بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

اثر تنش کمبود آب بر صفات فیزیولوژیک ارقام بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.)

از:

حامد جاوید طبع پسند

استاد راهنما:

دکتر مسعود اصفهانی

استادان مشاور:

مهندس شاپور عبداللهی مبرهن و دکتر حبیبا... سمیع‌زاده لاهیجی

تقدیم به:

خانواده عزیزم

و

استاد فرزانه‌ام دکتر مسعود اصفهانی

سپاسگزاری

سپاس فراوان ایزد یکتا را که به من توفیق انجام این پژوهش را ارزانی داشت و خاک پاک ایران را آفرید تا زمینه‌ساز پیشرفت و تعالی‌ام باشد و انسانهایی را خلق نمود که در کنار آن‌ها زندگی کنم، دانستنی‌ها را فرا بگیرم و در مسیر کمال قدم گذارم.

از پدر و مادر عزیزم و خواهر مهربانم که همواره از ابتدای تحصیلاتم تا اجرای پایان‌نامه کارشناسی ارشد بی‌دریغ حامی من بودند سپاس‌گزاری می‌کنم، که اگر نبود این همه فداکاری، من هیچ نبودم.

کمال سپاس لایق همسر دلسوز و مهربانم می‌باشد که در همه حال در کنارم است و در تمام مراحل اجرای این تحقیق مرا همیاری نمود.

از استاد راهنمای فرزانه‌ام، جناب آقای دکتر مسعود اصفهانی که هیچ کمکی را در اجرای این تحقیق از من دریغ نداشتند کمال سپاس را دارم.

همچنین از اساتید مشاور عزیزم، جناب آقای مهندس شاپور عبداللهی مبرهن و جناب آقای دکتر حبیبا... سمیع‌زاده لاهیجی که در طی اجرای این پایان‌نامه نهایت همکاری را با من داشتند سپاسگزاری می‌کنم.

بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید گروه زراعت و کارشناسان آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان و همچنین از جناب آقای دکتر ناصر دواتگر، مهندس محسن قدسی و سایر کارکنان و کارشناسان موسسه تحقیقات برنج کشور که مرا در اجرای این پژوهش یاری نمودند قدردانی و سپاس گزاری نمایم.

از تمام دوستان و عزیزانی که به نحوی مرا در اجرای این تحقیق یاری نمودند سپاس‌گزاری نمایم و برای ایشان صمیمانه آرزوی موفقیت و کامیابی دارم.

حامد جاوید طبع‌پسند

زمستان ۱۳۸۹

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

چکیده فارسی ..... الف

چکیده انگلیسی ..... ب

مقدمه ۱

فصل اول: مروری بر منابع ۵

۱-۱- اهمیت آب در زراعت برنج ۶

۱-۲- تنش کمبود آب و انواع آن در برنج ۶

۱-۳- انتخاب ارقام برنج مقاوم به تنش کمبود آب ۷

۱-۳-۱- انتخاب مستقیم (انتخاب بر اساس عملکرد) ۷

۱-۳-۲- انتخاب بر اساس صفات ثانویه ۷

۱-۴- سازوکارهای مقاومت به تنش کمبود آب در برنج ۸

۱-۵- اثر کمبود آب بر فرآیندهای فیزیولوژیک برنج ۹

۱-۵-۱- اثر کمبود آب بر وضعیت آبی سلول ۹

۱-۵-۱-۱- اثر کمبود آب بر پتانسیل آبی گیاه ۹

۱-۵-۱-۲- اثر کمبود آب بر محتوای نسبی آب برگ ۱۰

۱-۵-۱-۳- اثر کمبود آب بر پتانسیل اسمزی ۱۰

۱-۵-۲- اثر کمبود آب بر رنگدانه‌های فتوسنتزی ۱۱

عنوان ..... صفحه

۱-۵-۳- اثر کمبود آب بر هدایت روزنه‌ای..... ۱۲

۱-۵-۴- اثر کمبود آب بر دمای سایه‌انداز گیاه..... ۱۳

۱-۵-۵- اثر کمبود آب بر انتقال مجدد مواد پرورده..... ۱۴

۱-۶- اثر کمبود آب بر مورفولوژی برنج ۱۵

۱-۷- اثر کمبود آب بر فنولوژی برنج ۱۶

۱-۸- اثر کمبود آب بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و پخت دانه برنج ۱۷

۱-۹- اثر کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج ۱۸

فصل دوم: مواد و روش‌ها..... ۲۰

۲-۱- ویژگی‌های محل اجرای آزمایش..... ۲۱

۲-۲- مواد گیاهی و نوع طرح آزمایشی..... ۲۲

۲-۳- تیمار تنش کمبود آب و شرایط آب و هوایی منطقه..... ۲۴

۲-۴- اندازه‌گیری صفات گیاهی..... ۲۷

۲-۴-۱- محتوای نسبی آب برگ..... ۲۷

۲-۴-۲- پتانسیل اسمزی..... ۲۷

۲-۴-۳- هدایت روزنه‌ای ۲۸

۲-۴-۴- اندازه‌گیری میزان سبزینگی برگ..... ۲۸

۲-۴-۵- دمای سایه‌انداز..... ۲۹

۲-۴-۶- فتوسنتز جاری و انتقال مجدد..... ۲۹

عنوان ..... صفحه

۲-۴-۷- زمان گلدهی ۳۰

۲-۴-۸- صفات مورفولوژیک ۳۰

۲-۴-۸-۱- مساحت برگ پرچم ۳۰

۲-۴-۸-۲- ارتفاع بوته ۳۰

۲-۴-۸-۳- طول خوشه ۳۰

۲-۴-۹- عملکرد دانه ۳۰

۲-۴-۱۰- اجزای عملکرد دانه ۳۱

۲-۴-۱۰-۱- تعداد خوشه بارور در بوته ۳۱

۲-۴-۱۰-۲- تعداد دانه پر در خوشه ۳۱

۲-۴-۱۰-۳- وزن هزار دانه ۳۱

۲-۴-۱۱- عملکرد ماده خشک ۳۱

۲-۴-۱۲- شاخص برداشت ۳۱

۲-۴-۱۳- راندمان تبدیل ۳۱

۲-۴-۱۴- کیفیت دانه ۳۲

۲-۴-۱۴-۱- میزان آمیلوز دانه ۳۲

۲-۴-۱۴-۲- درجه حرارت ژلاتین شدن ۳۳

۲-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۳۴

عنوان ..... صفحه

۳-۲-۳- عملکرد و اجزای عملکرد..... ۸۴

۳-۲-۳-۱- عملکرد شلتوک..... ۸۴

۳-۲-۳-۲- تعداد خوشه بارور در بوته..... ۸۶

۳-۲-۳-۳- تعداد دانه پر در خوشه..... ۸۶

۳-۲-۳-۴- وزن هزار دانه..... ۸۷

۳-۲-۴- عملکرد ماده خشک..... ۹۶

۳-۲-۵- شاخص برداشت..... ۹۶

۳-۲-۶- زمان گلدهی..... ۹۸

۳-۲-۷- کیفیت دانه..... ۱۰۵

۳-۲-۷-۱- راندمان تبدیل..... ۱۰۵

۳-۲-۷-۲- میزان برنج سفید سالم..... ۱۰۶

۳-۲-۷-۳- خصوصیات پخت..... ۱۰۷

۳-۲-۷-۳-۱- میزان آمیلوز دانه..... ۱۰۷

۳-۲-۷-۳-۲- درجه حرارت ژلاتینی شدن آمیلوز دانه..... ۱۰۹

نتیجه گیری نهایی..... ۱۱۷

پیشنهادها..... ۱۱۹

فهرست منابع..... ۱۲۰

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل ..... صفحه

۳-۱- میانگین محتوای نسبی آب برگ در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۵۸

۳-۲- میانگین پتانسیل اسمزی آب برگ در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۵۹

۳-۳- میانگین عدد کلروفیل‌متر در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۶۰

۳-۴- میانگین هدایت روزنه‌ای در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۶۱

۳-۵- میانگین دمای تاج پوشش گیاهی (یک هفته بعد از قطع آبیاری) در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب..... ۶۲

۳-۶- میانگین دمای تاج پوشش گیاهی (دو هفته بعد از قطع آبیاری) در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب..... ۶۳

۳-۷- میانگین سهم فتوسنتز جاری در وزن نهایی دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۷۱

۳-۸- میانگین سهم ریشه در وزن نهایی دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۷۲

۳-۹- میانگین انتقال مجدد از ساقه به دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۷۳

۳-۱۰- میانگین انتقال مجدد از برگ به دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۷۴

۳-۱۱- میانگین ارتفاع بوته در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۸۱

۳-۱۲- میانگین طول خوشه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۸۲

۳-۱۳- میانگین سطح برگ پرچم در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۸۳

۳-۱۴- میانگین عملکرد شلتوک در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۹۲

۳-۱۵- میانگین تعداد خوشه بارور در بوته در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۹۳

۳-۱۶- میانگین تعداد دانه پر در خوشه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۹۴

شماره و عنوان شکل‌ها ..... صفحه

۳-۱۷- میانگین وزن هزار دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۹۵

۳-۱۸- میانگین عملکرد ماده خشک در بوته در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۰۲

۳-۱۹- میانگین شاخص برداشت در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۰۳

۳-۲۰- میانگین تعداد روز تا گلدهی در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۰۴

۳-۲۱- میانگین راندمان تبدیل در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۱۳

۳-۲۲- میانگین درصد برنج سالم در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۱۴

۳-۲۳- میانگین محتوای آمیلوز دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۱۵

۳-۲۴- میانگین نمره دمای ژلاتینی شدن دانه در دو شرایط آبیاری کامل و تنش کمبود آب و میزان تغییرات آن..... ۱۱۶

چکیده

اثر تنش کمبود آب بر صفات فیزیولوژیک ارقام بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.)

حامد جاوید طبع‌پسند

به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک و صفات مربوط به کیفیت دانه برنج، ۲۰ لاین و رقم اصلاح شده پرمحصول و بومی (شامل ارقام سنگ‌جو، نعمت، فجر، درفک، ساحل، شفق، خزر، شیرودی، قایم، ندا، سپیدرود، هاشمی، علی‌کاظمی و لاین‌های ۱۰۸، ۲۰۳، ۲۰۹، ۴۱۵، ۴۱۶، ۸۳۱، ۸۴۱) در دو زمین آزمایشی تحت تنش کمبود آب (قطع آبیاری از مرحله آغازش خوشه تا انتهای فصل) و بدون تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار برای هر آزمایش، در سال زراعی ۱۳۸۸ در موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس ساده، بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از لحاظ صفات بررسی شده در هر دو آزمایش، اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط بر تمام صفات بررسی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، کمترین کاهش عملکرد شلتوک در لاین ۸۳۱ و رقم خزر (به ترتیب با کاهش ۷۷/۶ و ۱۱۲/۶ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین کاهش عملکرد در لاین‌های امیدبخش (به ویژه لاین ۲۰۹ با کاهش ۱۵۴۳/۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. نتایج نشان داد که از بین اجزای عملکرد، تعداد دانه پر در خوشه نسبت به تنش کمبود آب حساس‌تر بود و در کاهش عملکرد شلتوک ارقام و لاین‌های برنج تأثیر مستقیم داشت. تنش کمبود آب تغییرات قابل توجه‌ای در ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه از قبیل محتوای نسبی آب برگ (۶ تا ۲۶ درصد کاهش)، پتانسیل اسمزی (صفر تا ۳/۵ کیلوپاسکال کاهش)، هدایت روزنه‌ای (۶۲ تا ۲۵۶ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه کاهش)، عدد کلروفیل‌متر (۱/۱ تا ۹/۷ واحد کاهش)، فتوسنتز جاری (۷ تا ۶۱ گرم در بوته کاهش)، دمای سایه‌انداز (۱/۳ تا ۴/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش)، انتقال مجدد از ساقه به دانه (۰/۳ تا ۱۵/۹ گرم در بوته افزایش) و انتقال مجدد از برگ به دانه (۰/۳ تا ۶/۹ گرم در بوته افزایش) ایجاد کرد. بر اثر کمبود آب، تعداد روزهای بذرپاشی تا گلدهی در ارقام بومی به طور میانگین یک هفته کاهش و در ارقام اصلاح شده یک هفته افزایش یافت. بعلاوه، تحت اثر تنش کمبود آب، ویژگی‌های کمی و کیفی دانه از جمله راندمان تبدیل شلتوک به دانه (۰/۱ تا ۵/۷ درصد کاهش)، میزان برنج سفید سالم (۰/۰۷ تا ۱۲/۹ درصد کاهش)، محتوای آمیلوز دانه (۰/۵ تا ۲/۶ درصد افزایش) و نمره درجه حرارت ژلاتینی شدن دانه (صفر تا ۱/۵ واحد افزایش) نیز مشاهده شد. به نظر می‌رسد که ارقام برنج غرقابی از طریق سازوکار تنظیم اسمزی و بالا نگه داشتن پتانسیل آب برگ و در پی آن تنظیم هدایت روزنه‌ای و دمای سایه‌انداز، نسبت به تنش کمبود آب انتهای فصل تحمل دارند. بعلاوه، برخی ارقام برنج تحت شرایط کمبود آب، با افزایش انتقال مجدد از ساقه و برگ به سمت دانه، کاهش سهم فتوسنتز در پر شدن دانه را جبران می‌کنند. همچنین به نظر می‌رسد در شرایط تنش کمبود آب، بین ارقام مختلف برنج از لحاظ پایداری ویژگی‌های کمی و کیفی دانه تفاوت وجود دارد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر رقم‌های سنگ‌جو و خزر و لاین ۸۳۱ بیشترین پایداری عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش کمبود آب، عملکرد شلتوک، صفات فیزیولوژیکی، صفات کیفی دانه.

مقدمه

برنج گیاهی است از راسته غلاف‌داران، خانواده غلات، قبیله Oryzeae و جنس Oryza. از میان بیش از ۲۵ گونه آن، تنها گونه‌های *Oryza sativa* L. و *O. glaberrima* S. زراعی هستند. *O. sativa* گونه غالب بوده که از جنوب شرقی آسیا به ویژه هند منشاء گرفته است. این گونه عملکرد بالاتر و خصوصیات زراعی برتری نسبت به گونه *O. glaberrima* دارد [سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳].

برنج غذای بیش از دو سوم مردم جهان را تامین می‌کند و با سطح زیر کشت ۱۵۷ میلیون هکتار، بعد از گندم (۲۱۶ میلیون هکتار) دومین گیاه زراعی مهم دنیا است که تولید کل آن ۶۷۸/۶۹ میلیون تن و متوسط عملکرد آن ۴/۲۰۴ تن در هکتار می‌باشد [فائو[۱]، ۲۰۰۹]. از ۶۷۸/۶۹ میلیون تن برنج تولید شده در جهان، ۶۰ درصد آن در چین و هند تولید می‌شود و بعد از این دو کشور، تولید کنندگان اصلی برنج به ترتیب کشورهای اندونزی، بنگلادش، ویتنام، تایلند، برمه، ژاپن، فیلیپین، برزیل و آمریکا می‌باشند. سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ۵۳۵۸۱۳ هکتار می‌باشد که حدود ۱۸۱۶۹۴ هکتار از آن در استان گیلان قرار دارد [دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹]. آمارهای مربوط به مصرف برنج بیانگر اهمیت این گیاه به عنوان یک کالای استراتژیک در بین جوامع انسانی می‌باشد. میانگین مصرف سرانه برنج در جهان ۵۶ کیلوگرم است که برای کشورهای اروپایی حدود ۴، برای کشورهای آسیایی حدود ۱۶۰ و برای ایران ۳۸ تا ۴۰ کیلوگرم در سال می‌باشد. همچنین برنج، تأمین کننده ۲۳ درصد از کالری مورد نیاز بشر می‌باشد [فائو، ۲۰۰۹].

با توجه به روند افزایش جمعیت جهان، تولید برنج در طی ۱۵ سال آینده باید حداقل به میزان ۲۰ درصد افزایش یابد، اما به دلیل بحران کم آبی در سراسر جهان و توزیع ناهمگون نزولات جوی، انواع زراعت آبی به ویژه زراعت برنج با محدودیت آب مواجه هستند [کارابا و همکاران[۲]، ۲۰۰۷]. زراعت برنج، ۲ تا ۳ برابر بیشتر از سایر گیاهان زراعی مانند گندم و ذرت به آب نیاز دارد؛ به طوری که در حدود ۳۰ درصد از آب مصرفی در زراعت، صرف کشت برنج می‌شود [کارابا و همکاران، ۲۰۰۷]. در حدود دو سوم (۶۵ درصد) از سطح زیر کشت جهانی برنج به‌صورت غرقابی است که بیشتر آن مستعد وقوع خشکسالی است، کشت دیم برنج (۱۳ درصد از سطح زیر کشت جهانی) نیز به طور جدی تحت تاثیر تنش خشکی قرار دارد [وانگ و همکاران[۳]، ۲۰۰۹]. از آنجایی که کشور ایران با بارش متوسط ۲۴۰ میلی‌متر در سال، در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود و همچنین علاوه بر پایین بودن میزان بارندگی، نوسانات شدید بارندگی درمقیاس‌های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیاتی است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریانهای سطحی و سفره آب‌های زیرزمینی و مصارف انسانی می شود [سازمان هواشناسی ایران، ۱۳۸۹]، زراعت آبی برنج بویژه در استان‌های گیلان و مازندران که تامین آب آبیاری بستگی به میزان ذخیره آبی سدهایی دارد که از نزولات جوی تامین می‌شود، با یک چالش اساسی مواجه است.

۱-FAO ۲-Karaba *et al.* ۳-Wang *et al.*

برنج گیاهی حساس در برابر خشکی یا کمبود آب محسوب می‌شود [لافیته و همکاران[۱]، ۲۰۰۴]. کمبود آب، یک تنش چند بعدی است که بر سطوح مختلف سازمانی گیاه اثر می‌گذارد. واکنش به تنش خشکی در سطح کل گیاه بسیار پیچیده است، زیرا ترکیبی از اثرهای تنش و پاسخ به آن را در تمام سطوح سازمانی گیاه در طول زمان و مکان منعکس می‌کند [امام و زواره، ۱۳۸۴]، به طوری که شدت و چگونگی اثر مخرب تنش کمبود آب بر گیاه علاوه بر نوع گیاه، به زمان و طول دوره وقوع تنش در طی فصل رشد بستگی دارد [امام و نیک‌نژاد، ۱۳۸۴].

با توجه به این که احتمال وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی در مقایسه با مرحله رویشی بیشتر است و تنش خشکی به ویژه در مرحله زایشی تاثیر بیشتری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دارد، به طور معمول در ارزیابی ژنوتیپ‌های برنج، اثرات تنش خشکی در انتهای فصل مورد توجه می‌باشد [یانگ و همکاران[۲]، ۲۰۰۳ و ونیوپراساد و همکاران[۳]، ۲۰۰۸]. شناسایی میزان تحمل ژنوتیپ‌های برنج نسبت به کمبود آب از نخستین اقدامات لازم برای مقابله با اثرات سوء کمبود آب در زراعت این گیاه می‌باشد. شناسایی سازوکارهای مقاومت به تنش کمبود آب نیز امکان بهره‌برداری از صفات مرتبط با آن را در برنامه تولید ارقام متحمل، تسهیل خواهد نمود. هرچند که اصلاح‌گران برنج به انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی تاکید دارند [یانگدی و همکاران[۴]، ۲۰۰۶]، اما شواهد نشان داده است که انتخاب بر اساس عملکرد دانه در شرایط خشکی همراه با سایر صفات که دارای هبستگی بالایی با عملکرد دانه بوده و وارثت‌پذیری بالا و حداقل تاثیر پذیری از محیط داشته باشند نیز مفید است [لافیته و همکاران، ۲۰۰۳]. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که بین ارقام دیم و غرقابی برنج از نظر نوع سازوکار تحمل به تنش کمبود آب، تفاوت وجود دارد. ارقام متحمل برنج‌های غرقابی معمولا از سازوکار تنظیم اسمزی استفاده می‌کنند و ارقام متحمل دیم معمولا با استفاده از توسعه ریشه‌ها با تنش کم آبی مقابله می‌کنند [فوکایی و همکاران[۵]، ۱۹۹۹، یانگدی و همکاران، ۲۰۰۶ و وانگ و همکاران، ۲۰۰۹]. علاوه بر تنظیم اسمزی، کارایی سازوکارهای دیگر تحمل به تنش کمبود آب از جمله پایداری محتوای نسبی آب برگ، تنظیم هدایت روزنه‌ای، تنظیم دمای تاج پوشش گیاهی و انتقال مجدد نیز در مورد گیاه برنج به اثبات رسیده است. در این بین مطالعه تغییرات محتوای نسبی آب برگ در برابر تنش کمبود آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که تغییر و یا ثبات محتوای نسبی آب بافت خود زمینه‌ساز سایر پاسخ‌های احتمالی به تنش کمبود آب از جمله تغییر در هدایت روزنه‌ای، تغییر در میزان فتوسنتز و تنفس و غیره می‌باشد [راجر[۶]، ۲۰۰۱]. همچنین مطالعات صورت گرفته در طی سال‌های اخیر حاکی از آن است که ارقام متحمل برنج به تنش کمبود آب در ثابت نگه‌داشتن محتوای نسبی آب برگ نسبت به ژنوتیپ‌های حساس موفق‌تر می‌باشند [پیردشتی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ذوالقرنین و همکاران[۷]، ۲۰۰۹؛ دیوانایی و همکاران[۸]، ۲۰۱۰].

۱-Laffite *et al.* ۲-Yang et al. *et al.* ۳- Venuprasad *et al.* ٤- Jangdee *et al.*

٥-Fukai *et al.* ٦-Rojer ۷-Zulkarnain *et al.* ۸-Divanai *et al.*

کیفیت در مورد اکثر محصولات کشاورزی مورد توجه می‌باشد اما از آنجایی که برنج به شکل دانه کامل مصرف می‌شود، کیفیت در برنج که شامل خصوصیات ظاهری دانه و ساختار پخته شده آن است اهمیت ویژه‌ای دارد [رزت وهمکاران[۱]، ۱۹۹۹]. با اینکه اندازه‌گیری و شناخت عواملی که بر خصوصیات ساختاری و ظاهری دانه برنج اثر می‌گذارند، اهمیت زیادی دارد اما در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر کیفیت دانه برنج گزارش‌های زیادی ارائه نشده است. اما آزمایش‌هایی در مورد تأثیر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های شرکت کننده در ساخت نشاسته دانه برنج انجام شده است که بیانگر تأثیر احتمالی تنش کمبود آب بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه، خصوصیات تبدیل و کیفیت آن می‌باشد.

با توجه به این که انواع زراعت‌ها، بویژه زراعت برنج غرقابی تحت تأثیر تغیرات جهانی آب و هوا و افزایش احتمال وقوع خشکسالی با یک چالش اساسی مواجه شده است و از آن جایی که برنج در بین گیاهان زراعی نسبت به کمبود آب حساسیت بیشتری دارد، بررسی تأثیر تنش کمبود آب بر جنبه‌های فیزیولوژیکی، موفولوژیکی گیاه و به ویژه صفات کمی و کیفی دانه و همچنین بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی ضروری می‌باشد.

۱-Rozet *et al.*

فصل اول

مروری بر منابع

۱-۱- اهمیت آب در زراعت برنج

آب به عنوان یک نیاز ضروری برای حیات گیاهان محسوب می‌شود، به طوری که فراهمی آن تعیین کننده الگوی توزیع گیاهان و قابلیت تولید آن‌ها می‌باشد [هامان[۱]، ۲۰۰۴]. هر گونه گیاهی به مقدار معینی آب به منظور ادامه حیات و حفظ نسل خویش نیاز دارد، این مقدار آب تحت عنوان نیاز آبی آن گونه گیاهی شناخته می‌شود. در بین گیاهان زراعی، برنج از لحاظ نیاز آبی شرایط ویژه‌ای دارد به طوری که در حدود ۳۰ درصد از آب مصرفی در زراعت، صرف کشت برنج می‌شود [کارابا و همکاران، ۲۰۰۷]. این گیاه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها به حدود ۸ تا ۲۰ هزار متر مکعب و برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک به ۷۰۰ لیتر آب نیاز دارد [کریمی، ۱۳۷۰].

اهمیت آب در زراعت برنج به حدی است که تقسیم بندی اکوسیستم‌های زراعی برنج بر اساس وضعیت آبی آن اکوسیستم می‌باشد. این اکوسیستم‌ها به چهار دسته تقسیم می‌شوند: الف- اراضی فاریاب، که ۵۵ درصد از سطح زیر کشت و ۷۵ درصد از تولید جهانی را شامل می‌شوند؛ ب- اراضی با عمق آب زیاد، که به طور طبیعی بعد از شروع مرحله ساقه رفتن به صورت غرقاب (با عمق بیش از ۵۰ سانتی‌متر) هستند و هشت درصد از سطح زیر کشت جهانی را شامل می‌شوند؛ ج- اراضی پست دیم، در این مناطق مزرعه آبیاری نمی‌شود و فقط به بارندگی و یا آب‌های زهکش شده از مناطق مرتفع وابسته بوده و حدود ۲۵ درصد از سطح زیر کشت جهانی را شامل می‌شود و د- اراضی مرتفع دیم، که مزرعه کرت‌بندی و آبیاری نمی‌شود و آب حاصل از بارندگی توسط جوی‌هایی به مزرعه منتقل می‌شود. حدود ۱۲ درصد از سطح زیر کشت جهانی برنج، اراضی مرتفع دیم می‌باشد [پلمن و اسلیپر[۲]، ۱۹۹۵؛ فیشر و همکاران[۳]، ۲۰۰۳].

۱-۲- تنش کمبود آب و انواع آن در برنج

اگرچه آب فراوان‌ترین ماده موجود در زیست توده گیاهان است ولی در بین منابع مورد نیاز برای رشد گیاه، محدودترین منبع نیز محسوب می‌شود. هنگامی که گیاه به دلیل کمبود آب خاک و کمبود آب اتمسفری دسترسی محدودی به آب داشته و در نتیجه وضعیت آبی گیاه نامتعادل باشد، آن گیاه "کمبود آب" را تجربه می‌کند و احتمالاً متعاقب آن متحمل "تنش کمبود آب" می‌شود [هامان، ۲۰۰۴] که تحت عنوان "تنش خشکی" نیز بیان می‌شود. همچنین کمبود محتوای آب یک بافت یا یک سلول گیاهی نسبت به محتوای آب همان بافت یا سلول در بالاترین وضعیت آبداری خود، تحت اصطلاح "کمبود آب" شناخته می‌شود. تنش کمبود آب را نمی‌توان براساس توقف آبیاری یا فقط برحسب وضعیت آب در محیط پیرامون گیاه (اتمسفر و خاک) و یا تنها بر اساس وضعیت آب گیاه تعریف کرد [امام و زواره، ۱۳۸۴]. یوشیدا[۴] [۱۹۸۱] تنش کمبود آب یا تنش خشکی را عدم تعادل بین جذب آب توسط گیاه و هدررفت آب از طریق تعرق، تعریف می‌کند، در حالی که از دیدگاه یک به‌نژادگر، تنش کمبود آب، کاهش

۱-Human *et al.* ۲-Poehlman and Sleper ۳- Fischer *et al.* ٤- Yoshida

قابلیت دسترسی به آب برای گیاه به طوری که باعث کاهش معنی‌داری در عملکرد آن شود و یا دوره‌ای بدون بارندگی و یا بدون آبیاری که بر رشد گیاه اثرگذار باشد، محسوب می‌شود [برنیر و همکاران[۱]، ۲۰۰۷].

شدت و چگونگی تاثیر مخرب تنش کمبود آب بر گیاه علاوه بر نوع گیاه، به زمان و طول دوره وقوع تنش در طی فصل رشد بستگی دارد. بر اساس این که تنش کمبود آب در چه دوره‌ای از فصل رشد برنج رخ دهد، به سه نوع تقسیم می‌شود: الف- خشکی زودهنگام یا خشکی ابتدای فصل، که در طی رشد رویشی (بعد از استقرار در زمین تا قبل از حداکثر پنجه‌زنی) رخ می‌دهد و باعث کاهش تعداد پنجه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌شود؛ ب- خشکی متناوب میان فصل، که بین مرحله پنجه‌زنی و گلدهی رخ می‌دهد و با کاهش سطح برگ و فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود و ج- خشکی دیر هنگام یا خشکی انتهای فصل که از مرحله آغازش خوشه به بعد و به ویژه در مرحله گلدهی رخ می‌دهد و با کاهش تعداد سنبلچه‌های بارور، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود [فیشر و همکاران، ۲۰۰۳].

۱-۳- انتخاب ارقام برنج مقاوم به تنش کمبود آب

۱-۳-۱- انتخاب مستقیم (انتخاب بر اساس عملکرد)

اولین صفت جهت انتخاب ارقام متحمل به خشکی در برنامه‌های به‌نژادی در محیط‌های واجد خشکی، عملکرد دانه است و بر همین اساس یک تعریف ساده برای تحمل به خشکی این است که "یک واریته متحمل به خشکی واریته‌ای است که عملکرد دانه نسبتاً بالایی را نسبت به سایر واریته‌ها در شرایط تنش خشکی تولید می‌کند". این تعریف بیان می‌کند که باید واریته‌هایی اصلاح شوند که عملکرد بیشتری نسبت به واریته‌های موجود در شرایط تنش داشته باشند و هنگامی که خشکی تنها در بعضی از سال‌ها اتفاق می‌افتد، ارقام تولید شده باید عملکرد بالایی در شرایط عدم تنش نیز داشته باشند.

۱-۳-۲- انتخاب بر اساس صفات ثانویه

گاهی غربال ارقام متحمل برنج بر اساس صفات ثانویه نیز مفید است. صفات ثانویه صفاتی هستند که با عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی ارتباط داشته و می‌توانند اطلاعات اضافی جهت انتخاب ارقام متحمل در اختیار به‌نژادگران قرار دهند. صفات ثانویه‌ای که در برنامه‌های به‌نژادی مفید می‌باشند، باید دارای هبستگی ژنتیکی بالایی با عملکرد دانه بوده وراثت پذیری بالا و تنوع ژنتیکی بالایی در جمعیت مورد مطالعه داشته باشند و اندازه‌گیری سریع، آسان و اقتصادی آنها امکان‌پذیر باشد. اگرچه صفات زیادی در برنامه‌های به‌نژادی تحمل به خشکی در برنج مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما تنها تعداد کمی از آن‌ها می‌توانند به طور همزمان برای استفاده در یک برنامه به‌نژادی کاربردی توصیه و پیشنهاد شوند. برخی از این صفات که کاربرد آن‌ها قابل توصیه است عبارتند از: زمان گلدهی، درصد خوشه‌چه‌های بارور، دمای سایه انداز گیاهی، تنظیم اسمزی و محتوای نسبی آب برگ.

۱-Berneir *et al.*

۱-۴- سازوکارهای مقاومت به تنش کمبود آب در برنج

هرچند که برنج به دلیل سیستم ریشه‌ای کوچک، بسته شدن سریع روزنه‌ها و پیر شدن برگ‌ها، حتی در شرایط تنش ملایم آبی، گیاهی حساس در برابر کمبود آب محسوب می‌شود، ولی مانند سایر گیاهان زراعی به سه روش، توانایی مقاومت در برابر تنش کمبود آب را دارد [برنیر و همکاران، ۲۰۰۷]؛

الف- فرار از خشکی، نوعی زیست‌گردی محسوب می‌شود که تحت تأثیر خشکی رویدادهای نموی گیاه تسریع می‌شوند. تسریع در مراحل نموی (مانند تسریع در فرآیند گلدهی یا رسیدگی) به دو طریق بر کارایی گیاه در شرایط خشکی اثر دارد: ۱- کوتاه شدن طول دوره رشد، گیاه را قادر می‌سازد تا از تنش شدید انتهای فصل بگریزد؛ ۲- گیاهان زودرس معمولاً به دلیل داشتن دوره رشد کوتاه‌تر و سطح برگ کمتر، نسبت به ژنوتیپ‌های دیررس، مصرف آب کمتری دارند [امام و زواره، ۱۳۸۴]. این سازوکار در ارقام زودرس که گاهی رسیدگی آن‌ها در طی کمتر از ۹۰ روز رخ می‌دهد، دیده می‌شود. البته باید توجه شود که بعضی از این ارقام علاوه بر برخورداری از راه‌کار فرار، از سایر سازوکارهای مربوط به اجتناب و یا تحمل که در نهایت منجربه مقاومت به تنش کمبود آب میشود بهره‌مند می‌باشند.

ب- اجتناب از خشکی، که مجموعه‌ای از سازوکارها است که گیاه به منظور جلوگیری از اثرات مخرب تنش وارده، به کار می‌گیرد. سازوکارهای اجتناب گوناگون و وابسته به نوع تنش هستند. از جمله سازوکارهایی که گیاه برنج به منظور اجتناب از تنش کمبود آب استفاده می‌کند عبارت است از توانایی سیستم ریشه برای استخراج آب از لایه‌های عمیق خاک و تنظیم هدایت روزنه‌ای که باعث کاهش تبخیر و تعرق، بدون کاهش عملکرد می‌شود.

ج- تحمل به خشکی، در شرایطی که سازوکارهای فرار و اجتناب به منظور ایجاد مقاومت گیاه در برابر کمبود آب غیر کارآمد و یا ناکافی باشند، چاره‌ای جز تحمل شرایط تنش برای گیاه وجود نخواهد داشت تا شاید از این طریق مقاومت لازم به کمبود آب را کسب کند و حداقل آسیب و کاهش عملکرد را متحمل شود. برخی از سازوکارهای تحمل به تنش کمبود آب در برنج عبارتند از: تنظیم اسمزی، پایداری غشای سلولی، ضخیم بودن لایه مومی کوتیکول، انتقال مجدد مواد پرورده از پیش ذخیره شده و پایداری فرآیندهای گلدهی (عدم تأخیر در گلدهی).

۱-۵- تأثیر کمبود آب بر فرآیندهای فیزیولوژیک برنج

۱-۵-۱- تأثیر کمبود آب بر وضعیت آبی سلول

برای درک بهتر از چگونگی پاسخ گیاه به تنش کمبود آب، تعیین مقدار رطوبت خاک یا رطوبت گیاه به تنهایی کافی نیست، زیرا مفهوم روشنی از میزان آب قابل دسترس برای سلول را بیان نمی‌کند و بنابراین توجه به ارتباط بین مقدار آب بافت و پتانسیل آب بافت (ψ) و اجزای آن از جمله فشار آماس (ψ_p)، پتانسیل اسمزی (ψ_s) و پتانسیل ماتریک (ψ_m) مورد نیاز است [راجر، ۲۰۰۱].

۱-۵-۱-۱- تأثیر کمبود آب بر پتانسیل آبی گیاه

پتانسیل آب متناسب است با مقدار کار لازم برای انتقال یک واحد از آب خالص به بافت‌های یک گیاه در شرایط فشار و دمای ثابت. با شرط ثابت بودن دما و فشار، انتقال آب در یک گیاه از نقطه‌ای با پتانسیل آب بیشتر به نقطه‌ای با پتانسیل آب کمتر صورت می‌گیرد. پتانسیل آب خالص صفر است در حالی که پتانسیل آب سلول‌های گیاه منفی می‌باشد. به عبارت دیگر پتانسیل آب خالص بیشتر از پتانسیل آب سلول‌های گیاه است که این مورد باعث جابجایی آب از ریشه‌ها به سمت بخش‌های هوایی گیاه می‌شود [فیشر و همکاران، ۲۰۰۳].

پتانسیل آب و اجزای آن بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان از جمله فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، سنتز پروتئین‌ها، ساخت دیواره سلولی و رشد سلول به شدت تأثیر می‌گذارند، بنابراین پتانسیل آب یک شاخص مناسب به منظور ارزیابی کارکرد مطلوب یک گیاه محسوب می‌شود. کمبود آب باعث کاهش پتانسیل آب برگ شده و در پی آن آماس، هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و در نتیجه رشد و در نهایت عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابند [کومار و سینگ[۱]، ۱۹۹۸].

گزارش شده است که میزان فتوسنتز و سرعت فتوسنتز در گیاهان عالی با پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب برگ رابطه مستقیم دارد، به طوری که با کاهش پتانسیل آب برگ میزان فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد [لوئر و کرونیک، ۲۰۰۹].

آتیا[۲] [۲۰۰۳] گزارش کرد که پتانسیل آب یک شاخص قابل اعتماد به منظور تعیین پاسخ گیاه ذرت به تنش کمبود آب می‌باشد. البته این موضوع تا حد زیادی بستگی به نوع گیاه و شرایط محیطی دارد. هسایو و همکاران[۳] [۱۹۷۶] واکنش‌های تعداد زیادی از گیاهان را در برابر تنش کمبود آب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشتر واکنش‌ها از جمله رشد سلولی، سنتز دیواره سلولی و پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها به وسیله کاهش پتانسیل آبی (تا حدود کمتر از ۱/۵- مگاپاسکال) تحت تأثیر قرار گرفت. این نکته نیز باید مورد توجه قرار گیرد که یک نوع خود کنترلی در گیاه در اثر کمبود آب صورت می‌گیرد و آن بسته شدن روزنه‌ها در پی کاهش پتانسیل آب بافت در اثر تنش کمبود آب است [آتیا، ۲۰۰۳].

۱-Kumar and Singh ۲- Atteya *et al.* ۳- Hsiao *et al.*