

Abstract

Progressive climate change, human industrial activity (including the burning of fossil fuels), as well as ongoing industrialization are causing pollution of all environmental components through the emission of many harmful compounds including fluorine. This element is ranked fifth in the hierarchy of environmental poisons and is characterized by high toxicity. Until now, fluorine has not been shown to have a positive effect on plants, on the contrary, it causes many negative effects including symptoms of phytotoxicity. At the cellular level, this compound is responsible for the induction of oxidative stress, DNA and protein degradation, lipid peroxidation and inhibition of many enzymes resulting in up to 50% reduction in agricultural. Therefore, it is critical and important to develop effective methods to increase plant resistance to fluoride toxicity. Breeding plants that are resistant to a given stress is a very effective but unfortunately long-lasting method, so it is necessary to develop methods that will quickly contribute to leveling or mitigating toxic effects in plants. The exogenous use of naturally occurring compounds in plants that have antioxidant properties seems to be an effective way to increase plants resistance. Such substances include L-ascorbic acid (vitamin C), which is one of the most effective antioxidants widely distributed in plant cells. It is a cofactor of many enzymes and has the ability of reversible oxidation and reduction, thus maintaining the normal redox state of the cell.

The main objectives of the study were to select the appropriate dose and form of application of L-ascorbic acid which most effectively reduces fluoride stress. These objectives were achieved during 4 stages of research: two in vitro experiments (stages I and II) and two vase experiments (stages III and IV).

In stage I of the study, the response of 10 plant species to stress induced by 10 mM NaF was evaluated based on the following measurements: biometric, physiological and biochemical. One of the most sensitive plants was wheat therefore it was selected for the next stages of the study.

Stage II was run to evaluating the effects of mitigating stress induced by 10 and 20 mM NaF by applying three concentrations of L-ascorbic acid 0.5 mM, 1 mM and 2 mM based on measurements: biometric, physiological and biochemical. The results showed that concentrations of 1 and 2 mM Asc most effectively offset the stress induced by 10 and 20 mM NaF.

During stage III of the study, the exogenous (soil) effect of 1 mM and 2 mM L-ascorbic acid, on stress induced by 25 and 50 mM NaF in a pot experiment, was evaluated.

On 3 dates, the effects of the above-mentioned factors on physiological and biochemical parameters in the plant were measured, while enzyme activities of dehydrogenases and phosphatases were determined in the soil. The results showed that L-ascorbic acid applied in two concentrations alleviated the stress caused by the presence of fluoride salts in the plant and soil.

The final IV stage of the study focused on selecting the most effective form of application of 0.5 mM L-ascorbic acid under stress induced by 50 mM NaF. Sampling for testing took place at the following developmental stages of wheat: third leaf, tillering, stem shooting and earing. The degree of fluoride-induced stress alleviation was evaluated based on measurements of physiological and biochemical parameters. The results showed that the applied forms of ascorbic acid effectively offset the toxicity induced by 50 mM NaF, and watering was considered the most effective form of Asc application.

Keywords: environmental pollution, fluoride, L-ascorbic acid, oxidative stress

30.05.2023
Justyna Pell

Streszczenie

Postępujące zmiany klimatu, działalność przemysłowa człowieka (w tym spalanie paliw kopalnych), jak również postępująca industrializacja, powodują zanieczyszczenie wszystkich komponentów środowiska poprzez emisję wielu szkodliwych związków, w tym fluoru. Pierwiastek ten, w hierarchii trucizn środowiskowych, klasyfikowany jest na piątym miejscu i charakteryzuje się wysoką toksycznością. Dotychczas nie wykazano pozytywnego wpływu fluoru na rośliny, wręcz przeciwnie zaobserwowano wiele negatywnych efektów z objawami fitotoksyczności włącznie. Na poziomie komórkowym związek ten odpowiedzialny jest za indukowanie stresu oksydacyjnego, degradację DNA i białek, peroksydację lipidów oraz inhibicję wielu enzymów, co skutkuje redukcją plonów rolnych dochodzącą nawet do ponad 50%. W związku z tym, niezwykle ważne i kluczowe jest opracowanie skutecznych metod zwiększających odporność roślin na toksyczność fluoru. Hodowla roślin odpornych na dany czynnik stresowy jest metodą bardzo efektywną niestety długotrwałą, konieczne jest więc opracowanie metod, które w sposób szybki przyczynią się do niwelowania bądź łagodzenia efektów toksycznych u roślin. Egzogenne wykorzystanie związków naturalnie występujących w roślinach, mających właściwości antyoksydacyjne, wydaje się skutecznym sposobem zwiększenia odporności roślin. Do takich substancji zaliczamy między innymi kwas L-askorbinowy (wit. C), który jest jednym z najbardziej efektywnych antyoksydantów, szeroko rozpowszechnionych w komórkach roślinnych. Jest kofaktorem wielu enzymów oraz posiada zdolność odwracalnego utleniania i redukcji, dzięki czemu utrzymuje prawidłowy stan redoks komórki.

Głównymi celami określonymi w pracy były wybranie odpowiedniej dawki i formy aplikacji kwasu L-askorbinowego najefektywniej niwelujących stres fluorowy. Niniejsze cele zrealizowano podczas 4 etapów badań: dwa doświadczenia *in vitro* (etap I i II) i dwa doświadczenia wazonowe (etap III i IV).

W etapie I badań dokonano oceny reakcji 10 gatunków roślin na stres wywołany 10 mM NaF na podstawie pomiarów: biometrycznych, fizjologicznych i biochemicznych. Jedną z najbardziej wrażliwych roślin była pszenica, dlatego też to ją wybrano do kolejnych etapów badań.

Etap II dotyczył oceny łagodzenia stresu wywołanego przez 10 i 20 mM NaF poprzez zastosowanie trzech stężeń kwasu L-askorbinowego: 0,5 mM, 1 mM i 2 mM, na podstawie pomiarów: biometrycznych, fizjologicznych i biochemicznych. Uzyskane wyniki wykazały, że

stężenia 1 i 2 mM Asc najefektywniej niwelują stres wywołany 10 i 20 mM NaF

Podczas III etapu badań oceniono egzogenny (doglebowy) wpływ 1 mM i 2 mM kwasu L-askorbinowego, na stres wywołany 25 i 50 mM NaF w doświadczeniu wazonowym. W trzech terminach badań, dokonano oceny wpływu wyżej wymienionych czynników na parametry fizjologicznych oraz biochemicznych w roślinie, natomiast w glebie oznaczono aktywność enzymów: dehydrogenaz i fosfataz. Uzyskane wyniki wykazały, że kwas L-askorbinowy zastosowany w dwóch stężeniach łagodzi stres wywołany obecnością soli fluoru w roślinie, natomiast w glebie pogłębia nieznacznie stres.

W ostatnim IV etapie badań skupiono się na wybraniu najefektywniejszej formy aplikacji 0,5 mM kwasu L-askorbinowego, przy stresie wywołanym 50 mM NaF. Podczas tego doświadczenia badano wpływ trzech form aplikacji 0,5 mM kwasu L-askorbinowego (moczenia nasion, oprysku i podlewania) na stopień niwelowania toksyczności wywołanej obecnością 50 mM NaF w glebie. Wprowadzane 0,5 mM kwasu L-askorbinowego w postaci podlewania jak i dolistnego oprysku odbywało się cyklicznie w odstępach czasowych. Pobór próbek do badań odbywał się w następujących fazach rozwojowych pszenicy: trzeciego liścia, krzewienia, strzelania w źdźbło oraz kłoszenia. Ocenę stopnia łagodzenia stresu wywołanego fluorem wykonano na podstawie pomiarów: fizjologicznych i biochemicznych. Uzyskane wyniki wykazały, że zastosowane formy aplikacji kwasu askorbinowego skutecznie niwelują toksyczność wywołaną 50 mM NaF, a za najefektywniejszą formę aplikacji uznano podlewanie.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie środowiska, fluor, kwas L-askorbinowy, stres oksydacyjny

30.05.2023
Justyna Pelc