نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۲۷–۲۹ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

تکامل بهنژادی گیاهی با ابزارهای نوین در تاب‌آوری و توسعه گیاهان زراعی

علیرضا پورمحمد*
*دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

چکیده

چالش‌های دوگانه تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت، تنش‌ها را بر روی محصولات کشاورزی تشدید کرده و منجر به کاهش رشد، عملکرد و امنیت غذایی شده است. فنون اصلاح سنتی با رویکردهای مولکولی مانند انتخاب به کمک نشانگر و نقشه‌یابی مکان‌های ژنی صفات کمی، تکامل یافته‌اند که اصلاح صفات را تسریع می‌کنند. بهنژادی با تراریختگی، امکان انتقال ژن‌های مفید را در بین گونه‌ها فراهم می‌کند، اما پیشرفت‌های اخیر، تمرکز را به سمت رویکردهای دقیق‌تر، مانند RNA مداخله‌گر و ابزارهای ویرایش ژنوم، تغییر داده است. این فناوری‌ها، تغییرات ژنتیکی دقیق و کنترل‌شده را برای بهبود صفات امکان‌پذیر می‌کنند. ادغام پلتفرم‌های پیشرفته، همراه با روش‌های قوی مبتنی بر هوش مصنوعی، انقلابی در تعیین ژنوم گیاهان زراعی ایجاد کرده است. تجزیه و تحلیل داده‌های بیولوژیکی در مقیاس بزرگ مبتنی بر هوش مصنوعی، منجر به آشکار شدن شبکه‌های ژنتیکی پیچیده و مسیرهای تنظیمی شده است که زیربنای پاسخ‌های تنش، رشد و عملکرد هستند. این گیاهان زراعی، شکاف‌های کاربرد آزمایشگاهی در مزرعه را با کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، کاهش شکاف‌های عملکرد، تاب‌آوری اقلیمی و غنی‌سازی تغذیه‌ای، پر می‌کنند. چنین محصولاتی در شرایط سخت محیطی رشد می‌کنند و مسیر را برای توسعه سیستم‌های زراعی مقاوم و پایدار در اکوسیستم‌های دائماً در حال افزایش جمعیت و گرمایش، هموار می‌کنند.

مقدمه

کشاورزی در یک دوراهی قرار دارد و با چالش‌های بی‌سابقه‌ای ناشی از رشد سریع جمعیت جهانی و الگوهای اقلیمی نامنظم روبرو است. عوامل تنش‌زای غیرزیستی از جمله دمای بالا، خشکی، شوری خاک و سیل، به شدت عملکرد، کیفیت و امنیت غذایی گیاهان زراعی را نابود می‌کنند. این اختلالات زیست‌محیطی، ثبات اکوسیستم و حیات روی زمین را به خطر می‌اندازند. پرداختن به این چالش‌های چندوجهی، رویکردی دگرگون‌کننده از فنآوری‌های پیشرفته را با ادغام شیوه‌های سنتی با نوآوری‌های پیشرفته در اصلاح گیاهان زراعی ضروری می‌کند و کاربرد آنها در دنیای واقعی را می‌توان با اعتبارسنجی میدانی قابل توجه اثبات کرد (Lesk et al., 2022).

در حالی که اصلاح سنتی از نظر تاریخی زیربنای پیشرفت کشاورزی بوده است، اکنون با دوران بی‌ثباتی اقلیمی و امنیت غذایی جهانی روبرو هستیم. پیامدهای اقلیمی و محدودیت‌ها، محققان را بر توسعه ابزار ژنتیکی پیشرفته با هدف افزایش تاب‌آوری، عملکرد، ارزش غذایی و کشاورزی پایدار ترغیب می‌کند (پورمحمد، ۱۴۰۴). اصلاح کلاسیک به همراه اصلاح مدرن شامل انتخاب به کمک نشانگر (MAS) و نقشه‌یابی مکان‌های ژنی صفات کمی (QTL)، امکان شناسایی دقیق و تکثیر صفات مطلوب را فراهم می‌کند (Pourmohammad, 2013). در برخی موارد، QTLهای شناسایی شده در تحقیقات مزرعه‌ای واقعی در برابر فشارهای اقلیمی متنوع، برای صفات مرتبط با عملکرد مانند جو، شکست خورده‌اند (Genievskaya et al., 2025). این نشان دهنده اهمیت بررسی متقابل برای پیشرفت‌های آزمایشگاهی و تکمیل با آزمایش‌های مزرعه‌ای است. ظهور اصلاح با جهش‌زایی، امکانات جدیدی را برای ایجاد تنوع ژنتیکی برای بهبود تحمل به تنش در گیاهان زراعی فراهم کرد (Mohammadi et al., 2023).

مواد و روش‌ها

در این مقاله، به تکامل بهنژادی گیاهی با تأکید بر رویکردهای اصلاحی برای بهره‌وری و تاب‌آوری محیطی، انتخاب به کمک نشانگر و مکان‌های ژنی صفات کمی، اصلاح با جهش برای صفات بهتر و مهندسی تراریخته برای صفات کیفی می‌پردازیم.

نتایج و بحث

انتخاب به کمک نشانگر (MAS) از نشانگرهای مولکولی پیوسته با صفات خاص، مانند مقاومت به بیماری یا تحمل تنش، برای افزایش کارایی اصلاح استفاده می‌کند. MAS ژنتیک کلاسیک را با زیست‌شناسی مولکولی ادغام می‌کند و برای انتخاب صفات خاص، متکی به نشانگرهای فنوتیپی، بیوشیمیایی یا DNA است. مکان‌های ژنی صفات کمی (QTL) مناطق ژنومی مرتبط با صفات فنوتیپی هستند. فناوری‌های فنوتیپی با توان عملیاتی بالا، اطلاعات ژنتیکی را به صفات خاص مرتبط می‌کنند و به شناسایی QTLهای حاکم بر تحمل به تنش، عملکرد یا مقاومت به بیماری کمک می‌کنند (Xu et al., 2022).

بیوتکنولوژی در حال متحول کردن کشاورزی است و راه‌حل‌های متحول‌کننده‌ای برای چالش‌های جهانی مانند امنیت غذایی و تاب‌آوری اقلیمی ارائه می‌دهد. پیشرفت‌ها در ویرایش ژن، امکان اصلاح دقیق صفات را فراهم می‌کنند، در حالی که رویکردهای چنداُمیکس و هوش مصنوعی (AI) در حال گشودن شبکه‌های تنظیمی کلیدی و صفات مقاوم در برابر تنش هستند. این نوآوری‌ها، نویدبخش ارائه محصولات غنی از مواد مغذی، مقاوم و با عملکرد بالا هستند که قادر به رشد در شرایط بد محیطی هستند. علاوه بر این، عدم حضور گونه‌های متنوع زراعی و کاوش محدود در برهم‌کنش بیوتکنولوژیکی با محیط‌های پیچیده، تأثیر جهانی را محدود می‌کند. آینده در ادغام تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با داده‌های چند اُمیکس برای شناسایی مولکول‌ها و مسیرهای محوری ضروری برای تاب‌آوری محصولات، نهفته است. این هم‌افزایی، توسعه گیاهان زراعی متناسب با نیازهای منطقه‌ای را تسریع می‌کند و در عین حال امنیت غذایی جهانی را تقویت می‌کند.

منابع

پورمحمد، ع. ۱۴۰۴ب. تنوع زیستی کشاورزی و اهمیت آن در امنیت غذایی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی و هفتمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست به همراه پنجمین همایش ملی جنگل ایران، ۱ و ۲ آذر ماه، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

Genievskaya, Y., Abugalieva, S., and Turuspekov, Y. (2025). Identification of QTLs associated with grain yield-related traits of spring barley. BMC Plant Biol. 25, 554. doi: 10.1186/s12870-025-06588-6

Lesk, C., Anderson, W., Rigden, A., Coast, O., Jägermeyr, J., Mcdermid, S., et al. (2022). Compound heat and moisture extreme impacts on global crop yields under climate change. Nat. Rev. Earth Environ. 3, 872–889. doi: 10.1038/s43017-022-00368-8

Mohammadi, R., Pourmohammad, A, Hassanpouraghdam, M. B, and Diler, S (2023). Genetic diversity, heritability, correlation coefficient, and path analysis of forage yield components in Iranian *Phalaris aquatica* L. genotypes. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 47 (3): 335-344. https://doi.org/10.55730/1300-011X.3090

Pourmohammad, A., 2013. Application of molecular markers in medicinal plant studies. Acta Universitatis Sapientiae Agriculture and Environment, 5: 80-90.

Xu, Y., Zhang, X., Li, H., Zheng, H., Zhang, J., Olsen, M.S., et al. (2022). Smart breeding driven by big data, artificial intelligence, and integrated genomic-enviromic prediction. Mol. Plant 15, 1664–1695. doi: 10.1016/j.molp.2022.09.001