نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، ص. ۷۶-۶۵

Water Management in Agriculture
Vol. 6, No. 2, Autumn and Winter 2019, 65-76

تأثیر روش‌های مختلف آبیاری یک‌درمیان جویچه‌ای برجذب آب و آبشویی نیترات در کشت ذرت

رحمان باریده[۱*]، سینا بشارت[۲] و فرشته نسیمی[۳]

چکیده

روش‌های مختلف کوددهی و آبیاری در روش جویچه‌ای به‌منظور افزایش راندمان‌ها، کاهش تبخیر، آبشویی و نفوذ عمقی باید ارزیابی و مدیریت شوند. یکی از روش‌های کم آبیاری در روش جویچه‌ای، خشکی موضعی ریشه است. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی نحوه توزیع و جذب آب و نیترات، آبشویی نیترات و کارایی مصرف آب روش‌های آبیاری جویچه‌ای معمولی (EFI)، آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر (AFI) و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت (FFI) بود. برای این منظور گیاه ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۷۰۴) در پانزدهم اردیبهشت ۱۳۹۵ در استان آذربایجان غربی شهرستان بوکان، کشت گردید. به‌منظور اعمال روش‌های مختلف آبیاری تعداد ۱۲ جویچه با عرض ۷۰ سانتی‌متر و طول ۴۰ متر انتخاب شد و به سه تیمار تقسیم‌بندی گردید. نمونه‌برداری با سه تکرار در جویچه تر، خشک و پشته و در عمق‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر خاک به فواصل ۱، ۳، ۵ و ۹ روز بعد از هر آبیاری صورت گرفت. با توجه به نتایج مقدار جذب آب و نیترات در روش‌های EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۰/۱۹۸، ۰/۱۷۸ و ۰/۱۴۳ مترمکعب آب بر مترمکعب خاک در ۳۰ روز و ۰/۰۰۲۲، ۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که زیر جویچه خشک در روش FFI تجمع نیترات صورت گرفته است. راندمان کاربرد آب در روش‌های EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ٪۵۱، ٪۸۱ و ٪۷۷ محاسبه گردید. درنهایت روش AFI با کمترین مقدار آبشویی، به‌عنوان روش برتر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، بیلان آب، راندمان کاربرد، کم آبیاری

مقدمه

با توجه به رشد سریع جمعیت جهان، هر روزه نیاز به افزایش تولید مواد غذایی بیشتر احساس می‌گردد. این در حالی است که منابع آب در دسترس به دلیل استفاده غیراصولی در بخش‌های مختلف به‌شدت کاهش پیدا کرده است. بنابراین به‌منظور تأمین نیاز غذایی جامعه، به‌کارگیری روش‌های مختلف آبیاری که باعث افزایش راندمان و بهره‌وری مصرف آب شوند، راه‌حل مناسبی به نظر می‌رسد. برای افزایش بهره‌وری آب روش‌های متعددی ازجمله آبیاری تحت‌فشار ارائه‌شده است. اما به دلیل هزینه اجرای این سامانه‌ها، مشکلات اقتصادی و اجتماعی امکان بهره‌گیری از آن در همه‌جا وجود ندارد و در مناطق زیادی از آبیاری سطحی و سنتی استفاده می‌شود که دارای راندمان و بهره‌وری کمی هستند (کیانی و شاکر، ۱۳۹۸ و فرحزا و همکاران، ۱۳۹۸). درنتیجه پژوهشگران راه‌حل کم‌آب یاری را پیشنهاد کردند. در این روش گیاهان به‌قدری کمتر از نیاز خود آب دریافت می‌کنند که تأثیر زیادی بر روی کاهش عملکرد محصول نداشته باشد.

یکی از سامانه‌های آبیاری سطحی که در بسیاری از مناطق مورداستفاده قرار می‌گیرد آبیاری جویچه‌ای است. استفاده از کم - آبیاری در این روش به دو صورت، کم آبیاری معمولی (DI[۴]) و خشکی موضعی ریشه (PRD[۵]) صورت می‌گیرد. این روش‌ها توسط پژوهشگران زیادی موردبررسی قرارگرفته و نتایج رضایت‌بخشی به‌دست‌آمده است (Kang et al., 2000، Kirda et al., 2005، Sepaskhah and Khajehabdollahi, 2005، Kaman et al.,

[۱] دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی آب و هواشناسی کشاورزی-آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (*نویسنده مسئول: Rahman.barideh@gmail.com)
[۲] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
[۳] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی-آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۵

[4] Deficit irrigation
[5] Partial root zone drying

Sepaskhah and ،Sepaskhah and Parand, 2006 ،2006 Hosseini, 2008). برای مثال اکبری نودهی (۱۳۹۳) و رضایی استخروئیه و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت و سیال و همکاران به تأثیر آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان بر افزایش بهره‌وری آب در بامیه نسبت به روش آبیاری معمولی پرداختند که نتایج همه پژوهش‌های فوق حاکی از عملکرد رضایت‌بخش روش خشکی موضعی ریشه بوده است (Siyal et al., 2016). در اصل مفهوم PRD اولین بار توسط گرایمز و همکاران در آمریکا ارائه شد (Grimes et al., 1968) که در مزرعه پنبه در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان مورداستفاده قرار گرفت و به دنبال آن سپاسخواه و سیچانی در ایران به بررسی این روش پرداختند (Sepaskhah and Sichani, 1976). بعدها برخی مطالعات در استرالیا انجام شد (Kriedmann and Goodwin, 2003; Loveys et al., 2000). در این روش آبیاری، گیاه با کمبود شدید آب مواجه نمی‌شود بلکه تنش واردشده، گیاه را مجاب می‌نماید با شرایط خشکی سازگار شود و برای جبران کمبود آب، فعالیت‌های متابولیکی (مثلاً جذب آب) را افزایش دهد (افشار و مهرآبادی ۱۳۸۲). سیمونک و همکاران در بررسی آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر، بیان کردند که با کاهش ۵۰٪ آب نسبت به روش EFI، عملکرد محصول ۲۰٪ کاهش می‌یابد (Simunek et al., 2016). سیال و همکاران در پژوهشی تأثیر آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان برافزایش بهره‌وری آب در بامیه را نسبت به روش آبیاری معمولی موردمطالعه قراردادند. مقدار آب مورداستفاده در روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ۲۴۸ و در آبیاری معمولی ۴۹۷ میلی‌متر بود بااین‌وجود نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش محصول تنها ۷٪ بوده است (Siyal et al., 2016).

انتقال و آبشویی املاح یکی دیگر از مؤلفه‌های مهم بشمار می‌رود که در خاک، تحت تأثیر عوامل زیادی مثل ویژگی‌های فیزیکی خاک، لایه‌بندی خاک، ویژگی‌های نمک‌ها، شرایط آب و هوایی و روش‌های مدیریتی اعمال آب و کود است. روش آبیاری نیز یکی از این عوامل است به‌عنوان‌مثال انتقال املاح در آبیاری بارانی بیشتر به‌صورت یک‌بعدی است. درحالی‌که در روش‌های جویچه‌ای و قطره‌ای، انتقال املاح به ترتیب دوبعدی و سه‌بعدی هستند (Hanson et al., 2006). اسکینر و همکاران مشاهده کردند که روش آبیاری یک‌درمیان متناوب باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و همچنین باعث کاهش آبشویی NO_3^- شده است (Skinner et al., 1999). کیردا و همکاران گزارش کردند که در مزارع ذرت که خاک نیتروژن کمی دارد، روش آبیاری یک‌درمیان باعث کارایی بهتر کوددهی نیتروژن در مقایسه با روش آبیاری کامل و روش کم آبیاری معمولی شده است (Kirda et al., 2005). دکوتا و همکاران طی پژوهشی بر روی مدیریت اراضی شور توسط روش‌های آبیاری مختلف شامل EFI[6]، AFI[7] و FFI[8] به این نتیجه رسیدند که روش آبیاری FFI در اراضی شور به دلیل انتقال نمک‌ها از جویچه تر به سمت جویچه خشک باعث کم شدن شوری خاک در منطقه ریشه و در نزدیکی جویچه تر می‌شود. همین امر باعث افزایش تولید محصول نسبت به روش‌های دیگر شد. در روش AFI، ۳۱٪ و در روش FFI، ۳۲٪ آب کمتری نسبت به EFI مصرف شد (Devkota et al., 2015).

باریده و همکاران در بررسی تأثیر آبیاری ناقص ریشه بر وزن خشک ساقه و ریشه، نیترات جذب‌شده و باقی‌مانده در خاک، شاخص سطح برگ و کارایی مصرف آب گیاه ذرت در آزمایشی به‌صورت گلدانی که شامل سه روش آبیاری CI، APRI و FPRI بود (گلدان‌ها توسط یک ورقه پلاستیکی به دو بخش برابر و کاملاً مجزا تقسیم گردید به‌نحوی‌که بین دو ناحیه گلدان هیچ‌گونه تبادل رطوبتی و غذایی صورت نگیرد) مقدار آب صرفه‌جویی شده در روش‌های APRI و FPRI نسبت به روش CI به ترتیب برابر ۲۸٪ و ۳۲٪ و بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب به ترتیب در روش APRI و CI برابر با ۴/۸۸ و ۳/۸۲ گرم بر لیتر بیان کردند. درنهایت با بررسی هم‌زمان شاخص‌ها روش APRI بهترین روش مدیریتی انتخاب شد (Barideh et al., 2018).

با بررسی کامل پژوهش‌های انجام‌شده مشاهده می‌شود که در بیشتر مقالات بر بهره‌وری مصرف آب تمرکز شده است و در خصوص نحوه توزیع رطوبت و نیترات و شکل جذب آن توسط ریشه اطلاعات کافی وجود ندارد. بر این اساس این پژوهش به‌منظور بررسی کارایی روش‌های آبیاری جویچه‌ای معمولی، آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر و ثابت، بر نحوه توزیع، جذب، آبشویی و تجمع نیترات صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

محل انجام مطالعه و خصوصیات خاک

این پژوهش در تابستان ۱۳۹۵ در شهرستان بوکان، استان

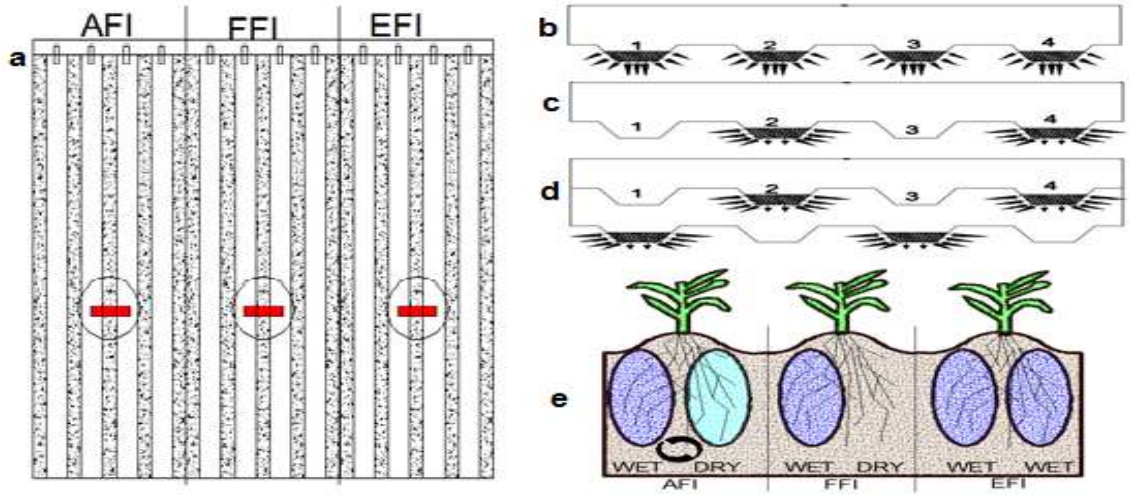
[6] Every Furrow Irrigation
[7] variable Alternate Furrow Irrigation
[8] Fixed alternate Furrow Irrigation

آذربایجان غربی با طول و عرض جغرافیایی 36°34'29.7"N و 46°12'49.2"E انجام شد. این منطقه دارای متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دما ۶/۹ و ۱۹/۲ درجه سلسیوس و با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح آب‌های آزاد جزء مناطق نیمه‌خشک به شمار می‌آید.

به‌منظور تعیین بافت خاک مزرعه، سه نمونه خاک دست‌خورده از عمق‌های ۰–۳۰، ۳۰–۶۰ و ۶۰–۹۰ سانتی‌متری توسط آگر تهیه و بافت خاک با روش هیدرومتری تعیین شد. رطوبت اشباع، رطوبت ظرفیت زراعی و جرم مخصوص ظاهری با نمونه‌برداری از خاک به‌وسیله آگر و استفاده از گرمخانه و رطوبت نقطه پژمردگی توسط نرم‌افزار RETC و پایگاه داده Rosetta به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک و درصد رطوبت در نقاط مهم هیدرولیکی خاک مزرعه موردمطالعه

عمق (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت اشباع (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب)	ظرفیت مزرعه (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب)	بافت خاک
۳۰–۰	۲۸	۵۰	۲۲	۱/۲۹	۰/۴۵	۰/۳۵۹	۰/۰۷۹	رس لوم
۶۰–۳۰	۳۳	۵۱	۱۶	۱/۳۲	۰/۴۶	۰/۳۶۵	۰/۰۸۵	سیلت رس لوم
۹۰–۶۰	۳۳	۴۶	۲۱	۱/۳۲	۰/۴۶	۰/۳۶۵	۰/۰۸۴	رس لوم



شکل ۱- پلان روش‌های مختلف آبیاری (a)، آبیاری جویچه‌ای معمولی (b)، آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت (c)، آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر (d) و نحوه اعمال آبیاری (e)

روش‌های آبیاری و نیاز آبی

گیاه ذرت در ۱۵ اردیبهشت به‌صورت خشکه‌کاری در ۱۲ ردیف به فواصل ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شد. در اواخر ماه تیر تعداد ۱۲ جویچه به سه دسته تقسیم‌بندی شد. تیمارها شامل آبیاری جویچه‌ای معمولی و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر و ثابت بودند. در آبیاری جویچه‌ای معمولی (EFI)، همهٔ جویچه‌ها آبیاری می‌شوند. در آبیاری یک‌درمیان ثابت (FFI)، در کل فصل رشد یکی از دو جویچه کنار هم آبیاری می‌شود و دیگری کاملاً خشک باقی می‌ماند و در آبیاری یک‌درمیان متغیر (AFI)، دو جویچه کنار هم در هر نوبت آبیاری به‌صورت متناوب یکی از آن‌ها آبیاری و دیگری خشک باقی می‌ماند (Kang et al., 2000 و Devkota et al., 2015). جویچه‌های ۱ و ۴ در شکل ۱ به‌عنوان جویچه‌های محافظ و جلوگیری از تأثیرگذاری روش‌های دیگر مورداستفاده قرار گرفت (ابراهیمیان و همکاران ۱۳۹۲). گیاه ذرت تا ۳۱ تیرماه ۱۳۹۵ به‌صورت مشابه و با تأمین کل نیاز آبی، آبیاری شد. آب موردنیاز از چاه برداشت و جهت کنترل آب

ورودی به هر جویچه از سیفون استفاده گردید (شکل ۱). اندازه-گیری‌ها از ۳۱ تیر به مدت یک ماه صورت گرفت. برای تعیین نیاز آبی و دور آبیاری (۱۰ روز) از نسخه ۸ نرم‌افزار CROPWAT استفاده شد.

کوددهی و نمونه‌برداری

جهت تعیین مقادیر کود موردنیاز تجزیه خاک صورت گرفت و مقدار ۱۵۰ کیلوگرم فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در سه مرحله اعمال شد. نمونه‌برداری رطوبتی به روش وزنی و با استفاده از آگر صورت گرفت. نمونه‌ها در عمق‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متری خاک به فواصل زمانی ۱، ۳، ۵ و ۹ روز بعد از آبیاری و در سه نوبت آبیاری برداشت گردید. نمونه‌های نیترات به همان روش و در دو مرحله (ابتدا و انتهای آزمایش‌ها) جمع‌آوری شد.

در مجموع ۴۱۶ نمونه رطوبتی و ۶۴ نمونه نیترات جمع‌آوری گردید (شکل ۲). مقدار نیترات خاک با روش کجلدال و در آزمایشگاه تعیین شد (Kjeldahl, 1883). به‌منظور محاسبه تبخیر از سطح خاک از میکرولایسیمتر با شعاع ۵ و ارتفاع ۱۵ سانتیمتر (Chen et al., 2015) استفاده شد و مقدار جذب بر اساس بیلان رطوبتی و تغییرات رطوبت خاک محاسبه گردید. درنهایت برای مقایسه عملکرد تر گیاه از هر تیمار ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و از محل طوقه برداشت و پس از جمع‌آوری وزن شدند.

بیلان رطوبتی

مقدار آب ذخیره‌شده در خاک با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد. پارامترهای این معادله در شکل ۳ برای سه روش آبیاری موردبررسی نشان داده‌شده است.

$$Vs = P + i - R - D - LF - E \qquad (۱)$$

در این رابطه، Vs: آب ذخیره‌شده در خاک (میلی‌متر)، P: بارندگی مؤثر (میلی‌متر) (P=0)، i مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، R رواناب (میلی‌متر)، D نفوذ عمقی (میلی‌متر)، (در روش‌های یک‌درمیان D=0) و E تبخیر از سطح خاک (در روش‌های آبیاری یک‌درمیان متغیر و ثابت تبخیر از سطح خاک به دلیل خیس شدن یکی از جویچه‌ها در هر نوبت آبیاری ۵۰ درصد روش آبیاری معمولی در نظر گرفته شد) که به‌وسیله میکرولایسیمتر اندازه‌گیری شد.

راندمان کاربرد، نفوذ عمقی، مقدار رواناب و جذب ریشه به ترتیب با استفاده از روابط ۲، ۳، ۴ و ۵ محاسبه شدند.

$$Ea = \left(\frac{Vs \times L \times W}{Q_{in} \times t_{co}}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

$$D = \left(\frac{V_z - Vs}{Q_{in} \times t_{co}}\right) \times ۱۰۰ \qquad (۳)$$

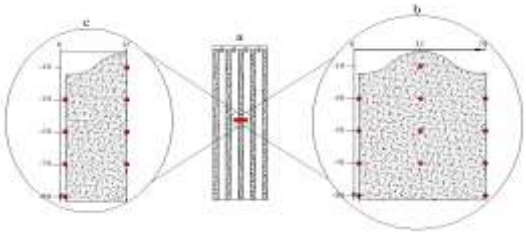
$$R = ۱۰۰ - (E_a + D) \qquad (۴)$$

$$S = \theta_{۱۰} - \theta_{fc} \qquad (۵)$$

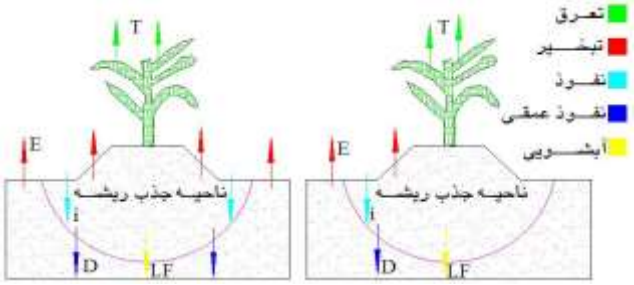
در این روابط، L: طول جویچه (متر)، W: عرض جویچه (متر)، Q_{in}: دبی ورودی به جویچه که به‌صورت حجمی اندازه‌گیری شد (لیتر بر ثانیه)، t_{co}: زمان قطع جریان آب به داخل جویچه (دقیقه)، V_z: کل حجم آب نفوذ یافته به خاک (لیتر)، S: جذب ریشه، θ_{10}: رطوبت حجمی در هر لایه در روز دهم و θ_{fc} رطوبت حجمی ظرفیت زراعی (یا کمتر در روش‌های یک‌درمیان در عمق‌های ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر) است.

ارزیابی

به‌منظور مقایسه آماری برخی از پارامترها از آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.



شکل ۲- مکان نمونه‌برداری در هر روش (a)، نقاط نمونه‌برداری در روش‌های AFI و FFI (b) و روش EFI (c)



شکل ۳- پارامترهای معادله بیلان رطوبتی در خاک، روش آبیاری جویچه‌ای معمولی (چپ) و روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر و ثابت (راست)

نتایج و بحث

بیلان آبی

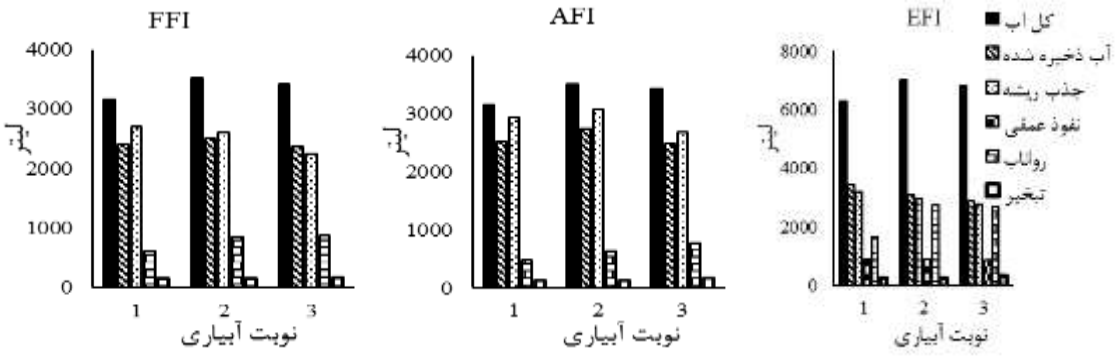
در شکل ۴ مقدار آب مصرف‌شده، آب ذخیره‌شده در ناحیه ریشه، نفوذ عمقی، رواناب، تبخیر از سطح خاک و مقدار آب جذب‌شده توسط گیاه در جویچه تر، خشک و پشته برای هر روش آبیاری نشان داده‌شده است. در روش‌های AFI و FFI مقدار آب مصرف‌شده ۵۰ درصد روش EFI بود. در روش‌های یک‌درمیان به دلیل خشک بودن یک ناحیه از ریشه، حرکت افقی آب در خاک افزایش‌یافته و درنتیجه باعث کاهش رواناب شده است. همچنین نفوذ عمقی در روش‌های AFI و FFI مشاهده نشد. مقدار کل رواناب در EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۷۱۴۰، ۱۸۹۲ و ۲۳۵۲ لیتر محاسبه گردید. مقدار تبخیر از سطح خاک در روش‌های یک‌درمیان به دلیل خیس شدن یک جویچه (از دو جویچه) در هر نوبت آبیاری، ۵۰ درصد کاهش یافت. استون و همکاران و ژانگ و همکاران کاهش تبخیر از سطح خاک را در روش‌های AFI و FFI تا ۵۰ درصد گزارش کردند (Stone et al., 1982 و Zhang et al., 2006).

توزیع رطوبت

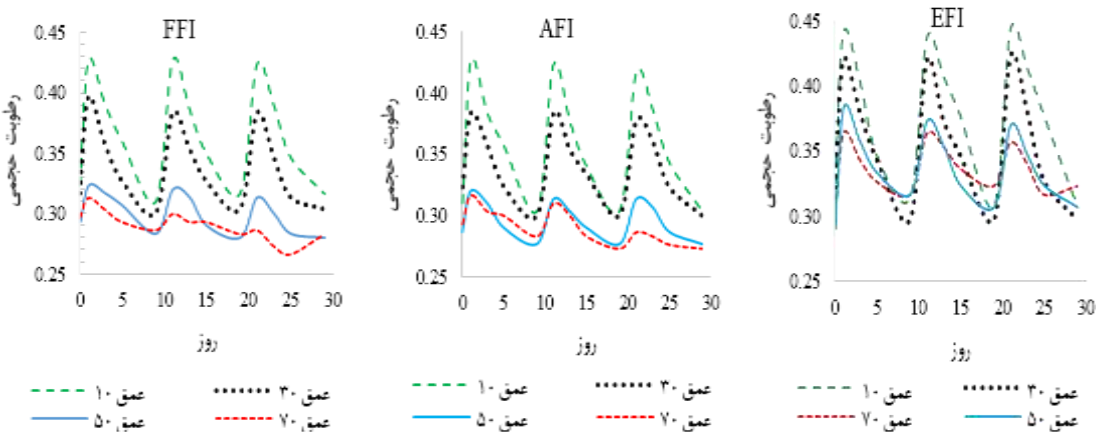
در شکل ۵ متوسط رطوبت حجمی خاک در مدت آزمایش برای هر روش نشان داده‌شده است (به‌عنوان‌مثال، متوسط رطوبت در عمق ۱۰ سانتی‌متری روش AFI از میانگین رطوبت در جویچه تر، خشک و پشته محاسبه‌شده است). در روش EFI به دلیل آبیاری همه جویچه‌ها، تغییرات رطوبت در همه‌ی عمق‌ها بیشتر از دو روش دیگر بود. در روش‌های AFI و FFI به دلیل خشک بودن یکی از جویچه‌ها در هر نوبت آبیاری، نفوذ جانبی افزایش‌یافته است بنابراین مقدار رطوبت در عمق‌های ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متری تغییرات اندکی داشته است. این موضوع با پژوهش ابراهیمیان و همکاران (۱۳۹۲) که بیان کردند در روش‌های یک‌درمیان افزایش نفوذ جانبی باعث کاهش نفوذ عمقی و رواناب شده است مطابقت دارد. نکته جالب‌توجه این است که با توجه به کاهش مقدار آب مورداستفاده در روش‌های AFI و FFI، جذب ریشه کاهش زیادی پیدا نکرده است زیرا گیاه از رطوبت بیشتری نسبت به روش EFI استفاده کرده است (شکل ۴) و همین امر باعث روند کاهشی در عمق‌های ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متری شده است (شکل ۵).

جذب آب توسط ریشه

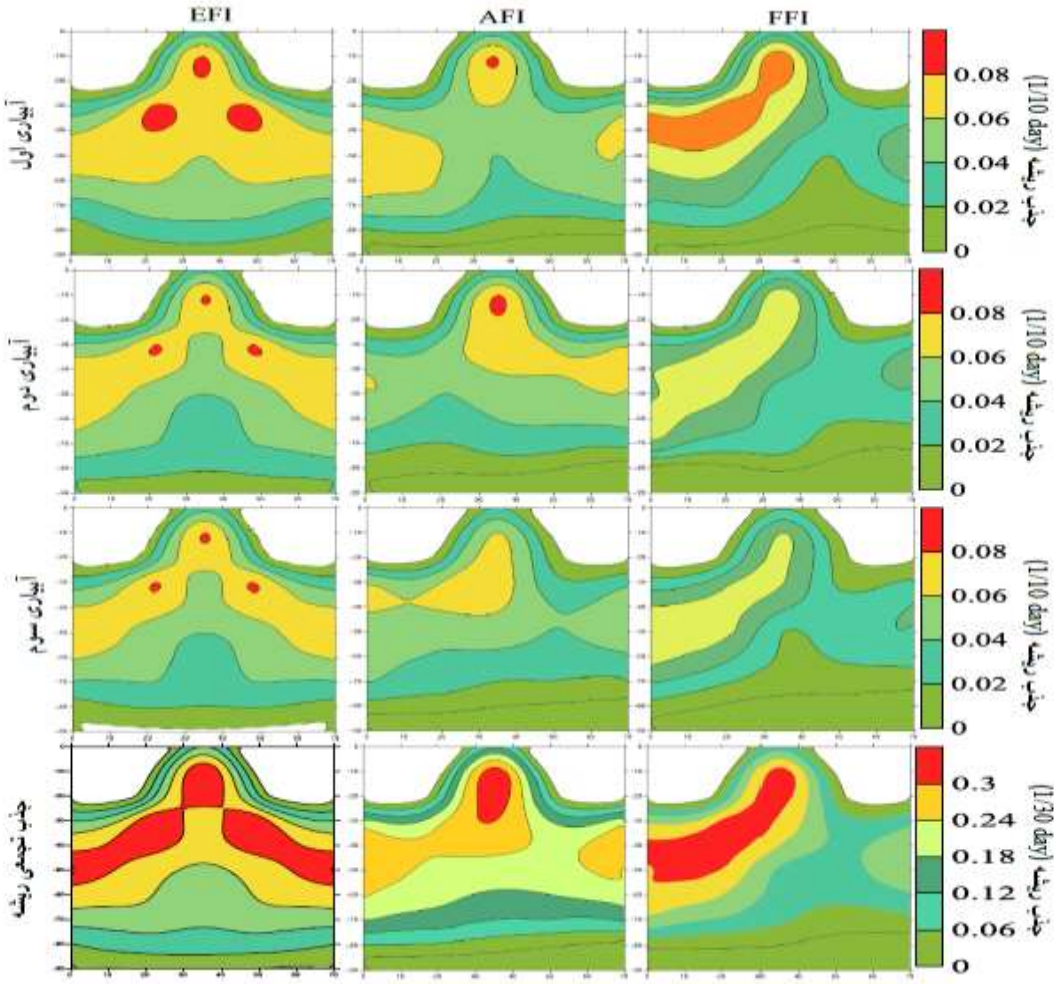
شکل ۶ مقدار آب جذب‌شده توسط ریشه در سه روش و سه نوبت آبیاری را نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار جذب ریشه به ترتیب در روش EFI و FFI مشاهده شد. مقدار میانگین جذب آب توسط ریشه در روش‌های EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۰/۱۹۸، ۰/۱۷۸ و ۰/۱۴۳ (m^3-water/m^3-soil×30day) به دست آمد. جذب آب در روش EFI در هر عمق تقریباً به‌صورت یکنواخت صورت گرفته است درحالی‌که در روش FFI بیشترین مقدار جذب در جویچه تر و زیر پشته قابل‌مشاهده است و مقدار آن در جویچه خشک خیلی کم بود. در روش AFI مقدار جذب ریشه در جویچه تر کمتر از روش FFI بود اما به دلیل متناوب بودن آبیاری جویچه‌ها مقدار جذب در جویچه خشک به‌مراتب بیشتر مشاهده شد. بنابراین روش AFI شرایط متعادل‌تری جهت رشد ریشه و در دسترس قرار دادن رطوبت نسبت به روش FFI داشته است.



شکل ٤- بیلان آب در مزرعه در روش‌های EFI، AFI و FFI



شکل ۵- تغییرات متوسط رطوبت در روش‌های EFI، AFI و FFI و در عمق‌های مختلف

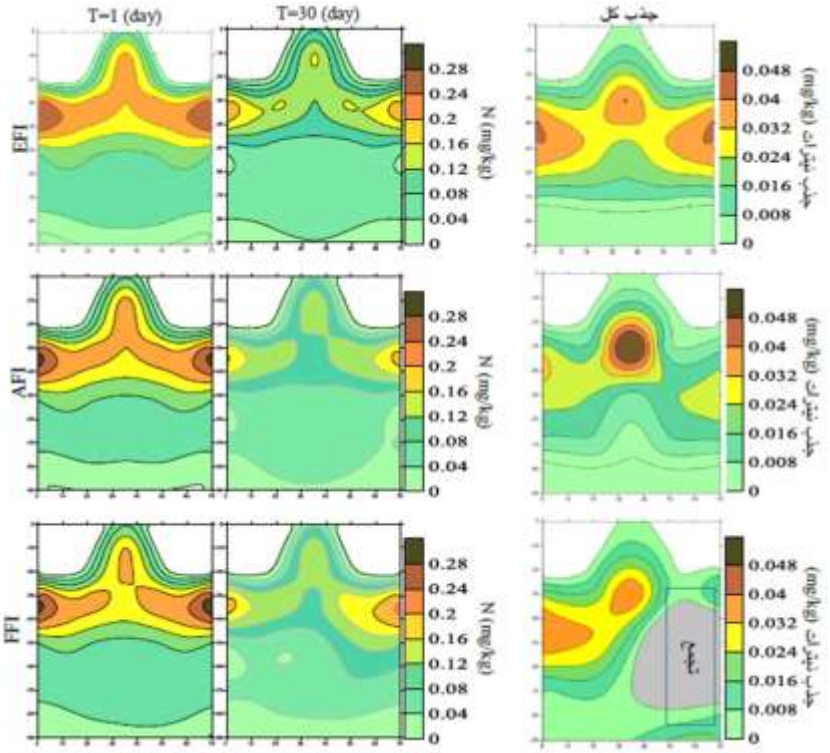


شکل ٦- مقدار جذب آب توسط ریشه در سه روش و سه نوبت آبیاری (1/T)

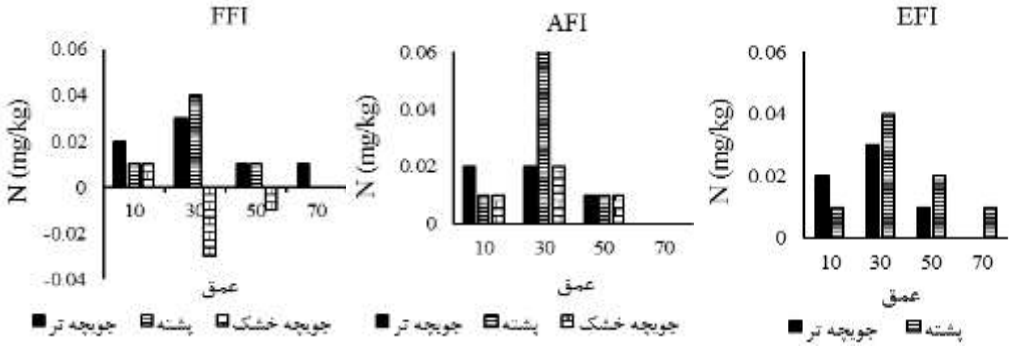
توزیع و جذب نیترات

مقدار و نحوه توزیع رطوبت در جذب عناصر غذایی نیز تأثیر می‌گذارد به‌نحوی‌که با کمبود آب مواد غذایی به‌صورت محلول در نمی‌آیند و ریشه گیاه قادر به جذب این عناصر نخواهد بود. در شکل ۷ نحوه تغییرات و توزیع نیترات در عمق‌های مختلف برای هر سه روش آبیاری نشان داده‌شده است. در شکل‌های مربوط به آبیاری جویچه‌ای معمولی مشاهده می‌شود که جذب نیترات در عمق ۷۰ سانتی‌متری زیر پشته نیز به مقدار کمی صورت گرفته است درحالی‌که در دو روش دیگر به دلیل کم بودن مقدار آب آبیاری و نفوذ نکردن به عمق‌های ۷۰ سانتی‌متری هیچ تغییری در مقدار اولیه نیترات صورت نگرفته و آبشویی نیز انجام‌نشده است. عباسی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که سطوح آبیاری کمتر از ۸۰ درصد آبیاری معمولی آبشویی نیترات را به دنبال ندارد. مقدار جذب نیترات در آبیاری معمولی و جویچه تر آبیاری یک‌درمیان ثابت، به دلیل آبیاری شدن در هر نوبت مشابه هم می‌باشند درحالی‌که این مقدار در آبیاری یک‌درمیان متغیر کمتر است. در جویچه خشک روش آبیاری ثابت مشاهده می‌شود که مقدار نیترات خاک در عمق‌های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری نسبت به مقدار اولیه آن به دلیل خشک بودن این جویچه در مدت آزمایش و حرکت جانبی زیاد آب به این سمت افزایش داشته است. این بدان معنا نیست که در جویچه خشک هیچ جذبی صورت نگرفته بلکه مقدار تجمع به‌مراتب بیشتر از جذب بوده است. دکوتا و همکاران گزارش کردند که در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت املاح به سمت جویچه خشک حرکت کرده و در آن تجمع پیدا می‌کند درحالی‌که در روش آبیاری یک‌درمیان متغیر به دلیل متناوب بودن آبیاری جویچه‌ها املاح به سمت مرکز پشته حرکت می‌کند (Devkota et al., 2015). با توجه به تجمع نیترات در جویچه خشک و مقدار جذب کم در روش ثابت می‌توان به این نتیجه رسید که پس از برداشت محصول با شروع بارندگی زمستانه، نیترات باقی‌مانده به لایه‌های پایین نفوذ کرده و درنهایت آلودگی منابع آب را به دنبال خواهد داشت.

در شکل ۸ مقدار جذب نیترات در عمق‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متری در روش‌های مختلف آبیاری به مدت ۳۰ روز نشان داده‌شده است. مقدار جذب نیترات در روش‌های EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۰/۰۰۲۲، ۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در مدت ۳۰ روز به دست آمد. بیشترین مقدار جذب در روش EFI و AFI در زیر پشته و در روش FFI در جویچه تر مشاهده گردید. مقدار منفی در جویچه خشک به معنای افزایش نیترات نسبت به مقدار اولیه است.



شکل ۷- نحوه توزیع و جذب نیترات در روش‌های مختلف آبیاری



شکل ۸- مقدار جذب نیترات در روش‌های مورد مطالعه به مدت ۳۰ روز

راندمان و مقایسه آماری

جدول ۲، درصد رواناب، نفوذ عمقی و راندمان کاربرد در سه نوبت آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مقدار رواناب و نفوذ عمقی در روش آبیاری معمولی (EFI) در نوبت‌های دوم و سوم افزایش‌یافته است و یکی از دلایل آن می‌توان به کاهش نفوذ در اثر باقی‌ماندن رطوبت بیشتر در خاک اشاره کرد. مقدار رواناب در روشFFI به دلیل آبیاری ثابت یک جویچه نسبت به روش AFI بیشتر بود. همچنین مقدار رواناب به دلیل کم بودن طول جویچه و بافت سنگین خاک بیشتر از نفوذ عمقی محاسبه شد. میانگین راندمان کاربرد در EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۵۰، ۸۱ و ۷۶ درصد به دست آمد. همچنین مقدار رواناب در EFI به مقدار ۱۷ درصد بیشتر از روش AFI و ۱۴ درصد بیشتر از FFI مشاهده شد. مقدار عملکرد محصول در روش‌های EFI، FFI و AFI به ترتیب برابر ۷۵/۴۵، ۷۳/۷۲و ۷۰/۱۵ تن در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری در بین عملکرد تر به دلیل کوتاه بودن دوره اعمال روش-های آبیاری مشاهده نشد.

پژوهشگران زیادی ازجمله داویس و ژانگ ، کنگ و همکاران، تانگ و همکاران و کوستا و همکاران بیان کردند که خشک ماندن یک قسمت ریشه باعث تولید اسید آبسزیک شده و در نتیجه هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا می‌کند که به دلیل غیرخطی بودن مقدار حداکثر تعرق و حداکثر فتوسنتز عملکرد گیاه به‌صورت خطی کاهش پیدا نمی‌کند (Davies and Zhang, 1991، Kang et al., 1998، Tang et al., 2005، Costa et al., 2007).

در جدول ۳ مقایسه آماری دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای راندمان کاربرد، جذب ریشه و نیترات باقی‌مانده در خاک صورت گرفت. در روش‌های AFI و FFI از لحاظ راندمان کاربرد تفاوت معنی‌داری با EFI مشاهده شد اما این تفاوت در بین آن‌ها معنی‌دار نبود. همچنین روش AFI از لحاظ جذب ریشه تفاوت معنی‌داری با EFI نداشت.

جدول ۲- درصد رواناب، نفوذ عمقی و راندمان کاربرد در سه نوبت آبیاری

نوبت آبیاری	روش آبیاری	رواناب	نفوذ عمقی	راندمان کاربرد
اول	EFI	۲۶	۱۴	۵۸
	AFI	۱۵	۰	۸۴
	FFI	۱۹	۰	۸۰
دوم	EFI	۴۰	۱۳	۴۷
	AFI	۱۸	۰	۸۲
	FFI	۲۳	۰	۷۶
سوم	EFI	۳۹	۱۴	۴۷
	AFI	۲۲	۰	۷۷
	FFI	۲۵	۰	۷۴

جدول ۳- مقایسه آماری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد

روش آبیاری	راندمان کاربرد (درصد)	جذب آب ریشه (1/30day)	نیترات باقی‌مانده در خاک (میلی‌گرم بر سانتی‌متر مکعب)
EFI	۵۱^{b}	۰/۱۹۸^{a}	۰/۳۵^{a}
AFI	۸۱^{a}	۰/۱۷۸^{ab}	۰/۳۴^{a}
FFI	۷۷^{a}	۰/۱۴۳^{b}	۰/۳۶^{a}

رهیافت ترویجی

با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده که در بخش نتایج و بحث ارائه شد مقدار رطوبت در روش EFI در طول دوره رشد در بازه‌ی رطوبتی سهل‌الوصول قرار داشت بنابراین گیاه با تنش آبی مواجه نشد. در روش AFI با توجه به نصف شدن مقدار آب آبیاری جذب ریشه تفاوت معنی‌داری با روش EFI نداشت. بیشترین و کمترین مقدار جذب ریشه به ترتیب در روش EFI و FFI مشاهده شد. مقدار میانگین جذب آب توسط ریشه در روش‌های EFI، AFI و FFI به

ترتیب برابر ۰/۱۹۸، ۰/۱۷۸ و ۰/۱۴۳ بر حسب مترمکعب آب بر مترمکعب خاک در ۳۰ روز به دست آمد. بنابراین روش AFI شرایط متعادل‌تری جهت رشد ریشه و در دسترس قرار دادن رطوبت نسبت به روش FFI داشته است. در روش‌های یک‌درمیان به دلیل خشک بودن یک ناحیه از ریشه، حرکت افقی آب در خاک افزایش‌یافته و درنتیجه باعث کاهش رواناب شده است همچنین نفوذ عمقی در روش‌های AFI و FFI مشاهده نشد. میانگین راندمان کاربرد آب در EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۵۰، ۸۱ و ۷۶ درصد به دست آمد. مقدار و نحوه توزیع رطوبت در جذب عناصر غذایی نیز تأثیر می‌گذارد به‌نحوی‌که با کمبود رطوبت مواد غذایی به‌صورت محلول درنیامده و ریشه گیاه قادر به جذب این عناصر نخواهد بود. با توجه به شرایط رطوبتی و نحوه توزیع هرکدام از روش‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در روش EFI پتانسیل آبشویی نیترات بالا است اما روش‌های AFI و EFI به دلیل عدم نفوذ آب به لایه‌های پایین کمترین پتانسیل آبشویی نیترات را خواهند داشت. مقدار جذب نیترات در روش‌های EFI، AFI و FFI به ترتیب برابر ۰/۰۰۲۲، ۰/۰۰۱۸ و ۰/۰۰۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در مدت ۳۰ روز به دست آمد. در نهایت روش FFI در همه موارد دارای کمترین بازده بود و روش AFI به‌عنوان روش برتر انتخاب شد.

مراجع

ابراهیمیان، ح.، لیاقت، م.، پارسی نژاد، م.، عباسی، ف. و نوابیان، م. ۱۳۹۲. حرکت آب در سطح و زیر سطح خاک در آبیاری جویچه یک‌درمیان و مقایسه آن با آبیاری معمولی. فصلنامه پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۱۱ (۳).

افشار، ه. و مهرآبادی، ح. ۱۳۸۲. بررسی الگوهای مختلف آبیاری شیاری یک‌درمیان بر مقدار کل آب مصرفی و عملکرد پنبه. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۲۷۵. تهران، ایران.

اکبری نودهی، د. ۱۳۹۳. تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در مازندران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌وخاک. ۱۸ (۷): ۲۴۵-۲۵۵.

رضایی استخروئیه، ع.، هوشمند، ر.، برومند نسب، س. و خانجانی، م. ۱۳۹۳. کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر خشکی موضعی ریشه در منطقه کرمان. مجله پژوهش آب ایران. ۸ (۱۵): ۱۰۳-۱۱۳.

کیانی، ع. و شاکر، م. ۱۳۹۸. تحلیلی بر مشکلات و موانع توسعه آبیاری تحت‌فشار. مدیریت آب در کشاورزی. ۶ (۱): ۶۵-۷۴.

فرحزا، م.، نظری، ب.، لیاقت، ع. و علیزاده، ح. ۱۳۹۸. بررسی بهره‌وری آب آبیاری محصولات کشاورزی در استان بوشهر. مدیریت آب در کشاورزی. ۶ (۱): ۹۵-۱۰۴.

عباسی، ی.، لیاقت، ع. و عباسی، ف. ۱۳۹۱. بررسی آبشویی عمقی نیترات تحت شرایط کودآبیاری جویچه‌ای ذرت. نشریه آب‌وخاک. ۲۶ (۴).

Barideh, R., Besharat, S., Morteza, M. and Rezaverdinejad, V. 2018. Effects of Partial Root-Zone Irrigation on the Water Use Efficiency and Root Water and Nitrate Uptake of Corn. Water. 10:526.

Chen, L., Feng, Q., Li, F. and Li, Ch. 2015. Simulation of soil water and salt transfer under mulched furrow irrigation with saline water. Geoderma. 241-242:87-96.

Costa, J.M., Ortuno, M.F. and Chaves, M.M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. Journal of Integrative Plant Biology. 49:1421-1434.

Davies, W.J. and Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 42:55-76.

Devkota, M., Gupta, R., Martius, C., Lamers, J., Devkota, K., Savre, K. and Vlek, P. 2015. Soil salinity management on raised beds with different furrow irrigation modes in salt-affected lands. Agricultural Water Management. 152:243-250.

Grimes, D.W., Walhood, V.T. and Dickens, W.L. 1968 .Alternate-furrow irrigation for San Joaquin valley cotton. California Agriculture. 22: 4-6.

Hanson, B.R., Simunek, J. and Hopmans, J.W. 2006. Evaluation of urea–ammonium–nitrate fertigation with drip irrigation using numerical modeling. Agric. Water Manage. 86:102-113.

Kaman, H., Kirda, C., Cetin, M. and Topcu, S. 2006. Salt accumulation in the root zones of tomato and cotton irrigated with partial root-drying technique. Irrigation and Drainage. 55:533-544.

Kang, S., Liang, Z., Hu, W. and Zhang, J. 1998. Water use efficiency of controlled root-division alternate irrigation on maize plants. Agricultural Water Management. 38:69-76.

Kang, S., Liang, Z., Pan, Y., Shi, P. and Zhang, J. 2000. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. Agricultural Water Management. 45:267-274.

Kirda, C., Topcu, S., Kaman, H., Ulger, A.C., Yazici, A., Cetin, M. and Derici, M.R. 2005. Grain yield response and N-fertilizer recovery of maize under deficit irrigation. Field Crops Res. 93:132-141.

Kjeldahl, J. 1883. Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körpern, Z. Anal. Chem. 22:366-382.

Kriedmann, P.E. and Goodwin, I. 2003. Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. Irrigation insights no.4, Land and Water Australia, Canberra, 102p.

Loveys, B.R., Stoll, M., Dry, P.R. and McCarthy, M.G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. Acta Horticulturae. 537:187-197.

Sepaskhah, A.R. and Hosseini, S.N. 2008. Effects of alternate furrow irrigation and nitrogen application rates on winter wheat (Triticum aestivum L.) yield, water- and nitrogen-use efficiencies. Plant Production Science. 11:250-259.

Sepaskhah, A.R. and Khajehabdollahi, M.H. 2005. Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (Zea mays L.). Plant Production Science. 8:592-600.

Sepaskhah, A.R. and Parand, A.R. 2006. Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every-furrow irrigation at different growth stages on the yield of maize (Zea mays L.). Plant production Science. 9:415-421.

Sepaskhah, A.R. and Sichani, S.A. 1976. Evaluation of subsurface irrigation spacings for bean production. Canadian Agricultural Engineering. 18:23-26.

Simunek, J., Bristow, K.L., Helalia, S.A. and Siyal, A.A. 2016. The effect of different fertigation strategies and furrow surface treatments on plant water and nitrogen use. Irrigation Science. 34(1):5369, doi:10.1007/s00271-015-0487-z.

Siyal, A.A., Mashori, A.S., Bristow, K.L. and van Genuchten, M.Th. 2016. Alternate furrow irrigation can radically improve water productivityof okra.

Skinner, R.H., Hanson, J.D. and Benjamin, J.G. 1999. Nitrogen uptake and partitioning under alternate- and every-furrow irrigation. Plant Soil. 210:11-20.

Stone, J., Reeves, H. and Garton, J. 1982. Irrigation water conservation by using wide- spaced furrows. Agricultural Water Management. 5:309-317.

Tang, L.S., Li, Y. and Zhang, J. 2005. Physiological and yield responses of cotton under partial rootzone irrigation. Field Crops Research. 94:214-223.

Zhang, B., Li, F., Huang, G., Cheng, Z. and Zheng, Y. 2006. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. Agricultural Water Management. 79(1):28-42

Water Management in Agriculture
Vol. 6, No. 2, Autumn and Winter 2019, 65-76

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۸، ص. ۷۶-۶۵

The Effect of Different Alternate Furrow Irrigation Methods on Water Uptake and Nitrate Leaching in Corn Cultivatio

R. Barideh [1*], S. Besharat [2] and F.Nasimi[3]

Abstract

Various methods of fertilization and irrigation in furrow method should be evaluated and managed in order to increase efficiency, reduce evaporation, leaching and deep percolation. One of these deficit furrow irrigation methods is partial root zone drying. So, the purpose of this study was to investigate the distribution and absorption of water and nitrate, nitrate leaching and water use efficiency of Every Furrow Irrigation method (EFI), variable Alternate Furrow Irrigation method (AFI) and Fixed alternate Furrow Irrigation method (FFI). For this purpose, corn (S.C. 704) was planted on early May 2016. In order to apply different irrigation methods, 12 furrows with a width of 70 cm and a length of 40 m were selected and divided into three treatments. Samplings with three replications were made at 1, 3, 5 and 9 days intervals after each irrigation at 10, 30, 50 and 70 cm below the surface of soil in dry and wet furrow. Results showed that the amount of water and nitrate absorption in EFI, AFI and FFI methods were 0.198, 0.178 and 0.143 (m3-water/m3-soil×30day) and 0.0022, 0.0018 and 0.0011 (mg/kg), respectively. Also in FFI method nitrate accumulation was occurred under the dry furrow. Water application efficiency in EFI, AFI and FFI methods was 51%, 81% and 77%, respectively. Finally, the AFI method with the least amount of leaching was chosen as the preferred method.

Keyword: furrow irrigation, deficit irrigation, water balance, application efficiency

[1] PhD student of Irrigation and Drainage, Faculty of agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. (*Corresponding Author: Rahman.barideh@gmail.com)
[2] Associate Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of agriculture, Urmia University, urmia, iran
[3] MSc graduated of Irrigation and Drainage, Faculty of agriculture, Urmia University, urmia, iran
Received: 28 November 2019
Accepted: 14 February 2020