

ارزیابی بازده سیستم آبیاری نواری در برخی مزارع استان کهگیلویه و بویراحمد

سید فرهاد موسوی، بهروز مصطفی زاده و شکراله آپسالان*

چکیده

این تحقیق برای دستیابی به عملکرد مدیریت فعلی آبیاری نواری در استان کهگیلویه و بویراحمد در مزارع گندم، یونجه و چغندر قند، در دو شهر بویراحمد و گچساران انجام گرفته است. مزارع آزمایشی شامل ۵ مزرعه گندم، ۸ مزرعه یونجه و ۵ مزرعه چغندر قند بود که در مراحل مختلف رشد مورد آزمایش واقع شدند. این بررسی بر روی نوارهای مرسوم از نظر ابعاد، شیب و برای مدیریتهای رایج بین زارعین در اراضی مذکور انجام شد.

روابط عوامل کمبود رطوبت مجاز، میزان کمبود رطوبت خاک قبل از آبیاری و عمق آب نفوذ یافته نشان داد که در اکثر موارد کم آبیاری و یا آبیاری تنشی انجام گرفته است. این نحوه آبیاری بر روی تأمین کمبود رطوبت مورد نیاز گیاهان تأثیر مثبت داشت. در آبیاریهای اول تا سوم مزارع، طیف بازده کاربرد آبیاری به ترتیب ۸/۴۰ تا ۲/۵۲ تا ۶/۶۱ تا ۱۰۰ درصد اندازه گیری شد. نمودارهای پیشروی، پسروی و پسروی ایده آل تأثیر شیب و طول نوار بر زمان قطع جریان ورودی و یکنواختی توزیع آب در نوار را نشان داد. رسم نیمرخ نفوذ آب به نوار میزان کم آبیاری را معین کرد. بررسی نتایج نشان داد که ضعف مدیریت آبیاری عمدتاً ناشی از سه عامل عدم آگاهی زارعین از وضعیت رطوبتی خاک و تشخیص زمان مناسب آبیاری، عدم تناسب میزان آب موجود یا استحصال شده با آب مورد نیاز برای سطوح زیرکشت و ضعف برنامه ریزی آبیاری می باشد که منجر به اتلاف آب و کاهش عملکرد آبیاری می گردد.

واژه های کلیدی - آبیاری نواری، بازده کاربرد، کم آبیاری، پیشروی و پسروی آب در نوار

مقدمه

در میان عوامل متعددی که برای قضاوت در مورد یک عمل آبیاری یا یک سیستم آبیاری به کار می رود معمول ترین آنها موثر بودن کاربرد آب است. شاخصهای متعددی برای کاربرد آبیاری پیشنهاد شده است. ویلاردسون (۲۲) اظهار می دارد که حداقل ۲۰ تعریف در مورد انواع بازده آبیاری وجود دارد. یکنواختی آبیاری نیز به طرق مختلف تعریف شده، اما بیشتر تعاریف (۹، ۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۱) ابتدا در مورد

به طور کلی، تحلیل هر سیستم آبیاری را که بر پایه اندازه گیریهایی در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سیستم استوار باشد ارزیابی می نامند. ضرورت ارزیابی برای مدیریت از آن جهت است که روشن می سازد آیا اجرای سیستم را ادامه دهد یا آن را اصلاح نماید. بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه باعث صرفه جویی در آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده، در نتیجه موجبات افزایش محصول را فراهم می سازد.

* - به ترتیب دانشیاران دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی کهگیلویه و بویراحمد

ضعف سیستم مشخص شده، در نتیجه می توان پیشنهادهایی به منظور بهبود سیستم ارائه نمود.

هدف از مطالعه حاضر ارزیابی سیستم آبیاری نواری برخی از مزارع استان کهگیلویه و بویراحمد برای نوارهای مرسوم از نظر ابعاد، شیب و مدیریتهای رایج بین زارعین می باشد. در این ارزیابی بازده آبیاری برای مزارع زیرکشت گندم، یونجه و چغندر قند تعیین و پیشنهادهای اصلاحی برای بهبود روشهای آبیاری ارائه خواهد شد.

مواد و روشها

این تحقیق به منظور دستیابی به چگونگی مدیریت آبیاری در مزارع گندم، یونجه و چغندر قند در دو شهرستان بویراحمد و گچساران واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد، از اردیبهشت تا پایان شهریور ۱۳۷۵ انجام گردید. مزارع آزمایشی شامل ۵ مزرعه گندم، ۸ مزرعه یونجه و ۵ مزرعه چغندر قند بود که مزارع یونجه و چغندر قند در مراحل مختلف رشد مورد آزمایش واقع شد، لیکن مزارع گندم به دلیل وفور بارندگی در بیشتر اوقات تنها یک بار آبیاری گردیده و مورد آزمایش قرار گرفت. انتخاب مزارع براساس داشتن بیشترین سطح زیرکشت در محل، ابعاد متنوع نوار، شیبهای کم تا زیاد و همکاری زارعین بوده است.

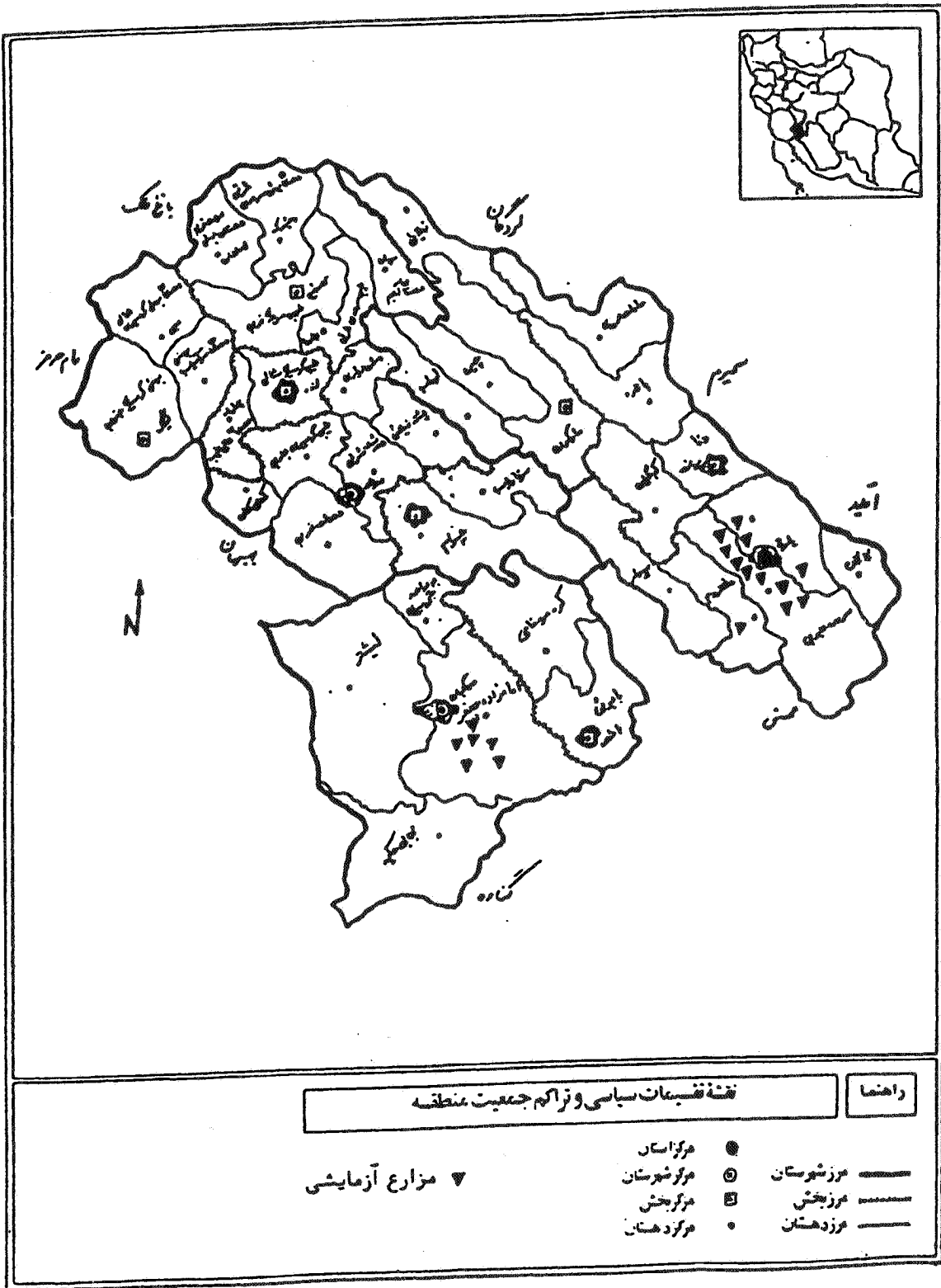
محل مزارع آزمایشی در شکل ۱ و خصوصیات مهم مزارع مورد آزمایش همراه با کدبندی آنها در جدول ۱ ارائه شده است. همان طور که از این جدول ملاحظه می گردد در شهرستان بویراحمد خاکها بیشتر دارای بافت رس سیلتی و لوم رسی سیلتی است و در شهرستان گچساران خاکها بیشتر دارای بافت لوم سیلتی و لومی می باشند. شیب نوارهای انتخابی بین ۰/۲۷ تا ۶/۶ درصد، عرض نوارها بین ۲ تا ۱۴/۲ متر و طول آنها بین ۲۷ تا ۲۲۶ متر بود. وسایل انجام آزمایشهای صحرائی عبارت بود از فلومهای اندازه گیری دبی ورودی و خروجی آب به نوارها، استوانه های مضاعف برای اندازه گیری نفوذ در نوارهای مورد آزمایش، قوطیهای نمونه برداری خاک، نمونه بردار خاک دست نخورده، اگر نمونه بردار، کرومومتر و میخ چوبی. وسیله

آبیاری بارانی و سپس در مورد آبیاری سطحی به کار برده شده است.

در زمینه بازده آبیاری در ایران و جهان مطالعات و تحقیقات گسترده ای صورت گرفته است. ماحصل کل مطالعات انجام شده نشان می دهد که بازده کاربرد، انتقال و توزیع آب در ایران پایین تر از ارقام متوسط جهانی می باشد (۲).

در مطالعه طرح جامع بازده آبیاری کشور که توسط مهندسین مشاور اکشاپ انجام گرفته است، با توزیع پرسشنامه هایی بین زارعین در سطحی برابر ۲۵۸۲۶۰ هکتار و با تقسیم کشور به مناطق دهگانه، بازده آبیاری در مزرعه، بازده در قطعات آبیاری و بازده در محدوده های بزرگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتیجه گیری شده که مقادیر بازده آبیاری در مزرعه با توجه به روشهای مختلف از ۲۱ تا ۶۰ درصد متغیر است (۸). فاطمی و شکرالهی (۷) بازده کل آبیاری در اراضی غیر یکپارچه به وسعت حدود ۵۰۰۰ هکتار، در شبکه آبیاری در خوزستان را ۲۶ درصد اعلام کرده اند که متوسط ۹ ساله آن، از ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۹، ۲۱ درصد بوده است. آنها همچنین بازده آبیاری در قسمتی از اراضی شبکه دز را که محل استقرار شرکت های کشت و صنعت می باشد و مجموعاً ۸۹۳۲ هکتار وسعت دارد حداکثر ۳۷ درصد و به طور متوسط ۳۲ درصد برآورد کرده اند. شمعی و همکاران (۵) نیز بازده آبیاری شیار در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهارمحال و بختیاری را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها بازده کاربرد آب آبیاری در ابتدای فصل رشد را ۲۵/۸ درصد، بازده کاربرد آب را در زمینهایی که به طور کامل آبیاری شده اند ۴۳/۳ درصد و بازده کاربرد آب آبیاری را در زمینهایی که کم آبیاری شده اند ۶۳/۵ درصد برآورد نموده اند. آنها اظهار داشته اند که بازده کاربرد آب در اراضی پراکنده بیشتر از اراضی یکپارچه می باشد.

با توجه به تحقیقات فوق و مطالعات دیگران (۴، ۶، ۱۰، ۱۹) در این زمینه مشاهده می گردد که به دلیل پایین بودن بازده آبیاری ضرورت دارد مزارع تحت آبیاری سطحی مورد ارزیابی قرار گیرند، زیرا با ارزیابی و تعیین عملکرد سیستم آبیاری نقاط



شکل ۱- نقشه استان کهگیلویه و بویراحمد و موقعیت مزارع آزمایشی

جدول ۱ - موقعیت و مشخصات مزارع و نوارهای مورد آزمایش در استان کهگیلویه و بویراحمد

| کد مزرعه | موقعیت شهر یا روستا | شهرستان | محصول | شیب نوار (%) | طول نوار (m) | عرض نوار (m) | بافت خاک |
|----------|---------------------|----------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ۱ | مادوان | بویراحمد | گندم | ۰/۸۷ | ۵۹/۵ | ۶/۷ | لومرسی سیلتی |
| ۲ | علی آباد | بویراحمد | گندم | ۱/۲۹ | ۲۰۴ | ۱۴/۲ | رس سیلتی |
| ۳ | موردراز | بویراحمد | گندم | ۲/۷ | ۱۵۴ | ۳/۲ | لومرسی |
| ۴ | مهریان | بویراحمد | گندم | ۰/۶۳ | ۷۵ | ۴ | رسی |
| ۵ | پل زردک | بویراحمد | چغندر | ۶/۶ | ۳۰ | ۵/۴ | لومسیلتی |
| ۶ | چنارستان | بویراحمد | یونجه | ۲/۳۴ | ۷۸/۵ | ۵ | لومسیلتی رسی |
| ۷ | سرآب تاوه | بویراحمد | چغندر | ۲/۴۱ | ۳۲ | ۲ | رس سیلتی |
| ۸ | علی آباد | بویراحمد | یونجه | ۱/۱۶ | ۱۱۳ | ۴/۷ | رس سیلتی |
| ۹ | سروک | بویراحمد | چغندر | ۲/۴۴ | ۲۷ | ۳/۴ | رس سیلتی |
| ۱۰ | سروک | بویراحمد | چغندر | ۱/۶۶ | ۳۴ | ۲/۴ | رس سیلتی |
| ۱۱ | دشتروم | بویراحمد | چغندر | ۱/۳۱ | ۴۷ | ۵/۲ | رس سیلتی |
| ۱۲ | گردلاغری | بویراحمد | گندم | ۳/۸۲ | ۱۵۶ | ۳/۲ | لومسیلتی |
| ۱۳ | امامزاده جعفر | گچساران | یونجه | ۰/۹۵ | ۳۵ | ۴/۲ | لومسیلتی |
| ۱۴ | امامزاده جعفر | گچساران | یونجه | ۰/۵۸ | ۱۲۹/۵ | ۳/۶ | لومسیلتی |
| ۱۵ | امامزاده جعفر | گچساران | یونجه | ۰/۲۷ | ۵۷/۵ | ۳ | لومی |
| ۱۶ | امامزاده جعفر | گچساران | یونجه | ۰/۸۱ | ۶۹ | ۳/۶ | لومی |
| ۱۷ | امامزاده جعفر | گچساران | یونجه | ۰/۹۵ | ۲۲۶ | ۳/۴ | لوم سیلتی |
| ۱۸ | تلخاب شیرین | گچساران | یونجه | ۰/۸۵ | ۳۴ | ۲/۳ | لوم سیلتی |

را تعیین نمود. سپس با داشتن زمانهای پیشروی و پسروی برای ایستگاههای مختلف، فرصت زمان نفوذ در هر ایستگاه تعیین گردید.

معمولاً جریان ورودی و خروجی آب به نوار، از آغاز تا پایان آبیاری دارای تغییراتی بود که در دوره‌های مختلف زمانی از شروع آزمایش اعداد مربوط به اشل فلوم ورودی ثبت می‌گردید و در پایان برای فلوم خروجی نیز همین عمل صورت می‌گرفت. سپس با میانگین‌گیری از دبی‌های مربوط به اشل‌های قرائت شده در زمانهای متوالی و ضرب آنها در زمان حد فاصل، حجم آب ورودی به نوار یا خروجی از آن به دست می‌آمد. پس از

اندازه‌گیری دبی، فلوم WSC از نوع شماره ۳ بود که به روش اندازه‌گیری حجمی واسنجی شد و معادله واسنجی مربوطه به دست آمد.

برای تعیین رطوبت و بافت خاک، از اعماق ۲۰ - ۰، ۴۰ - ۲۰ و ۶۰ - ۴۰ سانتیمتری خاک با توجه به مراحل مختلف رشد گیاهان و به تناسب گسترش و عمق ریشه آنها نمونه‌برداری به عمل آمد. گسترش و عمق نفوذ ریشه‌ها نیز با نمونه‌برداری به دست آمد.

ایستگاه‌بندی نوارها به فواصل ۵ یا ۱۰ متری انجام گرفت تا بتوان ابعاد نوار، شیب نوار و زمانهای پیشروی و پسروی در نوار

$V_p =$ حجم آبی که به صورت رواناب از دسترس خارج شده است

$d_{avg} =$ میانگین عمق آب نفوذ یافته به خاک

$\Delta d_{avg} =$ میانگین انحراف اعماق آب نفوذ یافته در نقاط مختلف، از میانگین اعماق نفوذ

نتایج و بحث

با توجه به طیف وسیع تغییرات پارامترهای آبیاری در مزارع آزمایشی که توسط زارعین اعمال می‌گردد، حصول نتیجه‌ای مشترک در خصوص تأثیر هر کدام از این پارامترها امکان‌پذیر نیست و نتایج به طور کلی قابل بررسی است. به طور مثال، در شکل‌های ۲ تا ۴ سه نمونه منحنی پیشروی، پسروی و پسروی ایده‌آل، که مربوط به مزارع با کدهای ۱، ۵ و ۱۴ و به ترتیب تحت کشت گندم، چغندر قند و یونجه بودند، ارائه شده است. منحنی پسروی ایده‌آل با استفاده از معادله نفوذ و عمق آب مورد نیاز آبیاری به دست آمده است. از مقایسه نمودارهای پسروی و پسروی ایده‌آل در این شکلها میزان «کم آبیاری» به خوبی نمایان است. برای نشان دادن کم آبیاری، پروفیل نفوذ آب برای یکی از این نوارها در شکل ۵ آمده است. ملاحظه می‌گردد که ابتدای نوار حدود ۳ سانتیمتر و انتهای نوار حدود ۶ سانتیمتر کمتر از مقدار نیاز آبیاری شده است. میزان SMD^8 (کمبود رطوبت خاک) حدود ۱۰/۴ سانتیمتر است. این کمبود رطوبت، با توجه به کمبود رطوبت مجاز^۹ (MAD) که حدود ۶/۲ سانتیمتر است، نشان می‌دهد که گیاه به شدت تحت تنش کم آبی بوده است. بدیهی است کمبود رطوبت خاک، منحنی پسروی آب در نوار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگر زمان آبیاری زیاد گردد نمی‌توان انتظار داشت که منحنی پسروی از همین روند موجود تبعیت کند (شکل ۲)، اما اگر فرض گردد که منحنی پسروی با افزایش زمان قطع جریان همین روند را دارد، برای جبران کمبود رطوبت خاک

گذشت ۲۴ تا ۴۸ ساعت از زمان خاتمه آبیاری، جهت تعیین درصد وزنی رطوبت در شرایط ظرفیت زراعی و همچنین تعیین جرم مخصوص ظاهری، از اعماق مختلف خاک در نقاط متفاوت نوار نمونه برداری به عمل می‌آمد. سپس با داشتن اطلاعات فوق و استفاده از فرمول‌های ذیل، ارقام شاخصهای مختلف بازده آبیاری نظیر ضریب یکنواختی کریستیانسن^۱ (Cu)، بازده یکنواختی توزیع^۲ (DUa)، بازده کاربرد آب^۳ (Ea)، بازده ذخیره^۴ (Es)، بازده کمبود یا مازاد^۵ (Ed/e)، نسبت نفوذ عمقی^۶ (DPR) و نسبت پایاب^۷ (TWR) محاسبه گردید (۱۱ و ۱):

$$Cu = 1 - \frac{\Delta d_{avg}}{d_{avg}} \quad [1]$$

$$DUa = \frac{\text{حداقل عمق آب نفوذ کرده در نوار}}{\text{میانگین عمق آب نفوذ کرده}} \times 100 \quad [2]$$

$$Ea = \frac{V_1}{V_1 + V_p + V_f} \quad [3]$$

$$Es = \frac{V_1}{V_1 + V_p} \quad [4]$$

$$Ed/e = \frac{V_1}{V_1 + V_p + V_r + V_f} \quad [5]$$

$$DPR = \frac{V_p}{V_1 + V_p + V_f} \quad [6]$$

$$TWR = \frac{V_f}{V_1 + V_p + V_f} \quad [7]$$

که در روابط بالا:

$V_1 =$ حجم آب ذخیره شده در عمق مورد نیاز

$V_p =$ حجم آبی که به صورت فرونشست عمقی از عمق مورد نظر خارج شده است

$V_f =$ کمبود حجمی آب در ناحیه ریشه

1- Christiansen coefficient of uniformity 2- Uniformity of distribution

4- Storage efficiency

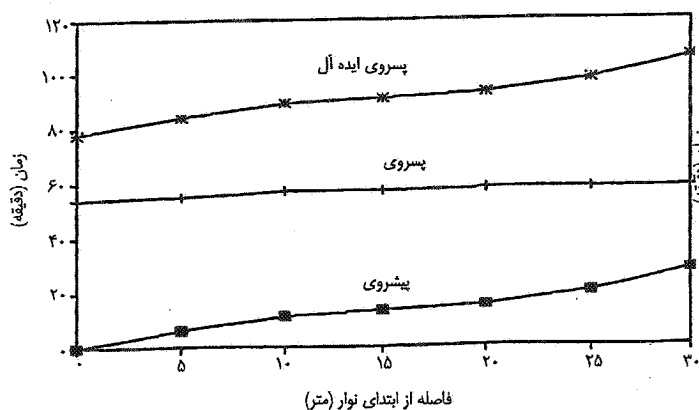
7- Tail water ratio 8- Soil moisture deficit

5- Deficit/Excess efficiency

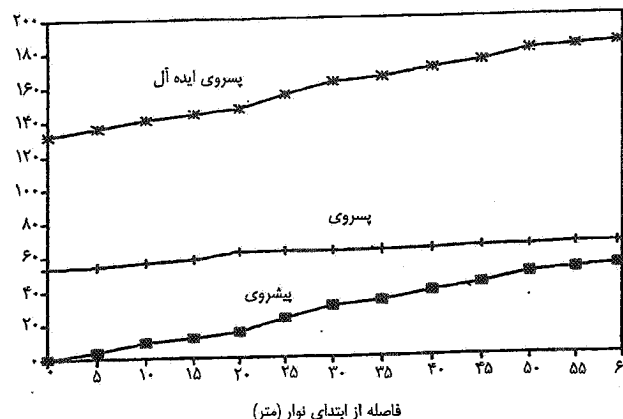
9- Management allowable deficit

3- Application efficiency

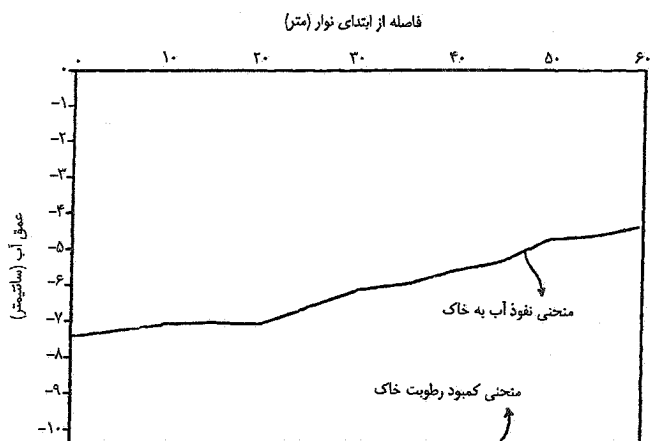
6- Deep percolation ratio



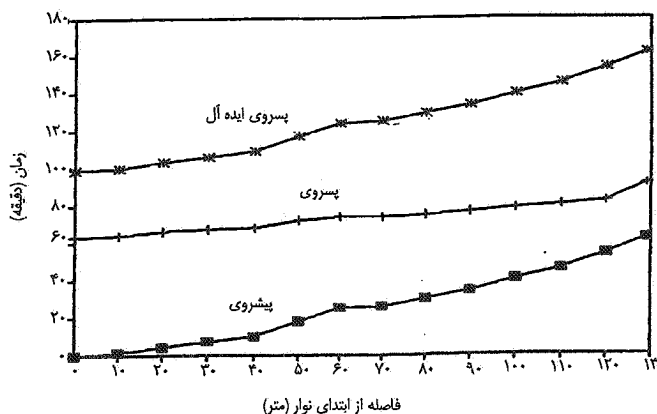
شکل ۳- منحنیهای پیشروی، پسروی و پسروی ایده آل برای یکی از مزارع چغندر قند در شهرستان بویراحمد



شکل ۲- منحنیهای پیشروی، پسروی و پسروی ایده آل برای یکی از مزارع گندم در شهرستان بویراحمد



شکل ۵- نیمرخ نفوذ آب در یکی از نوارهای مورد آزمایش



شکل ۴- منحنیهای پیشروی، پسروی و پسروی ایده آل برای یکی از مزارع یونجه در شهرستان گچساران

انتهای نوار در این حالت بسته است و رواناب سطحی وجود ندارد. شکل ۳ مربوط به نواری است که دارای شیب طولی ۶/۶ درصد است. اصولاً این شیب برای آبیاری سطحی مناسب نیست زیرا پدیده شسته شدن خاک و رواناب زیاد را در پی خواهد داشت. در این حالت کاهش دبی جریان نیز سبب بهبود عملکرد آبیاری نمی‌گردد زیرا پخش یکنواخت رطوبت کاهش می‌یابد، به خصوص در این مزارع که دارای شیب عرضی غیریکنواخت می‌باشند.

جداول ۲ تا ۴ مقادیر شاخصهای مختلف مدیریت آبیاری در مزارع، در آبیاریهای اول تا سوم را نشان می‌دهند. ملاحظه

مقدار زیادی آب به صورت هرز آب سطحی و فرونشست عمقی از دست خواهد رفت. با توجه به این که شیب منحنی پیشروی آب در نوار زیاد است، با افزایش دبی این شیب کمتر خواهد شد و زمان فرصت نفوذ در نقاط مختلف به هم نزدیکتر می‌گردد و در نتیجه یکنواختی توزیع آب بیشتر خواهد شد. در همین حالت اگر قبل از آن که رطوبت خاک تا به این حد کاهش یابد آبیاری انجام گیرد، منحنی پسروی و پسروی ایده آل به هم نزدیک تر شده و آبیاری با مدیریت بهتری انجام خواهد گرفت. این حالت در مورد شکل ۴ نیز صادق است، با این تفاوت که

جدول ۲ - ارقام شاخصهای مختلف بازده آبیاری در مزارع آزمایشی برای آبیاری اول

| کد مزرعه | TWR (%) | DPR (%) | E _{d/e} (%) | E _s (%) | E _a (%) | DU _a (%) | Cu (%) |
|----------|---------|---------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|
| ۱ | ۱/۵ | ۰ | ۵۸/۲ | ۵۸/۸ | ۹۸/۵ | ۷۲/۲ | ۸۷/۸ |
| ۲ | ۲/۳ | ۰ | ۷۴/۳ | ۷۵/۷ | ۹۷/۷ | ۶۲/۴ | ۶۷/۳ |
| ۳ | ۲۱/۵ | ۵/۳ | ۷۲/۱ | ۹۷/۹ | ۷۳/۳ | ۸۰/۴ | ۶۹/۲ |
| ۴ | ۱۷/۷ | ۰/۲ | ۸۱/۲ | ۹۸/۸ | ۸۲/۰ | ۹۵/۴ | ۹۲/۷ |
| ۵ | ۲۷/۳ | ۱۲/۸ | ۵۹/۹ | ۱۰۰ | ۵۹/۹ | ۹۲/۳ | ۷۵/۷ |
| ۶ | ۲/۲ | ۰ | ۸۰ | ۸۱/۴ | ۹۷/۸ | ۵۶/۸ | ۷۸/۶ |
| ۷ | ۱۰/۴ | ۰ | ۶۹/۷ | ۷۵/۸ | ۸۹/۶ | ۸۵/۷ | ۶۵/۱ |
| ۸ | ۱/۳ | ۰ | ۷۵/۵ | ۷۶/۲ | ۹۸/۷ | ۵۹/۷ | ۷۹/۴ |
| ۹ | ۱۹/۷ | ۲۰/۹ | ۵۹/۴ | ۱۰۰ | ۵۹/۴ | ۹۸/۳ | ۸۵/۲ |
| ۱۰ | ۰/۸ | ۱۶/۵ | ۸۲/۱ | ۹۹/۱ | ۸۲/۷ | ۷۰/۹ | ۸۱/۰ |
| ۱۱ | ۰ | ۰/۶ | ۹۳/۷ | ۹۴/۲ | ۹۹/۴ | ۹۰/۸ | ۸۲/۹ |
| ۱۲ | - | - | - | - | ۴۰/۸ | - | ۵۵/۹ |
| ۱۳ | ۰ | ۰ | ۸۹/۲ | ۸۹/۲ | ۱۰۰ | ۹۳/۱ | ۹۱/۴ |
| ۱۴ | ۵/۷ | ۰ | ۶۲/۹ | ۶۵/۴ | ۹۴/۳ | ۹۳/۹ | ۹۳/۳ |
| ۱۵ | ۰ | ۴/۳ | ۹۵/۷ | ۱۰۰ | ۹۵/۷ | ۹۵/۷ | ۸۹/۵ |
| ۱۶ | ۰ | ۰ | ۸۲/۹ | ۸۲/۹ | ۱۰۰ | ۸۶/۰ | ۷۶/۲ |
| ۱۷ | ۳/۵ | ۰ | ۵۵/۴ | ۵۶/۶ | ۹۶/۵ | ۶۰/۱ | ۷۸/۴ |
| ۱۸ | ۰ | ۰ | ۹۴/۳ | ۹۴/۳ | ۱۰۰ | ۹۷/۷ | ۹۸/۰ |

اولیه بالا توصیه نمی‌گردد. بدیهی است در مورد قطعات زراعی بزرگ و در صورتی که عملیات یکپارچه‌سازی اراضی در منطقه انجام گیرد، استفاده از روش آبیاری بارانی ممکن است مفید و قابل توصیه باشد. البته تعویض روش آبیاری تنها راه حل ممکن نیست و می‌توان ابعاد و شیب مزارع را نیز بهینه نمود.

همان‌گونه که جداول ۲ تا ۴ نشان می‌دهند مزارع مورد مطالعه دارای بازده کاربرد بالایی است که نشان‌دهنده ذخیره‌بخش قابل توجهی از آب آبیاری در ناحیه ریشه است. با این حال ممکن است آبیاری نوار کامل نباشد. به همین دلیل مقایسه‌ای بین عمق آب نفوذ یافته در نوار و کمبود رطوبت خاک

می‌گردد که رواناب این نوار (کد ۵) در آبیاری اول ۲۷/۳ درصد و در آبیاری دوم ۴۲/۹ درصد است و این در حالی است که بازده ذخیره آن در آبیاری دوم ۷۵/۸ درصد می‌باشد. یعنی با وجود آن که رواناب زیادی موجود بوده، آبیاری کافی انجام نگرفته است. بنابراین بهترین راه حل جهت استفاده مفید از آب ضمن حذف این‌گونه معایب، قراردادن نوارها بر روی خطوط تراز و تراس‌بندی آنهاست. تسطیح این گونه اراضی به دلیل کم عمق بودن خاک، که ناشی از کوهستانی بودن منطقه است، انجام پذیر نیست. از آن‌جا که در اکثر موارد زارعین دارای قطعات کوچک زراعی هستند، استفاده از روش آبیاری بارانی به دلیل هزینه

جدول ۳ - ارقام شاخصهای مختلف بازده آبیاری در مزارع آزمایشی برای آبیاری دوم

| کد مزرعه | TWR (%) | DPR (%) | E _{d/e} (%) | E _s (%) | E _a (%) | DU _a (%) | Cu (%) |
|----------|---------|---------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|
| ۱ | ۲ | ۰ | ۶۱/۶ | ۶۲/۳ | ۹۸/۰ | ۷۱/۰ | ۸۱/۸ |
| ۵ | ۴۲/۹ | ۰ | ۴۸/۳ | ۷۵/۸ | ۵۷/۱ | ۸۴/۸ | ۸۲/۲ |
| ۶ | ۳/۳ | ۰ | ۷۲/۲ | ۷۴/۰ | ۹۶/۷ | ۷۸/۴ | ۸۰/۱ |
| ۷ | ۲۵/۳ | ۰ | ۶۳/۹ | ۸۱/۵ | ۷۴/۷ | ۸۷/۴ | ۹۰/۳ |
| ۸ | ۲/۹ | ۵/۴ | ۸۵/۰ | ۹۲/۱ | ۹۱/۷ | ۶۳/۱ | ۷۲/۵ |
| ۹ | ۴۷/۸ | ۰ | ۵۱/۲ | ۹۶/۵ | ۵۲/۲ | ۹۷/۴ | ۸۷/۷ |
| ۱۰ | ۳۳/۵ | ۰ | ۵۷/۹ | ۸۱/۷ | ۶۶/۵ | ۷۳/۶ | ۸۲/۱ |
| ۱۱ | ۰ | ۱۴/۱ | ۸۵/۹ | ۱۰۰ | ۸۵/۹ | ۸۷/۴ | ۸۵/۱ |
| ۱۳ | ۰ | ۰ | ۷۷/۷ | ۷۷/۷ | ۱۰۰ | ۹۰/۶ | ۹۳/۶ |
| ۱۴ | ۰ | ۰ | ۵۷/۱ | ۵۷/۱ | ۱۰۰ | ۸۱/۰ | ۷۵/۳ |
| ۱۵ | ۰ | ۰/۷ | ۸۹/۹ | ۹۰/۵ | ۹۹/۳ | ۷۹/۶ | ۸۲/۳ |
| ۱۶ | ۰ | ۵/۴ | ۹۱/۰ | ۹۶/۰ | ۹۴/۶ | ۸۱/۸ | ۸۹/۱ |
| ۱۷ | ۱/۴ | ۰ | ۶۵/۹ | ۶۶/۶ | ۹۸/۶ | ۶۱/۷ | ۷۳/۲ |
| ۱۸ | ۰ | ۰ | ۹۲/۱ | ۹۲/۱ | ۱۰۰ | ۹۹ | ۹۸/۲ |

که دارای ابعاد بزرگی بودند و اغلب در شب آبیاری می‌شدند، نتایجی کاملاً متفاوت به دست می‌دهد. آبیاری این مزارع به این نحو بود که هنگام غروب آب را روانه یک نوار کرده و در صبح روز بعد قطع می‌نمودند. از آن‌جا که انجام آزمایش در این گونه مزارع به طور کامل میسر نبود، تنها یک مزرعه (کد ۱۲) به عنوان نمونه برای برآورد یکنواختی پخش و بازده کاربرد مورد آزمایش قرار گرفت. آب ورودی به نوار اندازه‌گیری شد و به علت فرارسیدن شب امکان اندازه‌گیری آب خروجی از نوار نبود. همان‌طور که در جدول ۲ آمده است بازده کاربرد آب در این نوار ۴۰/۸ درصد می‌باشد و این در حالی است که ضریب یکنواختی به دست آمده ۵۵/۹ درصد است که مقدار بسیار پایینی می‌باشد. علاوه بر این اگر نوار به موقع آبیاری می‌شد، یعنی در شرایطی که SMD به جای مقدار کنونی (۹/۵ سانتیمتر) به اندازه

قبل از آبیاری به عمل آمد. نمونه‌ای از این نتایج در شکل ۶ ارائه گردیده، که نشان می‌دهد در بیش از نیمی از موارد عمق آب نفوذ یافته (di) کمتر از کمبود رطوبت خاک قبل از آبیاری (SMD) است. چنین حالتی این مفهوم را می‌رساند که آبیاری کمتر از نیاز انجام گرفته است که این عمل «کم‌آبیاری» به عنوان یکی از تمهیدات شناخته شده در خصوص استفاده بهینه از آب مطرح است (۳ و ۱۲). بازده آبیاری به تبع اعمال چنین روشی بالا خواهد بود.

در شکل ۷ مقادیر SMD و کمبود رطوبت مجاز (MAD) مورد مقایسه قرار گرفته است و نشان می‌دهد که اختلاف بین دو مقدار SMD و MAD قابل توجه می‌باشد که بیانگر آبیاری تنشی است. این روش به تنهایی می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش اتلاف آب و افزایش بازده کاربرد آبیاری داشته باشد. نحوه مصرف آب در آن دسته از نوارهای تحت کشت گندم

جدول ۴ - ارقام شاخصهای مختلف بازده آبیاری در مزارع آزمایشی برای آبیاری سوم

| کد مزرعه | TWR (%) | DPR (%) | E _{d/e} (%) | E _s (%) | E _a (%) | DU _a (%) | Cu (%) |
|----------|---------|---------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|
| ۵ | ۲۲/۹ | ۰ | ۴۹/۱ | ۵۷/۴ | ۷۷/۱ | ۷۵/۴ | ۶۷/۵ |
| ۶ | ۳/۳ | ۰ | ۶۰/۱ | ۶۱/۴ | ۹۶/۷ | ۷۰/۶ | ۷۱/۰ |
| ۷ | ۷/۲ | ۳۱/۶ | ۶۱/۱ | ۱۰۰ | ۶۱/۱ | ۸۵/۳ | ۸۸/۲ |
| ۸ | ۱/۸ | ۳۱/۷ | ۶۶/۵ | ۱۰۰ | ۶۶/۵ | ۷۲/۹ | ۸۶/۹ |
| ۹ | ۳۸/۰ | ۰ | ۴۳/۰ | ۵۸/۳ | ۶۲/۰ | ۹۶ | ۷۵/۱ |
| ۱۱ | ۰ | ۰ | ۸۰/۸ | ۸۰/۸ | ۱۰۰ | ۷۴/۵ | ۶۳/۵ |
| ۱۳ | ۰ | ۲۱/۵ | ۷۸/۵ | ۱۰۰ | ۷۸/۵ | ۸۸/۷ | ۸۲/۳ |
| ۱۴ | ۰ | ۰ | ۶۸/۰ | ۶۸/۰ | ۱۰۰ | ۸۶/۲ | ۷۱/۹ |
| ۱۵ | ۰ | ۲۶/۷ | ۷۳/۳ | ۱۰۰ | ۷۳/۳ | ۸۳/۸ | ۸۵/۷ |

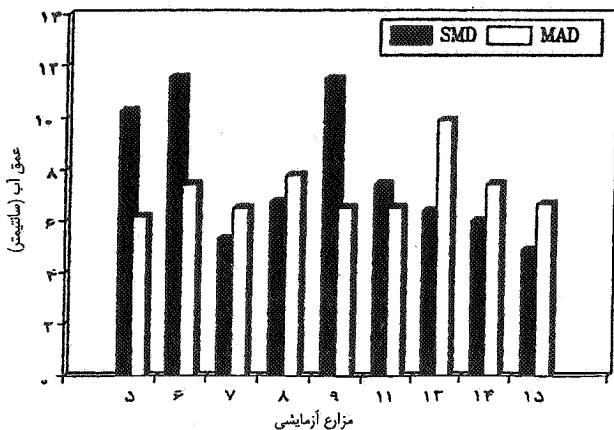
گاهی غیریکنواخت سبزشدن گیاه در مزرعه می شود. از بررسی ارقام جداول ۲ تا ۴ ملاحظه می شود که مقادیر DU_a در اکثر مزارع مورد مطالعه بالا می باشد، که دلیل آن بالا بودن شیب مزارع و تقریباً موازی بودن نمودار پیشروی با نمودار پسروی است. در مورد مزارع گچساران، از آن جا که در اغلب موارد انتهای نوارها بسته بود، شیب منحنی پسروی در انتهای نوار افزایش یافت و تقریباً در توازی با منحنی پیشروی درآمد (برای مثال، شکل ۴)، که خود موجب افزایش DU_a گردید.

بایستی اذعان داشت که در بسیاری از موارد در شهرستان بویراحمد به سبب شیب زیاد اراضی، زمان قطع آبیاری کاهش یافته و عدم کفایت آبیاری را به همراه داشته است. برای رفع این مشکل، افزایش طول نوار تا حدودی می تواند موثر باشد و سبب افزایش عملکرد آبیاری گردد. اما آنچه مسلم است بالا رفتن کارایی سیستم آبیاری سطحی در این مناطق منوط به اعمال طرح و اجرای سیستم بر اساس اصول مهندسی است که با اتکا به پارامترهای مختلف مزرعه ای صورت می گیرد.

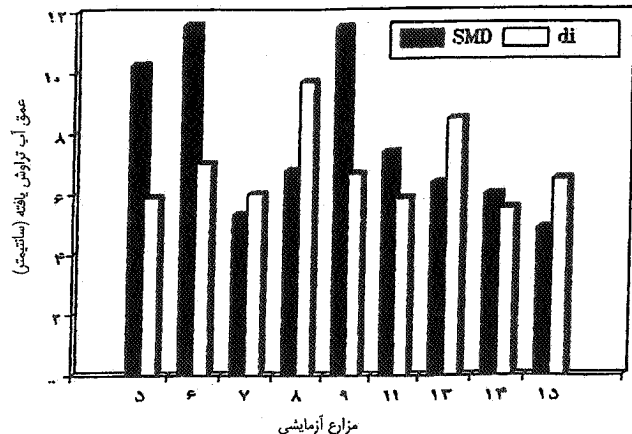
پراکنش ارقام شاخصهای به دست آمده از مزرعه ای به مزرعه دیگر و از یک آبیاری به آبیاری دیگر، نشان داد که روند

MAD (۶/۱۸ سانتیمتر) بود، آنگاه از بروز تنش آبی جلوگیری می شد، ولی بازده کاربرد به ۲۶/۵ درصد تنزل پیدا می کرد. همچنین اگر در محاسبه MAD به جای ضریب تخلیه (f) حداکثر (۰/۶۵) ضریب رایج تر ۰/۵ فرض گردد؛ MAD به ۴/۸ سانتیمتر تنزل یافته و بازده کاربرد در شرایط بدون تنش به ۲۰/۴ درصد کاهش می یافت. بنابراین ضروری است که ضمن مدنظر قراردادن بازده کاربرد بالای به دست آمده، به چنین حالتی که بازده کاربرد بسیار پایین بوده است توجه شود.

همان گونه که در جدول ۲ مشاهده می شود، تغییرات ضریب یکنواختی کریستیانسن (Cu) متنوع و در اغلب مزارع شهرستان بویراحمد مقدار آن کم است، که عمدتاً به دلیل عدم تسطیح عرضی نوارها می باشد. به طور کلی مسطح نبودن نوارها در جهت عرض دو پیامد دارد: یا آن که کشاورز به طور مرتب جهت پخش یکنواخت آب در نوار وارد عمل شود، که این کار ضمن این که باعث صرف انرژی و وقت بیشتری از کشاورز می شود لطمات زیادی به گیاهان خصوصاً در ابتدای فصل رشد وارد می آورد، و یا آن که آب به تبع شیب و ناهمواریهای نوار در مسیری جاری شود، که این امر اغلب باعث کاهش شدید یکنواختی آب در تمام نوار، شستن خاک در مسیر جریان و



شکل ۷- تغییرات کمبود رطوبت خاک (SMD) و کمبود رطوبت مجاز (MAD) در مزارع آزمایشی برای آبیاری سوم



شکل ۶- تغییرات کمبود رطوبت خاک (SMD) و عمق آب نفوذ یافته (di) در مزارع آزمایشی برای آبیاری سوم

مورد نیاز برای سطوح زیرکشت

ج - ضعف برنامه‌ریزی آبیاری که منجر به اتلاف آب قبل از رسیدن به مزرعه می‌گردد

۲ - میانگین نسبت‌های پایاب و فرونشست عمقی و همچنین بازده‌های کمبود - مازاد، ذخیره و کاربرد در نوارهای شهرستان بویراحمد به ترتیب برابر ۱۳/۴، ۵/۶، ۶۷/۷، ۸۳/۲ و ۸۱ درصد و در شهرستان گچساران ۰/۷، ۳/۹، ۷۴/۴، ۸۲/۴ و ۹۵/۴ درصد است.

۳ - در شهرستان بویراحمد زیاد بودن شیب نوارها در بیشتر موارد باعث کاهش زمان قطع جریان ورودی و در نتیجه کم‌آبیاری گردیده است.

۴ - عدم تسطیح عرضی نوارها باعث کاهش یکنواختی پخش آب در نوار، به خصوص در شهرستان بویراحمد گردیده، در حالی که به دلیل شیب طولی زیاد نوارهای منطقه، معمولاً نمودارهای پیشروی و پسروی تقریباً موازی هم بوده و تأثیر مثبت در یکنواختی پخش داشته است.

۵ - طول نوارها دارای تغییرات زیادی است، به این نحو که یا خیلی زیاد و یا خیلی کم در نظر گرفته شده است. در خیلی از موارد، کوتاهی طول نوار باعث کاهش زمان قطع جریان ورودی و طولانی بودن طول نوار باعث کاهش بازده یکنواختی توزیع (DUa) گردیده است.

مدیریت زارعین بسیار متنوع است. این موضوع درجه اتکا به شاخصهای فوق را جهت دستیابی به نتیجه مشترک، در مقایسه با جاهایی که مزارع براساس طراحی و اعمال نظرهای کارشناسی از پیش تدوین شده بنیان نهاده شده‌اند، کمتر می‌نمایاند. در مورد این مزارع آنچه که توانایی قضاوت پیرامون مدیریت آبیاری را می‌دهد و بارزتر نیز هست، اختلاف زیاد بین SMD، MAD و di می‌باشد. با توجه به روابط این سه عامل، قطعاً اعمال تنش آبی در مراحل مختلف رشد وجود داشته که تأثیر آن نهایتاً بر روی عملکرد محصول خواهد بود.

به طور خلاصه، نتایج مطالعه حاضر به شرح زیر است:

۱ - در شهرستان بویراحمد، در ۹۶ درصد موارد اندازه‌گیری شده، SMD به مقدار قابل توجهی بیشتر از MAD و در ۷۰ درصد موارد di کمتر از SMD بود. در شهرستان گچساران، در ۳۳ درصد آزمایشهای انجام شده SMD بیشتر از MAD و در ۷۴ درصد موارد di کمتر از SMD بود. به همین خاطر، عملیات آبیاری به خصوص در شهرستان بویراحمد در اغلب اوقات دیر هنگام بوده و کم‌آبیاری نیز صورت گرفته است. وجود این مشکلات ناشی از سه عامل زیر می‌باشد:

الف - عدم آگاهی زارعین از وضعیت رطوبتی خاک و تشخیص زمان مناسب آبیاری

ب - عدم تناسب میزان آب موجود یا استحصال شده با آب

زیاد است چنانچه وسعت قطعات زراعی محدودیت نداشته باشد، ممکن است استفاده از سیستم بارانی روش مناسبی باشد. ۴ - برنامه‌ریزی آبیاری با کاهش دور آبیاری در مراحل حساس رشد گیاه، به نحوی که کمبود رطوبت خاک تأمین شود، می‌تواند موجب بهبود عملکرد آبیاری گردد.

۵ - از آن‌جا که شهرستان بویراحمد سردسیری و دارای تبخیر و تعرق کم می‌باشد و اراضی منطقه معمولاً شیب زیاد و عمق خاک کمی دارند، پیشنهاد می‌شود جهت استفاده از آب از حدود پایین دور و عمق آبیاری استفاده شود. در شهرستان گچساران که این مشخصات را نداشته و تبخیر و تعرق شدید است، پیشنهاد می‌شود حدود بالای دور و عمق آبیاری در مدیریت آبیاری اعمال گردد.

توصیه‌هایی که می‌توان در خصوص بهبود مدیریت آبیاری در این مناطق نمود عبارتند از:

۱ - انجام مطالعاتی در مورد نیاز آبی و دور آبیاری مناسب محصولات مختلف در منطقه، به منظور تعیین میزان آب مورد نیاز آبیاری.

۲ - استفاده از سیستم نواری در آبیاری چغندر قند، ضمن آن که منجر به اتلاف آب و کاهش عملکرد آبیاری گردیده است، در تضاد با اصول زراعت این گیاه نیز هست. بنابراین توصیه می‌شود سیستم فعلی آبیاری این گیاه به سیستم آبیاری شیاری تغییر یابد. ضمناً چون شیب مزارع تحت کشت چغندر قند زیاد می‌باشد لازم است شیارها در جهت شیب کمتر یا بر روی خطوط تراز احداث شوند.

۳ - در شهرستان بویراحمد به دلیل این‌که شیب مزارع معمولاً

منابع مورد استفاده

- ۱ - افسالان، ش. ۱۳۷۶. ارزیابی راندمان‌های سیستم آبیاری نواری در استان کهگیلویه و بویراحمد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸۸ صفحه.
- ۲ - اسدی، ا.، ش. اشرفی، ج. باغانی، ح. ریاحی، ت. سهرابی، ح. طایفه رضایی، ف. عباسی، ع. کشاورز، ع. ر. مامن‌پوش و ع. میان‌آبی. ۱۳۷۵. بررسی عملکرد روشهای آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، ص ۳۰-۴۰.
- ۳ - خیرابی، ج.، س. اسدالهی، م. ر. انتصاری، ع. ر. توکلی و ع. ر. سلامت. ۱۳۷۵. کم آبیاری تنظیم‌شده، اهمیت و ضرورت آن در شرایط ایران. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. وزارت نیرو، ص ۲۹۰-۲۷۱.
- ۴ - زهتابیان، غ. ر. ۱۳۷۳. علل پایین بودن راندمان آبیاری در منطقه ورامین. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، مقاله شماره ۲۱، ص ۱-۲۴.
- ۵ - شماعتی، غ. ر.، ف. موسوی و ب. مصطفی زاده. ۱۳۷۵. ارزیابی راندمان‌های سیستم آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهارمحال و بختیاری. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ص ۱۵۹-۱۴۹.
- ۶ - طاهری، ک. ۱۳۴۳. مطالعه میزان آب مصرفی و راندمان آبیاری مزرعه گندم در باجگاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، ۷۷ صفحه.
- ۷ - فاطمی، م. و ا. شکرالهی. ۱۳۷۲. ارزیابی بازدهی آبیاری در شبکه آبیاری دز. مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ص ۷۲-۸۵.
- ۸ - کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۵۵. نشریه سالانه آبیاری و زهکشی، انتشارات وزارت نیرو، ۲۱۵ صفحه.
- ۹ - مصطفی زاده، ب. و ف. موسوی. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل (ترجمه). نوشته و. آر. واکر و اسکوگربو، گ.، انتشارات فرهنگ جامع، ۴۸۹ صفحه.

10 - Alabaza, A.A. and D.D. Fangmeier. 1995. Hydrograph shape and border irrigation efficiency. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 121(6): 452 - 457.

11- Blair, A. W. and E. T. Smerdon. 1988. Unimodal surface irrigation efficiency. ASCE, J. Irrig. and Drain.

- Div. 114(1): 156 - 168.
- 12- Cohen, Y., Z. Plaut, A. Meiri and A. Hadas. 1997. Deficit irrigation of cotton for increasing groundwater use in clay soils. *Agron. J.* 87(5): 808 - 814.
 - 13- Elliott, R.L., D. Nelson , J.C. Loftic and W. E. Hart. 1980. Comparison of sprinkler uniformity models. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Div.* 106(4): 321 - 330.
 - 14- Hansen, V. E., O. W. Israelsen and G. E. Stringham. 1980. *Irrigation Principles and Practices.* John Wiley and Sons, Inc., New York.
 - 15- Hart, W. E., G. Peri and G.V. Skogerboe. 1979. Irrigation performance: an evaluation. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Div.* 105(3): 275 - 288.
 - 16- Karmeli, D. 1978. Distribution patterns and losses for furrow irrigation. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Div.* 104(1): 59 - 68.
 - 17- Marinus, G. 1979. Standards for irrigation efficiencies of ICID. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Div.* 105(1): 37 - 43.
 - 18- Merriam J. L. and J. Keller. 1978. *Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management.* Dept. of Agric. and Irrig. Eng., Utah State Univ., Logan, Utah.
 - 19- Smerdon, E. T. and L. J. Glass. 1965. Surface irrigation water - distribution efficiency related to soil infiltration. *Trans. ASAE*, 8(1): 76 - 78 , 82.
 - 20- Sohrabi, T. and A. Keshavarz. 1994. Surface irrigation system evaluation under farmers management. *Proc. XII Congress on Agric. Eng., Milano, Italy.*
 - 21- Walker, W. R. 1979. Explicit sprinkler irrigation uniformity: efficiency model. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Div.* 105(2): 129 - 136.
 - 22- Willardson, L. S. 1972. Attainable irrigation efficiencies. *ASCE, J. Irrig. and Drain. Div.* 108(1): 57 - 74.