



سازوکارهای فیزیولوژیک در ایجاد محدودیت برای پر شدن دانه گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

یحیی امام*، افشین زمانی

بخش تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(yaemam@shirazu.ac.ir; afshin.zamani@shirazu.ac.ir)

اگرچه خشکی می‌تواند در تمام مراحل رشد رخ دهد، شواهد نشان می‌دهد مرحله پر شدن دانه از حساس‌ترین مراحل فنولوژیک است که وقوع خشکی در آن کاهش قابل‌توجهی در عملکرد دانه را بدنبال دارد (Haghshenas et al., 2021). در این میان، تنش خشکی پس از گلدهی عمدتاً با محدود کردن فتوسنتز جاری، تسریع مسن شدن برگ و کوتاه کردن مدت پر شدن دانه، وزن نهایی دانه را کاهش می‌دهد و بسته به شدت و تداوم تنش، افت عملکرد از مقادیر محدود تا کاهش‌های بسیار شدید گزارش شده است (Zamani et al., 2024).

با وجود پژوهش‌های گسترده درباره تنش خشکی، یکپارچه‌سازی سازوکارهای فیزیولوژیک گندم تحت تنش خشکی انتهای فصل به‌ویژه در بازه پس از گلدهی تا پر شدن دانه هنوز نیازمند مرور متمرکز است و به همین دلیل در این مقاله پاسخ‌های فیزیولوژیک گندم به خشکی انتهای فصل رشد و پیامدهای آن بر فرایندهای کلیدی تعیین‌کننده عملکرد مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری کلی

تنش خشکی در دوره گلدهی تا رسیدن دانه گندم با تسریع مسن شدن برگ پرچم، کاهش فتوسنتز جاری، تشدید آسیب اکسیداتیو و اختلال در انتقال و بازتخصیص مواد پرورده، جریان کربن به دانه را محدود کرده و موجب کاهش وزن نهایی دانه می‌شود. در این شرایط، گذار از محدودیت‌های روزنه‌ای به غیرروزنه‌ای فتوسنتز و تنظیمات هورمونی به ویژه افزایش اسید آبسزسک و کاهش سایتوکینین‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در تضعیف مبدأ و کاهش فعالیت مقصد فیزیولوژیک دارند. هرچند بازتخصیص ذخایر پیش از گلدهی می‌تواند تا حدی افت فتوسنتز جاری را جبران کند، لیکن، پایداری عملکرد به توانایی گیاه در حفظ دوام فتوسنتزی برگ پرچم، مهار آسیب اکسیداتیو و تداوم جریان مواد پرورده به دانه وابسته است که در همگی این موارد نیاز به پژوهش‌های بیشتر با استفاده از فناوری‌های نوین توصیه می‌شود.

منابع

- امام، ی. ۱۳۹۲. بهزراعی غلات. مرکز نشر دانشگاهی.
- Haghshenas, A., Emam, Y., Sepaskhah, A.R., and Edalat, M. (2021). Can extended phenology in wheat cultivar mixtures mitigate post-anthesis water stress?. *European Journal of Agronomy*, 122: 126188.
 - Izadi, M.H., Ashraf, M., and Emam, Y. (2025). Regulation of physiological attributes in wheat crops under terminal drought stress: a review. *International Journal of Plant Production*, 1: 1-17.
 - Jahani Doghozlou, M., Emam, Y., and Zamani, A. (2025). The impacts of earlier flowering on grain yield of winter wheat cultivars under semi-arid conditions. *Iran Agricultural Research*, 89: 89-102.
 - Sedaghat, M., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Emam, Y., and Mokhtassi-Bidgoli, A. (2017). Physiological and antioxidant responses of winter wheat cultivars to strigolactone and salicylic acid in drought. *Plant Physiology and Biochemistry*, 119: 59-69.
 - Zamani, A., Emam, Y., and Edalat, M. (2024). Response of bread wheat cultivars to terminal water stress and cytokinin application from a grain phenotyping perspective. *Agronomy*, 14(1): 182.

چکیده

تنش خشکی در دوره گلدهی تا پر شدن دانه یکی از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک است. این تنش با اثرگذاری همزمان بر مبدأ فتوسنتزی و مقصد فیزیولوژیک، موجب کاهش جریان مواد پرورده به دانه و افت وزن نهایی آن می‌شود. خشکی انتهای فصل از راه تسریع مسن شدن برگ پرچم، کاهش فتوسنتز جاری، اختلال در تبادل گازی و تشدید آسیب اکسیداتیو، کارایی پر شدن دانه را محدود می‌کند. در مراحل اولیه تنش، کاهش فتوسنتز نتیجه محدودیت‌های روزنه‌ای است، لیکن، با تداوم خشکی، محدودیت‌های غیرروزنه‌ای شامل افت بازسازی RuBP و اختلال در زنجیره انتقال الکترون نقش غالب‌تری می‌یابند. این تغییرات، همراه با تنظیمات هورمونی به ویژه افزایش اسید آبسزیک و کاهش سایتوکینین‌ها، مسن شدن برگ را تسریع کرده و مدت پر شدن دانه کوتاه می‌شود. هرچند بازتخصیص ذخایر پیش از گلدهی می‌تواند تا حدودی کاهش فتوسنتز جاری را جبران کند، لیکن، پر شدن دانه نیازمند تامین مواد پرورده از راه تداوم فتوسنتز برگ پرچم و اندام‌های سبز سنبله است.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از ارکان امنیت غذایی جهان است و برآوردها نشان می‌دهد برای پاسخگویی به رشد جمعیت، تولید آن تا سال ۲۰۵۰ باید به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یابد؛ افزایشی که با توجه به محدودیت‌های اراضی، عمدتاً باید از مسیر بهبود تولید در واحد سطح، و نه گسترش سطح زیرکشت، حاصل شود (امام، ۱۳۹۲). با این حال، کاهش منابع آب و اتکای برخی سامانه‌های زراعی به آبیاری غیرپایدار، تحقق این هدف را با چالش جدی مواجه کرده و تنش خشکی را به یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گندم تبدیل کرده است (Izadi et al., 2025). در بسیاری از مناطق عمده کشت گندم، به‌ویژه در اقلیم‌های مدیترانه‌ای، غلبه تبخیر-تعرق بالقوه بر بارندگی در اواخر فصل رشد موجب بروز تنش خشکی در دوره‌های حساس زایشی و به‌ویژه پر شدن دانه می‌شود؛ پدیده‌ای که نقش تعیین‌کننده‌ای در افت عملکرد دارد (Jahani Doghozlou et al., 2025). افزون بر این، پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که تغییرات اقلیمی با افزایش نوسانات بارندگی و فراوانی خشکسالی‌ها، احتمالاً شدت و تکرار این تنش را در آینده تشدید خواهد کرد (Zamani et al., 2024).