Archive of SID

تعیین ضرایب حساسیت گندم زمستانه به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد در شرایط آب و هوایی مشهد

حمیدرضا آبخضر[1]، بیژن قهرمان[2]

[1] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری دانشگاه فردوسی مشهد

[2] استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گندم زمستانه رقم C-۷۳-۵ و اثر آن بر عملکرد، آزمایشی در منطقه مشهد با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی شامل هفت تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: T_1 : آبیاری بدون تنش رطوبتی در طول دوره رشد (تیمار شاهد)، T_2 : آبیاری با قطع آب در مرحله جوانه زنی و رشد سبزینه ای، T_3 : آبیاری با قطع آب در مرحله پنجه زنی، T_4 : آبیاری با قطع آب در مرحله ساقه دهی، T_5 : آبیاری با قطع آب در مرحله خوشه دهی، T_6 : آبیاری با قطع آب در مرحله دانه بندی و T_7 : آبیاری با قطع آب در مرحله رسیدن دانه. آبیاری در تمام تیمارها به صورت کرتی بود. در طول آزمایش رطوبت خاک توسط نوترون متر اندازه گیری شد و سپس مقدار تبخیر ـ تعرق توسط روش بیلان آبی تعیین گردید. مقدار ناچیز باران در طی آزمایش تیمارهای تحت تنش را مختل نکرد. نتایج به دست آمده نشان داد که پروفیل رطوبتی خاک در زمان هایی که تیمار بخصوصی تحت تنش رطوبتی قرار گرفته بود، به طور محسوسی از پروفیل سایر تیمارها خشک تر بود. در هر زمان خاص، نفوذ عمقی توسط روش های عددی از پروفیل رطوبتی در دو مقطع زمانی در انتهای منطقه توسعه ریشه محاسبه گردید. در برخی از مواقع که گیاه تحت تنش قرار داشت، نفوذ عمقی منفی به دست آمد که بیانگر استخراج آب از اعماق پائین تر ریشه بود. پس از برداشت محصول و تعیین مقدار دانه تولید شده، ضرایب حساسیت گیاه به تنش رطوبتی محاسبه گردید. ضرایب حساسیت به دست آمده مشخص ساخت که مرحله خوشه دهی حساس ترین مرحله رشد به کم آبی می باشد. چنین نتیجه ای توسط سایر محققین نیز تائید شده است. با این وجود مقادیر ضرایب حساسیت به دست آمده اختلافاتی را با مقادیر گزارش شده در منابع نشان می دهد. احتمالاً رقم و واریته گندم مورد آزمایش، شدت تنش و برخی عوامل ناشناخته ممکن است این اختلافات را توجیه کنند. تحلیل های آماری در این پژوهش نشان داد که تنش در مرحله خوشه دهی، پنجه زنی و ساقه دهی بیشترین تاثیر را به ترتیب بر عملکرد، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه دارد. همچنین با بررسی مقایسه میانگین ها مشاهده شد که تنش در مرحله خوشه دهی از طریق کاهش تعداد سنبله بیش از وزن دانه و تعداد دانه در سنبله بر عملکرد تاثیر دارد. مدل هایی نیز به منظور برآورد عملکرد در واحد سطح و عملکرد در واحد آب مصرفی به دست آمد. نتایج نشان داد که مدل های برآورد عملکرد در واحد آب به طور کلی از ضرایب همبستگی پائین تری نسبت به مدل های برآورد عملکرد در واحد سطح برخوردارند.

واژه های کلیدی: *گندم زمستانه، کم‌آبیاری، تابع تولید محصول از آب، مشهد.*

مقدمه

محدودیت منابع آب در اکثر نقاط دنیا موجب گردیده که آب به عنوان مهم ترین نهاده تولید تلقی شود. بنابراین در مناطقی که شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک بر آن حاکم است، استفاده بهینه از آب دارای اهمیت بسزایی است. چنین شرایطی در بخش اعظمی از کشور ما دیده می شود. در این راستا کم آبیاری جایگاه ویژه ای پیدا می کند و فعالیت های تحقیقاتی در این زمینه به منظور توسعه پایدار کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت اراضی مستعد، لازم و ضروری به نظر می رسد.

با عنایت به اینکه مقدار آب مصرفی بر میزان عملکرد و چگونگی مدیریت مصرف آب (در طول دوره رشد) بر میزان محصول تأثیر اساسی دارد، مدل هایی تجربی ـ ریاضی جهت برقراری رابطه مصرف آب و عملکرد، توسط محققین بسیاری پیشنهاد شده است که اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد را می توان از آن مدل ها استنتاج کرد. در واقع با استفاده از این

www.SID.ir

Archive of SID

مدل ها و با در نظر گرفتن حساسیت های مختلف مراحل رشد نسبت به تنش رطوبتی می توان مراحل بحرانی رشد (دوره های فعال گیاهی) را تشخیص داد و در شرایط کمبود آب، آب ناکافی را بیشتر به مراحل حساس رشد گیاه اختصاص داد.

گندم (*Triticum aestivum*) گیاهی یک ساله، روز بلند و دارای ریشه افشان است. گندم یکی از گیاهان بومی مناطق خاورمیانه و خاور نزدیک بوده و در سطحی حدود ۲۴۰ میلیون هکتار و تولیدی معادل ۸۳۳ میلیون تن بیش از هر محصول دیگری در جهان کشت می گردد[۴]. این گیاه در مناطق مختلف دنیا به صورت دیم و آبی کشت می شود. طول فصل رشد گندم بهاره حدود ۱۰۰ تا ۱۳۰ روز و طول فصل رشد گندم زمستانه حدود ۱۸۰ تا ۲۵۰ روز است[۱۱].

وابستگی محصولات زراعی و از جمله گندم به آب توسط بسیاری از پژوهشگران مورد تحقیق قرار گرفته است. دورنباس و پرویت[۱۲] مراحل بحرانی و دوره های فعال گیاهی (مقاطع ممنوعه برای کم آبیاری) را برای گیاهان زراعی و علوفه ای مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. آنها مراحل حساس رشد گندم را مرحله ساقه رفتن، مرحله تشکیل سنبله و دو هفته قبل از گرده افشانی معرفی نمودند.

دی و اینتالاپ[۹] برخی از اثرات تنش آب خاك را در سه مرحله مختلف رشد بر رشد و عملکرد گندم بهاره بررسی کردند. بررسی نامبردگان نشان داد که مرحله ساقه رفتن، دوره ای بحرانی است و تنش آبی در این مرحله باعث می شود تا گلدهی زودتر اتفاق بیفتد. همچنین تنش در این مرحله باعث کاهش ارتفاع، عملکرد دانه، تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه در خوشه شد. آنها بیان داشتند که تنش رطوبتی در مراحل گلدهی و خمیری شدن به دلیل کاهش وزن دانه ها و زودتر رسیدن دانه ها باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه شد. سمیعی[۳] به این نتیجه رسید که مؤثرترین آبیاری بر عملکرد گندم دیم، آبیاری در زمان ظهور خوشه بوده است و انجام آبیاری در زمان سخت شدن دانه ها باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی ولی کاهش شاخص برداشت شد.

اك[۱۴] اثر متقابل کود نیتروژن و آبیاری را بر روی نیاز به نیتروژن، فسفر، محصول و اجزاء عملکرد گندم بررسی کرد. وی به این نتیجه رسید که بهتر است تنش در مراحل پنجه زنی و بندبند شدن ساقه ها اعمال شود.

آرین[۲] ضرایب حساسیت گندم زمستانه به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد را در شرایط باجگاه شیراز (سال آبی ۶۹-۶۸) و هیل و همکاران[۱۶] این ضرایب را در برخی نقاط خشک آمریکا، تعیین و ارائه کرده اند. قهرمان و سپاسخواه[۱۵] گزارش کردند که استفاده از مقادیر گوناگون ضرایب حساسیت منجر به استنتاج های متفاوتی در تحلیل های اقتصادی کم آبیاری می شود.

میشرا و همکاران[۱۹] رژیم آبیاری مناسب گندم را در شرایط نوسان سطح آب زیرزمینی کم عمق و متوسط تعیین کردند. آنها مشاهده کردند که تنش در کل دوره در هر دو شرایط باعث کاهش عملکرد می شود. همچنین مشاهده شد که در هر دو شرایط، آبیاری در دوره خمیری شدن دانه ها کمترین اثر را بر عملکرد دانه داشت.

برای بسیاری از گیاهان تنش رطوبتی در دوره گلدهی بحرانی است. تنش آب در دوره رسیدن دانه ها معمولاً باعث کوچک ماندن و یا چروکیده شدن دانه ها می شود[۸]. با این وجود داس و همکاران[۱۳] گزارش کردند که کمبود آب در مرحله گلدهی نسبت به تنش در سایر مراحل نمو زایشی کمترین تأثیر را بر اجزاء عملکرد و در نتیجه بر عملکرد دانه سویا دارد. در همین رابطه سانیت و کرامر[۲۴] نیز نشان دادند که کمبود آب در مرحله رسیدگی بر تعداد دانه در بوته اثری نداشته ولی وزن صد دانه در اثر کمبود آب در مرحله رسیدگی کاهش پیدا کرده است و همین امر منجر به کاهش عملکرد نهایی دانه شده است.

ناصری[۵] در دشت مغان نشان داد که در صورت کمبود آب و تمایل به استفاده از کم آبیاری، حداکثر مقدار کسر آب از اندازه نیازمندی گیاه، به نوع محصول و دوره های مختلف رشد آن بستگی دارد. نتایج نامبرده برای گندم ۵۸ درصد در چهار ماهه اول رشد، و تنها ۵ درصد برای چهار ماهه دوم رشد می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به محدودیت منابع آب و مدیریت مصرف آب در طول دوره رشد گیاه، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر عملکرد گیاه گندم زمستانه رقم C-۷۳-۵ و تعیین ضرایب حساسیت گیاه مزبور به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد در شرایط آب و هوایی مشهد انجام گردیده است.

مواد و روش ها

جهت بررسی اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گندم زمستانه رقم C-۷۳-۵ و اثر آن بر عملکرد، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی شامل هفت تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه گندم زمستانه بود که عبارت بودند از: T_1 : آبیاری بدون تنش رطوبتی در طول دوره رشد (تیمار شاهد)، T_2 : آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله جوانه زنی و رشد سبزینه ای، T_3 : آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله پنجه زنی، T_4 : آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله ساقه دهی، T_5 : آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله خوشه دهی، T_6 : آبیاری با تنش رطوبتی در مرحله دانه بندی و T_7 : آبیاری با تنش رطوبتی درمرحله رسیدن دانه. آبیاری در تمام تیمارها به صورت کرتی بود.

مراحل فنولوژی رشد گیاه بر اساس پیشنهاد دورنباس و کاسام[۱۱] با بازدیدهای هفتگی از یکدیگر تفکیک شدند. هر مرحله رشد بر حسب نیاز کرت به آب به چند دوره زمانی تقسیم شد. کل دوره رشد گندم ۲۱۲ روز به طول انجامید. جهت تعیین مقدار آب مورد نیاز هر کرت و همچنین تعیین نیمرخ رطوبتی خاك، قبل از هر نوبت آبیاری (هر دوره زمانی) درصد رطوبت موجود در نیمرخ خاك تا عمق ۱۸۰ سانتی متری در کلیه تیمارها و تکرارها توسط دستگاه نوترون متر اندازه گیری شد. با توجه به این اندازه گیری ها، آب لازم جهت به ظرفیت زراعی رساندن هر کرت تا عمق ریشه در هر دوره زمانی محاسبه و به کرت های آزمایشی داده شد. این کار برای تیمارهایی که در حال تنش رطوبتی بودند انجام نشد.

تعداد ۲۱ کرت ($2^m \times 2^m$) به روش دستی ایجاد گردید. کاشت بذور به صورت دستی با توجه به وزن هزار دانه رقم مورد کاشت (۳۷ gr) و بر اساس ۴۰۰ دانه در متر مربع (معادل ۱۴۸ کیلوگرم در هکتار) برای هر کرت محاسبه شد و با فواصل خطوط ۲۰ سانتی متری به همراه ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار به ترتیب کود فسفات آمونیوم و اوره کشت گردید.

رطوبت خاك به وسیله نوترون متر اندازه گیری شد. این اندازه گیری در فواصل زمانی مشخص (بین ۷ تا ۱۰ روز) قبل از هر آبیاری انجام و مقدار آب لازم به هر کرت داده شد. برای تعیین مقدار تبخیر- تعرق واقعی هر تیمار از معادله بیلان آب استفاده شد[۶]. بر اساس اطلاعات روزانه هواشناسی و با استفاده از روش های تجربی نیز تبخیر- تعرق گیاه مرجع و سپس تبخیر- تعرق واقعی برای تیمار شاهد محاسبه و با نتایج حاصل از روش بیلان آب مقایسه گردید. کلیه اطلاعات و آمار برداشت شده در دوره داشت و برداشت شامل رطوبت موجود در خاك، سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند (از آزمون LSD برای مقایسه میانگین ها استفاده شد). اندازه گیری سطح برگ و ارتفاع گیاه از شروع رشد موثر (مرحله ساقه دهی) به بعد، قبل از هر آبیاری انجام شد. اجزای عملکرد نیز بر اساس نمونه برداری از یک کوادرات $1^m \times 1^m$ تعیین گردید. روابطی نیز بین عملکرد دانه با آب آبیاری و تبخیر- تعرق و بین نسبت کاهش محصول با نسبت کاهش تبخیر- تعرق به دست آمد. در نهایت بر اساس مقادیر اندازه گیری شده تبخیر- تعرق در مراحل مختلف رشد و میزان محصول دانه در تیمارهای مختلف، ضرایب حساسیت گیاه در مراحل مختلف رشد با استفاده از روابط ذیل به دست آمد. جنسن[۱۷] رابطه بین میزان محصول نسبی و تبخیر- تعرق نسبی را به صورت زیر ارائه کرده است:

$$\frac{Y_a}{Y_{max}} = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{ET_a}{ET_{max}} \right)_i^{\lambda i} \qquad (1)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن: Y_a محصول دانه واقعی، Y_{max} حداکثر محصول دانه تولید شده، $(ET_a)_i$ تبخیر- تعرق واقعی در مرحله رشد ام، $(ET_{max})_i$ حداکثر تبخیر- تعرق در مرحله رشد i ام، Π عملگر حاصل ضرب، n تعداد مراحل انتخابی رشد گیاه و λi ضریب حساسیت رشد در مرحله i است.

نیریزی و زیدزوفسکی[۲۱] نیز با استفاده از رابطه جنسن تأثیر تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد بر میزان محصول دانه تولیدی را به شکل زیر ارائه کردند:

$$\frac{Y_a}{Y_P} = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{W_a}{W_P} \right)_i^{\lambda i} \qquad (۲)$$

که در آن: W_a مقدار واقعی آب مصرفی گیاه و W_p نیاز آبی گیاه در شرایط بدون محدودیت آب خاك در مراحل مختلف رشد گیاه می باشند.

نتایج و بحث

اعمال تنش در هر مرحله به طور مشخص رطوبت خاك را در محدوده تقریبی فعالیت ریشه تحت تاثیر قرار داد. بدین صورت که تقریباً پروفیل رطوبتی خاك به سمت چپ (رطوبت کمتر) کشیده شده است. با این وجود در بعضی از شرایط دامنه این تاثیر به کل نیمرخ خاك نیز بسط داده شده است. شکل ۱ چگونگی تاثیر تنش بر منحنی رطوبتی خاك در تیمار تحت تنش (تیمار ۳) و دیگر تیمارها را در طول مرحله دوم رشد نشان می دهد.

مقدار آب آبیاری در طول فصل رشد در تیمارهای ۱ الی ۷ بترتیب ۹۳/۳۹ ، ۸۶/۲۲ ، ۷۸/۹۶ ، ۷۹/۶۱ ، ۸۱/۹۲ ، ۷۷/۵۵ و ۶۷/۰۱ سانتی متر بود. همچنین مقدار تبخیر- تعرق در تیمارهای ۱ الی ۷ بترتیب ۷۸/۹ ، ۶۹/۹۵ ، ۶۳/۲۶ ، ۶۳/۵۸ ، ۶۶/۱۰ و ۶۴/۰۶ و ۶۰/۰۹ سانتی متر به دست آمد.

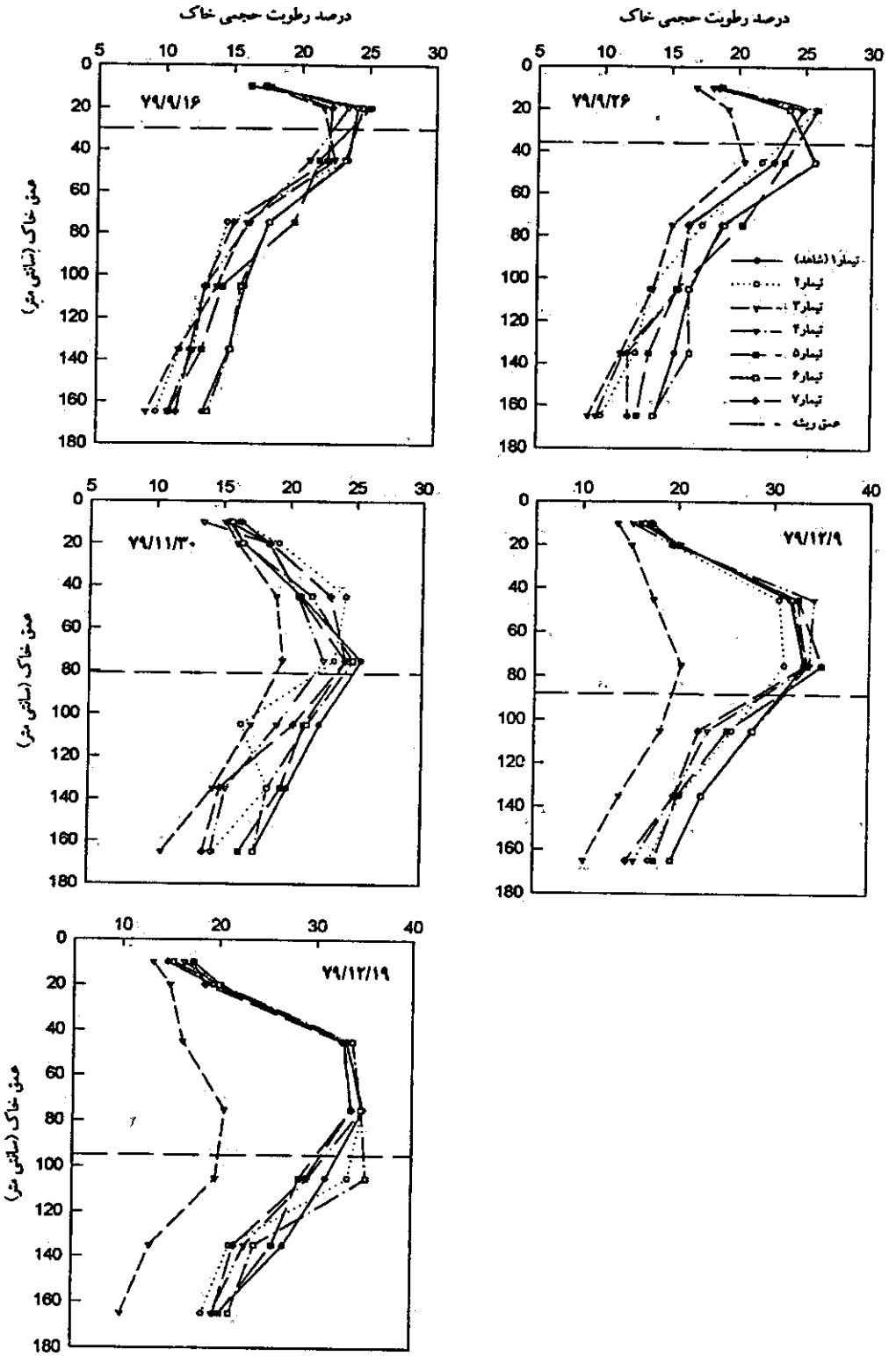
تبخیر - تعرق در تیمار شاهد به عنوان تبخیر- تعرق پتانسیل در نظر گرفته شد و با نتایج حاصل از روش های تجربی مقایسه شد. مقایسه نشان داد که روش های تجربی، تبخیر- تعرق پتانسیل را در کل دوره رشد کمتر از روش بیلان آب برآورد کرده اند[۱]. با این وجود نتایج حاصل از روش بیلان آب با نتایج حاصل از دو روش تابش فائو و پنمن فائو اصلاح شده مطابقت نسبتاً خوبی داشتند. در جدول ۱ مقایسه ای بین تبخیر- تعرق در یک تیمار مشخص پس از ختم تنش تا انتهای دوره رشد (که شاخصی از تبخیر- تعرق پتانسیل است که احتمالاً تحت تاثیر سابقه تنش قرار گرفته است) با مقدار نظیر در تیمار شاهد (که هیچ سابقه ای از تنش نداشته است) صورت گرفته است. اعداد جدول ۱ نشان می دهد بطور کلی بعد از ختم تنش در یک مرحله رشد مشخص و علیرغم در دسترس بودن آب کافی، گیاه گندم نتوانسته است به طور میانگین به تبخیر- تعرق پتانسیل در تیمار بدون سابقه تنش رطوبتی (تیمار ۱، شاهد) برسد. این یافته ممکن است تا حدی با یافته انگوس و مونکو[۷] مبنی بر تاخیر رشد گندم پس از یک دوره

جدول ۱: تبخیر - تعرق واقعی (سانتی متر) در تیمارهای تحت تنش نسبت به تیمار شاهد

تیمار (مرحله تنش)	پس از ختم تنش تا انتهای دوره رشد			در طی دوره تنش		
	تیمار مشخص	تیمار شاهد	در صد کاهش	تیمار مشخص	تیمار شاهد	در صد کاهش
۲ (جوانه‌زنی)	٦٨/٤٤	٧٦/٥١	١٠/٥٤	١/٥١	٢/٣٩	٣٦/٨٢
۳ (پنجه‌زنی)	٥٤/٠٢	٦٢/٦٣	١٣/٧٥	٧/٠٣	١٣/٨٨	٤٩/٣٥
٤ (ساقه‌رفتن)	٣٩/٩٨	٤٨/٧٧	١٨/٠٢	٨/٩٤	١٣/٨٦	٣٥/٥٠
٥ (خوشه‌دهی)	٣٢/٥٨	٣٦/٨٣	١١/٥٤	٦/٩٣	١١/٩٤	٤١/٩٦
٦ (دانه‌بندی)	١٧/٨٨	٢٠/٠٦	١٠/٨٧	٨/٩٩	١٦/٧٧	٤٦/٣٩
٧ (رسیدن‌دانه)	-	-	-	١٠/٣٨	٢٠/٠٦	٤٨/٢٦

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: نیمرخ رطوبتی خاک در تیمارها و زمانهای مختلف در مرحله دوم رشد (پنجه زنی)

www.SID.ir

Archive of SID

تنش سخت هماهنگی داشته باشد. در عین حال میزان کمی تنش در مراحل مختلف رشد در این تحقیق یکسان نبود و بین حدود ۳۶ تا ۵۰ درصد متغیر بود (جدول ۱). به احتمال زیاد درصدهای کاهش تبخیر ـ تعرق پس از ختم تنش مندرج در جدول ۱ مطلق نبوده و به نظر می رسد که بایستی تابعی از درصد تنش در مرحله مشخص باشد. درصدهای تنش در هر مرحله رشد (جدول ۱) نشان می دهد که بارندگی های ناچیز در طول فصل رشد، تیمارهای آزمایش را مختل نکرده است.

مقایسه میانگین های عملکرد دانه (جدول ۲) نشان داد که تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بین تیمار شاهد با سایر تیمارها از نظر عملکرد دانه وجود دارد. در واقع کمبود آب در هر یک از مراحل رشد تاثیر منفی بر روی عملکرد دانه داشته است به طوری که بیشترین و کمترین میزان کاهش محصول نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۰ درصد در تیمار۵ و ۱۴ درصد در تیمار۲ بود. ساندهو و هورتن[۲۳] نیز به این موضوع اشاره کردند که کمبود آب در تمامی مراحل رشد یولاف زراعی منجر به کاهش معنی داری در عملکرد دانه شد. با این وجود کمبود آب در مرحله خوشه دهی بیشتر از سایر مراحل رشد سبب کاهش محصول شد. دورنباس و پرویت[۱۲] نیز نتایجی مشابه را گزارش کرده اند.

همچنین نیکس و فیتزپاتریک[۲۲] مشاهده کردند که بیشترین کاهش در عملکرد دانه گندم و سورگوم هنگامی بروز کرد که تنش آبی در طی مراحل ظهور خوشه تا گرده افشانی و اوایل تشکیل دانه اعمال شد. مصطفی و همکاران[۲۰] نیز گزارش کردند که تنش در مرحله گل دهی بیش از مرحله پنجه زنی سبب کاهش عملکرد گندم می شود. همچنین حساس ترین مرحله رشد یولاف زراعی را ساندهو و هورتن[۲۳]، ۱۵ روز قبل از گرده افشانی گزارش کردند و این اثرات را عمدتاً بر روی تعداد دانه در هر سنبله اعلام نمودند. مقایسه میانگین های عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز اختلاف معنی داری را بین تیمار شاهد با سایر تیمارها نشان داد (جدول ۲). کیم و کرونستاد[۱۸] نیز با بررسی چند رقم گندم زمستانه، نتیجه ای مشابه را گزارش کردند. بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار۵ مشاهده شد. با این وجود بین تیمارهای ۳، ۴، ۵ و ۷ برای کمترین عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود. از آن جا که عوامل مختلفی می تواند عملکرد بیولوژیک را تحت تاثیر قرار دهد، لذا بحث در مورد این که تنش در چه مرحله ای عملکرد بیولوژیک را بیشتر کاهش می دهد کمی دشوار است. با نگاهی به جدول ۲ مشاهده می شود که تیمار شاهد بیشترین شاخص

جدول ۲: مقایسه میانگین‌های* صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	شاخص برداشت	شاخص سطح برگ (۸۰/۱/۳۱)	ارتفاع گیاه (۸۰/۳/۱۸)
۱	۴۵۷/۹ a	۱۴۴۷ a	۴۰/۲۳ a	۳۷۱ a	۴۱/۷۷ a	۰/۳۳۹۷ a	۴/۶۵ a	۱۲۰/۳ a
۲	۳۹۲ b	۱۲۲۶ b	۳۹/۶ a	۳۶۱/۵ bc	۳۹/۲۴ ab	۰/۳۱۹۵ b	۴/۳۴ c	۱۱۷/۴ b
۳	۳۱۵/۶ c	۱۰۱۸ d	۳۸/۱ b	۳۴۳/۳ e	۳۹/۱۷ ab	۰/۳۱۰۰ b	۳/۹۰d	۱۱۳/۴ c
۴	۲۸۲/۷ cd	۱۰۱۱ d	۳۷/۷۳ b	۳۵۶/۲ cd	۳۸/۷۷ ab	۰/۲۷۹۶ cd	۴/۲۴ c	۱۰۸/۴ d
۵	۲۷۱/۱ d	۱۰۰۳ d	۳۵/۵ c	۳۵۳/۱ d	۳۶/۲۲ bc	۰/۲۷۰۲ d	۴/۳۰c	۱۱۷/۵ b
۶	۲۹۸/۱ cd	۱۰۹۲ c	۳۷/۲۳ b	۳۵۷/۳ bcd	۳۲/۹۸ c	۰/۲۷۳۰ d	۴/۴۷ b	۱۱۷/۸ ab
۷	۳۰۲ cd	۱۰۲۶ d	۳۳/۱۴ d	۳۶۳/۳ b	۳۸/۸۶ ab	۰/۲۹۱۸ c	۴/۵۷ ab	۱۱۸/۵ ab

* میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده‌اند. در هر ستون تفاوت بین هر دو میانگین که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نیست.

www.SID.ir

Archive of SID

برداشت و تیمار ۵ کمترین میزان این شاخص را داراست. در این رابطه یازار و همکاران[۲۶] گزارش کردند که شاخص برداشت تحت تاثیر رژیم های مختلف آبیاری قرار می گیرد. دی کاستا و شانموگاتاسان[۱۰] نیز با تحقیق بر روی لوبیا چشم بلبلی به این نتیجه رسیدند که شاخص برداشت با افزایش دفعات آبیاری در طی مرحله زایشی افزایش می یابد.

بررسی مقایسه میانگین های اجزای عملکرد نشان می دهد که تنش در طی مرحله خوشه دهی از طریق کاهش تعداد سنبله بیش از وزن دانه و تعداد دانه در سنبله بر عملکرد تاثیر داشته است. با این وجود یانگ و همکاران[۲۵] گزارش کردند که تنش در طی پر شدن دانه از طریق کاهش وزن دانه بیش از تعداد خوشه یا تعداد دانه در هر خوشه بر عملکرد تاثیر دارد. همچنین مصطفی و همکاران[۲۰] تفاوت معنی داری بین تیمار شاهد با تیمارهای تحت تنش از نظر وزن دانه و تعداد سنبله در واحد سطح مشاهده نکردند. این تناقض ها ممکن است ناشی از تفاوت در میزان تنش متحمل شده توسط گیاه در مطالعات مختلف باشد.

در این تحقیق مدل های برآورد عملکرد در دو مقیاس فصلی و درون فصلی مورد بررسی قرار گرفتند. در مقیاس فصلی میزان عملکرد و آب تنها در مقیاس فصل رشد بررسی می شود. در چنین مقیاسی علاوه بر عملکرد در واحد سطح، عملکرد در واحد آب نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا پس از آزمون های متعدد روابطی نتیجه گیری شد که در زیر ارائه شده اند:

الف- عملکرد دانه با آب آبیاری

$Yg_{(kg/ha)} = 28212.8 - 690.3(I) + 4.69(I)2$ ..... (R^2 =0.86, P = 0.026) (۳)

ب - عملکرد دانه با تبخیر - تعرق

$Yg_{(kg/ha)} = -3195.4 + 97.8(ET)$ ..... (R^2= 0.79, P = 0.007) (۴)

ج- نسبت کاهش عملکرد دانه با نسبت کاهش تبخیر-تعرق

$(1-Yg/Yg_{max}) = 1.69(1-ET/Et_{max})$ ..... (R^2 = 0.79, P = 0.007) (۵)

د- نسبت کاهش کل ماده خشک با نسبت کاهش تبخیر - تعرق

$(1-Yt/Yt_{max}) = 1.36(1-ET/Et_{max})$ ..... (R^2 = 0.88, P = 0.002) (۶)

روابط ارائه شده عملکرد دانه و عملکرد کل را در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) پیش بینی می کنند. روابط مشابه به دست آمده که عملکردهای مذکور را در واحد آب پیش بینی کردند دارای شاخص های آماری ضعیفی بودند لذا از ارائه آن ها خودداری به عمل آمد. خواننده علاقه مند می تواند به آبخضر[۱] مراجعه کند. لازم به ذکر است که عملکرد کل ماده خشک در واحد آب در تیمار شاهد ۱/۵۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

در مقیاس درون فصلی اگر چه عملکرد در مقیاس فصل اندازه گیری می شود ولی چگونگی توزیع میزان آب و یا تبخیر - تعرق در مراحل مختلف رشد از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقیاس ضرایب حساسیت گیاه در مراحل مختلف رشد (λ_i) محاسبه و با نتایج دیگر مطالعات گزارش شده مقایسه شد (جدول ۳).

مقایسه ضرایب به دست آمده از رابطه (۱) با یافته های آرین[۲] مشخص می سازد که گرچه هر دو مطالعه دوره خوشه دهی و سپس دانه بندی را دوره های حساس معرفی کرده اند، ولی تفاوت نسبتاً زیادی بین مقادیر کمی ضرایب حساسیت وجود دارد. چنین تفاوت هایی با یافته های هیل و همکاران[۱۶] نیز به چشم می خورد. اختلاف قابل توجه بین نتایج مربوط به مدل جنسن و مدل تقریبی نیریزی و ریدزوفسکی (جدول ۳) مشخص می سازد که تقریب $\frac{W_a}{W_m} \cong \frac{ET_a}{ET_m}$ پیشنهادی نیریزی و ریدزوفسکی با واقعیت وفق نداشته و در نظر نگرفتن تغییرات رطوبت خاک خطای زیادی را در بر خواهد داشت. با صرفنظرکردن از نتایج حاصل مدل نیریزی و ریدزوفسکی به طور کلی ضرایب دیگر جدول ۳ نشان می دهند که مراحل ساقه دهی، خوشه دهی، دانه بندی و رسیدن دانه حساس ترین مراحل رشد گندم زمستانه می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: مقایسه ضرایب حساسیت گندم زمستانه به‌دست آمده در مراحل مختلف رشد (λi) با نتایج سایر مطالعات

مرحله رشد	طول مرحله رشد (روز)	بررسی حاضر با استفاده از		آرین [۲]	هیل و همکاران [۱۶]
		رابطه (۱)	رابطه (۲)		
۱- جوانه‌زنی	۱۸	۰/۰۰۸۶۳	۰/۰۷۶	۰/۰۰	۰/۰۰
۲- پنجه‌زنی	۱۰۳	۰/۰۳٤	۰/۳۹٦	۰/۱۲	۰/۱۰
۳- ساقه‌دهی	۲۷	۰/۳۹٦	۰/٤۱٤	۰/۱۵	۰/۸٤
٤- خوشه‌دهی	۱٤	۰/۷۲٤	۰/۰۳۹	۲/۱۰	۰/۱۰
۵- تشکیل دانه	۲۱	۰/٤۷۵	۰/۲۵٤	۰/۳۳	۵/۰۰
٦- رسیدن دانه	۲۸	۰/۱۲۵۰	۰/۱۷۷	۰/۲۰	۰/۷٦

این بدان معنی است که حساسیت گندم زمستانه به تنش کم آبی در اواخر دوره رویشی و در طول دوره زایشی بیش از مراحل اولیه رشد است. نتیجه اخیر تا حدودی مطابق با نتیجه ناصری[۵] است.

نتیجه گیری

تفاوت ها بین ضرایب حساسیت محاسبه شده با مقادیر نظیر که دیگر محققان گزارش کرده اند نشان می دهد که شاید رسیدن به یک سری از اعداد ثابت جهانی با دشواری های زیادی توام باشد. بنابراین تکرار چنین تحقیقاتی با واریته های مختلف در شرایط آب و هوایی گوناگون و با درصدهای مختلفی از تنش رطوبتی توصیه می شود.

در صورت اطمینان از صحت ضرایب حساسیت گیاه می توان با اعمال مدیریت صحیح تشخیص داد که در صورت کمبود آب در چه مرحله ای از رشد گیاه تنش رطوبتی را اعمال کرد تا به گیاه کمترین صدمه وارد شده و کاهش محصول به حداقل برسد. در آن صورت است که می توان یک راهنمای عملی و کاربردی به کشاورزان گندم کار ارائه نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- آبخضر، ح. ر. ۱۳۸۱ . تعیین ضرایب حساسیت گندم زمستانه به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۶۲ صفحه.

۲- آرین، ا. ۱۳۷۱ . برازش مدل کامپیوتری مدیریت و برنامه بندی آبیاری و تخمین محصول گندم آبی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۳۷۷ صفحه.

۳- سمیعی، ع. ۱۳۷۵ . بررسی زمانهای مختلف آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم دیم در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۸ صفحه.

۴- فرساد، م.ع. ۱۳۷۰ . زراعت دیم غلات در ایران. انتشارات سازمان ترویج کشاورزی، ۱۰۰ صفحه.

۵- ناصری، ا. ۱۳۷۷ . تحلیل و بهینه سازی همچندی مصرف آب و تولید محصولات زراعی در مغان. نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، زمستان ۱۳۷۷، تهران، ۲۷۱-۲۸۸ .

6- *Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, 301p.*

7- *Angus, J.F., and M.W. Moncu, 1977. Water stress and phenology. Aust. J. Agric. Res., 28:177-181.*

8- *Arnon, I. 1972. Crop production in dry regions. VOL I,II. Leonard Hill Books, London, 650pp, 683pp.*

9- *Day, A.D., and S. Intalap, 1970. Some effects of soil moisture stress in the growth of wheat (Triticum aestivum L.em Thell). Agron. J., 62:27-29.*

10- *De Costa, W.A.J.M., and K.N. Shanmugathasan, 2002. Physiology of yield determination of soybean (Glycine max (L.)Merr.) under different irrigation regimes in the sub-humid zone of Sri Lanka. Field Crops Research., 75:23-35.*

11- *Doorenbos, J., and A.H. Kassam, 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage paper No 33, 193p.*

12- *Doorenbos, J., and W.O. Pruitt, 1977. Crop water requirment. FAO Irrigation and Drainage Paper No 24, 144p.*

13- *Doss, B.D., R.W. Pearson, and H.T. Ragers, 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agron. J., 66:297-299.*

14- *Eck, H.V. 1988. Winter wheat response to nitrogen and irrigation. Agron. J., 80:902-908.*

15- *Ghahraman, B., and A.R. Sepaskhah, 1997. Use of a water deficit sensitivity index for wheat and barely. Irrig. Sci., 18:11-16.*

16- *Hill, R.W., R.J. Hanks, and J.L. Wright, 1982. Crop yield models adapted to irrigation scheduling programs. Research report 99. Utah Agriculture, Experimental Station, Utah University, Logan Utah.*

17- *Jensen, M.E. 1968. Water consumption by agricultural plants. In: T.T. Kozlowski (ed.). Water deficits and Plant Growth, Vol.2. Academic Press. Inc., 1-22.*

18- *Kiem, D.L., and W.E. Kronstad, 1981. Drought response of winter cultivars grown under field stress conditions. Crop Sci., 21: 11-15.*

19- *Mishra, H.S., T.R. Rathore, and V.S. Tomar, 1995. Water use efficiency of irrigated wheat in the Tarai region of India. Irrig. Sci., 16:75-80.*

20- *Moustafa, M.A., L. Boersma, and W.E. Kronstad, 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop. Sci., 36:982-986.*

21- *Nairizi, S., and J.R. Rydzewski, 1977. Effect of dated soil moisture stress on crop yields. Expl. Agric., 13:51-59.*

22- *Nix, H.A., and E.A. Fitzpatrick, 1969. An index of crop water stress related to wheat and grain sorghum yields. Agric. Meteorol., 6:321-337.*

23- *Sandhu, B.S., and M.L. Horton, 1977. Response of oats to water deficit: I. Physiological characteristics. Agron. J., 69:357-360.*

24- *Soinit, N., and P.J. Kramer, 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. Agron. J., 69:274-277.*

25- *Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu, 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agron. J., 93:196-206.*

26- *Yazar, A., T.A. Howell, D.A. Dusek, and K.S. Copeland, 1999. Evalution of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Irrig. Sci., 18:171-180.*

www.SID.ir

Archive of SID

Determination of winter wheat sensitivity indices to moisture stress at different growth stages under Mashhad climatic conditions

H.R. Abkhezr and B. Ghahraman

Abstract

To quantify the effects of moisture stress at different winter wheat (C-73-5) growth stages, a field experiment was set up at Mashhad in a complete random block design with seven treatments and three replications. The treatments were basin irrigation with water cut in a specified growth stages and a control treatment. Soil moisture was measured during the experiment by a neutron meter, and hence, crop actual evapo-transpiration was calculated by water balance method. Low rainfall amount did not disturb the treatments. The results showed that the treatments under water stress had a pronounced dry moisture profiles. Deep percolation was computed by subtracting moisture profiles at two consecutive time intervals. The computed sensitivity indices showed that flowering stage is the most sensitive stage, which is verified by other researchers. However, the derived values were not in harmony with these studies. Wheat variety, degree of stress, and other unknown reasons may support these differences. Leaf area index and crop height were more sensitive during flowering stage. Statistical analysis showed that the most influencing parameters on yield, leaf area index and crop height were due to water stress at flowering, tillering, and elongation stages, respectively. It observed, through comparison of means, that the effect of stress on yield at flowering stage in mostly duo to low spike rather than grain weight and number of grains per spike. We derived some models for predicting yield per unit of land also per unit of consumed water. However, the latter had lower correlation coefficients that the former.

Key words: Winter wheat, deficit irrigation, water production function, Mashhad.

Contribution from College of Agricalture, Ferdowsi University of Mashhad.

www.SID.ir