

INSTYTUT AGROFIZYKI
IM. BOHDANA DOBRZAŃSKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Joanna Siecińska

**WPLYW SUSZY W GLEBIE O NISKIM PH NA
WZROST I FUNKCJONOWANIE PSZENICY
O ZRÓŻNICOWANEJ ODPORNOŚCI NA GLIN**

IMPACT OF DROUGHT IN SOIL OF LOW PH ON
GROWTH AND FUNCTIONING OF WHEAT DIFFERING IN ALUMINIUM
TOLERANCE

Rozprawa doktorska

Doctoral thesis

Rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem
Promotora: dr. hab. Artura Nosalewicza, prof. IA PAN

© Joanna Siecińska
Lublin 2018

Streszczenie

Rośliny w środowisku naturalnym narażone są na jednoczesne działanie wielu czynników stresowych. W Polsce udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych stanowi około 60% wszystkich gruntów ornyc, na świecie udział ten stanowi około 40%. Z kolei aktualne przewidywania zmian klimatu zakładają, że ograniczenia dostępności wody dla roślin będą częstsze. Negatywne skutki toksyczności glinu w glebach o niskim pH mogą być kompensowane poprzez wapnowanie. Alternatywą wapnowania może być stosowanie odmian tolerancyjnych. Jednym z efektywniejszych mechanizmów tolerancyjności roślin na toksyczne jony glinu jest wydzielanie z komórek korzeni kwasów organicznych wiążących glin. Dotychczasowy stan wiedzy na temat mechanizmu działania glinu w roślinach jest ograniczony, a jeszcze mniej poznana jest reakcja roślin na jednoczesne działanie suszy i toksyczności glinu. Znaczna część wyników uzyskana została w badaniach hydroponicznych, w których susza indukowana glikolem polietylenowym może łagodzić toksyczność glinu. W literaturze brakuje doniesień dotyczących odpowiedzi roślin na omawiane czynniki stresowe w glebie – naturalnym ośrodku wzrostu roślin. Specyficzna reakcja roślin wynikająca z unikalnych mechanizmów odporności sprawia, że odpowiedź roślin na jednoczesne działanie czynników stresowych jest trudna do przewidzenia. Zastosowanie prawie izogenicznych linii pszenicy, jako materiału badawczego wydaje się w tym kontekście uzasadnione.

Celem niemiejszej pracy było określenie wpływu jednoczesnego stresu suszy glebowej i toksyczności glinu, na wzrost i funkcjonowanie prawie izogenicznych linii pszenicy – tolerancyjnej i wrażliwej na glin.

Doświadczenie przeprowadzono w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych z użyciem systemu do monitoringu i utrzymywania wilgotności gleby, co pozwoliło na kontrolę intensywności, czasu wprowadzenia i trwania suszy. Materiał roślinny stanowiły prawie izogeniczne linie pszenicy o zróżnicowanej odporności na toksyczne jony glinu – ET8 – linia tolerancyjna oraz ES8 – linia wrażliwa. Materiałem glebowym użytym w doświadczeniu była gleba bielcowa o pH 4,2 i 6,5. Doświadczenie przeprowadzono w 4 wariantach dla każdej z linii pszenicy: obiekt z optymalną dostępnością wody w glebie o pH 6,5; obiekt z optymalną dostępnością wody w glebie o pH 4,2; obiekt z suszą w glebie o pH 4,2 oraz obiekt z suszą w glebie o pH 6,5. Przeprowadzone pomiary wymiany gazowej, fluorescencji chlorofilu, stężenia glinu w częściach nadziemnych i korzeniach, zawartości chlorofilu w liściach, zużycia wody przez rośliny, względnej zawartości wody w liściach, a także pomiary biometryczne pozwoliły

na ocenę wpływu suszy glebowej w glebie o niskim pH na wzrost i funkcjonowanie linii pszenicy o zróżnicowanej odporności na glin.

Wzrost stężenia glinu w roztworze glebowym oraz obniżenie intensywności transpiracji wywołane suszą w glebie o pH 4,2 skutkowało zwiększeniem stężenia glinu w korzeniach i częściach nadziemnych obu linii pszenicy, ponadto stwierdzono około 7 razy szybszy wzrost stężenia glinu w korzeniach linii wrażliwej niż tolerancyjnej ze spadkiem poboru wody. Stwierdzono ponadto, że mechanizm odporności na glin pszenicy linii tolerancyjnej pozwala na utrzymanie około dwukrotnie niższego stężenia glinu w korzeniach w szerokim zakresie dostępności wody glebowej, w porównaniu do linii wrażliwej. Dodatkowo w warunkach jednoczesnego działania czynników stresowych, przy bardzo zbliżonej biomasy korzeni obu linii pszenicy wznoszących w glebie o pH 4,2, stwierdzono około 60% dłuższe korzenie linii tolerancyjnej. Reakcja ta była związana ze zwiększeniem średnicy korzeni linii wrażliwej. W warunkach umiarkowanej suszy w glebie o pH 4,2, proces fotosyntezy został ograniczony tylko w linii wrażliwej na skutek działania czynników szparkowych. Natomiast w warunkach intensywnego stresu suszy w glebie o niskim pH, stwierdzono obniżenie tempa fotosyntezy na skutek czynników szparkowych w linii tolerancyjnej, oraz na skutek działania czynników szparkowych i nieszparkowych w linii wrażliwej na glin.

Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowany wpływ suszy w glebie o niskim pH na reakcję roślin o odmiennej odporności na glin. Stwierdzono, że susza w glebie o wysokim stężeniu glinu znacznie szybciej ogranicza wzrost i funkcjonowanie roślin wrażliwych niż tolerancyjnych. Ponadto stwierdzono, że w warunkach jednoczesnego działania czynników stresowych rośliny tolerancyjne na glin są również bardziej odporne na suszę niż rośliny wrażliwe.

Słowa kluczowe: stres suszy, toksyczność glinu, zakwaszenie gleb, kwaśne gleby, pszenica, stresy abiotyczne

Abstract

Plants in the natural environment are usually exposed to the simultaneous action of many abiotic stresses. In Poland, about 60% of arable lands are acidic and 40% worldwide. Moreover, current predictions of climate change assume that limitations on water availability for plants will be more frequent. Negative effects of aluminum toxicity on soil of low pH can be compensated by liming. An alternative to liming may be the use of tolerant cultivars. One of the most effective mechanisms of tolerance of plants to toxic aluminum ions is the secretion of organic acids from root. The current state of knowledge on the mechanism of aluminum action in plants is limited, and even less known is the response of plants to the simultaneous effects of drought stress and aluminum toxicity. Most of these results have been obtained in hydroponic studies in which polyethylene glycol-induced drought can alleviate aluminum toxicity. There are limited reports on plant response to these stressors in soil – natural growth medium. Specific plant response resulting from unique mechanism of plant resistance make the plant's response to the simultaneous effects of stress factors unpredictable. The use of near isogenic wheat lines as a research material seems justified in this context.

The purpose of the work was to determine the effect of simultaneous soil drought and aluminum toxicity on the growth and functioning of near isogenic wheat lines – characterized by contrasting resistance to aluminium toxicity.

The experiment was carried out in controlled laboratory conditions using a system for monitoring and maintaining soil moisture, which allowed to control the intensity, time of introduction and duration of drought. Plant material were near isogenic wheat lines with different resistance to toxic aluminum ions - ET8 - tolerant and ES8 - sensitive wheat line. The soil material used in the experiment was the podzolic soil of the pH 4.2 and 6.5. The experiment was carried out in 4 variants for each of the wheat lines: an object with optimal water availability in soil of the pH 6.5, an object with optimal water availability in the soil of the pH 4.2, an object with a drought in the soil of the pH 4.2 and an object with drought in soil of the pH 6.5. Measurements of gas exchange, chlorophyll fluorescence, aluminum concentration in aboveground and underground parts, chlorophyll content in leaves, water consumption by plants, relative water content in leaves, as well as biometric measurements allowed to assess the effect of soil drought in soil of low pH on the growth and functioning of wheat with a different tolerance to aluminum.

The increase of aluminum concentration in soil solution and reduction of transpiration intensity caused by drought in soil of the pH 4.2 resulted in increased aluminum concentration

in roots and aboveground parts of both wheat lines. However, about 7 times faster increase in root aluminum concentration in the sensitive line than tolerant with decrease in water uptake was observed. It was also found that the mechanism of resistance to aluminum of aluminum-tolerant wheat line allows to maintain about twice lower concentration of aluminum in the roots in a wide range of soil water availability, compared to the sensitive line. In addition, under the conditions of simultaneous action of stressors, with very similar biomass of roots of both lines of wheat growing in soil of the pH 4.2, about 60% longer roots of the tolerant line were found. This reaction was associated with an increase in the diameter of the roots of the sensitive line. Under conditions of moderate drought in soil of the pH 4.2, the photosynthesis process was limited only in a sensitive line as a result stomatal factors. However, under intense drought stress in soil of low pH, there was a reduction in the rate of photosynthesis due to stomatal factors in the tolerant line, and due to the action of stomatal and non-stomatal factors in the sensitive wheat line.

The studies carried out showed different effects of drought in soil of low pH on the reaction of plants with different resistance to aluminum. It was found that drought in the soil with a high concentration of aluminum much faster limits the growth and functioning of sensitive plants than tolerant plants. In addition, in conditions of simultaneous action of both abiotic stresses, aluminum-tolerant plants are also more resistant to drought than sensitive plants.

keywords: drought stress, aluminium toxicity, soil acidification, acid soil, wheat, abiotic stresses