

Zaburzenia mikrosporogenezy wywołane stresem abiotycznym istotnie ograniczają produktywność zbóż

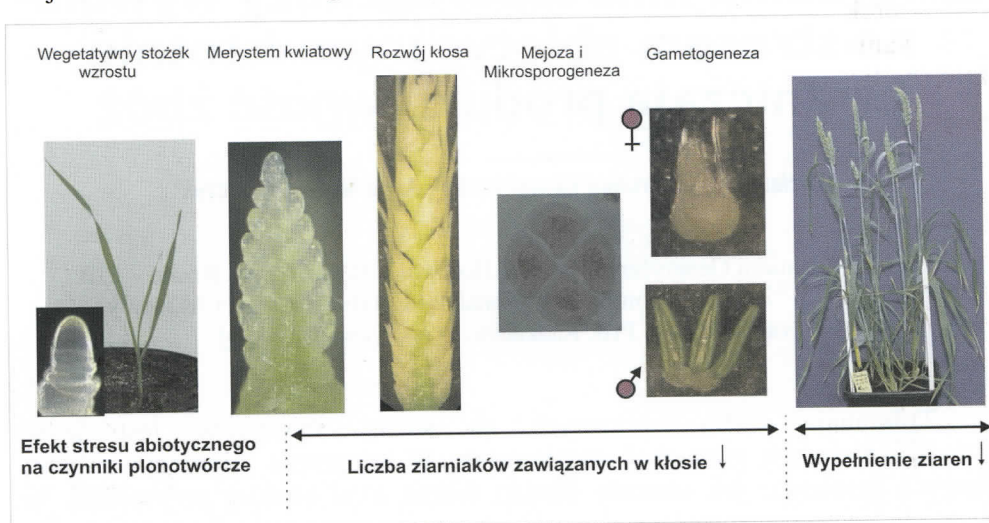
Wacław Orczyk¹, Yuliya Yanushevska¹, Anna Nadolska-Orczyk²

¹ Zakład Inżynierii Genetycznej, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Radzików; ² Zakład Genomiki Funkcjonalnej, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Radzików; w.orczyk@ihar.edu.pl

Tolerancja roślin uprawnych na stresy abiotyczne jest jedną z najważniejszych grup cech użytkowych. W tej grupie tolerancja na stres suszy i zasolenia, już obecnie bardzo ważna a w bliskiej przyszłości, ze względu na prognozowane zmiany klimatyczne, może być cechą decydującą o produktywności. Stres abiotyczny zależnie od natężenia i od czasu może bezpośrednio oddziaływać na wzrost lub może zaburzać określone procesy decydujące o produktywności. Już w latach 1980' stwierdzono, że krótkotrwały silny stres abiotyczny w krytycznej fazie kłoszenia powoduje zaburzenia mikrosporogenezy (Saini i inni, 1984). Konsekwencją jest obniżona żywotność pyłku i istotne obniżenie liczby nasion (Lalonde S., 1997). Efekt obniżonego plonu jest szczególnie silny w przypadku roślin samopylnych (klejstogamicznych) takich jak pszenica, jęczmień i sorgo. W wielu pracach wykazano, że określone czynniki klimatyczne (np. krótkotrwała susza we wczesnej fazie rozwoju kłosa) mogą istotnie ograniczyć plonowanie (Saini, 1997, Barnabas i inni, 2008, Kaur i Behl, 2010) a do wywołania tych zmian wystarcza bardzo krótki, względnie łagodny stres, który w żadnym stopnie nie zagraża życiu czy nawet wegetacji rośliny.

Zainteresowanie tym problemem biologicznym zaowocowało znaczną liczbą prac. Zauważono, że stres abiotyczny działający w czasie rozwoju generatywnego powoduje obniżenie liczby zawiązywanych ziarniaków w kłosie. Natomiast stres obecny w późniejszych fazach rozwoju rośliny wpływa głównie na wypełnienia ziarna (Rys. 1). Badania roślin poddanych stresowi wykazały, że wrażliwe na stres są procesy rozwoju od wczesnej fazy merystemu kwiatowego do wczesnych etapów gametogenezy. Szczegółowe obserwacje wykazały, że procesem najbardziej wrażliwym na stres suszy lub suboptymalnych temperatur jest mikrosporogeneza. Krótkotrwałe czynniki abiotyczne działające w tych fazach rozwoju kłosa skutkują obniżoną żywotnością pyłku. Zaburzenia rozwojowe często dotyczą również procesów dojrzewania pylnika i skutkują nieuwalnianiem pyłku z worków pylnikowych.

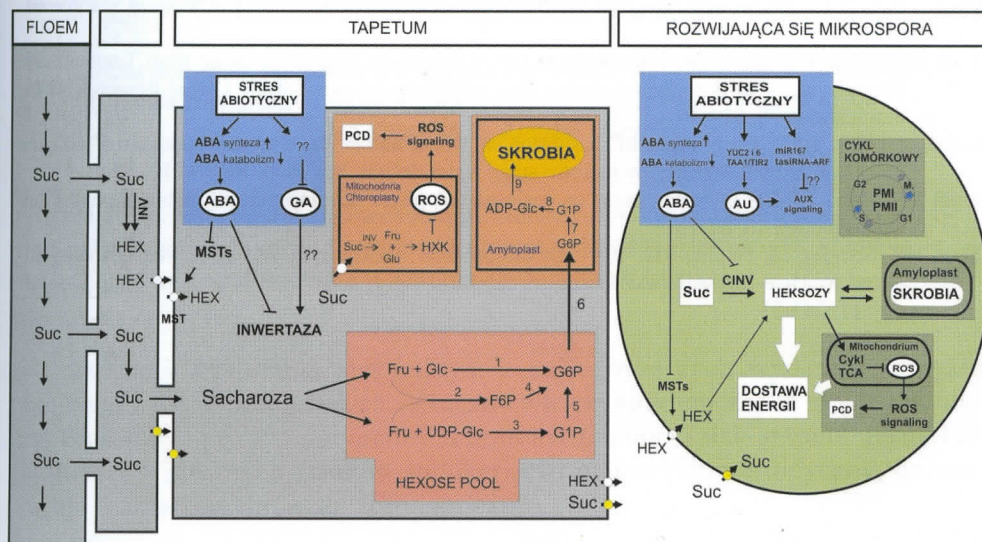
Efektu obydwu zmian jest u roślin samopylnych znacznie obniżona liczba zawiązywanych ziarniaków w kłosie (Fischer, 2011). Nie trzeba podkreślać, że jest to cecha istotnie ograniczająca produktywność zbóż.



Rys. 1. Wybrane etapy rozwoju wegetatywnego i generatywnego rośliny zbożowej. Krótkotrwały stres abiotyczny w czasie od wczesnych faz rozwoju merystemu kwiatowego do etapu mikrosporigenezy i gametogenezy skutkuje obniżoną liczbą ziarniaków zawiązywanych w kłosie. Stres w późniejszym okresie rozwoju - tatywnego powoduje gorsze wypełnienie ziaren.

Zidentyfikowano i zmapowano niektóre czynniki genetyczne (QTL) warunkujące te cechy jednak, ze względu na trudne fenotypowanie, nie wykonuje się selekcji w tym kierunku. Wielu autorów jest zdania, że z tego powodu w materiałach hodowlanych nastąpiło znaczne zawężenie zmienności genetycznej warunkującej te cechy (Dolferus i inni, 2011). Należy zwrócić uwagę, że selekcja roślin tolerujących stres (w tym suszę) najczęściej jest selekcją mechanizmów unikania stresu w fazie wegetatywnej a wyselekcjonowane w ten sposób rośliny nie są przygotowane na krótkotrwały stresor we wrażliwej fazie rozwoju generatywnego. Wyniki szczegółowych analiz fizjologiczno-biochemicznych i genetycznych pozwoliły wskazać potencjalne procesy i geny ważne w tych fazach rozwoju a także ich zaburzenia wywołane czynnikami środowiskowymi. Najważniejsze grupy to: symplastyczny lub apoplastyczny transport sacharozy i heksoz, hydroliza sacharozy do monocukrów oraz synteza i magazynowanie skrobi stanowiącej praktycznie jedyny zapas energii dla rozwijającej się mikrospory i dojrzewającego ziarna pyłku a także dla dalszych procesów po zapyleniu tj. wzrostu łagiewki pyłkowej, przemieszczania się komórki plemnikowej i zapłodnienia (Rys. 2). Stres abiotyczny działający na roślinę w krytycznych fazach rozwoju generatywnego wywołuje zmiany regulacji hormonalnej ABA i auksyn. Efektem są zaburzenia mejozy w tym szczególnie drugiego podziału mejotycznego (PMI). Obserwo-

wane są zaburzenia procesów oksydacyjno-redukcyjnych i akumulacja reaktywnych form tlenu ROS. Zmianie ulega program rozwojowy komórek tapetum. W części z nich wywołuje wakuolizację (element programowanej śmierci komórek PCD), przedwczesną degenerację tapetum i w konsekwencji zablokowanie odżywiania mikrospor (Rys. 2). Ostatecznym skutkiem jest znaczna liczba nieżywotnych ziaren pyłku.



Rys. 2. Schemat procesów transportu i przemiany węglowodanów w komórkach tapetum i rozwijających się mikrosporach. Zaznaczono procesy mające istotne znaczenie dla mikrosporogenezy i i jednocześnie te, których zmiany wywołane stresem środowiskowych skutkują obniżoną żywotnością pyłku (zmodyfikowane za (De Storme & Geelen, 2014)).

W czasie wykładu zostaną przedstawione założenia projektu, w którym zaplanowano identyfikację i analizę genów pszenicy ważnych w wyżej opisanych procesach i jednocześnie takich, które mogą warunkować tolerancję na stres suszy w czasie wczesnych etapów rozwoju generatywnego. Wyniki te będą wykorzystane w dalszych etapach projektu do identyfikacji i selekcji genotypów / odmian / linii hodowlanych pszenicy charakteryzujących się podwyższoną tolerancją na stres abiotyczny w określonych fazach rozwoju generatywnego.

PODZIĘKOWANIA

Finansowane przez MRiRW, Program badań na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej, Zadanie 8.

LITERATURA

- Barnabas B, Jager K, Feher A, 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell and Environment* 31, 11-38
- De Storme N, Geelen D, 2014. The impact of environmental stress on male reproductive development in plants: biological processes and molecular mechanisms. *Plant Cell Environ* 37, 1-18
- Dolferus R, Ji XM, Richards RA, 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereals. *Plant Science* 181, 331-41
- Fischer RA, 2011. Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop & Pasture Science* 62, 95-114
- Kaur V, Behl RK, 2010. Grain Yield in Wheat as Affected by Short Periods of High Temperature, Drought and their Interaction during Pre- and Post-anthesis Stages. *Cereal Research Communications* 38, 514-20
- Lalonde S. SS, 1997. Early signs of disruption of wheat anther development associated with the induction of male sterility by meiotic-stage water deficit. *Sex Plant Reprod* 10, 40-8
- Saini HS, 1997. Effects of water stress on male gametophyte development in plants. *Sexual Plant Reproduction* 10, 67-73
- Saini HS, Sedgley M, Aspinall D, 1984. Developmental Anatomy in Wheat of Male-Sterility Induced by Heat-Stress, Water Deficit or Absciscic-Acid. *Australian Journal of Plant Physiology* 11, 243-53