اصلاح برنج برای تحمل به تنش‌های سرما، گرما، خشکی و شوری: از ژن تا مزرعه

علیرضا حقیقی حسنعلیده[1*]

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: Haghighi.ag@gmail.com

چکیده

تنش‌های غیرزیستی ناشی از تغییرات اقلیمی و الگوی کاشت، تولید برنج در ایران را با چالش جدی مواجه کرده است. سرما و شوری در مراحل گیاهچه‌ای و زایشی، گرما و خشکی در مرحله گلدهی و پرشدن دانه، هر یک به شکلی متفاوت عملکرد و کیفیت محصول را کاهش می‌دهند. این مقاله به زبان ساده توضیح می‌دهد که اصلاح‌گران گیاهان چگونه با بهره‌گیری از تنوع ژنتیکی موجود در ارقام بومی و ژرم‌پلاسم‌های خارجی، شاخص‌های انتخاب مناسب و ابزارهای نوین، ارقامی تولید می‌کنند که در برابر این تنش‌ها پایدارتر باشند. در این راستا، دستاوردهای ایران در معرفی ارقام متحمل به خشکی مانند کیان و هستی، شناسایی ارقام بومی متحمل به شوری مانند حسنی، نعمت، غریب، شاه‌پسند و اهلمی طارم و همچنین تعیین ارقام متحمل به گرما مانند هویزه و حمر بررسی می‌شود. هدف این است که بهره‌برداران بدانند پشت هر رقم متحمل، سال‌ها پژوهش در زمینه‌ی اصلاح نهفته است و انتخاب آگاهانه رقم، یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با تنش‌های محیطی است.

واژگان کلیدی: اصلاح نباتات، تنش غیرزیستی

بیان مساله

برنج یکی از حساس‌ترین گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی است. در شمال کشور، سرمای اوایل فصل می‌تواند رشد گیاهچه را در خزانه متوقف کند، همچنین سرمای اواخر شهریور و اوایل پاییز در مرحله گلدهی، به‌ویژه در ارقام دیررس، کشت مجدد و کشت راتون، باروری خوشه‌چه‌ها را کاهش داده و موجب کاهش عملکرد می‌شود. در خوزستان و مناطق گرمسیری، گرمای شدید در زمان گلدهی و پرشدن دانه، کیفیت تبدیل و بازارپسندی محصول را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین کاهش بارش و افت سطح آب‌های زیرزمینی، خشکی را به یک محدودیت فزاینده تبدیل کرده است، به‌گونه‌ای‌که تنش خشکی در مرحله زایشی می‌تواند بخش بزرگی از عملکرد را از بین ببرد. از سوی دیگر شوری خاک و آب آبیاری نیز در بسیاری از شالیزارها رو به افزایش است، این در حالی است که برنج ازجمله گیاهان نسبتاً حساس به تنش شوری محسوب می‌شود.

اگرچه هر یک از این تنش‌ها مکانیزم آسیب متفاوتی دارند، اما پاسخ گیاه در بسیاری از موارد مشترک است، ازجمله فعال‌شدن ژن‌های القاکننده تحمل، تنظیم اسمزی و تغییر متابولیک. این اشتراک، فرصتی برای اصلاح‌گران فراهم می‌کند تا با انتخاب هوشمند والدین، ارقامی تولید کنند که هم‌زمان در برابر چند تنش مقاومت نسبی داشته باشند. این مقاله تلاش می‌کند مسیر تولید چنین ارقامی را از شناسایی ژن تا رسیدن بذر به دست کشاورز، به زبان ساده توضیح دهد.

معرفی راهکار

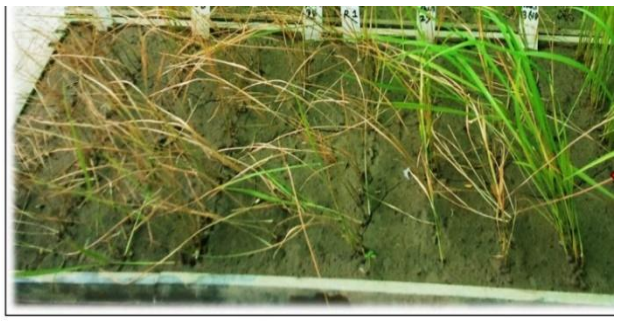
۱- تنش‌های دمایی (سرما و گرما): برنج گیاهی گرمسیری است و دمای پایین‌تر از ۱۵ درجه سلسیوس در مرحله گیاهچه‌ای، رنگ‌پریدگی برگ‌ها، کاهش رشد و در موارد شدید، مرگ گیاهچه را به‌دنبال دارد (شکل ۱). در مرحله گلدهی، دمای پایین‌تر

از ۲۰ درجه سلسیوس باعث اختلال در باروری گرده و کاهش دانه‌بندی می‌شود (سودایی مشایی و دیگران، ۱۳۹۸). در نقطه مقابل، گرمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس در زمان باز شدن گلچه‌ها، گرده‌ها را نابارور می‌کند و تعداد دانه‌های پر در خوشه را به‌شدت کاهش می‌دهد (شکل ۲). در مرحله پرشدن دانه نیز گرما باعث می‌شود دانه‌ها سبک‌تر، شکسته‌تر و گچی‌تر شوند و کیفیت تبدیل افت کند.

پایش دمای خزانه یکی از مؤثرترین و کم‌هزینه‌ترین راهکارهای مدیریت تنش دمایی است. بسیاری از کشاورزان تصور می‌کنند که دمای خزانه همیشه پایین‌تر از دمای محیط است، درحالی‌که اندازه‌گیری‌های میدانی نشان می‌دهد در روزهای آفتابی، دمای زیر پلاستیک می‌تواند به‌حدی برسد که گیاهچه‌ها را از بین ببرد یا ضعیف کند (طوسی، ۱۴۰۴).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از پوشش دولایه پلاستیک، حفظ آب در خزانه در شب‌های سرد و مصرف متعادل کود پتاسیم، می‌تواند خسارت سرما را به‌میزان قابل توجهی کاهش دهد. نکته مهم این است که در صورت بروز سرمازدگی، کشاورزان نباید بلافاصله از سموم یا کودهای مختلف استفاده کنند، زیرا این اقدامات نه‌تنها کمکی به گیاه نمی‌کند، بلکه ممکن است وضعیت را بدتر کند. اولین گام صحیح، تثبیت دمای خزانه و سپس استفاده از محرک‌های رشد مناسب است (سودایی مشایی و دیگران، ۱۳۹۸). همچنین باید توجه داشت که تحمل به سرما در مرحله گیاهچه‌ای و مرحله زایشی توسط ژن‌های متفاوتی کنترل می‌شود؛ بنابراین یک رقم ممکن است در خزانه سرما را تحمل کند اما در زمان گلدهی حساس باشد، یا برعکس.

در مورد تنش گرما، گیلانی و دیگران (۱۳۹۱) در خوزستان با بررسی پنج رقم برنج در سه تاریخ کاشت مختلف، ارقام را از نظر تحمل به گرما طبقه‌بندی کردند. در این پژوهش، ارقام هویزه و حمر به‌عنوان ارقام متحمل به گرما شناخته شدند، رقم دانیال (رقم پرمحصول) نیمه‌متحمل به گرما ارزیابی شد و ارقام عنبوری قرمز و چمپا حساس به گرما تشخیص داده شدند. یکی از هوشمندانه‌ترین روش‌ها در مقابله با تنش گرما، زودرسی است. اگر گیاه قبل از اوج گرمای تابستان مرحله گلدهی را پشت سر بگذارد، از خسارت گرما در امان می‌ماند. به‌همین‌دلیل، مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال‌های اخیر بر تولید ارقام زودرس و میان‌رس تمرکز کرده است. رقم توکا نمونه‌ای از این دستاوردها است که از اصلاح ارقام محلی به‌دست آمده و کیفیت پخت عالی دارد (ترنگ و حسینی چالشتری، ۱۴۰۴).



شکل ۱ – علایم سرمازدگی در خزانه برنج: گیاهچه‌های ضعیف و رنگ‌پریده در اثر سرمای اوایل فصل (اکتر و دیگران، ۲۰۲۲)



شکل ۲– خوشه‌های برنج آسیب‌دیده از تنش گرما: دانه‌های پوک و نابارور در اثر گرمای زمان گلدهی(کن‌وس، ۲۰۲۴)

۲- تنش‌های آبی و خاکی (خشکی و شوری): خشکی به سه شکل می‌تواند به برنج آسیب بزند: خشکی زودهنگام (ابتدای فصل و مرحله رویشی) که اغلب سبب تأخیر در بذرپاشی یا نشاکاری می‌شود، خشکی میان‌فصل (بین پنجه‌زنی و گلدهی) که باعث کاهش گسترش برگ و فتوسنتز می‌شود (شکل ۳) و خشکی دیرهنگام (زمان ظهور خوشه و مرحله گلدهی) که کاهش باروری خوشه‌چه و وزن هزاردانه را به‌دنبال دارد و بیش از دو مرحله دیگر عملکرد را کاهش می‌دهد.

مؤسسه تحقیقات برنج کشور با استفاده از فناوری هسته‌ای (پرتو گاما) و تلاقی‌های هدفمند، دو رقم متحمل به خشکی به نام‌های کیان و هستی معرفی کرده است (جدول ۱). این ارقام می‌توانند در مرحله زایشی، ۳۰ تا ۴۰ روز کم‌آبی را تحمل کنند. عملکرد آن‌ها در شرایط تنش خشکی حدود ۴ تن در هکتار و در شرایط آبیاری نرمال حدود ۶ تن در هکتار است. کیفیت پخت این ارقام نیز مشابه ارقام محلی گزارش شده است.

در اصلاح برای تحمل به خشکی، دو استراتژی متفاوت وجود دارد: انتخاب مستقیم (گزینش بر اساس عملکرد در شرایط تنش) و انتخاب غیرمستقیم (گزینش بر اساس عملکرد در شرایط بهینه). پژوهش‌ها نشان دادند ارقامی که در شرایط نرمال عملکرد بالایی دارند، در شرایط تنش نیز عملکرد قابل قبولی دارند. ترکیب پتانسیل عملکرد بالا با پایداری عملکرد در شرایط تنش، هدف اصلی برنامه‌های به‌نژادی برنج برای تنش‌هاست.

در مورد تنش شوری، برنج یکی از گونه‌های حساس است. شوری باعث کاهش ماده خشک ریشه و اندام هوایی، افزایش تجمع سدیم در برگ‌ها و کاهش غلظت کلروفیل می‌شود (شکل ۴). حساسیت برنج به شوری در مراحل اولیه رشد و مرحله زایشی بیشتر از سایر مراحل است. مطالعات نشان داده‌اند که ارقام متحمل به شوری، سرعت انتقال سدیم و کلر را به اندام‌های فعال مانند برگ‌های جوان و خوشه کاهش می‌دهند و در عوض، این یون‌ها را در اندام‌های پیرتر و ساقه نگه می‌دارند. در مقابل، ارقام حساس مانند IR۲۹ دچار تجمع بیش‌ازحد سدیم و کلر در بافت‌های حساس می‌شوند (سعیدپور، ۱۳۹۷).

براساس پژوهش‌های انجام‌شده بر روی ارقام بومی و اصلاح‌شده در ایران، ارقام حسنی، نعمت، غریب، شاه‌پسند و اهلمی طارم به‌عنوان ارقام متحمل به شوری معرفی شدند (جدول ۱) (صبوری و دیگران، ۱۳۸۷؛ مومنی و دیگران، ۱۳۸۸).



شکل ۳- علایم تنش خشکی در شالیزار: خشکیدگی برگ‌ها و ترک‌خوردگی خاک در مرحله حساس رشد (ایری)



شکل ۴- علایم تنش شوری در شالیزار: زردی و خشکیدگی برگ‌ها در اثر شوری (ایری)

جدول ۱- وضعیت تحمل برخی ارقام و ژنوتیپ‌های برنج به تنش‌های غیرزیستی

تنش	ارقام متحمل	ارقام حساس
سرما	ستایش (محتشمی، ۱۴۰۱)	لنجان عسکری، کامفیروز، کوهسار، دمسیاه ممسنی، ،موسی طارم و حسن سرایی (هدایت‌خواه و دیگران، ۱۳۹۵)
گرما	هویزه و حمر (بحرانی و ممبینی، ۱۴۰۲)	عنبوری و چمپا (بحرانی و ممبینی، ۱۴۰۲)
خشکی	کیان و هستی (عبادی و حلاجیان، ۱۴۰۰؛ ۱۴۰۳)	-
شوری	حسنی، نعمت، غریب، شاه‌پسند، اهلمی طارم (صبوری و دیگران، ۱۳۸۷؛ مومنی و دیگران، ۱۳۸۸)	-

جمع‌بندی و توصیه‌های ترویجی

انتخاب رقم، اولین و مهم‌ترین تصمیم فصل است. هیچ رقمی در برابر همه تنش‌ها مقاوم مطلق نیست، اما ارقامی وجود دارند که تحمل نسبی به تنش‌های خاص دارند. اگر سرمای بهاره و پاییزه مشکل منطقه شماست، از پوشش‌های پلاستیکی دولایه و آب‌گذاری شبانه در خزانه استفاده کنید و دمای خزانه را به‌طور منظم پایش کنید (طوسی، ۱۴۰۴). اگر گرمای زودرس یا اوج گرمای تابستانه مشکل است، ارقام متحمل به گرما مانند هویزه و حمر را انتخاب کنید و تاریخ کاشت را طوری تنظیم کنید که گلدهی با اوج گرما هم‌زمان نشود (گیلانی و دیگران، ۱۳۹۱). اگر کمبود آب و خشکی مشکل است، ارقام کیان و هستی که به‌طور ویژه برای تحمل به خشکی اصلاح شده‌اند، گزینه‌های مناسبی هستند. اگر شوری آب آبیاری مشکل است، ارقام محلی متحمل مانند حسنی، نعمت، غریب، شاه‌پسند و اهلمی طارم را در اولویت قرار دهید (صبوری و دیگران، ۱۳۸۷؛ مومنی و دیگران، ۱۳۸۸).

با این‌حال اصلاح نباتات به‌تنهایی کافی نیست. پایش دمای خزانه، تاریخ کاشت بهینه، آبیاری به‌موقع، مدیریت تغذیه متعادل و انتخاب رقم مناسب با اقلیم خرد منطقه، پنج ضلع یک راهبرد پایدار برای مقابله با تنش‌ها هستند. با ترکیب این دو عامل (یعنی استفاده از ارقام متحمل و مدیریت صحیح مزرعه) می‌توان تولید برنج را در شرایط سخت‌تر اقلیمی آینده نیز حفظ کرد.

فهرست منابع

بحرانی، ع. و ممبینی، م. ۱۴۰۲. ارزیابی شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و تغییرات GDD در ارقام برنج در واکنش به تنش گرما ناشی از تاریخ کاشت. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۶(۱): ۱۲۹-۱۴۲.

سعیدپور، س. ۱۳۹۷. اثر تنش شوری بر عملکرد، غلظت و توزیع برخی عناصر در اندام‌های مختلف دو رقم برنج. مجله تولید گیاهان زراعی ۹(۳۶)، ۲۷-۴۰.

سودایی مشایی، ص.، محمدیان، م.، نصیری، م.، اسدی، ر. و خسروی، و. ۱۳۹۸. مدیریت تنش سرما در خزانه برنج. مجله ترویجی شالیزار ۱(۱)، ۲۰-۲۷.

صبوری، ح.، رضایی، ع. و مومنی، ع. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به شوری در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ایرانی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۴۵): ۴۷-۶۳.

طوسی، پ. ۱۴۰۴. ضرورت پایش دما در خزانه برنج: راهکاری مؤثر در مدیریت تنش‌های دمایی. مجله ترویجی شالیزار ۷(۱)، ۱-۷.

عبادی، ع.ا.، حلاجیان، م.ط. ۱۴۰۳. هستی رقم برنج متحمل به تنش خشکی با منشاء رقم محلی. انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. ۱۵ صفحه

عبادی، ع.ا.، حلاجیان، م.ط. ۱۴۰۰. کیان رقم جدید برنج متحمل به تنش خشکی. انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. ۱۲ صفحه

گیلانی، ع.، سیادت، س.ع.، جلالی، س.، و لیموچی، ک. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش گرما بر کیفیت تبدیل دانه ارقام برنج در شمال خوزستان. مجله تولید گیاهان زراعی ۴(۱۴)، ۲۱-۵.

ترنگ، ع.، و حسینی چالشتری، م. ۱۴۰۴. رقم جدید برنج «توکا» حاصل اصلاح ارقام محلی برنج با کیفیت پخت عالی. مجله ترویجی شالیزار ۷(۱).

محتشمی، ر. ۱۴۰۱. معرفی رقم جدید برنج ستایش، جهت کشت در مناطق سرد و معتدل سرد. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۵(۲): ۸۴-۷۰.

مومنی، ع.، محمدیان، م. و نوری، م. ز. ۱۳۸۸. ارزیابی مزرعه‌ای ژنوتیپ‌های برنج جهت تحمل به تنش شوری در مازندران. تولید گیاهان زراعی. ۲(۲): ۱۲۹-۱۴۴.

هدایت‌خواه، ط. دهداری، م. امیری‌فهلیانی، ر. ۱۳۹۵. بررسی تحمل سرما در تعدادی از ارقام برنج با استفاده از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در مرحله گیاهچه‌ای. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۶(۲۰): ۱۲-۱.

Akter, N., Biswas, P. S., Syed, M. A., Ivy, N. A., Alsuhaibani, A. M., Gaber, A., & Hossain, A. ۲۰۲۲. Phenotypic and molecular characterization of rice genotypes' tolerance to cold stress at the seedling stage. Sustainability, ۱۴(۹), ۴۸۷۱.

International Rice Research Institute (IRRI). (n.d.). Salinity. Rice Knowledge Bank. Retrieved from http://www.knowledgebank.irri.org/decision-tools/rice-doctor/rice-doctor-fact-sheets/item/salinity.

Kenvos. (۲۰۲٤, April ۱۰). How to prevent high temperature heat damage in rice? Retrieved from https://www.kenvos.com/news-detail/nid-٥٢.html