین دهه اخیر به‌طور چشمگیری پیشرفت کرده است، این پیشرفت معمولاً با توسعه سیستم‌های کشت بدون خاک توأم بوده که متمرکزترین و کاراترین روش تولید در کشاورزی است (گریلاس و همکاران، ۲۰۰۱؛ ساکالیدی و همکاران، ۲۰۱۵). سیستم کشت بدون خاک انعطاف‌پذیری کشت

متراکم را تضمین کرده، عملکرد و کیفیت بالای محصولات تولیدی را، حتی در مناطقی با شرایط رشد نامناسب فراهم می‌کند (گریلاس و همکاران، ۲۰۰۱). کشت بدون خاک به شدت در کشاورزی حفاظتی برای بهبود کنترل همه عوامل محیطی رشد و اجتناب از حالت‌های شرایط متغیر خاک استفاده شده است. این سیستم کشت ظرفیت افزایش عملکرد را دارد و بهبود تولید محصول می‌تواند به بیش از ۱۰ برابر برسد (پاترا و یولیاندو، ۲۰۱۵). سوسن‌ها در هر خاکی که بافت آن بتواند رطوبت و تهویه کافی برای ریشه فراهم نماید، رشد می‌کنند. سوسن‌ها در انواع متفاوتی از مخلوط‌های بستر کشت از ۱۰۰ درصد خاک تا ۱۰۰ درصد بستر کشت غیرخاکی مثل پیت، کشت می‌شوند (گیل، ۲۰۰۶؛ خیمنز و همکاران، ۲۰۱۲). بسیاری از مواد گیاهی متداول در کشت‌های بدون خاک، برای کشت سوسن موفقیت‌آمیز بوده‌اند که شامل کمپوست پوست درختان، خاک اره، فیبر نارگیل، پیت و غیره هستند. پیت‌ماس و کوکوپیت از مواد ارجحیت‌دار برای تولید بیشتر محصولات گلخانه‌ای هستند (مورگان، ۲۰۰۶).

تأمین محلول غذایی گیاهان برای بهینه کردن تغذیه گیاه نه تنها در کشت بدون خاک بلکه در کشت خاکی گلخانه‌ای نیز به‌صورت یک عمل معمول درآمده است. از مزایای این سیستم، یکنواختی کاربرد مواد غذایی و آب برای گیاه است، بنابراین هدررفت کاهش یافته و شرایطی نزدیک به حالت رشد ایده‌آل برای گیاه فراهم می‌آید (ساواس و همکاران، ۲۰۱۳). فاکتورهای تغذیه‌ای شامل انواع و غلظت عناصر غذایی، ترکیبات آنها و آب آبیاری عوامل کلیدی در بهبود کیفیت گیاهان هستند (پاترا و یولیاندو، ۲۰۱۵). کیفیت گل مهم‌ترین ویژگی گل شاخه بریدنی است که با کاربرد مواد غذایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد و برای حضور در بازار رقابت جهانی، کیفیت نقش اساسی را ایفاء می‌کند. همچنین تأمین تلفیقی محلول غذایی به همراه عناصر کم‌مصرف در مقادیر کافی و استفاده در زمان‌های مناسب یکی از مهم‌ترین عواملی است که رشد گیاه را در گیاهان زیتنی کنترل می‌کند (گانش و کانان،

۲۰۱۳). سوسن‌ها گیاهانی با نیاز کودی کم تا متوسط تلقی می‌شوند (تدر، ۲۰۰۳). در گل سوسن تغذیه درست به‌منظور تولید گل شاخه‌بریدنی بسیار مهم است (بیتی و وایت، ۱۹۹۳). هر گونه اختلال در برنامه تغذیه‌ای ممکن است منجر به بروز علائم کمبود عناصر غذایی شود (بارنس، ۲۰۱۰). ساواس (۲۰۰۱) بیان داشته که هدایت الکتریکی (EC) یکی از مهم‌ترین خصوصیات محلول‌های غذایی مورد استفاده در کشت‌های بدون خاک است. اگر EC محلول غذایی خیلی پایین باشد، تامین برخی از مواد برای گیاه ممکن است کافی نباشد. اسیدیته بهینه محلول (pH) در ناحیه ریشه بیشتر گونه‌هایی که در روش کشت بدون خاک پرورش می‌یابند، در حدود ۵/۵-۵/۶ است. اگرچه pH در محدوده ۵/۵-۷ نیز در بیشتر محصولات مسئله‌ای را ایجاد نمی‌کند (آدامز، ۲۰۰۲). عناصر غذایی مانند N، P و K به‌عنوان عناصر پایه مسئول رشد سلول، فعال کننده آنزیم و تنفس شناخته شده‌اند (دیدریچز، ۲۰۰۶؛ استرن، ۲۰۰۶). شایع‌ترین کمبود در گیاهان، عناصر پرصرف ذکر شده و نیز عناصر Ca، Mg و S هستند که نسبت به ریزمغذی‌ها توسط گیاهان در مقادیر زیاد استفاده می‌شوند (داکیدی و سموکا، ۲۰۰۶؛ لیو و همکاران، ۲۰۰۸). مواد غذایی غیرآلی که توسط ریشه جذب می‌شوند از طریق آب آبیاری فراهم می‌شوند (ساواس و همکاران، ۲۰۱۳). از مزایای این سیستم کشت، یکنواختی کاربرد مواد غذایی و آب برای گیاه است، بنابراین هدررفت کاهش یافته و شرایطی نزدیک به حالت رشد ایده‌آل برای گیاه فراهم می‌آید. کشت بدون خاک ظرفیت افزایش عملکرد را به‌دنبال دارد به‌طوری‌که بهبود تولید محصول می‌تواند بیش از ۱۰ برابر باشد (ساواس و همکاران، ۲۰۱۳؛ بوراج، ۲۰۱۴). مشکلات کم‌آبی و خشک‌سالی در بسیاری از نقاط جهان اتفاق افتاده است. چالشی که از قبل وجود داشته و به‌دلیل شرایط موجود در حال رشد است (پاترا و یولپاندو، ۲۰۱۵). روش‌های مختلفی برای تأمین تقاضای فزاینده غذا در آینده بیان شده‌اند که مهم‌ترین راهبرد افزایش بهره‌وری آب و استفاده مؤثرتر از دیگر نهاده‌های تولید منابع

طبیعی است. تولید بیشتر محصولات کشاورزی به ازای واحد آب مصرفی، یک راهکار مناسب است. بهره‌وری فیزیکی آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب به‌دست می‌آید. برای بهبود بهره‌وری آب بایستی میزان مصرف آب را کاهش و عملکرد گیاه را افزایش داد یا لااقل عملکرد را ثابت نگهداشت (صافی و میرلطیفی، ۱۳۹۴).

برای کاهش آب مصرفی بایستی نیاز آبی واقعی گیاه تعیین شود. در رابطه با تعیین نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای مطالعاتی در دنیا انجام گرفته است تا آب آبیاری با حداکثر بهره‌وری ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد. در پژوهشی دو ساله در رشت، میزان تبخیر-تعرق روزانه سوسن در شرایط گلخانه به‌ترتیب ۱/۸ و ۱/۰۷ میلی‌متر در روز به‌دست آمد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج نشان داده‌اند که تبخیر-تعرق کشت در محیط گلخانه ۷۵ تا ۸۰ درصد تبخیر-تعرق خارج از گلخانه است. به‌عبارت دیگر کشت گلخانه‌ای در مقایسه با کشت خارج از گلخانه می‌تواند حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب داشته باشد (امپوسیا، ۲۰۰۶). تولید محصولات در گلخانه‌ها به‌عنوان یک توانایی و راه‌حل برای کاهش تقاضای منابع آب شناخته شده است. سیستم‌های تولید گلخانه‌ای با کشت بدون خاک قادر هستند راه‌حلی برای مسئله حفظ آب و تولید غذا فراهم کنند. سیستم‌های کشت بدون خاک استفاده شده در گلخانه‌ها می‌تواند آب مورد نیاز برای آبیاری محصول را با کاهش تلفات آب طی انتقال تا رسیدن به محصول، کاهش تبخیر از سطح بستر ریشه و کاهش تلفات توسط نفوذ عمقی، کاهش دهند (فرود و همکاران، ۲۰۰۴).

سیفی و همکاران (۲۰۱۲) طی آزمایشی بهره‌وری آب، عملکرد و کیفیت گل چند رقم سوسن در کشت خاکی را بررسی کرده و نشان دادند که با آبیاری قطره‌ای سوسن‌ها با استفاده از آب نهر، آب فیلتر شده و مخلوطی از این دو، بر عملکرد گل و کیفیت آن تاثیر گذاشته و هر سه رقم سوسن بیشترین عملکرد گل را تولید کردند. در آزمایشی

مواد و روش

پژوهش حاضر در دو بخش جداگانه، طی دو سال انجام شد. در سال اول این آزمایش با هدف تعیین بهترین محلول غذایی از نظر مقدار و غلظت عناصر غذایی با استفاده از چهار محلول غذایی مختلف اجرا شد و اثر آن بر رشد، نمو، گلدهی و خصوصیات ماندگاری گیاه سوسن (*Lilium cv. Fangio*) مورد ارزیابی قرار گرفت. در سال دوم، اثر سه سطح از بهترین غلظت مواد غذایی سال اول تحت چهار رژیم آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری حاوی مواد غذایی مطالعه شد.

آزمایش سال اول

این آزمایش در گلخانه‌ی تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان از آذر ماه سال ۱۳۹۴ تا مرداد ماه ۱۳۹۵ انجام شد. گلخانه دارای مساحت ۱۲ متر مربع و از جنس پلی‌کربنات با قابلیت تنظیم اتوماتیک نور، دما، CO₂ و رطوبت نسبی است. پیازهای F₁ سوسن رقم فانجیو (*Fangio*) به رنگ قرمز از گروه سوسن‌های LA از وارد کننده‌های قابل اعتماد تهیه شدند. به‌منظور بررسی اثر غلظت‌های مختلف عناصر غذایی بر خصوصیات رویشی و زایشی گل بریدنی سوسن این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار محلول غذایی و در هر تیمار ۲۰ گلدان انجام شد و در پایان فصل رشد، صفات مورد نظر تحلیل آماری شدند. طراحی محلول غذایی بر پایه‌ی محلول غذایی کوئیک (لسنت و کوئیک، ۱۹۸۳) و بررسی منابع مربوط به تغذیه سوسن (بارنس، ۲۰۱۰؛ اسکر، ۲۰۱۵) انجام شد. ترکیب محلول‌های پایه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مقدار عناصر غذایی در چهار نوع محلول غذایی (میلی گرم بر لیتر)

نوع نمک	نیتрат پتاسیم	دی پتاسیم مونوهیدروژن فسفات	مونوپتاسیم دهیدروژن فسفات	نیترات کلسیم	نیترات آمونیوم	کلرید سدیم	سولفات منیزیم	EC (dS/m)	pH
محلول غذایی ۱ (S1)	۶۳۱/۱	۴۳/۵	۱۰۲	۵۱۲/۵	۱۵۰	۱۲/۶	۲۳۰/۶	۱/۲۴	۵/۳۹
محلول غذایی ۲ (S2)	۵۰۵	۳۴/۸	۸۱/۶	۴۱۰	۱۲۰	۱۱/۷	۱۸۴/۵	۱/۰۷	۵/۷۱
محلول غذایی ۳ (S3)	۷۸/۸	۲۶/۱	۶۱/۲	۳۰۷/۵	۹۰	۸/۸	۱۳۸/۴	۱/۱۹	۵/۷۱
محلول غذایی ۴ (S4)	۲۵۲/۵	۱۷/۴	۴۰/۸	۲۰۵	۶۰	۵/۹	۹۲/۳	۰/۸۳	۵/۸۵

مشابه اثرات انواع آب (نهر، آب فیلتر شده و مخلوطی از این دو) بر چند گل شب‌بو بررسی شده و نتایجی مشابه نتایج کاربرد انواع کیفیت آب بر عملکرد و کیفیت چند رقم سوسن را به‌دست آوردند (سیفی و همکاران، ۲۰۰۷). جذب عناصر غذایی تحت تاثیر عوامل مختلفی مثل شرایط محیطی، آبیاری، نوع کود و روش‌های کاربرد آن قرار می‌گیرند بنابراین ضروری است تا اطلاعات کاملی در مورد آبیاری و نیازهای تغذیه‌ای سوسن به‌منظور اجتناب از هدر رفت آب و عناصر غذایی وجود داشته باشد، زیرا تطابق تقاضای آب و عناصر غذایی توسط گیاه و تأمین آن، هزینه تولید و نیز خطر آلودگی آب و محیط‌زیست را می‌کاهد (دوفور و گرین، ۲۰۰۵). در حال حاضر تولیدکنندگان سوسن برخی از فرمول‌های غذایی را استفاده می‌کنند که برای افزایش کارایی تولید محصول نیاز است، ولی باید مناسب بودن این فرمول‌های غذایی ارزیابی شوند تا بتوان فرمول مناسب را برای تولیدکنندگان این گل با ارزش، توصیه کرد. مطالعات ذکر شده در بالا نشان دادند آبیاری و تغذیه بهینه در رشد و نمو گیاه، عملکرد گل، ماندگاری گل‌ها پس از برداشت و تولید پیازچه دختری گل سوسن برای ازدیاد تجاری آن، نقش به‌سزایی دارند؛ بنابراین پژوهش حاضر، برای بررسی اثر محلول‌های غذایی و سطوح آبیاری مختلف بر رشد، نمو و گلدهی گل سوسن شاخه بریدنی در شرایط کشت بدون خاک انجام شد تا بهترین محلول غذایی توأم با بهترین سطح آبیاری برای تغذیه این گل ارزشمند در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی، تعیین شود.

بسترهای کشت با ترکیب بستر تجاری کوکوپیت و پرلایت (به نسبت ۷۰٪ کوکوپیت و ۳۰٪ پرلایت) تهیه شد و سپس یک پیاز در هر گلدان پلاستیکی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر و حجم چهار لیتر، قرار داده شد. قبل از پر کردن گلدان، گلدان‌های خالی وزن شدند و سپس با میزان یکسانی از مواد بستر پر شدند. قبل از کشت پیازها از مخلوط بستر کشت نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. وزن پیازها قبل از کشت به‌طور متوسط 60 ± 5 گرم بود. کشت پیازها در ۲۵

آذر ماه سال ۱۳۹۴ انجام گرفت و بعد از کشت، آبیاری به‌صورت دستی انجام شد. یک هفته پس از کشت، تغذیه گیاهان با محلول‌های غذایی مختلف انجام شد. برای این-کار، کودهای مختلف در آب حل شدند و محلول‌های غذایی آماده شدند. ابتدا هر کدام از محلولها با غلظت یک چهارم تهیه و به‌صورت دستی در اختیار گیاهان قرار گرفت و بعد غلظت به یک دوم افزایش و نهایتاً به‌صورت کامل در اختیار گیاهان قرار گرفت.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی بستر کوکوپیت و پرلایت (به نسبت ۷۰٪ کوکوپیت و ۳۰٪ پرلایت) برای کشت بدون خاک گل شاخه بریدنی سوسن

خصوصیات	جرم ویژه حقیقی (g/cm^3)	جرم ویژه ظاهری (g/cm^3)	pH	EC (dS/m)
بستر	۰/۲	۰/۱۷	۵/۹	۲/۹۵

در طول دوره پرورش پیازها در گلخانه، دمای محیط ۱۸-۲۲ درجه سلسیوس در روز و ۱۴-۱۲ درجه سلسیوس در شب، رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد و شدت نور ۵۰ میکرومول بر متر مربع تنظیم شد. رطوبت نسبی در محیط پرورش گل سوسن به‌خصوص در گلخانه باید بین ۸۰-۷۰ درصد باشد. حفظ رطوبت نسبی در شرایط مناسب به‌اندازه‌ای مهم است که تغییرات اندک آن منجر به ایجاد استرس و سوختگی برگ در گونه‌های حساس سوسن می-شود (ایجکینگ و بوشمن، ۲۰۱۱).

از ابتدای هفته سوم بعد از کشت پیازها و با سبز شدن برگچه‌ها (زمانی که گیاهچه حاصل از پیازهای کشت شده در گلدان‌ها به اندازه ۱۰ سانتی‌متر رشد کردند) محلول‌دهی بر پایه نیاز آبی گیاه با ارزیابی میزان رطوبت ظرفیت زراعی بستر کشت با روش توزین و به‌صورت دستی انجام گرفت. عملیات آبیاری همراه با تغذیه گیاه هر روز انجام گرفت (امیدی و همکاران، ۱۳۹۶).

در پایان آزمایش از هر تکرار سه گلدان برای ارزیابی صفات مختلف مورد استفاده قرار گرفت و صفات مختلف مانند وزن تر ریشه، برگ و گل، وزن خشک ریشه، برگ و گل، تعداد غنچه گل، طول بزرگ‌ترین غنچه گل، ارتفاع نهایی گیاه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد پیازچه و وزن

پیازچه دختری و ماندگاری پس از برداشت گل ارزیابی شدند. همچنین برای ارزیابی صفات ماندگاری گل از هر تکرار پنج گلدان مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه وزن تر و خشک تعداد چهار گلدان از هر تیمار انتخاب و سپس اندام‌های مختلف (گل، برگ و ریشه) این بوته‌ها جدا شده و وزن تر اندام‌ها به‌وسیله ترازو با حساسیت یک‌هزارم گرم اندازه‌گیری شد. هر کدام از این اندام‌ها به‌طور جداگانه به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس وزن شدند و به این طریق وزن خشک آنها محاسبه شدند. برای محاسبه وزن تر ریشه، پیازها را از گلدان خارج کرده با آب شسته و سپس ریشه‌ها را از آن جدا کرده و بعد از ۱ ساعت خشک شدن در هوای آزاد وزن شدند تا وزن تر آنها به‌دست آیند. سپس در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند و بعد مجدداً وزن شدند. بدین طریق وزن خشک ریشه محاسبه شدند.

آزمایش سال دوم

در سال دوم با استفاده از آنالیز داده‌ها، مؤثرترین محلول غذایی آزمایش اول تعیین و برای تثبیت نتایج یک سطح بالاتر و یک سطح پائین‌تر از آن (S11، S12 و S13 به ترتیب کمترین تا بیشترین غلظت عناصر غذایی) مجدداً تنظیم و به همراه چهار سطح آبیاری (۱۰۰، ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد رسیدن به ظرفیت زراعی به ترتیب بیشترین تا کمترین مقدار آبیاری) در کشت بدون خاک استفاده شدند (جدول ۳). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در جدول ۴ آمده است. ویژگی‌های مختلف رویشی، زایشی و پس از برداشت گل سوسن مورد بررسی قرار گرفتند. این آزمایش از آبان‌ماه سال ۱۳۹۵ تا مردادماه ۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش دوم در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل که عامل اول محلول غذایی در سه سطح و عامل دوم سطوح آبیاری در چهار سطح، در مجموع با دوازده تیمار و در هر تیمار ۲۰ گلدان انجام گرفت. در هر دو آزمایش تنظیم محلول‌های غذایی بر اساس محلول غذایی کوئیک (تغییر یافته) و با استفاده از غلظت‌های متفاوت نمک‌های نترات پتاسیم، دی‌پتاسیم هیدروژن فسفات، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، نترات کلسیم، نترات آمونیوم، کلرید کلسیم و سولفات منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر محلول آبیاری انجام شد. تمامی محلول‌های غذایی حاوی مقادیر مشابهی از عناصر معدنی میکرو بودند. در آزمایش سال اول نسبت بین عناصر تغییر کرد و در آزمایش سال دوم این نسبت‌ها ثابت و فقط میزان مصرف نمک‌ها با حفظ نسبت‌های ذکر شده تغییر کرد، به عبارت دیگر در آزمایش سال دوم با حفظ نسبت بین عناصر مقدار EC محلول غذایی تغییر کرد.

بستر کشت نیز نظیر خاک دارای توان نگهداشت آب هست که میزان نگهداشت آب خاک و درصدهای مختلفی از آن به عنوان ملاکی برای انجام آبیاری در این پژوهش در نظر گرفته شد. برای تعیین ظرفیت زراعی بستر کشت، نمونه خاک خشک به اندازه یک گلدان با وزن

مشخص از بستر کشت پر شد. خاک گلدان به صورت تدریجی به حالت اشباع رسانده شد. ته گلدان دارای زهکش بوده و آب ثقلی از آن خارج شد، برای جلوگیری از تبخیر سطح گلدان با فویل آلومینیمی پوشیده شد. سپس گلدان هر ۶ ساعت وزن شد. با ثابت شدن وزن، آن نقطه رطوبتی ظرفیت زراعی است (میلر و داناهاو، ۱۹۹۰). یک نمونه از بستر برداشت کرده و پس از وزن کردن، در آون قرار داده تا کاملاً خشک شود و مجدداً وزن آن ثبت می‌شود. اختلاف وزن بستر خشک و مرطوب در نقطه ظرفیت زراعی به عنوان مقدار آب برای رسیدن بستر کشت به ظرفیت زراعی ثبت و کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از آن به عنوان سطوح آبیاری در نظر گرفته شد. برای پایش رطوبت بستر کشت از روش وزن کردن استفاده شد. با کاهش رطوبت بستر و رسیدن به رطوبت مورد نظر هر سطح آبیاری، مقدار آب لازم برای رسیدن مجدد به ظرفیت زراعی محاسبه و به صورت دستی به گلدان اضافه می‌شد. یک هفته پس از کشت پیازها در بستر کشت، تغذیه گیاهان با محلول‌های غذایی و سطوح مختلف آبیاری انجام شد. در طول دوره پرورش گیاهان در گلخانه، دمای محیط پرورش ۲۴-۲۰ درجه سلسیوس با گرمایش از طریق آب گرم و رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد توسط تهویه برقی و نور با شدت ۵۰ میکرومول بر متر مربع تنظیم شدند.

بهره‌وری آب حاوی مواد غذایی

به منظور ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب حاوی مواد غذایی، عملکرد به ازای واحد آب مصرفی (CPD^۱) محاسبه شد. بهره‌وری آب مطابق رابطه ۱ به صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی (CPD) تعریف می‌شود. آب مصرفی، مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شد (احسانی و خالیدی، ۱۳۸۲).

$$CPD = \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب مصرفی}} \quad (1)$$

پس از ثبت داده‌ها به منظور انجام تجزیه واریانس ابتدا مفروضات تجزیه واریانس از جمله نرمال بودن اشتباهات آزمایشی آزمون شدند و در صورت برقرار بودن مفروضات، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های لازم با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج سال اول

بین چهار تیمار محلول غذایی مورد آزمایش در سال اول، از نظر صفات ارتفاع گیاه، تعداد گل، تعداد روز تا زمان گلدهی و تعداد پیازچه‌های دختری، تفاوت معنی‌داری دیده نشد، ولی وزن پیازچه دختری در سطح احتمال یک درصد متفاوت بود (جدول ۵).

جدول ۳- غلظت عناصر غذایی (میلی‌گرم بر لیتر) در سه محلول غذایی و چهار سطح آبیاری

محلول غذایی	سطح آبیاری	نیتрат پتاسیم	دی‌پتاسیم مونوهیدروژن فسفات	مونوپتاسیم دهیدروژن فسفاتی	نیترات کلسیم	نیترات آمونیوم	کلرید سدیم	سولفات منیزیم	EC (dS/m)	pH
	٪۱۰۰									
محلول غذایی S11	٪۹۰	۶۳۱/۱	۴۳/۵	۱۰۲	۵۱۲/۵	۱۵۰	۱۲/۶	۲۳۰/۶	۱/۰۴	۵/۸۹
	٪۸۰									
	٪۷۰									
	٪۱۰۰									
محلول غذایی S12	٪۹۰	۷۵۷/۵	۵۲/۲	۱۲۲/۴	۶۱۵	۱۸۰	۱۵/۷	۱۷۶/۷	۲/۳۸	۵/۴
	٪۸۰									
	٪۷۰									
	٪۱۰۰									
محلول غذایی S13	٪۹۰	۸۸۳/۸	۶۰/۹	۱۴۲/۸	۷۱۷/۵	۲۱۰	۱۸/۹	۳۲۲/۸	۲/۷۴	۵/۷۳
	٪۸۰									
	٪۷۰									

جدول ۴- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در پژوهش

مشخصات نمونه	EC (dS/m)	pH	آنیون‌ها (meq/lit)	کاتیون‌ها (meq/lit)
			HCO ₃ ²⁻ Cl ⁻ SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺ Ca ²⁺ Na ⁺
نمونه آب	۰/۳۱۸	۷/۸۲	۰/۲ ۰/۶ ۲/۷	۰/۲ ۲/۲ ۰/۸

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس محلول‌های غذایی بر ویژگی‌های رشد و گلدهی گل شاخه بریدنی سوسن

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن پیازچه دختری	ارتفاع گیاه	تعداد گل	تعداد روز تا گلدهی	تعداد پیازچه دختری
محلول‌های غذایی	۳	۳۲/۴**	۸۰/۵ ^{NS}	۳ ^{NS}	۳/۶ ^{NS}	۳/۲ ^{NS}
خطا	۱۶	۲	۹۴/۴	۱/۶	۱۳/۲	۸/۲
CV%	-	۱۱/۰۲	۹/۸	۱۴/۹	۳/۲	۱۴/۹

** و ^{NS} به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و بدون معنی‌داری هستند

بیشترین وزن‌تر و خشک اندام‌های گل سوسن متعلق به تیمار بیشترین غلظت عناصر غذایی یعنی تیمار S1 و پس از آن تیمار S2 بوده و کمترین مقدار این صفات نیز به-ترتیب در تیمار S3 و S4 (تیمار کمترین غلظت عناصر معدنی) مشاهده شدند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۶ نیز نشان می‌دهد که اثر محلول‌های غذایی مختلف بر صفات وزن‌تر ریشه، برگ و وزن خشک گل در سطح احتمال یک درصد و وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده‌اند. مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۷ نشان داد

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس محلول‌های غذایی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف گل شاخه بریدنی سوسن

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن تر ریشه	وزن تر برگ	وزن تر گل	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک گل
محلول‌های غذایی	۳	۱۳۵/۱۴**	۱۱۰/۴۹**	۲۹۵/۲۵ ^{NS}	۱/۱۹۰*	۲/۹۹ ^{NS}	۱۱/۸۲**
خطا	۱۶	۶/۰۱	۷/۲۹	۱۲/۱۵	۱/۰۱	۳/۵۵	۲/۷۹
CV%	-	۷/۲۰	۷/۱	۷/۲۹	۱۲/۳	۱۴/۲۷	۱۵/۴۲

***، * و ^{NS} به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵٪ و بدون معنی‌داری هستند

جدول ۷- اثر محلول‌های غذایی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف گل شاخه بریدنی سوسن

محلول غذایی	وزن تر ریشه (گرم)	وزن تر برگ (گرم)	وزن تر گل (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن خشک گل (گرم)
محلول غذایی ۱ (S1)	۳۷/۸۹ ^{bc}	۴۵/۶۸ ^a	۴۵/۹۶ ^c	۶/۷۹ ^a	۹/۵۵ ^a	۱۱/۸۳ ^a
محلول غذایی ۲ (S2)	۴۵/۴۰ ^a	۴۱/۸۹ ^b	۶۴/۶۹ ^a	۵/۱۹ ^b	۶/۶۵ ^b	۱۱/۰ ^a
محلول غذایی ۳ (S3)	۳۹/۳۹ ^c	۳۷/۱۹ ^b	۵۶/۱۰ ^b	۴/۵۷ ^c	۵/۰۲ ^b	۹/۸۳ ^b
محلول غذایی ۴ (S4)	۳۱/۸۳ ^c	۳۷/۳۳ ^b	۴۵/۱۷ ^c	۴/۴۸ ^c	۵/۷۳ ^b	۹/۵۵ ^b

در هر ستون حرف‌های همسان نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

نتایج سال دوم

با توجه به نتایج سال اول، محلول غذایی S1 به- عنوان بهترین محلول غذایی انتخاب شد. سپس در سال دوم اثر سطوح مختلف این محلول (S11، S12 و S13) و چهار سطح آبیاری ۱۰۰، ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بر بهره‌وری آب مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۸ نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر ویژگی‌های رشد و گلدهی گل بریده سوسن را نشان می‌دهد. در صفت وزن پیازچه دختری فقط اثر متقابل محلول‌های غذایی و تیمارهای آبیاری معنی‌دار شده اما اثر ساده محلول‌های غذایی و تیمارهای آبیاری بر این صفت معنی‌دار نشده است. علاوه بر این در صفاتی نظیر تعداد گل، تعداد روز تا گلدهی و تعداد پیازچه دختری هیچ‌یک از تیمارهای آبیاری، محلول‌های غذایی و برهمکنش این دو تیمار، اثر معنی‌داری بر این صفات نداشت.

در آزمایشی محققان اثر استفاده از کودهای کند رها شونده و غلظت‌های مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم را بر چهار رقم سوسن مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که این کودها به‌طور عمده کیفیت ارقام را بهبود بخشیده که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج این محققین نشان دادند که ارتفاع بعضی از ارقام با کوددهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (تردر، ۲۰۰۵). در مطالعه‌ای دیگر اثر استفاده از محلول‌های غذایی در گل کوکب بررسی شد و گزارش گردید که بیشترین غلظت محلول‌های غذایی بهترین تیمار مؤثر بر وزن تر و خشک اندام‌های گیاهی در گل کوکب رقم رد اسکین^۱ بوده است (یونیس و همکاران، ۲۰۱۴). در آزمایشی دیگر تولید گل و پیاز سوسن هیبرید آسیایی با استفاده از سه محلول غذایی (هوگلند، وایت و موراشیچ) با pH، EC و سطوح مختلف مواد غذایی مطالعه شد. نتایج نشان داد گل در همه تیمارهای محلول‌های غذایی مختلف به‌طور کامل و با کیفیت مناسب باز شده و گیاهان تحت تیمار در محلول‌های غذایی مختلف، پیازچه‌های دختری با وزن بیشتری تولید کردند که موافق با نتایج آزمایش حاضر است (اسکر، ۲۰۱۵).

¹ - Redskin

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر ویژگی‌های رشد و گلدهی گل بریده سوسن

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد گل	وزن پیازچه دختری	تعداد روز تا گلدهی	تعداد پیازچه دختری	ماندگاری گل بریده (روز)
محلول غذایی	۲	۱۱۷**	۰/۲۹ ^{NS}	۰/۹۶ ^{NS}	۴/۰۵ ^{NS}	۱۰/۷ ^{NS}	۲۲/۸۷**
رژیم آبیاری	۳	۱۱/۳ ^{NS}	۱۱/۱۲ ^{NS}	۹/۱۴ ^{NS}	۵۷/۳ ^{NS}	۰/۱ ^{NS}	۱/۰۳ ^{NS}
رژیم آبیاری × محلول غذایی	۶	۳/۲۴ ^{NS}	۰/۸۱ ^{NS}	۸/۵۶*	۳۸/۳ ^{NS}	۰/۴ ^{NS}	۲/۱۳ ^{NS}
خطا	۵۵	۸/۲	۰/۸۵	۳/۷۶	۴۰/۸	۰/۷۷	۲/۶۳
CV%		۲/۴	۱۰/۵۶	۱۷/۸۱	۸/۶	۱۷/۳۲	۱۰/۲۴

NS و *، ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵٪ و بدون معنی‌داری هستند

مشاهده شد تنها اثر آبیاری معنی‌دار بوده و اثر محلول‌های غذایی و اثر متقابل این دو تیمار معنی‌دار نشده است. در صفات وزن خشک ریشه و برگ نیز هیچ‌کدام از تیمارهای آبیاری و محلول‌های غذایی و برهمکنش آنها معنی‌دار نشده است.

جدول ۹ نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر وزن‌تر و خشک برگ، گل و ریشه را نشان می‌دهد. نتایج همچنین نشان دادند که محلول‌های غذایی، تیمارهای آبیاری و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر صفات وزن‌تر ریشه، برگ و گل اثر معنی‌دار داشته‌اند. در صفت وزن خشک گل نیز

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر وزن‌تر و خشک گل بریده سوسن

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن‌تر ریشه	وزن‌تر برگ	وزن‌تر گل	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک گل
محلول غذایی	۲	۲۸/۲**	۳۵۶/۹**	۱۸۷/۷**	۱/۸۴ ^{NS}	۳/۹۲ ^{NS}	۱۲/۸۲ ^{NS}
رژیم آبیاری	۳	۳۵**	۴۱۰/۷**	۱۱۰/۶**	۱/۵ ^{NS}	۳/۵**	۲/۸**
رژیم آبیاری × محلول غذایی	۶	۱۶/۶**	۲۱۵/۲**	۸۸/۴**	۰/۸ ^{NS}	۲۹/۳ ^{NS}	۱۵/۴ ^{NS}
خطا	۵۵	۵/۷	۸/۷	۶/۰۱	۱/۰۴	۲/۳	۱/۵
CV%	-	۷/۰۵	۶/۲	۶/۴	۲۲/۷	۱۳/۹	۱۸/۹

NS و *، ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵٪ و بدون معنی‌داری هستند

غذایی S13 بودند. بررسی بیشتر نتایج نشان داد که در بیشتر ویژگی‌های رویشی مورد آزمایش تیمار آبیاری ۹۰ و ۸۰٪ بیشترین تاثیر را در شرایط آزمایش حاضر داشتند. در میان سطوح مختلف آبیاری کمترین اثر بر ویژگی‌های رشد رویشی را تیمار آبیاری ۷۰٪ داشته است و سطوح آبیاری ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰٪ نسبت به تیمار ۷۰٪ اختلاف معنی‌دار داشتند. همچنین تیمار کمترین غلظت عناصر غذایی (S11) و کمترین سطح آبیاری (۷۰٪) اعمال شده در این آزمایش نیز نتایج قابل‌قبولی نشان دادند و سوسن‌های پرورش یافته در این تیمارها طی دوره آزمایش رشد کاملاً طبیعی داشته و هیچ‌گونه علائم ناشی از کمبود آب و عناصر غذایی در آنها مشاهده نشد. نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد سطوح مختلف آبیاری بر صفاتی نظیر ارتفاع گیاه، تعداد گل، تعداد

جدول ۱۰ اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر برخی ویژگی‌های رویشی و زایشی گل شاخه بریدنی سوسن را نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان می‌دهند که تیمارهای عناصر غذایی با بیشترین غلظت (S12 و S13)، در مقایسه با تیمار محلول غذایی S11 تأثیر بیشتری بر صفات معنی‌دار نشان داده‌اند. بیشترین ماندگاری گل بریده (۱۷ و ۱۶/۸ روز) در تیمارهای آبیاری ۸۰٪ و ۹۰٪ و محلول غذایی S13 به‌دست آمد. همچنین کمترین ماندگاری گل بریده نیز در تیمار سطح آبیاری ۷۰٪ و محلول غذایی S11 مشاهده شد. داده‌ها همچنین نشان دادند مؤثرترین تیمارها بر ارتفاع گیاه (۱۱۸/۸ سانتی‌متر) تیمار ۸۰٪ آبیاری و محلول غذایی S12 و وزن پیازچه دختری (۱۲/۵ گرم) تیمارهای ۸۰٪ و ۹۰٪ آبیاری و محلول

روز تا گلدهی، تعداد پیازچه دختری، وزن پیازچه دختری و ماندگاری گل بریده تأثیری نگذاشتند و لذا پیشنهاد می‌شود برای صرفه‌جویی در مصرف آب و تولید بیشترین

جدول ۱۰- اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر ویژگی‌های رویشی و زایشی گل شاخه بریدنی سوسن

سطوح آبیاری	محلول‌های غذایی	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد گل	تعداد روز تا گلدهی	تعداد پیازچه دختری	وزن پیازچه دختری (gr)	ماندگاری گل بریده (روز)
%۱۰۰	S11	۱۱۳ ^c	۹/۵ ^a	۷۱/۵ ^{cde}	۶ ^a	۱۰/۷ ^{ab}	۱۴/۶ ^c
%۹۰		۱۱۳/۵ ^c	۸/۲ ^{bc}	۷۷/۸ ^{bd}	۵/۸ ^a	۱۰/۱ ^{ab}	۱۵/۱ ^{abc}
%۸۰		۱۱۴/۸ ^{bc}	۹ ^{abc}	۷۴/۶ ^{cde}	۵/۶ ^{ab}	۱۲/۱ ^{ab}	۱۵ ^{abc}
%۷۰		۱۱۲/۸ ^c	۸ ^{bc}	۷۲ ^f	۵/۵ ^{abc}	۱۰/۴ ^{ab}	۱۳/۵ ^c
%۱۰۰	S12	۱۱۵/۵ ^{abc}	۹/۲ ^{ab}	۷۳/۶ ^a	۵/۱ ^{abcd}	۱۱/۸ ^{ab}	۱۶/۵ ^{ab}
%۹۰		۱۱۶/۸ ^{abc}	۸/۸ ^{abc}	۷۳/۳ ^{ab}	۵/۱ ^{abcd}	۸/۳ ^b	۱۷ ^a
%۸۰		۱۱۶/۵ ^{abc}	۹/۶ ^a	۷۴ ^{bc}	۴/۶ ^{bcd}	۱۲/۵ ^a	۱۶/۱ ^{ab}
%۷۰		۱۱۶/۳ ^{abc}	۷/۸ ^c	۷۴/۶ ^{cde}	۵/۱ ^{abcd}	۱۱/۷ ^{ab}	۱۵/۶ ^{abc}
%۱۰۰	S13	۱۱۵/۸ ^{abc}	۹/۷ ^a	۷۶/۱ ^{bc}	۴/۱ ^d	۱۰/۹ ^{ab}	۱۶/۱ ^{ab}
%۹۰		۱۱۸/۸ ^a	۷/۸ ^c	۷۷/۵ ^{ab}	۴/۳ ^d	۱۱/۱ ^{ab}	۱۶/۸ ^a
%۸۰		۱۱۸/۸ ^a	۹/۵ ^a	۷۶/۸ ^{ab}	۴/۵ ^{cd}	۱۰/۱ ^{ab}	۱۷ ^a
%۷۰		۱۱۸ ^{ab}	۷/۸ ^c	۶۹/۱ ^b	۴/۶ ^{bcd}	۱۰/۷ ^{ab}	۱۵/۸ ^{abc}

در هر ستون حرف‌های همسان نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

کاهش مصرف آب، کم‌آبیاری متوسط می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیزی در تولید گیاه *Callistemon citrinus* استفاده شود در حالی‌که قادر است کیفیت کلی خوبی را حفظ کند (آلوارز و سانچزبلانکو، ۲۰۱۳).

جدول ۱۱ اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر وزن‌تر و خشک اندام‌های مختلف گل شاخه بریدنی سوسن را نشان می‌دهد. نتایج نشان دادند تیمار آبیاری ۹۰٪ و تیمار محلول غذایی S13 بهترین تیمار از نظر تأثیر بر وزن‌تر ریشه (۴۵/۴ گرم)، برگ (۴۵/۶۸ گرم) و وزن خشک گل (۱۴/۰۸ گرم) بوده است. مؤثرترین تیمار بر وزن‌تر گل نیز به‌ترتیب تیمارهای آبیاری ۹۰٪ و ۱۰۰٪ و تیمار محلول‌های غذایی S13 و S12 بودند. در همه صفات ذکر شده کمترین اثر بر تولید وزن‌تر ریشه (۳۰/۴۱ گرم)، برگ (۳۳/۹ گرم)، گل (۴۲/۱۷ و ۴۱/۰۵ گرم) و وزن خشک گل (۹/۰۵ گرم) را تیمار کمترین مقدار آبیاری (۷۰٪) و کمترین مقدار محلول غذایی (S11) به خود اختصاص داده بودند.

در توافق با نتایج آزمایش حاضر محققان در آزمایشی اثر مقادیر مختلف آبیاری (کم‌آبیاری به مقدار ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۹۵٪) را بر رشد و نمو گیاه گلدانی *Photinia × fraseri* بررسی کرده و نشان دادند که در تیمارهای کم‌آبیاری ۵، ۱۰ و ۲۵٪، رشد گیاهان حداکثر بوده و بیشترین رشد اندازه‌گیری شده در سطح آبیاری ۲۵٪ مشاهده شده بود. این تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند اما در تیمارهای کم‌آبیاری شدید ۵۰، ۷۵ و ۹۵٪ کاهش رشد را چشمگیر گزارش کردند (ولش و زاجیسک، ۲۰۰۳). در مطالعه‌ای دیگر که روی گیاه *Callistemon citrinus* با سه تیمار آبیاری شاهد (به اندازه ظرفیت زراعی گلدان)، ۲۵ و ۵۰٪ شاهد انجام شد، بعد از یک‌سال گیاهان تحت رژیم کم‌آبیاری متوسط (تیمار کم‌آبیاری ۲۵٪) کاهش رشد را نشان ندادند در حالی‌که خصوصیت زمان گلدهی توسط تیمارهای مورد آزمایش تحت تأثیر قرار نگرفتند. این نتایج با نتایج آزمایش حاضر، هماهنگ است. همچنین در تیمار کم‌آبیاری شدید (۵۰٪)، گلدهی کاهش نشان داد. آنها نتیجه‌گیری کردند به‌منظور

جدول ۱۱- اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف گل شاخه بریدنی سوسن

سقوط آبیاری	محلول‌های غذایی	وزن تر ریشه (gr)	وزن تر برگ (gr)	وزن تر گل (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	وزن خشک برگ (gr)	وزن خشک گل (gr)
٪۱۰۰		۳۰/۴۸ ^d	۳۷/۳۳ ^{cde}	۴۵/۱۷ ^{cde}	۴/۰۵ ^a	۶/۶۵ ^a	۱۱ ^{abc}
٪۹۰		۳۰/۷۸ ^d	۳۶/۸۲ ^{cde}	۴۴/۵۳ ^{cde}	۴/۵۰ ^a	۶/۷۸ ^a	۱۰/۵۱ ^{bc}
٪۸۰	S11	۳۳/۵۵ ^{cd}	۳۸/۸۶ ^{bcd}	۴۶/۹۷ ^{cd}	۴/۴۸ ^a	۵/۸۵ ^a	۹/۸۳ ^{bc}
٪۷۰		۳۰/۶۷ ^d	۳۱/۳۹ ^f	۴۲/۲۷ ^{de}	۴/۰۵ ^a	۵/۰۴ ^a	۹/۰۵ ^c
٪۱۰۰		۳۴/۸۹ ^{cd}	۴۲/۹۹ ^{ab}	۶۲/۹۶ ^a	۵/۱۸ ^a	۶/۹۵ ^a	۹/۹۱ ^{bc}
٪۹۰		۳۱/۳۹ ^d	۳۵/۹۵ ^{def}	۴۳/۶۰ ^{cde}	۴/۴۷ ^a	۶/۱۰ ^a	۱۱/۸۳ ^{abc}
٪۸۰	S12	۴۰/۳۴ ^b	۴۱/۶۲ ^{abc}	۴۹/۹۷ ^{bc}	۳/۷۷ ^a	۷/۴۵ ^a	۱۱/۸۱ ^{abc}
٪۷۰		۳۰/۴۱ ^d	۳۳/۷۸ ^{def}	۴۱/۰۵ ^{de}	۴/۵۰ ^a	۵/۴۲ ^a	۹/۶۸ ^{bc}
٪۱۰۰		۳۷/۸۹ ^c	۳۷/۱۹ ^{cde}	۴۵/۹۶ ^{cde}	۵/۱۹ ^a	۷/۲۰ ^a	۱۲/۴۹ ^{ab}
٪۹۰		۴۵/۴۰ ^a	۴۵/۶۸ ^a	۶۳/۱۹ ^a	۴/۷۷ ^a	۷/۵۴ ^a	۱۴/۰۸ ^a
٪۸۰	S13	۳۱/۱۹ ^d	۴۱/۸۹ ^{abc}	۵۶/۱۰ ^b	۴/۷۹ ^a	۶/۵۴ ^a	۱۰/۱۳ ^{bc}
٪۷۰		۳۱/۸۳ ^d	۳۲/۹۶ ^{ef}	۳۹/۶۰ ^d	۴/۱۵ ^a	۵/۷۳ ^a	۹/۷ ^{bc}

در هر ستون حرف‌های همسان نشان دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

یا افزایش فاصله آبیاری‌ها)، کاهش داده می‌شود (فرنچ و همکاران، ۲۰۰۹؛ ایسو و همکاران، ۲۰۱۲). در آزمایشی، اثر سطوح مختلف تنش آبی طی دوره رشد دو رقم سوسن (Dazzle و Vermeer) مطالعه شد. پوسیل (۲۰۰۸) گزارش کرد سطوح تنش آبی اعمال شده طی دوره رشد ماندگاری گل‌های بریده سوسن ارقام 'Vermeer' و 'Dazzle' را به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار نداد. این نتیجه با نتایج آزمایش حاضر، هماهنگی دارد. محققان نشان دادند مصرف آب گیاهان به طور تنگاتنگ با عوامل محیطی مرتبط است و کیفیت گیاهان (تعداد کمتر گل، کاهش مقدار کلروفیل نسبی و رنگ) توسط تیمار کم آبیاری شدید، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (بانون و همکاران، ۲۰۰۹؛ گرت و همکاران، ۲۰۱۲). یک توضیح برای این عدم توافقات می‌تواند مربوط به دوره اعمال کم آبیاری و تفاوت بین گونه‌ها در حساسیت آنها به تنش خشکی باشد؛ بنابراین استفاده از کم آبیاری در برخی گونه‌ها می‌تواند یک راهکار بالقوه برای غلبه بر کمبود آب باشد بدون اینکه ارزش زینتی آن کاهش یابد. همچنین برخی ویژگی‌های رویشی گیاهان، به مقدار زیادی وابسته به ژنتیک و عوامل محیطی است که با مصرف آب بهینه و کاربرد کوددهی، تلفیق می‌شود (لوسیداس و همکاران، ۲۰۱۳).

معمولاً در گیاهانی که تحت شرایط کم آبی قرار می‌گیرند، نسبت ریشه به شاخه افزایش می‌یابد. این موضوع احتمالاً به این علت است که گیاهان نیازمند حفظ سطح ریشه تحت شرایط خشکی هستند تا بتوانند آب را از بستر جذب کنند و سطح تبخیر را کاهش دهند (آلارکن و همکاران، ۲۰۰۶). لیکن در شرایط آزمایش حاضر، قرار گرفتن در معرض کم آبیاری اثری قابل ملاحظه بر حجم ریشه نگذاشت که مشخص می‌کند شاخساره و ریشه در گیاهان مختلف به طور متفاوتی به خشکی عکس العمل نشان می‌دهند (بیسار و همکاران، ۲۰۰۷؛ چیلینسکی و همکاران، ۲۰۰۷). در توافق با نتایج آزمایش حاضر در خصوص معنی‌دار نشدن اثر تیمارهای کم آبیاری بر خصوصیت تعداد گل، دیگر پژوهشگران نیز نتیجه گرفتند که کم آبیاری متوسط تعداد گل را در گیاهان شیشه شور کاهش نداد. آنها نتیجه گرفتند که صفت تعداد گل تحت تأثیر این سطوح کم آبیاری قرار نگرفته است، به این معنی که گیاهان می‌توانند بر این مقدار کمبود آب بدون هیچ گونه کاهش ظاهری فائق آیند (هنسان و همکاران، ۲۰۰۶). به طور کلی گونه‌های زینتی قادرند از طریق کاهش تبخیر-تعرق روزانه به شرایط تنش آبی پاسخ دهند (لنزی و همکاران، ۲۰۰۹؛ بولا و همکاران، ۲۰۱۰) و مقدار تبخیر-تعرق همان‌طور که شدت تنش افزایش می‌یابد (کاهش آب آبیاری استفاده شده

بهره‌وری آب

جدول ۱۲ نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی را بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر و خشک گل بریده سوسن نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر محلول غذایی، رژیم

آبیاری و اثر متقابل این دو عامل بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. اثر رژیم آبیاری بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن خشک گل سوسن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده است ولی اثر محلول غذایی و اثر متقابل رژیم آبیاری و محلول غذایی بر بهره‌وری آب معنی‌دار نشده است.

جدول ۱۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری و محلول‌های غذایی بر بهره‌وری آب

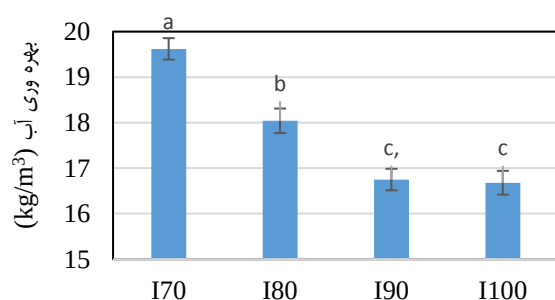
بر مبنای وزن تر و خشک گل بریده سوسن

منابع تغییر	درجه آزادی	بهره‌وری بر مبنای وزن تر	بهره‌وری بر مبنای وزن خشک
محلول غذایی	۲	۴۲/۴**	۰/۱۳ ^{ns}
رژیم آبیاری	۳	۳۴/۳**	۱/۲*
رژیم آبیاری × محلول غذایی	۶	۱۹/۰**	۰/۲۵ ^{ns}
خطا	۵۵	۰/۵۷	۰/۳۱
CV%	-	۱۲	۱۷

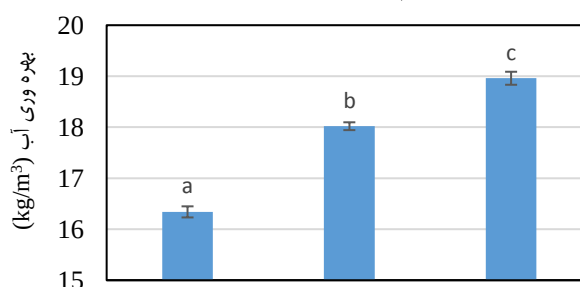
**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵٪ و بدون معنی‌داری هستند

شکل ۱ مقایسه میانگین اثر محلول‌های غذایی بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که اثر سه سطح محلول غذایی بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن معنی‌دار بوده است و محلول غذایی سوم (S13) بیشترین بهره‌وری آب را

ایجاد کرده است. شکل ۲ مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن را نشان می‌دهد. تیمار آبیاری I70 باعث ایجاد بیشترین بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر سوسن شده است.



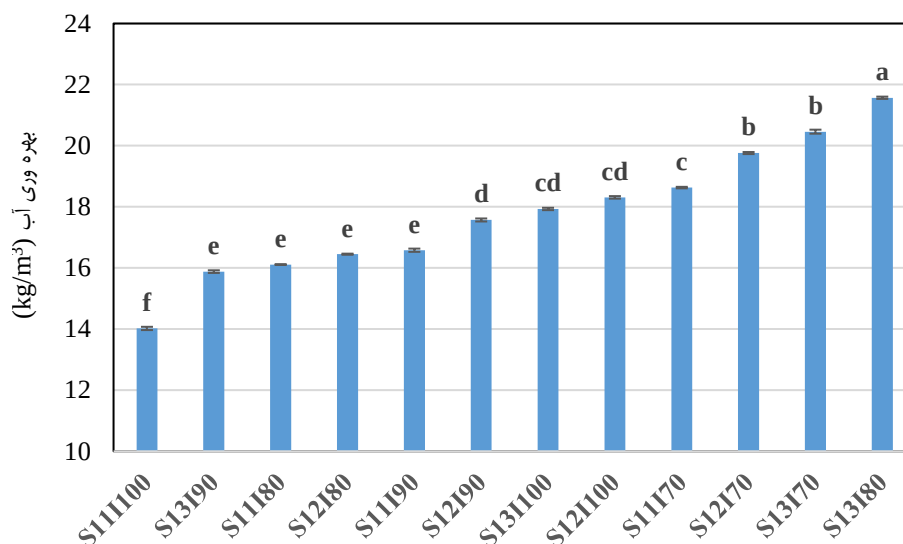
شکل ۲- میانگین بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن در رژیم‌های مختلف آبیاری



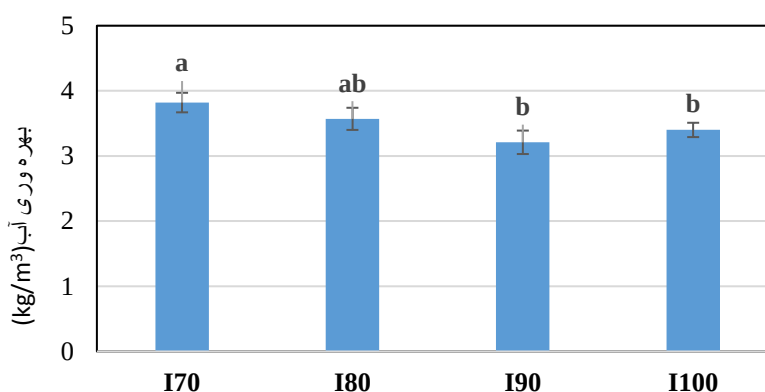
شکل ۱- میانگین بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن در محلول‌های مختلف غذایی

مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن خشک گل سوسن را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که بیشترین بهره‌وری آب در تیمارهای I70 و I80 حاصل شده است.

شکل ۳ مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و محلول‌های غذایی را بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بهترین تیمار کودآبیاری، محلول غذایی سوم به همراه آبیاری در سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی است (S13I80). شکل ۴



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و محلول‌های غذایی بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر گل سوسن



شکل ۴- میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر بهره‌وری آب بر مبنای وزن خشک گل سوسن

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر به منظور مطالعه اثر کود آبیاری با سطوح متفاوت مواد غذایی و رژیم‌های مختلف آبیاری بر بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به آب مصرفی حاوی مواد غذایی) در کشت سوسن گلخانه‌ای انجام شد. این مطالعه در دو سال متوالی انجام شد. بررسی نتایج آزمایش سال اول این پژوهش با کاربرد چهار غلظت مختلف عناصر غذایی نشان داد که با افزایش غلظت عناصر غذایی، ویژگی‌های رویشی بهبود یافت به طوری که تیمار بیشترین غلظت عناصر غذایی منجر به تولید بیشترین وزن پياز دختري، وزن تر و خشک اندام‌های ریشه، برگ و گل شد. آزمایش سال دوم نشان داد که کم‌آبیاری بهره‌وری آب حاوی مواد غذایی را از طریق کاهش مصرف آب بهبود بخشیده است.

همچنین نتایج این آزمایش مشخص کرد سطوح کم‌آبیاری بررسی شده در این آزمایش بر اندازه نهایی گل سوسن و تعداد گل مؤثر نبوده و کیفیت زینتی گل‌ها را کاهش نداده است. اعمال تیمارهای کم‌آبیاری بر بیشتر ویژگی‌های رویشی و ماندگاری گل بریده سوسن تأثیر منفی نداشته، بنابراین می‌تواند به عنوان یک راهکار کاهش مصرف آب در پرورش سوسن مورد استفاده قرار گیرد. مؤثرترین تیمار کم‌آبیاری تیمارهای ۷۰ و ۸۰ درصد ظرفت زراعی بودند که در صورت استفاده از این سطوح می‌تواند باعث صرفه‌جویی مصرف آب به مقدار ۲۰ تا ۳۰ درصدی طی دوره رشد سوسن شود. با در نظر گرفتن توامان تغذیه و آبیاری بهترین تیمار کودآبیاری، محلول غذایی سوم به همراه آبیاری در سطح ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود.

فهرست منابع

۱. آمارنامه جهاد کشاورزی. ۱۳۹۷. وزارت جهاد کشاورزی.
۲. احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۳. امید، ا.ح.، خالدیان، م.، حسن پور اصل، م. و الفتی، ج.ع. ۱۳۹۶. برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی گل سوسن در شرایط کشت گلخانه‌ای در شهرستان رشت. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۶، جلد ۱۱، ص. ۱۱۱۱ تا ۱۱۲۰.
۴. صافی، ر. و میرلطیفی، س.م. ۱۳۹۴. ارزیابی وضعیت کشت نیشکر در استان خوزستان از دیدگاه آب مجازی. مجله‌ی مهندسی منابع آب، سال هشتم، شماره دوم. ص. ۸۷ تا ۹۵.
5. Adams, P. 2002. Nutritional Control in Hydroponics. In: Savvas, D. and Passam, H.C., Eds., Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals, Embryo Publications, Athens, 211-261.
6. Alam, A., Iqbal, M. and Vats S. 2013. Cultivation of some overlooked bulbous ornamentals -A review on its commercial viability. Report and Opinion, 5(3): 9-34.
7. Alarcon, J.J., Morales, M.A., Ferrandez, T. and Sanchez-Blanco M.J. 2006. Effects of water and salt stresses on growth, water relations and gas exchange in *Rosmarinus officinalis*. Journal of Horticulture Science Biotechnology, 81: 845-853.
8. Alvarez, S. and Sanchez-Blanco M.J. 2013. Changes in growth rate, root morphology and water use efficiency of potted *Callistemon citrinus* plants in response to different levels of water deficit. Scientia Horticulturae, 156: 54-62.
9. Anderson, N.O. 2007. Flower breeding and genetics issues challenges and opportunities for the 21st century. Springer press.
10. Bacelar, E.A., Santos, D.L., Moutinho-Pereira, J.M., Lopes, J.L., Gonc, alves, B.C., Ferreira, T.C. and Correia C.M. 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. Plant Soil. 292: 1-12.
11. Banon, S., Miralles, J., Navarro, A. and Sanchez-Blanco M.J. 2009. Influence of paclobutrazol and substrate on daily evapotranspiration of potted geranium. Scientia Horticulture, 122: 572-578.
12. Barnes, J. 2010. Characterization of nutrient disorders in floriculture crops. M.Sc. Thesis, North Carolina State University.
13. Beatti, S. J. and White J.W. 1993. Liliun, hybrids and species. The Physiology of Flower Bulbs. Elsever Science Publishers. The Netherlands. pp. 423-454.
14. Bolla, A., Voyiatzis, D., Koukourikou-Petridou, M. and Chimonidou D. 2010. Photosynthetic parameters and cut-flower yield of rose 'Eurored' (H.T.) are adversely affected by mild water stress irrespective of substrate composition. Scientia Horticulture, 126: 390-394.
15. Burrage, S.W. 2014. Soilless culture and water use efficiency for greenhouses in arid, hot climates. ftp://ftp.cgiar.org/icarda/APRP/APRP_2/html/Publications/Right/PrWS/WUE.pdf.
16. Chylinski, W.K., Lukaszewska, A.J. and Kutnik, K. 2007. Drought response of two bedding plants. Acta Physiological Planta, 29: 399-406.
17. Dhyani, A., Bahuguna, Y.M., Semwal, D.P., Nautiyal, B.P. and Nautiyal, M.C. 2009. Anatomical features of Liliun. Journal of American Society Horticultural Science, 5(5): 85-90.
18. Diederichs, N. 2006. Commercialising medicinal plants. 1st ed. South Africa. Sun Press, pp. 69-90.
19. Dufour, L. and Guerin V. 2005. Nutrient solution effects on the development and yield of *Anthurium andreanum* Lind. In tropical soilless conditions. Scientia Horticulturae, 105: 269-282.

20. Eiasu, B.K., Steyn, J.M. and Soundy P. 2012. Physiomorphological response of rose scented geranium (*Pelargonium* spp.) to irrigation frequency. *South African Journal of Botany*, 78: 96–103.
21. Eijkingm, J. and Buschman C. 2011. *Lilies as Cut Flowers and As Pot Plants*. I. F. B. C. Press. The Netherlands. Pp-52.
22. Fairweather, H., Austin, N. and Hope M. 2004. Irrigation insights 5 – water use efficiency: an information package. *New South Wales Agriculture Report*.
23. French, A.N., Hunsaker, D., Thorp, K. and Clarke T. 2009. Evapotranspiration over a camelina crops at Maricopa, Arizona. *Ind. Crop Production*, 29: 289–300.
24. Ganesh, S. and Kannan M. 2013. Essentiality of micronutrients in flower crops: A review. *Research and Reviews Journal of Agriculture and Applied Sciences*, 2: 52-57.
25. Gill, S. 2006. *Production of the Hybrid Lilies as Cut Flowers*. University of Maryland. USA. Pp. 15.
26. Grant, O.M., Davies, M.J., Longbottom, H. and Harrison-Murray R. 2012. Evapotranspiration of container ornamental shrubs: modelling crop-specific factors for a diverse range of crops. *Irrigation Science*, 30: 1–12.
27. Grillas, S., Lucas, M., Bardopoulou, E. and Sarafopoulos S. 2001. Perlite based soilless culture systems: Current commercial applications and prospects. *Acta Horticulturae*, 548: 105-113.
28. Henson, D.Y., Newman, S.E. and Hartley D.E. 2006. Performance of selected herbaceous annual ornamentals grown at decreasing levels of irrigation. *Horticulture Science*, 41: 1481–1486.
29. Jimenez, S., Plaza, B. M., Segura, M. L., Contreras, J. I. and Lao M.T. 2012. Peat Substrate Reuse in ilium “Helvetia”. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(2): 243-250.
30. Lenzi, A., Pittas, L., Martinelli, T., Lombardi, P. and Tesi R. 2009. Response to water stress of some oleander cultivars suitable por pot plant production. *Scientia Horticulture*, 122: 426–431.
31. Lesaint, C. and Coic Y. 1983. *Cultures Hydroponiques*. Paris. La Maison Rustique.
32. Liu, Z., Jiang, L., Li, X., Hardter, R., Zhang, W., Z. and Zheng D. 2008. Effect of N and K Fertilizers on yield and quality of greenhouse vegetable crops. *Pedosphere*, 18(4):496-502.
33. Lucidos, J. G., Ryu, K. B., Younis, A., Kim, C., Hwang, Y., Son, B. and Lim K. 2013. Different day and night temperature responses in *Lilium hansonii* in relation to growth and flower development. *Horticulture Environment Biotechnology*, 54(5): 405-411.
34. Miller, R.W. and Donahue R.L. 1990. *Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth*. 6th Edition. Prentice-Hall International (UK) Ltd., London.
35. Morgan, L. 2006. Grow gorgeous lilies hydroponically. *Growing Environment*, 17(4): 36–40.
36. Mpusia, P.T.O. 2006. Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation. MSc. Thesis. International institute for geoinformation science and earthobservation, Enschede, Netherlands. 75p.
37. Ndakidemi, P.A. and Semoka J.M.R. 2006. Soil fertility survey in Western Usambara Northern Tanzania. *Pedosphere*, 16(2): 237-244.
38. Parandian, F. and Samavat S. 2014. Effects of fulvic and humic acid on anthocyanin, soluble sugar, μ -amylase enzyme and some micronurient elements in *Lilium*. *International Research Journal of Applied and Basic Science*, 3 (5): 924-929.
39. Possiel, E.Y. 2008. Effects of Preharvest Conditions and Postharvest Handling on Postharvest Characteristics of Cut Lilies, Roses, Sunflowers, and Zinnias. (Under the direction of Dr. John M. Dole.) Master Thesis. Raleigh, North Carolina State University.
40. Putra, P. A. and Yuliando H. 2015. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality, A Review. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3: 283 – 288.
41. Safi, M. I., Bulad, A., Blawenah, A., and Bashabsheh I. 2007. Water use efficiency and flower yield and quality of three *Matthiola incana* cultivars irrigated with three types of water. *Asian Journal of Plant Science*, 6(4): 648-652.

42. Safi, M. I., Bulad, A., Blawenah, A. and Bashabsheh, I. 2012. Water use efficiency, flower yield and quality of "Lilium aziatische" Irrigated with different water types. International Journal of Agriculture and Biology, 1560–8530.
43. Savvas, D. 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In R. Dris, R. Niskanen and S.M. Jain, eds. Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products, p. 37–87. Vol. I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, NH, USA.
44. Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y. and Gruda N. 2013. Soilless Culture. FAO Plant Production and Protection Paper No. 217: Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops.
45. Stern, K. 2006. Introductory plant biology. 10th ed. New York: McGraw- Hill, pp. 81: 193-201.
46. Treder, J. 2003. Effects of supplementary lighting on flowering, plant quality and nutrient requirements of lily 'Laura Lee' during winter forcing. Scientia Horticulture, 98: 37-47.
47. Treder, T. 2005. Growth and quality of oriental Lilies at different fertilization levels. Acta Horticulture, 673: 297-302.
48. Tsakalidi, L.A., Barouchas, P. and Salahas G. 2015. Response of Zucchini to the electrical conductivity of the nutrient solution in hydroponic cultivation. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 4: 459–462.
49. Younis, A., Anjum, S., Riaz, A., Hameed, M., Tariqm U. and Ahsan M. 2014. Production of quality Dahlia (*Dahlia variabilis* cv. Redskin) flowers by efficient nutrients management running title: Plant nutrition impacts on dahlia quality. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 14 (2): 137-142.
50. Welsh, D.F. and Zajicek J.M. 2003. A model for irrigation scheduling in container-grown nursery crops utilizing management allowed deficit (MAD). Journal of Environmental Horticulture, 11(3): 115-118.

تعیین ضرایب گیاهی گل نرگس به روش لایسیمتری در دشت بیرجند

اکبر محمدی ، محمدحسین نجفی مود، عباس خاشعی سیوکی^۱ و علی شهیدی

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی ، دانشگاه بیرجند.

akbarmohammadi414@gmail.com

استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند.

mhnajafi@birjand.ac.ir

استاد گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند.

abbaskhashei@birjand.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند.

ashahidi@birjand.ac.ir

دریافت: مرداد ۱۳۹۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

ضریب گیاهی K_c یکی از فاکتورهای بسیار مهم در برنامه ریزی های آبیاری و تخصیص بهینه منابع آب به گیاهان به حساب می آید. ضریب گیاهی از طریق نسبت تبخیر و تعرق واقعی (ET_c) به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) بدست می آید. این تحقیق به منظور تعیین ضرایب گیاهی گل نرگس که از جمله گیاهان زینتی مهم می باشد، به مدت یک فصل زراعی در دانشکده کشاورزی بیرجند طی سال ۱۳۹۶ با استفاده از میکرو لایسیمتر نیاز آبی گل نرگس به روش بیلان آب اجرا گردید. برای محاسبه تبخیر- تعرق مرجع نیز از چمن مورد استفاده برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتیمتر (چمن داخل میکرو لایسیمتر) به عنوان گیاه مرجع استفاده شد. ضریب تعرق گیاهی پایه مطابق با مراحل ابتدایی، مرحله توسعه، مرحله رشد میانی، و انتهای مرحله پایانی رشد گل نرگس به ترتیب $0/42$ ، $0/85$ ، $0/86$ و $0/74$ و ضرایب تبخیر از سطح خاک به ترتیب برابر $0/49$ ، $0/28$ ، $0/25$ و $0/22$ به دست آمد. در نهایت مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی گل نرگس در مراحل مختلف رشد شامل مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و مرحله انتهایی، به ترتیب برابر $0/91$ ، $1/13$ ، $1/11$ و $0/96$ به دست آمد. با استفاده از مقادیر به دست آمده برای ضریب گیاهی گل نرگس، برآورد نیاز آبی و مدیریت آبیاری این گیاه امکان پذیر خواهد بود.

واژه های کلیدی: تبخیر و تعرق واقعی ، نیاز آبی، تبخیر و تعرق گیاه مرجع، میکرو لایسیمتر

^۱ - آدرس نویسنده مسئول : بیرجند دانشکده کشاورزی گروه علوم و مهندسی آب

مقدمه

محدودیت منابع و نیازهای فزاینده‌ی بشر به آب و غذا، ایجاب می‌کند تا مهندسان آبیاری با اعمال شیوه‌های مدیریتی، به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بازده آبیاری اقدام کنند. تبخیر و تعرق یکی از عوامل مهمی است که دانستن مقدار دقیق آن، برای برآورد آب مصرفی گیاه و طراحی سیستم‌های آبیاری ضروری است. تعیین دقیق مقدار آبی که برای تبخیر و تعرق مصرف می‌شود، از عوامل تعیین کننده‌ی برنامه‌ریزی برای رسیدن به محصول بیشتر است (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۱). برآورد مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل برای محاسبه‌ی نیاز آبی در راستای برنامه‌ریزی کشاورزی برای محصولات مختلف، از اهمیت زیادی برخوردار است. تبخیر-تعرق، شامل تبخیر آب از سطح خاک و تعرق از پوشش گیاهی بوده و نشان‌دهنده یک روند اساسی از چرخه هیدرولوژیکی و یک عنصر کلیدی مدیریت منابع آب، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است. تبخیر-تعرق تابعی از ویژگی‌های خاک، شرایط آب و هوایی، کاربری اراضی، مقاومت آیرودینامیک سطوح کشت، وضعیت گیاهی و توپوگرافی منطقه است. از آنجایی که عوامل بسیار زیادی در تبخیر-تعرق دخالت دارند، برآورد دقیق آن اگر نتوان گفت که غیر ممکن است، کاری بسیار مشکل می‌باشد (قمرنیا و همکاران، ۱۳۹۰). برای تعیین نیاز آبی گیاهان به طور کلی دو راه وجود دارد: اول این که با محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع و استخراج ضریب گیاهی محصول مورد نظر و ضرب این دو مقدار در یکدیگر تبخیر-تعرق گیاهی را محاسبه نمود. روش دوم روش مستقیم با انجام آزمایش‌های لایسیمتری است که هر چند دارای هزینه‌های سنگین‌تری است لیکن دقیق‌تر می‌باشد، چون بیانگر تقریباً تمام عوامل تأثیرگذار بر نیاز آبی است (برومند نسب و همکاران، ۱۳۸۵). به منظور تعیین تبخیر تعرق و برآورد نیاز آبی گیاه، روش‌ها و معادله‌های متعددی وجود دارد که تعدادی از آنها مورد اصلاح و بازنگری قرار گرفته است. از مهمترین آنها می‌توان به روش پنمن مانیت، بلانی کریدل اصلاح شده توسط فائو و

هارگریوز سامانی اشاره کرد. در صورتی که منطقه مورد بررسی دارای آمارهواشناسی مورد نیاز باشد، روش پنمن مانیت دارای اولویت است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). اسمیت و همکارانش (۱۹۹۲) ضمن محاسبه ۲۰ روش برای محاسبه تبخیر و تعرق، از روش پنمن مانیت به عنوان روش برتر نام بردند. فائو نیز روش پنمن مانیت را به عنوان روش برتر محاسبه نیاز آبی گیاهان معرفی نموده و به تفصیل به ملاحظات برآورد این روش پرداخته است (آلن و همکاران، ۱۹۹۴). بوسی و همکاران (۲۰۰۹) پژوهشی را در اتیوپی با استفاده از سه دستگاه لایسیمتر زهکش‌دار برای محاسبه ضرایب گیاهی پیاز انجام دادند. آن‌ها مقادیر نیاز آبی در مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی رشد را به ترتیب ۵۱/۳، ۱۴۰/۵، ۱۴۴/۸ و ۵۳/۹ میلی‌متر محاسبه و مقادیر ضریب گیاهی برای مراحل ابتدایی، میانی و پایانی رشد را به ترتیب ۰/۴۷، ۰/۹۹ و ۰/۴۶ برآورد نمودند. ریحانی و خاشعی (۱۳۹۴) با استفاده از سه عدد لایسیمتر نیاز آبی زیره را به روش بیلان آب و ضریب گیاهی آن را در مراحل مختلف رشد در منطقه بیرجند برآورد نمودند. در تحقیق فوق برای محاسبه تبخیر-تعرق مرجع نیز از چمن مورد استفاده برای فضای سبز با ارتفاع ۱۲ سانتیمتر به عنوان گیاه مرجع استفاده گردید. در نهایت در پایان فصل رشد، مقادیر مربوط به ضرایب گیاهی زیره در مراحل مختلف رشد شامل مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و مرحله انتهایی محاسبه گردید. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی اقدام به برآورد ضریب گیاهی گشنیز در کرمانشاه نمودند که مقادیر ضرایب گیاهی در چهار مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای این گیاه به ترتیب ۰/۶۶، ۱/۱۹، ۱/۳۶ و ۰/۹۸ بدست آمد.

گل نرگس با نام جنس *Narcissus* به خانواده *Amaryllidaceae* و راسته *Asparagales* تعلق دارد و بومی اروپا، شمال آفریقا و غرب آسیا است. گیاه نرگس، با اسم علمی *Narcissus tazetta L*. یک گیاه سوخدار از خانواده آماریلیس است که به عنوان گل بریدنی، گیاه گلدانی و یا زینتی در هوای آزاد کاربرد دارد. گونه

Narcissus tazetta با پوشش گل مسطح و تاج گل نیمه کروی از مهم‌ترین گونه‌های نرگس است. گلدهی اینگونه نرگس از اواسط پاییز تا اواسط زمستان انجام می‌شود (چهرازی و همکاران، ۲۰۰۷). بخش‌های جنوبی ایران، به دلیل داشتن زمستان ملایم، از مناطق مهم تولید انواع گل-های بریده مانند مریم، گالیول و نرگس در زمستان هستند. وجود نرگس‌زارهای طبیعی در بخش‌های مختلف استان خراسان جنوبی مانند خوسف، نشان می‌دهد استان خراسان جنوبی با داشتن رتبه پنجم (پورتال سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی) از مناطق مناسب برای کاشت نرگس است؛ و از آنجاییکه که تاکنون ضرایب گیاهی این گیاه به منظور برآورد نیاز آبی در این منطقه و در مکان دیگری تعیین و گزارش نشده است، این تحقیق با هدف تعیین ضرایب گیاهی گل نرگس با استفاده از روش لایسیمتری (بیلان آبی) در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک بیرجند در طول یک فصل زراعی انجام گرفت.

در پژوهش حاضر با توجه به اینکه استان خراسان جنوبی دارای رتبه پنجم در کاشت گل نرگس می‌باشد و عدم تعیین و گزارش ضرایب گیاهی مربوط به گل نرگس برای منطقه بیرجند، اقدام به کاشت این محصول در طول یک فصل زراعی در شرایط نیمه خشک بیرجند به منظور تعیین ضرایب گیاهی آن گردید.

مواد و روش

این تحقیق در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در شش کیلومتری شهرستان بیرجند که بین ۶۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا دقیقه ۵۰ درجه و ۶۷ دقیقه طول شرقی و ۶۰ درجه و ۶۶ دقیقه تا ۶۴ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته گرفته و با ۲۴۲۲ متر ارتفاع از سطح آزاد دریا، انجام شد. شهرستان بیرجند با توجه به ضریب خشکی دوارتن که برای این منطقه کمتر از ۱۰ می باشد دارای اقلیم خشک است. میانگین بارندگی سالانه ۲۷۲ میلیمتر و بیشترین و کمترین متوسط درجه حرارت سالانه به ترتیب برابر ۱۴ و ۵ درجه سانتی می‌باشد.

اجرای طرح به صورت کشت گیاه در لایسیمتر صورت گرفت و لایسیمترها در داخل مزرعه گل نرگس قرار گرفت. بدین منظور و با توجه به اندازه و ارتفاع گیاه، از پنج لایسیمتر گل نرگس استفاده گردیده که بدلیل اندازه گیری‌های مجزای تبخیر و تعرق در سه لایسیمتر (A,B,C) و اندازه گیری تعرق در دو لایسیمتر دیگر D, E انجام شده است و به عنوان سه تکرار با قطر ۲۵ و ارتفاع ۴۰ سانتی متر جهت کشت پیاز گل نرگس استفاده گردید. به منظور انجام زهکشی در کف هر یک از لایسیمترها سوراخ‌هایی تعبیه شد و ظرفی برای اندازه گیری آب زهکشی احتمالی در آن تعبیه گردید (لایسیمترها قابلیت جابجایی و پس از هر بار آبیاری آب زهکشی بوسیله ظروف مدرج دقیق اندازه گیری شده است). برای سهولت در زهکشی کف لایسیمترها تا ارتفاع یک سانتیمتری شن ریز و درشت ریخته شد و بقیه حجم آن توسط خاک مورد نظر (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است) به همراه کود پوسیده حیوانی برای رشد بهتر گیاه پر گردید. شکل (۱) لایسیمترها را قبل از کاشت نشان می‌دهد. در هر لایسیمتر به طور متوسط تعداد ۵-۶ پیاز گل نرگس جهت افزایش جوانه زدن، در تاریخ، ۳۱ شهریور ۱۳۹۶ کشت شد. برای کنترل علف هرز در طی فصل رشد به دفعات لازم و در صورت مشاهده وجین دستی انجام گرفت.



شکل ۱- موقعیت لایسیمترها قبل از کاشت در مزرعه

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی خاک محل آزمایش تحقیق

پتاسیم قابل جذب (میلی اکی والان بر لیتر)	منگنز قابل جذب (میلی اکی والان بر لیتر)	روی قابل جذب (میلی اکی والان بر لیتر)	آهن قابل جذب (میلی اکی والان بر لیتر)	بور قابل جذب (میلی اکی والان بر لیتر)	مس قابل جذب (میلی اکی والان بر لیتر)
۰/۳۱	۴/۷۸	۰/۵۱	۴/۰۸	۰/۵۱	۰/۳۷

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی خاک محل آزمایش تحقیق

هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی متر)	اسیدیته	آهک (درصد)	گچ (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
۳/۴۲	۷/۹۷	۱۶/۳	۱/۳۸	۴۹/۷	۳۲/۷	۱۷/۶

طی مدت زمان آزمایش آب زهکشی شده به صورت وزنی اندازه گیری شده و سپس به حجم و ارتفاع آب تبدیل شد. رطوبت خاک مورد استفاده در محدوده ظرفیت زراعی با استفاده از رطوبت‌سنج اندازه گیری و به صورت درصد وزنی تعیین گردید. اندازه گیری محتوای آب خاک و تعیین نوبت آبیاری نیز به صورت وزنی انجام شد، بدین صورت که رطوبت ظرفیت زراعی به عنوان رطوبت بهینه جهت وارد نیامدن تنش به گیاه در نظر گرفته شده و وزن مجموع لایسیمتر و خاک در این رطوبت محاسبه گردید، سپس سعی شد وزن لایسیمتر و در نتیجه رطوبت خاک در این حد حفظ شود. در این مورد، وزن گلدان به رطوبت معادل ظرفیت زراعی رسید و در زمان آبیاری هم وزن گلدان به وزن معادل رطوبت زمان آبیاری تعیین شده رسید و اختلاف وزن گلدان در این دو شرایط مقدار آبیاری را مشخص نمود، لازم به یادآوری است رعایت موارد فوق در ابتدای رشد به منظور سبز شدن گیاه و استقرار مناسب گیاه ضرورتی ندارد و همچنین مقدار آبیاری اندکی باید بیشتر باشد تا زه آب تولید شود که البته مقدار آن اندازه گیری و در محاسبات لحاظ گردید.

تعیین ضریب گیاهی

اگر تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) و و تبخیر-تعرق واقعی (ET_c) موجود باشند با کمک رابطه (۱) ضریب گیاهی قابل اندازه‌گیری خواهد بود.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (1)$$

از روش‌های مرسوم تجربی بر مبنای آمار متوسط دمای حداقل و حداکثر دما (سلسیوس)، میانگین رطوبت

نسبی (درصد)، میانگین سرعت باد (متر در ثانیه در ارتفاع دو متری)، تعداد ساعت‌های آفتابی بر اساس داده‌های روزانه، مقادیر تبخیر تعرق پتانسیل با استفاده از هشت روش متداول فائو-پنمن-مانتیش، بلانی کرایدل، هارگریوز، هارگریوز سامانی، تورک، جانسون و جنسن-هیز به دست آمد که این روش‌ها را اکثر محققان برای کشور ایران مورد استفاده قرار دادند. برای محاسبه تبخیر-تعرق واقعی گیاه نیز از معادله بیلان آب استفاده گردید. این روش شامل بررسی جریان آب ورودی و خروجی به محدوده توسعه ریشه گیاه در طول یک دوره مشخص می‌باشد. آبیاری (I) و بارندگی (P) منابع آب ورودی به محدوده توسعه ریشه گیاه محسوب می‌شوند.

$$ET_c = I + P - D \pm \Delta S \quad (2)$$

که در این رابطه:

ET_c : تبخیر-تعرق واقعی گیاه (میلی متر بر روز)،
P: بارندگی (میلی متر)،
I: آب آبیاری (میلی متر)،
D: آب زهکش شده (میلی متر) و ΔS تغییرات ذخیره ای رطوبت خاک (محتوای آب خاک) (میلی متر) می‌باشند. (قوام سعیدی نوقابی و همکاران ۱۳۹۸) ضریب گیاهی که از تقسیم تبخیر - تعرق واقعی گیاه بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع به دست می‌آید نیز یک مقدار ثابت نبوده (مطابق مقادیر بدست آمده کاشت لایسیمتری چمن) و در طول دوره رشد گیاه تغییر می‌کند. دوره رشد گل نرگس به چهار مرحله (ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی) تقسیم شد. مرحله اولیه، از تاریخ جوانه زدن بذر تا ۱۰ درصد رشد گیاه، مرحله توسعه از ۱۰ درصد رشد تا شروع گلدهی، مرحله میانی از آغاز گلدهی تا رسیدن محصول و مرحله پایانی از انتهای مرحله میانی تا

معیارهای ارزیابی

به منظور ارزیابی روش‌های مورد استفاده در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل روش‌های تجربی، از معیارهای متداول، شامل ضریب تعیین (R^2)، (Determination coefficient) جذر میانگین مربع خطا (RMSE, Root Mean Square Error) استفاده شد. معیار آماری ضریب تعیین برای تعیین همبستگی بین مقادیر واقعی و برآورد شده و همچنین جذر میانگین مربع خطا برای تعیین مقادیر خطای برآورد شده، به کار برده شدند.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

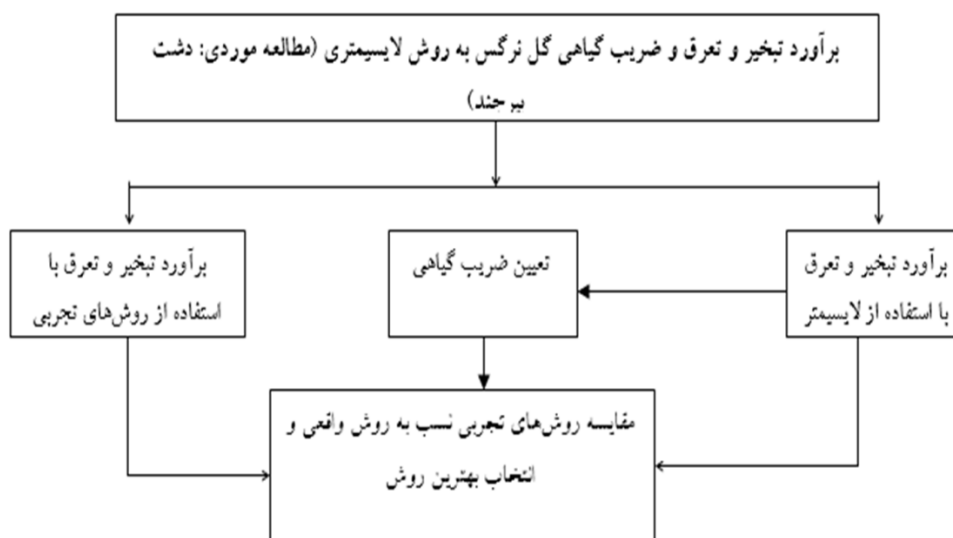
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

X_i : داده واقعی $\bar{X}$: میانگین داده‌های واقعی y_i : داده برآورد شده $\bar{Y}$: میانگین داده‌های برآورد شده n : تعداد داده‌ها

شکل (۲) فلوچارت مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد. تبخیر و تعرق با استفاده از لایسمتر و روش‌های تجربی برآورد و در ضریب گیاهی تعیین و بهترین روش تجربی با دارا بودن بالاترین ضریب همبستگی شناسایی گردید.

برداشت محصول می‌باشد. می‌توان با اعمال مقادیر ضریب گیاهی در تبخیر-تعرق مرجع، نیاز آبی در هر مرحله را به دست آورد.

طبق بررسی‌های انجام شده به ویژه در کشور ایران، در زمینه تعیین ضرایب گیاهی و نیاز آبی گل نرگس تا کنون تحقیقات قابل توجهی انجام نشده است. در نشریه ۵۶ سازمان خواربار جهانی دو روش برای محاسبه ضریب گیاهی پیشنهاد شده است، روش ضریب گیاهی یگانه (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) و روش ضریب گیاهی دوگانه، در روش دوم اجزای تبخیر-تعرق از یکدیگر مجزا شده و ضریب گیاهی (K_c) به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول آن ضریب گیاهی پایه (K_{cb}) است که نشان دهنده تعرق گیاه و بخش دوم ضریب تبخیر (K_e) که بیانگر تبخیر از سطح خاک است. برای جدا کردن این دو عامل روی سطح خاک دوتا از لایسمترها را با فویل آلومنیوم پوشانده و معادله بیلان اعمال گردید.



شکل ۲- فلوچارت مراحل انجام تحقیق

نتایج و بحث

ده روزه طی دوره رشد گیاه (از دهه سوم شهریورماه ۹۶) در جدول (۴) و (۵) ارائه شده است.

نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل گل نرگس به دست آمده از لایسمترها طی مدت زمان آزمایش، در دوره‌های

جدول ۴- تبخیر - تعرق ده روزه گل نرگس (میلی متر در ده روز)

دهه	تعرق (میلیمتر در ده روز)	تبخیر-تعرق (میلیمتر در ده روز)	دهه	تعرق (میلیمتر در ده روز)	تبخیر-تعرق (میلیمتر در ده روز)
D	E	D	E	D	E
۱	۳/۷۱	۴/۵۳	۹	۲/۸	۳/۷۲
۲	۴/۴۶	۵/۹۳	۱۰	۲/۲	۲/۵۶
۳	۶/۲۶	۸/۲۱	۱۱	۱/۲۹	۱/۸۵
۴	۵/۲۶	۷/۲۴	۱۲	۱/۳۹	۱/۸۵
۵	۵/۱۴	۶/۳۶	۱۳	۲/۴۲	۲/۷۴
۶	۵/۲۲	۶/۲۱	۱۴	۰/۲۴	۰/۴۵
۷	۴/۳۱	۵/۱۹	۱۵	۰/۸۳	۲/۸
۸	۳/۷	۴/۷۶	۱۶	۱/۴۲	۳/۰۵

جدول ۵- تبخیر - تعرق ده روزه گل نرگس (میلی متر در ده روز)

دهه	تبخیر-تعرق هر لایسمتر		
D	A	B	C
۱	۳/۷۷	۳/۳۹	۳/۱۹
۲	۷/۳۷	۷/۰۳	۶/۸۷
۳	۶/۳	۶/۴۱	۶/۳۴
۴	۷/۵	۷/۳۶	۷/۶۷
۵	۵/۰۶	۴/۲۹	۴/۳۵
۶	۳/۱۶	۱/۹۴	۱/۹۹
۷	۱/۶۴	۱/۲۲	۱/۲۲
۸	۱/۸۲	۲/۲۸	۱/۸۷
۹	۱/۹۵	۱/۶۹	۱/۹
۱۰	۲/۰۴	۲/۴۶	۲/۶۱
۱۱	۲/۴۵	۲/۷۲	۲/۷۲
۱۲	۱/۴	۰/۹۱	۰/۸۲
۱۳	۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۴۳
۱۴	۱/۴۳	۲/۱۱	۲/۷۹
۱۵	۱/۴	۳/۹۴	۴/۳۸
۱۶	۰/۶۱	۲/۱۰	۲/۴۱

مقدار تبخیر- تعرق در مدت آزمایش در مرحله ابتدایی پایین است و سپس در مرحله میانی به حداکثر مقدار خود می رسد و در طی مرحله پایانی روند کاهشی دارد و با نتایج ریحانی و خاشعی (۱۳۹۴) مطابقت دارد. نتایج نشان می دهد که حداکثر و حداقل متوسط تبخیر- تعرق ده روزه گل نرگس در مدت زمان آزمایش به ترتیب برابر ۷/۰۳ و ۰/۲۶ میلی متر در ده روز می باشد. ضریب گیاهی پایه مطابق با مراحل ابتدایی، مرحله رشد میانی و انتهای مرحله پایانی

رشد گل نرگس به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۸۵، ۰/۸۶ و ۰/۸۸ دست آمدند. که با نتایج یرمی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد جدول (۶).

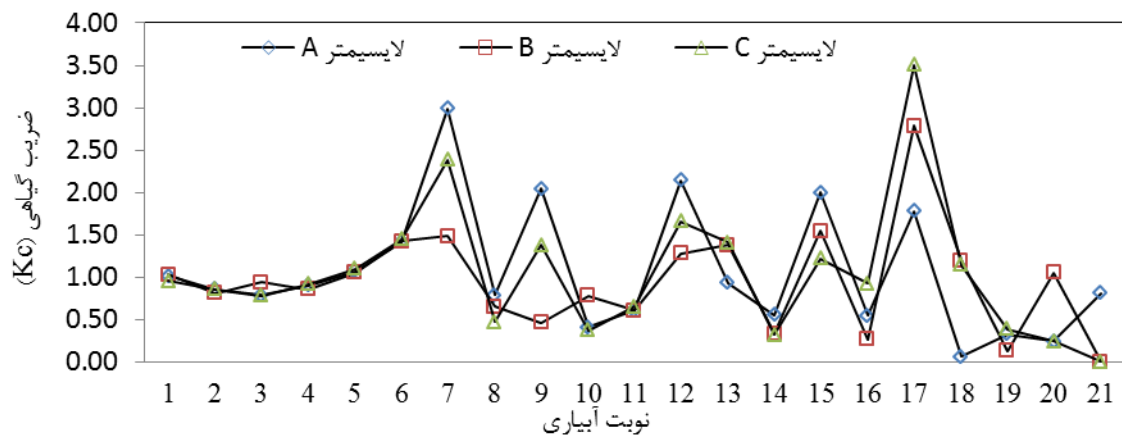
(۳) $Kc = Ke + Kcb$
 که در آن:
 Kcb : ضریب گیاهی پایه، Ke : ضریب مربوط به تبخیر از سطح خاک می باشد.

جدول ۶- ضرایب گیاهی در مراحل چهارگانه رشد

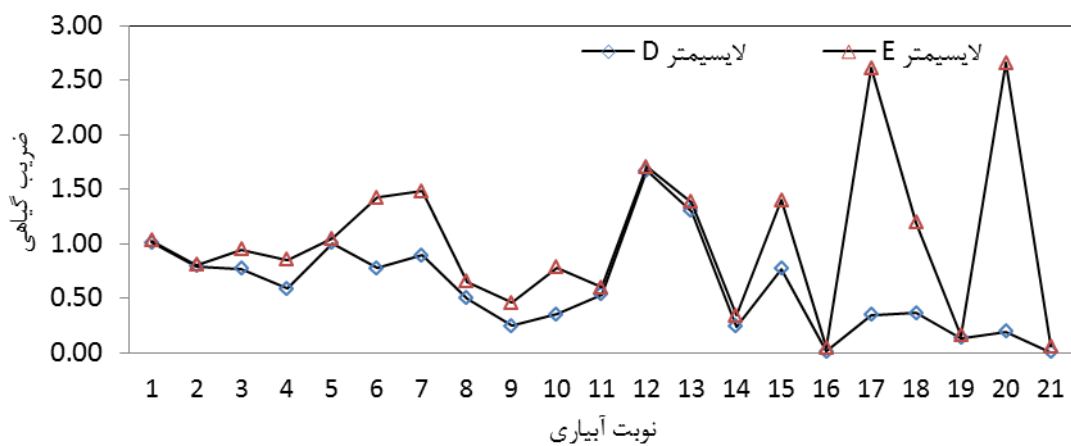
سال	ضریب گیاهی	دوره اولیه رشد	دوره توسعه	دوره میانی	دوره انتهایی
۱۳۹۶	Kcb	۰/۴۲	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۷۴
	Ke	۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۲
	Kc	۰/۹۱	۱/۱۳	۱/۱۱	۰/۹۶

ضریب گیاهی واقعی محاسبه شده و شکل تعدیل یافته آن بر حسب روزهای رشد در مدت زمان انجام پژوهش و متوسط آن، در شکل‌های سه‌الی پنج نمایش داده شده است. برای محاسبه ضریب گیاهی ده روزه از روش میانگین‌گیری استفاده گردید، به گونه‌ای که برای هر مرحله از رشد میانگین ضریب گیاهی در آن مرحله، در نیر گرفته شد. همان گونه که در شکل‌ها مشاهده می‌شود مقدار ضریب گیاهی در نوبت‌های آبیاری تغییرات شدیدی دارد. این تغییرات می‌تواند ناشی از خطای اندازه‌گیری عوامل معادله بیلان و عوامل اقلیمی باشد. با توجه به نتایج به دست آمده برای ضریب گیاهی می‌توان نتیجه گرفت که در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده و لذا مقدار ضریب گیاهی پایین است. در مرحله توسعه و میانی با توسعه اندام هوایی گیاه میزان تعرق افزایش یافته که به دنبال آن ضریب گیاهی افزایش می‌یابد، در مرحله پایانی با کاهش فعالیت برگ‌ها مجدداً تعرق و در پی آن ضریب گیاهی کاهش می‌یابد. ضریب گیاهی میانگین گل نرگس در مرحله ابتدایی رشد در مدت زمان انجام پژوهش برابر ۰/۹۱، سپس با افزایش سرعت رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش تعرق در دوره توسعه ضریب گیاهی افزایش یافته و برابر ۱/۱۳ شد. در مرحله میانی این مقدار به ۱/۱۱ و در مرحله انتهایی به ۰/۹۶ رسید. میانگین ضرایب گیاهی چهار مرحله رشد در مدت انجام آزمایش در جدول (۶) ارائه شده است.

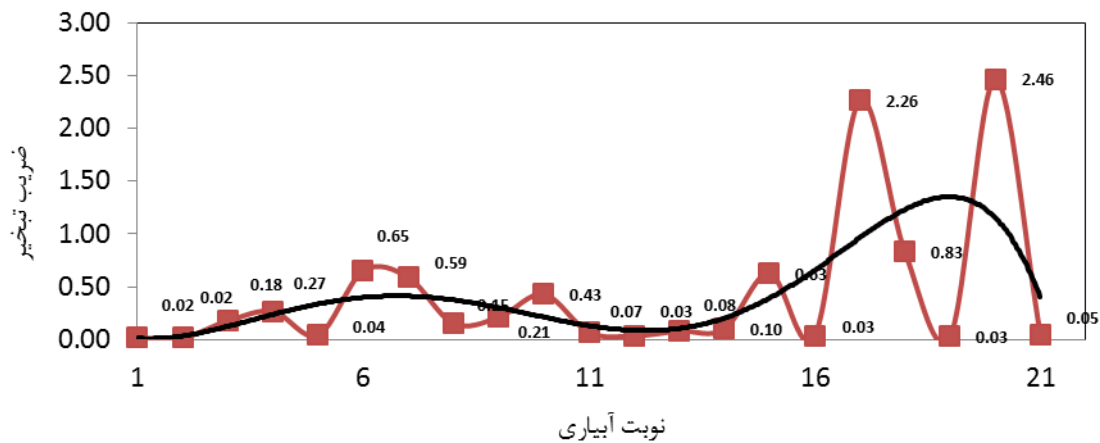
ضریب گیاهی واقعی محاسبه شده و شکل تعدیل یافته آن بر حسب روزهای رشد در مدت زمان انجام پژوهش و متوسط آن، در شکل‌های سه‌الی پنج نمایش داده شده است. برای محاسبه ضریب گیاهی ده روزه از روش میانگین‌گیری استفاده گردید، به گونه‌ای که برای هر مرحله از رشد میانگین ضریب گیاهی در آن مرحله، در نیر گرفته شد. همان گونه که در شکل‌ها مشاهده می‌شود مقدار ضریب گیاهی در نوبت‌های آبیاری تغییرات شدیدی دارد. این تغییرات می‌تواند ناشی از خطای اندازه‌گیری عوامل معادله بیلان و عوامل اقلیمی باشد. با توجه به نتایج به دست آمده برای ضریب گیاهی می‌توان نتیجه گرفت که در مرحله ابتدایی که رشد گیاه کم و اندازه گیاه کوچک است سهم تبخیر بیشتر از تعرق بوده و لذا مقدار ضریب گیاهی پایین است. در مرحله توسعه و میانی با توسعه اندام هوایی گیاه میزان تعرق افزایش یافته که به دنبال آن ضریب گیاهی افزایش می‌یابد، در مرحله پایانی با کاهش فعالیت برگ‌ها مجدداً تعرق و در پی آن ضریب گیاهی کاهش می‌یابد. ضریب گیاهی میانگین گل نرگس در مرحله ابتدایی رشد در مدت زمان انجام پژوهش برابر ۰/۹۱، سپس با افزایش سرعت رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش تعرق در دوره توسعه ضریب گیاهی افزایش یافته و برابر ۱/۱۳ شد. در مرحله میانی این مقدار به ۱/۱۱ و در مرحله انتهایی به ۰/۹۶ رسید. میانگین ضرایب گیاهی چهار مرحله رشد در مدت انجام آزمایش در جدول (۶) ارائه شده است.



شکل ۴- ضریب گیاهی (Kc) در نوبت‌های مختلف آبیاری



شکل ۴- ضریب گیاهی (Kcb) در نوبت‌های مختلف آبیاری



شکل ۵- ضریب تبخیر (Ke) در نوبت‌های مختلف آبیاری

صعودی داشته، در دوره میانی مقدار KC به حداکثر مقدار خود رسیده و در دوره انتهایی، تغییرات KC روند نزولی را نشان می‌دهد نتایج حاصله با نتایج صابری و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. جدول (۷) میزان تبخیر و تعرق ماهانه با استفاده از روش‌های فائو-پنمن-مانتیث (FP-M)،

با توجه به نتایج بدست آمده برای ضریب گیاهی می‌توان نتیجه گرفت که KC گل نرگس در دوره ابتدایی رشد به دلیل رشد کم و کوچک بودن گیاه پایین، سپس در دوره توسعه، با افزایش سرعت رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش تعرق مقدار KC روند

از محاسبه به هر یک از روش‌ها (X)، نسبت به روش واقعی (Y) رگرسیون خطی زده شد. جدول (۸) ضریب همبستگی و RMSE هر یک از روش‌ها نسبت به روش واقعی (چمن) نشان می‌دهد.

بلانی کریدل (B-C)، هارگریوز (H)، هارگریوز سامانی (H-S)، تورک (T)، جانسون (J) و جنسن-هیز (J-H) را با استفاده از داده‌های هواشناسی منطقه نشان می‌دهد. تبخیر و تعرق محاسبه شده به روش‌های تجربی با نتایج حاصله از محاسبه تبخیر و تعرق واقعی مقایسه شد و بین حاصل

جدول ۷- تبخیر و تعرق محاسبه شده با استفاده از روش‌های تجربی

ماه	فائو-پنمن-مانتیت (mm/day)	بلانی کریدل (mm/day)	هارگریوز (mm/day)	هارگریوز سامانی (mm/day)	تورک (mm/day)	جانسون (mm/day)	جنسن-هیز (mm/day)
ژانویه	۴/۱۳	۰/۹۲	۱/۹۴	۰/۶۵	۰/۲۹	۱/۱۲	۰/۵۶
فوریه	۴/۳۵	۱/۹۹	۳	۰/۹۹	۰/۳۹	۱/۱۷	۰/۴۸
مارس	۶/۲۸	۴	۳/۹۵	۱/۲۷	۰/۵۱	۱/۱۹	۱/۷
آوریل	۷/۵۸	۶/۲۳	۶	۲/۵۲	۰/۶۵	۱/۲۶	۲/۶
می	۹/۲۴	۸/۷۰	۷/۱۷	۳/۱۲	۰/۷۸	۱/۳۰	۳/۶۱
ژوئن	۹/۶۶	۹/۱۴	۶/۸۸	۲/۳۹	۰/۷۶	۱/۲۸	۳/۵۲
ژولای	۸/۸۶	۸/۲۰	۶/۷	۲/۸۴	۰/۷۳	۱/۲۶	۳/۱۳
آگوست	۷/۶۶	۶/۵۷	۶/۰۸	۳/۲۳	۰/۶۷	۱/۲۴	۲/۵۱
سپتامبر	۶/۸۸	۴/۶۶	۴/۹۶	۲/۷۰	۰/۶۱	۱/۲۲	۱/۸۸
اکتبر	۴/۹۷	۳/۰۶	۳/۱۶	۱/۳۲	۰/۴۲	۱/۱۵	۱/۰۳
نوامبر	۴/۲۹	۱/۶۴	۲/۰۵	۰/۹۱	۰/۲۷	۱/۱۰	۰/۵۲
دسامبر	۳/۹۸	۰/۷۶	۱/۶۸	۰/۶۷	۰/۲۳	۱/۱۰	۰/۴۳

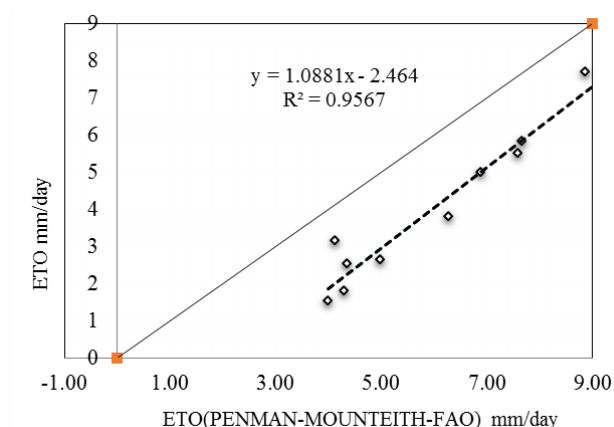
جدول ۸- مقایسه روش‌های تجربی نسبت به روش واقعی

روش	معادله	R ²	RMSE(mm/day)
فائو-پنمن-مانتیت	$y = 1.0881x - 2.464$	۰/۹۶	۱/۹۶
بلانی کریدل	$y = 0.4722x - 2.7318$	۰/۷۸	۱۱/۲
هارگریوز	$y = 1.0889x - 0.2625$	۰/۹۲	۰/۶۹
هارگریوز سامانی	$y = 0.0676x + 0.7745$	۰/۷۴	۵۸/۴۶
تورک	$y = 11.202x - 1.3006$	۰/۹۱	۴/۵۷
لاری جانسون	$y = 1.0296x - 32.479$	۰/۸۸	۳۱/۴۲
جنسن-هیز	$y = 1.8676x + 1.1791$	۰/۹۴	۳

بوده و همخوانی بهتری را با شرایط محیطی نشان داد. ضرایب فرمول روش فائو-پنمن-مانتیت ($y = 1.0881x - 2.464$) برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع در منطقه مورد مطالعه $a = ۱/۲۳$ و $b = -۳/۴۶$ می‌باشد که فرمول به شرح ذیل در این منطقه اصلاح می‌شود.

$$y = 1.23x - 3.46 \quad (۴)$$

رابطه رگرسیونی بین مقادیر تبخیر و تعرق مرجع حاصل از لایسیمتر و مقادیر برآورد شده با روش‌های تجربی حاصل در جدول (۸) و شکل ۶ نشان داد که روش فائو-پنمن-مانتیت با ضریب همبستگی و میزان خطای به ترتیب ۰/۹۶ و ۱/۹۶، بیشترین ضریب همبستگی را دارا



شکل ۶- مقایسه نتایج روش پنمن مانیتث با تبخیر و تعرق گیاه مرجع

نتیجه گیری

با بررسی نتایج حاصل از لایسیمترها، ضرایب گیاهی گل نرگس در مراحل مختلف رشد شامل مرحله ابتدایی، توسعه، میانی و مرحله انتهایی، به ترتیب برابر ۰/۹۱، ۱/۱۳، ۱/۱۱ و ۰/۹۶ به دست آمد. با استفاده از این ضرایب که تاکنون به صورت تجربی در هیچ مرجعی ارائه نشده است، برآورد تبخیر - تعرق و مدیریت آبیاری گل نرگس امکان پذیر خواهد بود. همزمان با اندازه گیری تبخیر

- تعرق گیاه مرجع توسط لایسیمتر، با استفاده از روش های تجربی تبخیر- تعرق محاسبه گردید. نتایج حاصل از روش های تجربی نشان داد که روش پنمن مانیتث فائو همخوانی بهتری با شرایط محیطی دارد و همچنین با توجه به معادله خطی بین میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع (چمن) با استفاده از لایسیمتر و روش های تجربی و معیارهای ارزیابی، روش موصوف دارای ضریب همبستگی بالاتری نسبت به سایر روش ها می باشد.

فهرست منابع

۱. برومند نسب، س.، کشکولی، ح. و خالدیان، م. ۱۳۸۵. تعیین نیازآبی و ضرایب گیاهی نیشکر در اراضی کشت و صنعت هفت تپه خوزستان. همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسی علوم آب. دانشگاه شهید چمران اهواز.
۲. ریحانی، ن.، خاشعی سیوکی، ع.، رشید، م. و هادی، ف. ۱۳۹۴. برآورد ضریب گیاهی زیره سبز در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹(۵): ۱۰۴۷-۱۰۵۶.
۳. صابری، ا.، رضایی، ف. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۶. برآورد ضریب گیاهی اجغون (Trachyspermum ammi) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۳(۳۱): ۳۸۹-۳۹۸.
۴. فرش، ع.ا.، شریعتی، م. ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م. ر.، شهابی فر، م. و تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد اول گیاهان زراعی). نشر آموزش کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی.
۵. قمرنیا، ه.، جعفری زاده، م.، میری، ا. و قبادی، م. ۱۳۹۰. برآورد ضریب گیاهی گشنیز در منطقه ای با اقلیم نیمه خشک. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۸۳-۷۳.

۶. قوام سعیدی نوقابی، س.، خاشعی سیوکی، ع.، حمامی، ح.، ۱۳۹۸. برآورد ضریب گیاهی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در مراحل مختلف رشد به روش لایسیمتری در منطقه بیرجند. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۳، (۱): ۱۱-۱.
۷. میرموسوی، س.ح.، پناهی، ح.، اکبری، ح. و اکبرزاده، ی. ۱۳۹۱. واسنجی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و محاسبه‌ی نیاز آبی گیاه زیتون در استان کرمانشاه. مجله جغرافیا و پایداری محیط. ۳:۶۴-۴۵.
8. Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S. and Perrier, A., 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin, 43(2): 35-92.
9. Bossie, M., Tilahun, K. and Hordofa, T. 2009. Crop coefficient and evapotranspiration of onion at Awash Melkassa. Central Rift Valley of Ethiopia. Irrigation and Drainage System, 23:1-10.
10. Chehraz, M., Naderi, R., Shah NejatBoshehri, A.A. &EsmailHasani, M. 2007.Genetic variation native flowers of Narcissus spp using RAPD markers. Journal of Horticultural Science and Technology, 8(4), 2225-236.
11. Smith, M., Allen, R.G., Monteith, J.L., Perrier, A.,Pereira, L. and Segeren, A., 1992. Report of the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements UN-FAO. Rome, Italy, 54p.
12. Yarami, N., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., & Zand-Parsa, S. 2011. Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. Archives of Agronomy and Soil Science, 57(7), 727-740.

بررسی عوامل موثر بر اضافه برداشت کشاورزان از منابع آب زیرزمینی در دشت

زاوه - تربت حیدریه

زهرا مقیمی، علیرضا کرباسی، تکتم محتشمی^۱ و امین علیزاده

دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه.

zahramoghim85@gmail.com

استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

arkarbasi2002@yahoo.com

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه.

t.mohtashami@torbath.ac.ir

استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

alizadeh@gmail.com

دریافت: دی ۱۳۹۶ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر به استحصال آب‌های زیرزمینی وابسته است. بهره‌برداری از ذخایر آب زیرزمینی در دشت زاوه - تربت حیدریه بیشتر از پتانسیل تجدیدپذیر آبخوان بوده و لایه‌های آب زیرزمینی در این منطقه دارای کسری مخزن است. به همین منظور، در این پژوهش با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از مصاحبه با کشاورزان در این دشت (که از طریق نمونه‌گیری خوشه‌ای دومرحله‌ای در سال ۹۵-۱۳۹۴ انتخاب شده بودند) و به‌کارگیری مدل توبیت (Tobit model) به روش دومرحله‌ای همگن به بررسی عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی پرداخته شد. نتایج الگوی دومرحله‌ای همگن در مورد اضافه برداشت آب نشان داد که در مرحله اول متغیرهای توضیحی نوع کشت غالب، مالکیت شخصی و مالکیت سهم‌بری چاه آب با اثر نهایی ۰/۳۵، ۰/۴۳ و ۰/۴۱، رابطه مستقیم؛ و متغیرهای عمق چاه، نوع کانال انتقال آب و کشت محصولات کم‌آب رابطه معکوسی با اضافه برداشت داشتند. در مرحله دوم نتایج نشان داد که رابطه متغیرهای فاصله مزرعه تا چاه، درآمد سالیانه کشاورز و نوع کشت غالب با میزان اضافه برداشت، رابطه‌ای مستقیم و معنی‌دار در سطح پنج درصد بود. بر این اساس، توجه بیشتر به عوامل فنی مؤثر در بهره‌برداری و مدیریت آب به همراه افزایش آگاهی کشاورزان در جهت مشارکت در اصلاح الگوی کشت، گامی مؤثر در زمینه کاهش اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی بوده و پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: عوامل اقتصادی و اجتماعی، اضافه برداشت آب، الگوی توبیت، الگوی دومرحله‌ای همگن

^۱-آدرس نویسنده مسئول: استان خراسان رضوی، شهرستان تربت حیدریه، دانشگاه تربت حیدریه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه اقتصاد کشاورزی

مقدمه

آب برای بسیاری از جنبه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی ضروری و مؤلفه مهمی از محیط‌زیست محسوب می‌شود و به‌عنوان باارزش‌ترین منابع طبیعی و مهم‌ترین مسئله و چالش در قرن حاضر است (بارانی، ۱۳۸۹). در دهه‌های آینده، تأمین بیش از دوسوم عرضه‌ی فزاینده‌ی غذای مورد نیاز جمعیت رو به گسترش جهان بر عهده کشاورزی مبتنی بر آبیاری خواهد بود (انگلیش و همکاران، ۲۰۰۲؛ الجوادی، ۲۰۰۹) و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ تقاضا برای آب کشاورزی به دو برابر برسد (پفیستر و همکاران، ۲۰۱۱).

کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر به استحصال آب‌های زیرزمینی وابسته است (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶). ایران سرزمینی خشک با نزولات جوی بسیار کم، توزیع آب در مناطق جغرافیایی کشور نامناسب است؛ به‌طوری‌که در مقیاس کوچک‌تر قسمت اعظم مناطق آن کویری، خشک و کم‌آب می‌باشد (علیزاده، ۱۳۹۱). طی سال‌های گذشته به دلایل متعددی نظیر استحصال بی‌رویه و غیرمنطقی از منابع آب موجود به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، خشکسالی و عدم رعایت اصول حفاظت در بهره‌برداری از منابع آبی، برخی از منابع آبی کشور نابودشده یا در معرض خطر نابودی قرار گرفته‌اند (زارع مهرجردی، ۱۳۸۶). این مسئله در بخش کشاورزی که بخش بیشتری از حجم آب مصرفی کشور را به خود اختصاص می‌دهد شرایط حادتری را ایجاد نموده و عامل آب را به یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در این بخش تبدیل نموده است (زیبایی، ۱۳۸۶).

یکی از مشکلات رایج در رابطه با بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، مشکل اضافه‌ی برداشت است. اضافه‌ی برداشت به دو طریق افزایش برداشت لحظه‌ای و افزایش برداشت از راه افزایش ساعت برداشت آب انجام می‌شود. افزایش برداشت لحظه‌ای از نصب دستگاه‌های غیرقانونی ناشی می‌شود و افزایش ساعت برداشت نیز، کارکرد موتورپمپ‌ها، فراتر از زمان‌های مقرر شده در پروانه و حتی

کارکرد در روزهای مختلف فصل زمستان است (مختاری و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به افت سطح آب زیرزمینی بر اثر اضافه برداشت در بیشتر دشت‌های ایران، دبی چاه‌ها پس از مدت کوتاهی (چند سال) به میزان زیادی کاهش می‌یابد و برای دستیابی به دبی اولیه چاه بایستی چاه‌های جدید حفر شود یا با حفاری و کف‌شکنی چاه‌های موجود بار دیگر به همان دبی دست‌یافت (صفری و همکاران، ۱۳۸۳). تشدید بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف کشورمان به‌ویژه مناطق خشک که به دلیل متعدد صورت گرفته است، نگرانی‌های زیادی را سبب شده است. این مسئله ضرورت استمرار در مطالعات مربوط به آب‌های زیرزمینی را با توجه به اهمیت منابع آب ایجاب نموده و رسالتی است که هرگونه کوتاهی در آن می‌تواند منجر به زیان‌های بزرگ و غیرقابل جبران گردد.

عوامل متعددی بر اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار است که مطالعه و شناخت فراگیر درباره آن‌ها و اقدام در زمینه رفع و یا کنترل اثرات منفی هر یک می‌تواند به‌نوبه خود در کاهش اضافه برداشت از این منابع تأثیر بسزایی داشته باشد. مطالعات گذشته در خصوص مدیریت منابع آب نشان می‌دهد که عواملی چون مشارکت اجتماعی و میزان مشارکت کشاورزان در انجمن‌های آب-بران (چاندران و همکاران، ۲۰۰۴)، سطح آگاهی کشاورزان، تعداد خانوار، درآمد و تجربه پیشین کشاورزان در اختلاف و تضاد بر سر مسائل آب و آبیاری (قیاو و همکاران، ۲۰۰۹) بعد خانوار، وابستگی افراد به کشاورزی، سطح تحصیلات، سطح زیر کشت آبی، درآمد سالانه، تماس‌های ترویجی، مؤلفه‌های سرمایه اجتماعی، وضعیت آبیاری منطقه و وضعیت مشارکت کشاورزان در زمینه مدیریت آبیاری با موضوع مدیریت منابع آب همبستگی دارد (دیواکارا (۲۰۰۵)؛ شاهرودی و همکاران (۲۰۰۷)؛ عزیزی خالخیلی (۲۰۰۹)). در بعد فنی نیز فاصله مزرعه تا منبع آب و نوع کانال آب از اهمیت برخوردار می‌باشند (فلسفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). عامل دیگر حقوق مالکیت است. نقش و تأثیر حقوق مالکیت در مدیریت منابع، در پژوهش‌های

بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. برکز (۱۹۸۹) معتقد است که یکی از راه‌های برقراری ارتباط انسان با محیط طبیعی، حقوق مالکیت است. وقتی حقوق مالکیت، کاملاً مشخص باشد، افراد می‌توانند از تأثیر تصمیم‌های خود مطمئن شوند. مهم‌تر از آن، اگر افراد صرفاً استفاده‌کننده نباشد، بلکه مالک منبع مورد نظر نیز باشند، انگیزه کافی برای مدیریت آن خواهند داشت.

در داخل کشور، اهمیت آب در بخش کشاورزی و نارسایی‌های موجود در بهره‌برداری از منابع آبی باعث شده مطالعات مختلفی به بررسی نارسایی‌های مدیریت منابع آب زیرزمینی بپردازند، از جمله اینکه باقری (۱۳۹۰) با مطالعه انگیزه گرایش به حفر چاه غیرمجاز و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت برازجان نشان داد که از نظر تأثیر سیاست‌های بازدارنده، بین دو گروه از بهره‌برداران، مجاز و غیرمجاز، اختلاف معنی‌داری وجود دارد هرچند که از نظر تأثیر سایر معیارها مانند نظارت و ساماندهی، سیاست تشویقی، رسانه‌های گروهی و آگاهی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین اثر متغیرهایی نظیر سن، میزان درآمد، میزان وام و میزان شرکت در کلاس‌های ترویجی بر گرایش به حفر چاه غیرمجاز معنی‌دار است. رضایی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای عوامل مؤثر بر بهره‌برداری از منابع آب و پایداری آن را در شرایط جغرافیایی متفاوت استان فارس بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که متغیرهای تعداد اعضای خانوار، نظام بهره‌برداری از اراضی، سطح درآمد خانوار، دبی آب و هزینه تأسیسات انتقال آب و شاخص مدیریت تأثیر معناداری بر بهره‌برداری از منابع آب دارد. یزدی و جبلی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای اثرات برداشت بی‌رویه و مدیریت بهره‌برداری پایدار از منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را در حوزه آبریز یزد- اردکان بررسی کردند. با توجه به نتایج این مطالعه اثرات برداشت بی‌رویه آب در منطقه علاوه بر افت سطح آب زیرزمینی، باعث افت سطح زمین (نشست زمین) و تغییر ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌وخاک شده و در مهاجرت و تسریع روند تمرکزگرایی جمعیت و تخلیه

روستاهای کویری نیز تأثیر بسزایی دارد. فلسفی‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) سهم عوامل مؤثر بر اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی را در شهرستان مرودشت بررسی کرده و نشان دادند که متغیرهای سطح درآمد و نوع کانال انتقال آب زیرزمینی دارای اثر مثبت و متغیرهای مجوز بهره‌برداری از منبع آب زیرزمینی، کارایی زیر برداری آب، شرکت در کلاس‌های آموزشی، فاصله مزرعه تا منبع و سطح تحصیلات دارای اثر منفی و معناداری بر متغیر اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی داشته است. با بررسی این مطالعات می‌توان به دامنه وسیعی از مسائل مربوط به مدیریت منابع آب زیرزمینی شامل راه‌های مهار بهره‌برداری از آن و برداشت بهینه، ارزش‌گذاری آب زیرزمینی، تمایل به پرداخت کشاورزان برای آب‌های زیرزمینی و اثرات جانبی برداشت بی‌رویه با رویکردهای مختلف دست‌یافت. با این حال اهمیت توجه به عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی به‌ویژه با تأکید بر عوامل اقتصادی و اجتماعی، لزوم انجام مطالعاتی از این دست را در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور ایجاب می‌کند.

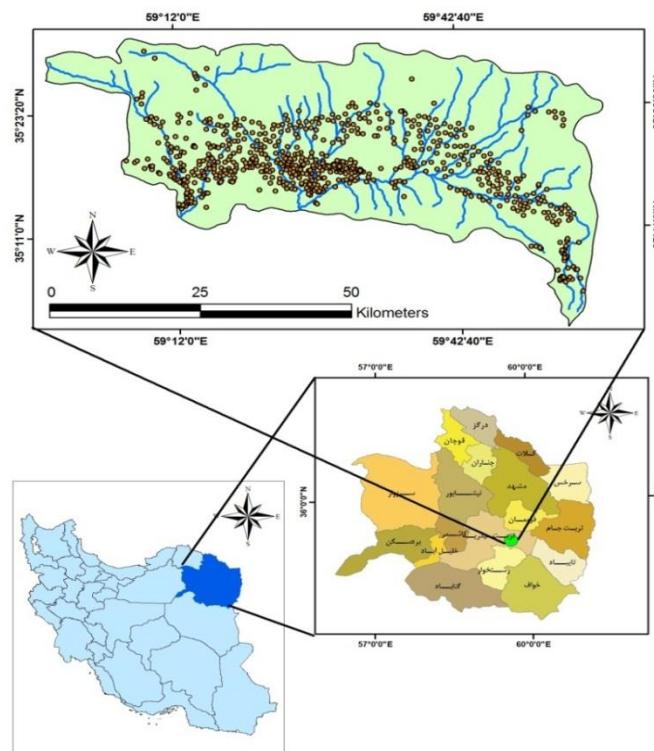
دشت زاوه- تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی، جزو دشت‌های ممنوعه کشور است که بخش عمده استحصال آب در این محدوده توسط چاه برداشت می‌شود. بهره‌برداری از ذخایر آب زیرزمینی در دشت زاوه- تربت‌حیدریه مانند سایر مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر از پتانسیل تجدیدپذیر آبخوان بوده و بر اساس حد مجاز انجام نمی‌شود و بر مبنای مقدار آب قابل استحصال که از طریق چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها برداشت می‌شود، بیش از حجم تغذیه بوده و سفره‌های آب زیرزمینی در این منطقه دارای بیلان منفی است (مطالعات به‌هم‌پیوسته منابع آب منطقه تربت‌حیدریه، ۱۳۹۲). در چند سال اخیر کاهش بارندگی و افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در دشت زاوه- تربت‌حیدریه باعث افت شدید در سطح آب زیرزمینی شده و هیدروگراف دشت طی سال‌های آبی ۸۱- تا ۹۰- تا ۸۹ حدود ۹/۴۵ متر افت در تراز سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهد (خلق ذکرآباد و همکاران،

(۱۳۹۱). با توجه به اهمیت مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی دشت زاوه- تربت حیدریه، این پژوهش باهدف شناسایی عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی در این دشت صورت گرفته است تا با استفاده از نتایج حاصله، برنامه‌ریزان منطقه‌ای را تشویق به بازنگری در سیاست‌های داخلی کرده و به تدوین راهکارهای جدید و مناسب برای بهبود وضعیت بهره‌برداری از منابع و وضعیت کشاورزی محدوده‌ی مورد مطالعه کمک کند.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مطالعاتی این پژوهش دشت زاوه- تربت حیدریه با گستره‌ای در حدود ۲۵۰۴ کیلومترمربع

(وسعت دشت و ارتفاعات به ترتیب ۱۲۶۰ و ۱۲۴۴ کیلومترمربع) در شمال کویر نمک، در جنوب شهر مشهد واقع شده است. ارتفاع متوسط این محدوده ۱۶۵۰ متر از سطح دریا و متوسط افت سالانه آبخوان ۰/۶۴ متر است، است. از نظر آب و هوایی این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک است. میانگین بارندگی سالانه محدوده دشت ۲۷۵ میلی‌متر، تقریباً یک‌سوم میانگین بارندگی جهانی است. تغذیه آبخوان آبرفتی توسط رودخانه‌های کال سالار و شصت دره انجام می‌گیرد (گزارش مطالعات مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب تربت حیدریه، ۱۳۹۲). بر اساس مختصات چاه‌ها و نقشه-های دریافتی از سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی، نقشه وضعیت چاه‌های موجود در دشت از طریق نرم‌افزار GIS رسم شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه دشت زاوه- تربت حیدریه

متغیر وابسته تحقیق وضعیت اضافه برداشت و یا عدم اضافه برداشت آب توسط کشاورزان است که یک متغیر دوحالتی (۰ و ۱) است. مدل‌های لاجیت و پروبیت باوجوداینکه می‌توانند به‌عنوان معیار بررسی وجود اضافه برداشت یا عدم وجود اضافه برداشت مورد استفاده قرار گیرند، نمی‌توانند عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از منابع آب

زیرزمینی و میزان آن را تفکیک کنند. درواقع دلیل اصلی استفاده از الگوی توبیت نقص الگوهای لاجیت و پروبیت در تمایز بین عوامل مؤثر بر تصمیم و عوامل مؤثر بر میزان فعالیت است (توبین، ۱۹۵۸). الگوی توبیت به شکل زیر ارائه می‌شود (آمییا، ۱۹۸۵):

$$Y_i^* = B'X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

روش دوم مرحله‌ای همگن بر این فرض استوار است که یک مجموعه از متغیرها می‌توانند بر تصمیم به شرکت در فعالیت مورد نظر تأثیر بگذارند و مجموعه دیگری از متغیرها می‌توانند میزان انجام فعالیت مورد نظر را پس از اتخاذ تصمیم اولیه تحت تأثیر قرار دهند. بنابراین دو مجموعه مختلف از متغیرها می‌توانند در الگوی توییت وارد شوند که البته این متغیرها لزوماً مانع الجمع^۱ نیستند. در روش همگن برای تعیین عوامل مؤثر در هر یک دو مجموعه، الگوی توییت به دو الگوی پرویت و الگوی رگرسیون خطی شکسته می‌شود. الگوی دوم با اضافه شدن متغیر جدیدی به نام عکس نسبت میلز^۲ که با استفاده از پارامترهای برآورد شده الگوی اول ساخته می‌شود، به مجموعه متغیرهای مستقل آن به مرحله اول مرتبط می‌شود. با توجه به توضیحات یادشده، دو الگوی حاصل از تفکیک الگوی توییت به صورت زیر نشان داده می‌شوند:

$$Z_i = B'X_i + V_i \quad (۸) \text{ الگوی پرویت}$$

$$Y_i^* > 0 \quad \text{If} \quad Z_i = 1$$

$$1, 2, \dots, N \quad \text{if} \quad Y_i^* \leq 0 \quad \text{if} \quad Z_i = 0$$

$$Y_i = B'X_i + \sigma \lambda_i + e_i \quad (۹) \text{ الگوی رگرسیون خطی}$$

در الگوهای فوق B و σ پارامترهای الگو می‌باشند. λ_i نیز معکوس نسبت میلز است. e_i و V_i جملات خطا در الگوهای یادشده می‌باشند. در مرحله اول از روش دوم مرحله‌ای همگن، الگوی پرویت با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی برآورد می‌گردد. در این مرحله نقش عوامل مؤثر بر تصمیم کشاورزان به اضافه برداشت از چاه و میزان تأثیرگذاری هر کدام با محاسبه تغییر در احتمال ورود به فعالیت مشخص می‌شود. علاوه بر این متغیر عکس نسبت میلز که به صورت $\lambda_i = \frac{\phi(\beta'x_i / \sigma)}{\Phi(\beta'_x / \sigma)}$ تعریف می‌شود با استفاده از پارامترهای برآورد شده الگوی پرویت برای کلیه مشاهدات $Y_i > 0$ ساخته می‌شود. در مرحله دوم از روش دوم مرحله‌ای همگن الگوی رگرسیون خطی برای مشاهداتی که Y_i برای آن‌ها بزرگ‌تر از صفر است برآورد می‌شود. همان‌گونه که رابطه الگوی رگرسیون خطی

$$Y_i = Y_i^* \text{ if } Y_i^* > 0 \quad (۲)$$

$$Y_i = 0 \text{ if } Y_i \leq 0 \quad (۳)$$

که در آن:

B پارامترهای الگو، X_i متغیرهای مستقل و ε_i^* نیز جمله اخلاص است. برای کشاورزانی که اضافه برداشت داشته‌اند، Y_i^* میزان اضافه برداشت را نشان می‌دهد (رابطه ۲). برای کشاورزانی که اضافه برداشت نداشته‌اند، Y_i^* صفر در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر آستانه سانسور صفر خواهد بود. برای مشاهدات صفر، احتمال وقوع هر مشاهده از روابط فوق به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$P(Y_i = 0) = p(u < B'X_i) = 1 - f(B'X_i) \quad (۴)$$

که در آن:

P بیان‌کننده توزیع احتمال و $f(\cdot)$ تابع چگالی جمله خطا ارزیابی شده در مقادیر $B'X_i$ است. لذا احتمال وقوع هر مشاهده از Y_i های بزرگ‌تر از صفر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P(Y_i > 0) = 1 - p(Y_i = 0) = f(B'X_i) \quad (۵)$$

توین نشان داد که مقادیر مورد نظر Y در این الگو، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E(y_i) = X_i B \phi(I) + \delta \phi(I) \quad I = 1, 2, \dots, N \quad (۶)$$

این رابطه برای مشاهدات بیشتر از صفر ($Y_i > 0$) به صورت زیر است:

$$E(Y_i | Y_i > 0) = X_i B + \delta \frac{\phi(I)}{\Phi(I)} \quad (۷)$$

الگوی توییت با بهره‌گیری از هر دو گروه کشاورزان، خطای نوع اول (غیر تصادفی بودن نمونه) را برطرف می‌کند؛ اما احتمال بروز خطای نوع دوم (عدم تمایز عوامل مؤثر بر اقدام به اضافه برداشت و عوامل مؤثر بر میزان اضافه برداشت) همچنان به قوت خود باقی است، زیرا تمایزی بین دو گروه فوق‌الذکر یادشده صورت نگرفته است. همگن (۱۹۷۶) یک روش دوم مرحله‌ای را برای برآورد الگوی توییت و به منظور رفع مشکل دوم پیشنهاد نموده است.

ضریب اطمینان قابل قبول؛ p سهمی از جامعه با ویژگی معین (در این مطالعه نسبتی از چاه‌های عمق برداری شده)؛ q برابر با $1-p$ و d درجه اطمینان یا دقت احتمالی مطلوب (۰/۱) است. مقدار p و q را ۰/۵ و مقدار Z نیز ۱/۹۶ در نظر گرفته شد.

داده‌های موردنیاز از کشاورزان با استفاده از پرسشنامه و به صورت پیمایشی در سال ۹۵-۱۳۹۴ جمع-آوری شد. اطلاعات مربوط به حجم آبخوان و عمق و دبی چاه‌های دشت مورد مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی دریافت شد. متغیرهای مستقل به کاررفته در مدل که در جدول ۱ نشان داده شده است، شامل دو دسته می‌باشند: متغیرهای کمی مدل شامل سن کشاورز، تحصیلات کشاورز، متغیرهای فاصله اولین قطعه مزرعه تا چاه، میزان درآمد سالیانه کشاورز، نسبت درآمد محصول زعفران به درآمد سالیانه کشاورز، عملکرد و سطح زیر کشت زعفران، عمق چاه و متغیرهای کیفی (مجازی) مدل نیز شامل نوع کشت، مالکیت چاه (شخصی، سهم‌بری و اجاره‌ای)، نوع کانال انتقال آب به مزرعه، نوع کشت غالب کشاورز، تنوع کشت محصولات کم‌آب، شرکت در دوره‌های آموزشی و شغل اصلی کشاورز می‌باشند. مقدار متغیر وابسته اضافه برداشت نیز بر اساس اختلاف میان حجم برداشت واقعی و حجم برداشت مجاز (که بر اساس میزان دبی واقعی و دبی مجاز و ساعات کارکرد چاه و ساعات برق منطقه‌ای محاسبه شده‌اند) اندازه‌گیری شده است. رابطه متغیرهای مستقل و وابسته (اضافه برداشت) با رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$Har = \beta X_i + \varepsilon_i \quad (11)$$

که در آن:

X بردار متغیرهای مستقل، β بردار پارامترهای مدل و Har مقدار متغیر وابسته است که در آن داریم:

$$\begin{cases} Har & \text{if } Har > 0 \\ 0 & \text{if } Har < 0 \end{cases}$$

برای برآورد الگوی رگرسیونی عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی از نرم‌افزار شازم (Shazam) استفاده شده است.

نشان می‌دهد در این مرحله متغیر معکوس نسبت میلز $1/n$ به مجموعه متغیرهای مستقل در الگوی رگرسیونی اضافه می‌شود. ضریب این متغیر خطای ناشی از انتخاب نمونه را ارائه می‌کند. چنانچه ضریب این متغیر از لحاظ آماری بزرگ‌تر از صفر باشد، حذف مشاهدات صفر از مجموعه مشاهدات باعث اریبی پارامترهای برآورد شده الگو خواهد شد و اگر ضریب این متغیر از لحاظ آماری برابر صفر باشد، حذف مشاهدات صفر اگرچه منجر به اریب شدن پارامترهای برآورد شده نمی‌شود؛ اما منجر به از بین رفتن کارایی برآورد کننده خواهد شد. علاوه بر این حضور متغیر عکس نسبت میلز در الگوی رگرسیون خطی یادشده، وجود واریانس ناهمسانی الگو اولیه را رفع می‌کند و استفاده از برآورد کننده OLS را بلامانع می‌کند (گرین، ۱۹۹۳). بنابراین با دومرحله‌ای نمودن برآورد پارامترهای الگوی توییت، می‌توان عوامل مؤثر بر تصمیم به اضافه برداشت را از عوامل مؤثر بر میزان اضافه برداشت تفکیک کرد و در نتیجه نقش و میزان اثرگذاری هر یک از این عوامل در گروه‌های دوگانه بهتر مشخص می‌شود.

داده‌های موردنیاز از کشاورزان با استفاده از پرسشنامه و به صورت پیمایشی در سال ۹۵-۱۳۹۴ جمع-آوری شد. نمونه‌گیری برای انتخاب کشاورزان به شیوه نمونه‌گیری خوشه‌ای دومرحله‌ای انجام شد. در خوشه اول، جامعه موردنظر شامل تعداد چاه‌های کشاورزی در حال بهره‌برداری در دشت زاوه- تربت حیدریه است که تعداد آن‌ها برابر با ۴۶۹ حلقه چاه است و در خوشه دوم، تعداد کشاورزانی که از این چاه‌ها استفاده می‌کردند که به منظور تعیین عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی به شیوه نمونه‌گیری تصادفی، حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۲۲ چاه تعیین شد.

$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{1 + \frac{1}{N}(\frac{z^2 pq}{d^2} - 1)} = \frac{\frac{1/96^2 \times 0/5 \times 0/5}{0/1^2}}{1 + \frac{1}{469}(\frac{1/96^2 \times 0/5 \times 0/5}{0/1^2} - 1)} = 122 \quad (10)$$

که در آن:

n حجم نمونه؛ N حجم جامعه (تعداد چاه‌های در حال بهره‌برداری در دشت مورد مطالعه)؛ Z درصد خطای معیار

جدول ۱- متغیرهای موردبررسی در الگوی تحقیق

متغیرها	واحد سنجش	نوع متغیر	X ₁
عوامل اقتصادی			
X ₁	درآمد سالیانه کشاورز	هزار ریال	کمی
X ₂	نوع کشت غالب کشاورز	کشت آبی=۱، کشت غیرآبی=۰	مجازی
X ₃	سطح زیر کشت زعفران	هکتار	کمی
X ₄	نوع کشت	زعفران=۰، دیگر محصولات=۱	مجازی
عامل محیطی			
X ₅	فاصله مزرعه تا چاه	متر	کمی
عوامل فنی			
X ₆	عمق چاه	متر	کمی
X ₇	نوع کانال انتقال آب به مزرعه	لوله کشی=۱، کانال سنتی=۰	مجازی
X ₈	تنوع کشت محصولات کم آب	بلی=۱، خیر=۰	مجازی
عوامل اجتماعی			
X ₉	سن کشاورز	سال	کمی
X ₁₀	تحصیلات کشاورز	سال	کمی
X ₁₁		شخصی=۱، بقیه=۰	
X ₁₂	مالکیت چاه	سهم‌بری=۱، بقیه=۰	مجازی
X ₁₃		اجاره‌ای=۱، بقیه=۰	
X ₁₄	شرکت در دوره‌های آموزشی	بلی=۱، خیر=۰	مجازی
X ₁₅	شغل اصلی کشاورز	کشاورزی=۱، غیر کشاورزی=۰	مجازی

نتایج و بحث

جدول ۲ برخی آماره‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از برآورد مدل همکمن توبیت نیز پس از تعیین بهترین شکل مدل از نظر خوبی برازش، معنی‌داری متغیرها و داشتن علامت موافق تئوری متغیرها، در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میانگین سنی کشاورزان بهره‌بردار ۴۹ سال است که به‌طور متوسط هشت کلاس سواد دارند و کشاورزی شغل اصلی ۷۶ درصد آن‌ها را تشکیل می‌دهد. میانگین درآمد سالیانه این کشاورزان ۲۹ میلیون تومان و متوسط سطح زیر کشت زعفران آن‌ها با توجه به غالب بودن کشت این محصول در منطقه، برابر با ۳/۴ هکتار است. به‌طور متوسط ۸۱ درصد کشاورزان بیش از یک محصول کشت می‌کنند. کشاورزان موردبررسی به‌طور متوسط ۶۳ درصد کشت آبی دارند و ۶۶ درصد کشاورزان از لوله‌کشی برای انتقال آب به مزرعه استفاده می‌کنند. همچنین ۲۵ درصد آن‌ها در دوره‌های آموزشی مرتبط با کشت محصول شرکت کرده‌اند.

نتایج حاصل از مرحله اول روش همکمن (الگوی پروبیت) در جدول ۳، متغیرهای مؤثر بر تصمیم‌گیری کشاورزان برای اضافه برداشت و نتایج حاصل از مرحله دوم روش همکمن (الگوی رگرسیونی خطی)، عوامل مؤثر بر میزان این اضافه برداشت را نشان می‌دهد. برآورد الگوی پروبیت (مرحله اول) در جدول ۳ نشان می‌دهد که ضریب تعیین استرلا در این الگو ۰/۴۳ و درصد پیش‌بینی صحیح الگوی برآورد شده (PRP) مدل برابر ۸۴ درصد است، از آن‌جا که مقدار قابل قبول این آماره برای الگوی لاجیت و پروبیت برابر با ۷۰ درصد است، مقدار درصد پیش‌بینی صحیح به‌دست آمده در این الگو رقم مطلوبی را نشان می‌دهد. مقدار آماره LR (نسبت راست نمایی) در درجه آزادی ۱۰ برابر با ۵۴/۷۰ است و از آن‌جاکه این مقدار بالاتر از مقدار ارزش احتمال است، لذا کل الگوی برآوردی از لحاظ آماری معنی‌دار است. همچنین مقدار آماره آزمون واریانس ناهمسانی (LM2) الگو نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن نشان‌دهنده رد نشدن فرضیه صفر مبنی بر واریانس همسانی بود.

جدول ۲- برخی از آماره‌های مربوط به نمونه مورد مطالعه

متغیرها	میانگین
سن کشاورز (سال)	۴۹
تحصیلات کشاورز (سال)	۸
درآمد سالیانه کشاورز (میلیون تومان)	۲۹
دارای کشت غالب آبی (درصد)	۶۳
سطح زیر کشت زعفران (هکتار)	۳/۴
وجود بیش از یک محصول در الگوی کشت (درصد)	۸۱
عمق چاه (متر)	۱۱۰/۹
فاصله مزرعه تا چاه (متر)	۶۴۵/۹
استفاده از لوله‌کشی برای انتقال آب به زمین (درصد)	۶۶
استفاده از چاه به صورت سهم بری (درصد)	۳۵
شرکت در دوره‌های آموزشی (درصد)	۲۵
وجود کشاورزی به عنوان شغل اصلی (درصد)	۷۶

با استفاده از الگوی برآورد شده، نتایج به دست آمده از مرحله اول (جدول ۳) نشان می‌دهد که متغیرهای نوع کشت غالب، مالکیت شخصی و سهم‌بری چاه آب تأثیر مثبت از نظر علامت و معناداری بر متغیر اضافه برداشت دارند و میزان ضریب آن‌ها به ترتیب برابر با ۱/۳۴، ۱/۶۵ و ۱/۵۵ است. براین اساس انتظار می‌رود با افزایش کشت آبی کشاورز که میزان استفاده از آب را بیشتر می‌کند، احتمال اضافه برداشت از منابع آبی افزایش یابد. همچنین در مقایسه با مالکیت اجاره‌ای چاه، مالکیت شخصی و سهم‌بری چاه منجر به افزایش احتمال برداشت از آب‌های زیرزمینی خواهد شد. در مقابل، هر چه کانال انتقال آب به صورت لوله‌کشی بوده و کشاورز بیشتر به کشت محصولات کم‌آب در الگوی کشت روی آورد، احتمال بروز اضافه برداشت از سوی کشاورزان کاهش می‌یابد. متغیرهای درآمد سالیانه کشاورز، فاصله مزرعه تا چاه، شرکت در دوره‌های آموزشی و شغل اصلی کشاورز نیز تأثیر معناداری بر تصمیم به اضافه برداشت ندارند. اثر نهایی در الگوی فوق نشان‌دهنده میزان وابستگی یا درجه اهمیت متغیرهای مستقل در تعریف متغیر وابسته هستند. بر اساس برآوردهای صورت گرفته از اثر نهایی هر متغیر، به طور مثال می‌توان بیان داشت که در صورت ثابت در نظر گرفتن سایر عوامل، تبدیل مالکیت

چاه از اجاره‌ای به شخصی، احتمال اضافه برداشت را به اندازه ۰/۴۳ درصد افزایش خواهد داد. این میزان در مورد مالکیت سهم‌بری چاه به اندازه ۰/۴۱ درصد برآورد شده است. این امر می‌تواند ناشی از شرایط تحمیلی به بهره‌برداران باشد، چراکه بهره‌برداران اجاره‌ای به دلیل اینکه قیمت استفاده از آب را می‌پردازند بیشتر از مالکان شخصی و سهم‌بری چاه در استفاده مطلوب‌تر از آب دقت دارند. همچنین در بین متغیرهایی که دارای رابطه منفی و معنادار با اضافه برداشت هستند، نوع کانال انتقال آب با اثر نهایی ۰/۳۶- دارای بیشترین و متغیر عمق چاه دارای کمترین اثر نهایی (۰/۰۱-) بر اضافه برداشت هستند. اثر نهایی متغیر نوع کانال انتقال آب بیانگر این است که استفاده از کانال‌های غیرخاکی و لوله‌کشی، به دلیل کاهش نفوذپذیری آب در طول مسیر و بهبود راندمان آبیاری، احتمال اضافه برداشت از منابع آبی را ۰/۳۶ درصد کاهش می‌دهد. در مورد عمق چاه نیز می‌توان این گونه بیان داشت که با توجه به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی بر اثر برداشت‌های بیش از حد، دبی چاه‌ها پس از مدتی کاهش می‌یابد و برای رسیدن به دبی اولیه، کشاورزان با حفاری و کف شکنی سعی دارند به دبی اولیه برسند که این کار با افزایش هزینه پمپاژ و حفاری همراه است. لذا انتظار می‌رود با افزایش عمق چاه احتمال اضافه برداشت از سوی کشاورزان کاهش یابد.

جدول ۳- نتایج برآورد عوامل مؤثر بر اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی در الگوی حکمن توبیت

مرحله اول (Probit)		مرحله دوم (OLS)	
متغیرها	ضریب	کشش وزنی کل	اثر نهایی
فاصله مزرعه تا چاه	-۰/۱۳	-۰/۰۵	-۰/۳۵
درآمد سالیانه کشاورز	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹	۰/۳۱۰ ^{-۵}
عمق چاه	-۰/۰۰۶ ^{**}	-۰/۴۸	-۰/۰۰۱
مالکیت چاه (شخصی)	۱/۶۵ ^{**}	۰/۷۴	۰/۴۳
مالکیت چاه (سهم‌بری)	۱/۵۵ [*]	۰/۳۷	۰/۴۱
نوع کانال انتقال آب	-۱/۳۶ ^{***}	-۰/۵۸	-۰/۳۶
کشت زعفران	-۰/۶۲ ^{**}	-۰/۲۴	-۰/۱۶
کشت محصولات آب بر	۱/۳۴ ^{***}	۰/۸۰	۰/۲۵
شرکت در دوره‌های آموزشی	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۴
شغل اصلی کشاورز	-۰/۱۰	-۰/۰۵	-۰/۰۲
عرض از مبدأ	-۱/۶۶ [*]	-	-
عکس نسبت میلز	-	-	-
ESTRELLA R ² = ۰/۴۳ PRP=۰/۸۴		R ² = ۰/۶۴ DW=۲/۱۷	
MADDALA R ² =۰/۳۶ LR= ۵۴/۷ (p-value: ۰,۰۰۰)		JB= ۲۳/۳ (p-value: ۰,۰۰۰)	

(*) معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، (**) معنی‌داری در سطح پنج درصد، (***) معنی‌داری در سطح یک درصد

نتایج برآورد مرحله دوم مدل حکمن (جدول ۳)

نشان می‌دهد که مقدار ضریب تعیین در این الگو بیان‌کننده برازش مناسب مرحله دوم الگوی توبیت دوم مرحله‌ای است. این شاخص نشان می‌دهد که متغیرهای معنی‌دار موجود در این مدل ۶۴ درصد تغییرات میزان اضافه برداشت کشاورزان را توضیح می‌دهد. میزان آماره دوربین واتسون که برابر با ۲/۱۷ است، نشان از عدم وجود خودهمبستگی در رگرسیون برآورد شده دارد. آزمون نرمالیت (JB) نیز حاکی از نرمال بودن مدل دارد. نتایج برآورد الگوی رگرسیون خطی (مرحله دوم) نشان می‌دهد که متغیرهای فاصله مزرعه تا چاه، درآمد سالیانه کشاورز و نوع کشت غالب دارای اثر مثبت و معنادار و متغیر کشت محصولات کم‌آب دارای اثر منفی و معناداری بر متغیر اضافه برداشت است. به عبارتی دیگر، در مرحله تصمیم متغیرهای مالکیت چاه (شخصی و سهم‌بری) تأثیر مثبت بر اضافه برداشت داشتند، اما در مرحله اقدام به اضافه برداشت تأثیر ندارند. همان‌گونه که در مطالعه باقری و بخشوده (۱۳۸۹) در بررسی برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در شهرستان ممسنی نیز اشاره شده است، این موضوع را می‌توان این‌گونه توضیح داد که در بیشتر مناطق، حقوق مالکیت آب زیرزمینی به مالکیت

زمین وابسته است. از طرفی ارزش زمین حدود ۶۰ درصد از ارزش همه دارایی‌های فیزیکی کشاورز را تشکیل می‌دهد؛ پس پتانسیل کشاورزان برای سرمایه‌گذاری در چاه‌های جدید و کف شکنی چاه‌های قبلی به اندازه دارایی زمین وابسته است. علاوه بر این موضوع، بررسی‌های میدانی در منطقه موردنظر حاکی از آن است که افزایش نظارت‌ها بر میزان برداشت آب و کاهش پروانه بهره‌برداری از چاه‌ها در سال‌های اخیر نیز در این امر تأثیرگذار بوده است.

در مرحله تصمیم متغیرهای عمق چاه و نوع کانال انتقال آب تأثیر منفی و معنادار بر متغیر اضافه برداشت دارند اما در مرحله اقدام معنادار نیستند. چراکه برخی از کشاورزان با اینکه از کانال لوله‌کشی استفاده می‌کنند، اما ساعات میزان برداشت از آب چاه را افزایش می‌دهند. متغیر درآمد سالیانه کشاورز اگرچه در مرحله تصمیم معنادار نشده است اما در مرحله اقدام تأثیر مثبت و معناداری بر میزان اضافه برداشت دارد. عموماً برای کشاورزانی که درآمد زراعی بالاتری دارند، زراعت ارزش بیشتری داشته و آن‌ها تلاش داشته‌اند تا نسبت به توسعه الگوی کشت خود اقدام نمایند. این موضوع با افزایش تقاضا برای آب، انگیزه بیشتر

برای افزایش عمق چاه و لذا به برداشت بیشتر آب از چاه را برای آن‌ها فراهم آورده است. باقری و بخشوده (۱۳۷۹) و لینگرن (۱۹۹۹) نیز نشان دادند افزایش منابع مالی کشاورزان، تمایل به دسترسی بیشتر به آب‌های زیرزمینی و استخراج آب از لایه‌های عمیق‌تر توسط آن‌ها را افزایش می‌دهد. این مسئله شدت برداشت از آب‌های زیرزمینی را به‌ویژه با حضور گروهی از کشاورزان همسایه و ایجاد رقابت افزایش می‌دهد. این نتایج با یافته‌های فلسفی زاده و همکاران (۱۳۹۳)، باغستانی و زیبایی (۱۳۸۹) و رضایی و همکاران (۱۳۹۱) همسویی دارد.

دو متغیر کشت زعفران و کشت محصولات آب بر به‌منظور بررسی اثر نوع الگوی کشت در الگو در نظر گرفته شده‌اند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، اثر نهایی متغیر کشت غالب که کشت محصولات آب بر همچون صیفی‌جات در الگوی کشت کشاورزان در برمی‌گیرد، ۰/۳۵ برآورد شده که بالاتر از این میزان برای متغیر درآمد (۰/۰۰۰۰۳) می‌باشد. نتایج مطالعه باغستانی و زیبایی (۱۳۸۹) نشان داد، به‌طورمعمول کشاورزان نسبت به کشت محصولی که درآمد بالایی دارد حساسیت زیادی نشان می‌دهند و حاضرند هزینه بیشتری را بابت آن بپردازد. در این مطالعه نیز مشخص شد کشت این محصولات به دلیل کوتاه بودن دوره کشت و پردرآمد بودن در همین دوره کوتاه، انگیزه مناسبی را برای حفظ این محصولات در الگوی کشت از طریق برداشت بیشتر آب از منابع آب زیرزمینی برای کشاورزان فراهم می‌آورد. در مقابل، کشت غالب زعفران، به دلیل نوع کشت کم آب این محصول و مصرف بخش عمده آب در فصل زمستان، تأثیر منفی در اقدام به برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی داشته است.

نتیجه‌گیری

برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی یکی از چالش‌های کشورها در بخش آب است. در حال حاضر در بسیاری از نواحی کشور سطح سفره‌های آب زیرزمینی افت کرده و با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر افزایش بهره‌برداری

از آب‌های زیرزمینی تشدید شده و خسارات غیرقابل جبرانی را بر منابع آب زیرزمینی کشور وارد آورده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد عواملی چون مالکیت چاه (شخصی و سهم‌بری)، نوع کشت غالب کشاورزان اثر مثبت و عواملی چون نوع کانال انتقال آب، عمق چاه، کشت محصولات کم‌آب دارای اثر منفی و معناداری بر تصمیم به‌اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی هستند. از نظر عوامل مؤثر بر میزان این اضافه برداشت نیز می‌توان به کشت محصولات کم‌آب، فاصله مزرعه تا چاه، درآمد سالیانه کشاورز، نوع کشت غالب اشاره کرد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، توجه به دو مؤلفه الگوی کشت و درآمد کشاورزان در برنامه‌ریزی برای اجرای سیاست‌های حفظ منابع آبی اهمیت دارد. در وضعیت موجود منطقه موردبررسی در این مطالعه، حذف محصولات آب بر همراه با افزایش راندمان آبیاری می‌تواند از فشار موجود بر منابع آب منطقه تا حدی کاسته و نقش مؤثری در کاهش بیلان منفی آب زیرزمینی منطقه ایفا کند. لذا پیشنهاد می‌شود سیاست‌های تشویقی در جهت تغییر الگوی کشت منطقه و افزایش راندمان آبیاری مدنظر قرار گیرد. همچنین با توجه به تأثیر عوامل فنی بر میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی، پیشنهاد می‌شود تا بر تغییر نگرش کشاورزان نسبت به نوآوری‌ها و طرح‌های جدید در روستا سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت صورت گیرد تا نتایج مطلوب نیز حاصل گردد. در این خصوص همچنین افزایش آگاهی کشاورزان در زمینه افت منابع آب‌های زیرزمینی و استفاده مطلوب از آب و افزایش توان مدیریتی آنان، توسط دو سازمان مدیریت امور آب و جهاد کشاورزی در منطقه نیز مؤثر خواهد بود. اجرای سیاست‌های حمایتی، استفاده صحیح از آب‌های سطحی و مهار آب‌هایی که از دسترس خارج می‌شوند، تغییر الگوی کشت در برخی از نقاط دشت و معرفی محصولات جدید توسط جهاد کشاورزی با نیاز آبی کمتر و سود مناسب برای قرار گرفتن در الگوی کشت از جمله دیگر اقدامات سیاستی برای کاهش منابع آب زیرزمینی است. در کنار این امر، تغییر

روش‌های آبیاری سطحی به آبیاری قطره‌ای (یا تیپ) و
آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیز می‌تواند در دستورالعمل قرار
گیرد.
در نهایت اینکه با توجه به نقش بازدارنده نهادهای
نظارتی بر برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی و
کمکی که دسترسی به اطلاعات صحیح و بروز می‌تواند به
بهبود در اتخاذ سیاست‌های مدیریتی در بحث کاهش منابع
زیرزمینی کند، تنظیم برنامه‌هایی برای برداشت منظم داده‌ها
از تعداد چاه‌های بهره‌برداری و میزان آبدهی هرکدام از آن‌ها
و نظارت مستمر بر منابع آب زیرزمینی پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع

۱. بارانی، س. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی آبخوان دشت مروست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یزد. ص ۱۲۷.
۲. باغستانی، م.، زیبایی، م. ۱۳۸۹. اندازه‌گیری تمایل به پرداخت کشاورزان برای آب‌های زیرزمینی در منطقه رامجرد: کاربرد روش CNM. اقتصاد کشاورزی. جلد ۴ (۳): ۶۴-۴۱.
۳. باقری، م. ۱۳۹۰. انگیزه گرایش به حفر چاه غیرمجاز و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی: مطالعه‌ی موردی دشت برازجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی. دانشگاه پیام نور، مرکز تهران شرق.
۴. باقری، م.، بخشوده، م. ۱۳۸۹. هزینه‌های جنبی برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و تعیین عوامل مؤثر بر آن در شهرستان ممسنی. اقتصاد کشاورزی. جلد ۴ (۱): ۹۹-۷۹.
۵. بی‌نام. ۱۳۹۲. گزارش مطالعات مدیریت به‌هم‌پیوسته منابع آب منطقه تربت‌حیدریه. ۹۲-۱۳۹۱. جلد ششم. آب‌های زیرزمینی. شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی.
۶. خلق ذکرآباد، ز.، محمدزاده، ح.، ناصری، ح. ر. و نظری، ر. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی سیستم جریان آب زیرزمینی دشت زاوه- تربت‌حیدریه با استفاده از کد MODFLOW. شانزدهمین انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشکده علوم شیراز.
۷. رضایی، م. ر. محمدی، ح. کرمی، ا. ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌برداری از منابع آب و پایداری آن در شرایط جغرافیایی متفاوت در استان فارس. محیط‌شناسی. جلد ۳۸، (۴): ۷۸-۶۷.
۸. زارع مهرجردی، م. ۱۳۸۶. ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی: مطالعه موردی شهرستان کرمان. پایان‌نامه دوره دکتری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
۹. زیبایی، م. ۱۳۸۶. عوامل مؤثر بر عدم تداوم در استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی در استان فارس: مقایسه تحلیل لاجیت و تحلیل ممیزی. اقتصاد کشاورزی. جلد ۲، (۱): ۱۹۴-۱۸۳.
۱۰. صبحی، م.، سلطانی، غ.، زیبایی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی راه‌کارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی: مطالعه موردی دشت نریمانی در استان خراسان. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌و‌خاک. جلد ۱۱، (۱): ۴۸۴-۴۷۵.
۱۱. صفری، ح.، نوایی‌نیا، و. و شریفی، م. ۱۳۸۳. تعیین عمق بهینه چاه‌ها جهت کف شکنی با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی. مجله آب و فاضلاب. ۱۵: ۳۵-۴۱.
۱۲. عزیززاده، ا. ۱۳۹۱. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ ۳۳. انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد: ۱۳ و ۸۰۸.
۱۳. فلسفی‌زاده، ن. صبحی، م. مظفری، م. ۱۳۹۳. تعیین سهم عوامل مؤثر بر اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: شهرستان مرو دشت). اقتصاد کشاورزی. جلد ۸، (۳): ۱۱۴-۱۰۱.

۱۴. مختاری، د.، شجری، ش. و ستوده، ع. ۱۳۸۹. ارائه الگوی بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی، مطالعه موردی دشت رودان-برنطین در استان هرمزگان. گزارش نهایی. شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان.
۱۵. یزدی، م، جبلی، م. ۱۳۹۲. بررسی اثرات برداشت بی‌رویه و مدیریت بهره‌برداری پایدار از منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوزه آبریز یزد- اردکان). اولین کنفرانس هیدرولوژی مناطق نیمه‌خشک، سنج.
16. Al-Juaidi, A. E. 2009. Water allocation for agricultural use considering treated wastewater, public health risk, and economic Issues. Ph.D dissertation in civil and environmental engineering. School of Graduate Studies, Utah State University.
17. Amemyia, T. 1985. Advance econometrics. 1st ed. Harvard University press. Cambridge Massa chusetts.
18. Azizi Khalkheili, T and GH.H. Zamani. 2009. Farmer participation in irrigation management: the case of Doroodzan Dam irrigation network, Iran. Agri. Water. Manage. 96: 859-865.
19. Berks, F. 1989. Common property resource: ecology and community- based sustainable development. BHL Press: London. p 4. www.scholar.lib.vt.edu
20. Chandran, K.m and G. Chackacherry. 2004. Factors influencing farmer participation in irrigation management. Trop.Aгри. 42: 1-2.
21. Diwakara, H. 2005. Perception of groundwater sharing and community prosperity: an orderd-probit approach. Socio.Econ.Dev.J. 7(2): 218-234.
22. English, M. J., Solomon, K. H. and G. J. Hoffman. 2002. A paradigm shift in irrigation management. J. Irrig. Drain. Eng. 128(5): 267-277.
23. Green, W. H. (2003). Econometric Analysis. New York, MCMillan press.
24. Heckman, J. J. (1976). The common structure of statistical models of trauncation, sample selection and limited dependent variables and a sample estimator for such models. Annals of Econ. and Soci. Measur. 5: 475- 492.
25. Lingren, A. 1999. The value of water: a study of the stampriet aquifer in Nambia. UMEA University.
26. Pfister, S., Bayer, P., Koehler, A. and S. Hellweg. 2011. Projected water consumption in future global agriculture: scenarios and related impacts. Science of the Total Environment (Article in press).
27. Qiao, G., and K.K. Klein. 2009. Water user associations in Inner Mongolia: factors that influence farmers to join. Agri. Water. Manage. 96. 822-830.
28. Shahroudi, E.A and M. Chaizari. 2007. Factors influencing farmers' attitudes toward participation in water users' cooperative, case study: Khorasan Razavi province. Agri. and Natural Res. J. 11(42): 319-299
29. Tobin, J. 1985. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica, 26(1): 24-36.

بررسی اثر مدت زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی بر شاخص های کمی و کیفی گیاه تربچه

معصومه متانت، حسین بانژاد^۱، مصطفی قلی زاد و مرتضی گلدانی

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

metanat@mail.um.ac.ir

دانشیار قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب های نامتعارف، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

banejad@um.ac.ir

استاد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

m_gholizadeh@um.ac.ir

دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

goldani@um.ac.ir

دریافت: مهر ۱۳۹۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه تربچه، پژوهشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل آب مقطر (شاهد)، آب مقطر مغناطیس شده با مدت زمان ۳۰ دقیقه و یک ساعت با شدت میدان ۰/۶ تسلا بود. نتایج نشان داد که آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت به ترتیب باعث افزایش ۲۹٪، ۴۶٪، ۴۳٪، ۱۹٪ و ۸۲٪ در سطح برگ، محیط غده، کلروفیل a، کارتنوئید، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک غده شد. همچنین این تیمار باعث افزایش حدود صددرصدی در حجم و وزن تر غده گردید. با توجه به نتایج به دست آمده مدت زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی می تواند روشی تاثیرگذار بر عملکرد گیاه تربچه باشد.

واژه های کلیدی: آب مغناطیسی، سطح برگ، محتوای کارتنوئید، محتوای کلروفیل

^۱. آدرس نویسنده مسئول: قطب علمی مدیریت کم آبیاری و آب های نامتعارف، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

مقدمه

محدودیت منابع آب، رشد روزافزون جمعیت، کاهش نزولات جوی و وقوع خشکسالی‌های متناوب در سال‌های اخیر و کاهش کیفیت آب قابل دسترس رقابت برای استفاده از آب محدود موجود بین بخش‌های شهری، کشاورزی و صنعت را افزایش داده است. آب مهمترین عامل رشد گیاه است، تلاش برای افزایش تولید غذا و انرژی و برای رفع نیازهای رو به رشد منجر به توسعه فزاینده‌ای از تولید گیاهان از طریق استفاده از کودهای شیمیایی شد که به نوبه خود سبب آلودگی بیشتر خاک، آب و هوا شده است (الساد، ۲۰۱۴). طبق مطالعات صورت گرفته یکی از راهکارهایی که می‌تواند کمیت و کیفیت محصولات را بهبود ببخشد استفاده از آب مغناطیسی می‌باشد. گزارش شده است که آبی که تحت میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد باعث ۲۰ درصد صرفه‌جویی در آب و افزایش ۱۰ درصدی در عملکرد محصول می‌شود. این فناوری می‌تواند امروز روشی موثر در برابر کمبود آب و مواد غذایی باشد (مک‌ماهون، ۲۰۰۹).

همچنین نتایج مطالعات نشان داده است که مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی نیز می‌تواند بر خصوصیات آب اثر گذار باشد. در مطالعاتی که صورت گرفته است اثر میدان مغناطیسی هرگز به طور خطی با افزایش قدرت و مدت زمان در معرض میدان مغناطیسی افزایش نمی‌یابد در نتیجه یک رابطه ساده برای فرکانس میدان مغناطیسی شدت یا مدت زمان قرار گرفتن در معرض میدان مغناطیسی یافت نشد (اتک و همکاران، ۲۰۰۳).

اثرات میدان مغناطیسی بر روی آب در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط لورنز^۲ کشف شد. او در سال ۱۹۰۲ جایزه نوبل را برای کشف اثرات میدان مغناطیسی بر روی آب دریافت کرد (قلی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴). تکنولوژی آب مغناطیسی به طور عمده در کشورهایی که صنایع شیمیایی بسیار کمتری دارند، مانند روسیه، چین، لهستان و بلغارستان استفاده می‌شود که همه آنها در استفاده از آب برای آبیاری،

صنعت و استفاده در منزل موفق بوده‌اند (هوزاین و عبدالقادوس، ۲۰۱۰) اسحاقی و قلی‌زاده (۲۰۰۴) به این نتیجه رسیدند که قرار گیری آب در میدان مغناطیسی می‌تواند موجب تضعیف پیوند هیدروژنی شود و تعداد مونومرهای مولکول آب را افزایش دهد که ممکن است باعث ایجاد بعضی از اثرات بیولوژیکی شود. در مطالعه‌ای جهت بررسی ویژگی‌های آب مغناطیسی به این نتیجه رسیدند که کشش سطحی آب با استفاده از یک میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد در حالی که pH و ویسکوزیته آب افزایش می‌یابد (اسماعیل‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۷).

طبق گزارشات مورس و کولیک (۱۹۹۹) آب مغناطیسی می‌تواند سرعت رشد گیاهان و حیوانات را افزایش دهد. روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که میدان مغناطیسی جوانه‌زنی دانه‌ها را افزایش می‌دهد به-ویژه برای دانه‌هایی با قوه‌نامیه پایین، همچنین میزان کلروفیل و عملکرد ریشه گیاه نیز افزایش یافته و باعث افزایش میزان قند در ریشه چغندر قند شده است. در آزمایشی به‌منظور بررسی تاثیر تیمارهای میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذور سیب‌زمینی، رشد گیاهچه و خصوصیات غده سیب‌زمینی نتایج نشان داد که تیمارهای میدان مغناطیسی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها و پارامترهای رشد رویشی سیب زمینی شده است (القیزاوی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۵) با مغناطیسی کردن آب آبیاری نتیجه گرفتند که مقدار عملکرد، بیوماس، ارتفاع گیاه، درصد روغن و درصد پروتئین تمامی تیمارهای خشکی و شوری، به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر که به‌منظور بررسی اثر آب مغناطیسی و سطوح مختلف NPK بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گیاه موز انجام شد نتایج نشان داد آبیاری با آب مغناطیسی پارامترهای عملکرد و کیفیت میوه موز را افزایش داده است (الخولی و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایشی به منظور مطالعه آبیاری با آب مغناطیسی بر رشد، اجزای شیمیایی و عملکرد نخود نتایج

داد که این گیاه در شدت میدان ۰/۶ تسلا بهترین عملکرد را دارد (متانت و همکاران، ۱۳۹۷)؛ اما مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی نیز می تواند در خصوصیات آب و عملکرد گیاه موثر باشد به همین منظور آزمایشی بر روی گیاه تربچه با دو مدت زمان مختلف انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی بر برخی از صفات گیاه تربچه با نام علمی *Raphanus sativus* پژوهشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با ۳۶ درجه و ۱۷ دقیقه عرض و ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه طول شرقی با حدود ۹۷۰ متر ارتفاع از سطح دریا به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل آب مقطر (شاهد) و آب مقطر مغناطیس شده با مدت زمان سی دقیقه و یک ساعت بود. بافت خاک مورد استفاده در این آزمایش لوم شنی بود که خواص فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است. به دلیل عدم دخالت کاتیون ها و آنیون های مازاد در آب و همچنین به دلیل شناخت کافی و در دسترس بودن آب مقطر در همه جوامع، آب مورد استفاده در تمام طول این پژوهش آب مقطر بود.

نشان داد که آبیاری با آب مغناطیسی موجب تاثیرات مثبتی بر تمام پارامترهای مورد مطالعه شده است (هوزاین و عبالقادوس، ۲۰۱۰). همچنین (اتک و همکاران، ۲۰۰۳) نشان دادند که شدت های مختلف میدان مغناطیسی و مدت زمان های متفاوت در معرض میدان مغناطیسی بر روی کشت بافت سویا تاثیرات مثبتی دارد.

تربچه با نام علمی *Rhaphanus sativus* یک سبزی ریشه ای مهم و متعلق به خانواده *Brassicaceae* است عمده مصرف این گیاه در کشورهای آسیای خاور دور مانند ژاپن، چین و کره است (هارا و همکاران، ۲۰۰۹). تربچه یک محصول معروفی است که عمدتاً برای ریشه های هیپوکوتیل بزرگ و شیرین آن کشت می شود، برگ و بذر آن نیز در آشپزی مورد استفاده قرار می گیرد. این گیاه براساس اندازه ریشه به دو گروه تقسیم می شود، یک گروه با ریشه های کوچک که بیشتر در سالاد مورد استفاده قرار می گیرد و گروه دیگر نیز با ریشه های بزرگ که دارای تنوع زیاد فنوتیپ از نظر رنگ پوست و گوشت هستند (کورتیس، ۲۰۰۷). اخیراً محققان به این گیاه علاقه مند شدند زیرا به ترکیبات تربچه که دارای خواص درمانی و مزایای زیادی است پی بردند. اثرات آنتی اکسیدانی تربچه بر روی موش های صحرایی نیز گزارش شده است هارا و همکاران، (۲۰۱۱).

با توجه به مطالعاتی که قبلاً بر روی گیاه تربچه تحت تاثیر میدان های مختلف انجام شده است نتایج نشان

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده

بافت خاک	مواد آلی	مواد معدنی	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ec (dS/m)	pH	چگالی ظاهری خاک (gr/cm ³)
لوم شنی	۰/۳۵٪	۰/۶۱٪	۰/۰۲۵	۵۵	۹۸/۶	۱/۲۴	۷/۳۹	۱/۳۴

میانگین دما در شب به میزان ۲۲ درجه و در روز به میزان ۲۶ درجه سانتی گراد و رطوبت ۷۷ درصد نگه داری شدند.

کاشت نشاءها

بعد از ده روز زمانی که برگ دوم نشاءها شروع به رشد کردند به گلدان های موجود در گلخانه منتقل شدند. گلدان های مورد استفاده در این آزمایش چهارکیلویی با

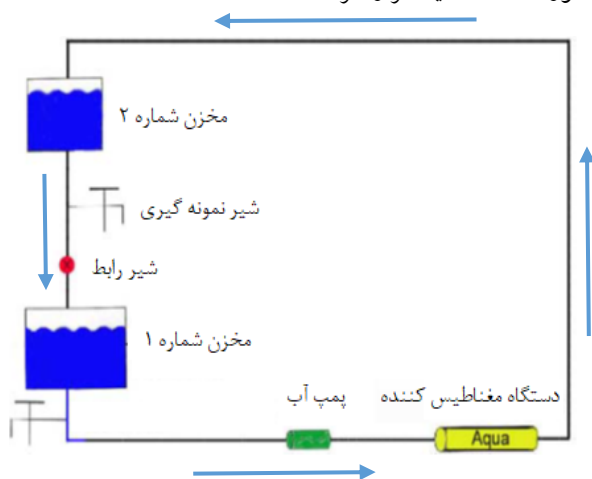
کاشت بذرها

بذرهای تربچه در سینی های یک شکل و یک اندازه در مهر ماه سال ۱۳۹۶ کاشت شدند. بستر کشت در سینی کوکپی و پرلیت بود و آبیاری آن ها نیز به صورت مرتب هرروز و با آب مقطر بدون عبور از دستگاه مغناطیس کننده استفاده شد. این سینی ها در محیط گلخانه با

ارتفاع ۱۷/۵cm، قطر دهانه ۱۸cm و قطر انتهایی ۱۳ cm بود. انتهای گلدان‌ها را به خاطر داشتن زهکشی مناسب یک لایه سنگریزه ریخته شد و سپس با خاک مورد نظر پر شدند. ظرفیت زراعی خاک گلدان‌ها نیز با توجه به روش وزنی مشخص گردید که حدود ۳۵۰ سی سی آب برای هر گلدان محاسبه شد. در هر یک از گلدان‌ها شش عدد نشاء تربچه با رعایت فاصله یکسان، کشت شدند و تیمارهای آب بر روی آن‌ها اعمال گردید.

روش تهیه آب مغناطیسی

برای تهیه آب مغناطیسی از سیستمی با قابلیت چرخشی و شدت میدان مغناطیسی ۰/۶ تسلا با شماره ثبت اختراع ۲۰۴۷۷ (قلی‌زاده، ۲۰۱۹) مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). برای تهیه آب مغناطیسی مخزن شماره یک دستگاه از آب پر شده، سپس با روشن کردن پمپ دستگاه، آب داخل دستگاه به صورت چرخشی از میدان مغناطیسی عبور داده شد و بعد از گذشت زمان سی دقیقه پمپ دستگاه خاموش شده و آب مغناطیسی با مدت زمان سی دقیقه از مخزن شماره یک تخلیه شد. این مراحل برای تیمار یک ساعت نیز تکرار شد. آب خارج شده از دستگاه بلافاصله مورد استفاده گیاه قرار گرفت.



شکل ۱- دستگاه مغناطیس کننده آب (راست) و نحوه کارکرد آن (چپ)

eba 20 و اسپکتروفتومتر مدل unico 2100 موجود در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی استفاده شد. در این روش برای تهیه محلول از استون ۸۰ درصد استفاده شد و بعد از قرائت اعداد از دستگاه اسپکتروفتومتر برای تعیین میزان کلروفیل a و b و کارتنوئید با استفاده از معادلاتی که در زیر ذکر شده است محاسبه گردید (A_{663} : طول موج کلروفیل a، A_{646} : طول موج کلروفیل b، A_{470} : طول موج کارتنوئید) (Lichtentaler & Wellburn, 1983).

$$Ca = 12.21 A_{663} - 2.81 A_{646} \quad (1)$$

$$Cb = 20.13 A_{646} - 5.03 A_{663} \quad (2)$$

$$C_{x+c} = 1000 A_{470} - 3.27 Ca - 104 Cb / 229 \quad (3)$$

نمونه برداری و اندازه گیری

بعد از چهل روز گیاهان در هر تیمار برداشت شدند و صفات مورد نظر اندازه گیری شد. طول و قطر غده، با استفاده از کولیس با دقت اندازه گیری ۰/۰۲ mm * ۱۲۵ اندازه گیری شد، وزن تر و خشک اندام هوایی، غده و ریشه با استفاده از ترازوی مدل gf-600 و با دقت اندازه گیری ۰/۰۲ g اندازه گیری شد، حجم غده و ریشه نیز با استفاده از اختلاف ارتفاع آب به دست آمده در یک استوانه مدرج محاسبه شد. سطح برگ‌ها ($cm^2/plant$) با استفاده از دستگاه Area Measurement System با مدل Delta-T Devices Ltd اندازه گیری و برای اندازه گیری کلروفیل a و b و کارتنوئید (mg/dm^2) نیز از روش آرنون و به کمک دستگاه‌های هموژنایزر مدل hg-150، سانتریفیوژ مدل

تحلیل آماری

آنالیز داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار Minitab 17 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون فیشر تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

سطح برگ

نتایج جدول ۲ نشان داد که مدت زمان قرار گیری آب در معرض میدان مغناطیسی تاثیر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر روی سطح برگ گیاه تربچه داشت. با توجه به جدول ۴ بیشترین و کمترین میانگین مربوط به تیمار یک ساعت (C) با میانگین $27/84$ و تیمار شاهد (A) با میانگین $21/54$ است که تیمار یک ساعت باعث افزایش 29% نسبت به تیمار شاهد و باعث افزایش 13% نسبت به تیمار نیم ساعت شد. می‌توان بیان کرد که با قرار گرفتن آب با مدت زمان یک ساعت، تاثیر مثبت بیشتری نسبت به تیمار نیم ساعت و شاهد داشته است. الزوبیدی (۲۰۱۴) گزارش کرد که آب مغناطیسی بر آنزیم‌های رشد و افزایش جذب مواد مغذی موثر است که سبب افزایش تقسیم سلولی و در نهایت منجر به افزایش سطح برگ می‌شود. نتایج به دست آمده با نتایج نیکولاس و همکاران (۲۰۱۶) بر گیاه گندم، السعید و السعید (۲۰۱۴) در گیاه باقلا، حسن سلیم و النادی (۲۰۱۱) در گیاه گوجه‌فرنگی و الخولی و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه موز مطابقت دارد آن‌ها به این نتیجه رسیدند که آب مغناطیسی باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود.

حجم غده

داده‌های موجود در جدول ۲ نشانگر اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد در بین تیمارهای موجود در صفت حجم غده شد با توجه به جدول ۴ بیشترین و کمترین مقدار حجم غده در تیمار C و A با میانگین $0/9$ و $1/88$ می‌باشد که نشان دهنده افزایش قابل توجهی در این صفت است؛ همچنین تیمار A, B هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند. مطالعات موجود بر روی آب

مغناطیسی نشان از تاثیر میدان مغناطیسی بر زاویه پیوند بین هیدروژن و اکسیژن دارد. میدان مغناطیسی باعث می‌شود که اجتماع ملکولی از $10-12$ ملکول آب به $7-6$ ملکول کاهش پیدا کند که منجر به منظم شدن ملکول‌های آب در یک جهت می‌شود و ورود آب و مواد مغذی به غشاء سلولی را تسهیل می‌کند و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود (الزوبیدی، ۲۰۱۴). نتایج الگیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد که آب مغناطیسی باعث افزایش حجم غده سیب زمینی می‌شود و با نتایج به دست آمده مطابقت دارد.

محیط غده

داده‌های ارائه شده در جدول‌های ۲ و ۴ نشان داد که اثر مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی باعث اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد در محیط غده‌ها شد. بیشترین و کمترین میزان محیط غده‌ها در تیمار آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین $42/31$ و $28/95$ وجود دارد که باعث افزایش 46% در محیط غده نسبت به تیمار شاهد و باعث افزایش 13% نسبت به تیمار نیم ساعت شد. همچنین تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش 28% محیط غده نسبت به تیمار شاهد شده است. با توجه به این که آب مغناطیسی تاثیر مثبتی بر تقسیم سلولی دارد می‌توان نتیجه گرفت که بر محیط غده‌ها نیز اثر گذار باشد. نتایج به دست آمده با نتایج الخولی و همکاران (۲۰۱۵) بر میوه گیاه موز مطابق دارد.

وزن تر اندام هوایی

نتایج نشان داد که مدت زمان قرارگیری آب در تماس با میدان مغناطیسی می‌تواند اثرات معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر اندام هوایی داشته باشد؛ به طوری که بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین $1/47$ و $1/23$ است (جدول ۲). طبق جدول ۴ تیمار یک ساعت (C) باعث افزایش 19% نسبت به تیمار شاهد و افزایش 18% نسبت به تیمار نیم

ساعت (B) در وزن تر اندام هوایی شد. این نتایج با نتایج القیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه سیب زمینی، السعید و السعید (۲۰۱۴) بر گیاه باقلا و حسن سلیم و النادی (۲۰۱۱) در گیاه گوجه فرنگی مطابقت دارد.

وزن تر غده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ نشان داد که تاثیر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر اندام هوایی معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمارهای تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۱/۹۵۹ و ۰/۹۱۳ مشاهده شد. طبق نتایج جدول ۴ تیمار C باعث افزایش قابل توجهی در وزن تر غده نسبت به تیمار شاهد شد همچنین تیمار یک ساعت باعث افزایش ۷۰٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شد. تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۲۶٪ نسبت به تیمار شاهد شده است. با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان این افزایش را بر بهبود پارامترهای رشد، هورمون رشد، فتوسنتز و راندمان انتقال دانست (هوزاین و عبدالقادر، ۲۰۱۱). این نتایج با دستاوردهای القیزاوی (۲۰۱۶) در گیاه سیب زمینی و روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندر قند سازگار است. با توجه به مطالعات انجام شده احتمالاً این افزایش به دلیل استفاده از آب مغناطیسی است که باعث بهبود پارامترهای رشد، هورمون رشد و فتوسنتز شده است.

وزن خشک غده

داده‌های موجود در جدول ۲ نشان داده شد که اثر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی باعث اختلاف معنی‌داری به احتمال پنج درصد شد، با توجه به جدول ۴ بیشترین و کمترین میزان وزن خشک غده مربوط به تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) است که باعث افزایش ۸۲٪ نسبت به شاهد و

افزایش ۱۴٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شده است. همچنین تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۵۹٪ وزن خشک غده نسبت به تیمار شاهد شده است. گزارشی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش وزن خشک ناشی از نقش مغناطیس در تغییر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی از جمله کاهش کشش سطحی، چگالی و ویسکوزیته است. علاوه بر این شکستن برخی از پیوندهای هیدروژنی آب باعث می‌شود که آب برای نفوذ به غشاء سلولی و افزایش بهره‌وری از انتقال مواد مغذی آسان‌تر شود (الزوبیدی، ۲۰۱۴). نتایج به دست آمده با نتایج القیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه سیب زمینی و روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندر قند مطابقت دارد. میدان مغناطیسی به خاطر منظم کردن ساختار آب باعث افزایش جذب آب و مواد مغذی موجود شده و در نتیجه رشد گیاه و به تبع آن وزن خشک غده را افزایش می‌دهد.

قطر غده

داده‌های ارائه شده در جدول‌های ۲ و ۴ نشان داد که اثر مدت زمان قرارگیری آب در معرض میدان مغناطیسی باعث افزایش معنی‌داری در سطح یک درصد در قطر غده شده است؛ و بیشترین و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۱/۲۷ و ۰/۷۷ مشاهده شد. تیمار C باعث افزایش قابل توجهی در وزن تر غده نسبت به تیمار شاهد شد همچنین تیمار یک ساعت باعث افزایش ۱۳٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شد. تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۴۵٪ نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج الگیزاوی و همکاران (۲۰۱۶) در غده گیاه سیب‌زمینی و روچالسکا و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه چغندر قند تحت تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی با نتایج به دست آمده مطابقت دارد. مطالعات نشان می‌دهد که قرار گرفتن گیاه در معرض میدان مغناطیسی می‌تواند بر روی رشد سلول‌های میتوزی در مرستم‌های ریشه تأثیر گذار باشد (۳۶).

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر تیمار آزمایش بر صفات مورفولوژی گیاه تربچه

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ (cm ²)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	وزن تر غده (gr)	وزن خشک غده (gr)	وزن تر ریشه (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	حجم غده (cm ³)	حجم ریشه (cm ³)	طول غده (cm)	قطر غده (cm)	محیط غده (cm ²)
تیمار	2	5.34*	6.71*	0.03 ^{ns}	11.33* [*]	8.29*	1.63 ^{ns}	0.18 ^{ns}	9.34*	0.24 ^{ns}	1.70 ^{ns}	8.23*	29.28**
خطا	6	5.58	0.016	0.00012	0.079	0.00072	0.022	0.00024	0.081	0.041	0.015	0.023	4.66

ns, *, ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج درصد و معنی داری در سطح یک درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر تیمار آزمایش بر صفات فیزیولوژی گیاه تربچه

منابع تغییر	کلروفیل a (mg/dm ²)	کلروفیل b (mg/dm ²)	کارتنوئید (mg/dm ²)
تیمار	7.19*	2.53 ^{ns}	6.81*
خطا	0.003	0.001	0.005

ns, *, ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج درصد و معنی داری در سطح یک درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر آب مغناطیسی بر صفات مورفولوژی گیاه تربچه

تیمار	سطح برگ (cm ²)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن تر غده (gr)	وزن خشک غده (gr)	حجم غده (cm ³)	قطر غده (cm)	محیط غده (cm ²)
A	21.54 b	1.23 b	0.913 b	0.105 b	0.90 b	0.77 b	28.95 c
B	24.48 ab	1.24 b	1.151 b	0.167 a	1.19 b	1.12 a	37.27 b
C	27.84 a	1.47 a	1.959 a	0.192 a	1.88 a	1.27 a	42.31 a

میانگین های دارای حروف مشابه در آزمون فیشر به احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی داری ندارد
A, B, C: به ترتیب تیمار شاهد، ۳۰ دقیقه و یک ساعت

کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۳) نشان داد که آب مغناطیسی در سطح پنج درصد بر میزان کلروفیل a معنی دار است و بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمارهای آب مغناطیسی با مدت زمان یک ساعت (C) و شاهد (A) با میانگین ۰/۵۱۵ و ۰/۳۵۱ است. اثر مدت زمان قرارگیری آب در میدان مغناطیسی باعث افزایش ۴۶٪ در کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد و باعث افزایش ۴۲٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شده است (جدول ۵). این نتایج ممکن است ناشی از اثر میدان مغناطیسی بر تغییرات کلیدی فرایندهای سلولی مانند رونویسی ژنی باشد که نقش مهمی در تغییر فرایندهای سلولی ایفا می کند (هوزاین و عبدالقادر، ۲۰۱۰) نتایج به دست آمده با نتایج سلیم و همکاران (۲۰۱۹) در گیاه گندم، الحق و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه ترب تحت تاثیر آبیاری با آب مغناطیسی در شدت میدان ۲۱۱ میلی تسلا در ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه، الزوبیدی (۲۰۱۴) در گیاه ذرت و هوزاین

و همکاران (۲۰۱۱) در گیاهان تک لپه ای گندم و کتان و گیاهان دو لپه ای نخود و عدس تحت تاثیر آب مغناطیسی سازگار است.

کارتنوئید

داده های ارایه شده در جدول های ۳ و ۵ نشان داد که اثر مدت زمان قرار گیری آب در معرض میدان مغناطیسی باعث افزایش معنی داری در سطح پنج درصد در کارتنوئید شده است و با افزایش مدت زمان، میزان کارتنوئید نیز افزایش یافت، بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید در تیمار C با میانگین ۰/۷۲۴ و A با میانگین ۰/۵۰۶ مشاهده شد. تیمار یک ساعت باعث افزایش ۴۳٪ نسبت به تیمار شاهد و افزایش ۲۱٪ نسبت به تیمار نیم ساعت شده است. همچنین تیمار نیم ساعت نیز باعث افزایش ۱۷٪ در کارتنوئید شد. این افزایش می تواند ناشی از افزایش جذب مواد مغذی مورد نیاز برای تشکیل کلروفیل مانند نیتروژن و منیزیم و افزایش آنزیم و پلاستیدها

دانست (الزوبیدی، ۲۰۱۴). نتایج به دست آمده با نتایج الزوبیدی (۲۰۱۴) در گیاه ذرت، ال‌سعید و ال‌سعید (۲۰۱۴) در گیاه باقلا، حسن سلیم و النادی (۲۰۱۱) در گیاه گوجه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر آب مغناطیسی بر صفات فیزیولوژی گیاه تربچه

تیمار	کلروفیل a (mg/dm ²)	کارتونوئید (mg/dm ²)
A	0.351 b	0.506 b
B	0.362 b	0.594 ab
C	0.515 a	0.724 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در آزمون فیشر به احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد
A, B و C: به ترتیب تیمار شاهد، ۳۰ دقیقه و یک ساعت

نتیجه‌گیری

تیمار باعث افزایش ۲۹٪ در سطح برگ، ۴۶٪ در محیط غده، ۴۶٪ در کلروفیل a، ۴۳٪ در کارتونوئید، ۱۹٪ در وزن تر اندام هوایی، ۸۲٪ در وزن خشک غده و افزایش حدود صددرصدی در حجم و وزن تر غده شده است. می‌توان نتیجه گرفت که آب مغناطیسی بر روی گیاه تربچه اثرات مثبتی دارد. همچنین مدت زمان قرارگیری آب آبیاری در میدان مغناطیسی را نیز می‌توان به عنوان یک پارامتر موثر بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه تربچه دانست. استفاده از آب مغناطیسی می‌تواند یک روش امیدوار کننده برای رسیدن به پیشرفت‌هایی در کشاورزی باشد اما تحقیقات زیادی درباره گیاهان مختلف و در زمینه‌های متفاوت مورد نیاز است..

با توجه به بررسی منابع انجام شده چون گزارشی مبنی بر انجام این کار بر روی گیاه تربچه مشاهده نشده است، هدف از این کار پیدا کردن یک مدت زمان بهینه بر روی این گیاه بود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳ و ۴) تیمار C با مدت زمان یک ساعت و شدت میدان مغناطیسی ۰/۶ تسلا به دلیل تاثیرگذاری بیشتر بر روی گیاه تربچه بهترین تیمار شناخته شد زیرا با توجه به قسمت نتایج و بحث تیمار یک ساعت نتایج بهتری نسبت به تیمار نیم ساعت داشته و همچنین تیمار نیم ساعت نتایج بهتری نسبت به تیمار شاهد داشته است به طوری که این

فهرست منابع

۱. قدمی‌فیروزآبادی ع، خوش‌روش م، شیرازی پ و زارع‌ایبانه ح، ۱۳۹۵. اثر آبیاری با آب مغناطیسی بر عملکرد دانه و بیوماس گیاه سویا رقم DPX در شرایط کم‌آبیاری و شوری آب. پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۰، شماره ۱، صفحه‌های ۱۳۱ تا ۱۴۳.
۲. متانت م، بانزا، ح، قلی‌زاده م، گلدانی م، ۱۳۹۷. بررسی تاثیر شدت های مختلف آب مغناطیسی در عملکرد کمی و کیفی گیاه تربچه. نشریه آبیاری و زهکشی. جلد ۱۲، شماره ۲، صفحه‌های ۴۷۲ تا ۴۸۰.
3. Alzubaidy N A, 2014. Research article effect of magnetic treatment of seeds and irrigation water at different intensities in the growth and production of maize. International Journal of Recent Scientific
4. Atak Ç, Emiroğlu Ö, Alikamanoğlu S and Rzakoulieva A, 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*glycine max l. merrill*) tissue cultures. Journal of Cell and Molecular Biology 2: 113-119.
5. Colic M and Morse D, 1999. The elusive mechanism of the magnetic 'memory' of water. Colloids and Surfaces a: Physicochemical and Engineering Aspects 154: 167-174.
6. Curtis I S, 2007. Transgenic crops iv; biotechnology in agriculture and forestry. Publisher: Springer Science + Business Media. 381-389

7. El Sayed H A, 2014. Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, Chemical composition and yield production of broad bean (*vicia faba l.*) plant. American Journal of Experimental Agriculture 4 (4): 476-496.
8. El-Gizawy A M, Ragab, M E, Nesreen A S H, El Satar A and Osman I H, 2016. Effect of magnetic field treatments on germination of true potato seeds, Seedlings growth and potato tubers characteristics. Middle East Journal of Agriculture 5(1): 74-81.
9. El-Kholy M F, Samia S and Farag A A, 2015. Effect of magnetic water and different levels of NPK on growth, Yield and fruit quality of williams banana plant. Nature and Science 13 (7): 94-101
10. Eshaghi Z and Gholizadeh M, 2004. The effect of magnetic field on the stability of (18-crown-6) complexes with potassium ion. Talanta 64: 558-561.
11. Esmaeilnezhad E, Choi H, Schaffie M, Gholizadeh M and Ranjbar M, 2017. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. Journal of Cleaner Production 161: 908-921.
12. Gholizadeh M, 2019. Process of chemical reaction in magnetized solvents. Usa Patent 10 507 450. Date issued: 17 dec 2019.
13. Gholizadeh M, Rounaghi G H, Razavipanah I and Salavati M R, 2014. Effect of magnetic field on property of a non-aqueous solvent upon complex formation between kryptofix 22dd with yttrium (iii) cation, Journal of the Iranian Chemical Society 11(4): 947-952.
14. Hara M, Ito F, Asai T and Kuboi T, 2009. Variation in amylase activities in radish (*raphanus sativus*) cultivars. Plant Foods Hum Nutr 64:188-192
15. Hara M, Torazawa D, Asai T and Takahashi I, 2011. Variations in the soluble sugar and organic acid contents in radish (*Raphanus sativus* L) cultivars. International Journal of Food Science and Technology 46: 2387-2392
16. Hassanselim A F and El- Nady M F, 2011. Physio-Anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field, Acta Astronautica 69: 387-396.
17. Hozayn M and Abdul Qados A M S, 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, Chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum L*) agriculture and biology. Journal of North America 1(4): 671-676.
18. Hozayn M, Abdel-Monem A A and Abdul Qados A M S, 2011. Irrigation with magnetized water, a novel tool for improving crop production in egypt. World Environmental and Water Resources Congress. American Society of Civil Engineers.
19. Lichtenthaler K and Welburn A R, 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.
20. Mc Mahon C A, 2009. Investigation of the quality of water treated by magnetic field. Towards the Degree of, Bachelor of Engineering (Environmental). University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.
21. Mosin O, and Ignatov I, 2014. Basic concepts of magnetic water treatment. European Journal of Molecular Biotechnology 2 (4): 72-85.
22. Rochalska M, Grabowska K and Ziarnik A, 2008. Impact of low frequency magnetic fields on yield and quality of sugar beet. International Agrophysics 23: 163-174.
23. Selim D A F H, Nassar R M A, Boghdady M S and Bonfill M, 2019. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions. Plant Physiology and Biochemistry 135: 480-488.

Investigation on the Effect of Duration of Irrigation Water in Magnetic Field on Quantitative and Qualitative Indices of Radish Plant

M. Metanat, H. Banejad¹, M. Gholizadeh, and M. Goldani

PhD Student, Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran.

metanat@mail.um.ac.ir

Associate Professor, Center of Excellence in Deficit Irrigation and Unconventional Water Management (CDUM). Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

banejad@um.ac.ir

Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

m_gholizadeh@um.ac.ir

Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University Of Mashhad, Mashhad, Iran.

goldani@um.ac.ir

Received: October 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

In order to evaluate the effect of the duration of water in the magnetic field on the qualitative and quantitative characteristics of radish plant, a research was conducted in the research greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in a completely randomized design with three treatments and three replications. Treatments included distilled water (control), distilled water magnetized with a duration of 30 minutes, and distilled water magnetized in one hour with a field intensity of 0.6 Tesla. The results showed that magnetized water with duration of one hour caused an increase of 29%, 46%, 46%, 43%, 19%, and 82% in leaf area, tuber circumference, chlorophyll a, and carotenoid, fresh weight of shoot and dry weight of the tuber, respectively. Also, this treatment increased tuber mass and fresh weight by about 100%. In general, the treatment of the magnetized water with the duration of one hour was the best treatment. According to the results, the duration of irrigation water magnetization in the magnetic field can affect radish plant characteristics.

Keywords: Magnetized water, Leaf area, Carotenoid content, Chlorophyll content

¹ - Corresponding author: Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Factors Affecting Groundwater Resources Overdraft by Farmers in Zaveh-Torbath Heydarieh Plain

Z. Moghimi, A. Karbasi, T. Mohtashami¹, and A. Alizadeh

M.Sc. in Agriculture Economic, University of Torbat Heydariyeh, Torbat Heydariyeh .

zahramoghimi85@gmail.com

Professor of Agricultural Economic, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.

arkarbasi2002@yahoo.com

Assistant Professor of Agricultural Economic, University of Torbat Heydariyeh, Torbat Heydariyeh.

t.mohtashami@gmail.com

Professor of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.

alizadeh@gmail.com

Received: January 2018, and Accepted: February 2021

Abstract

Agriculture in arid and semiarid areas is dependent on groundwater extraction. Utilization of groundwater resources in Zaveh-Torbath Haydarieh plain is more than the aquifer's renewable potential, therefore, these resources have a reservoir deficit. To this end, in this study, using the information obtained from interviews with farmers in this plain, who were selected through cluster sampling in the year 2015-2016, and the use of the Tobit Model and the two-stage method of Hackman, factors influencing the extraction of groundwater resources were studied. The results of the two-stage Hackman model showed that, in the first stage, the explanatory variables including the dominant cultivation and personal and share ownership of water wells had a positive final effect of 0.35, 0.43 and 0.41, respectively, while variables of well depth, type of water transfer channel, and low yielding crops had a negative effect on overdraft of groundwater resources. In the second stage, the results showed that farm-to-well distance, farmer's annual income, and type of the dominant cultivation had a positive and significant effect at 5 percent on overdraft. Accordingly, paying more attention to the technical factors effective in water management, as well as raising farmers' awareness of their participation in improving cropping pattern, is an effective step in reducing overdraft of groundwater resources.

Keywords: Socio-economic factors, Overdraft, Tobit model, Hackman two-stage model

¹ - Corresponding author :University of Torbat Heydariyeh, Torbat Heydariyeh.

Determination of Crop Coefficient of Narcissus Flower by Lysimeter method in Birjand Plain

A. Mohammadi, M. H. Najafi mood, A. Khashei Siuki¹, and A. Shahidi

MSc.in Irrigation and Drainage, University of Birjand.

akbarmohammadi414@gmail.com

Assistant Professor, Water Engineering Department, University of Birjand.

mhnajafi@birjand.ac.ir

Professor, Water Engineering Department, University of Birjand.

abbaskhashei@birjand.ac.ir

Associate Professor, Water Engineering Department, University of Birjand.

ashahidi@birjand.ac.ir

Received: August 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

Crop coefficient is one of the most important factors in irrigation planning and optimal allocation of water resources to plants. The crop coefficient is obtained through the ratio of actual evapotranspiration to reference crop evapotranspiration. In this research, in order to determine the crop coefficients of Narcissus flower, which is an important ornamental plant, an experiment was conducted during 2018 growing season using lysimeters, in Birjand. Three lysimeter was used in this project and water requirement of Narcissus flower was calculated by water balance method. Turf grass with a height of 12 cm was used to determine reference crop evapotranspiration. The base crop coefficients were obtained as 0.42, 0.85, 0.86, and 0.74, and the coefficients of the soil surface evaporation were 0.49, 0.28, 0.25 and 0.22 at, respectively, primary, developmental, middle, and end stages. Finally, the values of Narcissus flower's crop coefficients at different stages of growth including primary, developmental, middle, and end stages were calculated as 0.91, 1.13, 1.11, and 0.96. The estimation of water requirement and irrigation management of Narcissus flower will be possible using the obtained Kc values.

Keywords: Water requirement, Reference crop evapotranspiration, Actual evapotranspiration, Micro-lysemeter

¹ Corresponding author :Water Engineering Department, University of Birjand, Birjand, Iran

Effect of Different Amounts of Nutrients and Water on Water Productivity of Lily Flower in Greenhouse

M. Hassanpour Asil, J. A. Olfati, M. R Khaledian¹, and

Z. S Nabavi Mohajer

Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.

hassanpour1@gmail.com

Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.

jamalaliolfati@gmail.com

Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.

khaledian@guilan.ac.ir

PhD student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.

z.snabavi@yahoo.com

Received: April 2020, and Accepted: September 2020

Abstract

The purpose of the present study was to determine the effect of fertigation with different levels of nutrient solutions and different irrigation regimes on water productivity (ratio of yield to water containing nutrients) in greenhouse lily cultivation. The experiment was conducted in two years at the University of Guilan. In the first year, the best treatment was determined among four different concentrations of nutrient solution according to Coic solution including S1, S2, S3, and S4. The results of mean comparison showed that S1 treatment (treatment with the highest concentration of nutrients) had a positive effect on most vegetative, reproductive, and postharvest characteristics of lily. In the second year, with appropriate nutrient solution and three different levels including S11, S12, and S13, different irrigation regimes according to field capacity percent (%FC) were considered. Four different irrigation regimes including 70%, 80%, 90%, and 100% FC were applied. The results of the second experiment showed that application of deficit irrigation treatments including 90%, 80%, and 70% of FC increased water productivity without any significant effects on the vegetative and reproductive characteristics. The results also showed that irrigation treatments had significant effects on traits such as vase life, which was increased by decreasing water consumption and increasing nutrient concentration. Regarding the vegetative characteristics of lily plants, the data showed that traits such as fresh and dry weights of roots, leaves, and flowers were positively affected by decreasing irrigation levels and increasing concentration of nutrient solution, while plant height and both number and weight of daughter bulbs were not affected by these treatments. The highest water productivity (nutrients solutions) was obtained in the S₃ and 80% FC, being 21.57 kg/m³.

Keywords: Nutrient solutions, Deficit irrigation, Fertigation, Vase life

¹ Corresponding author: Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

Estimation of Water Requirement and Crop Coefficient for Hemp at Different Growth Stages in Birjand Plain

S. Ghavamsaeidi Noghabi ¹, A. Shahidi, and H. Hammami

MSc Graduate, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
saeidghavam@birjand.ac.ir

Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

ashahidi@birjand.ac.ir

Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
hhammami@birjand.ac.ir

Received January 2020, and Accepted: September 2020

Abstract

Determination of crop water requirement is of great importance in irrigation planning and effective management of water in agriculture. In this regard, lysimeters are used to measure water input and output and water balance method. Therefore, this research was carried out to determine the water requirement of *Cannabis sativa* L. in 2017 at the Faculty of Agriculture of Birjand University. For this purpose, six weighing lysimeters were used and cannabis water requirement was calculated using the water balance equation. Three lysimeters were planted to grass (12 cm height) as the reference crop, and in the other three lysimeters the cannabis plant was cultivated. Based on the results of the water balance equation, the evapotranspiration potentials of the reference plant and cannabis were 899.6 and 688.89 mm, respectively. The length of different stages of plant growth, including the initial, development, middle and end stages, was 30, 55, 75, and 20 days, respectively. Also, the cannabis crop coefficient values in the four stages of plant growth were 0.28, 0.68, 1.01 and 0.54, respectively. These values are recommended for estimating the water requirement and irrigation management of cannabis.

Keywords: Evapotranspiration, Reference crop, Water Balance Equation, Water management, weighing lysimeter

¹ - Corresponding author: Birjand, MSc Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

Evaluation of Vertical Mixing of Saline and Fresh Water in Drainage and Its Effect on Drainage Water Salinity in Dabal Khazaei and Salman Farsi Sugarcane Farms

A. Mokhtaran¹, A.A. Naseri, and H.A. Kashkoli

Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran.

alimokhtaran@gmail.com

Professor of Irrigation and Drainage Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.

abdalinaseri@yahoo.com

Retired Professor of irrigation and drainage Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.

kashkulihda@gmail.com

Received: April 2020, and Accepted: September 2020

Abstract

In the new drainage conditions in the center and southwest of Khuzestan Province, by reducing the depth of drainage installation and controlled drainage, studying the dynamics of the mixing zone, understanding the specifications of this region, and its effect on the flow rate of drainage water and salinity is important. In this study, seven groups of piezometers, each consisting of 8 piezometers placed at different soil depths (0.8 to 5m) and at different distances from the drainage water collector were studied in two research farms, namely, field R9-11 Dabal Khazaei agro-industry (with an average drainage depth of 2 m and distances of 65 m) and field R8-7 in Salman Farsi agro-industry (with an average depth of 1.4 meters and 42 meters distances). Water level in piezometers, water salinity in different soil layers, and drainage water flow rate and salinity were monitored daily in three periods of heavy irrigation of sugarcane (March to October of 2013, 2014 and 2017). Results indicated that by starting a heavy irrigation, hydraulic head increased and hydraulic head variance between bottom layer (4 and 5 m) relative to the surface layers, established vertical flow and saline inflow upwards. Reducing the installation depth of drains up to 60 cm from in R9-11 compared to farm R8-7 and moving away from the collector up to 400 m in each farm, reduced the installation depth of drains up to 40 cm, and increased the hydraulic load by an average of 8-12 cm. The thickness of the mixing area was up to one meter and the reduction of the average salinity line in the mixing area was 8%. It was found that in addition to irrigation water salinity, drainage water salinity was affected by groundwater salinity and the difference in drainage depth, position of the impermeable layer, and the presence of sand lenses. By decreasing drainage depth, the drainage water discharge decreased sharply, such that the average drainage water from each lateral in farm R9-11 was 10 mm/day, and in farm R8-7 it was 3.3 mm/day. The results showed that with increasing the thickness of the salt and fresh water mixing zone due to the optimal reduction of drainage depth, the volume of water consumed in each irrigation cycle decreased due to plant use of this zone, which can be an effective factor in conserving soil and water resources.

Keywords: New drainage methods, Transition zone, Impermeable layer, Salts concentration, Piezometer

¹ - Corresponding author: Ahwaz, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Agricultural Engineering Research Department.

Determining Crop Water Requirement of Rose Varieties in Hydroponic Greenhouse

F. Keykhaei¹, G. Zareai, N. Ganjikhorrarnadel, and S. Sadeghi

Instructor, Department of Irrigation and Soil Physic, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

Keykhaei80@gmail.com

Associate Professor, Department of Greenhouse Engineering, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.

ghzareai4554@yahoo.com

Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran.

naser.ganjikhorrarnadel@gmail.com

Deputy of Greenhouse Development Plan, Tehran, Iran.

psadeghi2002@gmail.com

Received: February 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

One of the strategies to reduce water losses in agriculture is proper irrigation scheduling, which is based on accurate estimation of crop water requirement. In order to determine the evapotranspiration rate of three rose varieties, a one-year study was conducted in a hydroponic greenhouse equipped with drip irrigation system in Arak Plain using drainage type lysimeters. Reference evapotranspiration was also determined using a drained micro-lysimeter with grass. The results showed that the total amount of reference evapotranspiration in the greenhouse was 1608 mm. Also, the total evapotranspiration value of *Utopia rose* during this growth period was 1423 mm, *Dolcevit* rose 1480 mm and *White rose* 1313 mm. The annual average of daily evapotranspiration of rose varieties was 3.8 mm/day. Due to rose bushes being perennial, the crop coefficients did not have four growth stages and, therefore, the average coefficients varied between 0.7 and 0.96 in 10-day intervals. The results also indicated that the average crop coefficient of rose varieties was 0.81 over a year and the average amount of applied irrigation water was 20573 m³.ha⁻¹.year⁻¹ for approximately 75000 rose plant /ha.

Keywords: Irrigation Planning, Micro-lysimeter, Reference evapotranspiration

¹ - Corresponding author: Department of Irrigation and Soil Physic, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Karaj, Iran.

Determination of the Most Important Soil Physical Characteristics Affecting Water Productivity in Silage Corn

M. Zangiabadi¹

Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Khorasan-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

m.zangiabadi@areeo.ac.ir

Received: November 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

Studying the soil physical characteristics is essential for water productivity in agriculture. Accordingly, this research was conducted in Torogh Agricultural and Natural Resources Research Station in Khorasan-Razavi Province, north-eastern Iran, to investigate the relationships between soil physical characteristics and corn (*Zea Maize*) yield. Thirty plots (with areas of 15 m²) with different soil textures and organic carbon contents were selected as experimental plots. Corn was cultivated manually and the cultivation operations were done uniformly. Plots were irrigated using a tanker and water meter, and all plots were irrigated equally at the same day in each irrigation. Soil samples were taken from the plots and 35 soil physical characteristics were determined. The statistical relationships between corn water productivity (kg biomass/m⁻³ water) and soil physical characteristics were analyzed using principal component analysis (PCA), Pearson correlation coefficient, multiple linear regression, and path analysis. The results showed that 78% of the variations in corn water productivity could be explained by three factors of soil PAW₁₀₀ (Field Capacity at matric head of 100 cm), EI (PAW₃₃₀) (FC at matric head of 330 cm), and mean equivalent pore diameter. Therefore these three factors could be considered as the most important soil physical characteristics affecting water productivity in silage corn.

Keywords: Integral energy, Soil available water, Soil pore diameter

1- Corresponding author: Soil and Water Research Dept., Khorasan-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, Shahid Soleimani Highway, Mashhad, Iran.

Investigation of Rice Actual Evapotranspiration and Crop Coefficients for Shiroudi and Hashemi Cultivars in Sari

M. A. Gholami Sefidkouhi¹, Z. Bagheri Khalili, and A. Ghalenovi

Associate Professor, Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

ma.gholami@sanru.ac.ir

Ph.D. student in irrigation and drainage engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

zahrabagheri587@gmail.com

MSc. Graduate in irrigation and drainage engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

amin.ghalenovi@yahoo.com

Received: November 2020, and Accepted: March 2021

Abstract

Measuring the actual evapotranspiration of rice is very important for appropriate and optimal water management in the Northern provinces of Iran. The present study aimed to measure the actual evapotranspiration for two Shiroudi and Hashemi cultivars of rice, in paddy fields of Sari Agricultural and Natural Resources University (SANRU). For this propose, six drainage lysimeters were designed and constructed. After cultivating rice inside the lysimeters, the amount of precipitation, irrigation water, and deep percolation were measured in 5-days intervals. Investigation of the lysimeter results showed differences between water requirement and also deep percolation of the two studied cultivars in growth period (seeding to harvest): water requirement was 351 and 397 mm and the deep percolation was 48 and 97 mm, for cultivars Shiroudi and Hashemi, respectively. Also, the crop coefficients were obtained by comparison of the lysimeter's actual evapotranspiration and 14 indirect methods of reference evapotranspiration estimation. Considering the cultivars and the estimating method, the crop coefficients were in the following ranges: 0.73-1.12 for the initial stage, 0.83-1.41 for the middle stage, and 0.64-1.15 for the final stage. Also, the average estimation Error Percentage (PE) of the resulting crop coefficients compared to the recommended coefficients of FAO-Penman-Monteith method, is 11%, 11% and 8% for Hashemi cultivar and 15%, 23%, and 16% for Shiroudi cultivar, in initial, middle and final stages, respectively; which shows the necessity of determining crop coefficients for each cultivar under local conditions. The coefficients obtained in the current study can be useful to calculate the water requirements of Hashemi and Shiroudi cultivars based on indirect estimation methods for designing water projects and water delivery in the irrigation and drainage networks in the research area.

Keywords: Rice water requirement, Reference Evapotranspiration, Lysimeter, Paddy field

¹ Corresponding author: Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

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. 4
2021

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
Naser Davatgar, PhD
Niaz Ali Ebrahimi Pak, PhD
Nader Heydari, PhD
Heydar Ali Kashkuli, PhD
Abdolmajid Liaghat, PhD
Mohammad Hosein Mahdian, PhD
Seyed Majid Mirlatifi, PhD
Seyed Farhad Moosavi, PhD
Ebrahim Pazira, PhD

Senior University Lecturere
Associate Prof, Soil and Water Research Ins
Associate Prof, Soil and Water Research Ins
Associate Professor, Iranian Agricultural Engineering
Research Institute (AERI)
Prof., Azad University, Ahvaz
Prof., University of Tehran
Prof., (research) of Agricultural Rersearch Education and
Extention Organization
Prof., Tarbiat Moddarres University, Tehran
Invited Prof., Semnan University
Prof., Azad University, Tehran

English Editor
Design

Hamid Siadat, PhD
Fateme 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.arei.ir>

Volume 34/ No 4/ 2021

ISSN: 2228-7140

Contents

Subject

Page

Investigation of Rice Actual Evapotranspiration and Crop Coefficients for Shiroudi and Hashemi Cultivars in Sari34
M. A. Gholami Sefidkouhi, Z. Bagheri Khalili, and A. Ghalenovi

Determination of the Most Important Soil Physical Characteristics Affecting Water Productivity in Silage Corn.....35
M. Zangiabadi

Determining Crop Water Requirement of Rose Varieties in Hydroponic Greenhouse.....36
F. Keykhaei, G. Zareai, N. Ganjikhorrarnadel, and S. Sadeghi

Evaluation of Vertical Mixing of Saline and Fresh Water in Drainage and Its Effect on Drainage Water Salinity in Dabal Khazaei and Salman Farsi Sugarcane Farms.....37
A. Mokhtaran, A.A. Naseri, and H.A. Kashkoli

Estimation of Water Requirement and Crop Coefficient for Hemp at Different Growth Stages in Birjand Plain.....38
S. Ghavamsaeidi Noghabi, A. Shahidi, and H. Hammami

Effect of Different Amounts of Nutrients and Water on Water Productivity of Lily Flower in Greenhouse.....39
M. Hassanpour Asil, J. A. Olfati, M. R. Khaledian, and Z. S. Nabavi Mohajer

Determination of Crop Coefficient of Narcissus Flower by Lysimeter Method in Birjand Plain.....40
A. Mohammadi, M. H. Najafi mood, A. Khashei Siuki, and A. Shahidi

Factors Affecting Groundwater Resources Overdraft by Farmers in Zaveh-Torbath Heydarieh Plain.....41
Z. Moghimi, A. Karbasi, T. Mohtashami, and A. Alizadeh

Investigation on the Effect of Duration of Irrigation Water in Magnetic Field on Quantitative and Qualitative Indices of Radish Plant42
M. Metanat, H. Banejad, M. Gholizadeh, and M. Goldani