

اثر دوره‌های مختلف تنش ماندابی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط استان خوزستان

محمدخلفی^{۱*}، محمد حسین قرینه^۲، عبدالمهدی بخشنده^۳، ایرج لک زاده^۴ و قدرت اله فتحی^۵

*۱- نویسنده مسؤوول: کارشناس ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (mohammad22khalafi@yahoo.com)

۲، ۳ و ۵- به ترتیب دانشیار و استادان دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف ماندابی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو لاین WB-79-10 آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. آزمایش از دو عامل مرحله رشدی گیاه (پنجه‌زنی ZGS13، ساقه‌روی ZGS31 و غلاف‌رفتن ZGS43) به عنوان فاکتور اصلی و مدت‌های ماندابی (صفر، ۷ و ۱۴ روز در شرایط ماندابی) به عنوان فاکتور فرعی تشکیل شد. نتایج نشان داد که بین مراحل شروع ماندابی و مدت‌های مختلف ماندابی از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، اختلاف معنی داری وجود داشت. در این آزمایش ماندابی در مرحله شروع پنجه‌زنی خسارت بیشتری نسبت به مرحله ساقه‌رفتن و غلاف‌رفتن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه وارد کرد به نحوی که در مرحله پنجه‌زنی، عملکرد دانه در طی ۷ و ۱۴ روز ماندابی نسبت به شاهد به ترتیب ۴۲٪ و ۲۸/۲۸٪ و برای تعداد دانه در سنبله به ترتیب ۲۰/۸۴٪ و ۳۷/۵٪ و برای تعداد سنبلک در سنبله به ترتیب ۲۲/۳۱٪ و ۴۱/۰۴٪ درصد کاهش داشتند. بطور کلی نتایج نشان داد که وقوع ماندابی در هر مرحله‌ای از رشد و نمو جو، حتی در یک دوره کوتاه، خسارت غیر قابل جبرانی بر عملکرد و اجزای آن بر جای می‌گذارد.

کلید واژه‌ها: جو، تنش ماندابی، مراحل رشدی

مقدمه

تنش برای گیاه در خاک‌های مانداب کمبود اکسیژن است (بریسون و همکاران^۳، ۲۰۰۲). کاهش اکسیژن قابل دسترس در شرایط مانداب باعث کاهش توسعه ریشه و بخش هوایی گیاه می‌گردد (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲؛ کای و همکاران^۴، ۱۹۹۴؛ دینگ و مسگراو^۵، ۱۹۹۵). تروت و درو^۶ (۱۹۸۰) اظهار داشتند که ماندابی به طور مستقیم یا از طریق توقف رشد و تنفس ریشه در نتیجه کاهش جذب و جابجایی مواد غذایی و به طور غیر

عبارت مانداب برای توضیح خاک‌هایی به کار می‌رود که آب بیشتر از میزان مورد نیاز گیاه دارند. این موضوع بیشتر در مناطق آب و هوایی گرم در طول مدت زمستان و بهار و نیز موقتاً در طول تابستان در نتیجه بارش و یا آبیاری زیاد رخ می‌دهد (جانسون و همکاران^۱، ۱۹۹۹). عموماً عمق آب زیاد برای رشد گیاه مضر است و تهویه خاک را دچار مشکل می‌کند و خلل و فرج خاک با آب پر می‌شود (کوی و کی^۲، ۱۹۹۱). عامل اصلی

3- Brisson & et al.

4- Cai & et al.

5- Ding & Musgrave

6- Trought & Drew

1- Johnson et al.

2- Qui & Ke

نیز با انجام آزمایشی نشان دادند که حتی دوره های کوتاه مدت ماندابی (کمتر از ۳ روز) تأثیر قابل توجه طولانی مدتی روی رشد گیاهچه گندم می گذارد. بخشنده (۱۳۷۷) در بررسی اثر ماندابی در مراحل مختلف رشد گندم رقم تیمو گزارش داده است که مراحل اولیه رشد گندم در مقایسه با مراحل بعدی به ماندابی حساسیت بیشتری دارد. در گندم حساسیت عملکرد دانه و ماده خشک اندام هوایی به ماندابی در مراحل مختلف رشد به ترتیب مرحله جوانه زنی، پنجه زنی، ساقه رفتن و مرحله پر شدن دانه گزارش شده است. پانگ و همکاران^۷ (۲۰۰۴) در بررسی اثر ماندابی در مرحله ۳ تا ۴ برگی به این نتیجه رسیدند که رشد ریشه و اندام هوایی کاهش می یابد و با افزایش تنش ماندابی میزان کلروفیل، سرعت آسمیلاسیون CO₂ و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II، به طرز معنی داری کاهش می یابد (بلفورد و همکاران^۸، ۱۹۸۵؛ هانگ و همکاران^۹، ۲۰۰۳). ستر و واترز (۲۰۰۳) با انجام آزمایشی حساسیت به ماندابی را در گندم، جو، یولاف و تریتیکاله مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که گندم و جو نسبت به ماندابی حساس تر از یولاف و تریتیکاله هستند. در شرایط ماندابی برگ های گندم و جو زرد می شوند، در صورتی که در یولاف و تریتیکاله به صورت سبز می مانند. بر اساس این گزارش میانگین بقای یولاف، تریتیکاله، گندم و جوهای استرالیایی به ترتیب ۸۶، ۷۵، ۶۸ و ۴۱ درصد گزارش شد. جانسون و همکاران (۱۹۹۱) نیز در آزمایشات خود به مقاومت بالای تریتیکاله نسبت به گندم دست یافتند. زنگ و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۹) با مطالعه اثر تنش شوری و ماندابی به طور همزمان و جداگانه بر روی دو وارته گندم زمستانه دریافتند که اعمال همزمان هر دو تنش نرخ فتوسنتز خالص برگ پرچم را که می تواند ناشی از بسته شدن روزنه ها و خسارت به فتوسیستم دو باشد، بطور

مستقیم از طریق ایجاد سمیت در ناحیه ریشه و محدودیت در مواد مغذی رشد و توسعه گیاه را محدود می کند. لوکسمور و همکاران^۱ (۱۹۷۳) و مسگراو و دینگ (۱۹۹۸) در بررسی های مختلف تأثیر تنش ماندابی را بر روی گندم مورد مطالعه قرار دادند و اظهار داشتند ماندابی در گندم منجر به کاهش سطح برگ، سرعت رشد آن و کاهش عملکرد دانه می گردد. شدت اثرات ماندابی بر روی رشد و تولید فراورده های فتوسنتزی به گونه گیاه، حتی ارقام زراعی در یک گونه، مرحله تکوین گیاه، ویژگیهای خاک (اسیدیته و مواد آلی خاک) و به ویژه دمای خاک بستگی دارد (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲؛ دینگ و مسگراو، ۱۹۹۵). از آنجا که با کاهش دما نیاز به اکسیژن برای تنفس کاهش می یابد، لذا آسیب های ناشی از ماندابی در دماهای پایین در مقایسه با دماهای بالای خاک از شدت کمتری برخوردار است (جانسون و همکاران، ۱۹۹۱؛ ستر و واترز^۲، ۲۰۰۳). تشکیل آثرانسیم در ریشه یکی از راهکارهای اجتناب از تنش ماندابی در گندم محسوب می شود (ملهویش و مویرهد^۳، ۱۹۹۱). لک زاده و همکاران (۱۳۸۱) در آزمایشی مدت های مختلف ماندابی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز را بر خصوصیات پنجه زنی گندم رقم چمران مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که ماندابی تعداد پنجه ها را کاهش و با کاهش تعداد سنبله، باعث کاهش عملکرد دانه به مقدار ۷ تا ۱۱ درصد گردیده است. در محصولات زراعی، خسارت ماندابی به مرحله رشدی گیاه، ارتفاع سطح آب، مدت ماندابی، رقم و دمای محیط بستگی دارد (بائو^۴، ۱۹۹۷). در مورد مدت ماندابی،ملهویش و مویرهد (۱۹۹۱) اظهار داشته اند که دوره های کوتاه مدت ماندابی (۱ تا ۲ روز) عملکرد نهایی دانه را کاهش می دهد. مالک و همکاران^۵ (۲۰۰۲)

7- Pang *et al.*8- Belford *et al.*9- Huange *et al.*10- Zheng *et al.*1- Luxmore *et al.*

3- Setter & waters

4 - Melhish & Muirhead

5- Bao

6- Malik

مدت‌های مختلف ماندابی در سه سطح صفر، ۷ و ۱۴ روز به عنوان فاکتور فرعی و ب) مراحل شروع دوره ماندابی در سه سطح شامل شروع دوره ماندابی در مرحله نموی پنجه‌زنی (ZGS13^۲)، شروع دوره ماندابی در مرحله نموی ساقه‌رفتن (ZGS31) و شروع دوره ماندابی در مرحله غلاف‌رفتن (ZGS43) به عنوان فاکتور اصلی بودند که به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید به نحوی که هر تکرار دارای ۹ کرت و کل آزمایش شامل ۳۶ کرت بود. هر کرت اصلی شامل ۳ کرت فرعی و هر کرت فرعی شامل ۸ خط کشت به فاصله ۲۰ سانتیمتر بود. مساحت هر کرت فرعی ۴/۸ متر مربع بود به نحوی که عرض هر کرت فرعی ۱/۶ متر و طول هر خط کشت ۳ متر بود تا سطح کرت فرعی تا حد ممکن کوچک شده و اعمال ماندابی در کرت و حفظ حالت مانداب ممکن باشد. تراکم بوته با احتساب قوه نامیه و شرایط مزرعه، ۲۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. لاین مورد استفاده در این آزمایش، لاین WB7910 (لاین امیدبخش شماره ۱۰ سراسری) بود که در سال ۸۱-۷۹ در آزمایشات یکنواخت سراسری منطقه گرم کشور از جمله استان خوزستان بررسی شد و برتری خود را نسبت به سایر ارقام و لاین‌ها از جمله جو جنوب و نیمروز نشان داد و تا زمان اجرای این پروژه مراحل نامگذاری خود را طی می‌نموده است. مشخصات این رقم بطور اجمالی عبارتند از: عملکرد حدود ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، لاین نیمه پاکوتاه (ارتفاع بوته ۸۵-۹۵ سانتیمتر)، کودپذیر، وزن هزاردانه ۳۶-۴۰ گرم، طول دوره از کشت تا ظهور سنبله ۹۵-۸۵ روز. مشخصات هواشناسی محل آزمایش از نظر دما و بارش در شکل شماره ۱ ارائه شده است. مزرعه آزمایشی در سال قبل زیر کشت گیاه زنیان بود. خاک مزرعه دارای بافت رسی، با میزان نیتروژن ۰/۰۵۶ درصد، فسفر ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، پتاس ۱۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم

معنی‌داری کاهش می‌دهد در صورتی که تیمار ماندابی به تنهایی اثرات منفی اندکی را بر فتوسنتز خالص برگ پرچم دارد. ترکیب شوری و ماندابی بطور معنی‌داری عملکرد گندم را از طریق کاهش وزن دانه، طول سنبله و تعداد سنبلچه‌ها کم می‌کند. آنایا و همکاران^۱ (۱۹۷۲) گزارش دادند که ماندابی بیشترین اثر سوء را در گندم بر عملکرد دانه، تعداد دانه و تولید پروتئین دارد و نیز ماندابی باعث کاهش رشد برگ، ساقه و ریشه می‌شود. کل پروتئین تولیدی ارتباط نزدیکی با عملکرد دانه دارد و درصد پروتئین دانه ارتباط معکوس با میزان عملکرد دانه دارد، بنابراین درصد پروتئین دانه در تیمارهای ماندابی که عملکرد کمتری تولید کردند بیشتر از درصد پروتئین دانه در تیمارهای با عملکرد بالا می‌باشد. با توجه به آنچه ذکر شد و نیز اینکه بیشترین سطح زیر کشت، به کشت غلات اختصاص دارد و با عنایت به اینکه اکثر مزارع استان خوزستان زهکشی مطلوبی ندارند و لذا در برخی سال‌ها بارندگی زیاد در یک دوره کوتاه، آبیاری غرقابی مزارع، تسطیح نامناسب زمین‌ها، جاری شدن سیلاب، طغیان رودخانه‌ها و شکستن سدهای خاکی حاشیه رودخانه‌ها در استان خوزستان بیش از هشتاد هزار هکتار از اراضی زیر کشت غلات را تحت تأثیر تنش ماندابی قرار می‌دهد، لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر مدت‌های مختلف تنش ماندابی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد لاین WB-79-10 جو (لاین امیدبخش ۱۰ سراسری) در شرایط آب و هوایی استان خوزستان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه انجام گرفت. فاکتورها شامل الف)

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس این جدول، تفاوت بین مراحل شروع ماندابی معنی دار شده است به گونه‌ای که شروع ماندابی از مرحله پنجه‌زنی تأثیر منفی بیشتری را بر عملکرد دانه نسبت به دو مرحله بعدی (ساقه‌رفتن و غلاف‌رفتن) داشته است که بیانگر حساسیت بیشتر گیاه جو به ماندابی در این مرحله است. در مرحله غلاف‌رفتن عملکرد دانه با وجود تعداد کم دانه در سنبله بیشتر شده است که شاید به دلیل افزایش تعداد سنبله در متر مربع در این مرحله باشد یعنی تعداد زیاد سنبله تا حدودی کاهش تعداد دانه در سنبله را جبران کرده است. بین سطوح مختلف ماندابی نیز اختلاف معنی دار شد (جدول ۲) به طوری که با افزایش مدت ماندابی از ۷ و ۱۴ روز به ترتیب ۳۳/۳۳ و ۶۷/۱۲ درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). اثرات متقابل بین شروع دوره ماندابی و مدت ماندابی (S×W) نیز معنی دار شد. که در آن کاهش عملکرد دانه در مرحله پنجه‌زنی و به خصوص در مدت ۱۴ روز ماندابی بیشتر مشهود است (جدول ۳). کولاکو و هاریسون^۱ (۲۰۰۲)، نیز با انجام آزمایشی روی ۱۵ رقم گندم اثر مدت‌های مختلف ماندابی را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که تحت شرایط ماندابی عملکرد دانه به میزان ۴۴ درصد کاهش می‌یابد که عمدتاً به دلیل کاهش تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله بوده است. کوی و کی (۱۹۹۱) نیز با انجام آزمایشی روی چندین واریته جو دریافتند که عملکرد دانه ۴۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. هوانگ و همکاران (۲۰۰۳) و لک‌زاده و همکاران (۱۳۸۱) نیز با انجام آزمایشاتی روی گندم به نتایج مشابهی دست یافتند.

خاک و ماده آلی ۰/۱ درصد بود. بر همین اساس فسفر به میزان ۷۲ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و ۹۴ کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم بطور همزمان در مزرعه پخش و زیر خاک قرار گرفت. نیتروژن به میزان ۹۲ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در سه مرحله در زمان کشت، در زمان ساقه‌رفتن و در زمان غلاف‌رفتن به نسبت مساوی مصرف گردید. هنگام کرت‌بندی کف کرت‌ها با تراز تسطیح شدند و برای جلوگیری از نفوذ آب از کرت‌های مانداب به کرت‌های مجاور فاصله کرت‌های فرعی از هم ۳ متر و فاصله کرت‌های اصلی از هم ۳/۵ متر و فاصله تکرارها از هم ۲ متر در نظر گرفته شد. زمان کشت بذور ۱۳ آذرماه بود. در زمان اعمال تیمار ماندابی هر روز آبیاری صورت می‌گرفت به طوری که ارتفاع تقریبی آب در کرت‌ها در ساعات اولیه حدود ۱۰ سانتیمتر بود، به گونه‌ای که خاک داخل کرت‌ها (محیط‌ریشه) اشباع از آب می‌شد. به علت وجود زهکش در مزرعه آزمایشی و احتمال نفس کشیدن ریشه‌ها گودال‌هایی در مزرعه حفر شد که با پلاستیک درون آنها پوشیده و پر از آب شد و به عنوان استخر مورد استفاده قرار گرفت، یعنی بعد از هر بار آبیاری، هر زمان که سطح آب کرت پایین می‌رفت از آب آن برای پر کردن کرت‌ها استفاده می‌شد و به این ترتیب خاک محیط ریشه به صورت اشباع از آب باقی می‌ماند. برداشت نهایی در آخر فروردین ماه انجام گرفت. عملکرد نهایی دانه با برداشت از یک متر مربع در داخل هر کرت حاصل شد و تعداد کل سنبله‌های یک متر مربع شمارش شدند. تعداد دانه در سنبله از انتخاب تصادفی ۲۰ سنبله و شمارش تعداد دانه آنها حاصل شد. جهت تعیین وزن هزار دانه از محصول هر کرت چهار نمونه ۵۰۰ تایی شمارش و وزن گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC توسط محقق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در متر مربع	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۳	۱۳۹/۵ ^{NS}	۸۷۴/۸۱ ^{NS}	۱/۲۸۹ ^{NS}	۰/۰۱۱ ^{NS}	۰/۰۵۷ ^{NS}	۱۸۹۴۴/۳ ^{NS}	۰/۰۰۷ ^{NS}
مراحل شروع ماندابی (S)	۲	۳۰۲۷/۷۳*	۵۵۱۹۳۴/۰۳*	۳۷/۱۹۴*	۰/۰۳*	۵/۵*	۱۴۳۸۶۳۷/۰۳*	۷/۳۴۴*
خطای اصلی	۶	۷۵/۸۱	۲۸۳/۳	۱/۹۶۵	۰/۰۱۳	۰/۰۴	۴۵۶۹۷/۹۱۷	۰/۰۴۱
مدت ماندابی (W)	۱	۶۰۸۷۷*	۱۳۷۹۲۸۳۸/۹*	۱۳۹۱/۵۹*	۲/۵۵۷*	۲۴۴/۵*	۱۶۹۹۶۲۴/۸/۷۸*	۱۸۸/۹۴*
اثر متقابل S×W	۲	۱۲۰۴*	۱۰۵۶۰۸/۲۴*	۲۷/۱۵۱*	۰/۰۳۹*	۵/۱*	۴۰۱۳۴۸۱/۴۹*	۲/۱۰۴*
خطای فرعی	۹	۸۷/۴	۷۵۳/۸۰۴	۱/۹۹۲	۰/۰۰۵	۰/۱	۲۳۲۴۳/۳۶	۰/۰۳۳

NS و * به ترتیب عدم تفاوت معنی دار و معنی دار بودن در سطح ۵٪ احتمال.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه

میانگین‌ها							
تیمارها	تعداد سنبله در متر مربع	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
ZGS13	۲۹۲/۰c	۱۸۸۵c	۳۹/۰۰b	۱/۵۵۵a	۴۱/۵۰a	۱۳۴۴۰c	۱۲/۹۱c
ZGS31	۳۱۱/۹b	۲۱۹۴b	۴۲/۴۲a	۱/۶۲۶a	۴۱/۸۶a	۱۴۸۱۰b	۱۴/۳۱b
ZGS43	۳۳۴/۳a	۲۲۹۷a	۴۰/۱۷b	۱/۴۲۵b	۴۱/۲۴b	۱۵۶۰۰a	۱۵/۰۲a
شاهد (۰روز)	۳۶۵/۶a	۳۱۹۵a	۵۰/۹۲a	۲/۰۰۳a	۴۵/۹۳a	۱۸۳۵۰a	۱۷/۴۱a
مدت ماندابی ۷روز	۳۱۵/۶b	۲۱۳۰b	۴۰/۵۰b	۱/۵۲۵b	۴۱/۳۱b	۱۴۶۶۰b	۱۴/۴۸b
۱۴روز	۲۲۹/۱c	۱۰۵۱c	۳۰/۱۷c	۱/۱۳۸c	۳۷/۰۹c	۱۰۸۳۰c	۹/۵c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ احتمال (آزمون دانکن) می‌باشد.

خلفی و همکاران: اثر دوره های مختلف تنش ماندابی در مراحل...

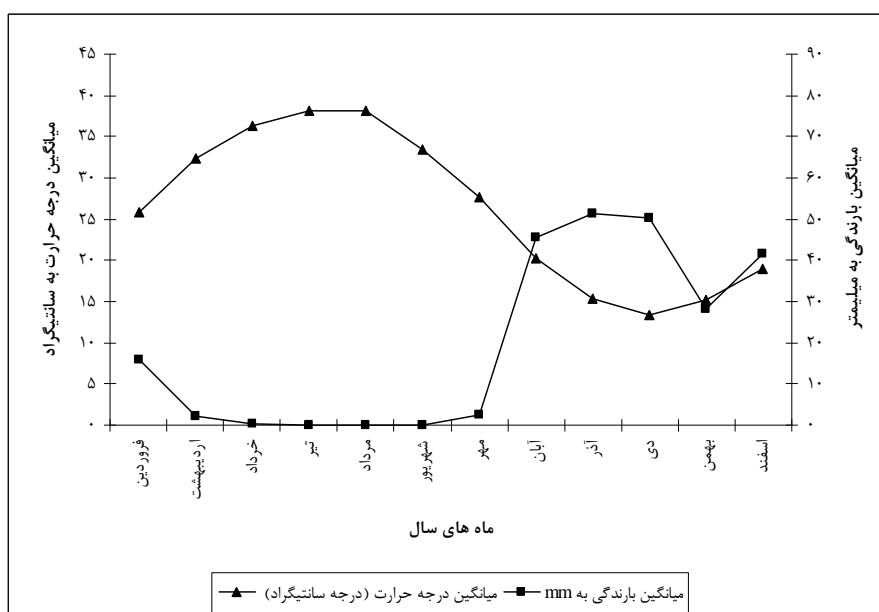
جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات مورد مطالعه

شاخص برداشت (درصد)	میانگین ها						تیمارها	
	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن دانه در سنبله (گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	تعداد سنبله در متر مربع	مدت ماندابی	مراحل شروع ماندابی
۱۷/۲a	۱۸۱۸۰a	۱۸۱۸۰a	۱/۹۷۵a	۵۱/۰۰a	۳۱۳۵a	۳۶۳/۳a	شاهد (۰روز)	
۱۳/۴۵d	۱۳۶۷۰d	۱۳۶۷۰d	۱/۵۵۰b	۳۸/۲۵c	۱۸۳۹d	۳۱۵/۰c	۷روز	ZGS13
۸/۰۵g	۸۴۶۱g	۸۴۶۱g	۱/۱۴۰cd	۲۷/۵f	۶۸۱f	۱۹۷/۸f	۱۴روز	
۱۷/۴a	۱۸۳۴۰a	۱۸۳۴۰a	۲/۰۴۳a	۵۱/۲۵a	۳۲۰۰a	۳۶۷/۸a	شاهد (۰روز)	
۱۴/۶۸c	۱۴۵۲۰c	۱۴۵۲۰c	۱/۴۹۷b	۴۰/۵۰b	۲۱۳۰c	۳۴۱/۵b	۷روز	ZGS31
۱۰/۸۲e	۱۱۵۶۰f	۱۱۵۶۰f	۱/۲۴۷c	۳۶/۵۴d	۱۲۵۰e	۲۲۶/۵e	۱۴روز	
۱۷/۵a	۱۸۵۳۰a	۱۸۵۳۰a	۱/۹۹۳a	۵۰/۷۵a	۳۲۵۰a	۳۶۵/۸a	شاهد (۰روز)	
۱۵/۳۲b	۱۵۸۰۰b	۱۵۸۰۰b	۱/۵۲۸b	۳۸/۶۸bc	۲۴۲۰b	۳۴۱/۳b	۷روز	ZGS43
۹/۸۰f	۱۲۴۶۰e	۱۲۴۶۰e	۱/۰۲۵d	۳۰/۷۵e	۱۲۲۱e	۲۶۳/۰d	۱۴روز	

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد احتمال (آزمون دانکن) می باشد.

جدول ۴- درصد صفات مورد مطالعه در مدت های مختلف ماندابی نسبت به شاهد

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	وزن دانه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه	تعداد سنبله در متر مربع	مدت ماندابی
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	روز (شاهد)
۸۳/۱۷	۷۹/۸۹	۸۹/۹۴	۷۶/۱۳۶	۷۹/۵۳	۶۶/۶۷	۹۰/۹۷	۷روز
۵۴/۸۹	۵۹/۰۲	۸۰/۷۵	۵۶/۸۲	۵۹/۲۵	۳۲/۹۱	۶۲/۶۶	۱۴روز



شکل ۱- نمودار مشخصات هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۸۸-۸۹

عملکرد بیولوژیک

از نظر عملکرد بیولوژیک بین مراحل شروع ماندابی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). بطوری که مرحله غلاف‌رفتن دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک و مرحله پنجه‌زنی دارای کمترین عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۲)، که می‌تواند به دلیل حساسیت زیاد مرحله پنجه‌زنی نسبت به تنش ماندابی باشد زیرا در این مرحله در گیاه جوانه‌های پنجه در حال شکل‌گیری هستند که از نظر تغذیه‌ای بسیار وابسته به ساقه اصلی هستند که بر اثر مانداب شدن و عدم تهویه خاک این جوانه‌ها تلف می‌شوند که این مطلب با یافته‌های کای و همکاران (۱۹۹۴) هماهنگی دارد. اختلاف بین سطوح مختلف ماندابی نیز معنی‌دار شد، به طوری که عملکرد بیولوژیک با افزایش مدت ماندابی ۷ و ۱۴ روز به ترتیب ۲۰/۱۱ و ۴۰/۹۸ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). اثر متقابل بین شروع دوره ماندابی و مدت ماندابی نیز معنی‌دار شد و جدول مقایسه میانگین (جدول ۳)، شدت کاهش عملکرد را در مرحله پنجه‌زنی با افزایش مدت ماندابی بیشتر نشان داد. این نتایج با نتایج زنگ و همکاران (۲۰۰۹)، آنایا و همکاران (۱۹۷۲)، سایر و همکاران^۱ (۱۹۹۴) و هالینگتون و همکاران^۲ (۲۰۰۳) مطابقت دارد.

تعداد سنبله در متر مربع

به لحاظ تعداد سنبله در واحد سطح بین مراحل شروع ماندابی اختلاف معنی‌دار شد (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین، مرحله غلاف‌رفتن بیشترین تعداد سنبله و مرحله پنجه‌زنی کمترین تعداد سنبله را داشت (جدول ۲). از نظر سطوح مختلف ماندابی نیز اختلاف معنی‌دار شد به طوری که با افزایش مدت زمان ماندابی از ۷ و ۱۴ روز تعداد سنبله در واحد سطح به ترتیب ۹/۰۳ و ۳۷/۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). همچنین اثرات متقابل سطوح مختلف ماندابی و مراحل

شروع ماندابی نیز معنی‌دار شد به گونه‌ای که با افزایش مدت ماندابی در هر یک از مراحل تعداد سنبله در متر مربع شروع به کاهش نموده که البته این کاهش در مرحله پنجه‌زنی وضع مشخص‌تری به خود گرفته است (جدول ۳). از بررسی تعداد سنبله در متر مربع ملاحظه می‌شود که در زمانی که ماندابی در مرحله غلاف‌رفتن اعمال شده است، تعداد سنبله در مترمربع بیشتر از دو مرحله دیگر (پنجه‌زنی و ساقه‌روی) بوده است چرا که در این دو مرحله به علت کاهش اکسیژن در ناحیه ریشه، زردی برگ‌ها و مرگ پنجه‌ها و نیز به علت حساسیت زیاد گیاه به تنش به خصوص در مرحله پنجه‌زنی، نهایتاً ماندابی منجر به کاهش تعداد سنبله از طریق از بین بردن پنجه‌ها گردیده است زیرا با از بین رفتن پنجه‌ها نهایتاً ساقه‌های فرعی کمتر شده و از آنجا نیز سنبله‌ها کمتر می‌شود. در مجموع می‌توان دلیل اصلی کاهش تعداد سنبله در متر مربع را کاهش تعداد پنجه‌ها، کاهش نیتروژن خاک از طریق آبشویی (که البته کود نیتروژن در سرعت نمو مریستم رأس ساقه و افزایش تعداد پنجه در مرحله رشد رویشی نقش موثری دارد) عنوان کرد، که این نتایج با نتایج ماسگراو (۱۹۹۸) در آزمایشات مدت‌های مختلف ماندابی روی گندم مطابقت دارد. بلفورد و همکاران (۱۹۸۵) نیز اظهار داشتند که ماندابی در مرحله پنجه‌زنی باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح به دلیل کاهش تعداد پنجه‌های به سنبله رفته شده و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود. کوی و کی (۱۹۹۱) با انجام آزمایشی روی چند وارپته جو برای مدت ۱۰ تا ۱۵ روز نتیجه گرفتند که تعداد سنبله در مترمربع ۴۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داشته است.

تعداد دانه در سنبله

بر اساس نتایج تجزیه واریانس از نظر تعداد دانه در سنبله بین مراحل شروع ماندابی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱). بطوری که شروع ماندابی در مرحله ساقه‌رفتن دارای تعداد دانه بیشتری نسبت به مرحله پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد

1- Sayre *et al.*2- Hollington *et al.*

غیرمعنی دار و در مرحله غلافرفتن معنی دار شد (جدول ۲)، که با بررسی سایر صفات می توان کاهش وزن دانه را در مرحله غلافرفتن به بالا بودن تعداد سنبله در متر مربع نسبت داد که تا حدودی تحت تأثیر رقابت درون گونه ای است. مدت ماندابی نیز اثرات معنی داری را بر وزن دانه در سنبله داشت و با افزایش مدت ماندابی وزن دانه در سنبله کاهش یافت، به طوری که در مدت ۷ و ۱۴ روز ماندابی وزن دانه در سنبله به ترتیب ۲۳/۸۶ و ۴۳/۱۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داشته است (جدول ۲ و ۴). در این آزمایش اثرات متقابل مدت ماندابی و مرحله شروع ماندابی ($s \times w$) معنی دار شده است و شیب کاهش وزن در مرحله غلافرفتن مقداری بیشتر است (جدول ۳). مسگراو و دینگ (۱۹۹۸)، نیز دلیل کاهش ۴۵ درصدی عملکرد دانه در آزمایش خود را حاصل کاهش ۴۲ درصدی تعداد دانه در سنبله و ۵ درصدی وزن هزاردانه و ۸ درصدی وزن دانه در سنبله ذکر کرده اند. کولاکو و هریسون (۲۰۰۲) و زنگ و همکاران (۲۰۰۹)، نیز با انجام آزمایشاتی روی ارقام مختلف گندم دریافتند که اگرچه سهم وزن دانه در کاهش عملکرد ناچیز است ولی در کل می تواند تأثیرگذار باشد.

وزن هزاردانه

از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی داری بین مراحل شروع ماندابی به دست آمد (جدول ۱). بطوریکه وزن هزاردانه در مرحله غلافرفتن اندکی کاهش نشان داد. بین سطوح مختلف ماندابی نیز از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی دار شد به گونه ای که در مدت های ۷ و ۱۴ روز ماندابی وزن هزار دانه به ترتیب ۱۰/۰۶ و ۱۹/۲۵ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). اثرات متقابل تیمارها نیز از نظر وزن هزاردانه معنی دار شدند. زنگ و همکاران (۲۰۰۹)، نیز با انجام آزمایشات ماندابی در مراحل مختلف روی ارقام مختلف گندم دریافتند که

علت کاهش تعداد دانه در سنبله در مرحله پنجه زنی تعداد کم سنبلچه ها باشد ولی علت کاهش تعداد دانه در سنبله در مرحله سنبله رفتن پوکی برخی سنبلچه ها بوده است که به دلیل حساسیت زیاد دو مرحله پنجه زنی و غلافرفتن نسبت به تنش ماندابی است زیرا در اثر مدت های طولانی ماندابی ۷ و ۱۴ روز در اثر آبخویی نیتروژن و کمبود مواد غذایی تعداد سنبلچه ها در سنبله و در نتیجه تعداد گل در سنبلچه ها کاهش می یابد. در مرحله غلافرفتن نیز هر گونه تنشی باعث افزایش درصد عقیمی و تأثیر روی پر شدن دانه ها و نهایتاً تعداد و وزن دانه ها خواهد داشت. بین سطوح مختلف ماندابی اختلاف معنی دار شد به طوری که در مدت های ۷ و ۱۴ روز ماندابی تعداد دانه در سنبله به ترتیب ۲۰/۴۶ و ۴۰/۷۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۴). از نظر اثرات متقابل بین شروع دوره ماندابی و مدت ماندابی ($s \times w$) اختلاف معنی دار شده است و نتایج نشان می دهد که روند کاهش تعداد دانه در سنبله با افزایش مدت ماندابی در هر سه مرحله روند کاهشی غیر متشابه ای را پیموده است (جدول ۳). کوی و کی (۱۹۹۱)، با انجام یک سری آزمایشات مشابه روی چند رقم جو در چین و دینگ و مسگراو (۱۹۹۵) به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققان در مورد اینکه از بین اجزای عملکرد بیشترین تأثیر ماندابی بر تعداد دانه در سنبله است، اجماع نظر دارند. قبادی و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی مراحل نمودی ارقام گندم گزارش کردند که هر قدر مدت ماندابی طولانی تر گردد، کاهش تعداد دانه در سنبله بیشتر می شود به گونه ای که به ازای هر یک روز تأخیر در ماندابی حدود ۱/۱۲ درصد از تعداد دانه در سنبله کاسته می شود.

وزن دانه در سنبله

از نظر وزن دانه در سنبله تفاوت بین دوره های شروع ماندابی به لحاظ آماری معنی دار شده است (جدول ۱). به لحاظ مقایسه میانگین، تفاوت وزن دانه در سنبله در مراحل پنجه زنی و ساقه رفتن در سطح احتمال ۵ درصد

۱- بیانگر مراحل شروع ماندابی (مراحل رشدی) S-1

۲- بیانگر مدت های مختلف ماندابی W-2

نرسیده بوده و ریشه‌های بذری در این مرحله بتدریج جای خود را به ریشه‌های ثانویه (طوقه‌ای) می‌دهند و نیز اینکه ریشه‌های ثانویه به میزان کافی توسعه نیافته‌اند تا نیاز گیاه را برآورده سازند. لذا یک احتمال می‌تواند عدم توسعه یافتگی کافی ریشه باشد ولی با این وجود مدت‌های کوتاه ماندابی نیز توان تخریب کنندگی و از بین بردن گیاه را به طور کامل ندارد اما می‌تواند روی خصوصیات عملکردی گیاه در آینده اثراتی را هر چند ناچیز باقی گذارد.

در این آزمایش نشان داده شد که میزان خسارت با افزایش مدت ماندابی بسته به اینکه گیاه در چه مرحله‌ای بوده باشد متفاوت است. در مرحله غلاف‌رفتن با توجه به تعداد زیاد سنبله (که اکثراً پنجه‌های به سنبله رفته هستند) در متر مربع کاهش عملکرد دانه کمتری نسبت به مرحله ساقه‌روی و پنجه‌زنی داشته است.

نتایج آزمایش نشان می‌دهند که هر قدر گیاه جو به مراحل پایانی رشد نزدیک می‌شود، میزان مقاومت کلی گیاه در برابر ماندابی بیشتر خواهد شد که شاید دلیل آن توانایی گیاه در مراحل پایانی در ایجاد بافت‌های آثراننشیمی باشد، که البته نیازمند بررسی دقیق وضعیت مرفولوژیک ریشه در شرایط تنش ماندابی است، این مهم در پژوهش حاضر به لحاظ محدودیت زمانی انجام نگردید و نیازمند مطالعات تکمیلی است.

وزن هزار دانه که متأثر از وزن دانه در سنبله است کاهش می‌یابد.

شاخص برداشت

از نظر شاخص برداشت تفاوت بین مراحل شروع ماندابی معنی‌دار شد (جدول ۱). بطوری که پنجه‌زنی (ZGS13) حساس‌ترین مرحله بود. همچنین بین مدت‌های ماندابی نیز اختلاف معنی‌دار شد، بطوریکه در مدت‌های ۷ و ۱۴ روز ماندابی به ترتیب ۱۶/۸ و ۴۵/۱۱ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان می‌دهند (جدول ۴). اثر متقابل مدت ماندابی و مرحله شروع ماندابی (S×W) نیز معنی‌دار شده است که نشان می‌دهد با افزایش مدت ماندابی روند کاهش شاخص برداشت در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده است (جدول ۳). زنگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز با انجام آزمایشات مشابه متوجه کاهش شاخص برداشت همزمان با افزایش مدت‌های ماندابی شدند.

نتیجه‌گیری

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه نشان می‌دهد که حساسیت به ماندابی در مرحله پنجه‌زنی بیشتر از سایر مراحل است و در مرحله غلاف‌رفتن این حساسیت به مراتب کاهش می‌یابد.

در جواب این سوال که چرا مرحله پنجه‌زنی نسبت به دو مرحله دیگر حساس‌تر به ماندابی است می‌توان گفت که گیاه در این مرحله هنوز به توسعه یافتگی کافی

منابع

۱. بخشنده، ع. ۱۳۷۷. تأثیر دوره‌های مختلف آب ماندگی در مراحل اولیه نمو گندم بر روی جوانه زنی، رشد و نمو گندم رقم Timmo. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، صص ۶۲۵-۶۲۶.
۲. قبادی، م. ا، بخشنده، ع.، نادیان، ح.، فتحی، ق.، قرینه، م.، عالمی سعید، خ. ۱۳۸۶. اثر مدت‌های ماندابی خاک در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. مجله علمی کشاورزی، ۳۰(۲): ۱۳۴-۱۴۵.
۳. لک‌زاده، ا، کاشانی، ع. بخشنده، ع. و مامقانی، ر. ۱۳۸۱. بررسی تغییرات تعداد پنجه گندم رقم چمران تحت تأثیر دوره‌های ماندابی در مراحل مختلف نمو. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، صص ۲۶۴-۲۶۵.

4. Anaya, M.G., and Stolzy, L.H. 1972. Wheat response to different soil water-aeration conditions. *Soil Science Society*, 36: 485-489.
5. Bao, X. 1997. Study on identification stage and index of waterlogging tolerance in various wheat genotypes. *Acta Agriculture Shanghai*, 13(2):32-38.
6. Belford, R.K., Cannell, R.Q., and Thomson, R.J. 1985. Effects of single and multiple waterlogging on the growth and yield of winter wheat on a clay soil. *Journal of Science of Flood and Agriculture*, 36: 142-156.
7. Brisson, N., Rebiere, B., Zimmer, D., and Renalt, D. 2002. Response of the root system of winter wheat crop to water logging. *Plant and Soil*, 243: 43-55.
8. Cai, S.B., Cao, Y., Yan, J.M., Fang, X.W., Zhu, W., and Yan, J.M. 1994. The effects of waterlogging and high temperatures on plant senescence and grain weight of wheat during grain filling. *Acta Agronomia Science*, 20: 457-464.
9. Collaku, A., and Harrison, S. A. 2002. Losses in wheat due to waterlogging. *Crop Science*, 42: 444-450.
10. Ding, N., and Musgrave, M.E. 1995. Relationship between mineral coating on roots and yield performance of wheat under waterlogging stress. *Journal of Experimental Botany*, 46: 939-945.
11. Hollington, P.A., Gill, K.S., Rashid, A., and Buttar, G.S. 2003. Development and promotion of salinity and waterlogging tolerant wheat for India and Pakistan. *Agronomy Journal*, 20:3, 79-83.
12. Huange, S., Greenway, H., and Colmer, T.D. 2003. Anoxia tolerance in rice seedling: exogenous glucose improves growth of an anoxia-intolerant, but not of a tolerant genotype. *Journal of Experimental Botany*, 54(391): 2363-2373.
13. Johnson, J.W., Cunfer, B.M., and Manandhar, J. 1991. Adaptation of *triticale* to soils of the southeastern USA. In *Proceedings of the Second International Tritical Symposium*. Mexico, CIMMYT, pp: 659-662.
14. Luxmore, R.J., Fisher, R.A., and Stolzy, L.H. 1973. Flooding and soil temperature effects on wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 65: 361-364.
15. Malik, A.I., Colmer, T.D., Lambers, H., Setter, T.L., and Schotemeyer, M. 2002. Short-term waterlogging has long-term effects on the growth and physiology of wheat. *New Phytologist*, 153: 225-236.
16. Melhish, F.M., and Muirhead, W.A. 1991. Flood irrigation of wheat on a transitional red-brown earth. 1. Effect of duration of ponding on soil water, plant growth, yield and N uptake. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42:1023-1035.
17. Musgrave, M.E., and Ding, N. 1998. Evaluating wheat cultivars for waterlogging tolerance. *Crop Science*, 34: 90-97.

18. Pang, J., Zhou, M., Mendham, N., and Shabala, S. 2004. Growth and physiological responses of six barley genotypes to waterlogging and subsequent recovery. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(8): 895-906.
19. Qui, J.D., and Ke, Y. 1991. A study of determination of wet tolerance of 4572 barley germplasm resources. *Acta Agriculture Shanghai*, 7(4): 27-32.
20. Sayre, K.D., Van Ginkel, M., Rajaram, S. 1994. Tolerance to waterlogging losses in spring bread wheat effect of time of onset on expression. Colorado State University. In: *Annual Wheat Newsletter*, 40:165-171.
21. Setter, T.L., and Waters, I. 2003. Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. *Plant and Soil*, 253: 1-34.
22. Trought, M.C.T., and Drew, M.C.1980. The development of waterlogging damage in wheat seedling (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 72- 94.
23. Zheng, C., Jiang, D., and Cao, W. 2009. Effects of salt and waterlogging stresses leaf photosynthesis, chloroplast ATP synthesis, and antioxidant capacity in wheat. *Journal of Plant Research*, 120: 209-217.