

## Abstract

The danger of environmental pollution with heavy metals has increased due to the rapid development of industry around the world. During their life, plants are constantly exposed to abiotic and biotic factors. They disrupt the functioning of plants, negatively affecting physiological and biochemical processes, which manifests itself in limited growth and yield. Among the abiotic factors influencing the growth and development of plants, heavy metals play an important role. Lead is a highly toxic and permanently polluting metal. Its compounds negatively affect the course of a number of metabolic processes in plants.

Research on the use of biologically active substances in agriculture may bring positive results in terms of plants' tolerance to environmental stresses and increasing their resistance to the harmful effects of heavy metals. Vitamins in fairly low concentrations have a profound effect on plants. Exogenous administration of vitamins to plants regulates the adverse effects of abiotic stresses on plant growth, as well as physiological and biochemical processes. Nicotinamide (vitamin PP) is a water-soluble vitamin from the B group. Nicotinamide is a constituent of the pyridine dinucleotide coenzymes NADH and NADPH, which are involved in many enzymatic oxidation-reduction reactions in living cells (Abdelhamidet al. 2013, Azoozet al. 2013).

The scientific aim of the doctoral thesis was to reduce the toxicity of stress caused by  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  through the exogenous application of biologically active substances.

The goals were achieved through 4 stages of research: 3 laboratory experiments and one pot experiment.

In stage I, the effects of 1 mM lead nitrate on the development of morphological and physiological parameters in the leaves of 10-day-old seedlings in various crop plant species were determined. Based on the test results from stage 1, spring barley (Eunova) was selected for subsequent stages of research.

In Stage II, the effects of alleviating stress caused by 1 mM lead nitrate were assessed through the use of biologically active substances based on morphological, biochemical and physiological parameters in the leaves of 10-day-old spring barley variety Eunova, and the selection of the biologically active substance that eliminates the toxic effect of lead to the greatest extent.

Stage III consisted in selecting the Pb dose of 0.5 - 2 mM  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  and the dose of the biologically active substance (25, 50, 100  $\mu\text{M}$  PP), which shows the clearest reaction of spring barley based on morphological, biochemical and physiological parameters. It has been shown that exposure of barley seedlings to lead causes numerous metabolic disorders. Antioxidant properties and a role for nicotinamide in lead stress have been found, as this compound can inhibit the harmful

effects of lead. It was observed that nicotinamide gives the best effect at concentrations of 50 or 100  $\mu\text{M}$ .

Stage IV consisted in assessing the exogenous use of 100  $\mu\text{M}$  nicotinic acid amide (vitamin PP) introduced in the form of: spraying, soaking seeds and watering under stress caused by 1 mM Pb in various stages of plant development. The obtained results showed that exogenous vitamin PP had a significant and beneficial effect on the tested morphological, biochemical and physiological parameters, reducing the toxicity of lead salts. The best effect in reducing lead stress is achieved by foliar spraying and watering with vitamin PP. The research provides the prospect of using vitamin PP to improve plant resistance to lead stress.

**Keywords:** barley; lead stress; biologically active substances; nicotinamide; morphological and biochemical parameters.

02.09.2024.

Srodka - Kujawskie

## Streszczenie

Rośliny podczas swojego życia cały czas narażone są na działanie czynników abiotycznych jak i biotycznych. Zakłócają one funkcjonowanie roślin, negatywnie wpływając na procesy fizjologiczne i biochemiczne, co przejawia się w ograniczonym wzroście i plonowaniu. Spośród czynników abiotycznych wpływających na wzrost i rozwój roślin duże znaczenie odgrywają metale ciężkie. Niebezpieczeństwo zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi wzrosło wskutek szybkiego rozwoju przemysłu na całym świecie. Ołów jest silnie toksycznym i trwale zanieczyszczającym środowisko metalem ciężkim. Jego związki wpływają negatywnie na przebieg szeregu procesów metabolicznych w roślinach.

Badania nad wykorzystaniem substancji biologicznie czynnych w rolnictwie mogą przynieść pozytywne wyniki w zakresie tolerancji roślin na stresy środowiskowe i zwiększenia ich odporności na szkodliwe działanie metali ciężkich. GSH chroni rośliny przed uszkodzeniami oksydacyjnymi powodowanymi przez czynniki stresowe. Jest obecny we wszystkich komórkach roślinnych (Foyer i Noctor 2005). Kwas salicylowy (SA) należy do grupy związków fenolowych. Jest fitohormonem pełniącym w roślinach funkcję sygnalizacyjną (Miura i Tada, 2014). Witaminy w dość niskich stężeniach wywierają głęboki wpływ na rośliny. Egzogenne podawanie witamin do roślin reguluje niekorzystny wpływ stresów abiotycznych na wzrost roślin, a także procesy fizjologiczne i biochemiczne. Nikotynamid (witamina PP) to rozpuszczalna w wodzie witamina z grupy B. Nikotynamid jest składnikiem koenzymów dinukleotydu pirydynowego NADH i NADPH, które biorą udział w wielu enzymatycznych reakcjach utleniania-redukcji w żywych komórkach (Abdelhamid i in. 2013, Azooz i in. 2013).

Celem naukowym pracy doktorskiej było ograniczenie toksyczności stresu spowodowanego  $Pb(NO_3)_2$  poprzez egzogenne zastosowanie substancji biologicznie czynnych.

Cele zrealizowano poprzez 4 etapy badań: 3 doświadczenia laboratoryjne, w tym 1 *in vitro* i 1 dwuletnie wazonowe.

W etapie I określono skutki działania 1 mM  $Pb(NO_3)_2$  na kształtowanie się parametrów morfologicznych i fizjologicznych w liściach 10-dniowych siewek w różnych gatunkach roślin uprawnych. Na podstawie wyników badań z 1 etapu wybrano do kolejnych etapów badań jęczmień jary (*Eunova*) jako roślinę wrażliwą.

W Etapie II oceniono skutki łagodzenia stresu wywołanego przez 1 mM  $Pb(NO_3)_2$  poprzez zastosowanie substancji biologicznie czynnych na podstawie parametrów morfologicznych, biochemicznych i fizjologicznych w liściach 10 dniowego jęczmienia jarego odmiany *Eunova*, oraz



wybór substancji biologicznie czynnej, która w największym stopniu niweluje toksyczny wpływ ołowiu. Spośród badanych substancji biologicznie czynnych.

Etap III polegał na wyborze dawki Pb 0,5 - 2 mM Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> oraz dawki substancji biologicznie czynnej (25, 50, 100 μM PP), przy których widać najwyraźniejszą reakcję jęczmienia jarego na podstawie parametrów morfologicznych, biochemicznych i fizjologicznych. Wykazano, że narażenie siewki jęczmienia na ołów wywołuje liczne zaburzenia metaboliczne. Stwierdzono właściwości przeciwutleniające i rolę nikotynamidu w stresie ołowiu, ponieważ związek ten może hamować szkodliwe działanie ołowiu. Zaobserwowano, że najlepszy efekt daje nikotynamid w stężeniach 50 lub 100 μM.

Etap IV polegał na przeprowadzeniu oceny egzogenego zastosowania 100 μM amidu kwasu nikotynowego (witamina PP) wprowadzonego w formie: oprysku, moczenia nasion i podlewania przy stresie wywołanym 1 mM Pb w różnych fazach rozwojowych rośliny. Uzyskane wyniki wykazały, że egzogenna witamina PP miała znaczący i korzystny wpływ na badane parametry morfologiczne, biochemiczne i fizjologiczne, zmniejszając toksyczność soli ołowiu. Najlepszy efekt w ograniczaniu stresu ołowiowego osiąga się poprzez opryskiwanie dolistne i podlewanie witaminą PP. Badania dają perspektywę wykorzystania witaminy PP do poprawy odporności roślin na stres ołowiu.

**Słowa kluczowe:** jęczmień; ołów stres; substancje biologicznie czynne; nikotynamid; parametry morfologiczne, biochemiczne.

02.09.2024

Sprdek - Dżubowski