بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

اثر تنش کمبود آب بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa L.*)

از:

سیده ارحامه فلاح شمسی لیالستانی

استاد راهنما:

دکتر مسعود اصفهانی

استادان مشاور:

مهندس محسن قدسی و دکتر حبیبا... سمیع‌زاده لاهیجی

شهریور ۱۳۹۱

دانشکده علوم کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

اثر تنش کمبود آب بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa L.*)

از:

سیده ارحامه فلاح شمسی لیالستانی

استاد راهنما:

دکتر مسعود اصفهانی

شهریور ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

و

استاد ارجمندم دکتر مسعود اصفهانی

سپاسگزاری

پیش از همه

و

بیش از همه

سپاسگزار خدای رحمان هستم که توان اجرای این پژوهش و امکان حضور در کنار بزرگوارانی را برایم فراهم نمود که همراهی‌شان برایم افتخاری بود.

از پدر و مادر عزیزم به خاطر مهربانی‌ها و دعای خیر بی منت و بی دریغ‌شان در تمامی مراحل زندگی‌ام سپاسگزارم.

از استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر مسعود اصفهانی به سبب آنچه که از ایشان آموختم و راهنمایی‌های ارزنده‌شان کمال سپاس را دارم.

همچنین از استادان مشاور بزرگوارم، جناب آقای مهندس محسن قدسی و جناب آقای دکتر حبیبا... سمیع‌زاده لاهیجی که در طی اجرای این پایان‌نامه از راهنمایی‌ها و همراهی‌شان بهره بردم سپاسگزاری می‌کنم.

بر خود لازم می‌دانم از استاد عزیزم سرکار خانم دکتر عاطفه صبوری و همچنین از جناب آقای دکتر ناصر دواتگر و جناب دکتر یزدانی از موسسه تحقیقات برنج کشور که مرا در اجرای این پژوهش یاری نمودند قدردانی و سپاس گزاری نمایم.

از تمام بزرگوارانی که به نحوی مرا در اجرای این تحقیق یاری نمودند سپاس‌گزاری نموده و برای ایشان از درگاه حضرت حق آرزوی سلامتی و سعادت دارم.

سیده ارحامه فلاح شمسی

۱۳۹۱

چکیده

اثر تنش کمبود آب بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.)

سیده ارحامه فلاح شمسی لیالستانی

به منظور ارزیابی اثر تنش کمبود آب بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات کیفی ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج آزمایشی در بهار و تابستان سال ۱۳۹۰ در مزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) روی ۱۵ ژنوتیپ (هاشمی، علی کاظمی، سنگ جو، درفک، ساحل، سپیدرود، خزر، فجر، دیلم، SA13، ۸۳۱، ۸۴۱، ندا، ۲۰۳ و ۴۱۶) اجرا شد. آزمایش به صورت مرکب در دو قطعه زمین مجزا بدون تنش (آبیاری کامل از ابتدا تا انتهای دوره رشد گیاه) و تحت تنش کمبود آب (آبیاری کامل تا انتهای مرحله پنجه‌دهی و قطع آبیاری از مرحله آغازش خوشه تا انتهای دوره رشد گیاه)، با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که در شرایط تنش بیشترین کاهش عملکرد دانه (۸۷/۶ و ۸۰/۳ درصد)، تعداد دانه پر (۶۱/۶ و ۵۳/۹ درصد) و درصد باروری خوشه‌چه (۵۳/۳ و ۶۱/۹ درصد) در ارقام هاشمی و خزر و کمترین کاهش این صفات در لاین ۸۳۱ (۹/۱، ۲/۷ و ۶/۵ درصد) صورت گرفت. افزایش ۴ تا ۶ برابری تعداد خوشه‌چه غیر بارور و ۴ تا ۷ برابری فراوانی خوشه‌چه غیر بارور در طول خوشه در ارقام بومی علی کاظمی، سنگ جو و هاشمی و کمترین افزایش این صفات (۱۹/۹ و ۲۲/۷ درصدی) در رقم سپیدرود ثبت شد و ارقام سنگ جو و علی کاظمی نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، کاهش بیشتری (۱۱/۹ و ۱۱/۶ درصد) در وزن هزار دانه در شرایط تنش داشتند. افزایش ۱۱/۰ تا ۱۱۲/۳ درصدی برنج خرد و کاهش ۲/۳ تا ۱۷/۶ درصدی برنج سالم (به ترتیب در لاین SA13 و رقم دیلم) طی تنش ثبت شد. تنش کمبود آب باعث کاهش ۲۳/۵ تا ۵۲/۸ درصدی هدایت روزنه‌ای، افزایش ۲/۴ تا ۷/۰ درصدی دمای سایه‌انداز و کاهش ۲۰/۵ تا ۶۱/۸ درصدی اختلاف دمای سایه‌انداز با دمای محیط شد. تنش کمبود آب باعث کاهش محتوای آمیلوز دانه، درجه حرارت ژلاتینی شدن و قوام ژل (به‌ویژه در ارقام اصلاح شده) گردید. به دلیل همبستگی مثبت، معنی‌دار و بالای شاخص‌های GMP، MP و STI با عملکرد دانه در هر دو محیط، به نظر می‌رسد که استفاده از این شاخص‌ها می‌تواند به گزینش ارقام متحمل در شرایط کمبود آب کمک کند. بر اساس این سه شاخص از ارقام بومی و اصلاح شده به ترتیب علی‌کاظمی و ندا متحمل به تنش بودند. رقم ندا بالاترین میزان شاخص تحمل به تنش را دارا بود و عملکرد دانه این رقم در هر دو محیط نیز بالا بود. تجزیه‌ای خوشه‌ای بر اساس این سه شاخص، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به سه گروه تفکیک کرد. ارقام بومی و رقم خزر در یک گروه، ندا، درفک، ساحل، ۸۳۱، ۴۱۶ و ۲۰۳ در گروه دیگر قرار گرفتند. به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های برنج با تنظیم هدایت روزنه‌ای و به دنبال آن دمای سایه‌انداز از طریق حفظ وضعیت آبی گیاه به تنش کمبود آب تحمل نشان می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: برنج، تجزیه خوشه‌ای، تنش کمبود آب، شاخص تحمل، صفات فیزیولوژیکی، عملکرد دانه

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

چکیده فارسی ..... ر

چکیده انگلیسی ..... ز

مقدمه ۱

فصل اول: مروری بر منابع ۴

۱-۱- اهمیت آب در زراعت برنج ۵

۱-۱-۱- تغییر اقلیم و زراعت برنج ۵

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

۱-۳- انتخاب ارقام برنج مقاوم به تنش کمبود آب ۶

۱-۳-۱- انتخاب مستقیم (انتخاب بر اساس عملکرد) ۶

۱-۳-۲- انتخاب غیرمستقیم (انتخاب بر اساس صفات ثانویه) ۷

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

۱-۵- تاثیر 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 آب برگ 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

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

عنوان ..... صفحه

۱-۵-۴- اثر کمبود آب بر دمای سایهانداز گیاه..... ۱۴

۱-۵-۵- اثر کمبود آب بر انتقال مجدد مواد پرورده..... ۱۵

۱-۶- اثر کمبود آب بر مورفولوژی برنج ۱۶

۱-۷- اثر کمبود آب بر فنولوژی برنج ۱۷

۱-۸- اثر کمبود آب بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و پخت دانه ۱۸

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

۱-۱۰- شاخص‌های تحمل ۱۹

فصل دوم: مواد و روشها ۲۱

۲-۱- محل اجرای آزمایش..... ۲۲

۲-۲- مواد گیاهی و اجرای آزمایش..... ۲۲

۲-۲-۱-ژنوتیپ‌های برنج ۲۲

۲-۲-۲- نوع آزمایش ۲۳

۲-۲-۳- عملیات کاشت ۲۴

۲-۲-۴- عملیات داشت ۲۴

۲-۲-۵-اعمال تنش کمبود آب ۲۴

۲-۳- شرایط آب و هوایی منطقه..... ۲۷

۲-۴- اندازهگیری صفات گیاهی..... ۲۹

۲-۴-۱- محتوای نسبی آب برگ..... ۲۹

۲-۴-۲- هدایت روزنهای ۲۹

عنوان ..... صفحه

۲-۴-۳- اندازهگیری میزان سبزینگی برگ ۲۹

۲-۴-۴- دمای سایهانداز ۳۰

۲-۴-۵- تعداد روز تا گلدهی ۳۰

۲-۴-۶- تعداد روز تا رسیدگی ۳۰

۲-۴-۷- طول خوشه ۳۰

۲-۴-۸- عملکرد دانه ۳۱

۲-۴-۹- اجزای عملکرد دانه ۳۱

۲-۴-۹-۱- تعداد پنجه در هر بوته ۳۱

۲-۴-۹-۲- درصد باروری پنجهها در هر بوته ۳۱

۲-۴-۹-۳- وزن هزار دانه، تعداد دانه پر و خوشهچه غیر باروردر هرخوشه ۳۱

۲-۴-۱۰- عملکرد زیستی ۳۲

۲-۴-۱۱- شاخص برداشت ۳۲

۲-۴-۱۲- راندمان تبدیل ۳۲

۲-۴-۱۳- کیفیت دانه ۳۳

۲-۴-۱۳-۱- میزان آمیلوز دانه ۳۳

۲-۴-۱۳-۲- درجه حرارت ژلاتینی شدن ۳۴

۲-۴-۱۳-۳-قوام یا پیوستگی ژل ۳۵

۲-۵- شاخصهای تحمل ۳۶

۲-۶- تجزیه و تحلیل دادهها ۳۷

فصل سوم: نتایج و بحث ۳۸

عنوان ..... صفحه

۳-۱- نتایج تجزیه واریانس ساده صفات ۳۹

۳-۲-نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش..... ۳۹

۳-۲-۱-دمای سایه‌انداز گیاهی و اختلاف دمای آن با دمای محیط ۳۹

۳-۲-۲-میزان سبزینگی (عدد کلروفیل متر) ۴۰

۳-۲-۳-هدایت روزنه‌ای ۴۱

۳-۲-۴-محتوای نسبی آب برگ ۴۶

۳-۲-۵- تعداد پنجه بارور در بوته (تعداد خوشه در بوته) ۴۷

۳-۲-۶- درصد باروری پنجه‌ها..... ۴۸

۳-۲-۷- طول خوشه..... ۴۹

۳-۲-۸- عملکرد و اجزای عملکرد ۵۰

۳-۲-۸-۱- عملکرد دانه ۵۰

۳-۲-۸-۲- تعداد دانه پر در خوشه..... ۵۲

۳-۲-۸-۳-تعداد خوشه‌چه غیر بارور در خوشه ۵۳

۳-۲-۸-۴-درصد باروری خوشه ۵۳

۳-۲-۸-۵-وزن هزار دانه ۵۵

۳-۲-۸-۶-شاخص برداشت خوشه ۵۵

۳-۲-۸-۷-تعداد (فراوانی) دانه پر در طول خوشه ۵۶

عنوان ..... صفحه

۳-۲-۸-۸- تعداد (فراوانی) خوشه‌چه نابارور در طول خوشه ۵۶

۳-۲-۹-عملکرد زیستی ۵۷

۳-۲-۱۰-شاخص برداشت ۵۸

۳-۲-۱۱- زمان گلدهی ۵۹

۳-۲-۱۲-زمان رسیدگی ۶۰

۳-۲-۱۳- راندمان تبدیل ۶۲

۳-۲-۱۴-میزان برنج سفید سالم ۶۳

۳-۲-۱۵-میزان برنج خرد ۶۴

۳-۲-۱۶-محتوای آمیلوز دانه ۶۶

۳-۲-۱۷- دمای ژلاتینی شدن آمیلوز دانه ۶۶

۳-۲-۱۸-قوام ژل ۶۷

۳-۲-۱۹- شاخص‌های تحمل ۶۹

نتیجه گیری نهایی ۷۶

پیشنهادها ۷۹

فهرست منابع ۸۰

پیوست‌ها ۸۶

فهرست جدولها

شماره و عنوان جدول ..... صفحه

۲-۱- ویژگی خاک مزرعه آزمایشی قبل از نشاکاری..... ۲۲

۲-۲- خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش..... ۲۳

۲-۳- رطوبت حجمی و پتانسیل آب خاک بعد از قطع آبیاری..... ۲۵

۲-۴- اطلاعات هواشناسی و میانگین عمق آب در چاهکهای پیزومتری ۲۷

۲-۵- خصوصیات پس از پخت برنج ۳۴

۲-۶- روش نمره‌دهی و ارتباط آن با میزان ژلاتینی شدن دانه برنج ۳۵

۳-۵- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های برنج در تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش کمبود آب..... ۴۲

۳-۶- مقایسه میانگین اثر محیط (تنش کمبود آب) بر صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های برنج..... ۴۳

۳-۷- مقایسه میانگین اثر زمان بر صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های برنج..... ۴۳

۳-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و محیط (تنش کمبود آب) بر صفات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های برنج..... ۴۳

۳-۹- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش و بدون تنش..... ۴۷

۳-۱۰- تجزیه واریانس مرکب تعداد خوشه در بوته، درصد باروری پنجه‌ها و طول خوشه ژنوتیپ‌های برنج..... ۵۰

۳-۱۱- مقایسه میانگین اثر تنش کمبود آب روی تعداد خوشه در بوته، درصد باروری پنجه‌ها و طول خوشه ژنوتیپ‌های برنج..... ۵۰

۳-۱۲- تجزیه واریانس مرکب تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه غیربارور و درصد باروری خوشه‌چه ژنوتیپ‌های برنج..... ۵۴

۳-۱۳- مقایسه میانگین اثر تنش کمبود آب روی تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه غیربارور و درصد باروری خوشه‌چه ۵۵

۳-۱۴- تجزیه واریانس مرکب شاخص برداشت خوشه، فراوانی دانه پر و خوشه‌چه غیر بارور در طول خوشه و وزن هزار دانه..... ۵۷

۳-۱۵- مقایسه میانگین اثر محیط روی شاخص برداشت خوشه، فراوانی دانه پر و خوشه‌چه غیر بارور در طول خوشه و وزن هزار دانه..... ۵۷

۳-۱۶- تجزیه واریانس مرکب عملکرد زیستی، شاخص برداشت، زمان گلدهی و زمان رسیدگی..... ۶۱

۳-۱۷- مقایسه میانگین اثر محیط (تنش کمبود آب) روی عملکرد زیستی، شاخص برداشت، زمان گلدهی و زمان رسیدگی..... ۶۱

۳-۱۸- تاخیر در گلدهی زنوتیپ‌های برنج ۶۲

۳-۱۹- تجزیه واریانس مرکب راندمان تبدیل، درصد برنج سالم و درصد برنج خرد.....۶۵

۳-۲۰- مقایسه میانگین اثر محیط (تنش کمبود آب) روی راندمان تبدیل، درصد برنج سالم و درصد برنج خرد.....۶۵

شماره و عنوان جدول ..... صفحه

۳-۲۱- تجزیه واریانس مرکب صفات کیفی زنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج.....۶۸

۳-۲۲- مقایسه میانگین اثر محیط (تنش کمبود آب) روی صفات کیفی زنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج.....۶۹

۳-۲۳- مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل و عملکرد ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش کمبود آب و آبیاری مطلوب.....۷۰

۳-۲۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش کمبود آب و بدون تنش..... ۷۱

۳-۲۵- آزمون تابع تشخیص با استفاده از لامبدای ویلکس برای شکل ۳-۱(تفکیک به دو گروه).....۷۳

۳-۲۶- آزمون تابع تشخیص با استفاده از لامبدای ویلکس برای شکل ۳-۱(تفکیک به سه گروه).....۷۳

۳-۲۷- آزمون تابع تشخیص با استفاده از لامبدای ویلکس برای شکل ۳-۲(تفکیک به دو گروه).....۷۵

۳-۲۸- آزمون تابع تشخیص با استفاده از لامبدای ویلکس برای شکل ۳-۲(تفکیک به سه گروه).....۷۵

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل ..... صفحه

۲-۱- ارتباط رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری ۲۶

۲-۲- منحنی مشخصه رطوبتی خاک‌های شالیزاری موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت)..... ۲۶

۲-۳- نشاکاری به فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر و به صورت تک نشا..... ۲۸

۲-۴- چاهک پیزومتری برای پایش عمق آب طی تنش ۲۸

۲-۵- زمین تحت تنش ۵ روز پس از قطع آب ۲۸

۳-۱- مقایسه دمای سایه‌انداز گیاهی ارقام بومی و ژنوتیپ‌های اصلاح شده در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب..... ۴۴

۳-۲-مقایسه اختلاف دمای سایه‌انداز گیاهی با دمای محیط ارقام بومی و ژنوتیپ‌های اصلاح شده در شرایط بدون تنش و تنش..۴۴

۳-۳- مقایسه میزان سبزینگی ارقام بومی و ژنوتیپ‌های اصلاح شده در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب..... ۴۵

۳-۴- مقایسه میزان هدایت روزنه‌ای ارقام بومی و ژنوتیپ‌های اصلاح شده در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب..... ۴۵

مقدمه

برنج از گیاهان مهم تیره غلات و دارای جنس و گونه‌های زیادی است که مهمترین جنس آن *Oryza* و گونه زراعتی آن *sativa* است. از بین بیش از ۲۰ گونه موجود آن تنها دو گونه *sativa* و *glaberrima* در سطح تجاری کشت می‌شوند که تمام ارقام برنجی که در قاره آسیا، آمریکا و اروپا کشت می‌شوند متعلق به گونه اول است و گونه دیگر تنها در بخش‌هایی از آفریقا به صورت محدود کشت می‌شود. مبدا اولیه برنج از قاره آسیا و از کشور هندوستان بوده است [امام، ۱۳۸۶].

سطح جهانی زیر کشت برنج در سال ۲۰۱۰ از سوی فائو، ۱۵۳ میلیون هکتار و سهم ایران حدود ۵۶۳ هزار هکتار برآورد شده است و استان گیلان با ۳۱/۹ درصد از اراضی شالیکاری کشور، در جایگاه دوم کشور بعد از استان مازندران (۳۸/۴ درصد) قرار دارد [دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۹]. سالیانه تقریبا ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز سه میلیارد نفر از جمعیت دنیا از طریق برنج تامین می‌شود. یانگ و ژانگ [Yang and Zhang., 2010] گزارش نمودند که برای تامین نیاز غذایی جمعیت جهانی تا سال ۲۰۲۵ نیاز به افزایش ۶۰ درصد در تولید برنج می باشد، این در حالی است که برآورد فائو نشان داد که در سال ۲۰۰۳ افزایش کل مصرف برنج از ۳۹۵/۴ میلیون تن در سال ۲۰۰۳ به ۵۳۳ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید [Bin Abdullah et al., 2004].

در بین گیاهان زراعی برنج بالاترین نیاز آبی (معادل نیمی از منابع آبی بخش کشاورزی در آسیا) را به خود اختصاص داده است. با این وجود منابع آب شیرین به علت تغییرات آب و هوایی، رشد جمعیت، افزایش شهرنشینی و توسعه صنعت، به‌طور فزاینده‌ای در حال کاهش است [Yang and Zhang., 2010] و خشکی به عنوان رایج‌ترین تنش غیرزیستی، مناطق عمده رویش برنج در آسیا را مورد تهدید قرار می‌دهد. کمبود آب ممکن است در ابتدای فصل رشد یا هر زمانی از گلدهی تا پرشدن دانه اتفاق بیفتد اما برنج بیشترین حساسیت به تنش خشکی را در مرحله زایشی دارد [Ji et al., 2012]. تخمین زده می‌شود که ۵۰ درصد تولید جهانی برنج تحت تاثیر خشکی قرار می‌گیرد [Mostajeran and Rahimi-Eichi., 2009].

تنش خشکی با تسریع فرآیند پیری گیاه، تسریع در انتقال مجدد مواد کربوهیدراتی از بافت‌های رویشی به دانه، علیرغم کاهش میزان فتوسنتز و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه طی تنش و کاهش ماده خشک کل، عملکرد دانه و شاخص برداشت را افزایش می‌دهد و در مرحله زایشی تخصیص ماده خشک را از برگ و ساقه به دانه افزایش داده و سهم[1] این تخصیص با شدت تنش خشکی افزایش می‌یابد [Yang et al., 2001(b); Tahmasebi Sarvestani et al., 2008; Kumar et al., 2006]. همچنین خشکی و کاهش محتوای آب، کاهش ارتفاع بوته، ماده خشک گیاهی، طول ریشه، تعداد پنجه‌ها، تعداد برگ‌ها، عرض برگ و

[1]. Contribution

عملکرد دانه را در پی دارد [Ndjiondjop et al., 2010; Sikuku et al., 2010]. گیاهان تحت تنش، تعرق و سرعت هدایت روزنه‌ای کمتری از گیاهان با شرایط رطوبتی مناسب دارند و کاهش سرعت گسترش برگ بر کاهش هدایت روزنه‌ای یا فتوسنتز مقدم است [Farooq et al., 2010]. در کنار این تغییرات، گزارشات کمی نیز از اثر تنش بر خصوصیات کیفی برنج ارائه شده است. بر اساس گزارش وانگ و همکاران [Wang et al., 2006] بیان ژن کد کننده آنزیم *GBSSI granule-band starch* (*synthase I*) که در بیوسنتز آمیلوز دانه برنج نقش دارد، در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش می‌یابد.

برای انتخاب والدین مناسب جهت ایجاد جمعیت‌های مقاوم به خشکی، در صورت وجود تفاوت چشمگیر در تاریخ گلدهی یا پتانسیل عملکرد بین ژنوتیپ‌های مورد آزمون، استفاده از شاخص پاسخ به خشکی (DRI[1]) که از تفاضل عملکرد واقعی از عملکرد برآورد شده در شرایط تنش، نسبت به اشتباه معیار عملکرد برآورد شده ژنوتیپ‌ها محاسبه می‌شود، مفیدترین ملاک و در صورت کم بودن تفاوت، انتخاب بر اساس عملکرد دانه مناسب می‌باشد [Ouk et al., 2006]. انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات ثانویه‌ای که به دقت انتخاب شوند در بهبود پاسخ به انتخاب مفید خواهد بود که صفاتی نظیر تاریخ گلدهی و رسیدگی، درصد خوشه‌چه‌های بارور، شاخص برداشت خوشه و دمای سایه‌انداز برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی پیشنهاد شده است. استفاده از صفات ثانویه می‌تواند به تنهایی یا در کنار عملکرد دانه و اجزای عملکرد باشد اما استفاده از آنها زمانی توصیه می‌شود که پیشرفت حاصل از انتخاب بر مبنای عملکرد دانه و صفت ثانویه بیشتر از انتخاب فقط بر مبنای عملکرد دانه باشد [ربیعی و صفائی چائی‌کار، ۱۳۸۸]. کومار و همکاران [Kumar et al., 2008] گزارش کردند که هیچ کدام از صفات ثانویه مطالعه شده در آزمایش آنها (شاخص برداشت، خروج خوشه، روز تا گلدهی، لوله شدن برگ و خشک شدن برگ) برای انتخاب در شرایط تنش به تنهایی موثرتر از عملکرد دانه نبودند.

از آنجایی که تغییر اقلیم و گرم شدن جهان بر زراعت گیاه برنج به عنوان گیاهی حساس به کمبود آب تاثیر چشمگیری از طریق کاهش تولید در پی دارد؛ مطالعه خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج و نیز اثر تنش بر کیفیت محصول تولید شده در شرایط تنش کمبود آب جهت دست‌یابی به درکی درست از پاسخ ژنوتیپ‌های برنج به اثرات کمبود آب، شناسایی مهم‌ترین صفات گیاهی موثر در ایجاد تحمل به تنش کمبود آب در برنج‌های غرقابی و شناسایی ارقام متحمل بومی و اصلاح شده برنج به کمبود آب برای استفاده مفیدتر و کارآمدتر از آب آبیاری، ضروری به نظر می‌رسد.

---

[1]. Drought Response Index

فصل اول

مروری بر منابع

۱-۱-اهمیت آب در زراعت برنج

آب یکی از مهم‌ترین مواد برای زنده ماندن گیاهان و حیوانات است. گیاهان برای فتوسنتز، جذب و انتقال مواد مغذی و نیز خنک شدن به آب نیاز دارند. در آسیا مصرف بیش از ۸۰ درصد منابع آب شیرین در بخش کشاورزی است که نیمی از آن در تولید برنج به کار گرفته می‌شود [Mostafazadeh-Fard et al., 2010]. آب آبیاری و آب باران از جهت حفظ رطوبت خاک و حفظ لایه ایستابی آب بالای سطح مزرعه برای رشد برنج ضروری است و در تولید آن نقش بارزی دارد و به مصارف گوناگونی از جمله آماده‌سازی زمین، تبخیر و تعرق، نشت و نفوذ اختصاص می‌یابد. کشت غرقابی برنج به افزایش آب نفوذی و آب‌های رو زمینی، کنترل سیلاب حاصل از باران‌های شدید و ممانعت از رشد علف هرز در مزرعه کمک می‌کند. فائو در سال ۲۰۰۴ میزان مصرف آب در تولید برنج را حدود ۹۰۰ تا ۲۲۵۰ میلی‌متر در روز گزارش کرده است. برنج در بین گیاهان زراعی به عنوان یک گیاه غرقاب حساسیت بیشتری نیز به تنش خشکی دارد.

۱-۱-۱-تغییر اقلیم و زراعت برنج

تغییر اقلیم تغییر معنی‌دار داده‌های اقلیمی یا میانگین آنها برای یک دوره گسترده (چند دهه یا بیشتر) است که در اثر نشر گازهای گلخانه‌ای حاصل از سوختن سوخت‌های فسیلی، قطع درختان جنگلی، شهری شدن و صنعتی شدن روی می‌دهد. گازهای متان، دی‌اکسیدکربن و اکسید نیتروژن (N_2O) در این پدیده نقش اصلی را ایفا می‌کنند [Malla, 2008].

افزایش (تقریبا دو برابر شدن) غلظت دی‌اکسیدکربن و دمای هوا مهمترین عوارض تغییر اقلیم هستند که اثر شدیدی بر رشد و نمو گیاهان به‌ویژه بر فعالیت فتوسنتزی آنها دارند. پاسخ گیاهان به این تغییرات به مسیر فتوسنتزی مورد استفاده آنها (سه کربنه یا چهار کربنه بودن) بستگی دارد [Lansigan and Salvacion, 2007]. افزایش دی اکسید کربن باعث افزایش عملکرد به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد بویژه در گیاهان سه‌کربنه می‌شود. تغییر اقلیم از طریق باران ناکافی و افزایش دما باعث ایجاد تنش خشکی می‌شود. همچنین بارش شدید باران در یک دوره کوتاه و به دنبال آن افزایش رواناب و سیل که به دلیل تغییر اقلیم روی می‌دهد، کاهش تغذیه آبی زمین را ایجاد کرده و از این راه اثرات منفی بر کشاورزی اعمال می‌کند [Malla, 2008].

افزایش دما ناشی از تغییر اقلیم با کاهش منابع آب باعث ناباروری خوشه‌چه، زودرسی و کاهش شاخص برداشت در برنج می‌شود. مطالعات انجام شده در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) ثابت کرد که در برنج حذف یا کاهش مخزن گیاهی برای مواد پرورده طی افزایش دما، به افزایش انتشار متان از شالیزار منجر می‌شود. زمین‌های غرقاب کشت برنج، به سبب دوره طولانی غرقاب که به پوسیدگی غیرهوازی مواد آلی منجر می‌شود، منبع اصلی متان اتمسفری هستند اما در اکثر مزارع برنج مهمترین منبع کربن برای

تولید متان، گیاه در حال رشد در مزرعه است و آزاد شدن کربن از گیاه برنج کاهش قابل توجه در مواد پرورده را به دنبال خواهد داشت که می‌تواند در بافت گیاهی و دانه نقش ایفا کند. در این میان گیاهان پرمحصول از مواد پرورده به‌طور موثرتری استفاده کرده و مواد آلی کمتری را برای تولید متان به کار می‌برند. همچنین نتایج مطالعات نشان داده که تغییر در مدیریت آب می‌تواند انتشار متان را کاهش و آب آبیاری را ذخیره کند اما افزایش نشر اکسید نیتروژن را به دنبال خواهد داشت که گاز گلخانه‌ای قوی‌تر نسبت به متان است [Wassmann and Dobermann, 2006; Mathauda et al., 2000].

نتایج مطالعه مالا [Malla, 2008] در نپال با استفاده از تکنیک غنی‌سازی دی اکسید کربن نشان داد که عملکرد برنج و گندم به صورت کشت گلدانی و در شرایط اتاقک رشد به ترتیب با دو برابر شدن دی اکسید کربن ۲۶/۶ و ۱۸/۴ درصد و با افزایش دما (۶/۰۲ و ۶/۹۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برای برنج و گندم) ۱۷/۱ و ۸/۶ درصد افزایش یافت. آغازش خوشه، گلدهی، ظهور خوشه، مرحله شیری و دوره رسیدگی گیاه به علت افزایش دما به ترتیب ۷، ۴، ۴، ۴ و ۶ روز کاهش یافت.

۱-۲- تنش کمبود آب و انواع آن در برنج

خشکی زودهنگام، خشکی اواسط فصل و خشکی دیرهنگام انواع عمده خشکی هستند که تولید برنج را تحت تاثیر قرار می‌دهند. خشکی زودهنگام و یا ابتدای فصل در مرحله رشد رویشی، پس از استقرار و قبل از حداکثر پنجه‌دهی اتفاق می‌افتد و اغلب سبب تاخیر در بذرپاشی یا نشاکاری شده و کاهش عملکرد ناشی از آن نیز حداقل است. خشکی میان فصل که بین مراحل پنجه‌زنی و گلدهی رخ می‌دهد و کاهش عملکرد در این مرحله از کاهش گسترش برگ و فتوسنتز ناشی شده بدون اینکه آثار خشکی مانند لول شدن برگ ظاهر شود و در نهایت خشکی دیرهنگام، در زمان آغازش خوشه و مخصوصا طی مرحله گلدهی روی می‌دهد و در این مرحله کاهش باروری خوشه‌چه عامل اصلی کاهش عملکرد است [Bernier et al., 2007].

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 تنش خشکی، عملکرد دانه در شرایط تنش است. براساس یک تعریف ساده، رقم متحمل به خشکی بر مبنای عملکرد، عملکرد دانه نسبتا بالایی را نسبت به سایر واریته‌ها در شرایط تنش خشکی تولید می‌کند. البته ارقام تولید شده به وسیله برنامه‌های به‌نژادی تحمل به خشکی، باید عملکرد بالایی در غیاب تنش نیز برای سال‌هایی