Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 15
No. 1 (57)

Received:
2024-12-02

Accepted:
2025-01-26

Pages: 23-31

Comparison of Water -Performance Production Functions in Normal and Saline Soils under Wheat Cultivation
(Case Study: Khouzestan Province)

Gholamreza Afshari[1], Ali Gholami[*2], Mohiaddin Goosheh[3], Mehdi Nourzadeh Hadad[4]

1) MSc.Graduated Student of Soil Science, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2) Water Studies Research Center, Isf. C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
3) Research Assistant Professor and Faculty Member of Soil and Water Research Department, Khouzestan Agriculture and Natural Resources Research and Training Center.
4) Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran.
*Corresponding author emails: aligholami20@iau.ac.ir

Abstract:

Introduction: Due to the shortage of water resources in the country, it is necessary and unavoidable to adopt low irrigation methods and increase the efficiency of water consumption with the aim of increasing production per unit of water consumption and optimal use of limited water resources. Unlike traditional agriculture and conditions without water limitation, the optimal amount of water consumption is very important in relation to the yield of the crop.

Methods: This research was conducted in two separate but simultaneous experiments, one in non-saline soil (first experiment) and the other in saline soil (second experiment). In both experiments, the water treatments consisted of water amounts at two-meter intervals perpendicular to the spraying line, so that 5 treatments were carried out at a distance of 2, 4, 6, 8, and 10 meters from the sides of the spraying line and in three repetitions (totally 30 test plot) was created. In order to eliminate the slight effect of the possible slope on both sides of the spraying line and to enable a better comparison, 5 treatments with the mentioned intervals were placed on the right side and 5 treatments with the same intervals were placed on the left side of the spraying line. For seed germination and uniform growth of seedlings, the first two irrigations were carried out by surface method in controlled conditions of soil moisture and irrigation water amount.

Results and Discussion: The results of wheat grain yield in different irrigation treatments showed that although the amount of grain yield decreased by reducing the amount of irrigation water (distance from the spraying line), there was no statistically significant difference between the first and second treatments in this regard. On the other hand, the amount of water used in treatment 1 was 32% more than treatment 5, which led to an increase in wheat grain yield up to 48.5%. Meanwhile, the amount of water consumed in treatment 1 was 13.8% more than treatment 3, which was in the middle of the plots' distance from the water spraying line, and the amount of the product was about 17% more than treatment 3. In the fitting diagram of the function of water production-wheat yield, the relationship between the amount of irrigation water and wheat yield is a positive and significant correlation (r=0.891). This means that by increasing the amount of water, the yield of the product increases. Because this increase cannot continue to infinity, fitting the function of water production-wheat yield in the form of a parabola (Figure 4) was also done. However, the first and second treatments, which consumed 4270 and 3980 cubic meters of water per hectare, respectively, had no significant difference in wheat grain production. Of course, in this amount of water consumption, a yield of 4296 kg/ha was obtained, which is about 600 kg/ha (14%) less than the maximum expected yield from the curve (4925 kg/ha). The water-performance function curve in the second experiment shows that to achieve the highest efficiency of water consumption (1.1 kg/m3), the volume of 3900 m3/ha should be consumed. With this amount of water consumption, the crop yield will reach 4283 kg/hectare.

Conclusion: Due to the lack of available water resources and its increasing decrease in the future, the amount of water consumption for the production of agricultural products should be related to the yield of the product. Therefore, based on the results of the first experiment, which showed that in order to achieve the highest efficiency of water consumption, it is necessary to consume 4300 cubic meters of water per hectare, while to achieve the maximum yield, 5450 cubic meters of water per hectare should be consumed. On the other hand, in saline soil conditions, with an increase of 5% of water, the yield increases by 20% compared to treatment 1.

Key words: sustainable agriculture, water use efficiency, wheat cultivation, yield

مقاله پژوهشی

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال پانزدهم
شماره ۱ (۵۷)

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۱۱/۰۷

صفحات: ۳۱-۲۳

مقایسه توابع تولید آب-عملکرد در دو خاک معمولی و شور تحت کشت گندم
(مطالعه موردی: استان خوزستان)[۱]

غلامرضا افشاری[۱]، علی غلامی[۲]*، محی الدین گوشه[۳] و مهدی نورزاده حداد[۴]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲) مرکز تحقیقات مطالعات آب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۳) استادیار پژوهش و عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۴) پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی،کرج.
* ایمیل نویسنده مسئول: aligholami20@iau.ac.ir

چکیده:

مقدمه: با توجه به کمبود منابع آب در کشور، اتخاذ روش‌های کم‌آبیاری و افزایش راندمان مصرف آب با هدف افزایش تولید به ازای واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع محدود آب، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. برخلاف کشاورزی سنتی و شرایطی که محدودیت آب وجود ندارد، میزان بهینه مصرف آب در رابطه با عملکرد محصول، بسیار مهم است.

روش بررسی: این تحقیق در دو آزمایش جداگانه اما همزمان، یکی در خاک غیرشور (آزمایش اول) و دیگری در خاک شور (آزمایش دوم) انجام شد. در هر دو آزمایش، تیمارهای آب شامل مقادیر آب در فواصل دو متری عمود بر خط پاشش بود، به طوری که ۵ تیمار در فواصل ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ متری از طرفین خط پاشش و در سه تکرار (در مجموع ۳۰ کرت آزمایشی) ایجاد شد. برای حذف اثر جزئی شیب احتمالی در دو طرف خط پاشش و امکان مقایسه بهتر، ۵ تیمار با فواصل ذکر شده در سمت راست و ۵ تیمار با فواصل یکسان در سمت چپ خط پاشش قرار داده شدند. برای جوانه‌زنی بذر و رشد یکنواخت نهال‌ها، دو آبیاری اول به روش سطحی در شرایط کنترل‌شده رطوبت خاک و مقدار آب آبیاری انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج عملکرد دانه گندم در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که اگرچه با کاهش مقدار آب آبیاری (فاصله از خط پاشش) میزان عملکرد دانه کاهش یافت، اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای اول و دوم از این نظر وجود نداشت. از طرف دیگر، میزان آب مصرفی در تیمار ۱، ۳۲ درصد بیشتر از تیمار ۵ بود که منجر به افزایش عملکرد دانه گندم تا ۴۸/۵ درصد شد. ضمناً، میزان آب مصرفی در تیمار ۱، ۱۳/۸درصد بیشتر از تیمار ۳ بود که در وسط فاصله کرت‌ها از خط پاشش آب قرار داشت و میزان محصول حدود ۱۷ درصد بیشتر از تیمار ۳ بود. در نمودار برازش تابع تولید آب-عملکرد گندم، رابطه بین میزان آب آبیاری و عملکرد گندم یک همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.891$) است. به این معنی که با افزایش مقدار آب، عملکرد محصول افزایش می‌یابد. از آنجا که این افزایش نمی‌تواند تا بی‌نهایت ادامه یابد، برازش تابع تولید آب-عملکرد گندم به شکل سهمی (شکل ۴) نیز انجام شد. با این حال، تیمارهای اول و دوم که به ترتیب ۴۲۷۰ و ۳۹۸۰ متر مکعب آب در هکتار مصرف کردند، تفاوت معنی‌داری در تولید دانه گندم نداشتند. البته در این میزان مصرف آب، عملکردی معادل ۴۲۹۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که حدود ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱۴ درصد) کمتر از حداکثر عملکرد مورد انتظار از منحنی (۴۹۲۵ کیلوگرم در هکتار) است. منحنی تابع عملکرد آب در آزمایش دوم نشان می‌دهد که برای دستیابی به بالاترین راندمان مصرف آب (۱/۱ کیلوگرم در متر مکعب)، باید حجمی معادل ۳۹۰۰ متر مکعب در هکتار مصرف شود. با این میزان مصرف آب، عملکرد محصول به ۴۲۸۳ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید.

نتیجه‌گیری: با توجه به کمبود منابع آب موجود و کاهش فزاینده آن در آینده، میزان مصرف آب برای تولید محصولات کشاورزی باید با عملکرد محصول مرتبط باشد. بنابراین، بر اساس نتایج آزمایش اول، برای دستیابی به بالاترین راندمان مصرف آب، مصرف ۴۳۰۰ متر مکعب آب در هکتار ضروری است، در حالی که برای دستیابی به حداکثر عملکرد، باید ۵۴۵۰ متر مکعب آب در هکتار مصرف شود. از طرف دیگر، در شرایط خاک شور، با افزایش ۵ درصد آب، عملکرد نسبت به تیمار ۱، ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: کشاورزی پایدار، کارایی مصرف آب، کشت گندم، عملکرد

[۱] این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناس ارشد می‌باشد

مقدمه

کشاورزی پایدار به منظور تامین نیازهای غذایی بدون استفاده بهینه از منابع آب میسر نخواهد شد(Karami and Ghafarian Behrman 2017; Fardad and Golkar 2002; Razaghi et al. 2014). در این میان باتوجه به کمبود منابع آب در کشور از یک سو و روند فزاینده اثرات تغییر اقلیم از سویی دیگر، افزایش کارآیی مصرف آب با هدف افزایش تولید به ازاء هر واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع محدود آب را امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر نموده است(Asgari et al. 2024; Zegbe et al. 2004; Ghochanian et al. 2019). انتخاب ارقام مناسب، استفاده از سوپرجاذب‌ها و اصلاح کننده‌های خاک، مدیریت بهینه مزرعه و روش-های کم‌آبیاری از راهکارهای عملی بالا بردن کارایی مصرف آب به حساب می‌آیند(Nourzadeh Hadad et al. 2019). البته در حال حاضر از ۷/۳ میلیون هکتار اراضی زیرکشت آبی کشور، فقط درحدود۳۳۰ هزار هکتار تحت پوشش آبیاری تحت فشار می‌باشد که بیانگر پایین بودن کارایی مصرف آب و ضرورت بهینه‌سازی آن می‌باشد(Rahimian and Ghodsi, 2013). بخش کشاورزی در ایران بیشترین مصرف آب را دارد ولی از کم آبی در رنج است زیرا کارایی مصرف آب در کشور بسیار کم و به مراتب پایین تر از حد جهانی آن می‌باشد. هدف اصلی در کم آبیاری افزایش کارآیی مصرف آب با حذف بخشی از آب آبیاری است که تاثیر معنی داری در افزایش عملکرد ندارد(Zhang et al.2002). البته کاربرد این روش آبیاری نیاز به مدیریت خاص و تجربه کافی دارد به طوریکه بتوان به حداکثر سود رسید(Kumar and khepar, 1980). کم آبیاری همراه با کاهش محصول در واحد سطح می باشد ولی استفاده از واحد آب را بالا می برد و هدف از اعمال آن افزایش راندمان آب مصرفی و تعیین شاخص های آستانه ای عمق آب مصرفی است(Ma et al. 2014). به عبارت دیگر م آبیاری یک روش یا یک سیستم آبیاری نیست، بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره برداری به شمار می رود که اثرات ویژه ای در مدیریت منابع آب، استحصال آب، انتقال و مصرف آب و نهایتاً در اقتصاد کشاورزی (افزایش عملکرد ویا سود خالص به ازای واحد آب مصرفی) دارد (Eidizadeh et al. 2016). تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص میزان مصرف آب و تاثیر آن بر عملکرد محصول انجام شده است اما آنچه که ضرورت کار تحقیقاتی بیشتری را طلب می‌نماید، تعیین رابطه بین میزان محصول و آب مصرفی به منظور رسیدن به نقطه ای که با مصرف کمترین میزان آب، عملکرد محصول توجیه اقتصادی داشته باشد است(Bostani and Ansari 2011). در پژوهشی که حسینی و همکاران (۱۳۹۳) انجام دادند نتایج حاکی از آن بود که روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان باعث افزایش کارایی آب به بیش از ۴۲ درصد برای تولید گندم شده است. همچنین محققان رقم چمران گندم را کاراترین رقم در بین ارقام مورد آزمایش نسبت به سطوح مختلف آبیاری معرفی نمودند(Eidizadeh et al. 2016). پژوهشگران در یک تحقیق گلخانه‌ای توانستند تا کارایی مصرف آب را با استفاده از چند نمونه پلی‌مر سوپرجاذب تا حد زیادی افزایش دهند به نحوی که تولید محصول نیز به شکل معناداری افزایش پیدا کرد (Nourzadeh Hadad et al. 2017). پژوهشگران هندی (Meena et al.2019) با استفاده از ۴۵ میلیمتر آب توانستند کارایی مصرف آب را برای تولید گندم در شرایطی افزایش دهند که منجر به کاهش عملکرد نشود. در پژوهشی دیگر محققیق نشان دادند که بیشترین مصرف آب برای عملکرد دانه گندم در شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین مقدار آن مربوط به ۵۰ درصد نیاز آبی است (Jafari et al. 2019). این تحقیقات محدود به مناطق گرمسیری نبوده به نحوی که در شهرکرد تیمار ۷۰ درصد تبخیر-تعرق با کم آبیاری را بعنوان حالت بهینه در کارایی مصرف آب معرفی نمودند (Shirshahi et al. 2019). همچنین در یک پژوهش متفاوت در منطقه بردسیر مشخص شد که با تامین ۸۵ درصد آب مورد نیاز رشد گندم می‌توان بیشترین میزان بهره‌وری آب را به دست آورد (Rajabi et al. 2021). بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، استفاده از روش آبیاری بارانی تک شاخه ای یکی از روشهای مناسب برای بهینه سازی کارایی مصرف آب می باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر مقایسه توابع تولید آب-عملکرد در دو خاک معمولی و شور تحت کشت گندم در استان خوزستان بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در جنوب شهر اهواز به طول شرقی ۴۰´ ۴۸° و عرض شمالی ۲۰´ ۳۱° و ارتفاع ۱۷ متر از سطح دریا انجام شد. اقلیم گرم و خشک با میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۲۰۰ و ۳۵۰۰ میلیمتر، میانگین درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه به ترتیب ۲۴ درجه سانتیگراد و۵۰ درصد از مشخصات این منطقه می‌باشند (سال‌نامه هواشناسی، ۱۳۸۳). وقوع بارندگی در ماه‌های مهر تا اردیبهشت بوده ولی بیشترین پراکنش آن در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند می‌باشد. خاک غالب منطقه در تحت گروه Typic Torriorthents و خانواده fine, carbonatic, hyperthermic با بافت لوم رسی سیلتی تا رس سیلتی و بیش از ۴۰٪ آهک در خاک سطحی، می‌باشد. از یک سیستم آبیاری بارانی تک خطی برای ایجاد رژیم‌های مختلف رطوبتی (مقدار آب آبیاری) استفاده شد. به این ترتیب که، دامنه‌ای از مقادیر مختلف آب از آبیاری مناسب یعنی رساندن رطوبت خاک در عمق توسعه

شکل ۱. شمای کلی از سیستم آبیاری و مزرعه مورد مطالعه

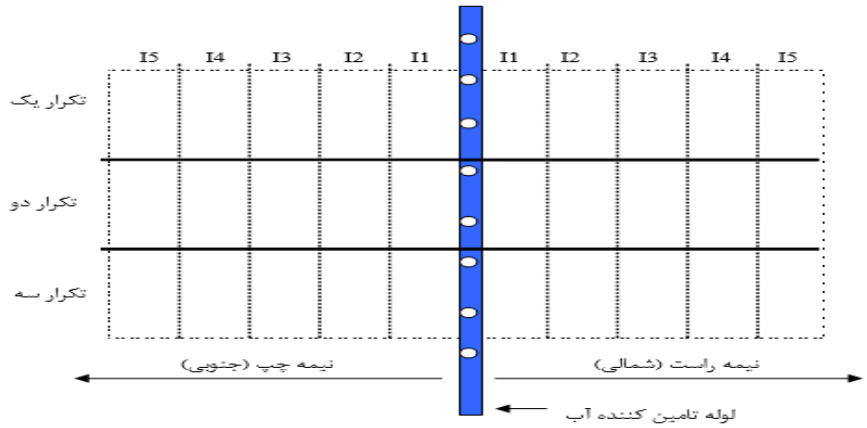
ریشه به حد ظرفیت مزرعه (I1) تا تنش شدید رطوبتی (I5) بر اساس تابعی از الگوی پاشش سیستم آبیاری بارانی تک‌خطی، ایجاد شد. ۸ عدد آبپاش مدل IR30 از کارخانه IRRILINEبا شعاع پاشش ۱۲ متر، دبی ۳۰ لیتر در دقیقه، فشار کارکرد ۲/۵ تا ۳ اتمسفر به فاصله ۶ متر از یکدیگر با پایه آبپاش ۸۰ سانتیمتری بر روی یک خط لوله پلی‌اتیلن ۶۳ نصب شدند. دور آبیاری بر اساس تخلیه مجاز رطوبت خاک در حد ۶۰- ۵۵ درصد آب قابل دسترس گیاه برای تیمارI1 ، تنظیم شد (گوشه، ۱۳۸۶). میزان آب آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک روز قبل از آبیاری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری و رسانیدن آن به حد ظرفیت زراعی در تیمار I1 تعیین گردید که با نمونه گیری از رطوبت خاک به صورت جرمی محاسبه شد. جهت کنترل حجم آب مصرفی از یک کنتور استفاده گردید. میزان آب دریافتی در هر کرت آزمایشی توسط قوطی‌های جمع‌آوری آب که در وسط هر کرت بر روی پایه‌هایی به ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر نصب شده بود، اندازه‌گیری شد.

بارندگی موثر نیز از روش حفاظت خاک ایالات متحده برای باران‌های کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در ماه تعیین گردید (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). این رابطه (۱) به قرار زیر است:

$$Pe = Pt\ (125 - 0.2Pt) / 125 \qquad (1)$$

که Pe بارندگی موثر (به میلی‌متر) و Pt بارندگی کل (میلی‌متر) می‌باشند. در رابطه بالا، ارقام ۱۲۵ و ۰/۲ تجربی بوده و در مناطق و خاک‌های مختلف، تغییر می‌نمایند. شکل ۱ شمایی از پمپ آب استفاده شده و سیستم آبیاری را نشان می‌دهند.

این تحقیق در دو آزمایش جداگانه ولی همزمان یکی در خاک غیر شور (آزمایش اول) و دیگری در خاک شور (آزمایش دوم) انجام شد. ملاک شوری میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک در زمان کاشت بوده است. در هر دو آزمایش، تیمارهای آبی عبارت بودند از، مقادیر آب در فاصله‌های دو متری عمود بر خط پاشش به طوری که ۵ تیمار در فاصله ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ متر از طرفین خط پاشش و در سه تکرار (در مجموع ۳۰ کرت آزمایشی) ایجاد شد. به منظور حذف اثر اندک شیب احتمالی دو طرف خط پاشش و امکان مقایسه بهتر، ۵ تیمار با فواصل مذکور در سمت راست و ۵ تیمار با همان فواصل در سمت چپ خط پاشش قرار گرفتند. طول هر کرت ۱۲ متر و عرض آن ۲ متر و بنابراین مساحت هر کرت آزمایشی ۲۴ مترمربع (۱۲×۲ متر) بود. سطوح کشت شده تحت آبیاری طرفین تیمارها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. (شکل ۲).



شکل ۲. وضعیت تیمارها نسبت به خط پاشش آب آبیاری

عملیات کاشت به وسیله خطی کار با فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتر، تراکم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و رقم بذر چمران صورت گرفت. از کل کود اوره مورد نیاز، نیمی به صورت پایه و نصف دیگر در دو تقسیط در مراحل اواخر پنجه زنی و انتهای ساقه‌دهی مصرف گردید. برای سبز شدن بذور و رشد یکنواخت گیاهچه ها، دو نوبت آبیاری اول به روش سطحی در شرایط کنترل شده رطوبت خاک و میزان آب آبیاری، انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح در مهرماه انجام شد. همچنین از خاک منطقه به کمک مته خاکشناسی تا عمق ۳۰ سانتیمتری نمونه تهیه و جهت تجزیه شیمیایی و تعیین مقادیر لازم عناصر غذایی، به آزمایشگاه ارسال شد. کاشت بذور برای هر دو آزمایش همزمان انجام شد. عملیات کاشت به وسیله خطی‌کار با فاصله خطوط ۲۰ سانتیمتر، تراکم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و رقم بذر چمران صورت گرفت. از کل کود اوره مورد نیاز، نیمی به صورت پایه و نصف دیگر در دو تقسیط در مراحل اواخر پنجه زنی و انتهای ساقه‌دهی مصرف گردید. برای سبز شدن بذور و رشد یکنواخت گیاهچه ها، دو نوبت آبیاری اول به روش سطحی در شرایط کنترل شده رطوبت خاک و میزان آب آبیاری، انجام شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، در انتهای دوره رشد و زمان برداشت محصول، با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها، از دو خط کاشت وسط نمونه‌برداری صورت گرفت. توابع آب-عملکرد به کمک دو نرم افزار اکسل (تابع رگرسیون) و CurveExpert 1.3 (تابع سهمی) رسم شد و روابط بین میزان آب مصرفی با عملکرد تعیین گردید. همچنین به منظور تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 19 استفاده شد.

ویژگی‌های خاک و آب مورد آزمایش

خاک غیرشور (آزمایش اول)

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کشت گندم در جدول (۱) و خصوصیات حاصلخیزی خاک در جدول (۲) ارائه شده‌اند. همچنین نتایج آنالیز آب آبیاری در جدول (۳) نشان داده شده است. همانطور که مشخص است هدایت الکتریکی این خاک‌های رسی زیر ۳ دسی زیمنس بر متر بوده است.

خاک شور (آزمایش دوم)

جدول (۴) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و جدول (۵) خصوصیات حاصلخیزی خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک مندرج در جدول (۴) بعد از انجام ماخار (آبشویی قبل از کشت) می‌باشد. همچنین نتایج تجزیه نمونه آب آبیاری در آزمایش دوم (میانگین تمام آبیاری‌ها)، در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایش اول

عمق (cm)	جرم مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)	رطوبت نقطه پژمردگی	رطوبت ظرفیت زراعی	رطوبت اشباع	بافت	رس	سیلت	شن	اسیدیته
		(%v)				(%)			
۲/۹	۱/۳	۱۹	۳۰	۵۲/۲	رسی	۴۲	۳۴	۲۴	۷/۶
۲/۲	۱/۳	۱۹	۲۹	۵۱/۷	رسی	۴۲	۲۸	۳۰	۷/۷

جدول ۲. خصوصیات حاصلخیزی خاک در آزمایش اول

سولفات مس	سولفات منگنز	سولفات روی	سولفات آهن	پتاس	سوپر فسفات	اوره	مس	منگنز	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	کربن آلی
			($kg.ha^{-1}$)						($mg.kg^{-1}$)				(%)
۰	۰	۰	۵	۵۰	۱۰۰	۳۰۰	۱/۲	۵/۹	۸/۹	۸/۱	۲۶۲	۷/۹	۰/۵۵

جدول ۳. تجزیه نمونه آب آبیاری در آزمایش اول

نسبت جذب سدیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	کلر	بیکربنات	اسیدیته	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)
			($meq.\ lit^{-1}$)				
۶/۲	۱۸	۴	۱۳	۱۹	۷	۷/۴	۲/۷

جدول ۴. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایش دوم

عمق (cm)	جرم مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)	رطوبت نقطه پژمردگی (%v)	رطوبت ظرفیت زراعی (%v)	رطوبت اشباع (%v)	بافت	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی عصاره اشباع ($dS.m^{-1}$)
۰-۳۰	۱/۴۰	۱۸	۲۸	۴۳	رسی	۴۶	۳۶	۱۸	۸/۰	۶/۶
۳۰-۶۰	۱/۴۵	۱۸	۲۷	۴۳	رسی	۴۶	۳۰	۲۴	۸/۱	۷/۹

جدول۵. خصوصیات حاصلخیزی خاک در آزمایش دوم

سولفات مس	سولفات منگنز	سولفات روی	سولفات آهن	پتاس	سوپر فسفات	اوره	مس	منگنز	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	کربن آلی (%)
($kg.ha^{-1}$)							($mg.kg^{-1}$)						
۰	۰	۰	۵	۵۰	۱۰۰	۳۰۰	۱/۲	۵/۸	۹/۱	۸/۵	۲۹۳	۱۱/۸	۰/۵۳

جدول ۶. نتایج تجزیه نمونه آب آبیاری در آزمایش دوم

نسبت جذب سدیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	کلر	بیکربنات	اسیدیته	هدایت الکتریکی ($dS.\ m^{-1}$)
($meq.\ lit^{-1}$)							
۵/۷	۱۷	۴	۱۴	۱۸	۸	۷/۸	۳/۸

جدول۷. میانگین مقادیر کل آب مصرفی و عملکرد تولید دانه در آزمایش اول

	کل آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)				
تیمار	T1	T2	T3	T4	T5
میانگین	۴۲۷۰	۳۹۸۰	۳۷۵۰	۳۵۰۰	۳۲۴۰
	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)				
تیمار	T1	T2	T3	T4	T5
میانگین	a۴۲۹۶	ab۴۰۸۸	c۳۶۷۸	d۳۱۸۶	e۲۸۹۰

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد.

جدول۸. تجزیه واریانس عملکرد دانه

منابع تغییر	عملکرد دانه(کیلوگرم در هکتار)
تکرار	ns۴۸/۱۵
تیمار	۵۱۲۴۷/۳۲**
اشتباه آزمایشی	۲۴۵/۱۲
ضریب تغییرات	۹/۸۱

نتایج و بحث

خاک غیرشور (آزمایش اول)

میزان آب مصرفی و عملکرد دانه

در جدول (۷) میزان مصرف کل آب برای هر تیمار در هر تکرار و نیز میانگین مصرف آب برای هر کرت آزمایشی نشان داده شده است. همانطور که مشخص است با فاصله گرفتن کرت‌ها از لوله مقسم آب، میزان آب رسیده به کرت‌ها کمتر شده است. نتایج حاصل از عملکرد دانه گندم در تیمارهای مختلف آبیاری در جدول (۷) نشان داده شده است. علارغم اینکه با کاهش میزان آب آبیاری (فاصله گرفتن از خط پاشش)، مقدار عملکرد دانه کاهش یافته است، تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمار اول و دوم از این نظر وجود نداشته است. این بدان معناست که با کاهش ۷/۲ درصد از میزان آب آبیاری، حدود ۵ درصد از عملکرد دانه گندم کاسته شده است که نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد. از سویی دیگر میزان آب مصرفی در تیمار ۱ نسبت به تیمار ۵، ۳۲درصد بیشتر بوده که منجر به افزایش عملکرد دانه گندم تا ۴۸/۵ درصد شده است. این در حالیست که میزان آب مصرفی در تیمار ۱ نسبت به تیمار ۳ که در میانه فواصل کرت‌ها نسبت به خط پاشش آب قرار داشته، ۱۳/۸ درصد بیشتر بوده و میزان محصول آن حدود ۱۷ درصد بیشتر از تیمار ۳ بوده است.

جعفری و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی مشابه با کاهش ۱۵ درصدی حداکثر مصرف آب، بیشترین کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه گندم به دست آوردند. همچنین رجبی و همکاران (۱۴۰۰) در یک پژوهش متفاوت در منطقه بردسیر نشان دادند که با تامین ۸۵ درصد آب مورد نیاز رشد گندم می‌توان

بیشترین میزان بهره‌وری آب را به دست آورد.همچنین شاهی و همکاران (۱۳۹۸) تیمار ۷۰ درصد تبخیر-تعرق با کم آبیاری را بعنوان حالت بهینه در کارایی مصرف آب معرفی نمودند. همچنین در جدول (۸)، نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه را در تیمارهای مختلف نشان داده شده است.

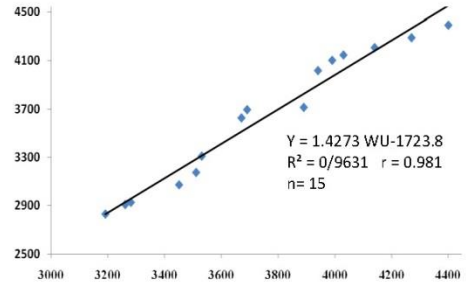
نمودار تابع تولید آب- عملکرد:

شکل (۳) برازش تابع تولید آب- عملکرد گندم به شکل خطی و معادله آن را در خاک غیرشور نشان می‌دهد. در این نمودار محور افقی میزان مصرف آب در تیمارها و محور عمودی، عملکرد دانه می‌باشد. همان‌طورکه در شکل (۳) ملاحظه می‌گردد رابطه بین میزان آب آبیاری و عملکرد محصول گندم، یک همبستگی مثبت و معنی دار (r=۰/۸۹۱) می‌باشد. این بدان معنی است که با افزایش مقدار آب، عملکرد محصول افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه این افزایش نمی‌تواند تا بینهایت ادامه داشته باشد، برازش تابع تولید آب- عملکرد گندم به شکل سهمی (شکل ۴) نیز انجام شد. با بررسی این نمودار می‌توان نتیجه گرفت که میزان آب مصرفی برای حصول بیشترین عملکرد محصول گندم در آزمایش اول (۴۹۲۵ کیلوگرم در هکتار) در اراضی سنگین بافت و غیرشور محل تحقیق حدود ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد و از این میزان مصرف آب به بعد، عملکرد کاهش یافته و منحنی شیب نزولی پیدا می‌کند.. این در حالیست که تیمار اول و دوم که به ترتیب ۴۲۷۰ و ۳۹۸۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف نمودند، اختلاف معنی-داری در میزان تولید دانه گندم نداشتند. از طرفی، بیشینه میانگین آب استفاده شده در این پژوهش ۴۲۷۰ مترمکعب در هکتار بوده است.

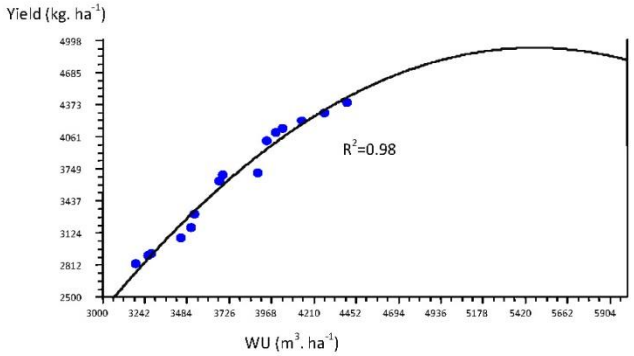
خاک شور (آزمایش دوم)

میزان آب مصرفی و عملکرد دانه

در جدول (۹) میزان مصرف کل آب برای هر تیمار در هر تکرار و نیز میانگین مصرف آب برای هر کرت آزمایشی نشان داده شده است. همانطور که مشخص است با فاصله گرفتن کرت‌ها از لوله مقسم آب، میزان آب رسیده به کرت‌ها کمتر شده است. همچنین نتایج حاصل از عملکرد دانه گندم در تیمارهای مختلف آبیاری در این جدول نشان داده شده است. از مقایسه جداول ۷ و ۹ می‌توان دریافت که میزان عملکرد در خاک شور کاهش یافته است. علت کاهش عملکرد در آزمایش دوم نسبت به آزمایش اول به شور بودن خاک در آزمایش دوم مربوط می‌شود. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بیش از ۶ دسی زیمنس برمتر در مرحله جوانه‌زنی سبب کاهش سطح سبز مزرعه گردید. اگرچه با اعمال مدیریت آبیاری (افزایش دفعات آبیاری و کاهش مصرف آب در هر نوبت آبیاری) اثرات شوری در سایر مراحل رشد و نموی گیاه کنترل گردید اما کاهش سطح سبز در همان مراحل ابتدایی رشد، باعث کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی عملکرد گیاه شد.



شکل ۳. برازش خطی تابع تولید آب- عملکرد در آزمایش اول

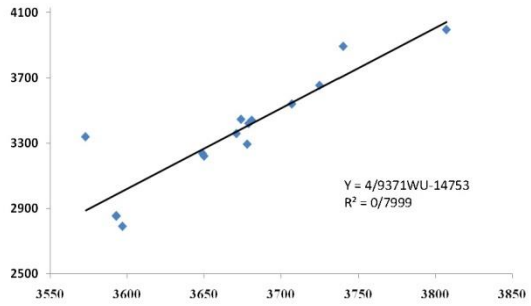


شکل ۴. برازش سهمی تابع تولید آب- عملکرد در آزمایش اول

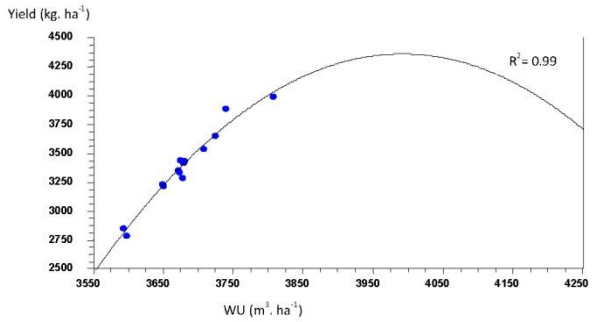
جدول۹. میانگین مقادیر کل آب مصرفی و عملکرد تولید دانه درآزمایش دوم

	کل آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)				
تیمار	T1	T2	T3	T4	T5
میانگین	۳۷۰۸	۳۶۹۱	۳۶۶۵	۳۶۴۱	۳۶۶۶
	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)				
تیمار	T1	T2	T3	T4	T5
میانگین	a۳۵۷۵	b۳۴۳۱	c۳۲۶۰	c۳۱۷۰	db۳۳۳۸

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون دانکن می‌باشد



شکل ۵. برازش خطی تابع تولید آب- عملکرد در آزمایش دوم



شکل ۶. برازش سهمی تابع تولید آب- عملکرد در آزمایش دوم

همانطور که در جدول (۹) مشخص است تیمار ۱ بیشترین عملکرد را داشته است ولی علارغم اینکه تیمار ۲ عملکرد مطلوب-تری نسبت به تیمار ۵ داشته، اختلاف معنی‌داری بین این دو یافت نشد. بهره‌وری آب بین این دو تیمار نیز به هم نزدیک بود به نحوی که بهره‌وری آب برای تیمار ۲ و ۵ به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (شکل ۷).

نمودار تابع تولید آب- عملکرد

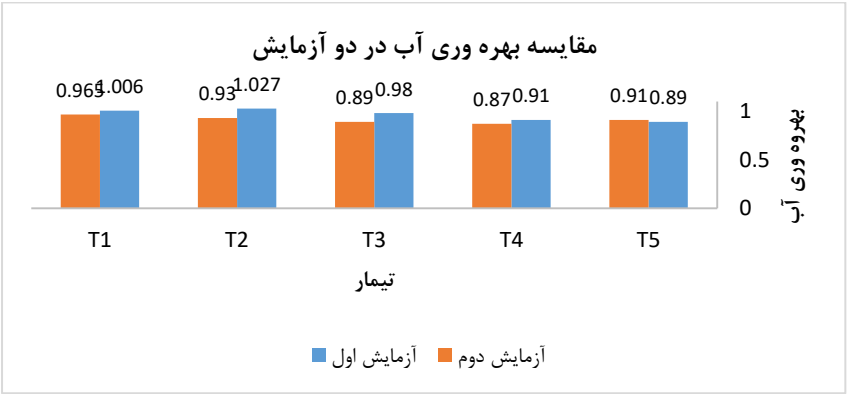
اشکال (۵ و ۶) تابع تولید آب- عملکرد را برای آزمایش دوم نشان می‌دهد. در شکل (۵) فرم خطی (رگرسیون) و معادله درجه اول آن آورده شده و در شکل (۶) منحنی سهمی تابع تولید درج گردیده است. در هر دو شکل، محور افقی میزان مصرف آب در تیمارها و محور عمودی، عملکرد دانه می‌باشند. رابطه بین آب آبیاری و عملکرد محصول یک همبستگی مثبت و معنی دار در سطح یک درصد (۰/۸۹۴=) نشان داد. این بدان معنی است که با افزایش مقدار آب، عملکرد محصول افزایش می‌یابد.

شکل (۶) نشان می‌دهد که برای حصول حداکثر میزان تولید گندم (۴۳۶۳ کیلوگرم در هکتار) به مقدار آبی برابر ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار نیاز می‌باشد. با مصرف بیشتر آب از این میزان، عملکرد کاهش یافته و منحنی شیب نزولی پیدا می‌کند. مصرف کمتر از این مقدار نیز کاهش عملکرد را به همراه دارد.

نتیجه‌گیری و بحث

در تفسیر نتایج دو دیدگاه بیشترین میزان تولید محصول و بیشترین بهره‌وری آب می‌تواند مد نظر باشد. اگر بهره‌وری آب (WUE[1])که از تقسیم میزان محصول بدست آمده بر میزان آب مصرفی به‌دست می‌آید را برای تمامی تیمارهای هر دو آزمایش در نظر بگیریم شکل (۷) حاصل می‌شود.

در آزمایش اول بیشترین بهره‌وری آب (۱/۰۲۷ کیلوگرم در مترمکعب) در ازای ۳۹۸۰ مترمکعب در هکتار آب مصرفی حاصل گردید. البته در این میزان مصرف آب عملکردی برابر ۴۲۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که از حداکثر عملکرد قابل انتظار از روی منحنی(۴۹۲۵ کیلوگرم در هکتار) حدود ۶۰۰ کیلوگرم درهکتار (۱۴ درصد) کمتر است. از طرفی، در میزان مصرف آب حدود ۱۵۰۰ مترمکعب درهکتار (یا معادل ۲۷ درصد) صرفه‌جویی می‌شود. در واقع از دیدگاه افزایش کارایی مصرف آب آبیاری، می‌توان از کاهش ۱۴ درصد در عملکرد محصول به دلیل صرفه‌جویی ۲۷ درصد در مصرف آب، صرفه نظر نمود. لذا نتایج آزمایش اول نشان داد که برای کسب بیشترین کارایی مصرف آب لازم است ۴۳۰۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف شود درحالیکه برای دستیابی به حداکثر عملکرد باید ۵۴۵۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف گردد.



شکل ۷. مقایسه بهره‌وری آب در دو آزمایش

منحنی تابع آب-عملکرد در آزمایش دوم نشان می‌دهد که برای دستیابی به بیشترین کارایی مصرف آب (۱/۱ کیلوگرم در مترمکعب)، حجم ۳۹۰۰ مترمکعب بر هکتار باید آب مصرف گردد. با این میزان مصرف آب عملکرد محصول به میزان ۴۲۸۳ کیلوگرم بر هکتار خواهد رسید. به عبارت دیگر با افزایش ۵ درصدی آب، میزان محصول به میزان ۲۰ درصد نسبت به تیمار ۱ افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق نشان داد در خاک غیرشور اگر صرفا میزان تولید محصول مدنظر باشد (کشاورزی سنتی)، با مصرف آب بیشتر می‌توان به محصول بیشتری دست یافت، در حالیکه بهره‌وری آب کمتر از حالت بهینه می‌باشد. از سویی دیگر رسیدن به حداکثر محصول و بهره‌وری آب در خاک شور رابطه مستقیم دارند و اصلاح خاک می‌تواند راه مناسبی جهت افزایش بهره‌وری آب قلمداد گردد.

Reference:

Asgari, M., Javanmiri Pour, M., Etemad, V., & Ahmadali, K. (2024). Effect of drought stress on Morphological charachteristic of Tehran Pine (Pinus eldarica Medw.) at various ages. *Journal of drought and climate change research*, 1(4), 87-104. [In Persian]

Bostani, A. & Ansari, H. (2011). Examining the consumption approach in urban water demand management. *Agricultural Engineering and natural resources*, 9 (33), 48-52. [In Persian]

Eidizadeh, Kh., Ebrahimpour, F. and Ebrahimi, M.A. (2016). Effect of different irrigation regimes on yield and yield components of Wheat cultivars in Ramin climate conditions. *Journal of environmental stress in agricultural sciences*. 29-36.

Fardad, H. & Golkar, H. (2002). An economic evaluation of deficit irrigation on Wheat yield in Karaj. *The journal of agricultura science*, 33(2): 305-312.

Ghoochanian, M., ANSARI, H., & FASHAEE, M.. (2019). Improvement of Water Consumption prouctivity in Wheat Cultivars under Different Irrigation Scenarios Using Aquacrop Model (Mashhad Case Study). *Iranian Journal of irrigation and drainage*, 13(3), 657-666. [In Persian]

Jafari, N., Aghayi, F., & Paknejad, F. (2019). The effect of different low irrigation methods on the yield and water consumption efficiency of Parsi variety wheat. *Ecophysiology of agricultural plants (agricultural sciences)*, 12(4): 581-598. [In Persian]

Karami, T. & Ghaffarian Behrman, M. (2017). Future research of water crisis and its security challenges (case study: Rafsanjan city). *Scientific journal specialized in law enforcement*, 8 (21), 49-79. [In Persian]

Kumar, R. & Khepar, S.D. (1980). Decision models for optimal cropping pattern in Irrigation based on crop water production functions. *Agricultural water management*, 3: 77-82.

Meena, R.P., Karnam, V., Tripathi, S.C., Jha, A., Sharma, R.K., & Singh, G.P. (2019).Irrigation management strategies in wheat for efficient water use in the regions of depleting water resources. *Agricultural water management*. 214:38-46.

Ma, J., Huang, G.B., Yang, D.L., & Chai, Q. (2014). Dry matter remobilization and compensatory effects in various internodes of spring wheat under water stress. *Crop Science*. 54(1): 331-339.

Nourzadeh Hadad, M. Hasani, A. & Karami Moghadam, M.(2017). Comparison the efficiency of Aquasorb and Accepta superabsorbent polymers in improving Physical, Chemical, and Biological properties of soil and tomato under greenhouse condition. *Journal of water and soil (Agricultural science and technology)*, 31(1), 156-167. [In Persian]

Rahimian, M.H., & Qudsi, M. (2013). The effect of eliminating irrigation in the final stages of growth on water use efficiency and yield of five wheat genotypes in Mashhad. *Water Research in Agriculture (Soil and Water Sciences)*, 28(1): 25-38. [In Persian]

Rajabi, M., Jalalkamali, N., & Naghizade, M. (2021). The Effect of Deficit irrigation on yield and water use efficiency of wheat: a case study of Bardsir plain. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *15*(3), 701-709. [In Persian]

Razaghi, P, Babazadeh, H.& Shourian, M. (2014). Development of multi-purpose reservoir operation hedging rule in water resources shortage conditions using MODIS8.1. *Journal of water and soil resources conservation*, 3(2): 11-23. [In Persian]

Shirshahi, F., Babazadeh, H., Ebrahimipak, N., EbrahimiRad, H., & Abdoli, H. (2019). Effect of Dificit Irrigation Management in Wheat Different Growth Stages on Its Improvement of Economic Productivity. *Iranian Water Researches Journal*, *13*(1), 69-77. [In Persian]

Zegbe , J., Behboudian, M & Clothier, B. (2004). Partalroot zone drying is a feasible option for irrigation processing tomates. *Agricultural water management*. 68 (3): 195-206.

Zhang, X., Pei, D., Li, Z., Li, J. & Wang, Y. (2002). Management of supplemental irrigation of winter wheat for maximum profit deficit irrigation practices. *FAO Water Pep*. 22: 57-66.

یادداشت‌ها

[1] *Water Use Efficiency*