مجله پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://jopp.gau.ac.ir

بررسی نقش رژیم آبیاری در ایجاد خلا عملکرد گندم در گرگان

*بنیامین ترابی[۱]، افشین سلطانی[۲]، سراله گالشی[۲] و ابراهیم زینلی[۳]

[۱]استادیار، گروه زراعت، دانشگاه ولیعصر رفسنجان، [۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۳

چکیده

در این پژوهش به‌منظور بررسی اثر رژیم آبیاری در ایجاد خلا عملکرد مزارع گندم در گرگان رشد و عملکرد گندم با مدل CropSyst تحت سناریوهای مختلف رژیم آبیاری در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی شد. رژیم‌های آبیاری شامل B، F، A، BF، BA، FA، BFA (B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در گلدهی و A، آبیاری بعد از گلدهی) و عدم آبیاری (N) بودند. نتایج نشان داد بالاترین و پایین‌ترین عملکرد برابر ۴/۹۴ و ۴/۰۵ تن در هکتار بودند که به‌ترتیب در رژیم‌های آبیاری BFA و N به‌دست آمدند. کم‌ترین و بیشترین خلا عملکرد (اختلاف بین عملکرد در رژیم آبیاری BFA با سایر رژیم‌های آبیاری) در طول ۴۰ سال شبیه‌سازی برابر صفر و ۱/۷۳ تن در هکتار بود و به ترتیب مربوط به رژیم‌های آبیاری BF و N بودند. مطالعات پیمایشی در مزارع گندم در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ نشان داد میزان عملکرد واقعی بین ۲/۵ تا ۶/۳ تن در هکتار متغیر بود و تنها ۱۰ درصد از کشاورزان در سال ۱۳۸۶ از رژیم آبیاری BFA استفاده کرده بودند. نتایج نشان داد که میزان خلا بین عملکرد رژیم آبیاری BFA و عملکرد واقعی کشاورزان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در مجموع هر دو سال بین ۱/۳۶- تا ۲/۴۴ تن در هکتار بود. با توجه به نتایج شبیه‌سازی استنباط شد حداکثر تا ۱/۷۳ تن در هکتار آن مربوط به استفاده نامناسب از رژیم آبیاری در مزارع بوده است و بقیه آن مربوط به نامناسب بودن سایر عملیات زراعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گندم، خلا عملکرد، شبیه‌سازی، مطالعات پیمایشی

*مسئول مکاتبه: ben_torabi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

این پژوهش در مورد خلا عملکرد (اختلاف بین عملکرد واقعی و حداکثر عملکرد قابل حصول) و کمی کردن عوامل ایجاد کننده آن برای افزایش امنیت غذایی و درآمد ملی و نیز برای افزایش پایداری و کارآیی استفاده از منابع مهم است (روجج، ۲۰۰۲). عوامل گوناگونی مثل محدودیت‌های فیزیکی، زیستی و اقتصادی- اجتماعی باعث ایجاد خلا عملکرد در گندم می‌شوند. کاهش خلا عملکرد گندم با توسعه فن‌آوری در تولید همانند بهبود پتانسیل عملکرد ارقام و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مثل استفاده مناسب و به موقع از تاریخ کاشت، میزان بذر، رقم، تراکم، کودها، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و آبیاری امکان‌پذیر است (کواپوم و موستافی، ۲۰۰۱).

شناسایی و مدیریت عوامل مؤثر بر عملکرد به روش‌های مختلف صورت می‌گیرد. پروست و همکاران (۲۰۰۸) از روش رگرسیون گام به گام، دی بای (۲۰۰۰)، کایرانگا (۲۰۰۶)، روجج (۲۰۰۲)، راجاپاکس (۲۰۰۳) و سلطانی و همکاران (۲۰۱۱) از روش CPA[1] استفاده کرده‌اند. اما علاوه بر این روش‌ها می‌توان از مدل‌های شبیه‌سازی نیز به‌این منظور استفاده کرد (آگاروال و کالرا، ۱۹۹٤؛ منندز و ساتر، ۲۰۰۷؛ آبلدو و همکاران، ۲۰۰۸).

آرورا و گاجری (۱۹۹۸) با استفاده از ترکیب مدل SUCROS با یک مدل موازنه آب (WBM[2]) تغییرات عملکرد گندم را در واکنش به رژیم‌های آبیاری مورد تجزیه و ارزیابی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند برای محیط‌های با محدودیت آب، در خاک شن لومی عملکرد گندم در شرایط دیم ۱/۲ تن در هکتار، در شرایط آبیاری تکمیلی (۲۱ روز پس از کاشت) ۳/۱ تن در هکتار و در آبیاری کامل ٤/۹ تن در هکتار می‌باشد. همچنین در یک خاک با قابلیت متوسط نگهداری آب میانگین عملکرد تحت سه رژیم آبیاری فوق به‌ترتیب ۱/۸، ۳/۹ و ۵/۸ تن در هکتار بود. به هر حال، آبیاری تکمیلی و قدرت نگهداری بالاتر آب خاک میانگین عملکرد دانه را افزایش و اثرات تغییرات بارش سالانه را کاهش داد. کالوینو و سدراز (۲۰۰۲) نشان دادند کمبود آب در ۳۰ روز قبل تا ۱۰ روز بعد از گلدهی گندم ٦٥ درصد از تغییرات عملکرد را در آرژانتین توجیه می‌کند. هنگ و همکاران (۲۰۰٦) با استفاده از مدل APSIM-NWheat نشان دادند که عملکرد گندم اغلب به‌وسیله میزان و زمان بارش تحت تأثیر قرار می‌گیرد. نتایج این پژوهشگران نشان داد که در کشت زودهنگام به‌دلیل اجتناب از تنش کمبود آب

1. Comparative Performance Analysis
2. Water Balance Model

Archive of SID
www.SID.ir

انتهای فصل میزان عملکرد افزایش خواهد یافت. تجزیه و تحلیل شبیه‌سازی نشان داد که ٤٠ میلی‌متر آبیاری تکمیلی در هنگام کاشت، به‌ویژه همراه با ٤٠ کیلوگرم کود نیتروژن، متوسط عملکرد دانه را به‌علت استقرار مناسب بوته‌ها افزایش می‌دهد. باتای و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل CROPGRO-Soybean عملکرد پتانسیل و خلا عملکرد را در سویا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که متوسط عملکرد سویا در شرایط عدم محدودیت آب و محدودیت آب در مناطق مختلف هند به ترتیب ۳۰۲۰ و ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. کاهش ۲۸ درصدی عملکرد در مقایسه دو حالت فوق به‌دلیل شرایط رطوبتی نامطلوب خاک می‌باشد. آن‌ها همچنین نشان دادند خلا بین عملکرد پتانسیل آب محدود و عملکرد واقعی کشاورزان در مکان‌های با بارش کم زیاد نبوده ولی در مکان‌های با میزان بارش بیشتر، به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. این خلا عملکرد که خلا عملکرد واقعی را در شرایط دیم منعکس می‌کند، اصولاً به‌دلیل عدم اتخاذ عملیات مدیریتی مناسب می‌باشد و با مدیریت مناسب می‌تواند کاهش یابد.

بنابراین با استفاده از مطالعات انجام شده استنباط شد در بسیاری از مناطق میزان و زمان مصرف آب مطلوب نمی‌باشد. مدیریت منابع آب برای کاهش قسمتی از هزینه‌های تولید و نیز افزایش عملکرد ضروری است. اصولا زمان و تعداد آبیاری به میزان بارش فصلی و ظرفیت نگهداری آب خاک در زمان کاشت بستگی دارد. آبیاری تکمیلی یکی از راه‌های افزایش عملکرد گندم می‌باشد که در واقع می‌تواند اثرات تغییرات سالانه بارش را کاهش داده و ثبات عملکرد را بهبود بخشد (هنگ و همکاران، ۲۰۰٦؛ آرورا و گاجری، ۱۹۹۸). تأخیر در زمان آبیاری منجر به ایجاد تنش آب و نهایتا کاهش عملکرد محصول می‌گردد. برای بهبود عملکرد محصول در کشت‌های آبی، آبیاری‌ها باید به نحوی تنظیم شوند که تبخیر از خاک و زهکشی آب کاهش یابند و زمان وقوع تنش آب با دوره‌های حساس رشد مواجه نشود (آرورا و گاجری، ۱۹۹۸).

بنابراین هدف از این مطالعه عبارت بود از: (۱) ایجاد سناریوهای مختلف تحت رژیم‌های مختلف آبیاری جهت تعیین عملکردهای قابل حصول و پتانسیل با استفاده از مدل CropSyst و تعیین رژیم آبیاری مطلوب، (۲) تعیین خلا بین عملکردهای قابل حصول و عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده و ارزیابی نقش رژیم آبیاری در ایجاد خلا عملکرد، (۳) محاسبه خلا بین عملکردهای واقعی و عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده با مدل و ارزیابی نقش رژیم‌های آبیاری در ایجاد خلا عملکرد تحت شرایط مزرعه.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

شبیه‌سازی عملکرد با مدل CropSyst: برای اجرای مدل به چهار ورودی شامل آمار هواشناسی روزانه، پارامترهای گیاهی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و عملیات مدیریت زراعی نیاز است. آمار هواشناسی روزانه شامل دمای حداکثر، دمای حداقل، تشعشع خورشیدی و بارندگی می‌باشد. پارامترهای گیاهی مربوط به گندم رقم تجن که توسط سلطانی و همکاران (۲۰۱۰) تخمین و گزارش شده بودند، در مدل استفاده شد. در این مدل از خصوصیات خاک متداول منطقه گزارش شده توسط زینلی (۲۰۰۹) استفاده شد (جدول ۱). از عملیات زراعی مرسوم در منطقه که از مطالعات پیمایشی در مزارع مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷ و از مطالعه زینلی (۲۰۰۹) به‌دست آمده بود، در مدل استفاده شد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مرسوم منطقه مورد مطالعه (زینلی، ۲۰۰۹).

عمق خاک (سانتی‌متر)	شن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)	میزان آب خاک (مترمکعب بر مترمکعب) (۱/۵- مگاپاسکال)	(۰/۰۳- مگاپاسکال)	اشباع
۰-۱۵	۱٤	۳٤	۵۲	۱/۲۷۹	۰/۱۸۸	۰/۳۵۸	۰/۵۱۷
۱۵-۳۰	۱۳	۳٦	۵۱	۱/۲٦۹	۰/۲۰۰	۰/۳٦۹	۰/۵۲۱
۳۰-٦۰	۱۱	۳۹	۵۰	۱/۲۵۳	۰/۲۱۹	۰/۳۸۷	۰/۵۲۷
٦۰-۹۰	۹	٤۵	٤٦	۱/۲۲۸	۰/۲۵۸	۰/٤۲۲	۰/۵۳٦
۹۰-۱۲۰	۹	٤۸	٤۳	۱/۲۱۹	۰/۲۷۸	۰/٤۳۸	۰/۵٤۰

عمق خاک (سانتی‌متر)	هدایت هیدرولیکی اشباع (متر بر روز)	میزان رطوبت اولیه خاک (مترمکعب بر مترمکعب)	NO3-N (کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)	NH4-N (کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)	ماده آلی خاک (درصد)	شوری (دسی‌زیمنس برمتر)
۰-۱۵	۰/۱۰۰	۰/۳۳۹	۱۱	٤/٤	۲/۰۹	۰/٦۹
۱۵-۳۰	۰/۰۹۱	۰/۳٦٤	۸	۳/٦	۱/۷۸	۰/٦۹
۳۰-٦۰	۰/۰۸۲	۰/۳۸۲	٦	٦/٤	۱/۱٦	۰/۷۱
٦۰-۹۰	۰/۰٦۸	۰/۳۰۲	٤	۵/۲	۰/٤۸	۰/۸۰
۹۰-۱۲۰	۰/۰٦۳	۰/۳۳۵	۳	٤/٤	۰/۳۱	۰/۹۹

Archive of SID

www.SID.ir

برای بررسی نقش رژیم‌های آبیاری در ایجاد خلا عملکرد، ابتدا شبیه‌سازی‌های عملکرد قابل حصول در رژیم‌های مختلف آبیاری در یک دوره ٤٠ ساله (١٣٨٧–١٣٤٨) تحت شرایط گرگان انجام شد. رژیم‌های آبیاری شامل رژیم یک‌بار آبیاری بود که آبیاری در یکی از مراحل قبل از گلدهی (B)، در گلدهی (F) یا بعد از گلدهی (A) انجام شد، رژیم دوبار آبیاری که در زمان‌های قبل و در گلدهی (BF)، قبل و بعد از گلدهی (BA) و در گلدهی و بعد از گلدهی (FA) آبیاری انجام شد، و رژیم سه‌بار آبیاری که در هر سه مرحله قبل از گلدهی، گلدهی و بعد از گلدهی (BFA) آبیاری صورت گرفت. همچنین یک تیمار به‌عنوان بدون آبیاری (N) در نظر گرفته شد. در رژیم‌های یک‌بار آبیاری میزان آب آبیاری حدود ٧٠ میلی‌متر، در رژیم‌های دوبار آبیاری میزان آب آبیاری در مرحله اول و دوم به‌ترتیب حدود ٦٠ و ٧٠ میلی‌متر، و در رژیم سه‌بار آبیاری میزان آب آبیاری در دو مرحله اول حدود ٦٠ میلی‌متر و در مرحله سوم حدود ٧٠ میلی‌متر بود. شبیه‌سازی‌ها در تاریخ کاشت ١٠ دسامبر (٢٠ آذر) و با تراکم ٤٥٠ بوته در مترمربع انجام شد. میزان کود نیتروژن مصرفی ١٠٠ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که در سه مرحله، ٢٥ کیلوگرم نیتروژن در هکتار قبل از کاشت و مابقی آن در دو قسمت مساوی در ٦٠ و ٩٠ روز پس از کاشت، استفاده شد. در پایان شبیه‌سازی از رویه PROC ANOVA نرم‌افزار SAS برای تجزیه واریانس میزان عملکرد قابل‌حصول در سطوح مختلف رژیم‌های آبیاری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. برای مقایسه میانگین سطوح مختلف رژیم‌های آبیاری جهت تعیین بهترین سطح رژیم آبیاری از LSD یا حدود اطمینان (٢SE) و نیز مقایسه ضریب تغییرات (CV) عملکرد شبیه‌سازی شده طولانی مدت هر یک از سطوح این عوامل استفاده شد (سلطانی، ٢٠٠٧).

ارزیابی خلا عملکرد ناشی از آبیاری در شبیه‌سازی: میزان خلا عملکرد ناشی از آبیاری به‌صورت اختلاف بین حداکثر عملکرد قابل‌حصول تخمین زده شده تحت شرایط مطلوب و غیرمطلوب به‌دست آمد. به‌دلیل این‌که در این شبیه‌سازی‌ها کلیه عوامل مدیریتی مورد مطالعه، به استثنای آبیاری، ثابت بود، بنابراین تغییرات عملکرد یا خلا عملکرد به تغییرات سطوح مختلف آبیاری بستگی دارد. برای بررسی روند تغییرات عملکرد سطوح مختلف آبیاری در طول شبیه‌سازی بلندمدت از منحنی توزیع فراوانی تجمعی استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی خلا عملکرد ناشی از آبیاری در مزارع مورد مطالعه: برای بررسی میزان دامنه تغییرات رژیم‌های آبیاری در مزارع مورد مطالعه از منحنی توزیع فراوانی تجمعی استفاده شد. با استفاده از این منحنی و میزان مطلوب تخمین زده شده رژیم آبیاری از طریق مدل، مشخص شد که در کل مزارع مورد مطالعه، چند درصد از کشاورزان از رژیم آبیاری مطلوب فاصله داشته‌اند که وجود این فاصله می‌توانست باعث ایجاد خلا عملکرد شده باشد. برای ارزیابی دامنه تغییرات خلا عملکرد در مزارع مورد مطالعه، اختلاف بین حداکثر عملکرد قابل‌حصول تخمین زده شده در شبیه‌سازی و عملکرد واقعی مزارع مختلف در سال‌های ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷ محاسبه و سپس با دامنه تغییرات خلا عملکرد شبیه‌سازی بلند مدت مقایسه شدند.

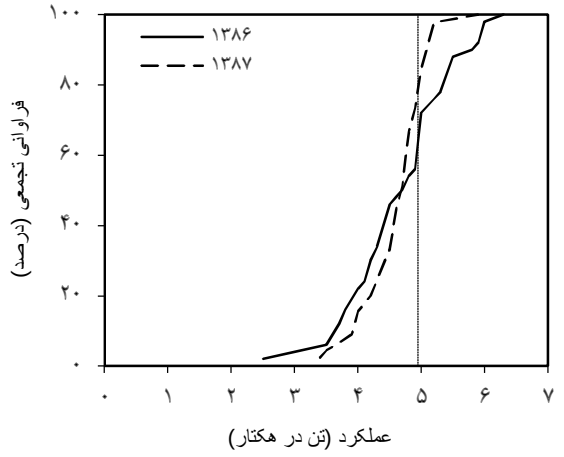
نتایج و بحث

ارزیابی عملکرد و رژیم‌های آبیاری در مزارع: ارزیابی مزارع نشان داد که در سال ۱۳۸٦ دامنه تغییرات عملکرد بین ۲/۵ تا ٦/۳ تن در هکتار و با میانگین عملکرد ٤/۷ تن در هکتار و در سال ۱۳۸۷ بین ۳/٤ تا ۵/۹ تن در هکتار و با میانگین ٤/٦ تن در هکتار بود (شکل ۱). همچنان که در شکل ۱ نشان داده شده، حدود ۵۰ درصد از عملکردهای واقعی در سال ۱۳۸٦ بین ٤/۱ تا ۵/۲ تن در هکتار و در سال ۱۳۸۷ بین ٤/۳ تا ٤/۹ تن در هکتار قرار داشتند. یکی از دلایل تغییر در عملکرد مزارع می‌توانست به‌دلیل تغییرات در رژیم‌های آبیاری مربوط باشد.

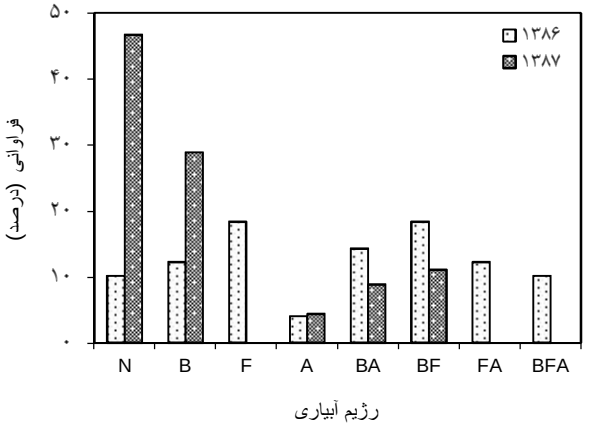
ارزیابی مزارع در مورد رژیم‌های آبیاری نشان داد در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸٦ هشت رژیم آبیاری (N، B، F، A، BA، BF، FA و BFA) و در سال ۱۳۸۷ پنج رژیم آبیاری (N، B، A، BA و BF) توسط کشاورزان مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). در سال ۱۳۸٦ بیشتر کشاورزان از رژیم آبیاری BF و F استفاده کردند. در حالی که در سال ۱۳۸۷ به‌دلیل میزان بارندگی بالاتر در طول فصل رشد (۲٦۰ میلی‌متر در سال ۱۳۸۷ در برابر ۱۸۲ میلی‌متر در سال ۱۳۸٦) بیشتر کشاورزان مزارع خود را آبیاری نکردند و در بین مزارع آبیاری شده رژیم آبیاری BF بیشتر از سایر رژیم‌های آبیاری استفاده شده بود.

Archive of SID

www.SID.ir



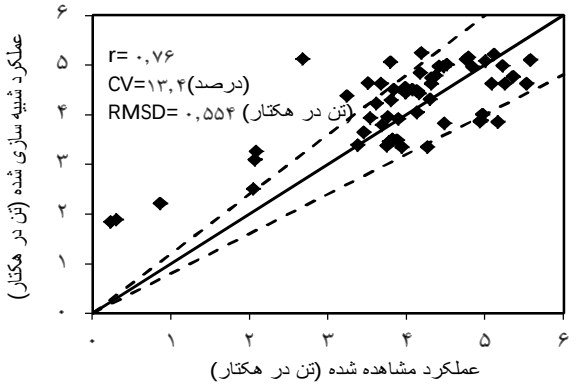
شکل ۱- توزیع فراوانی عملکرد در مزارع مختلف در سال‌های ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷. خط عمودی بالاترین عملکرد پتانسیل شبیه‌سازی شده در رژیم آبیاری BFA (آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی) است.



شکل ۲- درصد فراوانی رژیم‌های آبیاری در مزارع مختلف گندم در دو سال مطالعه ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷. (رژیم‌های آبیاری شامل N، عدم آبیاری؛ B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در مرحله گلدهی؛ A، آبیاری پس از گلدهی؛ BA، آبیاری قبل و پس از گلدهی؛ BF، آبیاری قبل از گلدهی و در مرحله گلدهی؛ FA، آبیاری در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی؛ BFA، آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی هستند).

www.SID.ir

آنالیز شبیه‌سازی عملکرد در رژیم‌های مختلف آبیاری: ارزیابی مدل CropSyst تحت شرایط گرگان نشان داده است که مدل می‌تواند به خوبی رشد و عملکرد گندم را در این شرایط پیش‌بینی کند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج ارزیابی مدل نشان داد RMSD برای عملکرد دانه برابر ۰/۵۵٤ تن در هکتار (۱۳/٤ درصد میانگین عملکرد مشاهده شده) می‌باشد. همچنین ضریب همبستگی عملکردهای مشاهده شده و پیش بینی شده برابر ۰/۷٦ بود. همچنان که در شکل ۳ نشان داده شده، بیش از ۸۰ درصد از عملکردهای شبیه‌سازی شده نسبت به عملکردهای مشاهده شده کمتر از ۱۸ درصد اختلاف دارند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۳- مقادیر عملکرد مشاهده شده در برابر عملکرد شبیه‌سازی شده با مدل CropSyst در گندم. خطوط ممتد و نقطه چین به‌ترتیب نشان دهنده خطوط ۱:۱/۲، ۱:۱ و ۱:۰/۸ هستند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین رژیم‌های آبیاری از نظر میزان عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱ وجود داشت (جدول ۲). دامنه حداقل عملکرد قابل‌حصول بین رژیم‌های مختلف آبیاری در طول ٤۰ سال شبیه‌سازی بین ۲/٦ تا ٤/۳، دامنه حداکثر عملکرد بین ۵/۰ تا ۵/٦ و دامنه متوسط عملکرد بین ٤/۰۵ تا ٤/۹٤ تن در هکتار متغیر بودند (جدول ۳). مقایسه متوسط عملکردهای قابل‌حصول بین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد رژیم آبیاری N دارای کمترین میزان عملکرد و رژیم آبیاری BFA با عملکرد ٤/۹٤ تن در هکتار دارای بالاترین عملکرد بود. ضریب تغییرات عملکرد در طول شبیه‌سازی بلندمدت برای رژیم آبیاری N حدود ۱۳/۱ درصد و برای رژیم آبیاری BFA حدود ۵/۲۷ درصد بود (جدول ۳). میزان افزایش عملکرد از رژیم بدون آبیاری (N) به رژیم یک‌بار

www.SID.ir

آبیاری (B، F و A) حدود ٤/٨ تا ١٤/٠ درصد بود. رژیم آبیاری A افزایش عملکرد کمتری را نسبت به دو رژیم آبیاری دیگر نشان دادند. در رژیم‌های دوبار آبیاری نسبت به رژیم بدون آبیاری عملکرد به میزان ١٤/٦ تا ١٩/٤ درصد افزایش داشت که کمترین درصد افزایش عملکرد مربوط به رژیم آبیاری FA بود. این افزایش عملکرد برای رژیم آبیاری BFA حدود ٢٢ درصد بود. همچنان که مشاهده می‌شود با اعمال یک‌بار آبیاری، میزان عملکرد رژیم B و F به میزان زیادتری نسبت به رژیم آبیاری A افزایش یافته است که این موضوع بیانگر مؤثرتر بودن زمان آبیاری رژیم B و F نسبت به رژیم آبیاری دیگر است. در رژیم دوبار آبیاری، آبیاری در مراحل B و F یا B و A از آبیاری در مراحل F و A مهم‌تر هستند. به‌نظر می‌رسد که رژیم‌های آبیاری BF و BA به‌طور مؤثرتری می‌تواند از ایجاد تنش خشکی که عاملی برای کاهش عملکرد است، جلوگیری کند. به هر حال با استفاده از جدول ٣ می‌توان استنباط کرد که با افزایش تعداد آبیاری میزان عملکرد افزایش می‌یابد اما شیب این افزایش حالت نزولی دارد. به‌این معنی که افزایش عملکرد بین رژیم بدون آبیاری (N) و یک‌بار آبیاری حداکثر ١٤/٠ درصد، این میزان افزایش بین یک‌بار آبیاری و دوبار آبیاری حداکثر ٥/٤ درصد و بین دوبار آبیاری و سه بار آبیاری ٢/٦ درصد بود. به هر حال با توجه به میزان عملکرد به دست آمده و ضریب تغییرات عملکرد برای این رژیم‌های آبیاری، نشان داده شد که تیمار آبیاری BFA می‌تواند به‌عنوان رژیم آبیاری مطلوب در نظر گرفته شود.

جدول ٢- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای عملکرد، متوسط شاخص تنش آب در طول دوره رشد، تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی (PAR دریافتی) و تعرق شبیه‌سازی شده در رژیم‌های مختلف آبیاری.

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	شاخص تنش آب	PAR دریافتی	تعرق
تکرار (سال)	٣٩	٤٣/٤٥***	٠/٣٦٧٦***	١٧٩٠٦٤/٦***	٣٣٣٠٠٩/٨***
رژیم آبیاری	٧	٢٥/٨٢***	٠/٢١٤٢***	١٠١٥٩٤٥/١***	٢٢٢١٩١/٩***
خطا	٢٧٣	٨/٨١	٠/٠٥٨١	٩٤٦٧٨/٦	٤٤٠٨١/٧
ضریب تغییرات (درصد)	-	٣/١٩	١٩/٥٥	٢/٦٣	٣/٤٧

*** معنی‌دار در سطح احتمال ٠/٠٠١

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- حداقل، متوسط، حداکثر و ضریب تغییرات عملکرد (تن در هکتار) در طول ٤٠ سال شبیه‌سازی در رژیم‌های مختلف آبیاری.

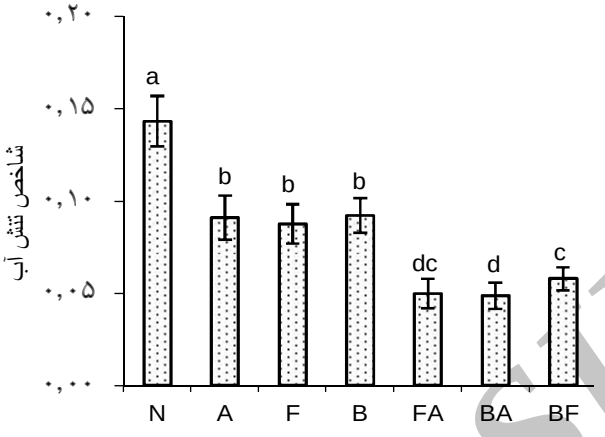
رژیم آبیاری	حداقل	متوسط	حداکثر	ضریب تغییرات
N	۲/٦	٤/۰٥^{f}	٥/۰	۱۳/۱۰
B	۳/٦	٤/٦۲^{cd}	٥/۳	۷/٤٥
F	۳/۳	٤/٥٤^{d}	٥/۳	۹/۱۱
A	۲/۷	٤/۲٤^{e}	٥/۱	۱۳/٦۲
BA	۳/۸	٤/۸۰^{b}	٥/٥	٦/۸۸
BF	٤/۱	٤/۸٤^{b}	٥/٤	٥/٦۲
FA	۳/٤	٤/٦٤^{c}	٥/٥	۹/۲٥
BFA	٤/۳	٤/۹٤^{a}	٥/٦	٥/۲۷

N، عدم آبیاری؛ B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در مرحله گلدهی؛ A، آبیاری پس از گلدهی؛ BA، آبیاری قبل و پس از گلدهی؛ BF، آبیاری قبل از گلدهی و در مرحله گلدهی؛ FA، آبیاری در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی؛ BFA، آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی.

علت تفاوت عملکرد بین رژیم‌های مختلف آبیاری به دوام سطح برگ مرتبط می‌باشد. در محیط‌هایی که دارای خشکی انتهای فصل هستند دوام سطح برگ کاهش می‌یابد و همین امر باعث کاهش دریافت تشعشع و میزان آب تعرق یافته و نهایتا کاهش رشد می‌شود (دبائک و آبودرار، ۲۰۰٤). همچنان که در شکل ٤ نشان داده شده است رژیم آبیاری N با متوسط شاخص تنش آب ۰/۱٤۳ در طول فصل رشد دارای حداکثر میزان است که با انجام یک‌بار آبیاری متوسط شاخص تنش آب به میزان ۳٥/٦ تا ۳۸/۹ درصد کاهش یافت و به ۰/۰۸۷ تا ۰/۰۹۲ رسید که این میزان کاهش معنی‌دار بود. میزان کاهش تنش آب در رژیم‌های آبیاری BF، BA و FA نسبت به رژیم بدون آبیاری (N) به‌میزان زیادتری کاهش یافت، به‌طوری که این میزان کاهش حدود ٥۹/٦ تا ٦٦/۰ درصد بود و به ۰/۰٤۹ تا ۰/۰٥۸ رسید. با انجام سه بار آبیاری میزان شاخص تنش آب حدود ۸۰/٦ درصد نسبت به رژیم بدون آبیاری کاهش نشان داد و مقدار آن به ۰/۰۲۸ رسید. بنابراین می‌توان انتظار داشت که با تنظیم میزان و زمان آبیاری بتوان میزان شاخص تنش آب را در طول فصل رشد به میزان زیادی کاهش داد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- متوسط شاخص تنش آب شبیه‌سازی شده در طول فصل رشد در رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط گرگان. ستون‌ها نشان دهنده دو برابر خطای معیار هستند. (رژیم‌های آبیاری شامل N، عدم آبیاری؛ B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در مرحله گلدهی؛ A، آبیاری پس از گلدهی؛ BA، آبیاری قبل و پس از گلدهی؛ BF، آبیاری قبل از گلدهی و در مرحله گلدهی؛ FA، آبیاری در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی؛ BFA، آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی هستند).

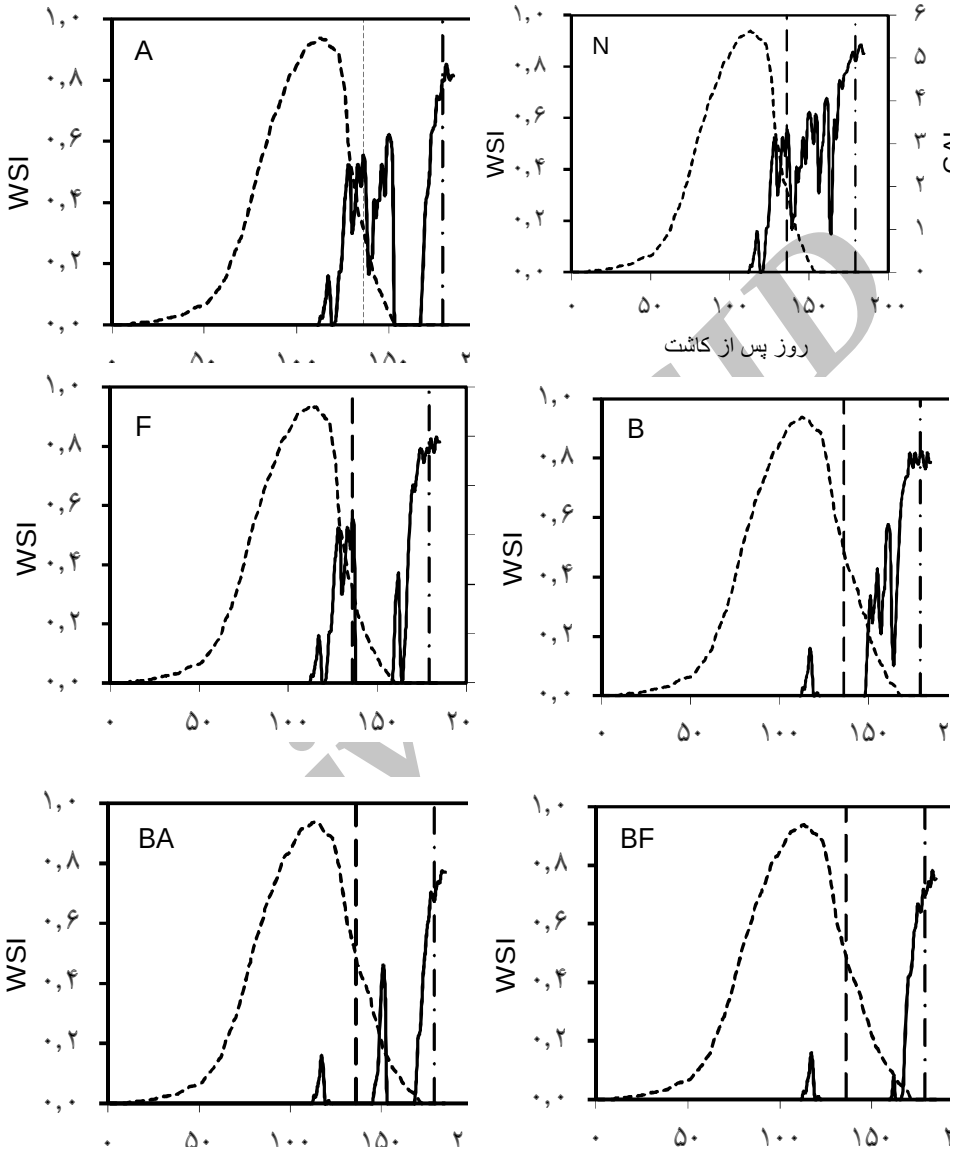
بررسی دقیق‌تر نتایج نشان داد شروع تنش خشکی انتهای فصل در بیشتر سال‌های شبیه‌سازی از اواسط فروردین ماه شروع می‌شود. این در حالی است که زمان گلدهی تقریبا در نیمه اول اردیبهشت ماه صورت می‌گیرد. نمونه‌ای از روند تغییرات تنش آب و شاخص سطح سبز نسبی در طول فصل رشد (شاخص سطح سبز در طول فصل رشد نسبت به حداکثر مقدار آن) در سال زراعی ۲۰۰٦- ۲۰۰۵ برای رژیم‌های مختلف آبیاری در شکل ۵ آورده شده است. در رژیم بدون آبیاری (N) با پیشروی به انتهای فصل شاخص تنش آب با روند افزایشی ادامه می‌یابد که این تنش باعث اختلال در گرده‌افشانی و کاهش میزان و دوام سطح سبز برگ می‌گردد. اختلال در گرده‌افشانی از طریق کاهش تشکیل تعداد دانه منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. کاهش میزان و دوام سطح سبز برگ همچنین از طریق کاهش دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی تولید ماده خشک را کاهش داده و از این طریق میزان انتقال مجدد مواد جهت پرشدن دانه‌ها کاهش خواهد یافت که نتیجه این امر کاهش میزان عملکرد می‌باشد. وجود یک‌بار آبیاری می‌تواند تا حدودی اثرات منفی تنش کمبود آب را مرتفع سازد. انجام آبیاری بعد از گلدهی (A) میزان شاخص سطح سبز را کاهش نداد ولی می‌تواند تا حدودی از میزان

Archive of SID
www.SID.ir

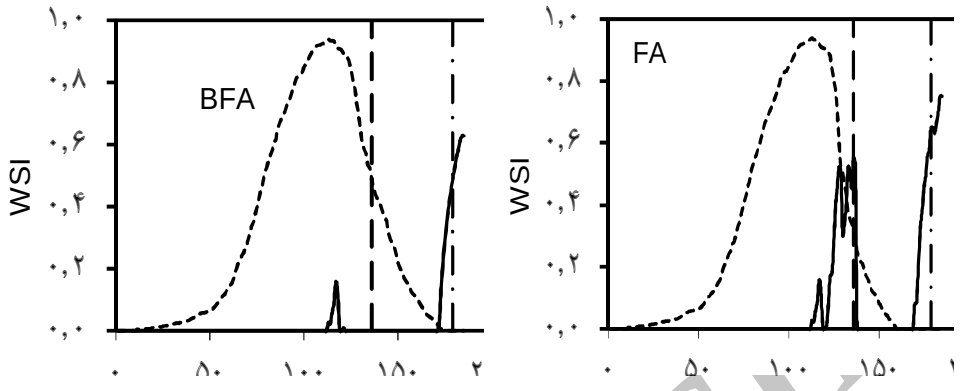
چروکیده شدن دانه‌ها جلوگیری کند و باعث افزایش وزن دانه‌ها و عملکرد نهایی گردد. آبیاری در مرحله گلدهی (F) نیز می‌تواند تا حدودی از کاهش میزان و دوام سطح سبز برگ جلوگیری کند و همچنین باعث جلوگیری از کاهش تشکیل تعداد دانه شود، اما از اواسط دوره پرشدن دوباره تنش کمبود آب شروع می‌شود که در صورت عدم بارندگی می‌تواند باعث چروکیده شدن دانه‌ها شود. آبیاری قبل از گلدهی (B) می‌تواند از اختلال در گرده‌افشانی و نیز کاهش تشکیل تعداد دانه جلوگیری کند. همچنین این رژیم آبیاری از کاهش دوام سطح سبز برگ جلوگیری کرده و باعث افزایش دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی و تولید ماده خشک می‌گردد، اما در اواسط مرحله پر شدن دانه وجود تنش آب می‌تواند باعث کاهش وزن دانه و نهایتا کاهش عملکرد نهایی گردد (اویس و همکاران، ۱۹۹۸؛ هنگ و همکاران، ۲۰۰۶). رژیم آبیاری FA نیز از طریق کاهش تنش کمبود آب در مرحله گرده افشانی تا اواخر پرشدن دانه می‌تواند عملکرد را افزایش دهد، اما شدت کاهش تنش آب در رژیم‌های آبیاری BF و BA بیشتر بود. این دو رژیم آبیاری میزان تنش آب را از مرحله قبل از گلدهی کاهش دادند که در نتیجه دوام سطح سبز برگ و احتمالاً تعداد دانه افزایش یافته است. آبیاری در مرحله گلدهی یا بعد از آن می‌تواند تا حدودی تنش‌خشکی را در طول دوره پر شدن دانه کاهش دهد و از کاهش وزن دانه جلوگیری کند و در نهایت عملکرد افزایش خواهد یافت. رژیم آبیاری BFA تنش کمبود آب را در قبل از گلدهی تا اواخر پرشدن دانه کاهش می‌دهد که این امر موجب جلوگیری از کاهش میزان و دوام سطح سبز برگ و نیز باعث عدم اختلال در گرده‌افشانی می‌شود. در این رژیم آبیاری میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی (شکل ٦ الف) و تولید ماده خشک بیشتر از سایر رژیم‌های آبیاری بود و همچنین به‌دلیل عدم اختلال در گرده افشانی تعداد دانه تشکیل شده بیشتر است. همچنین به‌دلیل عدم تنش آب در طول دوره پرشدن دانه، دانه‌ها دچار چروکیدگی نخواهند شد. بنابراین انتظار می‌رود تحت چنین شرایطی عملکرد نهایی افزایش یابد.

Archive of SID

www.SID.ir



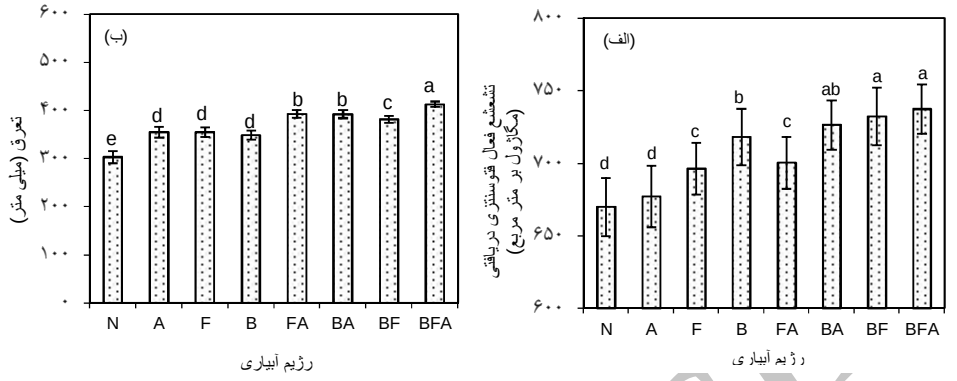
www.SID.ir



شکل ۵- روند تغییرات تنش کمبود آب (WSI؛ منحنی خط ممتد) و شاخص سطح سبز برگ (GAI؛ منحنی نقطه چین) در طول فصل رشد سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸٤ در رژیم‌های مختلف آبیاری. خطوط عمودی از چپ به راست به‌ترتیب نشان دهنده تاریخ گلدهی و رسیدگی گندم هستند.

نکته قابل توجه این است که با وجود این‌که تنش آب در برخی از رژیم‌های آبیاری باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار از لحاظ تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی نشده است (شکل ٦ الف)، اما عملکرد نهایی را کاهش داده است. به‌عنوان مثال بین رژیم‌های آبیاری BFA، BF و BA از لحاظ تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی از لحاظ میزان عملکرد دانه اختلاف داشتند. در چنین شرایطی وجود تنش آب در قبل از گلدهی و یا کمی بعد از آن ممکن است به حدی نباشد که میزان سطح برگ و دریافت تشعشع را کاهش دهد، بلکه از طریق بسته شدن روزنه‌ها می‌تواند باعث کاهش تثبیت CO_2 و کاهش عملکرد گردد (سلطانی و گالشی، ۲۰۰۲). همچنین در برخی از شرایط تنش کمبود آب که در اواسط پر شدن دانه اتفاق می‌افتد، ممکن است از طریق کاهش انتقال دوباره مواد ذخیره‌ای و وزن دانه باعث کاهش عملکرد گردد. میزان تعرق در رژیم‌های آبیاری مختلف می‌تواند تأیید کننده مطلب فوق باشد. در رژیم‌های آبیاری BFA، BF و BA که میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند، میزان تعرق اختلاف معنی‌داری نشان داد، به‌طوری که بالاترین میزان تعرق در رژیم آبیاری BFA انجام شد (شکل ٦ ب). در واقع می‌توان اظهار کرد که تحت چنین شرایطی زمانی بالاترین میزان تعرق صورت می‌گیرد که روزنه‌ها به‌طور کامل باز باشند، که نهایتا این امر باعث افزایش ورود CO_2 به برگ و افزایش عملکرد خواهد شد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که تنش آب در دو رژیم آبیاری دیگر به حدی نبوده که سطح برگ را کاهش دهد بلکه فقط باعث بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش تثبیت CO_2 گشته است (سلطانی، ۲۰۰۹).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٦- متوسط میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی (الف) و تعرق انجام شده (ب) در طول فصل رشد در شبیه‌سازی بلند مدت برای رژیم‌های مختلف آبیاری. (رژیم‌های آبیاری شامل N، عدم آبیاری؛ B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در مرحله گلدهی؛ A، آبیاری پس از گلدهی؛ BA، آبیاری قبل و پس از گلدهی؛ BF، آبیاری قبل از گلدهی و در مرحله گلدهی؛ FA، آبیاری در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی؛ BFA، آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی هستند).

ارزیابی خلا عملکرد ناشی از رژیم‌های آبیاری در شبیه‌سازی: در این مطالعه برای ارزیابی خلا عملکرد از عملکرد قابل‌حصول در رژیم آبیاری BFA استفاده شد. اختلاف حداکثر عملکرد قابل‌حصول با عملکرد قابل‌حصول در رژیم‌های آبیاری N، B، F، A، FA، BA و BF به‌عنوان خلا عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد میانگین خلا عملکرد شبیه‌سازی شده طولانی مدت برای رژیم‌های مختلف آبیاری بین ۰/۱۱ تا ۰/۸۹ تن در هکتار قرار داشت (جدول ٤). کمترین و بیشترین متوسط خلا عملکرد به‌دست آمده در طول ٤٠ سال شبیه‌سازی در رژیم آبیاری N و BF به‌دست آمدند. این امر نشان می‌دهد با تغییر در میزان و زمان آبیاری نسبت به رژیم آبیاری BFA تنش آب ممکن است در مراحل حساس رشد گیاه حادث شود، در نتیجه بسته شدن نسبی یا کامل روزنه‌ها و کاهش سطح برگ اتفاق خواهد افتاد. نتیجه این امر کاهش ورود CO_2 به داخل برگ، کاهش میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی و میزان تعرق و نهایتا کاهش عملکرد خواهد بود.

نتایج نیز نشان داد تغییرات عملکرد و خلا عملکرد در بین سال‌های مختلف شبیه‌سازی برای رژیم‌های مختلف آبیاری متغیر می‌باشد (شکل ۷ الف و ب). تغییرات عملکرد و خلا عملکرد در بین سال‌های مختلف به تغییرات عوامل اقلیمی در بین سال‌های مختلف بستگی دارد. این تغییرات در بین

Archive of SID
www.SID.ir

سال‌های مختلف به کل آب دریافت شده توسط گیاه (مجموع میزان بارندگی و آبیاری) بستگی دارد. برای رژیم بدون آبیاری (N) در سال‌هایی که میزان بارندگی کم می‌باشد، کل آب دریافتی توسط گیاه کاهش می‌یابد در نتیجه میزان تنش خشکی در فصل رشد گیاه افزایش می‌یابد که این امر منجر به کاهش عملکرد می‌گردد؛ برعکس در سال‌های پرباران به‌دلیل افزایش میزان آب دریافتی توسط گیاه و کاهش تنش خشکی میزان عملکرد افزایش بیشتری خواهد یافت. هرچه تعداد و زمان آبیاری مناسب‌تر شود میزان تنش خشکی در طول فصل رشد کاهش خواهد یافت و نقش بارندگی در کاهش تنش خشکی و افزایش عملکرد کمتر خواهد شد. به همین دلیل تغییرات عملکرد در بین سال‌های مختلف از رژیم بدون آبیاری به سمت سه بار آبیاری کمتر خواهد شد (شکل ۷ الف). با توجه به این که رژیم آبیاری BFA کمترین دامنه تغییرات عملکرد را در بین سال‌های مختلف دارد، بنابراین انتظار می‌رود هر چه دامنه تغییرات عملکرد در سایر رژیم‌های آبیاری بیشتر باشد، دامنه تغییرات خلا عملکرد بین آن‌ها و رژیم آبیاری BFA بیشتر خواهد بود (جدول ٤ و شکل ۷ ب). بیشترین میزان تغییرات عملکرد در رژیم‌های آبیاری N و A به‌ترتیب حدود ۱/۵۹ و ۱/۵۲ تن در هکتار و کمترین آن حدود ۰/۲۲ تن در هکتار در رژیم آبیاری BF مشاهده شد. به هر حال برای کاهش دامنه خلا عملکرد لازم است میزان و زمان آبیاری را با توجه به میزان و زمان وقوع بارندگی در هر سال به‌طور جداگانه تنظیم کرد.

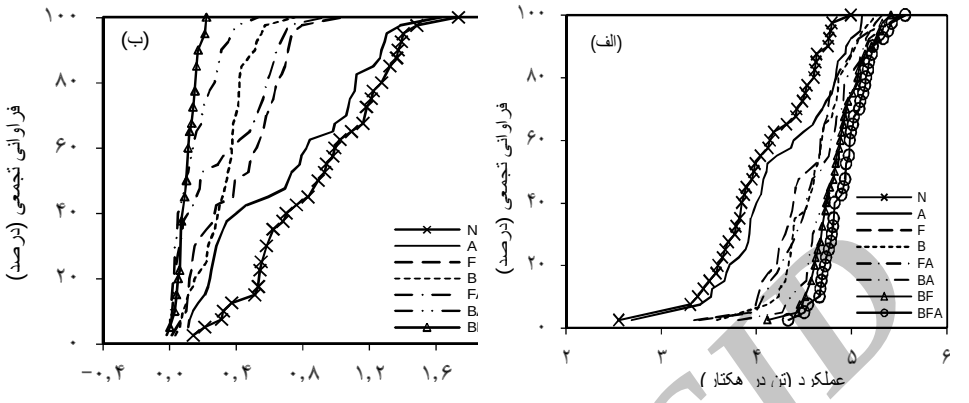
جدول ٤- حداقل، متوسط، حداکثر خلا عملکرد (تن در هکتار) در طول ٤٠ سال شبیه‌سازی در رژیم‌های مختلف آبیاری.

برنامه آبیاری	حداقل	متوسط	حداکثر
N	۰/۱٤	۰/۸۹	۱/۷۳
A	۰/۱۱	۰/۷۰	۱/٦۳
B	۰/۰۳	۰/۳۲	۰/۷۵
F	۰/۰۱	۰/٤۱	۱/۰۳
FA	-۰/۰۲	۰/۳۰	۰/۹۳
BA	۰/۰۱	۰/۱٤	۰/۵۳
BF	۰/۰	۰/۱۱	۰/۲۲
BFA	۰	۰	۰

N، عدم آبیاری؛ B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در مرحله گلدهی؛ A، آبیاری پس از گلدهی؛ BA، آبیاری قبل و پس از گلدهی؛ BF، آبیاری قبل از گلدهی و در مرحله گلدهی؛ FA، آبیاری در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی؛ BFA، آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷- توزیع فراوانی تجمعی عملکرد شبیه سازی شده (الف) و خلا عملکرد آن‌ها (ب) در رژیم‌های مختلف آبیاری. (رژیم های آبیاری شامل N، عدم آبیاری؛ B، آبیاری قبل از گلدهی؛ F، آبیاری در مرحله گلدهی؛ A، آبیاری پس از گلدهی؛ BA، آبیاری قبل و پس از گلدهی؛ BF، آبیاری قبل از گلدهی و در مرحله گلدهی؛ FA، آبیاری در مرحله گلدهی و بعد از گلدهی؛ BFA، آبیاری در قبل از گلدهی، در مرحله گلدهی و پس از گلدهی هستند.)

ارزیابی خلا عملکرد ناشی از آبیاری در مزارع مورد بررسی: مقایسه عملکرد مزارع مورد مطالعه و متوسط عملکرد شبیه‌سازی شده در رژیم آبیاری مطلوب نشان داد که در سال ۱۳۸٦ حدود ٥٦ درصد و در سال ۱۳۸۷ حدود ۷۳ درصد از کشاورزان عملکرد کمتری را نسبت به متوسط عملکرد شبیه‌سازی شده به‌دست آورده بودند (شکل ۱). همچنین ارزیابی رژیم‌های آبیاری در مزارع کشاورزان نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸٦ حدود ۱۰ درصد از کشاورزان از رژیم آبیاری مطلوب BFA استفاده کردند، در حالی که در سال ۱۳۸۷ هیچ یک از کشاورزان از این رژیم آبیاری استفاده نکردند (شکل ۱). بنابراین انتظار می‌رود کشاورزان با اتخاذ رژیم مدیریتی مناسب بتوانند خلا عملکرد حاصله را کاهش دهند. به‌نظر می‌رسد عدم استفاده از این آبیاری توسط کشاورزان مربوط به عدم آگاهی کشاورزان از تأثیر آبیاری و یا عدم دسترسی آن‌ها به آب آبیاری باشد.

با توجه به رژیم‌های آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در سال ۱۳۸٦ و ۱۳۸۷ (شکل ۲) و نیز با توجه به میزان خلا عملکرد تخمین زده شده (شکل ۷ ب) می‌توان استنباط کرد که در هر دو سال میزان خلا عملکرد احتمالا بین صفر تا ۱/۷۳ تن در هکتار قرار دارد که با استفاده از رژیم آبیاری مطلوب می‌توان این خلا عملکرد را برطرف نمود. این در حالی بود که میزان خلا عملکرد در مزارع (اختلاف بین عملکرد شبیه‌سازی شده در رژیم آبیاری مطلوب و عملکرد کشاورزان) در سال ۱۳۸٦ و

Archive of SID
www.SID.ir

۱۳۸۷ به‌ترتیب بین ۱/۳٦- تا ۲/٤٤ و ۰/۹۱- تا ۱/۵۲ تن در هکتار قرار داشت. علت تفاوت میزان و دامنه تغییرات خلا عملکرد در مزارع با میزان دامنه تغییرات خلا عملکرد تخمین زده شده توسط مدل علاوه‌بر وجود رژیم آبیاری نامناسب در مزارع به‌دلیل تغییرات در استفاده از میزان آب آبیاری، کود نیتروژن، رقم، بافت خاک، عمق خاک، تراکم و سایر عوامل دیگر در شرایط مزرعه و شبیه‌سازی می‌باشد. به‌عنوان مثال میزان آب آبیاری توسط کشاورزان در هر بار آبیاری ممکن است نسبت به میزان آب آبیاری در حالت شبیه‌سازی کمتر و یا بیشتر باشد که در این صورت می‌تواند میزان خلا عملکرد را بیشتر و یا کمتر کند، به‌طور مشابه تغییر در زمان آبیاری می‌تواند به‌طور معنی‌داری میزان خلا عملکرد را تغییر دهد.

نتیجه‌گیری

بررسی رژیم‌های آبیاری در مزارع مورد مطالعه نشان داد که در سال ۱۳۸٦ حدود ۱۰ درصد از کشاورزان از رژیم آبیاری BFA استفاده کرده بودند، اما در سال ۱۳۸۷ هیچ یک از کشاورزان از این رژیم آبیاری استفاده نکردند. میزان خلا بین عملکرد حاصل از رژیم آبیاری BFA و عملکرد واقعی کشاورزان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در مجموع هر دو سال بین ۱/۳٦- تا ۲/٤٤ تن در هکتار بود که حداکثر تا ۱/۷۳ تن آن مربوط به استفاده نامناسب از رژیم آبیاری در مزارع بوده است و بقیه آن مربوط به نامناسب بودن سایر عملیات زراعی می‌باشد. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد بهترین رژیم آبیاری برای دستیابی به حداکثر عملکرد BFA بود، اما کشاورزان در صورت عدم دسترسی به آب زیاد می‌توانند از رژیم‌های آبیاری BF و BA نیز استفاده کنند.

منابع

1.Abeledo, L.G., Savin, R. and Slafer, G.A. 2008. Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. Eur. J. Agro. 28: 541–550.

2.Aggarwal, P.K. and Kalra, N. 1994. Simulating the effect of climatic factors, genotype, and water and nitrogen availability on productivity of wheat: II. Climatically potential yields and optimal management strategies. Field Crop Res. 38: 93–103.

Archive of SID

www.SID.ir

3.Arora, V.K. and Gajri, P.R. 1998. Evaluation of a crop growth-water balance model for analyzing wheat responses to climate-and water-limited environments. Field Crops Res. 59: 213-224.
4.Bhatia, V.S., Singh, P., Wani, S.P., Chauhan, G.S., Kesava Rao, A.V.R., Mishra, A.K. and Srinivas, K. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. Agric. Forest Meteorol. 148: 1252–1265.
5.Calvino, P. and Sadras, V. 2002. On-farm assessment of constraints to wheat yield in the south-eastern Pampas. Field Crops Res. 74: 1-11.
6.de Bie, C.A.J.M. 2000. Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC). The Netherlands.
7.Debaeke, P. and Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. Eur. J. Agronomy 21: 433–446.
8.Heng, L.K., Asseng, S., Mejahed, K. and Rusan, M. 2006. Optimizing wheat productivity in two rain-fed environments of the West Asia-North Africa region using a simulation model. Eur. J. Agron. 10: 1-9.
9.Kayiranga, D. 2006. The effects of land factors and management practices on rice yields. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands.
10.Mene´ndez, F.J. and Satorre, E.H. 2007. Evaluating wheat yield potential determination in the Argentine Pampas. Agric. Syst. 95: 1–10.
11.Oweis, T., Pala, M. and Ryan, J. 1998. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Agron. J. 90: 672-681.
12.Prost, L., Makowski, D. and Jeuffroy, M.H. 2008. Comparison of stepwise selection and Bayesian model averaging for yield gap analysis. Ecol. Model. 219: 66-76.
13.Quayum, M.A. and Mustafi, B.A.A. 2001. Rice and wheat yield gap determination under different soil and crop management practices at Chuadanga Research Site. Paper submitted to the CIMMYT Office Uttara, Dhaka.
14.Rajapakse, D.C. 2003. Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands.
15.Rugege, D. 2002. Regional analysis of maize-based land use systems for early warning applications. Ph.D. Thesis. Wageningen University.
16.Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. JDM Press, Mashhad, Iran.182p. (In Persian)
17.Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in field Crop. JDM Press. Pp: 175. (In Persian)

Archive of SID
www.SID.ir

18. Soltani, A. and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Res. 77: 17-30.
19. Soltani, A., Mahroo-Kashani, A.H., Dastmalchi, A., Maddah, V., Zeinali, E., and Kamkar, B. 2010. Simulating wheat growth and development using DSSAT, APSIM and CropSyst models under Gorgan and Gonbad conditions (Research Report). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 66 Pp. (In Persian)
20. Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S. and Zeinali, E. 2011. Analyzing Wheat Yield Constraints in Gorgan with Comparative Performance Analysis (CPA) Method (Research Report). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 65 Pp. (In Persian)
21. Zeinali, E. 2009. Wheat Nitrogen in Gorgan; Agronomical Physiological, and Environmental Aspects. A Thesis Submitted for the Degree of PhD in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 201p. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Plant Production, Vol. 20 (2), 2013
http://jopp.gau.ac.ir

Assessment of effect of irrigation regime on wheat yield gap in Gorgan region

***B. Torabi[1], A. Soltani[2], S. Galeshi[2] and E. Zeinali[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, [2]Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences, [3]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences
Received: 2013-09-20; Accepted: 2013-03-03

Abstract

In the present study for assessing effect of irrigation regime on yield gap of wheat farms in Gorgan region, growth and yield of wheat was simulated using CropSyst model under different scenarios of irrigation regime over a period of 40 years. The irrigation regimes included were B, F, A, BF, BA, FA, BFA (B, irrigation before flowering stage; F, irrigation at flowering stage; A, irrigation after flowering stage) and no irrigation (N). The results showed that the maximum and minimum yield were 4.94 and 4.05 t ha^{-1} obtained in BFA and N, respectively. Maximum and minimum yield gap (difference between yield in BFA regime and others) over a 40-year simulation span were 0 and 1.73 t ha^{-1} that related to BF and N, respectively. On-farm assessment in both 2007 and 2008 showed that actual yield ranged from 2.5 to 6.3 t ha^{-1} and BFA regime was only used in 10% of farms in 2007. However, amount of gap between yield of BFA regime and actual yields under different irrigation regimes ranged from -1.36 to 2.44 t ha^{-1} in 2007 and 2008. According to the results of simulation, it was concluded that up to 1.73 t ha^{-1} of yield gap on farms was related to unsuitable irrigation regime and the rest was due to other unsuitable crop management practices.

***Keywords*:** Wheat, Yield gap, Simulation, Survey studies

*Corresponding Author: Email: ben_torabi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir