مدیریت آبیاری گندم با استفاده از آب شور در اراضی جنوبی استان خوزستان

محی الدین گوشه[۱*]، سعید غالبی

مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز؛

magoosheh@yahoo.com

مربی پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج؛

s_ghalebi@yahoo.com

چکیده

از ویژگی‌های مهم اراضی جنوبی دشت خوزستان، سطح ایستابی بالا، عدم وجود زهکشی کافی، بافت سنگین خاک و درجه حرارت و تبخیر بالا می باشد. بی شک، دور و عمق آبیاری در اراضی با زهکش ضعیف با اراضی بدون مشکل (با شرایط زهکشی مناسب) یکسان نخواهد بود. از دیگر مسائل این گونه اراضی، وجود آب آبیاری با کیفیت نامطلوب (اغلب شور) می باشد. واضح است که در شرایط سطح ایستابی بالا و همچنین شوری آب آبیاری، برای جلوگیری از کاهش شدید عملکرد محصول، مدیریت ویژه آبیاری لازم است. بنابراین، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی شاوور (در مزرعه ای با زهکشی ضعیف) اجرا شد. تیمار اول دور آبیاری شامل سه سطح، ۷۰ درصد آب قابل دسترس گیاه در خاک (یا ۳۰ درصد کاهش رطوبت از حد ظرفیت زراعی)، ۵۰ درصد و ۳۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (یا به ترتیب ۵۰ درصد و ۷۰ درصد کاهش رطوبت از حد ظرفیت زراعی) بود. فاکتور دوم میزان شوری آب آبیاری بود که شامل کمتر از دو دسی زیمنس برمتر (رودخانه کرخه) ، سه تا پنج (زهکش اصلی ایستگاه) و شش تا هشت دسی زیمنس برمتر (منبع آب شور) است. نتایج نشان داد آبیاری با آب شور حداکثر پنج دسی زیمنس بر متر و با دور آبیاری ۳۰ درصدآب قابل دسترس گیاه، کاهش معنی دار در عملکرد مشاهده شد. لیکن، آبیاری با آب شورتر (شش تا هشت دسی زیمنس برمتر) کاهش معنی دار در عملکرد دانه ایجاد نمود (در تمام دورهای آبیاری).

واژه های کلیدی: ایستگاه شاور، آب قابل دسترس گیاه، زهکشی ضعیف، مدیریت آبیاری

مقدمه

گندم عمده ترین محصول زراعی دشت خوزستان بوده و رتبه سوم کشت این محصول در کشور را به خود اختصاص داده است. بر اساس آمار موجود، از کل اراضی تحت کشت گندم استان (۸۰۸ هزار هکتار)، ۵۱۸ هزار هکتار (۶۳ درصد) به گندم آبی اختصاص دارد. میانگین تولید کل گندم نیز حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ هزار تن بوده که سهم گندم آبی حدود ۹۰ درصد آن می باشد (بی نام، ۱۳۸۷).

کم آبی سال های اخیر باعث کاهش منابع آب با کیفیت مطلوب در دشت خوزستان شده است. همین امر ناخواسته

---

۱. آدرس: اهواز، بلوار گلستان، روبروی درب دانشگاه علوم پزشکی ، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

* دریافت: آبان، ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت، ۱۳۹۱

بهره برداری از منابع آب با کیفیت نامطلوب برای آبیاری گندم را افزایش داده است. از طرفی، یکی از عمده‌ترین محدودیت کاربرد آب‌های نامطلوب به منظور آبیاری، مسئله شوری آنها است. گستره شوری معمولاً از چهار تا پنج دسی زیمنس بر متر فراتر رفته و در برخی فصول گرم سال به ۲۰ دسی زیمنس بر متر هم می‌رسد. از سوی دیگر، در نظر گرفتن مدیریت آبیاری خاص در چنین شرایطی و قائل شدن تفاوت با شرایط غیر شور از اهمیت زیادی برخوردار است که متأسفانه در حال حاضر کشاورزان چنین تمایزی را اعمال نمی‌کنند. در واقع، دور آبیاری زراعت گندم در اراضی شور و غیر شور یکسان گرفته می‌شود. واضح است که وقتی گیاه تحت تاثیر دو تنش شوری و آبی قرار گیرد، کاهش عملکرد تشدید خواهد شد.

هر دو تنش شوری وآبی به طور مجزا می‌توانند باعث کاهش جذب آب به وسیله ریشه گیاه شوند. اما در شرایط وجود دو تنش در مقایسه با اثر هر کدام به تنهایی، گیاهان به منظور جذب آب باید انرژی به مراتب بیشتری صرف کند. که در نتیجه شدت تنش بیشتر خواهد شد. تفکیک سهم اثر هر کدام از دو نوع تنش در کاهش جذب آب در گیاه، به راحتی امکان پذیر نیست. به طوری‌که با زمان و عمق خاک تغییر می یابد (همایی و فدس[1]، ۲۰۰۲).

شانی[2] و همکاران (۲۰۰۱)، هانسون[3] و همکاران (۱۹۹۹) و کاردن[4] و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که رابطه معکوسی بین افزایش شوری (خاک یا آب) و میزان جذب آب به وسیله گیاه وجود دارد. به طوریکه با افزایش شوری، جذب آب به وسیله گیاه و در نتیجه تبخیر و تعرق آن کاهش می‌یابد.

همچنین، تحقیقات هانسون و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که چنانچه شوری آب آبیاری کمتر از حد بحرانی باشد، با افزایش دفعات آبیاری (کوتاه کردن دور آبیاری) و در نتیجه افزایش رطوبت قابل دسترس گیاه، به طور معمول عملکرد افزایش می‌یابد. اما با افزایش شوری آب، فقط با کاهش دفعات آبیاری (افزایش دور آبیاری)، می‌توان عملکرد نسبی را ثابت نگهداشته و یا حتی به مقدار کم افزایش داد. البته رابطه بین افزایش شوری و جبران کاهش عملکرد محصول به کمک افزایش دور آبیاری، تا یک حد مشخصی از شوری آب بر قرار بوده، به طوری که وقتی میزان شوری از این حد آستانه بیشتر شود، افزایش دور آبیاری تأثیر قابل توجه ای بر عملکرد گیاه نخواهد گذاشت.

سلیمان نژاد (۱۳۷۷) تحقیقی در مورد دور مناسب آبیاری گندم در یک خاک غیر شور ایستگاه تحقیقاتی شاوور با شوری پنج تا شش دسی زیمنس برمتر (در زمان استقرار بذور) انجام داد. در این رابطه، از روش تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس آ (A) استفاده نمود و در نهایت دور ۱۰۰ میلیمتر تبخیر تجمعی برای محصول گندم در این شرایط توصیه نمود که تقریباً معادل دور آبیاری بر اساس ۳۰ درصد آب قابل دسترس می‌باشد. در ادامه این تحقیق، گوشه (۱۳۸۶) آزمایشی مشابه در همان محل اما در یک خاک شور ۲۱ دسی زیمنس بر متر (در زمان استقرار بذور) به مدت سه سال تکرار کرد. نتایج نشان داد که در شرایط اقلیم و خاک یکسان (با آزمایش سال ۱۳۷۷)، دور آبیاری بر اساس ۷۰ درصد آب قابل دسترس گیاه، برتری معنی‌داری با دو تیمار دیگر(۵۰ و۳۰ درصد) از نظر افزایش عملکرد و کنترل شوری خاک داشت.

طی تحقیقی، خوسلا و گوپتا[5] (۱۹۹۷) واکنش گندم به عمق آب آبیاری با شوری ۸/۶ دسی زیمنس برمتر را در شرایط وجود و عدم وجود زهکش مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد گندم با افزایش عمق آب آبیاری (اعمال سهم آبشویی مازاد بر نیاز آبیاری) در تیمار زهکشی شده افزایش، اما در تیمار بدون زهکشی کاهش یافت.

در آمریکا به طور موفقیت آمیزی از منابع آب شور

[1] Homaee & Feddes
[2] Shani
[3] Hansone
[4] Cardon
[5] Khosla & Gupta

هشت دسی زیمنس بر متر برای آبیاری محصولات مختلف مانند غلات دانه ریز، چغندر قند، پنبه و یونجه بهره برداری شده است (بی نام[1]، ۱۹۹۹). البته استفاده از آب‌های شورتر نیز گزارش شده است به طوریکه در دشت پیکاس آمریکا با اقلیم گرم و نیمه خشک، از آب های زیرزمینی با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر با مدیریت خاص برای آبیاری اراضی تحت کشت گندم، پنبه، چغندر قند، سورگم و یونجه، استفاده شده است (هاشمی نیا، ۱۳۷۶).

در منطقه آریزونای آمریکا نیز با اقلیم گرم و خشک (مانند خوزستان) از آبهای زیرزمینی با شوری تا ۱۱ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری محصولات مختلف استفاده می‌شود. نتایج بدست آمده تقریباً با میانگین عملکرد این محصولات در سایر نقاط آمریکا مشابهت دارد. در این منطقه، مدیریت اعمال شده شامل اختلاط آب مورد نظر با آب چاه با کیفیت مطلوب در مرحله پنجه زنی و آبیاری به روش شیاری و یک در میان بوده است. بعد از جوانه زنی، آبیاری‌های بعدی تماماً با آب شور بوده است. اطلاعات ارائه شده نشان می‌دهد که تولید موفقیت آمیز تجاری محصولات مناسب حتی در یک آب و هوای گرم و خشک و آبیاری با آب شور، سدیمی و کلردار، امکان‌پذیر است (عابدی، ۱۳۸۱).

در هندوستان نیز تحقیقات مشابهی انجام گرفته است. در نقاط مختلف ایالت هاریانا، از آب چاه تا هشت دسی زیمنس بر متر برای آبیاری گندم و سایر محصولات نیمه مقاوم و مقاوم به شوری استفاده می شود. خصوصیات اقلیمی بعضی از نقاط این ایالت مشابه خوزستان است. نتایج این تحقیق نشان داد که چنانچه شوری آب چاه هنگام آبیاری از چهار دسی زیمنس بر متر کمتر باشد، عملکرد ۱۰۰ درصد، در شوری بین چهار تا شش دسی زیمنس بر متر عملکرد ۸۹ درصد و در شوری بین شش تا هشت دسی زیمنس بر متر عملکرد به ۶۰ درصد رسید (هاشمی نیا، ۱۳۷۶).

فیضی (۱۳۸۱) اثر کاربرد آب های شور دو، پنج و هشت دسی زیمنس بر متر را بر عملکرد دانه گندم بررسی نمود. نتایج نشان داد که در تیمارهای پنج و هشت دسی زیمنس بر متر نسبت به شاهد (دو دسی زیمنس بر متر) بترتیب ۷ درصد و ۳۰ درصد کاهش عملکرد رخ داده است.

یزدانی (۱۳۷۳) تحقیقی بر روی اثرات مصرف آب شور ۱۰ دسی زیمنس بر متر بر عملکرد گندم و خواص شیمیایی خاک داشت. نتایج تحقیق نشان داد که تا دو نوبت آبیاری با آب شور، هیچگونه تأثیر معنی‌داری بر کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد کاه، درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد (۱/۵ دسی زیمنس برمتر) نداشته است و فقط عملکرد محصول به میزان ۱۲ تا ۱۷ درصد کاهش داشته است. با افزایش تعداد دفعات آبیاری با آب شور از سه تا پنج نوبت، عملکرد دانه و وزن هزار دانه کاهش یافته و اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با شاهد نشان داده اند.

در تحقیقی، هفت سطح مختلف شوری آب آبیاری دو (شاهد)، چهار، شش، هشت، ۱۲ و۱۶ دسی زیمنس برمتر برای زراعت گندم استفاده شد. خاک محل آزمایش از نوع خاک‌های رسوبی و بافت آن شنی لومی (بافت نیمه سبک) با شوری اولیه سه دسی زیمنس بر متر، نسبت جذب سدیم ۱۵ و اسیدیته ۶/۸ تا عمق ۱۵سانتی متر می‌باشد. نتایج نشان داد اثر شوری آب بر درصد جوانه زنی، عملکرد دانه و کاه، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله وارتفاع سنبله تا حد شوری هشت دسی زیمنس بر متر تاثیر معنی‌داری نداشته و از این حد به بعد (۱۲ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر) اختلاف معنی داری با شاهد نشان داد. کاهش عملکرد به ازاء افزایش هر واحد شوری از حد هشت دسی زیمنس بر متر به بعد، ۴ درصد گزارش شده است (چاوهان[2] و همکاران، ۲۰۰۸)

پونیا[3] و همکاران (۱۹۷۶)، تریپاتی و پل[4] (۱۹۷۹) و تریپاتی و همکاران(۱۹۷۱) گزارش داده اند که در شرایط

[1] Anonymous

[2] Chauhan
[3] Poonia
[4] Tripathi and Pal

اقلیم نیمه خشک و زهکشی کافی، گندم می تواند افزایش شوری آب آبیاری را تا حد هشت دسی زیمنس بر متر بدون کاهش معنی دار در محصول تحمل کند.

طی تحقیقی، افیونی و همکاران (۱۳۸۰) اثر شوری آب آبیاری در سه سطح چهار (شاهد)، هشت و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بر عملکرد ارقام مختلف گندم در منطقه رودشت اصفهان و در یک خاک با زهکشی کافی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که اثر شوری آب آبیاری در سطح هشت دسی زیمنس بر متر بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و تعداد دانه درسنبله، اختلاف معنی داری با شاهد نشان نداد و فقط در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر با شاهد (۴ دسی زیمنس بر متر) اختلاف معنی دار مشاهده شد. در مورد عملکرد بیولوژیک، این اختلاف معنی دار از سطح هشت دسی زیمنس بر متر خود را نشان داد.

تیاجی[1] (۲۰۰۱) گزارش داد که آبیاری گندم با آب شور در محدوده پنج تا شش دسی زیمنس بر متر در تمام مراحل رشد، بدون کاهش معنی‌داری در عملکرد ممکن خواهد بود. اما آبیاری با آب شور ۹/۵ دسی زیمنس بر متر ۲۵ درصد کاهش عملکرد ایجاد می‌نماید.

واحدی و توسلی (۱۳۷۴) در تحقیقی از آب شور برای آبیاری گندم در استان فارس استفاده نمودند. نتایج نشان داد گندم رقم " قدس" شوری آب تا حد ۶/۵ دسی زیمنس برمتر را بدون کاهش معنی دار در عملکرد دانه (نسبت به شاهد ۲/۵ دسی زیمنس برمتر) تحمل می کند.

حد تحمل گندم به شوری آب بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد و در شرایط زهکشی کافی، توسط رودز و همکاران[2] (۱۹۸۸) ۵/۵ دسی زیمنس بر متر، مهاجر میلانی و همکاران (۱۳۸۶) و سیادت و درودی (۱۳۷۷) شش دسی زیمنس بر متر، میلز[3] (۱۹۷۷) ۷/۵ دسی زیمنس برمتر، تریپاتی و پل (۱۹۷۹) در یک خاک لوم شنی تا حد ۸/۴ دسی زیمنس بر متر و بومبلا و همکاران[4] (۱۹۶۴) در یک خاک شنی تا ۱۱ دسی زیمنس برمتر گزارش نمودند.

قانع و همکاران[5] (۲۰۰۹) در تحقیقی نشان دادند که می توان با تغییر بستر کشت گندم از روش مسطح به فارویی اثرات خسارت زای آبیاری با آب شور ۱۲ دسی زیمنس برمتر را کاهش داد.

لذا، هدف از اجرای این تحقیق مدیریت مصرف آب شور در زراعت گندم آن دسته از اراضی استان خوزستان می باشد که دارای سطح ایستابی کم عمق هستند.

مواد و روشها

محل اجرای آزمایش

محل اجرای طرح در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور واقع در ۶۰ کیلومتری شمال شهرستان اهواز با موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و صفردقیقه عرض شمالی و۴۸ درجه و۲۷ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۳۲ متر از سطح دریا می باشد. اراضی این ایستگاه دارای بافت خاک سطحی سنگین تا خیلی سنگین و بافت خاک تحت الارض خیلی سنگین با نفوذپذیری آهسته تا خیلی آهسته، شیب ملایم و بدون فرسایش است. خاک محل آزمایش درتحت گروه Typic Torriorthents و فامیلی fine, carbonatic, hyperthermic قرار دارد. میانگین میزان بارندگی سالیانه این منطقه حدود ۱۵۰ میلی متر با توزیع غیریکنواخت در سال است. میزان تبخیر و تعرق سالیانه در حدود ۳۰۰۰ میلی‌متر می باشد. متوسط درجه حرارت سالیانه بیش از ۲۲ درجه سانتی‌گراد است (طاهرزاده، ۱۳۶۱). اگرچه مزرعه محل آزمایش دارای سیستم زهکشی زیرزمینی است، اما به دو دلیل، قدمت زیاد نصب آن (بیش از ۴۰ سال) و وجود سخت لایه در اعماق ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک بر اثر کشت مداوم، عملا دارای زهکشی ضعیف بوده به طوریکه عمق سطح ایستابی بین ۱۸۰ سانتی‌متر (پس از اولین

[1] Tyagi
[2] Rhoades
[3] Miles
[4] Bhumbla
[5] Ghane

آبیاری) تا ۱۲۰ سانتی‌متر (در اواخر دوره آبیاری) در نوسان است. شایان ذکر است به دلیل وجود سخت لایه، در فاصله دو آبیاری یک سطح ایستابی کاذب در اعماق ۷۰ تا ۹۰ سانتی‌متری از سطح خاک تشکیل شده که بیانگر لزوم اعمال مدیریت خاص در آبیاری مزارع است.

مشخصات تیمارها

این آزمایش در سه فصل زراعی گندم طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ به شکل فاکتوریل و با دو فاکتور اجرا شد.

فاکتور اول دور آبیاری (I)، شامل سه سطح:

۱) ۷۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (یا آبیاری در زمانی که رطوبت خاک به میزان ۳۰ درصد از حد ظرفیت زراعی کاهش یافت) ،

۲) ۵۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (یا آبیاری در زمانی که رطوبت خاک به میزان ۵۰ درصد از حد ظرفیت زراعی کاهش یافت)،

۳) ۳۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (یا آبیاری در زمانی که رطوبت خاک به میزان ۷۰ درصد از حد ظرفیت زراعی کاهش یافت) ، و

فاکتور دوم میزان شوری آب آبیاری (S) بود که شامل از:

۱) کمتر از دو دسی زیمنس برمتر (میانگین هدایت الکتریکی آب رودخانه کرخه در دوره زمانی آبان تا اسفند ماه در سه سال قبل از شروع تحقیق)،

۲) بین سه تا پنج دسی زیمنس برمتر (بازه تغییرات هدایت الکتریکی زه آب زهکش اصلی ایستگاه تحقیقاتی شاوور)،

۳) بین شش تا هشت دسی زیمنس برمتر (با توجه به بررسی منابع این بازه انتخاب گردید زیرا به نظر می رسید که تاثیر منفی مصرف آب شور بیشتر از هشت دسی زیمنس برمتر بر عملکرد گیاه و شوری خاک با توجه به محدودیت‌های خاک و اقلیم منطقه آزمایش، از احتمال بالایی برخوردار باشد)

برای تهیه آب شور در دامنه های مورد نظر، از روابط(۱) و(۲) استفاده شد (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵):

(۱) $EC_f = (a.EC_d) + (b.EC_w)$

(۲) $a+b=100$

که در آنها: EC_f شوری نهایی آب آبیاری، EC_d میزان هدایت الکتریکی آب شور، EC_w شوری آب کانال (در محل آزمایش) و b و a نسبت های اختلاط این دو نوع آب است.

آزمایش در مزرعه ای با شوری اولیه ۲/۷ دسی زیمنس بر متر (جدول ۲) و در سه تکرار با فاصله سه متر از یکدیگر اجرا شد. در هر تکرار نه کرت کوچک به ابعاد ۲× ۲ متر (۴ متر مربع) وجود دارد. علت انتخاب ابعاد کوچک برای کرت‌ها، امکان کنترل بهتر عملیات آبیاری به منظور ایجاد شرایط یکنواخت شوری در کل سطح کرت و مشکلات تهیه آب شور است.

منبع آب شور

برای تهیه آب شور در سطح شوری شش تا هشت دسی زیمنس برمتر، از اختلاط آب زهکش روباز ایستگاه شاوور و منبع آب بسیار شور که از یک برکه در منطقه دارخوین (منشعب از تالاب شادگان) تهیه شده، بر اساس روابط (۱) و (۲) استفاده شد.

کیفیت منابع آب مصرفی

از آب کانال و زهکش اصلی ایستگاه به صورت ماهیانه و همچنین روز قبل از آبیاری نمونه گرفته می‌شد. در جدول (۱) کیفیت منابع اصلی آب مورد استفاده در سه سال تحقیق درج شده است.

مشخصات خاک قبل از کشت

در تمام تیمارها، با توجه به آزمون خاک و توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب، کودهای ماکرو و میکرو به صورت مصرف خاکی قبل ازکشت (بجز سرک نیتروژن)استفاده شد (جدول ۲).

در مهر و آبان هر سال عملیات تهیه زمین انجام و در آذر ماه، کاشت و اولین آبیاری و در اوایل اردیبهشت نیز برداشت

محصول انجام می گرفت. میزان بذر مصرفی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و رقم بذر، چمران بود. در دوره داشت، برای مبارزه با علفهای هرز از سموم تاپیک و گران استار مطابق توصیه بخش آفات و بیماریها استفاده گردید. در جدول (۳) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت درج شده است.

جدول ۱- کیفیت منابع آب مورد استفاده در سه سال آزمایش

سال آزمایش	نوع آب	شوری (دسی زیمنس برمتر)			اسیدیته			نسبت جذب سدیم
		حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	
سال اول	کانال آبیاری	۰/۸	۱/۱	۱/۰	۶/۹	۸/۴	۷/۷	۱/۸
	زهکش	۳/۲	۴/۵	۴/۰	۶/۷	۷/۷	۷/۳	۳/۴
	برکه شور	مقدار ثابت ۱۳۰/۷			مقدار ثابت ۶/۷			۴۴/۸
سال دوم	کانال آبیاری	۱/۰	۱/۳	۱/۱	۷/۰	۷/۹	۷/۵	۱/۵
	زهکش	۳/۴	۴/۰	۳/۷	۷/۱	۸/۰	۷/۵	۱/۱
	برکه شور	مقدار ثابت ۴۰/۰			مقدار ثابت ۸/۰			۳۴/۰
سال سوم	کانال آبیاری	۱/۲	۱/۷	۱/۵	۷/۵	۷/۷	۷/۶	۱/۸
	زهکش	۳/۵	۶/۱	۴/۸	۷/۱	۷/۹	۷/۵	۲/۴
	برکه شور	مقدار ثابت ۹۲/۰			مقدار ثابت ۸/۰			۴۸/۰

جدول۲- خصوصیات حاصلخیزی خاک محل آزمایش و توصیه کودی آن *

سال	کربن آلی (٪)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	کودهای پر مصرف (kg/ha)			کودهای کم مصرف (kg/ha)		
		(ppm)						اوره	سوپر فسفات	سولفات پتاسیم	سولفات آهن	سولفات روی	سولفات منگنز	سولفات مس
اول	۰/۸۱	۷	۲۷۰	۵	۰/۷	۴/۵	۰/۹	۱۸۰	۱۰۵	۲۵	۵۰	۲۰	۱۰	–
دوم	۰/۸۲	۶/۷	۲۸۰	۵	۰/۶	۴/۵	۰/۸	۱۸۰	۱۱۰	۱۰	۵۰	۱۵	۱۰	–
سوم	۰/۸۵	۶/۴	۲۷۲	۴/۵	۰/۶	۴/۵	۰/۸	۱۷۰	۱۲۰	۲۵	۵۰	۱۵	۱۰	–

* میانگین عملکرد مورد انتظار برای محاسبه نیاز کودی ۵ تن در هکتار در نظر گرفته شد

جدول(۳)- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش تا عمق ۳۰ سانتی‌متری

سال	شوری (dSm^{-1})	اسیدیته	نسبت جذب سدیم	رطوبت در نقطه FC (٪)	رطوبت PWP (٪)	آب قابل دسترس (٪)	وزن مخصوص ظاهری خاک (gcm^{-3})	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت
اول	۲/۷	۷/۹	۶/۱	۲۵	۱۳	۱۲	۱/۴۵	۳۸	۴۸	۱۴	لوم رس سیلتی
دوم	۳/۶	۷/۷	–	–	–	–	–	–	–	–	–
سوم	۴/۸	۷/۶	–	–	–	–	–	–	–	–	–

محاسبه حجم آب در هر آبیاری

مقدار آب آبیاری مصرفی در هر کرت از اجزاء زیر تشکیل شد:

نیاز آبیاری هر کرت = نیاز آبی (از روش تعادل رطوبتی خاک) + سهم آبشویی+ تلفات آب

اما به دلیل آن که در شرایط وجود زهکشی ضعیف و بالا بودن نسبی سطح ایستابی در مزرعه، در نظر گرفتن سهم آبشویی در هر آبیاری سبب صعود بیشتر سطح آب زیرزمینی می شود، لذا سهم آبشویی در محاسبات میزان آب آبیاری حذف شد (حفظ شرایط طبیعی خاک).

تلفات آب خود شامل تلفات آب در مسیر انتقال (از کانال تا مزرعه) و تلفات آب در مزرعه (یا نشت آب ناشی از وجود درز و ترک‌های کف و مرزهای کرت) است. اما تلفات انتقال آب به دلیل استفاده از لوله پلی اتیلن(محیط بسته) از کانال تا مزرعه، صفر است. بنابراین، طبق تخمین فقط ۱۰ تا ۱۵ درصد تلفات نشت آب در زمان آبیاری به مقدار نیاز آبیاری اضافه شد.بنابراین، برای تعیین عمق آب مصرفی در هر آبیاری از رابطه (۳) استفاده شد:

$$I = [\ (\theta_F - \theta)\ \rho_b . D\ ] / 100 \qquad (۳)$$

که در آن:

I = ارتفاع (عمق) آب مصرفی (سانتی‌متر)

θ_F = رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی(درصد وزنی)، که برای خاک منطقه۲۵ درصد می باشد.

θ = رطوبت موجود در خاک در روز قبل از آبیاری (درصد وزنی)، اندازه گیری به روش آگر و توزین نمونه بود.

ρ_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (بدون بعد) که برای خاک محل آزمایش ۱/۴۵ گرم بر سانتی متر مکعب است.

D = عمق مؤثر ریشه (سانتی‌متر)، یا عمق خاکی که قراراست مرطوب شود. برای گندم و در خاک سنگین بافت منطقه، در مراحل رشد رویشی (پنجه دهی تا انتهای مرحله ساقه دهی) بین ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر و در مراحل رشد زایشی (از انتهای مرحله ساقه دهی تا آخرین آبیاری) ۳۰ سانتی متر تخمین زده شد.

عمق آب محاسبه شده، در سطح کرت ضرب تا حجم آب آبیاری بدست آمد. به این مقدار، ۱۰ تا ۱۵ درصد سهم تلفات نشت اضافه شد تا حجم آب آبیاری برای هر کرت تعیین شد. در نهایت، برای اندازه گیری حجم آب ورودی به هر کرت از یک کنتور که در مسیر لوله انتقال آب (از پمپ تا مزرعه) قرار داشت، استفاده شد.

صفات مورد اندازه گیری قبل از برداشت محصول

الف) صفات گیاهی شامل: عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع، طول سنبله و ارتفاع بوته.

ب) خواص شیمیایی خاک: شوری (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک) و اسیدیته خاک

کلیه محاسبات مربوط به تجزیه واریانس، با استفاده از نرم افزار آماریMSTATC بررسی شد. مقایسه میانگین ها نیز در سطوح یک و پنج درصد به روش آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد. ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول (۴) تجزیه واریانس متغیرها و جداول (۵) تا (۷) مقایسه میانگین های عملکرد دانه و اجزاء آن، شوری و اسیدیته خاک، بر اساس آزمون دانکن و در سطوح احتمال یک و پنج درصد را به ترتیب برای اثر دور آبیاری، سطح شوری آب و اثرات تداخلی آنها نشان می‌دهد.

جدول ۴– تجزیه واریانس مرکب اثر سال

K	منبع	درجه آزادی	میانگین مربعات						
			عملکرد دانه	وزن هزاردانه	تعداد سنبله در متر مربع	ارتفاع بوته	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	شوری خاک	اسیدیته خاک
۱	سال (Y)	۲	۵۳۳۳۷۸۴/۱۵ **	۱۲۳/۳۸ **	۷۲۷۶۵۳/۵۰ **	۸/۹۳ *	۱۴۸/۰۴ **	۲۴۳۰/۰۴ **	۰/۰۶ ns	۰/۳۳ **
۳	تکرار× سال	۶	۶۵۵۷۳۵۲/۸۸ **	۱۵/۳۳ ns	۳۰۹۷۰/۴۱ **	۵۳/۴۳ *	۱/۸۰ **	۳۲۳/۸۰ **	۳۰/۶۵ **	۰/۰۵ **
۴	دور آبیاری (I)	۲	۸۶۹۴۴۹/۳۳ ns	۶۹/۸۲ *	۳۱۸۰/۴۶ ns	۷۲/۳۳ *	۰/۴۴ ns	۴۴/۵۹ ns	۳/۹۱ ns	۰/۰۳ *
۵	I × Y	۴	۹۲۷۵۷۰/۸۲ ns	۱۷/۴۵ ns	۱۸۷۷۷/۹۴ *	۱۲/۷۶ *	۰/۲۰ ns	۳۴/۵۲ ns	۷/۱۴ ns	۰/۰۴ **
۸	شوری آب (S)	۲	۴۶۹۴۸۵۱/۴۴ **	۳۷/۸۷ ns	۵۴۸۸/۶۸ ns	۲۳/۵۹ ns	۰/۷۸ ns	۳۱/۲۶ ns	۷۰/۱۶ **	۰/۰۳ *
۹	S ×Y	۴	۱۶۰۰۱۳۶/۵۴ ns	۶۲/۷۵ **	۶۲۹۵/۳۳ ns	۳۱/۶۳ ns	۰/۰۹ ns	۱۰/۳۰ ns	۱۰/۷۹ *	۰/۰۱ ns
۱۲	S × I	۴	۳۸۰۴۵۰/۲۲ *	۱۳۵/۹۶ *	۳۵۲۲۹/۷۹ **	۹/۷۰ *	۰/۱۱ ns	۵۴/۳۰ ns	۰/۶۸ *	۰/۰۰ *
۱۳	S ×I ×Y	۸	۱۴۵۲۷۶۱/۴۳ ns	۱۵/۴۱ ns	۲۳۲۷۹/۲۲ **	۲۸/۱۹ ns	۰/۱۵ ns	۳۳/۵۸ ns	۴/۸۳ *	۰/۰۱ ns
۱۵–	خطا	۴۸	۷۷۰۵۱۷/۵۰	۱۴/۰۴	۷۳۸۵/۷۳	۲۰/۵۷	۰/۲۹	۵۲/۰۱	۶/۳۳	۰/۰۱
	انحراف معیار (٪)		۲۳/۵۲	۹/۲۴	۱۳/۲۶	۵/۴۸	۸/۰۶	۳۳/۵۷	۵۱/۶۷	۱/۱۲

۱) اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد، شوری و اسیدیته خاک:

با توجه به جدول زیر نتیجه گرفته می شود که:

الف) اثر دور آبیاری بر *عملکرد دانه* گندم معنی دار نبوده است. این نتیجه با گزارش سلیمان نژاد (۱۳۷۷) کاملا منطبق دارد. بر اساس این گزارش، افزایش دور آبیاری تا حد ۳۰ درصد آب قابل دسترس نسبت به دورهای ۵۰ و ۷۰ درصد بدون در نظر گرفتن تیمار شوری، تغییر معنی داری در عملکرد دانه ایجاد نکرده است. نتیجه بدست آمده نیز نشان می‌دهد که میزان کاهش رطوبت خاک در هر سه تیمار به حد آستانه تحمل گندم به تنش خشکی نرسیده و لذا کاهش معنی‌داری نیز رخ نداده است.

جدول ۵ – مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده برای اثر دور آبیاری- سه سال

دور آبیاری (درصد آب قابل دسترس)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد سنبله در متر مربع	ارتفاع بوته (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد دانه در سنبله	شوری خاک (dS/m)	اسیدیته خاک
٪۷۰ (I۱)	۳۹۲۸ a	۳۸/۷ b	۶۳۶/۰ a	۸۳/۶ a	۶/۷ a	۲۲/۶ a	۵/۰ a	۷/۷۶ ab
٪۵۰ (I۲)	۳۵۷۶ a	۴۱/۳ a	۶۵۲/۰ a	۸۳/۷ a	۶/۵ a	۲۰/۱ a	۵/۱ a	۷/۷۲ b
٪۳۰ (I۳)	۳۶۹۳ a	۴۱/۶ a	۶۵۶/۷ a	۸۰/۹ b	۶/۷ a	۲۱/۸ a	۴/۴ a	۷/۷۹ a
سطح احتمال	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵

ب) *اجزاء عملکرد* طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در متر مربع تحت تاثیر دور آبیاری قرار نگرفته و اختلاف معنی داری نداشتند. اما اثر دور آبیاری بر وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه معنی دار بوده است. دورهای آبیاری ۵۰ درصد و ۳۰ درصد تاثیر معنی داری بر افزایش وزن هزار دانه نسبت به تیمار ۷۰ درصد داشته اند (جدول ۵). اما در مورد ارتفاع گیاه نتیجه عکس بوده و دورهای ۷۰ و ۵۰ درصد بیشترین تاثیر را داشته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که، تاثیر کاهش دور آبیاری (افزایش دفعات آبیاری) بیشتر بر رشد رویشی گیاه است تا نمو اندامهای زایشی.

ج) اثر تیمارهای دور آبیاری بر *شوری خاک* معنی دار نبوده، اما بر *اسیدیته خاک* اثر معنی‌داری گذاشته است. از آنجایی که خاک محل آزمایش از زهکشی ضعیفی برخوردار است و عمل آبشویی چندان موثر نمی باشد، انتظار می‌رود که دور آبیاری به تنهایی (بدون در نظر گرفتن شوری آب) بر

تغییر میزان املاح خاک تاثیر معنی داری نداشته باشد. از طرفی، اگرچه اختلاف بین اثر دور آبیاری بر *اسیدیته خاک* معنی دار بوده است، اما با توجه به خاصیت بافری خاک، مقدار تغییرات بسیار ناچیز است (حدود ۰/۰۷ واحد).

۲) اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد، شوری و اسیدیته خاک:

با توجه به جدول (۶) نتایج زیر قابل بحث می باشند:

جدول۶– مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده برای اثر شوری آب – سه سال

سطح شوری آب (dS/m)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد سنبله در متر مربع	ارتفاع بوته (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد دانه در سنبله	شوری خاک (dS/m)	اسیدیته خاک
کمتراز ۲ (S۱)	۴۰۴۱ a	۴۰/۷ a	۶۵۹/۶ a	۸۱/۹ a	۶/۵ a	۲۱/۶ a	۳/۷ b	۷/۷۸ a
۵-۳ (S۲)	۳۸۹۷ a	۴۱/۷ a	۶۵۲/۹ a	۸۳/۷ a	۶/۸ a	۲۲/۵ a	۴/۱ b	۷/۷۷ ab
۸-۶ (S۳)	۳۲۵۸ b	۳۹/۳ a	۶۳۲/۲ a	۸۲/۶ a	۶/۶ a	۲۰/۴ a	۶/۷ a	۷/۷۲ b
سطح احتمال	٪۱	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۱	٪۵

الف) اثر شوری آب بر *عملکرد دانه* گندم معنی دار بوده است. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد به طور مشترک در تیمارهای اول (شوری کمتر از دو دسی زیمنس برمتر) و دوم (شوری بین سه تا پنج دسی زیمنس برمتر) با به ترتیب ۴۰۴۱ و ۳۸۹۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است و کمترین عملکرد مربوط به تیمار سوم (شوری بین ۶ تا ۸ دسی زیمنس بر متر) به میزان ۳۲۵۸ کیلوگرم بر هکتار می باشد. این نتایج نشان می دهد که آبیاری گندم با آب شور تا حد پنج دسی زیمنس برمتر کاهش معنی داری بر عملکرد دانه نخواهد گذاشت، اما بیشتر از آن، کاهش عملکرد معنی دار خواهد بود.

ب) بر اساس جدول (۶)، اثر شوری آب بر *وزن هزار دانه و سایر اجزاء عملکرد* اختلاف معنی داری نداشته است.

ج) شوری خاک تحت تاثیر شوری آب بوده به طوری که اختلاف معنی دار بین تیمارها ایجاد شده است. طبق نتایج بدست آمده (جدول۶)، با افزایش شوری آب، شوری خاک نیز افزایش یافته است به طوری که کمترین میزان شوری خاک به تیمار اول (۳/۷ دسی زیمنس برمتر) و بیشترین آن به تیمار سوم (۶/۷ دسی زیمنس برمتر) اختصاص داشته است. در واقع، تقریبا با چهار برابر شدن شوری آب (اختلاف دو تیمار S1 وS3)، شوری خاک نیز حدود دو (۱/۸) برابر شده است. قانون کلی افزایش شوری خاک تحت تاثیر افزایش شوری آب آبیاری (بدون احتساب سهم آبشویی در هر بار آبیاری)، یک اصل پذیرفته شده است (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵؛ هانسون، ۱۹۹۹). همچنین، با توجه به این جدول، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش شوری آب تا حد پنج دسی زیمنس بر متر، اختلاف معنی داری در شوری خاک (نسبت به آب با شوری دو دسی زیمنس برمتر) ایجاد نمی نماید.

بر اساس جدول (۶)، اسیدیته خاک نیز تحت تاثیر تغییرات شوری آب بوده است. اثر این تیمار بر اسیدیته خاک معنی دار بوده به طوری که با افزایش شوری آب، اسیدیته خاک کاهش یافته است. هرچند، این تغییرات به علت خاصیت بافری خاک نامحسوس بوده است (حداکثر تغییرات ۰/۰۶).

جدول(۷)– مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده برای اثرات متقابل تیمارها- سه سال

تیمارهای دور و شوری آب	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	تعداد سنبله در متر مربع	ارتفاع بوته (cm)	طول سنبله (cm)	تعداد دانه در سنبله	شوری خاک (dS/m)	اسیدیته خاک
I۱ S۱	۴۴۴۱ a	۳۹/۵ abc	۶۴۰/۱ bc	۸۳/۴ ab	۶/۷ a	۲۲/۴ a	۴/۱ bcd	۷/۷۸ abc
I۱ S۲	۴۱۳۱ ab	۳۹/۱ bc	۶۲۸/۴ bc	۸۴/۰ a	۶/۹ a	۲۵/۸ a	۴/۰ cd	۷/۸۰ ab
I۱ S۳	۳۲۱۲ bc	۳۷/۶ c	۶۳۹/۴ bc	۸۳/۴ ab	۶/۷ a	۱۹/۶ a	۶/۹ a	۷/۷۰ c
I۲ S۱	۳۸۱۷ abc	۴۰/۹ abc	۶۲۲/۰ c	۸۳/۶ ab	۶/۴ a	۲۱/۶ a	۴/۰ cd	۷/۷۶ abc
I۲ S۲	۳۷۶۴ abc	۴۳/۵ a	۷۳۲/۰ a	۸۴/۴ a	۶/۷ a	۱۸/۱ a	۴/۶ abcd	۷/۷۱ bc
I۲ S۳	۳۱۴۷ c	۳۹/۶ abc	۶۰۲/۰ c	۸۳/۲ ab	۶/۴ a	۲۰/۶ a	۶/۷ ab	۷/۷۰ c
I۳ S۱	۳۸۶۶ abc	۴۱/۸ ab	۷۱۶/۶ ab	۷۸/۷ b	۶/۴ a	۲۰/۷ a	۳/۰ d	۷/۸۱ a
I۳ S۲	۳۷۹۷ abc	۴۲/۴ ab	۵۹۸/۳ c	۸۲/۸ ab	۷/۰ a	۲۳/۷ a	۳/۷ cd	۷/۷۹ abc
I۳ S۳	۳۴۱۴ bc	۴۰/۷ abc	۶۵۵/۲ abc	۸۱/۱ ab	۶/۸ a	۲۱/۰ a	۶/۵ abc	۷/۷۶ abc
LSD value	۸۳۲/۰	۳/۵۵۲	۸۱/۴۶	۴/۲۹۹	۰/۵۱۰	۶/۸۳۶	۲/۳۸۴	۰/۰۸۵
سطح احتمال	٪۵	٪۵	٪۱	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵	٪۵

بین میانگین های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی داری در آن سطح احتمال وجود ندارد

۳) اثرات متقابل شوری آب و دور آبیاری بر عملکرد دانه و اجزاء آن، شوری و اسیدیته خاک

از مشاهده جدول (۷) نتیجه گرفته می شود که:

الف) اثرات متقابل این دو تیمار بر عملکرد دانه گندم معنی دار بوده است. مقایسه میانگین ها نشان می دهد که تیمارهای I_1S_1، I_1S_2، I_2S_1، I_2S_2، I_3S_1 و I_3S_2 مشترک بوده (در گروه A) و اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارد. کمترین عملکردها نیز به سه تیمار I_1S_3، I_2S_3 و I_3S_3 اختصاص دارند (اختلاف معنی دار با گروه A).

ب) اثرات تداخلی دور آبیاری و شوری آب بر وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تعداد سنبله در متر مربع معنی دار بوده، ولی بر سایر صفات اثر معنی داری نداشته است. بر اساس جدول (۶)، نتیجه گرفته می‌شود که با افزایش دور آبیاری تا حد ۵۰ درصد و شوری آب تا حد پنج دسی زیمنس برمتر، بیشترین وزن هزار دانه حاصل شود.

با مقایسه تیمارها مشخص است که ارتفاع بوته گندم کمتر تحت تاثیر شوری آب (در مقادیر استفاده شده در این آزمایش) بوده و بیشتر متاثر از دور آبیاری است. علت آن است که تنش خشکی اثر منفی بیشتری بر رشد رویشی گیاه دارد تا اثر تنش شوری. به طوری که، هر چه دور آبیاری طولانی تر (۳۰ درصد آب قابل دسترس) شود، بوته کوتاه‌تر می‌ماند. اما برعکس آن، تعداد سنبله در متر مربع در دورهای کوتاه آبیاری (و با هر سطح شوری آب)، کاهش معنی‌داری پیدا می کند.

ج) اثرات تداخلی دور آبیاری و شوری آب بر *شوری خاک* بر طبق جدول معنی‌دار بوده به طوری که بیشترین و کمترین سطح شوری خاک به ترتیب در تیمارهای I_1S_3 و I_3S_1 ایجاد شده است. علت آنکه بیشترین میزان شوری خاک در تیمار I_1S_3 بدست آمده (در حالی که انتظار تیمار I_3S_3 می باشد)، منشاء شوری است. چون در اینجا منشاء شوری آب آبیاری است، هرچه دورهای آبیاری نزدیک‌تر شود (دفعات آبیاری بیشتر یا همان تیمار I_1)، به دلیل تجمع املاح، خاک سطحی شورتر می‌شود، ولی هر چه دفعات آبیاری کمتر شود (فاصله زمانی بیشتر بین آبیاری ها)، به دو دلیل شوری خاک کمتر می‌شود (تیمارI_3):

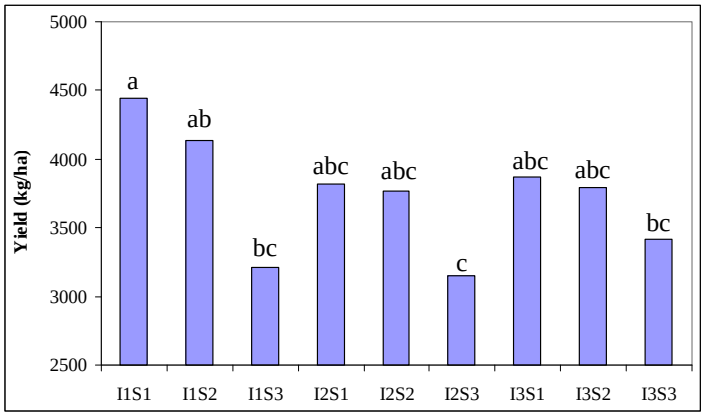
۱) چون تعداد آبیاری‌ها کمتر است، در مجموع میزان املاح کمتری وارد خاک می گردد.

۲) در دورهای آبیاری طولانی تر، اثر بارندگی بر آبشویی و کاهش املاح خاک سطحی بیشتر نمایان شود.

د) اسیدیته خاک نیز، تحت تاثیر اثرات توام دور آبیاری و شوری آب بوده، به طوری که بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار I_3S_1 و کمترین مقدار آن نیز به تیمارهای I_1S_3 و I_2S_3 اختصاص دارد. بقیه تیمارها نیز بین این دو گروه مشترک هستند که قبلا اشاره شد، این تغییرات بدلیل خاصیت بافری خاک ناچیز می‌باشد.

نتیجه گیری

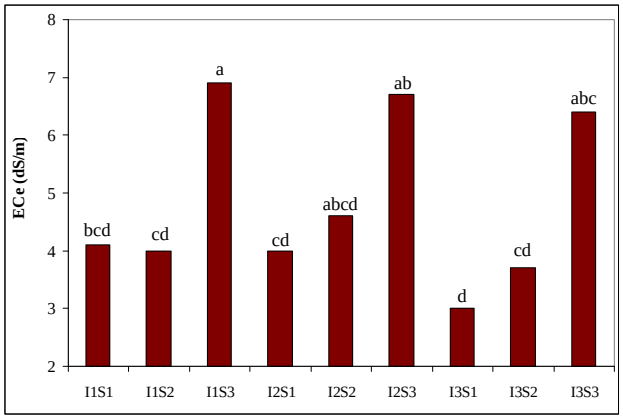
عملکرد دانه و شوری خاک بر اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بترتیب در اشکال (۱) و (۲) ارایه شده است.



شکل ۱– اثرات متقابل دور و شوری آب آبیاری بر عملکرد دانه (اثر سال)

شکل (۱) نشان می‌دهد که از نظر تاثیر تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه، تیمار I_3S_2 (دور آبیاری ۳۰ درصد آب قابل دسترس با شوری آب سه تا پنج دسی زیمنس برمتر) تیمار مناسب خواهد بود، زیرا اول آنکه کاهش میزان عملکرد محصول در این تیمار نسبت به بالاترین عملکرد بدست آمده (تیمار I_1S_1)، معنی دار نمی باشد. دوم آن که در شرایط کم آبی موجود در منطقه، آبیاری با دور طولانی تر (دفعات کمتر)، یک راهکار مدیریتی است. زبرا در این شرایط، مدیریتی بهتر است که بتواند از آب کمتر، بهره بیشتری ببرد. از طرفی، چون مصرف آبی با شوری تا حد پنج دسی زیمنس برمتر کاهش معنی داری در عملکرد این محصول نشان نداده است، می توان برای آبیاری گندم از این آب استفاده نمود و آب با شوری کمتر را برای محصولات حساس تر به شوری در نظر گرفت. همچنین، از شکل (۱) نتایج کلی زیر بدست می آید:

در شوری کم آب آبیاری (تیمار S_1)، با افزایش دفعات آبیاری (کوتاه کردن دور آبیاری) و در نتیجه افزایش رطوبت قابل دسترس گیاه، به طور نسبی عملکرد دانه افزایش یافت (تیمار I_1S_1 با عملکرد ۴۴۴۱ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با تیمارهای I_2S_1 و I_3S_1 با عملکرد به ترتیب ۳۸۱۷ و ۳۸۶۶ کیلوگرم در هکتار). اما با افزایش شوری آب (تیمار S_3)، عملکرد نسبی دانه با کاهش دفعات آبیاری (افزایش دور آبیاری) ثابت نگهداشته و یا حتی به مقدار کم افزایش یافت (تیمار I_3S_3 با عملکرد ۳۴۱۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمارهای I_1S_3 و I_2S_3 با به ترتیب عملکردهای ۳۲۱۲ و ۳۱۴۷ کیلوگرم در هکتار). این نتایج با یافته های تحقیقات هانسون و همکاران (۱۹۹۹) منطبق است.



شکل۲- اثرات متقابل دور و شوری آب آبیاری بر شوری خاک (اثر سال)

از شکل (۲) نیز نکات زیر قابل استنتاج است:

۱) به عنوان قوانین کلی، در یک دور آبیاری ثابت، هرچه شوری آب بیشتر شود، خاک شورتر خواهد شد (شکل ۲).

۲) با هر دور آبیاری استفاده از آبی با شوری شش تا هشت دسی زیمنس بر متر (تیمارS_3) جایز نمی‌باشد. زیرا مطابق شکل (۲)، با اعمال هر سه تیمار I_1S_3 ، I_2S_3 و I_3S_3، بیشترین میزان شوری خاک ایجاد شده است (مشترک در گروه a).

۳) برای کنترل شوری خاک در شرایط آبیاری با آب شور (حداکثر تا پنج دسی زیمنس برمتر)، لازم است دور آبیاری را تا ۳۰ درصد آب قابل دسترس گیاه افزایش داد. (شکل ۲).

جمع بندی

با توجه به اشکال (۱ و۲) در شرایط محل آزمایش (خاکی با سیستم زهکشی ضعیف و بافت خاک سنگین و سطح ایستابی بالا) برای زراعت گندم، آبیاری با آب شور *حداکثر* پنج دسی زیمنس برمتر و با دور آبیاری ۳۰ درصد آب قابل دسترس گیاه (بدون کاهش معنی دار در عملکرد) توصیه می شود. آبیاری با آب شورتر (شش تا هشت دسی زیمنس برمتر) کاهش معنی دار در عملکرد دانه ایجاد می‌نماید (در تمام دورهای آبیاری). همان طور که در بررسی منابع ذکر شد، اغلب آنها (تحقیقات درون و برون کشور) حد تحمل گندم به شوری آب آبیاری را بدون کاهش معنی دار در عملکرد و البته در شرایط زهکشی مناسب خاک، در بازه ۵/۵ تا هشت دسی زیمنس برمتر گزارش کرده اند. در حالی که در این تحقیق همانطور که اشاره شد شرایط زهکشی خاک ضعیف و سطح ایستابی در دوره داشت گندم به حد بحرانی می رسیده است.

فهرست منابع

۱. افیونی، د.، ع. مرجوعی، و م. محلوجی.۱۳۸۰. اثرات شوری های مختلف آب آبیاری بر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی چند رقم گندم. هفتمین کنگره علوم خاک و آب ایران. دانشگاه شهرکرد.

۲. بی نام. ۱۳۸۷. آمار نامه کشاورزی. سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان. اهواز.

۳. سلیمان نژاد، م. ۱۳۷۷. بررسی مدیریت مناسب آبیاری گندم درجنوب خوزستان. مرکزتحقیقات کشاورزی خوزستان. گزارش نهایی شماره۷۷/۶۰۳، اهواز.

۴. سیادت، ح. و م. درودی. ۱۳۷۷. بررسی رشد و تولید گندم در شرایط شوری در مزارع کشاورزی. نشریه خاک و آب . جلد ۱۲، شماره ۴. ص ۱۵ تا ۲۴.

۵. طاهرزاده، م.۱۳۶۱. مطالعات خاکشناسی تفصیلی ایستگاه تحقیقات خاک وآب شاوور. تهران: مؤسسهٔ تحقیقات خاک وآب. نشریه فنی شمارهٔ۶۵۱.

۶. عابدی، م. و ن. ابراهیمی بیرنگ. ۱۳۸۱. استفاده از آب‌های شور در کشاورزی پایدار. تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۷. فیضی، م. ۱۳۸۱. تاثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد محصول گندم. مجله علوم خاک و آب. شماره ۱۶، ص ۲۱۴ تا ۲۲۲.

۸. گوشه، م. ۱۳۸۶. تقویم آبیاری برای تعیین آب مصرفی گندم و کنترل شوری در یک خاک شور ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز. تهران: موسسه تحقیقات خاک و آب. گزارش نهایی شماره ۱۳۲۱.

۹. مهاجر میلانی، پ.، م.، فیضی، ح. ملاحسینی، و ر. وکیل. ۱۳۸۶. تاثیر شوری آب آبیاری بر میزان مصرف فسفر در کشت گندم. دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج.

۱۰. واحدی، ا. و ا. توسلی.۱۳۷۴. اثر شوری آب آبیاری در محصول گندم. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس. شیراز.

۱۱. هاشمی نیا، م.، ع. کوچکی، و ن. قهرمانی.۱۳۷۶. بهره برداری از آب‌های شور در کشاورزی پایدار. جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۲. یزدانی، ه.۱۳۷۳. اثر تعداد آبیاری با آب شور بر عملکرد گندم و خواص خاک. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان .

13. Anonymous. 1999. Drainage reuse. Final report of drainage reuse technical committee. The San Joaquin Valley Drainage Implementation Program and the University of California Salinity/Drainage Program. USA.
14. Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper*.No.29, Rev.1
15. Bhumbla, A.D.R., J. S., Kabwar, K. K. Mahajan, and B. Singh.1964. Effect of irrigation waters of different sodium and salinity hazards on the growth of the crops and the properties of soil. *Proceedings of General Symposium on the Problems of Indian Arid Zone*. Central Arid Zone Research Institute, Jodbpur.
16. Cardon, G.E. and J.G. Davis. 2004. Managing saline soils. *Colorado state university cooperative extension*. www.ext.colostate.edu
17. Ghane, E., M., Feizi, B. Mostafazadeh-Fard, and E. Landi. 2009. Water productivity of winter wheat in different irrigation/planting methods with the use of saline irrigation water. *Int. J. Agric. Biol.*, 11: 131-137.
18. Chauhan, C. P. S., R. B., Singh, , S. K., Gupta. 2008. Supplemental irrigation of wheat with saline water. Agricultural Water Management. 95, 253-258.
19. Hansone, B. 1999. Agricultural salinity and drainage. *California Cooperative Extension*.USA.
20. Homaee, M. and R. A. Feddes. 2002. A macroscopic water extraction model for nonuniform transient salinity and water stress. *SSSAJ*. 66: 1764-1772.
21. Khosla, B. K. and R. K.Gupta. 1997. Response of wheat to saline irrigation and drainage". *Agric Water Manage*. 32: 285-291.
22. Miles, D.L. 1977. Salinity in the Arkansas Valley of Colorado. *Interagency Agreement Report EPA-LAG-D4-0544*. Enviromental protection Agency, Denver. 80 PP.
23. Poonia, S. R., L. R., Johorar, J. Nath, and S. S. Khanna. 1976. Effect of quality of irrigaton water. leaching levels and farm yard manure on the performance of wheat and pearlmillet. *Indian J. agric. Sci*. 44: 854-859.

24. Rhoades, J. D., F.T., Bingham, J., Letey, G. I., Hoffman, A. R., Dedrick, P. J. Pinter, and J.S. Replogle. 1988. Use of saline drainage water for irrigation. Imperial Valley study. *Agricultural Water Management*, 25: 113-125.
25. Shani, U. and L.M.Dudley. 2001. Field studies of crop response to water and salt stress. *SSSAJ*. 65:1522-1528.
26. Tripathi, B.R. and B.Pal. 1979. Seasonal salt accumulation and salt tolerance of wheat to saline water in the semi-desert of Uttar Pradesh. *Indian J. Agric.Sci*. 49:206-210.
27. Tripathi, B. R., B., Misra, R. M. Bingh, and B. P. Singh. 1971. Quality of irrigation water and its effect on soil characteristics in semi-desert tract of Uttar Pradesh. II. Effect of water quality on soil properties and yield of wheat crop. *Indian J. Agron*., 16: 95-102.
28. Tyagi, N. K. 2001. Managing saline and alkali waters for higher productivity. *Center soil salinity Research Institute*, Haryana, India.