بررسی عوامل نمود بهتر برنج در شرایط غرقابی با استفاده از رقم‌های زراعی ایران

آقافخر میرلوحی[۱]، محمد حسین اهتمام[۲] و محمدرضا سبزعلیان[۳]

چکیده

استراتژی توفق بر مشکل محدودیت منابع آب آبیاری برنج، منوط به تولید واریته‌هایی با نیاز کمتر به شرایط غرقابی است. بدین منظور و برای بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری برخصوصیات رشدی، جذب عناصر غذایی و تشکیل آئرانشیم‌ها و ارتباط آنها با عملکرد بیولوژیک گیاه برنج، سه آزمایش مختلف با استفاده از ارقام برنج ایرانی انجام پذیرفت. در آزمایش اول از ۵ رقم استفاده شد که تحت سه تیمار آبیاری قرار گرفتند. در این آزمایش، آناتومی ریشه‌های تحت تیمار نیز از نظر وضعیت فضاهای هوایی بررسی گردید. در آزمایش دوم دو رقم سازندگی و طارم به منظور بررسی جذب عناصر مختلف در تیمارهای غرقاب کامل و آبیاری پس از ۱، ۲ و ۳ سانتی متر تبخیر از تشت تبخیر مورد مطالعه قرار گرفتند. در آزمایش سوم، با فراهم کردن شرایط کشت هیدروپونیک، اثر هوادهی بر خصوصیات رشدی گیاه برنج بررسی شد. در این آزمایش تنها از رقم سازندگی استفاده شد. نتایج آزمایش اول نشان داد که شرایط غرقاب دائم و یا غرقاب برای ادامه رشد، اثر معنی‌داری در رشد گیاه بخصوص افزایش وزن اندام هوایی و ریشه دارد. نتایج بررسی‌های میکروسکوپی نیز نشان داد که تیمارهای آبیاری تأثیری بر حجم فضای آئرانشیم نداشته، فضاهای آئرانشیمی بیشتر تحت تأثیر نوع واریته قرار می‌گیرند. آزمایش دوم علاوه بر این‌که نتایج آزمایش اول را تأیید نمود نشان داد که برخی عناصر همچون فسفر و منگنز و آهن با بازده بسیار بالاتری در شرایط غرقاب جذب می‌گردند. آزمایش سوم نیز حاکی از آن بود که هوادهی تأثیر قابل ملاحظه‌ای در خصوصیات رشدی برنج نخواهد داشت.

براساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد خصوصیات برتر رشد گیاه برنج در حالت غرقاب مربوط به جذب بهتر برخی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در شرایط غرقاب است که این نیاز به شرایط غرقاب پس از استقرار کامل گیاه بیشتر جلوه می‌نماید. بنابراین مدیریت منابع آب مبتنی بر تفکیک مراحل رشد گیاه برنج اعمال خواهد گردید.

واژه‌های کلیدی: *برنج، آئرانشیم، آبیاری غرقابی*

۱. به ترتیب دانشیار، مربی و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

مقدمه

برنج از نظر مورفولوژی یک گیاه نیمه آبزی است که می‌تواند در شرایط غرقاب و یا دیم رشد نماید (۴). عملکرد این گیاه عموماً در حالت غرقاب نسبت به حالت غیر غرقاب به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد (۴، ۵، ۶، ۱۳ و ۱۶). بررسی‌های بسیار نشان می‌دهد که گیاهانی که در خاک‌های غرقابی رشد می‌کنند، حفرات هوایی یا آئرانشیم(Aerenchyma) در ریشه‌های خود تولید می‌کنند که با آئرانشیم‌های برگ و ساقه مرتبط بوده و اکسیژن از این طریق برای ریشه‌ها تأمین می‌شود. (۱، ۲، ۱۸ و ۲۴). معمولاً چنین فضاهایی در نتیجه رشد غیر یکسان سلول‌های بیرونی و درونی ریشه و یا مرگ و میر سلول‌های بیرونی و درونی ریشه به علت کمبود اکسیژن در شرایط غرقابی ظاهر می‌شوند. داس و جات (۸) با بررسی اثر رژیم آبیاری غرقابی بر ۴ رقم برنج نشان دادند که درصد تخلخل ریشه در شرایط غرقابی به ۲۵ درصد می‌رسد، در حالی که در حالت غیر غرقابی میزان تخلخل به طور متوسط ۱۰ درصد است. لوکس‌مور و استولزی (۱۲) گزارش کردند که سیستم انتقال اکسیژن از اندام هوایی به ریشه در برنج ۱۰ مرتبه کاراتر از جو و ۴ مرتبه کارآتر از ذرت می‌باشد.

تومار و گیلدیال (۲۱) نشان دادند که در حالت غرقابی به علت تحلیل رفتن سلول های کورتکس ریشه، حرکت آب از اپیدرم به آوند چوبی با سهولت و سرعت بیشتری انجام شده، که پیامد آن انتقال آب بیشتر از خاک به اندام هوایی است، که موجب مصونیت گیاه از تنش رطوبتی می‌شود. تومار و تول (۲۰) ملاحظه کردند که مقاومت ریشه و کل گیاه در گیاهانی که در شرایط غیر غرقاب رشد کرده بودند به ترتیب ۱۷ و ۲ برابر گیاهانی بود که در شرایط غرقاب قرار داشتند (۲۰).

افزایش واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی خاک در حالت غرقابی و متعاقب آن دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی علت دیگری است که به‌عنوان عامل افزایش عملکرد در شرایط غرقابی گزارش شده است. در همین رابطه چادری و مک لین (۴) بیان کردند که در حالت غرقابی علاوه بر این‌که قابلیت جذب عناصر فسفر و منگنز افزایش می‌یابد، پتانسیل تبادل کاتیونی گیاه نیز زیاد می‌شود. هم‌چنین راندمان استفاده بیشتر از فسفر توسط برنج در اثر غرقاب کردن خاک گزارش شده است (۴). در همین رابطه پاتریک و فونتنوت (۱۶) نیز مشاهده کردند که غرقاب کردن خاک باعث رشد رویشی بهتر، افزایش غلظت فسفر گیاه، افزایش قابلیت انحلال فسفر، آهن و منگنز در خاک و در نتیجه افزایش عملکرد دانه برنج می‌شود. چریان و همکاران (۵) نیز مشاهده کردند که غرقاب کردن خاک باعث افزایش غلظت فسفر و منگنز و کاهش غلظت کلسیم، منیزیم، پتاسیم و روی در بخش‌های برنج می‌شود.

اگر چه رشد برنج در شرایط غرقاب باعث افزایش عملکرد قابل توجهی خواهد شد ولی با در نظر گرفتن آب مصرفی در این روش و کاهش روزافزون منابع آب شیرین از یک طرف و افزایش جمعیت جهان از طرف دیگر استفاده بهینه از منابع آب موجود اجتناب ناپذیر خواهد بود. یکی از راه‌کارهای کاهش مصرف آب در تولید برنج استفاده از ارقامی است که از نظر ژنتیکی توانایی تولید عملکرد قابل قبولی را در شرایط غیر غرقاب نیز داشته باشند. شناسایی پارامترهای مرتبط با این خصوصیت امکان اصلاح واریته‌های مناسب برای شرایط غیر غرقاب را برای اصلاح‌گران و امکان مدیریت‌های زراعی منطبق با این شرایط را برای زارعین فراهم خواهد نمود. بررسی‌های انجام شده در خصوص جنبه‌های مختلف افزایش عملکرد برنج در شرایط غرقاب (۱۰، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۳ و ۲۵) تاکنون شامل ارقام برنج ایرانی نبوده است. هدف از این آزمایش بررسی آثار تیمارهای مختلف آبیاری بر خصوصیات رویشی، جذب عناصر غذایی، و ایجاد فضاهای هوایی و ارتباط آنها با عملکرد در ارقام برنج ایرانی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول

برای استفاده از زمینه ژنتیکی متفاوت، ۵ رقم برنج شامل نعمت و دم‌سیاه از ارقام شمال ایران، سازندگی و گرده از ارقام اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

و کام فیروزی رقم رایج در استان فارس مورد استفاده قرار گرفت. سوروف که یک علف هرز آبزی محسوب می‌شود و در شرایط غرقاب قدرت رقابتی بالایی دارد، به ارقام مذکور اضافه شد.

برای شروع آزمایش تعداد ۹۰ گلدان به اندازه‌های ۲۵ × ۲۷ (قطر × ارتفاع) با خاک رسی‌سیلتی مزرعه به مقدار مساوی (براساس وزن) پر شدند و بذور جوانه زده در آزمایشگاه پس از یک هفته در گلدان‌ها نشا گردیدند. به هر رقم تعداد ۱۵ گلدان اختصاص داده شد که در هر گلدان تعداد ۵ گیاهچه کشت شد. پس از گذشت ۱۰ روز از نشا کاری و اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها تعداد ۵ گلدان (تکرار) به صورت تصادفی انتخاب و در هر تیمار آبیاری قرار گرفت. تیمارهای آبیاری به صورت زیر انجام شد:

الف) غرقاب در تمام طول دوره رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک

ب) دو بار آبیاری در روز (۸ صبح و ۸ شب) به مدت ۴ هفته با حجم مشخصی آب برای نگه‌داری آب خاک در حد ظرفیت زراعی و انتقال به شرایط غرقاب تا آخر دوره رشد (غرقاب در ادامه رشد)

ج) دو بار آبیاری در روز (۸ صبح و ۸ شب) با حجم مشخص آب با حداقل روان آب تا آخر دوره رشد

آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت طرح کرت‌های خرد شده به اجرا در آمد که در آن تیمارهای آبیاری به عنوان پلات‌های اصلی و ارقام به عنوان پلات فرعی بودند. تغذیه گیاهان براساس توصیه آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان مبتنی بر آزمایش خاک مورد استفاده شامل مخلوط کردن کود آلی (گاوی) با خاک به میزان ۱۵ تن در هکتار دو ماه قبل از شروع آزمایش و استفاده از محلول حاوی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف هر ۱۰ الی ۱۵ روز بود. محلول حاوی عناصر غذایی پرمصرف دارای ۳ گرم نیتروژن، ۲ گرم فسفر و ۲ گرم پتاسیم در لیتر و محلول حاوی عناصر غذایی کم‌مصرف دارای ۰/۵ گرم سکسترون آهن، ۰/۵ گرم سولفات روی، ۰/۲۵ گرم سولفات منگنز، ۰/۱۵ گرم سولفات مس و ۰/۰۵ گرم اسید مولیبدیک در لیتر بود. کلیه گلدان‌ها از نیمه مرداد ماه که مصادف با زمان رشد برنج در اصفهان است تا پایان دوره رشد در محیط آزاد مجاور گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در یک شاسی تحقیقاتی نگه‌داری شدند. ارتفاع آب در گلدان‌های تیمار غرقاب، ۵ سانتی‌متر بود. صفات مورد بررسی شامل تعداد پنجه، ارتفاع گیاه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه در پایان دوره رشد بود، که براساس واحد گلدان اندازه‌گیری گردید. برای مشاهدات میکروسکوپی از گیاهان کشت شده تحت تیمارهای مختلف به طور هم‌زمان، یکنواخت و تصادفی تعدادی انتخاب، برداشت و به صورت مجزا داخل پلاستیک‌هایی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. پس از تمیز کردن ریشه‌ها از قسمت‌های مختلف گیاهان (ریشه، ساقه و برگ) نمونه برداری به عمل آمد و نمونه‌ها داخل شیشه‌های درب‌دار محتوی محلول نگه‌دارنده (آب، الکل، گلیسیرین، ۱:۱:۱) قرار داده شد. از ریشه‌ها در ناحیه کمی پایین‌تر از یقه برش‌هایی تهیه و رنگ‌آمیزی گردید. هم‌چنین مقاطع عرضی از برگ، غلاف و ساقه گیاهان مذکور تهیه و با روش رنگ‌آمیزی مضاعف (کارمن‌زاجی و سبز متیل) رنگ آمیزی و مشاهده شد (۱۷). تهیه مقاطع عرضی به‌وسیله تیغ و با استفاده از یونولیت انجام شد. سپس بهترین مقاطع برای تهیه عکس و مقایسه و بررسی‌های میکروسکوپی انتخاب گردیدند. بررسی‌ها با استفاده از میکروسکوپ نوری Olympus مدل BHT و دوربین Olympus مدل C35AD-4 ونیز میکروسکوپ نوری Nikon E-600 ودوربین Nikon مدل Hc-300zi با سخت‌افزار Adaptec AHA-2930 Adaptec. Inc. و نرم‌افزار Fujixphotograb-300z SH-3z در دو مرحله انجام شد. به‌منظور بررسی‌های بیشتر و مقایسه مقاطع با یکدیگر از نمونه‌های پرپاراسیون موقت به‌وسیله گلیسیرین استفاده شد. این مقایسه برای ریشه، ساقه و برگ بین حدود ۳۰۰ تصویر به عمل آمد. درصد فضاهای آئرانشیم در هر بخش گیاه محاسبه و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

داده‌های به دست آمده با استفاده از تبدیل $\sqrt{y+0.5}$ تجزیه و تحلیل شد. در این آزمایش به دلیل عدم استفاده از تکرار از اثر متقابل واریته × آبیاری صرف نظر گردید. به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC استفاده شد.

آزمایش دوم

به منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر جذب عناصر مختلف از خاک توسط گیاه برنج این آزمایش با استفاده از دو رقم سازندگی و طارم صورت پذیرفت. جوانه زنی بذور و کاشت گیاهچه‌ها به صورت مشروح در آزمایش اول انجام گرفت، با این تفاوت که در هر گلدان تعداد چهار بوته کشت گردید. این آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت فاکتوریل ۴ × ۲ (فاکتور اول ارقام برنج و فاکتور دوم رژیم‌های آبیاری در چهار سطح) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تکرار انجام گرفت. پس از استقرار کامل گیاه چهار رژیم آبیاری که شامل غرقاب کامل در تمام طول دوره رشد گیاه و آبیاری پس از ۱، ۲ و ۳ سانتی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بود، اعمال شد. میانگین درجه حرارت گلخانه در روز ۳۲/۵ °C و در شب ۲۰ °C بود.

صفات مورد بررسی شامل، ارتفاع گیاه و تعداد پنجه در مرحله شروع گل‌دهی و ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و نسبت ریشه به ساقه در مرحله ۵۰ درصد خوشه‌دهی و در هر واحد گلدان بود. در همین مرحله از رشد گیاه، برای تعیین مقدار پروتئین (برحسب مقدار نیتروژن) و عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم،کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات،آهن، روی و منگنز از سه تکرار در هر تیمار و پنج گیاه در هر تکرار (جمعاً ۱۵ گیاه) به صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. نمونه‌گیری شامل تمام اجزای گیاه یعنی ریشه، ساقه، برگ و خوشه بود. نمونه‌ها پس از خشک و آسیاب شدن به‌منظور تعیین درصد عناصر به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان که دارای تجهیزات لازم می‌باشد ارسال گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های نتایج با نرم‌افزارهای SAS و MSTATC انجام شد.

آزمایش سوم

با توجه به نتایج آزمایش دوم یعنی عملکرد بهتر گیاه برنج در شرایط غرقاب و جذب بیشتر عناصر غذایی در این شرایط، یک آزمایش هیدروپونیک با هدف ایجاد شرایط غذایی یکسان در طول دوره رشد و بررسی آثار هوازی محیط ریشه بر خصوصیات رشد گیاه برنج طراحی گردید.

نخست بذور برنج رقم سازندگی که از جوانه‌زنی بهتری در آزمایش‌های قبلی برخوردار بود، ضد عفونی شد وتحت شرایط مطلوب آزمایشگاهی جوانه زدند. وقتی گیاهچه‌ها ۱۰ روزه شدند به محلول غذایی هاگلند (۹) منتقل شده، تحت تیمارهای مورد نظر قرار گرفتند. تیمار اول شامل غوطه‌ور کردن ریشه‌ها در محیط آبکشت بدون هوا دهی و تیمار دوم غوطه‌ور کردن ریشه‌ها در محیط آبکشت همراه با هوا دهی دائمی بود. بدین منظور از سطل‌های پلاستیکی چهار لیتری که با محلول غذایی هاگلند پر شده بود و روی درب هر کدام سه سوراخ برای جایگذاری گیاهچه‌ها و یک سوراخ برای عبور لوله‌های هوا وجود داشت، استفاده گردید. به منظور جلوگیری از نفوذ نور و تولید جلبک اطراف ریشه گیاه، سطل‌ها با دو لایه پلاستیک مشکی پوشانده شدند. به منظور سازگاری گیاهچه‌ها با شرایط آبکشت در هفته اول از محلول هاگلند با نصف غلظت و سپس از غلظت کامل استفاده شد. در طول یک هفته برای جبران مقدار آب تبخیر و تعرق یافته به همان مقدار آب مقطر اضافه می‌گردید و در پایان هر هفته جهت جبران عناصر غذایی مصرف شده محلول به‌طور کلی تعویض می‌شد. هر دو روز یک‌بار pH محلول برای نگه‌داری آن در دامنه ۶/۵ – ۵/۵ اندازه‌گیری می‌گردید. تعداد ۱۰ ظرف هر کدام با سه نشا تحت تیمار اول و همین تعداد تحت تیمار دوم قرار گرفتند که به هر ظرف در این تیمار توسط یک پمپ، هوا با قدرت ۱۰ اتمسفر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

دمیده می‌شد. آزمایش به مدت ۷ هفته در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان با میانگین درجه حرارت روزانه ۳۳ °C و شبانه ۲۱ °C به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار انجام گرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل، ارتفاع گیاه، ارتفاع ریشه، تعداد پنجه، تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن تر ریشه، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و وزن خشک ریشه در هر گلدان و در پایان دوره رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی بود که توسط نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

آزمایش اول

در این آزمایش، اثر آبیاری بر صفات تعداد پنجه، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار آبیاری I و II تعداد پنجه در گیاه به تعداد قابل توجه و معنی‌داری از تعداد پنجه در تیمار آبیاری III یعنی حالت غیر غرقاب بیشتر بود. همین روند در خصوص میانگین طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه قابل مشاهده بود (جدول ۱). این مشاهدات با یافته‌های محققین دیگر مبنی بر بهبود صفات مختلف برنج در شرایط غرقاب، مطابقت داشت (۴، ۶، ۷). در مقایسه میانگین این صفات اگر چه تفاوت معنی‌داری بین تیمار آبیاری I و II قابل مشاهده نبود، ولی در مجموع وزن خشک کل گیاه حدود ۱۴ گرم در تیمار آبیاری II بیشتر از تیمار I بود. گزارش‌های بسیاری در خصوص آثار مثبت جوانه‌زنی برنج و استقرار اولیه گیاه در شرایط غیر غرقاب (و ادامه رشد در شرایط غرقاب) در مقایسه با غرقاب دائم از شروع جوانه‌زنی وجود دارد (۳، ۶ و ۱۶). ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی با میانگین بیشتر و معنی‌دار در تیمار آبیاری II در مقایسه با تیمار آبیاری I که غرقاب دایم بود نیز مؤید این موضوع است. این عکس‌العمل برنج مربوط به نیاز شدید بذر به اکسیژن در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌باشد که شرایط غرقاب فاقد آن است. از این خصوصیت در مناطق برنج کاری جنوب و مرکز آمریکا که دارای کشاورزی مکانیزه و پیشرفته می‌باشند، استفاده می‌کنند و جوانه زنی و استقرار گیاهچه را در شرایط غیر غرقاب شروع نموده، چهار الی شش هفته پس از آن برنج را به حالت غرقاب دائم تا رسیدگی فیزیولوژیک برای حصول حداکثر عملکرد رشد می‌دهند (۱۱).

به‌جز طول ریشه، میانگین صفات تعداد پنجه، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک کل گیاه به صورت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گیاهی مورد استفاده در این آزمایش معنی‌دار بود. این تفاوت با توجه به منشا هر کدام از ارقام مورد استفاده قابل پیش‌بینی است (جدول۲). آثار متقابل رژیم آبیاری × ژنوتیپ گیاهی برای صفات ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد پنجه معنی‌دار شد. با این حال و در مجموع عملکرد این صفات در این دو تیمار آبیاری به مراتب بهتر از تیمار سوم که حالت غیر غرقاب است می‌باشد (جدول ۳). با توجه به این نتایج، آزمایش دوم برای تمایز بیشتر بین فاکتورهای اثر گذار بر نمود بهتر برنج در شرایط غرقاب طراحی گردید.

بررسی‌های میکروسکوپی

نتیجه تجزیه واریانس درصد فضای آئرانشیم در بخش‌های برگ، ساقه، غلاف، ریشه و حفره مرکزی میانگره آخر ساقه نشان می‌دهد که تیمار آبیاری تأثیری در تشکیل و تمایز فضاهای آئرانشیم نداشته است. این نتیجه با نتایج تورنر و همکاران (۲۲) تطابق ندارد. این موضوع ممکن است به دلیل زیاد بودن میزان خطا باشد هر چند در برخی بخش‌ها همچون برگ، غلاف و حفرهٔ مرکزی میانگره آخر ساقه، درصد فضاهای هوایی در شریط غرقاب بیشتر بود و در مجموع نیز شرایط غرقاب، فضای آئرانشیم بیشتری داشته است. با این حال ژنوتیپ‌های مختلف، عکس‌العمل متفاوتی در این خصوص نشان داده‌اند. در بخش برگ، ارقام برنج تفاوت معنی‌داری نشان نداده‌اند ولی سوروف با ارقام برنج تفاوت معنی‌دار داشته و دارای کمترین فضای آئرانشیم است که نشان دهنده تمایز این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

جدول ۱. مقایسه تأثیر تیمار آبیاری بر میانگین* صفات برنج در آزمایش اول

آبیاری	تعداد پنجه	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن تر اندام هوائی (گرم)	وزن خشک اندام هوائی (گرم)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک کل (گرم)
I	۵۳/۵ a	۷۶/۵ b	۱۳۸/۶ b	۵۶/۷ b	۲۸/۲ a	۱۴۰/۷۵ a	۲۵/۵۶ a	۸۸/۵۵ a
II	۵۰/۹ a	۸۵/۹ a	۱۷۵/۶ a	۶۶/۹ a	۲۸/۳ a	۱۲۲/۸۲ a	۲۳/۷۸ a	۱۰۲/۶۷ a
III	۳۶/۸ b	۸۱/۸ ab	۹۷/۷ c	۴۲/۹ c	۲۴/۲ b	۶۹/۳۲ b	۱۴/۶۹ b	۶۵/۱۳۸ b

I : تیمار غرقاب کامل II : تیمار غرقاب در ادامه رشد III : تیمار دوبار آبیاری در روز

* : میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون (۵٪) LSD دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۲. مقایسه تأثیر واریته‌های مختلف بر میانگین صفات برنج در آزمایش اول

واریته	تعداد پنجه	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک کل (گرم)
سوروف	۶۱/۲ a	۸۰/۸ c	۱۹۸/۶۹ a	۷۴/۰۹ a	۲۸/۴۷ a	۲۱۰/۱۱ a	۳۵/۹۸ a	۱۱۷/۴۷ a
گرده	۴۰/۱۳ c	۸۵/۰۷ c	۱۱۳/۷۵ c	۴۶/۶۰ b	۲۷/۸۷ a	۷۶/۷۳ de	۱۵/۶۵ c	۶۹/۷۱ d
سازندگی	۵۰/۸ b	۸۶/۲ cb	۱۳۰/۲۱ c	۴۸/۹۱ b	۲۵/۴۷ ab	۸۸/۸۸ cd	۱۸/۹۸ cb	۷۴/۶۳ cd
نعمت	۶۱/۸ a	۵۱/۴۷ d	۱۱۰/۶۴ c	۴۶/۸۹ b	۲۷/۲۷ ab	۱۲۰/۲۲ b	۲۳/۹۸ b	۸۶/۸۴ cb
دم سیاه	۲۶/۸۷ d	۹۱/۴۷ ab	۱۰۹/۱۶ c	۵۱/۷۳ b	۲۸/۵۳ a	۶۰/۴۶ e	۱۰/۲۵ d	۶۸/۴۴ d
کام فیروزی	۴۱/۶۶ c	۹۳/۴۷ a	۱۶۱/۶۷ b	۶۴/۹۴ a	۲۳/۹۳ b	۱۰۹/۴۱ cb	۲۳/۲۸ b	۹۵/۶۱ b

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون (۵٪) LSD دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول۳. مقایسه آثار متقابل واریته * آبیاری بر میانگین صفات مورد اندازه‌گیری در آزمایش اول

آبیاری	واریته	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	تعداد پنجه
I	۱	۸۰/۲ e	۱۰۵/۹ a	۵۲/۳ a	۸۱/۲ a
I	۲	۸۰/۴ de	۳۵/۵ gh	۱۴/۰ cde	۳۶/۲ hijk
I	۳	۷۹/۴ e	۵۷/۷ def	۲۲/۵ bcde	۶۳/۴ bc
I	۴	۵۱/۸ f	۵۰/۵ efg	۲۷/۴ bcd	۷۳/۰ ab
I	۵	۷۹/۰ e	۳۰/۵ h	۷/۹ e	۲۰/۲ l
I	۶	۸۸/۰ cde	۶۳/۰ cde	۲۹/۱ bc	۴۷/۰ fgh
II	۱	۸۱/۶ de	۶۹/۲ bcd	۳۷/۳ ab	۶۲/۶ bcd
II	۲	۸۵/۲ cde	۶۲/۸ cde	۱۹/۰ bcde	۵۳/۰ cdef
II	۳	۹۳/۴ bc	۵۷/۰ def	۲۰/۳ bcde	۵۰/۶ efg
II	۴	۵۳/۶ f	۵۳/۵ def	۲۹/۱ bc	۶۱/۶ bcde
II	۵	۱۰۳/۲ a	۷۵/۱ bc	۱۳/۱ cde	۳۳/۰ ijk
II	۶	۹۸/۸ ab	۸۳/۸ b	۲۳/۶ bcde	۴۴/۶ fghi
III	۱	۸۰/۶ de	۴۷/۲ efg	۱۸/۳ cde	۳۹/۸ ghij
III	۲	۸۹/۶ bcd	۴۱/۴ fgh	۱۳/۸ cde	۳۱/۲ jkl
III	۳	۸۵/۸ cde	۳۵/۰ gh	۱۳/۸ cde	۳۸/۴ hijk
III	۴	۴۹/۰ f	۳۶/۶ gh	۱۵/۴ cde	۵۰/۸ defg
III	۵	۹۲/۲ bc	۴۹/۵ efg	۹/۶ de	۲۷/۴ kl
III	۶	۹۳/۶ bc	۴۸/۰ efg	۱۷/۰ cde	۳۳/۴ ijk

برای توضیح تیمارهای آبیاری به جدول ۱ و تیمارهای واریته به جدول ۲ مراجعه گردد.

* : میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون (۵٪) LSD دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

علف هرز با ارقام برنج است. در میان ارقام برنج نیز رقم گرده با ۵۲/۸۲ درصد دارای بیشترین فضای آئرانشیمی است. این نتایج نشان می‌دهد که احتمالاً گیاه برنج زودتر از سوروف در شرایط آبزی تا نیمه آبزی تکامل یافته است. ولی در بخش ساقه نتیجه کاملاً بر عکس است، سوروف دارای بیشترین فضای آئرانشیمی است و با این‌که با تعدادی از واریته‌های برنج تفاوت معنی‌داری ندارد ولی ارقام نعمت و دم سیاه که ارقام شمالی هستند با آن تفاوت نشان می‌دهند. این دو رقم تفاوتی از این نظر با همدیگر ندارند. در غلاف برگ، ارقام تفاوت بسیار معنی‌داری با همدیگر ندارند و در این میان، رقم سازندگی واجد بیشترین فضای آئرانشیم می‌باشد و سوروف کمترین فضای آئرانشیم را داراست. در بخش ریشه هیچ‌کدام از واریته‌ها با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. در بخش حفره مرکزی ساقه نیز، ارقام سازندگی و کام فیروزی بیشترین فضای آئرانشیم را داشتند. در مجموع نیز واریته‌های برنج با سوروف از نظر فضای آئرانشیم متفاوت بودند. با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که تحمل شرایط آبزی توسط برنج، ناشی از وجود فضای آئرانشیم بالا در ریشه (به طور متوسط حدود ۳۰ درصد) و توانایی انتقال اکسیژن از فضاهای موجود در بخش هوایی به‌خصوص برگ و غلاف به سمت ریشه‌ها باشد. با این حال تشکیل فضاهای هوایی متأثر از ژنوتیپ گیاه بوده، از شرایط آبی اعمال شده تأثیر نمی‌پذیرد (جدول ۴ و ۵). بنابراین سیستم فضاهای هوایی آئرانشیم تنها به گیاه برنج امکان می‌دهد که شرایط غرقابی را به منظور جذب بهتر عناصر غذایی تحمل نماید (شکل ۱).

آزمایش دوم

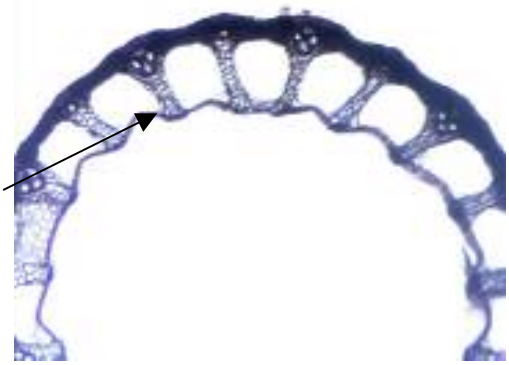
خصوصیات گیاهی بررسی شده در این آزمایش از روند مشابه آزمایش اول پیروی کردند. رژیم آبیاری، اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، نسبت ریشه به ساقه، تعداد پنجه، وزن خشک ریشه و ساقه و وزن خشک کل گیاه در دو مرحله رشد گیاهی داشت. میانگین تمام صفات مذکور در تیمار آبیاری اول (شرایط غرقاب) به صورت معنی‌دار از تیمارهای دیگر بیشتر بود (جدول۶). با خارج شدن برنج از حالت غرقاب، اکثر صفات تحت تأثیر قرار گرفته و میانگین بسیاری از صفات با کاهش شدت آبیاری رو به کاهش گذاشته است (جدول۶). در این آزمایش غیر از ارتفاع گیاه و نسبت ریشه به ساقه، تفاوت معنی‌داری برای صفات دیگر بین این دو واریته دیده نشد. هم‌چنین اثر متقابل رژیم آبیاری × ژنوتیپ گیاهی معنی‌دار نشد.

در این آزمایش بررسی وضعیت عناصر غذایی در گیاه نشان داد که رژیم آبیاری اثر قابل توجه و معنی‌داری بر مقدار فسفر منگنز، آهن، سدیم و کلسیم گیاه داشته است (جدول ۷). میانگین مقدار این عناصر در گیاهان تحت تیمار آبیاری I (غرقاب) به صورت معنی‌داری بیشتر از میانگین مقدار این عناصر در شرایط غیر غرقاب یعنی تیمارهای آبیاری دوم الی چهارم بود (جدول ۷). هم‌چنین مقدار روی در تیمار آبیاری اول نسبت به تیمارهای آبیاری دیگر از میانگین بیشتری برخوردار بود، اگر چه این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۷).

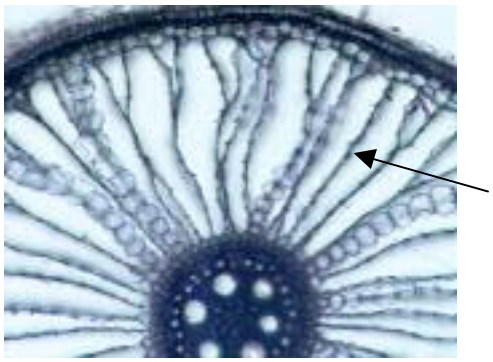
در خصوص مقدار زیادتر P و Mn در برنج رشد یافته در شرایط غرقاب، گزارش‌های بسیار و هم‌آهنگ در منابع علمی وجود دارد ولی گزارش‌های مربوط به مقدار آهن، کلسیم و روی در گیاهان رشد یافته در این شرایط تا حدودی ناهم‌آهنگ می‌باشد. چریان و همکاران (۵) گزارش نموده‌اند که مقدار کلسیم و روی تحت تأثیر شرایط غرقاب معمولاً در اندام هوایی کاهش و مقدار آهن در این شرایط افزایش می‌یابد در صورتی که داس و جت (۸) معتقد به افزایش کلسیم در اندام هوایی برنج می‌باشند. هم‌چنین چادری و مک لین (۴) در مقایسه شرایط غرقاب و غیر غرقاب، تفاوت معنی‌داری در مقدار آهن اندام هوایی برنج مشاهده نکردند. از طرفی گزارش پاتریک و فونتنوت (۱۵) نشان دهنده حلالیت زیادتر آهن در شرایط غرقاب خاک می‌باشد. به نظر می‌رسد اگر چه شرایط غرقاب در دسترس بودن این عناصر را افزایش می‌دهد، ولی جذب آنها تا حدود زیادی بستگی به ژنوتیپ گیاه داشته که احتمالاً دلیلی برای گزارش‌های متفاوت در این خصوص است. نتایج آزمایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

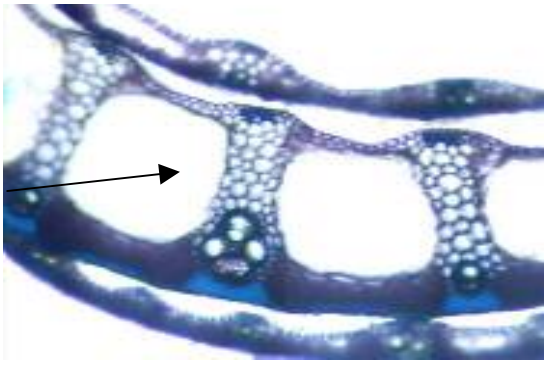
[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]



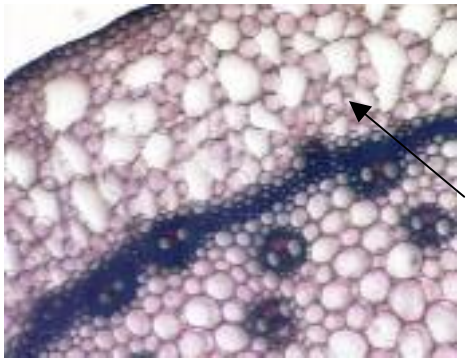
تیمار دوبار آبیاری در روز- رقم کام فیروزی- مقطع غلاف برگ



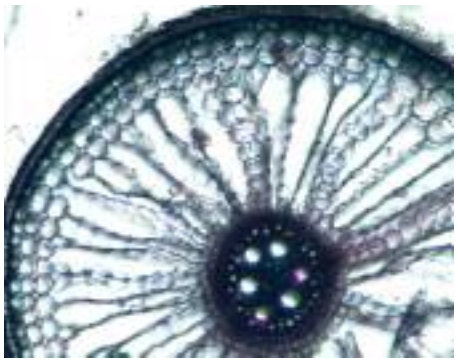
تیمار دوبار آبیاری در روز- رقم سازندگی- مقطع ریشه



تیمار غرقاب در ادامه رشد- رقم دم سیاه- مقطع غلاف برگ



تیمار غرقاب- واریته سازندگی- مقطع ساقه



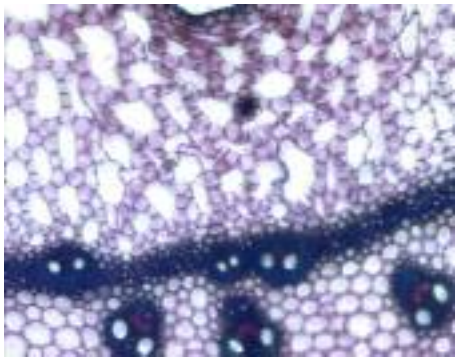
تیمار غرقاب- واریته سازندگی- مقطع ریشه



تیمار غرقاب- سوروف- مقطع غلاف برگ



تیمار دوبار آبیاری در روز – واریته سازندگی- مقطع برگ

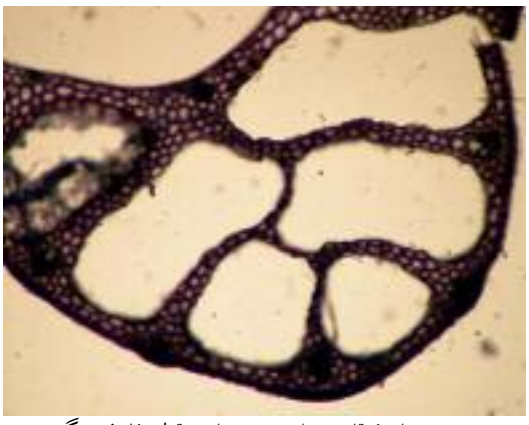


تیمار غرقاب – سوروف- مقطع ساقه

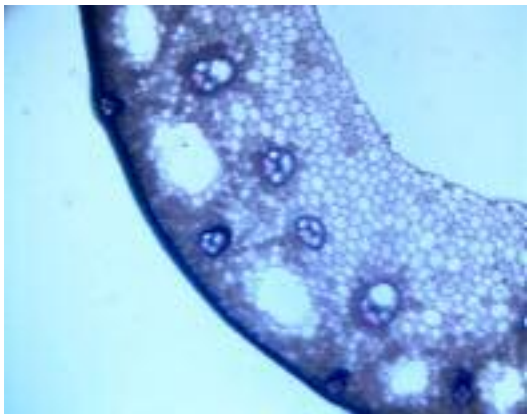
شکل ۱. آناتومی بخش‌های مختلف ارقام برنج و سوروف در تیمارهای مختلف آبیاری از نظر فضاهای هوایی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

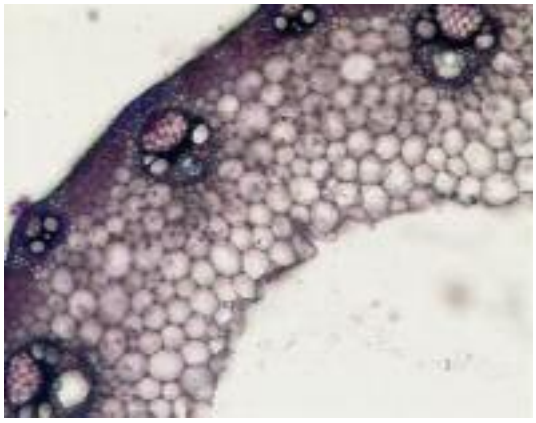
[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]



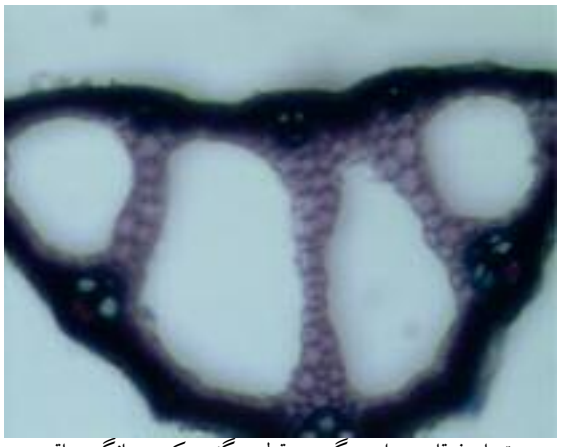
تیمار غرقاب- واریته دم سیاه- مقطع غلاف برگ



تیمار دوبار آبیاری در روز- واریته گرده- مقطع ساقه



تیمار دوبار آبیاری در روز- واریته سازندگی- حفره



تیمار غرقاب- واریته گرده، مقطع برگ مرکزی میانگره ساقه

ادامهٔ شکل ۱.

جدول ۴. مقایسه میانگین درصد فضای آئرانشیم در بخش‌های مختلف واریته‌های مورد مطالعه در پایان مرحله رشد رویشی

واریته	برگ	ساقه	غلاف	ریشه	حفره مرکزی میانگره آخر ساقه	مجموع
سوروف	۸/۸۴ b	۱۷/۳۱ a	۹/۷۶ b	۲۹/۳۳ a	۱۶ b	۱۷/۰۳ b
گرده	۵۲/۸۲ a	۵/۷۲ ab	--*	۳۶ a	۱۶/۵ ab	۲۷/۸۸ a
سازندگی	۳۸/۵۲ a	۸/۹۳ ab	۵۰/۸۶ a	۳۳/۳۳ a	۳۸ ab	۳۴/۴۳ a
نعمت	۴۴/۹۷ a	۴/۱۱ b	۴۳/۸۹ a	۱۳/۶۷ a	--*	۲۶/۷۴ a
دم سیاه	۴۴/۴۲ a	۴/۱۹ b	۴۳/۸۰ a	۲۸/۳۳ a	۳۳/۵ ab	۳۱/۰۶ a
کام فیروزی	۴۰/۱۳ a	۱۲/۱۹ ab	۲۶/۳ ab	۲۲/۳۳ a	۴۱/۳۳a	۲۸/۹۴ a

*: اندازه‌گیری نشده است.

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون (۵٪) LSD دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۵. مقایسه تأثیر تیمارهای آبیاری بر میانگین درصد فضای آئرانشیم در بخش‌های مختلف گیاه برنج در پایان مرحله رشد رویشی

تیمار آبیاری	برگ	ساقه	غلاف	ریشه	حفره مرکزی میانگره آخر ساقه	مجموع
I غرقاب کامل	۴۰/۸ a	۱۱ a	۴۰ a	۲۲/۸ a	۳۸ a	۳۰/۱۵ a
II غرقاب در ادامه رشد	۴۳/۵ a	۸ a	۳۱/۶ a	۳۳/۱۷ a	۲۴/۲ a	۲۷/۳۸ a
III دو بار آبیاری در روز	۳۳/۷ a	۸/۸ a	۳۶/۲ a	۲۳/۳ a	۲۸/۲۵a	۲۴/۸۱

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون (۵٪) LSD دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

جدول ۶. مقایسه تاثیر تیمار آبیاری بر میانگین برخی صفات برنج (در پایان رسیدگی فیزیولوژیک)

منابع تغییر	ارتفاع گیاه نمونه‌گیری I (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه نمونه‌گیری II (سانتی‌متر)	نسبت ریشه به ساقه	تعداد پنجه نمونه‌گیری I	تعداد پنجه نمونه‌گیری II	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک کل (گرم)
سطح ۱	۷۸/۰۰ a	۹۹/۵۵ a	۰/۵۹۱۵ a	۲/۸۳۵۰ a	۳/۶۶۶ a	۷/۸۶۶ a	۲۰/۸۰۸ a	۲۸/۶۷۳ a
سطح ۲	۵۶/۴۱۷ b	۷۶/۰۵ b	۰/۳۷۵۰ b	۱/۳۳۳ b	۲/۳۸۳ b	۲/۱۶۰ b	۷/۲۴۷ b	۹/۴۰۷ b
سطح ۳	۴۱/۰۰ c	۵۵/۷۶ c	۰/۳۷۱۱ b	۱/۱۱۰ b	۱/۲۶۶ c	۱/۸۴۸ b	۳/۵۵۳ b	۵/۲۱۳ b
سطح ۴	۳۸/۵۸ c	۴۹/۹۳ c	۰/۳۱۲۵ b	۱/۰۵۵ b	۱/۶۶۷ c	۱/۶۶۰ b	۳/۳۱۲ b	۵/۱۶۰ b

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون LSD (٪۵) دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۷. مقایسه تاثیر تیمار آبیاری بر میانگین پروتئین و نیتروژن (بر حسب درصد) و سایر عناصر غذایی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) گیاهچه‌های ارقام مختلف برنج در شرایط رطوبتی متفاوت (در پایان رسیدگی فیزیولوژیک).

آبیاری	پروتئین	N	P	Mn	Zn	Fe	S	Na	K	Mg	Ca
I	۷/۹۸ a	۱/۲۸ a	۱۸۹/۰۰ a	۱۳۳/۵۰ a	۱۰۱/۵۰ a	۳۸۹۴/۵ a	۳۷۴/۵ a	۳۸۷/۵۰ a	۹۸۲/۵۰ a	۸۰۸۵ a	۱۳۰۹۰ a
II	۹/۴۷ a	۱/۵۱ a	۱۳۷/۰۰ b	۷۳/۵۰ b	۸۸/۰۰ a	۶۸۵/۵ b	۳۶۴/۵ a	۶۰/۰۰ b	۹۸۰/۰۰ a	۷۲۴۰ ab	۳۳۳۰ b
III	۱۰/۰۰ a	۱/۵۹ a	۸۲/۰۰ c	۳۸/۵۰ b	۶۸/۰۰ a	۶۷۵/۰ b	۳۵۷/۰ a	۴۲/۵۰ b	۹۴۵/۰۰ a	۶۹۷۵ ab	۳۱۲۵ b
V	۹/۶۳ a	۱/۵۳ a	۹۳/۵۰ bc	۳۸/۵۰ b	۶۲/۵۰ a	۵۳۶/۵ b	۲۳۱/۰ a	۴۰/۰۰ b	۸۹۲/۵۰ a	۶۷۲۰ b	۳۰۲۰ b

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون LSD (٪۵) دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۸ . مقایسه تأثیر تیمار آبیاری بر میانگین غلظت عناصر غذایی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) مربوط به اثر متقابل واریته × آبیاری (در پایان رشد رویشی)

واریته × آبیاری		Fe	K	Mg	Ca
واریته	آبیاری				
۱	۱	۲۳۸۹/۰۰ b	۱۰۲۵/۰۰ a	۷۲۰۰/۰۰ bc	۶۳۹۰/۰۰ b
۱	۲	۶۷۲/۰۰ c	۱۰۱۵/۰۰ a	۷۳۵۰/۰۰ bc	۳۳۹۰/۰۰ bc
۱	۳	۷۳۷/۰۰ c	۹۴۰/۰۰ ab	۷۳۷۰/۰۰ bc	۳۶۴۰/۰۰ bc
۱	۴	۶۸۲/۰۰ c	۹۱۰/۰۰ ab	۶۳۶۰/۰۰ c	۳۱۰۰/۰۰ c
۲	۱	۵۴۰۰/۰۰ a	۷۶۰/۰۰ b	۸۹۷۰/۰۰ a	۱۹۷۹۰/۰۰ a
۲	۲	۴۰۱/۰۰ c	۹۵۰/۰۰ a	۶۰۹۰/۰۰ c	۲۶۵۰/۰۰ c
۲	۳	۶۳۴/۰۰ c	۹۵۰/۰۰ a	۶۵۸۰/۰ bc	۲۶۱۰/۰۰ c
۲	۴	۶۶۸/۰۰ c	۱۰۵۰/۰۰ a	۸۱۲۰/۰۰ ab	۳۵۶۰/۰۰ bc

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک طبق آزمون (۵٪) LSD دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول ۹. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون t با درجه آزادی ۱۵ (در سطح احتمال ۵ درصد) در پایان مرحله رشد رویشی

صفت	تیمار		t محاسبه شده
	هوا دهی	بدون هوادهی	
تعدادکل پنجه	۷/۹۷۹	۸/۷۴۷	۰/۷۴۴ ns
ارتفاع (سانتی‌متر)	۶۸/۴۰۳	۶۹/۹۵۱	۰/۶۸۶ ns
تعداد برگ ساقه اصلی	۷/۳۳۲	۷/۹۷۶	۲/۰۳۶ ns
وزن تر ساقه (گرم)	۱۴/۱۳	۱۷/۶۰۸	۱/۴۷ ns
وزن تر ریشه (گرم)	۱۱/۱۳	۱۱/۲۰	۰/۰۴۹ ns
وزن خشک ساقه (گرم)	۱/۹۷۲	۲/۱۴	۰/۴۴۶ ns
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۵۶۲۸	۰/۳۸۸۱	۱/۲۳۳ ns
طول ریشه (سانتی‌متر)	۳۲/۹۹۷	۲۱/۶۰۱	۸/۴۳ *

حاضر نیز نشان داد که از نظر مقدار آهن و کلسیم تفاوت معنی‌داری بین دو واریته وجود داشت و رقم طارم هم از نظر مقدار آهن و هم از نظر مقدار کلسیم نسبت به رقم سازندگی برتری داشت. اثر متقابل رژیم آبیاری با ژنوتیپ گیاهی نیز برای مقدار آهن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم معنی‌دار شد. با این وجود هنوز آثار مثبت شرایط غرقاب بر مقدار این عناصر در هر دو واریته مشهود است (جدول ۸). بیشتر تحقیقات بیانگر آن است که شرایط غرقاب تأثیر عمده و بسزایی در قابلیت جذب و مقدار عناصر مختلف در گیاه برنج دارد و نتایج آزمایش حاضر نیز مؤید آن می‌باشد. وضعیت پروتئین با توجه به وابستگی آن به مقدار ازت، متاثر از تیمار آبیاری نبوده و متناسب با وضعیت ازت است. بدین ترتیب تفاوت رشد گیاهان در شرایط غرقاب و بدون غرقاب، متأثر از تفاوت جذب ازت نبوده و ناشی از تفاوت جذب برخی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف خواهد بود (۴ و ۱۶).

آزمایش سوم

در آزمایش سوم، هدف جداکردن شرایط اکسید- احیا از شرایط غرقابی بوده است. با این حال، هوادهی تأثیری بر صفات مورد بررسی نداشت و تنها طول ریشه در شرایط هوادهی، حدود ۱۱

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

سانتی‌متر از گیاهان تیمار بدون هوادهی بیشتر بود (جدول ۹). تورنر و همکاران (۲۲) افزایش طول ریشه را در شرایط هوادهی تأیید می‌کنند که ظاهراً به دلیل تنفس بهتر و بیشتر سلول‌های مریستمی است که دسترسی کافی به سیستم آئرانشیم پیدا نکرده‌اند. افزایش طول ریشه و به تبع آن وزن خشک ریشه، با این‌که این اختلاف معنی‌دار نیست، منجر به کاهش وزن تر و خشک ساقه شده است (جدول ۹). پاتریک و فونتنوت (۱۶) نیز گزارش کرده‌اند که رشد رویشی برنج در شرایط عدم هوادهی نسبت به شرایط هوادهی بیشتر بوده است که چنانچه از آزمایش دوم برآمد احتمالاً می‌تواند، مربوط به جذب بیشتر برخی عناصر کم مصرف و پرمصرف در شرایط احیا باشد. هم‌چنین گزارش‌هایی حاکی از آن است که هوادهی به کاهش حلالیت فسفر، آهن و منگنز منجر می‌گردد (۱۶). بنابراین اگرچه شرایط هوادهی منجر به استقرار اولیه بهتر گیاه برنج می‌گردد ولی بر رشد بعدی گیاه آثار سوء خواهد داشت (همچنان که از آزمایش اول نتیجه گرفته شد) و این در حالی است که افزایش طول ریشه به مقدار زیاد هم با توجه به شرایط غرقابی، و عدم نیاز به جذب اضافی آب با توسعه ریشه چندان ضرورت پیدا نمی‌کند.

با توجه به آزمایش‌های فوق می‌توان استنباط نمود که نیاز برنج به شرایط غرقابی، ناشی از بالا بودن قابلیت گیاه در جذب برخی عناصر در شرایط احیاست و با توجه به عدم نیاز برنج به شرایط غرقابی در اوایل دوره رشد، می‌توان نسبت به مدیریت منابع آب اقدام نمود.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های این پژوهش را معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان و بخش دیگری از آن را بودجه طرح ملی کد M۲۹ تأمین کرده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از خانم‌ها حسنی و فرزین و آقایان، ریگی، غفاریان و محمدی که در انجام پروژه همکاری کردند و نیز آقای مهندس صدرارحامی که مسئولیت تجزیه عناصر شیمیایی را تقبل نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Aguilar, E. A., D. W. Turner and K. Sivasithamparam. 1999. Aerenchyma formation in roots of four banana (*Musa* spp.) cultivars. Scientia Hort. 80 (1-2): 57-72.
2. Blom, C.W. P. M., L. A. C. J. Voesenek, M. Banga, W. M. H. G. Engelaar, J. H. G. M Rijnders, H. M. Van Desteeg and E. J. W. Visser. 1994. Physiological ecology of river side species: adaptive responses of plants to submergence. Ann. Bot. 74 (3): 253-263.
3. Bouman, B. A. M. and T. P. Tuong. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. Agric. Water Manag. 49:11-30.
4. Chaudhry, M. S. and E. O. Mclean. 1963. Comparative effects of flooded and unflooded soil conditions and nitrogen application on growth and nutrient uptake by rice plants. Agron. J. 55: 565-567.
5. Cherian, E. C., G. M. Paulsen and L. S. Murphy. 1968. Nutrient uptake by lowland rice under flooded and nonflooded soil conditions. Agron. J. 60: 554-557.
6. Castillo, E. G., R. J. Buresh and M. t. Ingram. 1992. Lowland rice yield as affected by timing of water deficit and nitrogen fertilization. Agron. J. 84:152-159.
7. Cutler, J. M., K.W. Shaham and P. L. Steponkus. 1980. Influence of water deficits and osmotic adjustment on leaf elongation in rice. Crop Sci. 20:314-318.
8. Das, D. K. and R. L. Jat. 1977. Influence of three soil-water regimes on root porosity and growth of four rice varieties. Agron. J. 69:197-200
9. Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta. Circ. 347.
10. Ito, O., E. Ella and N. Kawano. 1999. Physiological basis of submergence tolerance in rainfed lowland rice ecosystem. Field Crops Res. 64(1-2): 75-90.
11. Klosterbor, A. D. and G. N. McCauley. 2001. Early flood rice culture. *In*: G. Norman (Ed.), Texas Rice Production Guidelines. The Texas University. Texas.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]

12. Luxmoore, R. J. and L. H. Stolzy. 1969. Root porosity and growth responses of rice and maize to oxygen supply. Agron. J. 61: 202 – 204.
13. Nguyen, H. T., R. C. Babu and A. Blum. 1997. Breeding for drought resistance in rice: Physiology and molecular genetics considerations. Crop Sci. 37:1426-1434.
14. O'Toole, J. C. and T. B. Moya. 1978. Genotypic variations in maintenance of leaf water potential in rice. Crop Sci. 18:873-876.
15. Ockerby, S. E. and S. Fukai. 2001. The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. Field Crops Res. 69(3): 215-226.
16. Patrick Jr. W. H. and W. J. Fontenot. 1976. Growth and mineral composition of rice at various soil moisture tensions and oxygen levels. Agron. J. 68: 325-329.
17. Rahiminezhad. M. R. 1994. Taxonomy and biosystematics of the *Chenopodium album* aggregate. Ph. D. Thesis. University of Leicester. Leicester.
18. Schussler, E. E. and D. J. Longstreth. 2000. Changes in cell structure during the formantion of root aerenchyma in *sagittaria lancifolia* (Alismatiaceae). Am. J. Bot. 87(1): 12-19.
19. Sibounheuang, V., J. Basnayake, S. Fukai and M. Cooper. 2001. Genotypic variation in water potential at different positions and water conductance in rice. Proc. 10th Aust. Agron. Conf. Hobart, Australia.
20. Tomar, V. S. and J. C. O'Toole. 1982. A field study on leaf water potential, transpiration and plant resistance to water flow in rice. Crop Sci. 22: 5-80.
21. Tomar, V. S. and B. P. Ghildyal. 1975. Resistance to water transport in rice plants. Agron. J. 67:269-272.
22. Turner, F. T., C. C. Chen and G. N. Mccauley. 1981. Morphological development of rice seedlings in water at controlled oxygen levels. Agron. J. 73: 566-570.
23. Vinaya Rai, R. S. and K. S. Murty. 1976. Note on the effect of partial submergence of plant on growth and yield in early high yielding rice varieties. Indian J. Agric. Res. 10 (4):201-264.
24. Watkin, E. L. J., C. J. Thomson and H. Greenway. 1998. Root development and aerenchyma formation in two wheat cultivars and one Triticale cultivar grown in stagnant agar and aerated nutrient solution. Ann. Bot. 81:349-353
25. Westcott, M. P. and H. W. Vines. 1986. A comparison of sprinkler and flood irrigation for rice. Agron. J. 78:637-640.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.2.10.8]