دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۲ خرداد ماه ۱۳۸۷

# ارزیابی عملکرد و راهکارهای بهبود سامانه های آبیاری سطحی شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین

وحیدرضا وردی نژاد[۱]، تیمور سهرابی[۲]، مهدی قبادی نیا[۳]،
حسن اوجاقلو[۴]، مجید میرزایی[۵]، مسعود رشمانلو[۶]، بهنام آبابایی[۷]

## ۱- مقدمه

تقاضای فزاینده مصرف آب در جهان از یکسو و محدودیت منابع آب تجدیدشونده از سوی دیگر ضروری می‌نماید تا سیاست‌گذاران جهانی تعدیل عرضه و تقاضای آب را دقیقاً مورد بررسی قرار داده و قبل از بروز مشکلات جدی به آن بیندیشند. بدیهی است در این میان کشت آبی، که به نظر سازمان جهانی فائو مهم‌ترین و مطمئن‌ترین منبع تأمین غذا در دنیا می‌باشد، از سهم بالایی برخوردار باشد. با توجه به محدودیت منابع آب در اغلب نقاط کشور ضرورت استفاده بهینه از آب در طرحهای توسعه منابع آب، امری محدود و بهره‌برداری از راهکارهای علمی و عملی در این خصوص از جمله ارزیابی مداوم از عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی مورد توصیه و تأکید است. در این راستا راندمان آبیاری مهمترین شاخص در سنجش مصرف آب کشاورزی می‌باشد، به نحوی که می‌توان در اتخاذ هر تصمیمی در جهت بهبود مدیریت مصرف از جمله ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری از این شاخص استفاده نمود. بنابراین با بررسی و اندازه گیری راندمان آبیاری در مزارع و باغات تحت اراضی این شبکه، نقائص و ضعف‌های عملکرد شبکه را شناسایی و می‌توان با کسب این اطلاعات اقدام به اصلاح روشها و مدیریت آبیاری و در نتیجه بهره برداری بهینه از آب آن نمود و ضمنا نگاه جامع‌تری نیز برای اجرای طرح‌های مشابه آینده در اختیار برنامه‌ریزان و طراحان قرار داد. تلفات آبیاری در قطعه آبیاری عمدتاً شامل نفوذ عمقی یا رواناب می‌باشد. وقتی آب به سر قطعات تحویل شد، هدف آن است که بطور یکنواخت در سطح زمین پخش گردد

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران-۰۹۱۲۵۵۸۷۰۶۹
۲و ۳- استاد گروه مهندسی آبیاری دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران، ۲۲۴۱۱۱۹-۰۲۶۱
۴ و ۷- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران
۵ و ۶- دانشجوی سابق آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران

و در منطقه توسعه ریشه نبات ذخیره گردد. عواملی که بر روی راندمان کاربرد آب تاثیر دارند، عبارتند از: روش آبیاری، عمق خالص آبیاری، ابعاد واحد زراعی، جریان ورودی به قطعه آبیاری، شیب قطعه تحت آبیاری، مشخصات خاک و غیره. در رابطه با مشخصات خاک، هرچه خاک سنگین‌تر باشد ظرفیت نگهداری آب در خاک بیشتر است، لذا عمق آبیاری را می‌توان افزایش داد. در این صورت تلفات عمدتاً مربوط به رواناب سطحی است در حالی که در خاکهای سبک راندمان کمتر می‌شود و تلفات عمدتاً مربوط به نفوذ عمقی است. در رابطه با روش آبیاری در شرایط مساوی پتانسیل راندمان کاربرد آب در روش کرتی بیشتر از روشهای شیاری و نواری و راندمان روش نواری بیش از روش شیاری است.

## ۲- سابقه تحقیق

کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) در ۹۱ منطقه از ۲۹ کشور جهان عوامل اصلی تأثیرگذار بر راندمان در طی عملیات انتقال و توزیع و کاربرد آب در سطح مزرعه را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده است که در مورد راندمان کاربرد آب در مزرعه به موارد زیر اشاره شده است: روش آبیاری در راندمان آبیاری مزرعه تأثیر مهمی دارد. بعد از اعمال اصلاح روی راندمان برآورد شده و تأثیر عوامل مختلف از جمله نوع خاک، اندازه مزرعه، دبی ورودی و روش آبیاری راندمان کاربرد آب بطور میانگین بین ۵۳ الی ۵۷ درصد ارائه شده است که در مورد شالی کاری این مقدار به ۴۵ الی ۵۰ درصد می‌رسد(۳). در ایران نیز در مورد راندمان‌های آبیاری در شبکه‌های موجود کشور تحقیقاتی به عمل آمده است. آمار مورد استفاده برای بررسی راندمان آبیاری در کشت و صنعت کارون مربوط به سال‌های ۶۳ تا ۶۷ به صورت ماه به ماه در دسترس می‌باشد، مطالعاتی که در این شبکه صورت گرفته است، راندمان کل آبیاری در سال‌های ۶۳، ۶۴، ۶۵ و ۶۶ به ترتیب ۱۹، ۲۰، ۲۴ و ۲۶ درصد و بطور میانگین ۲۲/۳ درصد می‌باشد. مطالعات صورت گرفته درشبکه آبیاری و زهکشی مغان نشان می‌دهد متوسط راندمان کاربرد ۶۰ تا ۷۰ درصد می باشد. منعم و همکاران (۱۳۷۹) عملکرد شبکه آبیاری قزوین را بوسیله مدل (PAIS: Performance Assessment Irrigation Model) ارزیابی کردند. مطابق نتایج بدست آمده، عملکرد سیستم از دیدگاههای مدیریتی، فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به ترتیب ۶۲، ۸۲، ۶۴، ۸۴ و ۷۸ درصد می باشد. سهرابی و خوش خواهش (۱۳۸۰) راندمان کاربرد آب در شبکه آبیاری گیلان و فومنات را در مناطق فومن, رشت و لاهیجان را برای مزارع برنج برای دو حالت بدون استفاده مجدد از رواناب و با استفاده مجدد از رواناب را به ترتیب (۷۳ و ۵۱), (۷۳ و ۴۹) و (۷۲ و ۴۹) درصد بدست آوردند(۴).

## ۳- مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۱۷۰۰۰ کیلومتر مربع جزو حوزه آبریز رودخانه شور می باشد. دشت قزوین با وسعت حدود ۴۴۰ هزار هکتار بخشی از این حوزهٔ آبریز را شامل می‌گردد که محدودهٔ آن از

طرف شمال به دامنهٔ کوه‌های البرز از طرف شرق به رودخانهٔ زیاران، از طرف غرب به دامنه رشته کوههای زاگرس و نهایتاً از طرف جنوب به شوره‌زارهای جنوب کشیده شده است. این منطقه تحت پوشش شبکهٔ مدرن آبیاری شامل پهنه‌ای از دشت قزوین بصورت نواری بطول حدود ۱۰۰ کیلومتر و به عرض حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد که از طرف شرق به رودخانهٔ زیاران، از طرف غرب به حاشیهٔ شرقی شهر تاکستان، از شمال به دامنه کوههای البرز مرکزی و از جنوب به حاشیهٔ جادهٔ آسفالتهٔ کمال‌آباد ـ آبیک محدود می‌گردد. در این طرح آب مورد نیاز از آب جاری رودخانه طالقان از حوضه‌های البرز جنوبی تأمین می‌شود. این منطقه دارای اقلیمی نیمه خشک بوده و تابستانهای نسبتاً گرم و زمستانهای نسبتاً سرد دارد. طبق نقشهٔ بیوکلیماتیک ایران، این منطقه جزء مناطق مدیترانه‌ای محسوب می‌شود. میزان بارندگی در ارتفاعات بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ میلیمتر و در نواحی جنوبی بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیمتر در سال می‌باشد.

## ۴- مواد و روش ها

### ۴-۱- انتخاب مزارع

معیارهای انتخاب مزارع جهت برآورد راندمان کاربرد آب بر اساس روش‌های آبیاری، مشخصات خاک، مدیریت زارعین و نوع محصولات انجام گرفت. در این راستا به منظور لحاظ نمودن تأثیر خاک، روش آبیاری، مدیریت آبیاری و نوع محصولات در برآورد راندمان کاربرد، مزارع در بخش‌های شمالی، جنوب و مرکزی و در شرق و غرب شبکه بعلت تنوع نوع خاک شناسائی گردیدند. سپس در هر کدام از این بخش‌ها انواع سیستم‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت‌های مختلف انتخاب شدند. مشخصات مزارع و باغات برای محاسبه راندمان کاربرد آب در جداول (۱) و (۲) آمده است.

**جدول (۱) مشخصات مزارع انتخابی برای محاسبه راندمان کاربرد آب**

| شماره مزرعه | روش آبیاری | مشخصات پروفیل | شیب زمین | محصول | منبع تامین آب |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | نواری | خاک با بافت نسبتاًسنگین | ۲-۱درصد | لوبیا قرمز | آب چاه |
| ۲ | نواری | بافت خاک سطحی سبک | ۰/۴۴ درصد | یونجه | آب چاه |
| ۳ | جوی پشته‌ای | بافت خاک سطحی نسبتاًسنگین | ۰/۶۸ درصد | ذرت دانه‌ای | آب کانال |
| ۴ | جوی پشته‌ای | بافت خاک سطحی سنگین | ۰/۹۷ درصد | ذرت دانه‌ای | آب کانال |
| ۵ | جوی پشته‌ای | خاک با بافت خاک سطحی سنگین | ۰/۳۰ درصد | ذرت دانه‌ای | آب چاه |
| ۶ | جوی پشته‌ای | بافت خاک سطحی نسبتاً سنگین | ۰/۱۰ درصد | ذرت دانه‌ای | آب کانال |
| ۷ | جوی پشته‌ای | خاک با بافت خاک سطحی سنگین | ۰/۷۰ درصد | ذرت دانه‌ای | چاه و کانال |

**جدول (۲) مشخصات باغات انتخابی برای محاسبه راندمان کاربرد آب**

| شماره باغ | روش آبیاری | مشخصات پروفیل | شیب زمین | محصول | منبع تامین آب |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | نواری | خاک با بافت سنگین | ۱/۵-۱درصد | هلو و شلیل | آب چاه |
| ۲ | نواری تشتکی | بافت خاک سطحی متوسط | ۰/۸۲ درصد | هلو و شلیل | آب کانال |
| ۳ | نواری | بافت خاک سطحی نسبتاً سنگین | ۲/۰۵ درصد | هلو و شلیل | چاه و کانال |

### ۲-۴- پارامترهای اندازه‌گیری شده

- **جریان آب ورودی و خروجی:** با توجه به میزان جریان آب ورودی به مزارع و به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری دو روش (فلومهای WSC و مولینه مدل BFMOO2–Valeport) برای اندازه‌گیری آب در مزارع مورد استفاده قرار گرفت. این اندازه‌گیریها در طول مدت آبیاری و فصل آبیاری ادامه یافت و پس از ترسیم هیدروگراف با محاسبه سطح زیر منحنی حجم آب ورودی و خروجی مزرعه در هر آبیاری تعیین شد.

- **اندازه گیری نفوذپذیری خاک**: روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری نفوذ وجود دارد که انتخاب آن بسته به نوع روش آبیاری است. برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ در روش‌های آبیاری کرتی یا نواری، روش استوانه‌های مضاعف بکار برده شد. در آبیاری جوی-پشته‌ای روش جریان ورودی-خروجی مورد استفاده قرار گرفت. برای آبیاری کرتی و نواری نفوذپذیری خاک در هر مزرعه حداقل در سه نقطه با توجه به وسعت قطعه مورد آزمایش و ۳ الی ۴ مرتبه در طول فصل آبیاری اندازه‌گیری شد. برای آبیاری شیاری جریان ورودی و خروجی در فواصل زمانی ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای تا حدود ۲ ساعت اندازه‌گیری شد. اختلاف بین جریان‌های ورودی و خروجی در هر فاصلهٔ زمانی میزان نفوذ را در آن فاصله و در سطح شیار نشان می‌دهد. از این داده‌ها ارتفاع آب نفوذی و سرعت نفوذ به دست آمد. سرعت نفوذ در شیار از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

$$f = \frac{q \times 360}{W \times L} \qquad (۱)$$

که در آن : f = سرعت نفوذ (cm/hr)، q = اختلاف دبی جریان ورودی و خروجی (l/s)، w = فاصله شیار (m) و L = طول شیار (m) می باشند.

- **تعیین خصوصیات فیزیکی خاک:** به منظور تعیین مشخصات و بافت خاک و تأثیر آنها روی راندمان کاربرد آب از هر مزرعه انتخابی نمونه‌برداری خاک انجام گرفت و مشخصات فیزیکی خاک از قبیل جرم مخصوص ظاهری، بافت خاک، ضرائب رطوبتی خاک (PWP, FC) در لایه‌های مختلف خاک و مشخصات لایه زیرین خاک از طریق آزمایش های صحرایی و آزمایشگاهی بدست آمد.

- **نقشه‌برداری مزارع انتخابی**: مساحت و شیب قطعات مورد آزمایش در هر یک از مزارع انتخابی با کارگیری

ابزار نقشه‌برداری تعیین گردید.

- **رطوبت قبل و بعد از آبیاری در منطقه توسعه ریشه:** برای جوی پشته‌ها یا نوارهای با طول کمتر، متناسب با طول آن حداقل ۵ مقطع به فواصل مساوی انتخاب و برای طول‌های بیش از ۱۰۰ متر به ازای هر ۲۰ متر یک مقطع در نظر گرفته شد. رطوبت با توجه به عمق توسعه ریشه بازای هر۲۰ سانتیمتر عمق، یک نمونه برداشت و حداکثر تا عمق یک متری این کار ادامه یافت.

### ۳-۴- محاسبه راندمان کاربرد آب در مزارع و باغات بر اساس تغییرات ذخیره آب در خاک

حرکت آب در یک شبکه آبیاری از منبع تا محل مصرف توسط گیاه را می‌توان به سه بخش انتقال، توزیع و کاربرد آب در سطح مزرعه تقسیم کرد. انتقال، حرکت آب از منبع به وسیله کانال‌های اصلی و درجه ۱ و ۲ (یا مجاری بسته) تا آبگیر کانال‌های درجه ۳ می‌باشد. توزیع، حرکت آب در کانال‌های درجه ۳ (کانال‌های توزیع) و کانال درجه ۴ (مزرعه) یا مجاری بسته تا محل تغذیه قطعه زراعی می‌باشد. کاربرد آب در مزرعه، حرکت آب از محل آبگیر قطعه زراعی تا محل مصرف آب به وسیله گیاه است(۳). در آبیاری سطحی مراحل محاسبه راندمان کاربرد آب در مزرعه به شرح زیر می باشد:

قبل از شروع آبیاری و بعد از آبیاری از خاک قطعه مورد آزمایش با توجه به عمق توسعه ریشه گیاه نمونه برداری شد تا رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری مشخص گردید. برای این کار در مقاطع مختلف (حداقل سه مقطع) در طول شیار با توجه به عمق توسعه ریشه از هر ۳۰cm عمق خاک نمونه‌برداری شد. عمق نفوذ نیز در دو نقطه کف شیار و محل کاشت گیاه و در شیارهایی که فاصله بین آنها زیاد است، در نقطه سوم نیز به فاصله ۵۰ درصد طول رشد عرضی ریشه از لبه شیار تعیین شد. مساحت قطعات مورد آزمایش بعد از برداشت نقاط، ترسیم و اندازه گیری شد. فلوم WSC قبل از آبیاری در ابتدا و انتهای شیار نصب و اندازه‌گیری آب آبیاری تا قطع آب آبیاری به وسیله میراب ادامه پیدا کرد. سپس متوسط عمق آب ورودی به قطعه تحت آبیاری و عمق آب خروجی (رواناب) از انتهای آن تعیین گردد. حال با توجه به مقادیر رطوبت های قبل و بعد آبیاری و همچنین عمق توسعه ریشه، مقدار عمق آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه از رابطه زیر تعیین گردید:

$$d = (\theta_f - \theta_i)\frac{\rho_b}{\rho_w} R_z \qquad (۲)$$

$\theta_f$ و $\theta_i$: به ترتیب رطوبت های وزنی خاک در قبل و بعد از هر آبیاری (اعشاری)، $\rho_b$ : جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr/cm^3$)، $\rho_w$: چگالی آب ($gr/cm^3$) (معمولا برابر واحد فرض می شود) و $R_z$ : عمق توسعه ریشه (cm). با توجه به مقادیر آب داده شده به شیار و میزان آب ذخیره شده در عمق توسعه ریشه، راندمان کاربرد آب در مزرعه از رابطه محاسبه می شود(Israelsen and Hansen):

$$E_a = \frac{(\theta_f - \theta_i)\rho_b \times R_z}{\forall} \times 100 \qquad (۳)$$

$$\forall = \overline{Q}t / A \qquad (۴)$$

$E_a$:راندمان کاربرد آب (درصد) می‌باشد. در رابطه (۴)، $\forall$: کل عمق آب تحویلی به قطعه تحت آبیاری در مزرعه، $\overline{Q}$: متوسط دبی ورودی در حین آبیاری، $t$: مدت زمان آبیاری، $A$: سطح آبیاری شده می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که آب مورد استفاده برای آبشویی، کنترل شرایط اقلیمی، شخم زدن خاک، تراوش، کنترل جوندگان و غیره مطابق تعریف استاندارد ICID در راندمان کاربرد آب گنجانده نشده است. برای تعیین راندمان در آبیاری اول (خاک آب) حاصل ضرب $K_c$ مربوط به مرحله رشد در $ET_o$ در همان مرحله به عنوان مقدار مصرف در آبیاری اول در نظرگرفته شد و تبخیر از سطح خاک با توجه به معادله ریچی (رابطه ۵) به عنوان مصرف در آبیاری اول در نظر گرفته شد.

$$ET_c = K_e \frac{ETo}{\sqrt{T}} \qquad (۵)$$

## ۵- نتیجه‌گیری و بحث:

این پژوهش به مدت ۵ ماه (اردیبهشت تا شهریور) سال ۸۴ به منظور بررسی وضعیت بازده کاربرد آب سیستم های آبیاری سطحی درشرایط کار زارعین در شبکه آبیاری دشت قزوین انجام شد. ۴۸ مورد ارزیابی از ۷ مزرعه و ۳ باغ به عمل آمد. به عنوان نمونه، روند محاسبات راندمان کاربرد مزرعه شماره (۱) که تحت کشت لوبیا بوده است، در جدول(۳) ارائه شده است. در برخی از موارد به دلایل مختلف، ازجمله هم زمان شدن آبیاری مزارع و باغات و سایر مشکلات، راندمان کاربرد اندازه گیری نگردید که این موارد با علامت * مشخص شده‌اند.

کمترین مقدار راندمان کاربرد آب در این مزرعه مربوط به خاک آب (۱۴/۵ درصد) و بیشترین آن مربوط به آبیاری ششم (۴۷/۵ درصد) بود و متوسط راندمان با توجه به تعداد آبیاری‌های اندازه‌گیری شده ۳۱/۲ درصد بدست آمد. طولانی بودن نوارها (حدود ۲۹۰ متر) و عمق زیاد آب ناخالص آبیاری و نیز کوتاه بودن دور آبیاری با توجه به عمق توسعه ریشه نسبتا کوتاه در لوبیا، از دلایل عمده تلفات در مزرعه فوق می‌باشد. در این مزرعه تلفات رواناب وجود نداشته و کل تلفات مربوط به ترم نفوذ عمقی می‌باشد و نتایج ارزیابی راندمان آبیاری نیز این موضوع را بخوبی نشان می‌دهد. به دلیل گسترده شدن نتایج سایر مزارع و باغات، در جداول (۴) و (۵) فقط خلاصه نتایج راندمان کاربرد مزارع و باغات ارائه شده است.

جدول شماره (۳) روند محاسبات راندمان کاربرد مزرعه شماره (۱) تحت سیستم آبیاری نواری

| آب قابل استفاده(میلیمتر) | مدت زمان آبیاری نوار تحت آزمایش : ۶۵دقیقه | | | منطقه : ۱۰ | کل سطح مزرعه:۵۹۵۵ متر مربع | محصول : لوبیا سبز | مز رعه شماره ۱ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۱/۴۵ | ETc(mm/day) | دور آبیاری(روز) | $ET_o$(mm/day) | موقعیت محل : داخلان | موقعیت آبگیری : چاه +M93 | تاریخ آبیاری : ۸۴/۴/۱ | آبیاری ۱ (خاک آب) |
| راندمان کاربرد(درصد) | $K_c$ ini=$K_c$ | ∀ (mm) | | | | سطح نوارمورد آزمایش(متر × متر) | کل حجم آب ورودی (لیتر) |
| ۱۴/۶ | ۲/۰۴ | ۱۲ | ۵/۸۳ | ۰/۳۵ | ۷۸/۸ | ۲۹۰×۴ | ۹۱۳۹۶/۳۸ |

| راندمان کاربرد(درصد) | آب قابل استفاده: ۱۵/۷۷ میلیمتر | | عمق ریشه: ۱۱ سانتی متر | | مدت زمان آبیاری نوار تحت آزمایش : ۶۵ دقیقه | | تاریخ آبیاری:۸۴/۴/۲۴ | آبیاری ۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۸/۴۰ | $\rho_b$ (g/cm³) | $\theta_f$ | $\theta_i$ | عمق نمونه برداری (cm) | دور آبیاری(روز) | ∀ (mm) | سطح نوارمورد آزمایش(متر × متر) | کل حجم آب ورودی (لیتر) |
| | ۱/۴۹ | ۲۵/۱۱ | ۱۹/۲۱ | ۰-۳۰ | ۹ | ۸۵/۷۳ | ۲۹۰×۴ | ۹۹۴۴۴/۱ |
| | ۱/۵۰ | ۲۴/۰۷ | ۲۲/۳۲ | ۳۰-۶۰ | | | | |
| راندمان کاربرد(درصد) | آب قابل استفاده: ۲۶/۸۶ میلیمتر | | عمق ریشه: ۱۵ سانتی متر | | مدت زمان آبیاری نوار تحت آزمایش : ۳۰۲ دقیقه | | تاریخ آبیاری:۸۴/۵/۲ | آبیاری ۴ |
| ۳۱/۳ | $\rho_b$ (g/cm³) | $\theta_f$ | $\theta_i$ | عمق نمونه برداری (cm) | دور آبیاری(روز) | ∀ (mm) | سطح نوارمورد آزمایش(مترمربع) | کل حجم آب ورودی (لیتر) |
| | ۱/۴۹ | ۲۵/۱۱ | ۱۵/۸۲ | ۰-۳۰ | ۳ | ۸۵/۷۶ | ۵۹۵۵ | ۵۱۰۷۱۵/۸ |
| | ۱/۵۰ | ۲۴/۰۷ | ۱۸/۱۵ | ۳۰-۶۰ | | | | |
| راندمان کاربرد(درصد) | آب قابل استفاده: ۲۲/۷ میلیمتر | | عمق ریشه: ۱۸ سانتی متر | | مدت زمان آبیاری نوار تحت آزمایش : ۲۲۱ دقیقه | | تاریخ آبیاری:۸۴/۵/۵ | آبیاری ۵ |
| ۳۴/۱۲ | $\rho_b$ (g/cm³) | $\theta_f$ | $\theta_i$ | عمق نمونه برداری (cm) | دور آبیاری(روز) | ∀ (mm) | سطح نوارمورد آزمایش(مترمربع) | کل حجم آب ورودی (لیتر) |
| | ۱/۴۹ | ۲۵/۱۱ | ۱۸/۹۲ | ۰-۳۰ | ۷ | ۶۶/۵۴ | ۵۹۵۵ | ۳۹۶۲۲۳/۱ |
| | ۱/۵۰ | ۲۴/۰۷ | ۲۰/۴۵ | ۳۰-۶۰ | | | | |
| راندمان کاربرد(درصد) | آب قابل استفاده: ۲۳/۶۸ میلیمتر | | عمق ریشه: ۲۰ سانتی متر | | مدت زمان آبیاری نوار تحت آزمایش : ۲۹۰ دقیقه | | تاریخ آبیاری:۸۴/۵/۱۲ | آبیاری۶ |
| ۴۱/۲۵ | $\rho_b$ (g/cm³) | $\theta_f$ | $\theta_i$ | عمق نمونه برداری (cm) | دور آبیاری(روز) | ∀ (mm) | سطح نوارمورد آزمایش(مترمربع) | کل حجم آب ورودی (لیتر) |
| | ۱/۴۹ | ۲۵/۱۱ | ۱۵/۸۵ | ۰-۳۰ | ۵ | ۸۱/۶۵ | ۵۹۵۵ | ۴۸۶۲۰۰/۴ |
| | ۱/۵۰ | ۲۴/۰۷ | ۱۸/۹۲ | ۳۰-۶۰ | | | | |
| راندمان کاربرد(درصد) | آب قابل استفاده: ۳۲/۵ میلیمتر | | عمق ریشه: ۲۲ سانتی متر | | مدت زمان آبیاری نوار تحت آزمایش : ۱۸۰ دقیقه | | تاریخ آبیاری:۸۴/۵/۱۷ | آبیاری۷ |
| ۴۷/۸۱ | $\rho_b$ (g/cm³) | $\theta_f$ | $\theta_i$ | عمق نمونه برداری (cm) | دور آبیاری(روز) | ∀ (mm) | سطح نوارمورد آزمایش(مترمربع) | کل حجم آب ورودی (لیتر) |
| | ۱/۴۹ | ۲۵/۱۱ | ۱۷/۰۴ | ۰-۳۰ | – | ۶۸/۰۵ | ۵۹۵۵ | ۴۰۵۲۶۲/۵ |
| | ۱/۵۰ | ۲۴/۰۷ | ۲۱/۱۹ | ۳۰-۶۰ | | | | |

## جدول (۴) نتایج راندمان کاربرد مزارع

| شماره مزرعه :۱ | نوع محصول: لوبیا | | | | نوع سیستم آبیاری: نواری | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۱۴/۵۳ | *[1] | ۱۸/۴ | ۳۱/۳ | ۳۴/۱۲ | ۴۱/۲۵ | ۴۷/۵۷ | ۳۱/۲ |

| شماره مزرعه :۲ | نوع محصول: یونجه | | | | نوع سیستم آبیاری: نواری | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۸/۴ | ۱۴/۶ | ۱۱/۳ | ۱۸/۳ | ۲۵/۵ | ۲۸/۴ | * | ۱۶/۸ |

| شماره مزرعه :۳ | نوع محصول: ذرت ای | | | | نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۲۵/۳ | ۴۲/۱ | ۶۸/۳ | ۸۸/۴ | ۸۳/۳ | * | * | ۶۱/۵ |

| شماره مزرعه :۴ | نوع محصول: ذرت پشته ای | | | | نوع سیستم آبیاری: جوی و | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۵۰/۰۲ | ۳۸/۸ | ۳۱/۷ | ۵۰/۷ | ۴۲/۳ | ۵۹/۷ | ۶۹/۳ | ۴۷/۹ |

| شماره مزرعه :۵ | نوع محصول: ذرت | | | | نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته ای | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۲۲/۶ | ۴۸/۶ | ۴۵/۵ | ۶۰/۴ | ۴۹/۲ | * | * | ۴۵/۳ |

| شماره مزرعه :۶ | نوع محصول: ذرت پشته ای | | | | نوع سیستم آبیاری: جوی و | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۳۱/۹ | ۴۲/۶ | ۵۳/۶ | * | * | * | * | ۴۲/۷ |

| شماره مزرعه :۷ | نوع محصول: ذرت پشته ای | | | | نوع سیستم آبیاری: جوی و | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۴۳/۴ | ۴۸ | ۲۲ | ۳۳/۴ | * | * | * | ۳۶/۷ |

۱- موارد * راندمان کاربرد آب به دلایل ذکر شده اندازه‌گیری نشده است.

**جدول شماره (۵) نتایج راندمان کاربرد باغات**

| شماره باغ :۱ | نوع محصول: هلو و شلیل | | | | نوع سیستم آبیاری: نواری | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۹۲/۵ | ۶۴/۸ | ۴۸/۵ | ۷۶/۶ | ۹۱/۵ | ۸۱/۳ | * | ۷۵/۸ |

| شماره باغ :۲ | نوع محصول: هلو و شلیل | | | | نوع سیستم آبیاری: نواری تشتکی | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۹۰/۵ | ۹۱ | * | * | * | * | * | ۹۰/۷۵ |

| شماره باغ :۳ | نوع محصول: هلو و شلیل | | | | نوع سیستم آبیاری: نواری | | متوسط راندمان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری ۱ (خاک آب) | آبیاری ۲ | آبیاری ۳ | آبیاری ۴ | آبیاری ۵ | آبیاری ۶ | آبیاری ۷ | |
| ۸۵/۶ | ۸۹/۸ | * | * | * | * | * | ۸۷/۷ |

### ۱-۵- تحلیل نتایج راندمان‌ها، توصیه‌ها و ارائه راهکارهای بهسازی:

در مزرعه شماره (۱)، چنانکه ذکر شد، طولانی بودن نوارها (حدود ۲۹۰ متر) و عمق زیاد آب ناخالص آبیاری و نیز کوتاه بودن دور آبیاری با توجه به عمق توسعه ریشه نسبتاً کوتاه در لوبیا، از دلایل عمده تلفات در مزرعه فوق می باشد. در مزرعه شماره (۲)، با توجه به شنی بودن بافت خاک و ظرفیت نگهداشت پایین، تلفات ناشی از نفوذ عمقی علت اصلی کاهش راندمان می‌باشد. ضمناً بعلت تازه بودن کشت یونجه در این مزرعه که در آبیاری‌های اول و دوم معمولاً عمق ریشه خیلی کم بوده و در حالیکه مقدار آب آبیاری در تمام آبیاری‌ها تقریبا ثابت بوده است. لذا عوامل فوق باعث شدند که راندمان کاربرد آب در این مزرعه بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. در مزرعه شماره (۳)، روش آبیاری جوی پشته‌ای بوده و مقدار آب در تمام آبیاری‌ها تقریبا ثابت بوده و دلیل افزایش راندمان در این مزرعه را می توان به سنگین بودن بافت خاک، دور آبیاری نسبتا طولانی و مقدار آبیاری متناسب با کمبود رطوبت خاک مرتبط دانست. در مزرعه شماره (۴)، به دلیل شیب زیاد، آب ورودی به مزرعه در انتهای مزرعه به صورت رواناب از انتهای آن خارج گردید. لذا عمده تلفات را می توان به رواناب خروجی نسبت داد. در مزرعه شماره (۵)، تلفات عمده در این مزرعه ناشی از نفوذ عمقی بود. این مزرعه سیستم زهکشی نداشت و آب ورودی به شیارها در انتها جمع شده و تشکیل تالاب می داد. مزرعه شماره (۶)، دارای سیستم زهکشی بوده و آبی که از انتهای مزرعه خارج می شد در مزارع پایین دست مورد استفاده قرار می‌گرفت. با این حال، با در نظر گرفتن رواناب به عنوان تلفات، راندمان‌های فوق بدست آمده است. مزرعه شماره (۷) دارای سیستم زهکشی نبوده و آبی از انتهای مزرعه خارج نمی‌شد. تلفات عمده در این مزرعه تلفات ناشی از نفوذ عمقی به دلیل طولانی بودن شیارها بود. طول مزرعه ۱۱۰۰ متر و شیارها به سه بخش شامل ۳۵۰، ۳۵۰ و ۴۰۰

متر بود. تلفات عمقی مخصوصاً در بخش اول و دوم قابل ملاحظه بوده و ضمنا در برخی از آبیاری‌ها مقداری تلفات به صورت رواناب خروجی از انتهای بخش سوم صورت گرفت که باعث کاهش راندمان گردید.

در باغ شماره (۱)، بدلیل نبود تلفات بصورت رواناب و کم بودن نفوذ عمقی به دلیل عمیق بودن ریشه، راندمان کاربرد آب در این باغ بسیار بالا بود. زمانی که آب به انتهای باغ می‌رسید، شکل نوارها عوض می شد و چند ردیف نوار بصورت عمود بر نوارهای اصلی ایجاد شده بود که آب اضافی در انتهای مزرعه وارد این نوارها می‌شد. در باغ دوم تلفات به شکل رواناب وجود نداشت و هیچ آبی از باغ خارج نمی شد و موقعی که آب زیادی وارد یک نوار می شد از انتهای نوار تحت آبیاری وارد نوار مجاور می گردید. همچنین بدلیل عمیق بودن ریشه های درختان، تلفات ناشی از نفوذ عمقی قابل ملاحظه نبود. لذا بدلیل موارد فوق راندمان کاربرد آب در این باغ بسیار بالا بدست آمد. در باغ سوم عملاً تلفات خروجی وجود نداشت و بدلیل عمیق بودن ریشه های درختان، تلفات ناشی از نفوذ عمقی درحداقل ممکن بود. بنابراین بدلیل نبود تلفات رواناب و قابل اغماض بودن نفوذ عمقی، راندمان کاربرد آب در این باغ نسبتاً بالا بدست آمد. ضمناً سیستم توزیع آب برای این باغ مناسب بود. بیشترین تلفات در این مزرعه را می‌توان ناشی از انتقال آب دانست.

به طور کلی می توان نتایج زیر را در مورد راندمان کاربرد آب در مزارع و باغات انتخابی بیان نمود:

**مزارع**: کمترین مقدار راندمان کاربرد آب در مزارع تحت روشهای آبیاری سطحی ۱۶/۸ درصد و بیشترین آن ۶۱/۵ درصد بدست آمد. متوسط راندمان برای مزارع تحت روشهای آبیاری سطحی با توجه به تعداد آبیاری های اندازه‌گیری شده ۳۹/۳ درصد بدست آمد.

**باغات**: کمترین مقدار راندمان کاربرد آب در باغات تحت روشهای آبیاری سطحی ۷۵/۸ درصد و بیشترین آن ۹۰/۷ درصد بدست آمد و متوسط راندمان برای باغات تحت روش‌های آبیاری سطحی بر اساس آبیاری های اندازه‌گیری شده ۸۴/۴ درصد بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه ارائه راهکارها در جهت بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری برای استفاده بهینه از شبکه آبیاری موجود در دشت قزوین تحت دو بخش مجزا (۱) انتخاب مناسب و (۲) طراحی صحیح روش‌ها به شرح ذیل بیان می‌گردد:

**(۱) انتخاب مناسب:** در برخی از مزارع دشت قزوین، علت پایین بودن راندمان کاربرد به همین دلیل می باشد که نوع سیستم آبیاری برای یک نوع خاک معین، نامناسب می باشد. مثل مزرعه شماره (۲) که بافت خاک کاملا شنی می باشد.

**(۲) طراحی صحیح روش‌های آبیاری:** طولانی بودن نوارها برای خاک های نسبتا سبک در سیستم آبیاری سطحی مناسب نمی باشد. ضمناً در این مزارع هیچ‌گونه تمهیداتی برای افزایش راندمان (مثل کوتاه کردن طول نوارها) در نظر گرفته نشده است. در برخی از مزارع با سیستم آبیاری سطحی، طول شیارها هیچ گونه هماهنگی با شرایط آب مثل دبی و شرایط خاک مثل شیب زمین و ... نداشته و طول شیارها خیلی طولانی در نظر گرفته شده اند. طولانی بودن شیارها باعث افزایش تلفات نفوذ عمقی می شود که باعث

کاهش راندمان کاربرد خواهد شد. برای افزایش راندمان لازم است که یا نوع سیستم آبیاری عوض شود تا متناسب با شرا یط خاک و گیاه باشد و یا اینکه یک سری تمهیدات در سیستم آبیاری موجود (مثل کوتاه کردن نوارها و یا افزایش شیب نوارها و یا افزایش دبی) انجام شود.

## ۶- منابع


۱. احتشامی، م.، ش. علی کناری و ن. عباسی ، ۱۳۷۹. ارزیابی راندمان انتقال و توزیع و همچنین علل افزایش زبری در کانال های شبکه آبیاری قزوین. مجموعه مقالات دهمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ص ۹۳-۸۳ .

۲. بهره بردار، د. ، ۱۳۷۳. بررسی علل نارسایی ها و مشکلات موجود در بهره برداری از شبکه فرعی آبیاری وزهکشی در اراضی کشت وصنعت مغان. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ۱۸ صفحه.

۳. تشکری، م.،۱۳۷۳. تحلیلی بر راندمانهای آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۴. خوش خواهش، ی. و ت. سهرابی، ۱۳۷۸. ارزیابی راندمان کاربرد آب در برنج زارهای تحت شبکه‌های آبیاری گیلان وفومنات. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی.ج۳.ش۴.ص۱۲-۱.

۵. فرشی، ع.ا.، ر. جاراللهی،م.ر.قائمی،م.شهابی فر و م.م. تولایی ، ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی وباغی کشور . موسسه تحقیقات خاک و آب ، ج ۱و۲ ، نشر آموزش کشاورزی.

۶. منعم، م.ج، ع. قاهری، ع. ع. بادزهر، ح. غروی، ن. برهان،ع. ذوالفقاری، ع .ثابتی و ا. احسانی. ۱۳۷۹. ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری قزوین با استفاده از مدل PAIS. مجموعه مقالات دهمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ص ۱۶۷-۱۵۵ .

۷. میر ابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۳. ارزیابی راندمان آبیاری درتعدادی ازشبکه های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران.

8. Bos, M.G. 1979. Standard for irrigation efficiency of ICID. "Journal of Irrigation and Drainage Division , ASCE ,105(IR) ,37- 43.
9. Javan, M, S.Sanaee-Jahromi and A. A. Fiuzat.2002 ."Quantifiying Management of Irrigation and Drainage Systems ".J of Irrig. and Drain. Eng ., 128(1), 19-25 .
10. Valeport Marine Scientific Ltd. 1990. "BFM002 Miniature Current flow Meter :Operating & Maintenance Instruction Manual with Calibration Chart " .