

Interactions of polyamines and phytohormones in plant response to abiotic stress

Oddziaływania poliamin i fitohormonów w odpowiedzi roślin na stres abiotyczny

Natalia Napieraj, Małgorzata Janicka, Małgorzata Reda

Department of Plant Molecular Physiology, Faculty of Biological Sciences, University of Wrocław,
Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław, Poland

natalia.napieraj2@uwr.edu.pl; malgorzata.janicka@uwr.edu.pl; malgorzata.reda@uwr.edu.pl

Numerous environmental conditions negatively affect plant production. Abiotic stresses, such as salinity, drought, temperature and heavy metal, cause damages at physiological, biochemical and molecular level and, in consequence, limit plant growth, development and survival. Small amine compounds, polyamines (PAs), play an important role in plant tolerance to various abiotic stresses. Pharmacological and molecular studies, as well as research using genetic and transgenic approaches, have revealed favourable influence of PAs on growth parameters, ion homeostasis, water maintenance, photosynthesis, reactive oxygen species (ROS) accumulation and antioxidant system in many plant species under abiotic stresses. PAs display a multitask action regulating expression of various stress response genes and activity of ion channels, function as ROS scavengers, improve stability of membranes, DNA and other biomolecules, as well as interact with signalling molecules and plant hormones. Although, it has been known that PAs can interact with plant hormones, especially in recent years the number of reports indicating the cross-talk between PAs and phytohormones in plant response to abiotic stresses has increased. Interestingly, some plant hormones, previously known as regulators of plant growth and development, can also participate in plant response to abiotic stresses. Therefore, we summarize the most significant achievements represent interaction between PAs and some plant hormones, such as abscisic acid, brassinosteroids, ethylene, jasmonates, cytokinins and gibberellins in plants under abiotic stresses and consider future perspectives for research focusing on cross-talk between PAs and plant hormones.

Liczne warunki środowiskowe negatywnie wpływają na produkcję rolną. Stresy abiotyczne, tj. zasolenie, susza, stres temperaturowy i stres wywołany obecnością metali ciężkich w glebie, mogą powodować uszkodzenia roślin na poziomie fizjologicznym, biochemicznym i molekularnym, co w konsekwencji ogranicza ich wzrost, rozwój i przetrwanie. Niewielkie związki aminowe, poliaminy (PAs), mogą odgrywać ważną rolę w tolerancji roślin na różne stresy abiotyczne. Farmakologiczne i molekularne badania, jak również eksperymenty wykonane przy użyciu narzędzi genetycznych i transgenicznych wykazały korzystny wpływ PAs na parametry wzrostowe, homeostazę jonową, gospodarkę wodną, proces fotosyntezy, akumulację wolnych rodników tlenowych (ROS) oraz system antyoksydacyjny u licznych gatunków roślin. PAs działają wielotorowo - regulują ekspresję genów uczestniczących w odpowiedzi na stres, aktywność kanałów jonowych, funkcjonują jako zmiatacze ROS, zwiększają stabilizację błon, DNA i innych biomolekuł, a także wchodzą w interakcje z cząsteczkami sygnałowymi i hormonami roślinnymi. Mimo iż od dawna wiadomo, że PAs mogą wchodzić w interakcje z hormonami roślinnymi, to na przestrzeni ostatnich lat liczba doniesień na temat zależności między PAs i hormonami roślinnymi w odpowiedzi roślin na stres abiotyczny znacząco wzrosła. Co ciekawe, okazało się, że hormony roślinne, które do tej pory łączono przede wszystkim z procesami wzrostu i rozwoju roślin, mogą także uczestniczyć w odpowiedzi roślin na stres abiotyczny. Z tego względu podsumowujemy najbardziej znaczące doniesienia w zakresie interakcji PAs z hormonami roślinnymi (tj. kwas abscysynowy, brasinosteroidy, etylen, jasmoniany, cytokiny i gibereliny) u roślin narażonych na stresy abiotyczne i rozważamy możliwe przyszłe kierunki badań skupiających się na interakcjach między PAs i hormonami roślinnymi.

Key words:

polyamines, plant hormones, abiotic stresses,
poliaminy, hormony roślinne, stresy abiotyczne

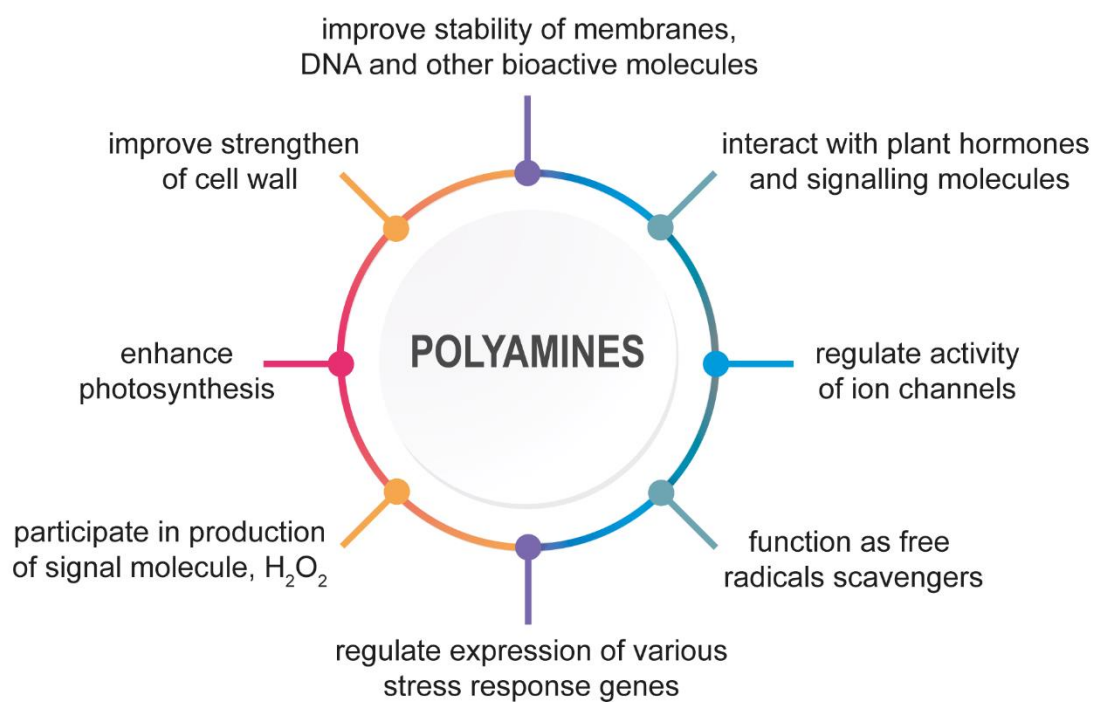


Figure 1. The multitask action of polyamines in plant response and tolerance to abiotic stresses.

Rysunek 1. Wieloaspektowy sposób działania poliamin w odpowiedzi i tolerancji roślin na stresy abiotyczne.

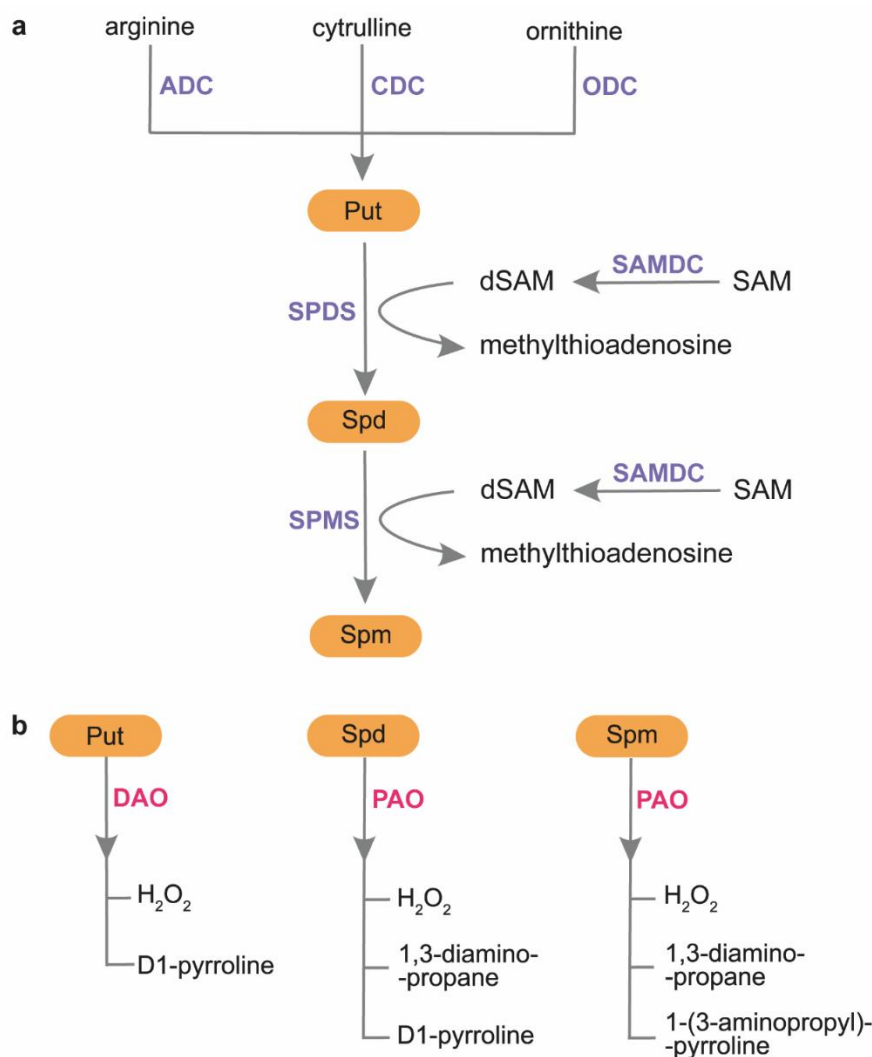


Figure 2. Biosynthesis and catabolism of PAs in plants. **a** PAs biosynthesis. Production of Put can be catalyzed by ADC from arginine, by ODC from ornithine, or by CDC from citrulline. In the next step, SPDS is responsible for biosynthesis of Spd from Put, and SPMS participates in the production of Spm from Spd. During this process, dSAM is used as an aminopropyl donor to produce Spd and Spm. An enzyme, SAMDC takes part in the conversion of SAM to the form of dSAM. **b** PAs catabolism. DAO catalyzes Put oxidation during which D1-pyrroline and H₂O₂ are generated. PAO plays a role in Spd and Spm oxidation, producing H₂O₂, 1,3-diaminopropane and 1-pyrroline or 1-(3-aminopropyl)-pyrroline. ADC, arginine decarboxylase; CDC, citrulline decarboxylase; DAO, diamine oxidase; dSAM, decarboxylated S-adenosylmethionine; ODC, ornithine decarboxylase; PAO, polyamine oxidase; Put, putrescine; SAM, S-adenosylmethionine; SAMDC, S-adenosylmethionine decarboxylase; Spd, spermidine; SPDS, spermidine synthase; Spm, spermine; SPMS, spermine synthase.

Rysunek 2. Biosynteza i katabolizm PAs u roślin. **a** Biosynteza PAs. Produkcja Put może być katalizowana z argininy przy udziale enzymu ADC, z ornityny – przy udziale enzymu ODC, lub z cytruliny – przy udziale enzymu CDC. W następnym etapie enzym SPDS jest odpowiedzialny za biosyntezę Spd z Put, z kolei enzym SPMS uczestniczy w produkcji Spm z Spd. Podczas tego procesu dSAM jest wykorzystywana jako donor grup aminopropylowych niezbędnych do biosyntezy Spd i Spm. Enzym SAMDC bierze udział w konwersji SAM do formy dSAM. **b** Katabolizm PAs. Enzym DAO katalizuje oksydację Put, podczas której produkowana jest D1-pirolina oraz H₂O₂. Enzym PAO odgrywa rolę w oksydacji Spd i Spm; podczas tego procesu produkowany jest H₂O₂, 1,3-diaminopropan, oraz 1-pirolina lub 1-(3-aminopropyl)-pirolina. ADC, dekarboksylaza argininy; CDC, dekarboksylaza cytruliny; DAO, oksydaza diaminowa; dSAM, dekarboksylowana S-adenozylometionina; ODC, dekarboksylaza ornityny; PAO, oksydaza poliaminowa; Put, putrescyna; SAM, S-adenozylometionina; SAMDC, dekarboksylaza S-adenozylometioniny; Spd, spermidyna; SPDS, syntaza spermidyny; Spm, spermina; SPMS, syntaza sperminy.

