دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره پنجم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۷
http://arpe.gonbad.ac.ir

بررسی اثر تنش غرقاب در مرحله گیاهچه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.)

سارا پیردهقان[۱]، علی راحمی کاریزکی[۲*]، ابراهیم غلامعلی پورعلمداری[۳]، حسین صبوری[۴]
[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۳،۲]استادیاران گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۴]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۷

چکیده

مقدمه: گندم با سطح زیر کشت بیش از ۲۴۰ میلیون هکتار در جهان مهم‌ترین منبع غذایی و اقتصادی بیش از یک میلیارد انسان در کشورهای در حال توسعه است. غرقاب به‌عنوان تنش غیرزیستی و از خطرناک‌ترین رخدادهای طبیعی است؛ که فشار شدیدی را بر گیاهان ایجاد می‌کند؛ زیرا آب اضافه در محیط زندگی گیاه می‌تواند آن را از اکسیژن و دی‌اکسیدکربن محروم نماید؛ لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش غرقابی در مراحل گیاهچه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر تنش غرقابی در مراحل گیاهچه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۶-۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دوره‌های مختلف غرقابی (صفر، ۱۰ و ۲۰ روز) و ارقام گندم (شامل کریم، کوهدشت، لاین۱۷، قابوس و آفتاب، مروارید، آذر۲، سرداری، گنبد و زاگرس) بود. در هر گلدان ۵ عدد بذر کشت شد و پس از سبزشدن و در مرحله سه برگی به تعداد سه گیاهچه کاهش یافت.

*نویسنده مسئول: alirahemi@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که اثر رقم بر تمامی صفات و اثر غرقاب هم در همه صفات به غیر از صفت طول سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دارشدند؛ اما اثر متقابل رقم × غرقاب در صفات تعداد پنجه بارور و وزن خشک بوته غیرمعنی‌دار، و در صفت تعداد دانه در سطح احتمال پنج درصد و باقی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دارشد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین، رقم آذر ۲ و سرداری بیش‌ترین ارتفاع بوته در همه سطوح تنش را داشتند. طول خوشه حساسیتی به تنش نشان نداد و رقم گنبد نسبت به سایر ارقام بیشترین طول خوشه را داشت. با افزایش سطوح تنش میانگین تعداد دانه در هر پنجه و وزن دانه در هر پنجه افزایش و میانگین تعداد پنجه بارور کاهش یافت؛ بر همین اساس رقم گنبد پایین‌ترین تعداد پنجه بارور و بالاترین تعداد دانه در هر پنجه و وزن دانه در هر پنجه را دارا بود؛ هم‌چنین با توجه به نتایج رقم گنبد در سطوح تنش بالاترین عملکرد و رقم آفتاب بالاترین شاخص برداشت را داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج بدست آمده تنش غرقابی باعث کاهش معنی‌دار برخی صفات از جمله ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه و افزایش برخی از صفات مانند تعداد دانه در پنجه و وزن کل دانه و شاخص برداشت شد. با این حال می توان بیان داشت که رقم گنبد در شرایط تنش رقم برتر بود. اما به طور کلی ارقام مختلف واکنش‌های متفاوتی به تنش داشتند؛ لذا پیشنهاد می‌شود که تنش در مراحل بعدی رشد هم اعمال شود.

واژه‌های کلیدی: تنش، غرقاب، عملکرد، شاخص برداشت

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) از جمله غلات عمده است که به علت سهولت تولید و اهمیت آن در تغذیه انسان در سطح گسترده‌ای در دنیا تولید می‌شود، و با سطح زیرکشت بیش از ۲۰۰ میلیون هکتار در جهان مهم‌ترین منبع غذایی و اقتصادی بیش از یک میلیارد انسان در کشورهای در حال توسعه است (Singh *et al*., 2008; Kazemi Arbat, 2005). در ایران نیز گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به‌شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن بالغ بر نیمی از اراضی زیر کشت گیاهان زراعی (حدود ۶۸/۶ میلیون هکتار) است. گندم به‌دلیل اهمیت غذایی (منبع اصلی کربوهیدرات) و طیف نسبتا گسترده سازگاری به شرایط متفاوت آب و هوایی، در مقایسه با سایر گیاهان زراعی در سطح وسیع‌تری کاشته می‌شود (Siyadat *et al*., 2013).

غرقاب به‌عنوان تنش غیرزیستی و از خطرناک‌ترین رخدادهای طبیعی است که در اثر عوامل متعددی از قبیل بارندگی‌های شدید، طغیان رودخانه‌ها، آبیاری بیش از حد همراه با زهکشی ضعیف خاک، وجود لایه‌های غیرقابل نفوذ در خاک، عدم وجود زهکش مناسب و سیلاب‌های بهاره ایجاد می‌شود (Ahmed *et al*., 2012). شرایط غرقابی فشار شدیدی را بر روی گیاهان ایجاد می‌کند؛ زیرا

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

آب اضافه در محیط زندگی گیاه می‌تواند آن را از اکسیژن و دی‌اکسیدکربن محروم نماید (Michael *et al*., 2009). غرقابی غلظت اکسیژن ریشه را کاهش می‌دهد؛ که سبب تغییر در شدت تنفس تاریکی و افزایش استفاده از کربوهیدرات و سنتز آنتی اکسیدان‌ها می‌شود (Sun *et al*., 2015). در حالت غرقابی، اگرچه فقط ریشه‌ی گیاهان خشکی‌زی در معرض کمبود اکسیژن محیطی قرار می‌گیرند؛ ولی به کل اندام گیاه آسیب وارد می‌شود. از عوارض آن می‌توان به کاهش رشد ریشه و در نهایت کاهش رشد اندام هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد اشاره نمود (Ghobadi *et al*., 2006).

نتایج تحقیقات توسط وو و همکاران (Wo *et al*., 2018) بر روی اثرات فشردگی خاک و غرقاب و ترکیب غرقاب و فشرده‌سازی خاک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم در جنوب غربی چین نشان داد که با غرقاب خاک در مرحله پنجه‌زنی اثرات زیان‌باری بر روی ریشه و ساقه در طول رشد یا بعد از غرقابی مشاهده شد. مسگراو و دینگ (Musgrave and Ding, 1998) کاهش ۴۵ درصدی در عملکرد گندم را تحت اثر تنش غرقاب اعلام نمودند؛ آن‌ها بیان نمودند که تعداد دانه مهم‌ترین جزء عملکرد است؛ که تحت تأثیر تنش غرقابی قرار می‌گیرد. مطالعه تنش غرقابی بر شبدر زیر زمینی در منطقه گرگان نشان داد که غرقابی موجب کاهش ۱۶۰۸ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و ۶۳/۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت شده در بافت گیاه گردید (Galeshi *et al*., 1996).

مطالعات انجام شده بر روی گیاه پنبه نشان داد که غرقابی به‌طور معنی‌داری سرعت فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Conaty *et al*., 2008). هم‌چنین مشاهده گردید که تنش غرقابی به‌طور میانگین سبب کاهش ۳۹ تا ۴۴ درصدی عملکرد در گندم و ۳۰ تا ۵۰ درصدی آن در جو شد (Collaku and Harison, 2002). یکی از صفات تعیین‌کننده عملکرد تعداد دانه است، هرچه تعداد دانه در پنجه بیشتر باشد مخزن بزرگتری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شودکه در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Collaku and Harison, 2002). دی‌سان سلدونیو (Desan Celedonio, 2018) در تحقیقاتی بر روی گندم و جو تحت شرایط غرقاب بیان داشتند که تنش غرقابی به طور معنی‌داری تعداد دانه در گیاه را کاهش داد. کاهش تعداد دانه در گندم به کاهش تعداد دانه در سنبله و کاهش تعداد دانه در جو به کاهش تعداد سنبله مرتبط است؛ هم‌چنین در هر دو گونه تنش غرقابی سبب کاهش رشد سنبله شد که باعث کاهش تعداد گلچه بارور در سنبله می‌شود.

ولمر و همکاران (Wollmer *et al*., 2018) در آزمایشاتی بر روی گندم زمستانه بیان داشتند که تنش غرقابی باعث کاهش طول ساقه و سنبله شد. گرزسیاک و همکاران (Grzesiak *et al*., 2016). بیان کردند کاهش رشد ریشه در خاک فشرده به علت کمبود میزان اکسیژن است؛ و اگر کمبود هوا کم‌تر از ۱۰ درصد باشد، هیپوکسی ممکن است باعث محدود شدن رشد ریشه شود؛ که نتیجه‌ی آن کاهش عملکرد می‌باشد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

از آنجایی‌که استان گلستان از مناطق مهم تولید محصول گندم می‌باشد، در بعضی از سال‌ها بارندگی‌های سنگین پاییزه؛ هم‌چنین بارندگی‌های اواخر زمستان و اوایل بهار در استان گلستان موجب ایجاد شرایط غرقابی در مراحل سبزشدن، گلدهی و پرشدن دانه می‌شود. تعیین پارامترهای حساسیت به غرقابی و مکانیسم‌های مقاومت و بقای گیاهان و انتخاب روش‌های اصلاحی به توسعه بهتر فعالیت‌های مدیریتی در برابر تنش غرقابی کمک خواهند کرد. با شناخت دقیق مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی و با شناخت دقیق‌تر این مسأله که تنش غرقابی در چه مرحله‌ای از رشد و نمو خسارت بیش‌تری وارد می‌نماید؛ می‌توان با مدیریت بهتر در تمام مراحل رشد و نمو و یا حداقل در مراحل حساس‌تر به این تنش (مرحله گیاهچه‌ای)، خسارت آن را به حداقل رساند؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش غرقابی در مراحل گیاهچه‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دوره‌های مختلف غرقابی (صفر، ۱۰ و ۲۰ روز) و ارقام گندم (شامل کریم، کوهدشت، لاین۱۷، قابوس و آفتاب، مروارید، آذر۲، سرداری، گنبد و زاگرس) بودند. ابتدا تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس انجام شد؛ که خاک مزرعه دارای بافت خاک لومی سیلتی بود (جدول ۱).

بذرها در گلدان‌های پلاستیکی که با محتوای ۵ کیلوگرم خاک با ترکیبی از دوسوم خاک سرند شده و یک‌سوم کود حیوانی برای جلوگیری از سله بستن خاک که دارای قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر بودند؛ کاشته شد. خاک گلدان‌ها از خاک مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس تهیه شد. در هر گلدان پنج عدد بذر کاشته شد و پس از سبزشدن و در مرحله سه برگی، به تعداد سه گیاهچه، کاهش یافت. با توجه به آزمایش خاک و توصیه کودی، تنها کود ازته استفاده گردید و با توجه به مساحت گلدان کود ازت در اوایل کاشت قبل از جوانه‌زنی و بعد از مرحله ساقه‌دهی به‌صورت محلول استفاده شد. لازم به ذکر است که توصیه کودی برای گندم با توجه به آمار عملکرد متوسط ده‌ساله غلات معرفی شده به ایستگاه تحقیقات گنبد کاووس ۱۵ گرم در مترمربع در نظر گرفته شد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

جدول ۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری)
Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil used in the test (depth 0-30 cm)

Characteristic	مشخصه	مقدار Quantity
EC (dS/m^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	1.19
pH	پی اچ	7.9
Neutralizing agents(%)	مواد خنثی شونده (درصد)	9.8
Organic Carbon(%)	کربن آلی (درصد)	0.68
Total nitrogen (%)	نیتروژن کل (درصد)	0.07
Acceptable phosphorus (ppm)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	13.4
Acceptable potassium (ppm)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	356
Clay (%)	رس (درصد)	15
Lay (%)	لای (درصد)	64
Sand (%)	ماسه (درصد)	21

به‌منظور اعمال تیمارهای غرقابی، حوضچه‌هایی به ابعاد ۹۰ در ۲۵۰ سانتی‌متر با استفاده از دیوارهای بلوکی به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و پوشش پلاستیکی ضخیم ایجاد شد و در زمان اعمال تنش، حوضچه‌ها به‌میزانی که سطح خاک گلدان‌ها در حالت غرقاب قرار گیرد از آب اشباع شد. زمان اعمال تنش در کرت‌های مربوط به تیمار تنش ۲۰ روز غرقاب، زمانی در نظر گرفته شد که ۹۰ درصد گلدان‌ها به مرحله سه برگی رسیده شدند و پس از گذشت ۱۰ روز از اعمال این سطح از تنش، کرت‌های مربوط به ۱۰ روز تنش، به مدت ۱۰ روز تحت شرایط غرقاب قرار گرفتند و گیاهان در سطوح تنش در یک زمان از شرایط خارج شدند. از این مرحله به بعد گیاهان در شرایط رشد طبیعی و مطلوب تا انتهای فصل رشد قرار گرفتند و تمام گلدان‌ها روزانه تا رسیدن به ظرفیت زراعی آبیاری شدند.

عملیات داشت شامل کودهی، وجین به‌صورت دستی در هر گلدان، مبارزه با بیماری زنگ زرد در مرحله سنبله‌دهی با استفاده از سم تیلت (پروپیکونازول) پنج سی‌سی در یک لیتر آب و برای مبارزه با آفات سم مالاتیون به میزان چهار سی‌سی در نیم لیتر آب به‌صورت اسپری استفاده شد. مقدار دوز سم‌ها براساس دستورالعمل آن یک لیتر در هکتار در ۲۰۰ لیتر آب بود؛ که به این ترتیب محلول ۵ در هزار سی‌سی می‌شود. بر این اساس محلول سم ۵ در هزار سی‌سی و محلول‌پاشی انجام شد. در ابتدا

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

سطح کلی گلدان‌ها محاسبه و سپس محلول سم مورد نیاز تعیین و سمپاشی انجام شد. آبیاری به‌طور دقیق در طول فصل رشد انجام گرفت.

در پایان آزمایش و پس از رسیدگی، بوته‌های گلدان‌ها، کف بر و به آزمایشگاه منتقل شدند و ارتفاع بلندترین بوته از قسمت طوقه تا انتهای ساقه بدون در نظر گرفتن ریشک؛ هم‌چنین طول سنبله در بلندترین بوته هم بدون در نظر گرفتن ریشک با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شدند و تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد دانه در سنبله‌های فرعی شمارش شدند. عملکرد دانه و بیولوژیک با استفاده از ترازوی یک صدم گرم اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه به‌صورت تک بوته در هر گلدان محاسبه شد و شاخص برداشت از فرمول زیر به‌دست آمد.

$$HI\ (Harvest\ Index) = (Y/BY) \times 100$$

در این معادله Y: عملکرد دانه (بر حسب گرم در بوته)، BY (Biological Yield): عملکرد بیولوژیک (بر حسب گرم در بوته) و HI: شاخص برداشت (بر حسب درصد) می‌باشد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و طول سنبله: نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که اثر غرقاب و رقم و اثر متقابل غرقاب و رقم بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ارقام گندم در شرایط عدم تنش و تنش غرقابی ۱۰ و ۲۰ روز نشان دادند که بالاترین ارتفاع بوته در سطح شاهد و تنش غرقاب ۱۰ روز و ۲۰ روز در رقم آذر ۲ و سرداری مشاهده شد؛ و کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به رقم آفتاب بود (جدول ۳)؛ با این حال با افزایش تنش میانگین ارتفاع بوته در ارقام کاهش یافت. با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که ارتفاع بوته هم تحت تأثیر ژنوتیپ و هم شرایط محیطی قرار می‌گیرد، اما بیش‌تر تحت تاثیر ژنوتیپ می‌باشد؛ زیرا رقمی که در شرایط شاهد از کم‌ترین ارتفاع برخوردار بود تحت شرایط تنش هم از پایین‌ترین ارتفاع نسبت به سایر ارقام برخوردار می‌باشد؛ هم‌چنین یکی از اثرات بارز تنش رطوبتی کاهش ارتفاع بوته است که به دلیل کاهش فاصله میانگره‌ها و به‌طور کلی اندازه گیاه می‌باشد. کاهش ارتفاع بوته کاهش فرصت ذخیره مواد فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال داشت.

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر غرقاب بر صفت طول سنبله معنی‌دار نبود و اثر رقم و اثر متقابل رقم در غرقاب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ارقام نشان دادند که لاین۱۷ در هر سه سطح تنش کم‌ترین طول سنبله را دارا بود؛ هم‌چنین در سطح عدم تنش رقم زاگرس و در سطوح تنش ارقام کوهدشت و گنبد بالاترین طول سنبله را به خود اختصاص دادند. با افزایش سطوح تنش طول سنبله تغییرات چشمگیری نداشته و مقدار آن تا تنش غرقاب ۱۰ روزه ثابت

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

بود (جدول ۳). ولمر و همکاران (Wollmer *et al*., 2018) طی آزمایشاتی روی گندم زمستانه بیان داشتند که تنش غرقابی باعث کاهش طول ساقه و سنبله شد. نتایج تحقیقات توسط وو و همکاران (Wo *et al*., 2018) بر روی اثرات فشردگی خاک و غرقاب و ترکیب غرقاب و فشرده‌سازی خاک بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم در جنوب غربی چین نشان داد که با غرقاب خاک در مرحله پنجه‌زنی اثرات زیان‌باری بر روی ریشه و ساقه در طول رشد یا بعد از غرقابی مشاهده شد. غرقابی غلظت اکسیژن ریشه را کاهش می‌دهد که سبب تغییر در شدت تنفس تاریکی و افزایش استفاده از کربوهیدرات و سنتز آنتی اکسیدان‌ها می‌شود (Sun *et al*., 2018). نتایج محققین دیگر با نتایج بدست آمده از نظر ارتفاع بوته مطابقت داشت اما طول سنبله تغیرات چشم‌گیری نداشته بود که علت آن را می‌توان به مدت زمان کم غرقاب و یا اینکه غرقاب در مراحل اولیه انجام شده نسبت داد.

تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در هر پنجه و وزن کل دانه در هر پنجه: عملکرد دانه در گندم ناشی از اثرات تجمعی اجزای عملکرد می‌باشد که این اجزا تحت تاثیر مدیریت، ژنوتیپ و اثر متقابل محیط با ژنوتیپ قرار می‌گیرد (Aydin *et al*., 2010)، بنابراین شناسایی این اجزا و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه می‌تواند در گزینش ارقام پرمحصول موثر واقع شود. براساس جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر رقم و غرقاب بر صفت تعداد پنجه بارور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل رقم در غرقاب معنی‌دار نبود (جدول ۲)، و مفهوم آن اینست که ارقام مورد بررسی مقدار و جهت تغیرات یکسانی را در شرایط متفاوت رطوبتی برای این صفت داشتند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند که بیش‌ترین تعداد پنجه بارور در بوته در شرایط عدم تنش بود، و بین سطوح تنش ۱۰ و۲۰ روز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴)؛ هم‌چنین مقایسه میانگین بین ارقام نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد پنجه بارور به‌ترتیب در ارقام سرداری و گنبد بود و بین ۵ رقم باقی‌مانده تفاوت آماری وجود نداشت (جدول ۴). در مطالعه‌ای که توسط دیکن و رایت (Dickin and Wright, 2008) به ارزیابی‌های ظرفیت پنجه‌زنی ژنوتیپ‌های متفاوت گندم در شرایط غرقاب انجام شده بود، بیان داشتند که در شرایط غرقاب ظرفیت پنجه‌زنی گیاه محدود می‌گردد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر غرقاب و رقم بر صفت تعداد دانه در هر پنجه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل رقم در غرقاب برای این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین سطوح تنش نشان دادند که رقم سرداری و رقم گنبد به‌ترتیب پایین‌ترین و بالاترین تعداد دانه در هر پنجه را به خود اختصاص دادند. با افزایش سطوح تنش میانگین تعداد دانه در هر پنجه افزایش یافت (جدول ۳).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت تاثیر تنش غرقابی

Table 2- Analysis of variance (MS) of yield and yield components of wheat cultivars under flooding stress

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد پنجه بارور Number of fertile tillers	تعداد دانه در هر پنجه Number of seeds per tiller
بلوک Bolck	3	432.04**	2.62^{ns}	12.86^{ns}	141.17*
غرقاب Flooding (F)	2	1270.96**	3.28^{ns}	65.58**	225.98**
خطا الف Error a	6	66.60	4.02	14.65	57.20
رقم Cultivar(C)	9	7092.01**	111.62**	153.18**	16393.61**
رقم × غرقاب F × C	18	875.28**	41.34**	48.47^{ns}	1138.52*
خطا ب Error a	81	1558.21	76.94	155.28	2550.05
ضریب تغییرات CV (%)		5.22	9.26	24.76	17.71

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت تاثیر تنش غرقابی

Table 2- Analysis of variance (MS) of yield and yield components of wheat cultivars under flooding stress

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	وزن دانه در هر پنجه Seed weight per tiller	وزن خشک بوته در گلدان Dry weight of the plant in the pot	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Bolck	3	0.35^{**}	29.17^{ns}	21.80^{ns}	464.73^{*}
غرقاب Flooding (F)	2	0.42^{**}	276.26^{**}	39.14^{*}	245.26^{*}
خطا الف Error a	6	0.10	45.33	12.23	124.95
رقم Cultivar(C)	9	22.81^{**}	338.24^{**}	320.59^{**}	7568.37^{**}
رقم × غرقاب F × C	18	2.84^{**}	298.27^{ns}	175.93^{**}	2647.32^{**}
خطا ب Error a	81	4.42	919.40	247.55	1910.72
ضریب تغییرات CV (%)		17.14	20.36	27.74	11.64

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت تاثیر تنش غرقابی

Table 3- Mean comparison of yield and yield components of wheat cultivars under flooding stress

تنش Stress	ارقام	Cultivars	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در هر پنجه Number of seeds per tiller
شاهد Control	کوهدشت	Koohdasht	83.23d	10.33c	30.97b
	کریم	Karim	84.70cd	9.82cd	27.28b
	قابوس	Qaboos	89.06c	10.29c	40.06a
	مروارید	Morvarid	90.40bc	9.49cd	40.24a
	آذر۲	Azar2	101.85a	10.17c	6.90c
	سرداری	Sardari	95.93ab	10.005c	7.05c
	گنبد	Gonbad	85.63cd	11.73ab	46.37a
	لاین۱۷	Line17	82.52d	8.56d	29.59b
	آفتاب	Aftab	80.98d	10.63bc	28.94b
	زاگرس	Zagros	86.12cd	12.96a	42.01a
	میانگین	Average	88.04	10.39	29.94
تنش ۱۰ روز 10 days stress	کوهدشت	Koohdasht	80.27de	12.52a	31.89d
	کریم	Karim	78.14ef	9.71bc	23.59ef
	قابوس	Qaboos	85.92cd	10.52b	40.25bc
	مروارید	Morvarid	9.71bc	9.49bc	40.89bc
	آذر۲	Azar2	99.27a	9.99bc	15.93f
	سرداری	Sardari	96.50a	9.53bc	7.64g
	گنبد	Gonbad	82.08de	12.17a	53.84a
	لاین۱۷	Line17	73.81fg	8.99c	28.98de
	آفتاب	Aftab	71.49g	10.57b	33.17cd
	زاگرس	Zagros	77.64efg	10.48b	41.29b
	میانگین	Average	83.58	10.39	31.74
تنش ۲۰ روز 20 days stress	کوهدشت	Koohdasht	81.64c	12.64ab	35.55bc
	کریم	Karim	70.32e	10.29de	26.42de
	قابوس	Qaboos	79.82c	10.36cde	41.67b
	مروارید	Morvarid	77.07cd	9.38de	41.55b
	آذر۲	Azar2	91.84b	10.57cd	20.25ef
	سرداری	Sardari	100.44a	11.30bc	18.08f
	گنبد	Gonbad	78.62c	12.75a	54.34a
	لاین۱۷	Line17	72.24de	9.16e	34.29bcd
	آفتاب	Aftab	70.41e	10.96c	30.40cd
	زاگرس	Zagros	78.49c	10.06de	30.45cd
	میانگین	Average	80.08	10.74	33.3

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم تحت تاثیر تنش غرقابی

Table 3- Mean comparison of yield and yield components of wheat cultivars under flooding stress

تنش Stress	ارقام	Cultivars	وزن دانه در هر پنجه Seed weight per tiller	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
شاهد Control	کوهدشت	Koohdasht	1.39bc	9.41a	50.86a
	کریم	Karim	1.36bc	6.66b	42.79b
	قابوس	Qaboos	1.62ab	9.81a	46.94ab
	مروارید	Morvarid	1.73a	9.01ab	46.51ab
	آذر۲	Azar2	0.27d	2.61c	16.18c
	سرداری	Sardari	0.32d	3.01c	15.18c
	گنبد	Gonbad	1.79a	8.62ab	41.85b
	لاین۱۷	Line17	1.08c	8.95ab	46.51ab
	آفتاب	Aftab	1.33bc	10.86a	50.26a
	زاگرس	Zagros	1.87a	9.55a	47.72ab
	میانگین	Average	1.27	7.84	40.48
تنش ۱۰ روز 10 days stress	کوهدشت	Koohdasht	1.46cd	6.62ab	41.74b
	کریم	Karim	1.13d	5.88bc	41.74b
	قابوس	Qaboos	1.79b	7.79ab	44.98ab
	مروارید	Morvarid	1.65bc	8.42a	44.69ab
	آذر۲	Azar2	0.78e	3.93cd	28.95c
	سرداری	Sardari	0.34f	2.64d	18.82d
	گنبد	Gonbad	2.11a	8.94a	43.44ab
	لاین۱۷	Line17	1.24d	7.75ab	47.29ab
	آفتاب	Aftab	1.68bc	8.00ab	50.19a
	زاگرس	Zagros	1.75bc	8.19ab	47.48ab
	میانگین	Average	1.39	6.81	40.93
تنش ۲۰ روز 20 days stress	کوهدشت	Koohdasht	1.60b	6.27abc	45.80ab
	کریم	Karim	1.23cd	5.29bc	40.59bc
	قابوس	Qaboos	1.67ab	6.12abc	44.06abc
	مروارید	Morvarid	1.52bc	6.24abc	43.66abc
	آذر۲	Azar2	0.95de	7.68ab	43.14abc
	سرداری	Sardari	0.90e	5.16c	37.97c
	گنبد	Gonbad	1.99a	7.86a	42.29abc
	لاین۱۷	Line17	1.37bc	7.91a	48.63a
	آفتاب	Aftab	1.42bc	7.48abc	48.95a
	زاگرس	Zagros	1.43bc	5.15c	42.45abc
	میانگین	Average	1.40	6.51	43.69

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد پنجه بارور و وزن کل بوته در سطوح تنش و ارقام مختلف گندم
Table 4- Mean comparison of number of fertile tillers and weight of plant in levels of stress and different wheat cultivars

تیمارها Treatments			تعداد پنجه بارور Number of fertile tillers	وزن کل بوته weight of plant
تنش غرقابی Flooding stress	شاهد	Control	6.61a	18.53a
	تنش ۱۰ روز	10 days stress	5.25b	16.23b
	تنش ۲۰ روز	20 days stress	4.89b	14.86b
LSD (0.05)			0.85	1.50
ارقام Cultivars	کوهدشت	Koohdasht	5.13cd	15.95bcd
	کریم	Karim	4.83d	14.10d
	قابوس	Qaboos	4.72d	17.35abc
	مروارید	Morvarid	4.86d	17.47ab
	آذر۲	Azar2	7.16ab	14.70cd
	سرداری	Sardari	7.49a	14.60d
	گنبد	Gonbad	4.36d	19.94a
	لاین۱۷	Line17	6.83ab	17.33abc
	آفتاب	Aftab	6.05bc	17.54ab
	زاگرس	Zagros	4.44d	16.43bcd
LSD (0.05)			1.12	2.73

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

از آنجائی‌که یک همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در هر پنجه مشاهده شد (جدول ۵). لذا افزایش تعداد دانه در پنجه را می‌توان به کاهش تعداد پنجه بارور در هر بوته نسبت داد، چون با کاهش تعداد پنجه بارور، آسیمیلات بیش‌تری به سایر پنجه‌ها اختصاص داده می‌شود و این امر باعث افزایش تعداد دانه در پنجه می‌شود؛ لذا رقم گنبد و سرداری که به‌ترتیب پایین‌ترین و بالاترین تعداد پنجه بارور را دارا بودند از نظر تعداد دانه در هر پنجه در وضعیت باالعکسی قرار داشتند. تعداد دانه یکی از صفات تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. هرچه تعداد دانه در پنجه بیش‌تر باشد مخزن بزرگتری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در هر پنجه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ارقام گندم

Table 5- Correlation coefficients between the studied characteristics in wheat cultivars

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1							
2	0.07^{ns}	1						
3	0.40**	-0.17^{ns}	1					
4	-0.39**	0.34**	-0.50**	1				
5	-0.41**	0.37**	0.57**	0.95**	1			
6	0.^{1ns0}	0.26**	0.47**	0.41**	0.37**	1		
7	-0.22*	0.21*	0.17^{ns}	0.64**	0.65**	0.84**	1	
8	-0.53**	0.10^{ns}	-0.25**	0.68**	0.77**	0.37**	0.78**	1

۱- ارتفاع بوته، ۲- طول سنبله، ۳- تعداد پنجه بارور، ۴- تعداد دانه در هر پنجه، ۵- وزن دانه در هر پنجه، ۶- وزن خشک بوته در گلدان، ۷- عملکرد دانه و ۸- شاخص برداشت

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

1- Plant height; 2- Spike length; 3- Number of fertile tillers; 4- Number of seeds per tiller; 5- Seed weight per tiller; 6- Dry weight of the plant in the pot; 7- grain yield and 8- harvest index.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

یکی دیگر از اجزای عملکرد دانه در گندم، وزن دانه است که به‌عنوان یک جز مهم تعیین‌کننده‌ی عملکرد می‌باشد. جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر غرقاب و رقم و اثر متقابل غرقاب در رقم در صفت وزن کل دانه در هر پنجه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)؛ هم‌چنین مقایسه میانگین وزن دانه در هر پنجه نشان می‌دهد که بین ارقام در سطوح تنش تنوع و تفاوت آماری وجود داشت؛ این در حالی است که بیش‌ترین وزن دانه به ارقام زاگرس و گنبد در سطح شاهد و رقم گنبد در سطوح تنش ۱۰ و ۲۰ روز اختصاص یافت؛ هم‌چنین پایین‌ترین وزن دانه در گندم در تمامی سطوح تنش در ارقام سرداری و آذر۲ بود؛ و با افزایش سطوح تنش وزن کل دانه در هر پنجه افزایش یافت (جدول ۳).

افزایش تعداد دانه در هر پنجه باعث افزایش وزن کل دانه در هر پنجه شد و بین این دو صفت همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵)؛ هم‌چنین با افزایش سطوح تنش تعداد پنجه بارور کاهش یافت و همبستگی منفی و معنی‌داری بین تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در هر بوته مشاهده شد (جدول ۵). مجدداً این نکته قابل ذکر است که با کاهش تعداد پنجه بارور در بوته تعداد دانه در پنجه افزایش پیدا می‌کند و مواد غذایی بیش‌تری به دانه می‌رسد و مجموع وزن دانه در پنجه افزایش می‌یابد. دی‌سان سلدونیو (Desan Celedonio, 2018) در تحقیقاتی بر روی گندم و جو تحت

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

شرایط غرقاب بیان داشتند که تنش غرقابی به طور معنی‌داری تعداد دانه در گیاه را کاهش داد. کاهش تعداد دانه در گندم به کاهش تعداد دانه در سنبله و کاهش تعداد دانه در جو به کاهش تعداد سنبله مرتبط است؛ هم‌چنین در هر دو گونه تنش غرقابی سبب کاهش رشد سنبله شد که باعث کاهش تعداد گلچه بارور در سنبله می‌شود. که با نتایج یافته‌های بدست آمده مطابقت ندارد و می‌تواند به این علت باشد که تنش غرقابی در مراحل ابتدایی اتفاق افتاده است.

رابطه بین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت با عملکرد دانه در هر بوته: طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر غرقاب و رقم در سطح ۵ درصد و اثر متقابل غرقاب در رقم در سطح یک درصد برای عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسات میانگین ارقام گندم نشان داد که رقم آفتاب، قابوس، زاگرس و کوهدشت بالاترین و رقم آذر۲ و سرداری پایین‌ترین عملکرد دانه در بوته در سطح شاهد را به خود اختصاص دادند؛ در صورتی‌که در سطح تنش ۱۰ روزه بالاترین و پایین‌ترین عملکرد به‌ترتیب در ارقام گنبد و سرداری مشاهده شد؛ هم‌چنین در سطح تنش ۲۰ روزه لاین۱۷ و گنبد از بیش‌ترین عملکرد و ارقام زاگرس و سرداری از کم‌ترین عملکرد برخوردار بودند. هر چند که با افزایش سطوح تنش عملکرد دانه در هر بوته کاهش یافت؛ اما سطوح تنش ۱۰ و ۲۰ روز تفاوت آشکاری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

با توجه به نتایج بدست آمده از عملکرد ارقام رقم گنبد در سطوح تنش ۱۰ و ۲۰ روزه مقاومت بیشتر و عملکرد بالاتری را داشت؛ این در حالی است که رقم زاگرس که در شرایط عدم تنش یکی از بالاترین ارقامی بود که عملکرد بالایی داشت در سطوح تنش ۲۰ روزه به شدت کاهش عملکرد داشت، و رقم سرداری با توجه به اینکه تعداد پنجه بارور زیادی نسبت به سایر ارقام داشت در تمامی سطوح تنش و عدم تنش از عملکرد پایین‌تری برخوردار بود. بالاترین هم‌بستگی عملکرد به‌ترتیب با عملکرد بیولوژیکی، وزن دانه در هر پنجه و تعداد دانه در هر پنجه بود (جدول ۴). کاهش سنتز ATP و در دسترس بودن منبع کربوهیدرات برای رشد ریشه و عملکرد آن مقدمه کاهش اساسی در رشد ریشه و عملکرد محصول است (Herzog *et al.*, 2016).

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که اثر رقم و غرقاب برای صفت وزن خشک کل بوته در گلدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل رقم در غرقاب عدم معنی داری را نشان داده بود (جدول ۲)؛ هم‌چنین با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین بیش‌ترین وزن کل بوته در گلدان در سطح عدم تنش و کم‌ترین آن در سطح تنش ۲۰ روزه مشاهده شد؛ با این وجود در سطوح تنش ۱۰ و ۲۰ روزه تفاوت زیادی وجود نداشت. هم‌چنین بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در رقم گنبد و کم‌ترین آن در ارقام کریم و سرداری بود (جدول ۳). هم‌بستگی بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار و نزدیک به یک بود؛ هم‌چنین هم‌بستگی بین عملکرد بیولوژیک و سایر

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

اجزای عملکرد هم مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). در حالت غرقابی اگرچه فقط ریشه گیاهان خشکی‌زی در معرض کمبود اکسیژن محیطی قرار می‌گیرند ولی به کل اندام گیاه آسیب می‌رسد. از عوارض آن می‌توان به کاهش رشد ریشه و در نهایت کاهش رشد اندام هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد اشاره نمود (Ghobadi *et al*., 2006)

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر رقم و غرقاب برای شاخص برداشت به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد و اثر متقابل رقم در غرقاب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود؛ هم‌چنین با توجه به جدول مقایسه میانگین ارقام گندم بالاترین شاخص برداشت در شرایط عدم تنش در ارقام کوهدشت و آفتاب وتحت شرایط تنش در رقم آفتاب مشاهده شد و پایین‌ترین شاخص برداشت در تمامی سطوح تنش در رقم سرداری بود (جدول ۳). شاخص برداشت در سطح تنش ۲۰ روز نسبت به سطوح دیگر بالاتر بود، این در حالی است که در این سطح از تنش عملکرد دانه نسبت به سطوح دیگر پایین‌تر بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این سطح ازتنش گیاه برای بقای بیشتر دوره رویشی خود را کوتاهتر کرده و سریعاً وارد فاز زایشی شده است. همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت معنی‌دار و مثبت بود (جدول ۵). قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2006) بیان نمودند که دوره‌های مختلف تنش غرقابی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در سه مرحله نموی یک برگی، سه برگی و شروع ساقه رفتن در گندم، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد، که با نتایج بدست آمده جدا از شاخص برداشت مطابقت دارد که توجیه آن را می‌توان به این دلیل نسبت داد، که گیاه تحت شرایط غرقابی دوره رویشی خود را کوتاه کرده و وارد مرحله گرده‌افشانی شده است، در نتیجه گیاه مواد فتوسنتزی را صرف تولید دانه می‌نماید.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بدست آمده ارتفاع بوته تحت تنش غرقابی کاهش یافت که در نتیجه کاهش فرصت ذخیره مواد فتوسنتزی بود. طول خوشه در شرایط عدم تنش و تنش تقریباً ثابت بود و حساسیتی به این شرایط نشان نداد. تعداد پنجه بارور با افزایش سطوح تنش کاهش یافت که این مطلب باعث هدایت مواد فتوسنتزی بیشتری به سمت تولید دانه و عملکرد نهایی شد. تعداددانه در پنجه و وزن دانه در پنجه به‌دلیل اینکه گیاه سریعاً وارد فاز زایشی شده و مواد غذایی بیشتری را صرف تولید دانه کرد، افزایش یافت. عملکرد دانه در سطح عدم تنش بالاترین بود و علت آن را می‌توان به تعداد پنجه بارور بیشتر نسبت داد. رقم گنبد از نظر صفات طول خوشه، وزن دانه در هر پنجه، تعداد دانه در هر پنجه و عملکرد دانه در شرایط تنش مقاومت بیشتری را نسبت به سایر ارقام از خود نشان داد؛ و لاین۱۷ از نظر شاخص برداشت برتر بود؛ اما به طور کلی ارقام مختلف واکنش‌های متفاوتی به تنش داشتند؛ به

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

گونه‌ای که در هر صفت یک یا چند رقم برتر بودند؛ به همین دلیل بهتر است که تنش در مراحل بعدی رشد برای شفاف نشان دادن نتیجه‌گیری بدست آمده اعمال شود.

منابع

Ahmed F., Rafii M.Y., Ismail M.R., Juraimi A.S., Rahim H.A., Asfaliza R., Latif M.A. 2012. Waterlogging tolerance of crops: breeding, mechanism of tolerance, molecular approaches, and future prospects. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International,Pp: 1-10.

Aydin N., Mut Z., Ozcan H. 2010. Estimation of broad-sense heritability for grain yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L). Journal of food, Agriculture and environment, 8 (2): 419-421.

Collaku A., Harison S.A. 2002. Losses in wheat due to waterlogging. Crop Science, 42: 444-450.

Conaty W.C., Tan D.K.Y., Constable G.A., Sutton B.G., Field D.J., Mamum E.A. 2008. Genetic variation for waterlogging tolerance in cotton. Journal of Cotton Science, 12: 53-61.

De san celedonio R. 2018. Physiological traits associated with reductions in grain number in wheat and barley under waterlogging. Plant and Soil, 429 (1-2): 469-481.

Dennis E.S., Doferus R., Ellis M., Rahman M., Wu Y., Hoeren F.U., Grover A., Ismond K.P., Good A.G., Peacock W.J. 2000. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. Journal of Experimental Botany, 51: 89-97

Dickin E., Wright D. 2008. The effects of winter waterlogging and summer drought on the growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). European Journal of Agronomy, 28 (3): 234-244.

Galeshi S., Modarres Sanavy A., Heidarisharifabad Z., Tahmasebi Sarvestani A. 1996. Flooding effects on plant growth and biological nitrogen fixation in subterranean clover (*Trifolum subterraneum* L.). Journal of Agriculture Science and Natural Research, 7 (4):112-107. (In Persian).

Ghobadi M.A., Nadian H., Bakhshandeh A.S., Fathi G.H., Ghryyna M.H., Ghobadi M. 2006. Root growth, biological yield and grain yield in wheat genotypes in flooded conditions at different growth stages. Plant and Seed, 22 (4): 525-513. (In Persian).

Grzesiak M.T., Janowiak F., Szczyrek P., Kaczanowska K., Ostrowska K., Rut G., Hura,T., Rzepka A., Grzesiak S. 2016. Impact of soil compaction stress combined with drought or waterlogging on physiological and biochemical markers in two maize hybrids. Acta Physiologies Plant Arum, 38: 109 p.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]

Herzog M., Striker G.G., Colmer T.D., Pedersen O. 2016. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat - a review of root and shoot physiology. Plant, Cell and Environment, 39: 1068-1086.

Kafi M., Mahdavi Damghani A.M. 2002. Resistance Mechanisms of Plants to Environmental Stresses. Mashhad University Press, 236 p. (In Persian).

Meyer W., Reicosky D., Barrs H., Smith R. 1987. Physiological responses of cotton to a single waterlogging at high and low N-levels. Plant Soil, 102: 161-170.

Michael B.J., Kimiharu I., Osamu I. 2009. Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. Annals of Botany, 103: 137-142.

Musgrave M.E., Ding N. 1998. Evaluation wheat cultivars for waterlogging tolerance. Crop Science, 38: 90-97.

Singh R.P., Hodson D.P., Huerta-Espino J., Jin Y., Njau P., Wanyera R., Herrera-Foessel S.A., Ward R.W. 2008. Will stem rust destroy the world's wheat crop? Advances in Agronomy, 98: 271-309.

Siyadat S.A., Madhaj A., Esfahani M. 2013. Cereals. Mashhad University Press, 352 p. (In Persian).

Sun C., Gao X., Fu J., Zhou J., Wu X., 2015. Metabolic response of maize (*Zea mays* L.) plants to combined drought and salt stress. Plant Soil, 388: 99-117.

Wo X., Tang Y., Li C., Mchugh A., Li Z., Wu Ch. 2018. Individual and combined effects of soil waterlogging and compaction on physiological characteristics of wheat in southwestern china. Field Crops Research, 215: 163-172.

Wollmer A.C., Pitann B., Mühling K.H. 2018. Grain storage protein concentration and composition of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by waterlogging events during stem elongation or ear emergence. Journal of Cereal Science, 83: 9-15.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-05]