

مدیریت بهینه مصرف آب در اراضی نیشکر جنوب اهواز

علی شینی دشتگل^{۱*}، عبدعلی ناصری^۲، حیدرعلی کشکولی^۳ و سعید برومند نسب^۴

* - نویسنده مسئول، رئیس اداره آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان

Sheinidashtegol@yahoo.com

۲- استاد دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب

۳- استاد بازنشسته، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب

۴- استاد دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۵

چکیده

نیشکر در خوزستان در سطح وسیع کشت شده و آبیاری آن به روش جوی و پشته با استفاده از سیفون یا هیدروفلوم صورت می‌گیرد. با هدف بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان روی حجم آب مصرفی، راندمان کاربرد و کارایی مصرف آب، آزمایشی در اراضی کشت و صنعت امیرکبیر در سال ۸۵-۱۳۸۴ اجرا شد. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار آبیاری معمول، آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر و در چهار تکرار روی واریته تجاری CP69-1062 نیشکر انجام شد. نتایج نشان داد که حجم کل آب مصرفی در طول دوره رشد نیشکر در تیمارهای فوق به ترتیب ۲۹۸۲۲، ۲۱۲۸۰ و ۲۰۶۵۶ متر مکعب در هکتار بوده که به‌طور متوسط در تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر و ثابت به ترتیب حدود ۳۰/۷ و ۲۸/۶ درصد نسبت به شاهد، حجم آب مصرفی کاهش یافت. نتایج راندمان کاربرد آب نیز نشان داد که این فاکتور در مزرعه در آبیاری‌های مختلف در هر سه تیمار آزمایشی ثابت نبوده، به‌طوری که در تیمار آبیاری معمول از ۵۰-۴۱ درصد، در تیمار آبیاری یک در میان ثابت از ۸۳-۷۴ درصد و در تیمار آبیاری یک در میان متغیر از ۸۷-۷۷ درصد، برای تکرارهای اول تا چهارم، متغیر بوده است. همچنین کارایی مصرف آب به ازای شکر تولیدی، در تیمارهای آبیاری معمول، یک در میان ثابت و متغیر به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۵۸ و ۰/۷ کیلوگرم شکر بر متر مکعب آب مصرفی بود.

کلید واژه ها : نیشکر، آبیاری جویچه‌ای یک در میان، راندمان کاربرد آب، کارایی مصرف آب.

مقدمه

لایه‌های عمیق‌تر خاک یافت می‌شود (۱۴). فیسباج^۳ (۱۹۶۵) نشان داد که آبیاری جویچه‌ای یک در میان، مقدار آب مورد نیاز ریشه را به‌طور دقیق‌تر وارد خاک می‌نماید، بنابراین راندمان کاربرد بیشتری دارد. صمدی و سپاسخواه^۴ (۱۹۸۴) در بررسی سه روش آبیاری، به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری یک جویچه در میان ثابت و متغیر به ترتیب ۲۰ و ۲۷ درصد نسبت به روش معمول آبیاری، کمتر آب مصرف شده است. پاندیان و همکاران^۵ (۱۹۹۲) نتیجه گرفتند که راندمان مصرف آب به‌وسیله آبیاری یک در میان جویچه‌ها در مقایسه با آبیاری تمام جویچه‌ها به میزان ۴۳-۴۶ درصد کاهش یافت. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۸۴) در آبیاری

در اراضی شرکت توسعه نیشکر، بافت خاک عمدتاً سنگین و بادهای گرم و خشک در طول فصول بهار و تابستان جریان دارند. برای تأمین آب مزارع به موازات طولی آنها، لوله‌های دریچه‌دار هیدروفلوم به کار می‌رود (بی‌نام، ۱۳۶۹). آبیاری در این اراضی به روش جوی و پشته صورت گرفته و در طراحی‌های اولیه حداکثر هدایت الکتریکی آب آبیاری ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است (بی‌نام، ۱۳۷۰). نیشکر در طول دوره رشد به آب فراوان احتیاج دارد و نسبت به کم‌آبی حساس و در عین حال به غرقاب شدن درازمدت ریشه سازگاری ندارد (نیو^۱، ۱۹۷۱). بچلور^۲ (۱۹۸۹) به این نتیجه رسید که در کرت‌های آبیاری نشده درصد بالایی از ریشه‌های نیشکر نسبت به کرت‌های آبیاری شده در

3- Fischbach.

4- Samadi, and Sepaskhah

5- Pandian and et al.

1- New

2- Batchelor

جویچه‌ای یک در میان روی نیشکر نتیجه گرفتند که از کل آب ورودی به جویچه‌ها حدود ۴۷ درصد در جویچه‌های آبیاری نشده و ۵۳ درصد در جویچه‌های آبیاری شده ذخیره شده است. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی سه روش آبیاری به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به ترتیب ۲۱/۲ و ۲۵/۵ درصد نسبت به روش معمول آبیاری، آب کمتر مصرف شده است. تورنر^۱ (۱۹۹۰) به این نتیجه رسید که مصرف بیش از حد آب محصول نیشکر و شکر را کاهش می‌دهد در حالی که مصرف آب با تنش ملایم باعث افزایش محصول می‌گردد. راندمان کاربرد آب (Ea) به صورت زیر تعریف می‌شود (مصطفی زاده، ۱۳۷۵):

$$Ea = \frac{Z_{req} \times L}{Q_0 \times T_{co}} \times 100 \quad (۱)$$

$$Z_{req} = d_n = (\theta_{fc} - \theta_{wp}) \cdot \rho_b \cdot D_{rz} \quad (۲)$$

Z_{req} : عمق خالص آب ذخیره شده در منطقه ریشه (cm)

L : طول شیار یا جویچه (متر)

Q_0 : دبی ورودی به جویچه (m^3/min) و

T_{co} : زمان قطع جریان ورودی (دقیقه)

θ_{fc} : رطوبت وزنی ظرفیت زراعی (درصد)

θ_{wp} : رطوبت وزنی نقطه پژمردگی دائم (درصد)

ρ_b : جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)

D_{rz} : عمق توسعه ریشه (سانتیمتر)

راندمان کاربرد آب با یک شاخصی بصورت زیر اصلاح می‌شود (مصطفی زاده، ۱۳۷۵).

$$Er = \frac{d_n}{p_\theta} \times 100 \quad (۳)$$

در این رابطه:

d_n : میزان آب ذخیره شده در منطقه ریشه

p_θ : پتانسیل ذخیره رطوبتی خاک و

Er : راندمان نیاز آبی گیاه و اگر $Er = ۱$ باشد. آبیاری کامل

است، در این صورت:

$$DPR^r = 100 - Ea - TWR^r \quad (۴)$$

$$DPR = \frac{V_z - Z_{req} \times L}{Q_0 \times T_{co}} \times 100 \quad (۵)$$

TWR: رواناب سطحی

DPR: نفوذ عمقی بر حسب سانتیمتر) می باشد. (اگر آبیاری، ناقص باشد) (کم آبیاری صورت گرفته باشد):

$$TWR = 100 - Ea - DPR \quad (۶)$$

$$\frac{Z_{req} \times X_d + V_{zi}}{Q_0 \times T_{co}} Ea = \times 100 \quad (۷)$$

$$DPR = \frac{V_{za} - Z_{req} \times X_d}{Q_0 \times T_{co}} \times 100 \quad (۸)$$

$$Er = \frac{Z_{req} \times X_d + V_{zi}}{Z_{req} \times L} \times 100 \quad (۹)$$

که در آن:

X_d : طول مسیری که بیشتر از نیاز آب دریافت کرده است (سانتیمتر).

V_{zi} : حجم قسمتی از جویچه که کمتر از نیاز آب دریافت کرده است (متر مکعب).

V_{za} : حجم قسمتی از جویچه که بیشتر از نیاز آب دریافت کرده است (متر مکعب).

راندمان کاربرد آب در فرهنگستان علوم عبارتست از: نسبت مقدار آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه های گیاه به مقدار آب ورودی به مزرعه. در واقع، راندمان کاربرد آب بیانگر تلفات عمقی و رواناب سطحی می باشد. راندمان کاربرد آب از رابطه زیر بدست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۴):

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100 \quad (۱۰)$$

که در آن: W_f : حجم آب منتقل شده به مزرعه و W_s : حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه. این راندمان نیز برای یک پروژه، یک قطعه زراعی یا یک مزرعه محاسبه می شود و معمولاً در آبیاری سطحی، مقدار آن در حدود ۶۰ درصد است. ایزدی و همکاران^۴ (۱۹۹۱) راندمان کاربرد آب را در یک مزرعه نیشکر در آمریکا در ۲۰ جویچه مجاور همدیگر در سه حالت آبیاری پیوسته، آبیاری با کاهش جریان و آبیاری ناپیوسته (موجی) بررسی کردند و راندمان کاربرد آب را ۴۰ تا ۶۰ درصد گزارش نمودند.

معروف پور^۵ (۱۳۷۶)، در آبیاری جویچه‌ای انتها بسته در کشت و صنعت هفت تپه، راندمان کاربرد آب را در دو مزرعه به طور متوسط ۶۹ و ۵۲ در صد برآورد کرد. نتایج آزمایش‌های ملوخی و

1- Turner

2- Deep Percolation Ratio

3- Tail Water Ratio

4- Izadi and et al.

5- Bakker and et al.



شکل ۱ - لوله هیدروفلوم در حالت آبیاری معمولی

توسعه نیشکر و صنایع جانبی و تأثیر آن روی حجم آب مصرفی، راندمان کاربرد و کارایی مصرف آب می باشد.

مواد و روش‌ها

این طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی بوده و در سال ۱۳۸۵ در مزرعه بازرویی چهارم ARC2-7 از مزارع تحقیقاتی مرکز تحقیقات نیشکر واقع در کشت و صنعت امیرکبیر اجرا شد. این کشت و صنعت، در جنوب اهواز و در طول جغرافیائی ۱۳' ۴۸^o تا ۳۰' ۴۸^o و عرض جغرافیائی ۱۵' ۳۱^o تا ۴۰' ۳۱^o قرار گرفته است. در اولین آبیاری پس از برداشت محصول، همه تیمارها مطابق آبیاری معمول مزارع (شاهد) آبیاری و سپس تیمارهای آزمایش انتخاب شدند. آزمایش در سه تیمار و سه تکرار و مجموعاً ۱۸ جویچه انجام شد. هر تیمار شامل دو جویچه و در نتیجه هر تکرار شامل شش جویچه بود. دلیل انتخاب دو جویچه در هر تکرار این است که در آبیاری یک در میان جویچه‌ای متغیر، جای جویچه‌ها در آبیاری‌های مختلف عوض می شود. مشخصات تیمارها به صورت زیر می باشد:

۱- تیمار آبیاری معمول مزارع (شاهد) ۲- تیمار آبیاری جویچه ای یک در میان ثابت ۳- تیمار آبیاری جویچه ای یک در میان متغیر (شیفت بین جویچه ها). در ابتدا از تیمارهای آزمایش در اعماق ۳۳-، ۶۶-، ۱۰۰- و ۶۶ سانتی متری نمونه برداری خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک صورت گرفت. دور آبیاری مطابق آبیاری معمول مزارع در کشت و صنعت امیرکبیر صورت گرفت. همچنین در انتهای آزمایش در اعماق فوق و در طول یک جویچه (ابتداء، وسط و انتها) از هر تیمار نمونه‌های خاک از روی پشته جهت تعیین EC خاک و مقایسه تجمع نمک در روی پشته‌ها تهیه شد. زمان قطع آبیاری توسط آبیاری اعمال می شد، بدین صورت که در تیمار آبیاری معمول هر زمان که آب به انتهای جویچه‌ها می رسید آبیاری متوقف می شد ولی در تیمارهای آبیاری یک جویچه در میان ثابت و متغیر بر اساس

همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که راندمان کاربرد آب در مزرعه در آبیاری‌های مختلف ثابت نبوده، به طوری که در جویچه‌های بازسازی نشده از ۴۳ درصد در ابتدای فصل رشد تا ۶۳ درصد در انتهای فصل رشد و در جویچه‌های باز سازی شده از ۴۸ درصد در ابتدای فصل رشد تا ۷۵ درصد در انتهای فصل رشد متغیر بود. باکر و همکاران^۱ (۲۰۰۶) در بررسی راندمان کاربرد و نفوذ آب در آبیاری جویچه‌ای نیشکر شمال غربی استرالیا، افزایش ۲۰ درصد راندمان کاربرد آب را گزارش کردند. نوری و همکاران (۱۳۸۶) در کشت و صنعت کارون در بررسی تأثیر عمق جویچه در راندمان آبیاری نیشکر، با جویچه‌هایی به اعماق ۳۰، ۲۲، و ۱۶ سانتی متر، راندمان کاربرد آب را به ترتیب ۷۱/۲، ۶۳/۷ و ۸۰/۵ درصد به دست آوردند.

یکی از فاکتورهای اساسی در تعیین کارایی بودن آب مصرفی جهت تولید محصولات کشاورزی شاخص کارایی مصرف آب می باشد. این شاخص نشان دهنده میزان تولید (عملکرد) به ازای هر واحد آب مصرفی در واحد سطح (هکتار) است. کارایی مصرف آب معمولاً به مقدار ماده خشک تولید شده به ازای واحد حجم آب مصرفی اطلاق می شود، ولی پژوهشگران آب و خاک کارایی مصرف آب را به صورت نسبت محصول تولید شده (نه ماده خشک تولید شده) در واحد سطح به حجم آب مصرفی در واحد سطح تعریف می کنند. کارایی مصرف آب بستگی به نوع گیاه و شرایط آب و هوایی دارد. بنابراین اگر تولید ماده خشک مطرح باشد با تغییر نوع گیاه به ازای هر واحد آب مصرفی می توان ماده خشک بیشتری را تولید کرد (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲). فریشی و همکاران^۲ (۲۰۰۱) به منظور ارزیابی اقتصادی سیستم‌های آبیاری یک در میان متغیر روی نیشکر، افزایش کارایی مصرف آب را گزارش و نشان دادند که آبیاری معمولی به سرمایه گذاری بالاتری نیاز دارد. هدف از انجام این آزمایش مقایسه دو روش آبیاری یک در میان متغیر و ثابت با روش مرسوم آبیاری موجود در شرکت

1- Qureshi et al.
2- AmirKabire Right Canal



شکل ۲ - آبیاری یک جویچه در میان

رطوبت ظرفیت زراعی^۱ و نقطه پژمردگی دائم^۲ نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. جهت تعیین زمان شروع آبیاری، خشکی خاک منطقه ریشه ملاک است، بدین صورت که کمبود رطوبت واقعی با کمبود رطوبت مجاز خاک مقایسه می‌شود. اگر کمبود رطوبت واقعی مساوی یا کمتر از کمبود رطوبت مجاز خاک باشد، زمان آبیاری فرا می‌رسد. برای تعیین کمبود رطوبت مجاز خاک داریم:

$$d_n = f. (\theta_{wFC} - \theta_{wPWP}) \cdot D_{rz} \cdot \rho_b \quad \theta_{wFC} \quad (13)$$

درصد رطوبت وزنی نقطه ظرفیت زراعی

θ_{wPWP} : درصد رطوبت وزنی نقطه پژمردگی خاک

ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)

D_{rz} : عمق ریشه (سانتی‌متر).

$MAD=f$: حداکثر تخلیه مجاز یا کمبود مجاز رطوبتی است که به نوع گیاه و مرحله رشد گیاه بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۸۴ الف). برای جلوگیری از کاهش محصول در محدوده آب سهل الوصول مزرعه می‌شود که آن را حداکثر تخلیه مجاز (MAD) می‌نامند (علیزاده، ۱۳۸۴ الف). و مقدار آن، برای نیشکر ۰/۶۵ می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۴ الف). در شرایط اقلیمی خشک ($ET_0 > 6$) ۱۰ درصد از آن کاسته شده و در شرایط مرطوب ($ET_0 < 6$) ۱۰ درصد به آن اضافه می‌شود (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲). میزان تبخیر از تشتک کلاس A در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد در ایستگاه هواشناسی به ترتیب ۹/۵، ۱۳/۹، ۱۹/۶ و ۱۶/۹ میلی‌متر در روز اندازه‌گیری شد، لذا ۱۰ درصد از تخلیه مجاز رطوبتی کسر و به حدود ۰/۵۹ تقلیل می‌یابد. برای اندازه‌گیری میزان جریان ورودی، در ابتدای هر جویچه، فلوم‌های WSC^۳ تپ دو نصب شد. شدت جریان ورودی از فلومها از رابطه: $Q = 0.00374H^{2/64}$ به دست می‌آید (اشرفی و همکاران، ۱۳۸۵). در این رابطه H: ارتفاع جریان آب در فلوم و Q: دبی ورودی به

تجربیات گذشته (شینگی دشتگل و همکاران، ۱۳۸۶) جهت فرصت نفوذ در جویچه‌های کنار جویچه‌های آبیاری شده، ۱-۲ ساعت پس از رسیدن آب به انتهای جویچه‌ها و زمانی که محیط خیس شده جویچه به بیش از ۸۰ درصد محیط کل جویچه می‌رسید، آبیاری متوقف می‌شد. شکل‌های (۱) و (۲) نحوه آبیاری با هیدروفلوم در حالت‌های معمولی و یک جویچه در میان را نشان می‌دهند.

نمونه رطوبتی خاک، در ابتدا، وسط و انتهای یک جویچه از هر قطعه و در سه عمق ۳۳-، ۶۶-۳۳ و ۱۰۰-۶۶ سانتی‌متری تهیه شد. در هر یک از این قطعات نه نمونه و در مجموع ۲۷ نمونه قبل از هر آبیاری تهیه شد. نمونه‌های رطوبتی را در قوطی‌های آلومینیومی قرار داده و آنها را داخل آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌گذاریم تا خشک شود و از رابطه زیر در صد رطوبت وزنی حساب محاسبه گردید:

$$\theta_w = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad (11)$$

در این رابطه،

θ_w : درصد رطوبت وزنی خاک

W_w : جرم خاک مرطوب

W_d : جرم خاک خشک بر حسب گرم می‌باشند.

۴۸-۲۴ ساعت بعد از آبیاری، نمونه‌های رطوبتی به همان شیوه روز قبل از آبیاری تهیه و از اختلاف رطوبت قبل و بعد از آبیاری، میزان رطوبت ذخیره شده در منطقه ریشه، تعیین گردید. عمق معادل رطوبت خاک از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d_n = \theta_w \cdot \rho_b \cdot D_{rz} \quad (12)$$

θ_w : درصد رطوبت وزنی در عمق D و ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3) و D_{rz} : عمق خاک (سانتی‌متر) است.

1 - Field Capacity

2- Permanent Wilting Point

3 - Washington State College



شکل ۳ - فلوم WSC و پیشروی آب در جویچه

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در عمق متوسط ۱۰۰-۰ سانتی‌متر

SAR	ESP	کاتیونها			بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/cm ³)	درصد ماده آلی	درصد گچ	pHe	ECe (dS/m)	تیمار آبیاری
		Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺							
۵/۹	۵۸/۹	۱۲/۵	۵/۶	۳/۴	S.C.L و C.L	۱/۶۵	۰/۶۲	۰/۳	۷/۹	۱/۴۹	شاهد
۵/۸	۵۸/۱	۱۱/۷	۵/۲	۳/۱	S.C.L.C.L	۱/۶۵	۰/۵۸	۰/۳	۸	۱/۵	ثابت
۵/۸	۵۸/۲	۱۱/۶	۵/۱	۳	S.C.L.C.L	۱/۶۵	۰/۵۸	۰/۳	۸	۱/۵	متغیر

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تیمارها قبل از اجرای آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است. میانگین میزان گچ خاک برای اعماق ۰-۳۳، ۳۳-۶۶ و ۶۶-۱۰۰ سانتی‌متری به ترتیب ۰/۲۷، ۰/۳ و ۰/۳۳ درصد بوده که با افزایش عمق، نسبتاً روند افزایشی داشته است. بافت خاک در عمق ۰-۳۳ سانتی‌متری، در همه تیمارها لوم رسی شنی و در عمق ۳۳-۱۰۰ سانتی‌متری، لوم رسی است. متوسط جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰-۱۰۰ سانتی‌متری ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. متوسط ECe خاک روی پشته در ابتدای آزمایش و در عمق متوسط ۰-۱۰۰ سانتی‌متری در تیمار شاهد ۱/۴۹ و در تیمارهای یک در میان ثابت و متغیر ۱/۵ دسی زیمنس بر متر بود که از ۱/۷ دسی زیمنس بر متر که حد تحمل نیشکر به شوری است، کمتر است. متوسط ECe خاک روی پشته در پایان فصل رشد در تیمارهای شاهد، یک در میان ثابت و متغیر به ترتیب به ۲، ۳ و ۲/۴ دسی زیمنس بر متر رسید. لذا متوسط ECe خاک در پایان فصل برداشت در همه تیمارها افزایش یافته است ولی افزایش در تیمار آبیاری یک در میان ثابت بیشتر است. این امر ممکن است به دلیل عدم آبیاری کافی از یک سو و

فلوم (لیتر بر ثانیه) است. در شکل (۳)، فلوم WSC تیپ دو و خروج آب از آن نشان داده شده است. با توجه به ظرفیت زراعی، کمبود رطوبت خاک در عمق یک متری در تیمارهای مختلف محاسبه و از روی آن، حجم آب مورد نیاز یک جویچه آزمایشی برای رسیدن به ظرفیت زراعی محاسبه و با توجه به حجم آب کاربردی اندازه‌گیری شده با فلوم WSC تیپ دو، راندمان کاربرد آب، محاسبه شد. در پایان فصل رشد نیشکر از هر تیمار آزمایشی حدود ۱۰۰ متر مربع برداشت دستی صورت گرفت و تعداد ساقه در این محدوده نیز شمارش و به تن در هکتار و تعداد ساقه در هکتار تعمیم داده شد. همچنین نمونه‌های ۲۰ ساقه‌ای جهت تعیین خصوصیات کمی و کیفی نیشکر از تیمارهای آزمایشی تهیه و پس از توزین و اندازه‌گیری ارتفاع آنها، با استفاده از دستگاه عصاره‌گیری از آنها عصاره‌گیری و با استفاده از دستگاه‌های ساکاریمتر و پلاریمتر مدل سوما فاکتورهای کیفی چون POL و Brix اندازه‌گیری و با توجه به این فاکتورها، خصوصیات کیفی دیگر محاسبه شد. با توجه به تناژ نیشکر و شکر تولیدی و حجم آب مصرفی در هکتار، کارایی مصرف آب برای تیمارهای آبیاری مختلف محاسبه گردید.

است. نتایج مشابهی برای کاهش حجم آب مصرفی گیاه توسط سپاسخواه و کامکار حقیقی (۱۹۹۷) ارائه شده است. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۸۶) در کشت اول، کاهش آب مصرفی در تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر و ثابت را به ترتیب ۲۵/۵ و ۲۱/۲ درصد گزارش کردند. نتایج راندمان کاربرد آب در ماه‌های اردیبهشت تا مرداد در جدول (۳) آمده است. از جدول (۴) نتایج تجزیه آماری حجم آب آبیاری و راندمان کاربرد آب ملاحظه می‌شود، میانگین مربعات فاکتورهای حجم آب آبیاری و راندمان کاربرد آب در سطح یک و پنج درصد معنی دار شده است. نتایج تجزیه آماری فاکتورهای فوق با آزمون دانکن در جدول (۵) نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که فاکتورهای حجم آب آبیاری و راندمان کاربرد آب در همه تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. با توجه به نتایج به دست آمده، راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف ثابت نبوده، به طوری که در تیمار آبیاری معمول از ۴۱-۵۰ درصد (متوسط ۴۵ درصد)، در تیمار آبیاری یک در میان ثابت از ۸۳-۷۴ درصد (متوسط ۷۸ درصد) و در تیمار آبیاری یک در میان متغیر از ۸۷-۷۷ درصد (متوسط ۸۱ درصد) برای آبیاری‌های اول تا چهارم، متغیر بود. نتایج تغییرات در شکل (۴) آمده است.

تجمع نمک و تبخیر آب از روی پشته‌ها از سوی دیگر باشد. pH خاک نیز در حد خنثی می‌باشد. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اختلاف قابل ملاحظه‌ای با هم ندارند. رطوبت ظرفیت زراعی خاک این مزرعه تا عمق یک متری به‌طور متوسط ۲۰/۱ درصد و نقطه پژمردگی دائم به‌طور متوسط ۱۴ درصد وزنی می‌باشند. آبیاری معمول در تیرماه با مصرف ۵۶۲۰ متر مکعب آب آبیاری بیشترین و در همین ماه آبیاری جویچه ای یک در میان ثابت و متغیر با مصرف به- ترتیب ۳۸۳۰ و ۳۷۴۰ متر مکعب نسبت به ماه‌های دیگر بیشترین مصرف آب آبیاری را داشته‌اند. نتایج به تفکیک ماهیانه و در تیمارهای مختلف در جدول (۲) آورده شده است. در تیمارهای شاهد، یک در میان متغیر و ثابت به ترتیب میانگین آب مصرفی برای هر بار آبیاری ۱۱۴۷، ۷۶۵ و ۷۹۴ متر مکعب در هکتار بوده و در نتیجه حجم کل آب مصرفی در طول دوره رشد نیشکر در تیمارهای فوق برای ۲۶ دور آبیاری به ترتیب ۲۹۸۲۲، ۲۰۶۵۶ و ۲۱۲۸۰ متر مکعب در هکتار بوده است. به طور متوسط در تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر و ثابت به ترتیب ۳۰/۷ و ۲۸/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد، حجم آب مصرفی کاهش یافته

جدول ۲ - حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری برای یک دور آبیاری و کل ماه.

تیمار ماه	شاهد (m ³ /ha)		یک در میان ثابت (m ³ /ha)		یک در میان متغیر (m ³ /ha)	
	کل ماه	یک دور	کل ماه	یک دور	کل ماه	یک دور
اردیبهشت	۳۶۱۸	۱۲۰۶	۲۹۰۲	۸۴۸	۲۸۳۰	۸۱۲
خرداد	۴۷۳۶	۱۱۸۴	۳۶۰۵	۸۰۷	۳۵۱۸	۷۷۸
تیر	۵۶۲۰	۱۱۲۴	۳۸۳۰	۷۶۶	۳۷۴۰	۷۴۸
مرداد	۵۳۷۰	۱۰۷۸	۳۷۰۵	۷۴۱	۳۶۰۰	۷۲۰
میانگین	-	۱۱۴۷	-	۷۹۱	-	۷۶۵

جدول ۳ - نتایج راندمان کاربرد آب در تیمارهای مختلف و تکرارهای مختلف آبیاری

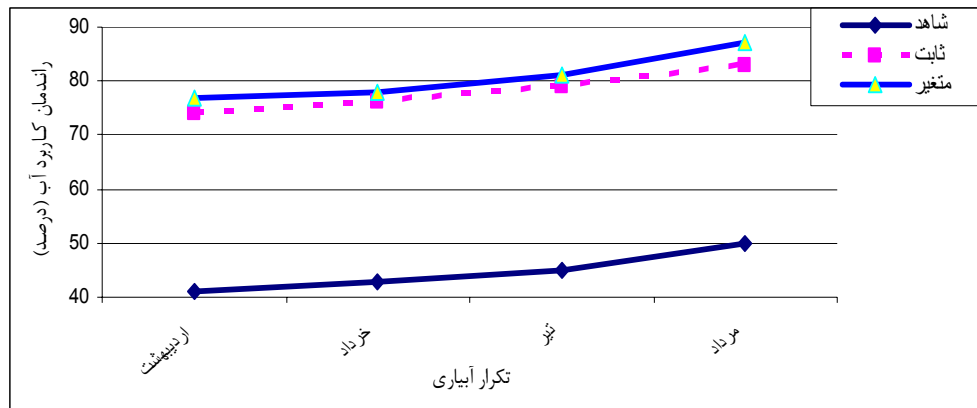
تیمار ماه	تیمار آبیاری معمول			تیمار آبیاری یک در میان ثابت			تیمار آبیاری یک در میان متغیر		
	راندمان کاربرد (درصد)	آب کاربردی (مترمکعب)	آب مورد نیاز (مترمکعب)	راندمان کاربرد (درصد)	آب کاربردی (مترمکعب)	آب مورد نیاز (مترمکعب)	راندمان کاربرد (درصد)	آب کاربردی (مترمکعب)	آب مورد نیاز (مترمکعب)
اردیبهشت	۴۱	۵۴/۸۳	۲۲/۲۸	۷۴	۳۸/۵۳	۲۸/۵	۷۷	۳۶/۹۳	۲۸/۳۷
خرداد	۴۳	۵۳/۸۳	۲۲/۸۸	۷۶	۳۶/۷۷	۲۷/۹	۷۸	۳۵/۳۳	۲۷/۴۵
تیر	۴۵	۵۱/۰۷	۲۲/۸۸	۷۹	۳۵/۴۳	۲۷/۹	۸۱	۳۴	۲۷/۴۵
مرداد	۵۰	۴۸/۸	۲۴/۳	۸۳	۳۳/۶۷	۲۷/۹	۸۷	۳۲/۷۳	۲۸/۴

جدول ۴ - تجزیه آماری حجم آب آبیاری و راندمان کاربرد آب در تیمارهای مختلف آبیاری

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات حجم آب مصرفی (m ³ /ha)	میانگین مربعات راندمان کاربرد آب (درصد)
تیمار	۲	۱۸۲۷۱۶**	۱۶۰۶**
تکرار	۳	۷۰۴۱	۴۹/۹
خطا	۶	۱۵۰/۸	۰/۳۱

جدول ۵- نتایج تجزیه آماری حجم آب و راندمان کاربرد آب در تیمارهای آبیاری با آزمون دانکن

تیمار های آبیاری	حجم آب (V) - (متر مکعب)	راندمان کاربرد آب (Ea) - درصد
شاهد	۱۱۴۷ ^a	۴۵ ^c
ثابت	۷۹۴ ^b	۷۸ ^b
متغیر	۷۶۵ ^c	۸۱ ^a



شکل ۴ - تغییرات راندمان کاربرد آب نسبت به تکرارهای آبیاری در تیمارهای مختلف

جدول ۶- تجزیه آماری (میانگین مربعات) خصوصیات کمی و کیفی نیشکر در تیمارهای مختلف آبیاری

منبع تغییرات	درجه آزادی	ذرات جام معلق در عصاره نی	درصد ساکارز شربت نی	درصد خلوص	درصد شکر سفید تصفیه شده	عملکرد نیشکر (ton/ha)	محصول نهایی شکر سفید (ton/ha)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	تعداد ساقه در هکتار
تیمار	۲	ns/۰/۱۹	ns/۳	ns/۱	ns/۰/۱۲	ns/۳۸۰	ns/۵/۳	ns/۳۰۵	**/۱۳۳۱۲۴۴۱۸۵
تکرار	۲	۰/۰۳	۰/۸	۰/۳	۰/۰۰۱	۱۷۵	۲/۲	۷	۲۶۳۳۹۲۲۸۷
خطا	۴	۰/۹۵	۶	۲/۲	۰/۱۳	۵۸	۱/۱	۱۹۲	۲۳۱۷۴۴۸۹

ns: معنی دار نیست. * معنی دار در سطح پنج درصد. ** معنی دار در سطح یک درصد

گسترش بیشتر ریشه باعث می‌شود که میزان آب ذخیره شده در منطقه ریشه به مقدار آب داده شده افزایش و این امر سبب افزایش راندمان کاربرد آب خواهد شد. دلیل کاهش راندمان کاربرد آب در تیمار آبیاری معمول نسبت به تیمارهای آبیاری یک در میان تا حدودی به زیادی مصرف آب در روش مرسوم و در نتیجه اشباع بیشتر منطقه ریزوسفر گیاه و کاهش میزان اکسیژن در منطقه ریشه و بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در این تیمار مربوط می‌گردد. با توجه به سنگین بودن بافت خاک به خصوص در اعماق پایین تر و خصوصیات خاک‌های سنگین (علی‌زاده، ۱۳۸۴ الف)، آب ورودی در جویچه‌ها بیشتر تمایل به نفوذ جانبی داشته و آب مورد نیاز جویچه‌های آبیاری نشده از شیار مجاور و از پایین تأمین می‌شود. در تمام تیمارها بیشترین آب ذخیره شده در ابتدای جویچه‌ها و کمترین آب ذخیره شده در انتهای جویچه‌ها می‌باشد. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند که از کل آب ورودی به جویچه‌ها، حدود ۴۷ درصد در جویچه‌های آبیاری نشده و ۵۳

دلیل تغییرات راندمان کاربرد آب از اردیبهشت ماه تا مردادماه، برای هر سه تیمار آزمایشی عمیق تر شدن، گسترش و استفاده بیشتر ریشه‌ها از آب ذخیره شده می‌باشد. دلیل دیگر، مصرف کمتر و تبخیر سطحی کمتر آب از داخل جویچه‌ها در یک دور آبیاری در مردادماه می‌باشد. در مراحل اولیه رشد گیاه که ریشه‌ها سطحی می‌باشند، به علت عمق کم ریشه‌های فعال، رطوبت مورد نیاز کم و مقدار آب مورد نیاز جهت رساندن رطوبت خاک منطقه ریشه به رطوبت ظرفیت زراعی افزایش و در نتیجه راندمان آبیاری در هر سه تیمار کاهش یافته است. در تکرارهای بعدی و با گسترش فعالیت ریشه‌ها، مقدار تلفات آب از محدوده ریشه‌ها کمتر شده و این امر منجر به افزایش راندمان کاربرد آب می‌شود. از دلایل دیگر افزایش راندمان کاربرد آب، کانوبی و سطح سایه انداز برگ و در نتیجه نگهداری بیشتر رطوبت در خاک بالاخص در خاک‌های سنگین می‌باشد. در مردادماه، ریشه‌ها توسعه بیشتری داشته و گیاه نیشکر به مراحل نهایی رشد خود نزدیک می‌شود. این افزایش و

جویچه هایی به اعماق ۳۰، ۲۲ و ۱۶ سانتی متر راندمان کاربرد آب را به ترتیب ۷۱/۲، ۶۳/۷ و ۸۰/۵ درصد بدست آوردند. در نتیجه راندمان های بدست آمده در این تحقیق، مؤید تحقیقات فوق می باشند. در جدول (۶) نتایج تجزیه آماری خصوصیات کمی و کیفی نیشکر (طرح بلوک های کامل تصادفی) نشان داده شده است.

درصد در جویچه های آبیاری شده ذخیره شد. ملوخی و همکاران (۱۳۸۵) روی نیشکر نشان دادند که راندمان کاربرد آب در آبیاری های مختلف ثابت نبوده به طوری که در جویچه های بازسازی نشده از ۶۳-۴۳ درصد و در جویچه های باز سازی شده از ۷۵-۴۸ درصد متغیر بوده است. نوری و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر عمق جویچه در راندمان آبیاری نیشکر کشت و صنعت کارون، با

جدول ۷- نتایج تجزیه آماری ویژگی های کمی و کیفی نیشکر در تیمارهای آبیاری با آزمون دانکن

تیمار	ذرات جامد معلق در عصاره نی	درصد ساکارز شربت نی	درصد خلوص	درصد شکر سفید تصفیه شده	عملکرد نیشکر (ton/ha)	محصول نهایی شکر سفید (ton/ha)	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	تعداد ساقه در هکتار
شاهد	۱۸/۳ ^a	۶۷/۷ ^a	۸۹/۹ ^a	۱۰/۳ ^a	۱۱۷ ^b	۱۲/۱ ^a	۲۵۴ ^a	۱۹۴۹۰۰ ^a
ثابت	۱۸/۸ ^a	۶۸/۹ ^a	۸۹/۶ ^a	۱۰/۵ ^a	۱۱۷ ^b	۱۲/۴ ^a	۲۳۵ ^a	۲۰۳۶۷۴ ^b
متغیر	۱۸/۶ ^a	۶۹/۷ ^a	۹۰/۷ ^a	۱۰/۷ ^a	۱۳۷ ^a	۱۴/۵ ^a	۲۴۹ ^a	۲۳۴۹۷۳ ^b

جدول ۸- نتایج تجزیه آماری (میانگین مربعات) آب مصرفی و کارایی مصرف آب

منبع تغییرات	درجه آزادی	حجم آب آبیاری (m ³ /ha)	کارایی مصرف آب به ازای نیشکر تولیدی (kg .m ⁻³)	کارایی مصرف آب به ازای شکر تولیدی (kg .m ⁻³)
تیمار	۲	۷۸۶۸۲۵۸۴ ^{**}	۵/۵۳ ^{**}	۰/۰۶۸ ^{**}
تکرار	۲	۴۳۹۶۲۰	۰/۳۶	۰/۰۶۴
خطا	۴	۳۵۳۷۷۷	۰/۱۶	۰/۰۲۸۷

جدول ۹- نتایج تجزیه آماری تیمارها با آزمون دانکن

تیمار	حجم آب مصرفی (m ³ /ha)	نیشکر تولیدی (ton/ha)	شکر تولیدی (ton/ha)	شکر تولیدی (ton/ha)	کارایی مصرف آب به ازای نیشکر تولیدی (kg .m ⁻³)	کارایی مصرف آب به ازای شکر تولیدی (kg .m ⁻³)
شاهد	۲۹۷۹۷ ^a	۱۱۷ ^a	۱۲/۴ ^a	۱۲/۴ ^a	۳/۹ ^c	۰/۴۱ ^c
ثابت	۲۱۲۸۸ ^b	۱۱۷ ^a	۱۲/۶ ^a	۱۲/۶ ^a	۵/۵ ^b	۰/۵۸ ^b
شیفت	۲۰۶۰۴ ^b	۱۳۷ ^b	۱۴/۵ ^b	۱۴/۵ ^b	۶/۶ ^a	۰/۷ ^a

نهایی شکر سفید تصفیه شده^۷ در همه تیمارها اختلاف معنی داری با هم ندارند. اگرچه محصول نهایی شکر سفید تصفیه شده در تیمار یک در میان متغیر نسبت به دو تیمار دیگر افزایش قابل ملاحظه ای دارد ولی اختلاف معنی داری نشان نمی دهد. فاکتور محصول نیشکر در تیمارهای شاهد و یک در میان ثابت اختلاف معنی داری ندارد ولی در تیمار یک در میان متغیر معنی دار است. فاکتور تعداد ساقه^۸ در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر اختلاف معنی داری ندارند ولی در تیمار آبیاری معمول دارای اختلاف معنی داری می باشد. همان طوری که ملاحظه می شود

همان طوری که ملاحظه می شود، میانگین مربعات فاکتور تعداد ساقه در هکتار در سطح ۱ درصد معنی دار شده است. همچنین میانگین مربعات بقیه فاکتورها، اختلاف معنی داری در سطح یک و پنج درصد ندارند. نتایج تجزیه آماری خصوصیات کمی و کیفی نیشکر در تیمارهای مختلف آبیاری با آزمون دانکن در جدول (۷) نشان داده شده است.

همان طوری که ملاحظه میشود فاکتورهای درصد ساکارز شربت نی^۱، ذرات جامد معلق در عصاره نی^۲، درصد خلوص^۳، محصول نیشکر^۴، درصد شکر سفید تصفیه شده^۵، ارتفاع ساقه^۶ و محصول

6- Length
7- Sugar yield
8- Stalks Number

1 - Pol
2 - Brix
3 - PTY
4- Cane Yield
5- Recoverable Sugar



شکل ۴- نحوه جریان آب از یک جویچه آبیاری شده به یک جویچه آبیاری نشده

یک در میان متغیر و یک در میان ثابت به ترتیب ۲۹۸۴۸، ۲۰۶۵۶ و ۲۱۲۸۰ متر مکعب در هکتار به دست آمد.

به طور متوسط در تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر و ثابت به ترتیب ۳۰/۸ و ۲۸/۷ درصد نسبت به تیمار آبیاری معمول، حجم آب مصرفی کاهش یافته است. نتایج مشابهی برای کاهش حجم آب مصرفی توسط سپاسخواه و کامکار حقیقی^۱ (۱۳۷۳) ارائه شده است. اما پاندیان و همکاران^۲ (۱۹۹۲) برای آبیاری جویچه‌ای یک در میان، کاهش مصرف آب را ۴۶-۴۳ درصد یعنی به مقداری به مراتب بیشتر از آنچه در این آزمایش به دست آمده گزارش نمودند. شینی دشتگل و همکاران^۳ (۱۳۸۵) در کشت سال اول کاهش آب مصرفی در تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر و ثابت را به ترتیب ۲۵/۵ و ۲۱/۲ درصد گزارش کردند و نتیجه گرفتند که تیمار آبیاری یک در میان متغیر در کشت سال اول ۱۵/۹ تن در هکتار محصول تولیدی را به ازای ۲۲۰۹۰ متر مکعب در هکتار آب آبیاری مصرفی و تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و شاهد به ترتیب با ۱۴/۴ و ۱۴/۳ تن شکر در هکتار به ازای ۲۳۳۶۸ و ۲۹۶۴۰ متر مکعب آب مصرفی در هکتار محصول داشته‌اند. با توجه به سنگین بودن بافت خاک به خصوص در اعماق پایین‌تر و خصوصیات خاکهای سنگین، آب ورودی به جویچه‌ها بیشتر تمایل به نفوذ جانبی داشته و آب مورد نیاز جویچه‌های آبیاری نشده از شیار مجاور و از پایین تأمین می‌شود. در شکل (۴) نحوه جریان آب از یک جویچه آبیاری شده به جویچه آبیاری نشده نشان داده شده است.

همان طوری که بیان شد، آب جویچه آبیاری نشده به صورت نفوذ جانبی و از جویچه مجاور تأمین می‌شود. دلیل کاهش کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری معمول نسبت به تیمارهای آبیاری یک در میان تا حدودی به زیادی مصرف آب در روش مرسوم و در نتیجه اشباع بیشتر منطقه ریزوسفر گیاه و کاهش میزان اکسیژن

ارتفاع نیشکر در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با هم ندارد و بیشترین عاملی که تناژ آبیاری معمول را از دیگر تیمارها کاهش داده تعداد ساقه در هکتار است. تیمار آبیاری معمول دارای کمترین گسترش ساقه و تیمار آبیاری یک در میان متغیر دارای بیشترین گسترش ساقه می‌باشد. با وجودی که ارتفاع ساقه در تیمار آبیاری معمول بیشتر از دیگر تیمارهاست ولی چون نسبت به دو تیمار دیگر تراکم ساقه آن کمتر است، دارای کمترین عملکرد شکر قابل استحصال یعنی ۱۲/۱ تن در هکتار می‌باشد. کیفیت شربت نی در تیمار آبیاری یک در میان متغیر نسبت به سایر تیمارها بهتر و تناژ شکر قابل استحصال در این تیمار با ۱۴/۵ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد می‌باشد. آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر نسبت به ثابت ۱۴/۵ درصد و نسبت به آبیاری معمول مزارع ۱۶/۶ درصد افزایش تناژ شکر داشته است. نتایج تجزیه آماری تیمارها در جدول (۸) نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که میانگین مربعات فاکتورهای حجم آب مصرفی، کارایی مصرف آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. نتایج تجزیه آماری با آزمون دانکن در جدول (۹) آمده است. همان طوری که ملاحظه می‌شود، فاکتور آب آبیاری مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر اختلاف معنی‌داری ندارند ولی در تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. همچنین کارایی مصرف آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با هم دارند، به طوری که بیشترین کارایی مصرف آب به ازای شکر و نیشکر تولیدی مربوط به تیمار آبیاری یک در میان متغیر به ترتیب ۰/۷ و ۶/۶ و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری معمول مزارع به ترتیب ۰/۴۱ و ۳/۹ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی می‌باشند. بیشترین شکر سفید تولیدی نیز مربوط به تیمار آبیاری یک در میان متغیر بوده که ۱۴/۵ تن در هکتار به ازای ۲۰۶۰۴ متر مکعب در هکتار آب آبیاری مصرفی، تولید داشته است. حجم کل آب مصرفی در طول دوره رشد نیشکر در تیمارهای آبیاری معمول،

1- Pandian et al.

2- Sepaskhah and Kamgar - Haghighi.

با وجودی که ارتفاع ساقه در تیمار آبیاری معمول بیشتر از دیگر تیمارهاست ولی چون نسبت به دو تیمار دیگر تراکم ساقه آن کمتر است، دارای کمترین عملکرد شکر قابل استحصال یعنی ۱۲/۱ تن در هکتار می‌باشد. کیفیت شربت نی در تیمار آبیاری یک در میان متغیر نسبت به سایر تیمارها بهتر بوده، لذا تناژ شکر قابل استحصال در این تیمار با ۱۴/۵ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد می‌باشد. آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر نسبت به ثابت ۱۴/۵ درصد و نسبت به آبیاری معمول مزارع ۱۶/۶ درصد افزایش تناژ شکر داشته است. تیمار آبیاری معمول دارای کمترین گسترش ساقه و تیمار آبیاری یک در میان متغیر دارای بیشترین گسترش ساقه می‌باشد. بال و همکاران^۱ (۱۹۷۱) به این نتیجه رسیدند که تحت شرایط کم آبی میزان قند ساقه‌های نیشکر افزایش می‌یابد. بنابراین در انتهای رشد هر چند به دلیل کمبود آب، ساکارز کمتری تولید می‌شود ولی در مقابل میزان بیشتری ساکارز در ساقه ذخیره می‌شود. همچنین آنان در بررسی تأثیر کم آبیاری روی خصوصیات کیفی نیشکر به نتایج مشابهی رسیدند. لذا نتایج به‌دست آمده از این آزمایش‌ها موید تحقیقات فوق می‌باشد.

در منطقه ریشه و بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در این تیمار مربوط می‌گردد. با توجه به عملکرد نیشکر در تیمارهای مختلف، میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و متغیر نسبت به شاهد افزایش یافته است. کارایی مصرف آب در تیمارهای شاهد، یک در میان ثابت و یک در میان متغیر بترتیب ۰/۴۱، ۰/۵۸ و ۰/۷۰ کیلوگرم شکر بر متر مکعب آب مصرفی بدست آمد. این نتیجه نشان می‌دهد که کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری یک در میان متغیر و ثابت به‌ترتیب حدود ۴۲/۹ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است. شینی دشتگل (۱۳۸۶) در کشت سال اول کارایی مصرف آب را در تیمارهای شاهد، یک در میان متغیر و یک در میان ثابت به‌ترتیب ۰/۴۸، ۰/۷۲ و ۰/۶۲ کیلوگرم شکر بر متر مکعب آب مصرفی بدست آورد و نشان داد که کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری یک در میان متغیر و یک در میان ثابت به‌ترتیب حدود ۳۳/۵ و ۲۲/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است (شینگی دشتگل و همکاران، ۱۳۸۶). بیشترین عاملی که تناژ تیمار آبیاری معمول را از دیگر تیمارها کاهش داده است، تعداد ساقه در هکتار می‌باشد.

منابع

- ۱- اشرفی، ش.، حیدری، ن و ف. عباسی. ۱۳۷۵. طراحی، ساخت و واسنجی فوم WSC، دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، تهران.
- ۲- شینی دشتگل، ع.، جعفری، س. و ن. بنی عباسی. ۱۳۸۶. اثر آبیاری یک در میان جویچه‌ای روی عملکرد نیشکر در مزارع نیشکر جنوب اهواز. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، تهران. جلد ۳۸، شماره ۴، صفحات ۵۵۲-۵۴۳.
- ۳- شینی دشتگل، ع.، جعفری، س. و ن. بنی عباسی، ۱۳۸۴. بررسی توزیع رطوبت در جویچه‌های آبیاری نشده در آبیاری شیاری به روش یک جویچه در میان. نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران. صفحات ۲۸۰-۲۷۹.
- ۴- علیزاده، ا.، ۱۳۸۴ الف. رابطه آب و خاک و گیاه، چاپ پنجم، دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد، صفحه ۳۸۲-۳۸۱.
- ۵- علیزاده، امین.، ۱۳۸۴. طراحی سیستم‌های آبیاری، چاپ ششم، دانشگاه امام رضا، انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد، صفحات ۲۳۵-۲۳۴.
- ۶- فرش، ع.، سیادت، ح.، دربندی، ص.، انتصاری، م.، خیرابی، ج.، میرلطیفی، م.، سلامت، ع. و م. سادات میرئی. گروه کار استفاده از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، ۱۳۸۲، مدیریت آب آبیاری در مزرعه، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۷- بی نام، ۱۳۶۹. مطالعات مرحله اول طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی واحد امیرکبیر و میرزا کوچک‌خان، گزارش خاک‌شناسی (لایه‌بندی و تعیین ضریب آبگذری خاک)، جلد چهارم، شرکت مهندسی مشاور یکم.
- ۸- بی نام، ۱۳۷۰. مطالعات مرحله اول طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی، جلد هشتم، مطالعات آبیاری، شرکت مهندسی مشاور یکم.
- ۹- معروف‌پور، ع. ۱۳۷۶. ارزیابی راندمان‌های آبیاری در مزارع شرکت کشت و صنعت نیشکر هفت تپه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران.
- ۱۰- مصطفی زاده، ب و ف. موسوی. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی (تئوری و عمل)، انتشارات فرهنگ جامع، چاپ اول، صفحات ۲۳۳-۱۴۸.

- ۱۱- ملوچی، ح، بهزاد، م. و ع. ناصری. ۱۳۸۵. راندمان‌های کاربرد آب در مزارع نیشکر واحد امیرکبیر در دو حالت جویچه‌های بازسازی شده و بدون بازسازی. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اهواز، صفحات ۸۲۴-۸۱۹.
- ۱۲- نوری، م، برومندنسب، س و ح. کشکولی، ۱۳۸۶. بررسی تأثیر عمق جویچه در راندمان آبیاری مزارع نیشکر خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان.
- 13- Bakker, D.M., G.Plunkket and J. Sherrard. 2006. Application efficiencies and furrow infiltration functions of irrigationin sugarcane in the Ord River Irrigation Area of North western Australia and the scrope for, improvement. Agricultural Water Management. Vol. 86, 162-172. No.1-2.
- 14- Batchelor, C. H. 1989. Design and management of sugarcane drip irrigation system. ISSCT. 20 , 2:522-531.
- 15- Bull, T. A. 1971. Thecu path way related to growth rates in sugarcane. PP. 68-75. In: M. D. Hatch, C. B. Osmond and R. O. Slatyer (Eds.), Photosynthesis and Photorespiration. John Wiley Inc., USA.
- 16- Fischbach, P. E. 1965. Scheduling irrigation by electrical resistance block. PP. 752-765. Extention Service , University of Nebraska.
- 17- Izadi, B., D. studer, and I mccann. 1991. Maximizing set-wide furrow irrigation application efficiency under full irrigation strategy, Trans. ASAE. 34 (5): 2006-2014.
- 18- New, L. 1971, Inflence of alternate furrow irrigation and time of application on grain sorghum production. No: 2953 .
- 19- Pandian, B. J., P. Muthukrishman and S. Rajasekaran. 1992. Efficiency of different irrigation methods and regimes in sugarcane. Ind. Sugar 42(4): 215-219.
- 20- Turner, N.C. 1990. Plant water relations and Irrigation management. Agricultural. Water management. 17: 59-73.
- 21- Qureshi, ME. Wegenter, Harrison, MK. S.R. and KL. Bristo. 2001. Economic evaluation of alternate irrigation system for sugarcane in the Burdekin delta in North Queensland. Australia, Water Resource
- 22- Management Edited by Brebbia, C.A., Anagnostopoulos, K.,Katsifarakish, K. and cheng, A.H.D., WIT press, Boston, pp. 47-57.
- 23- Samadi, A. and A.R. Sepaskhah. 1984. Effect of alternative furrow irrigation on yield and water use efficiency of dry beans. Iran Agric. Res. 3: 95-115.
- 24- Sepaskhah, A.R and A.A.Kamgar - Haghghi. 1997. Water use and yield of sugarbeet grown under enery- other- furrow irrigation with different irrigation intervals. Department of irrigation, shiraz University, Iran.