

Wpływ stężenia NaCl na kiełkowanie, tempo listnienia oraz zdolność do pobierania wody przez rośliny, na podstawie pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum* L.), lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) oraz goździków ogrodowych (*Dianthus cariophyllus* L.).

autor: Bartosz Walkowski

klasa: 2

szkola: I LO im. Edwarda Dembowskiego w Zielonej Górze

opiekun: mgr inż. Anna Reder

STRESZCZENIE

Przedmiotem pracy jest wpływ NaCl na kiełkowanie, wzrost, listnienie oraz zdolność do pobierania wody przez rośliny. Badania przeprowadzone zostały metodami: eksperymentalną (zmienną niezależną były różne stężenia NaCl) oraz obserwacyjną (dokonywano spostrzeżeń fenologicznych). Gromadzenie i porządkowanie danych umożliwiły wykorzystane metody statystyczne (średnie i błędy standardowe). W badaniach wykazano negatywny wpływ wzrastającego stężenia NaCl w roztworze glebowym na kiełkowanie i wzrost siewek pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum* L.), czas listnienia lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.) oraz zdolność pobierania wody przez goździki ogrodowe (*Dianthus cariophyllus* L.). Wnioski wynikające z badań utwierdzają na przekonaniu, że NaCl stosowane do pozbywania się lodu z dróg należałoby zastąpić innymi środkami, bardziej neutralnymi dla roślin. Mieszkańcy miast i wsi, świadomi zarówno użytkowego, jak i ekologicznego znaczenia roślin, starają się utrzymać zieleń w dobrym stanie. W rzeczywistości jednak ją niszczą, stosując zimą na drogach piaskowanie z solą.

WSTĘP

Każdego roku w okresie zimowym sól jest rozsypanya na drogach w celu pozbycia się śniegu i lodu. Zastosowanie soli do odladzania jezdni rozpoczęło się w 1940 r. [7]. W Polsce powszechnie stosowana jest sól drogowa, która jest mieszkanką 97% NaCl, 2,5% CaCl₂ oraz 0,5% K₄[Fe(CN)₆] [14]. Sól nie utrzymuje się jednak tylko na drodze, lecz jest przenoszona na odległości od 15 do 20 metrów od krawędzi drogi, przez to, że jest rozpryskiwana wraz ze śniegiem przez samochody lub spychana na pobocze przez pługi śnieżne [3].

Dendrolodzy informują o narastającym problemie i alarmują, że jeżeli działania te nie zostaną zaprzestane, nie będzie już można podziwiać flory przyulicznych siedlisk. Apelują o zmianę stosowanego powszechnie NaCl na inne środki odladzające, bardziej neutralne dla środowiska przyrodniczego, np. chlorek wapnia, czy pochodne kwasów mrówkowego i octowego.[1]

Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, czy wzrost stężenia soli w roztworze/glebie wpływa na kiełkowanie, wzrost siewek, ulistnienie oraz zdolność pobierania wody przez rośliny.

Postawiłem następujące hipotezy:

1. Sól kuchenna obniża zdolność kiełkowania nasion pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum* L.).
2. Sól kuchenna obniża zdolność wzrostu elongacyjnego siewek pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum* L.).
3. Sól kuchenna zmniejsza średni przyrost biomasy siewek pieprzycy siewnej (*Lepidium sativum* L.).
4. Wysokie stężenie soli w glebie opóźnia czas listnienia lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.).
5. Sól kuchenna utrudnia goździkom ogrodowym (*Dianthus cariophyllus* L.) pobieranie i transport wody.

MATERIAŁ I METODY

Badania podzieliłem na trzy niezależne części: I – dotycząca hipotez pierwszej, drugiej i trzeciej; II – dotycząca hipotezy czwartej; III – dotycząca hipotezy piątej.

Okres i miejsce badań:

Badania przeprowadzałem w okresie wiosennym (luty-kwiecień 2018) zarówno w warunkach domowych (części I, III), jak i w terenie (część II). Warunki fizyczne otoczenia (temperatura, oświetlenie, wilgotność) dla serii powtórzeń przeprowadzanych w domu były porównywalne. Obserwacje terenowe prowadziłem na zielonogórskim deptaku. Wybrałem drzewa o takiej lokalizacji, aby zmienność warunków dotyczyła jedynie stężenia NaCl w glebie, tj. jedno drzewo znajdowało się przy posypywanej solą jezdni, a drugie na nieposypywanym deptaku, około 50 metrów od jezdni. Wysokość drzew i grubość ich pni była porównywalna.

Obiekty badań:

- pieprzyca siewna (*Lepidium sativum* L.) gatunek powszechnej rośliny jednorocznej z rodziny kapustowatych (*Brassicaceae* Burnett), znana pod zwyczajową nazwą rzeżucha [do badań użyłem nasion polskiej firmy W. Legutko PL630/12/210/L142/A],
- lipa drobnolistna (*Tilia cordata* Mill.), drzewa należące do rodziny lipowatych (*Tilioideae* Arnott),
- goździk ogrodowy (*Dianthus cariophyllus* L.), gatunek rośliny jednorocznej lub dwuletniej, należący do rodziny goździkowatych (*Caryophyllaceae* Juss.) [do badań użyłem goździków z zielonogórskiej kwiaciarni].

Działania wstępne/uzupełniające:

Część I. Napelniłem 10 doniczek jednakową objętością ziemi ogrodowej i w każdej umieściłem równomiernie po 100 nasion rzeżuchy. Doniczki ustawiłem na parapecie, gdzie miały jednakową ekspozycję na światło słoneczne. Codziennie do podstawek doniczek wlewałem po 50ml odpowiednich, wcześniej przygotowanych roztworów soli: 0%, 0,1%, 1%, 2%, 10% (po dwie doniczki z każdym stężeniem). Na końcu za pomocą szkolnego konduktometru (zakres: 200 kΩ, dokładność: ±0,8% ± 2 cyfry, rozdzielczość: 100 Ω) zmierzyłem przewodność elektryczną gleby

w doniczkach (obliczenia ze wzoru: $EC = \frac{1}{R \cdot l} [mSv \cdot m^{-1}]$, gdzie l- odległość między przewodami pomiarowymi [l = 5 *10⁻² m], R- odczyt w [kΩ]) i utworzyłem skalę, którą wykorzystałem w II części badań. Wyniki podałem w tabeli 1.

Stężenie roztworu glebowego	0%	0,10%	1%	2%	10%
[mSv* m ⁻¹]	0,33	0,8	2,19	6,67	10,52

Tabela 1. Przewodność gleby przy różnych stężeniach NaCl

Część II. Na podstawie Tab.1 określiłem przybliżone zasolenie gleby, w której rosły wybrane przeze mnie lipy drobnolistne. Stężenie soli w glebie lipy rosnącej na deptaku wynosiło ok. 0% (0,42 mSv*m⁻¹), a w glebie lipy rosnącej przy ulicy ok. 0,1% (0,87 mSv*m⁻¹). Do obserwacji oznaczyłem losowo po 10 gałęzi z każdego drzewa .

Część III. Rośliny dobrałem tak, aby łodygi miały podobną długość i średnicę. Umieściłem goździki w jednakowych cylindrach miarowych. W każdym z naczyń znajdowało się po 200 cm³ roztworu NaCl o stężeniach jak w I części badań. Na powierzchni roztworów umieściłem porównywalną ilość (10cm³) oleju, w celu wykluczenia błędu pomiaru wynikającego z parowania wody.

Przebieg badań:

Część I. Zmiany zachodzące podczas kiełkowania rzeżuchy obserwowałem raz dziennie około godziny 10⁰⁰ przez 11 dni. Śledziłem pojawianie się korzeni i pędów do momentu, w którym po kolejnych obserwacjach nie zachodziły już zmiany. Po zakończeniu doświadczenia wysuszyłem kielki, a następnie zważyłem suchą masę na wadze laboratoryjnej.

Część II. Obserwacje fenologiczne drzew prowadziłem raz w tygodniu. Kategoryzację obserwowanych pojavów umieściłem w tabeli 2. [8].

Część III. Obserwacje goździków prowadziłem trzy razy dziennie przez tydzień. Badania powtórzyłem trzykrotnie.

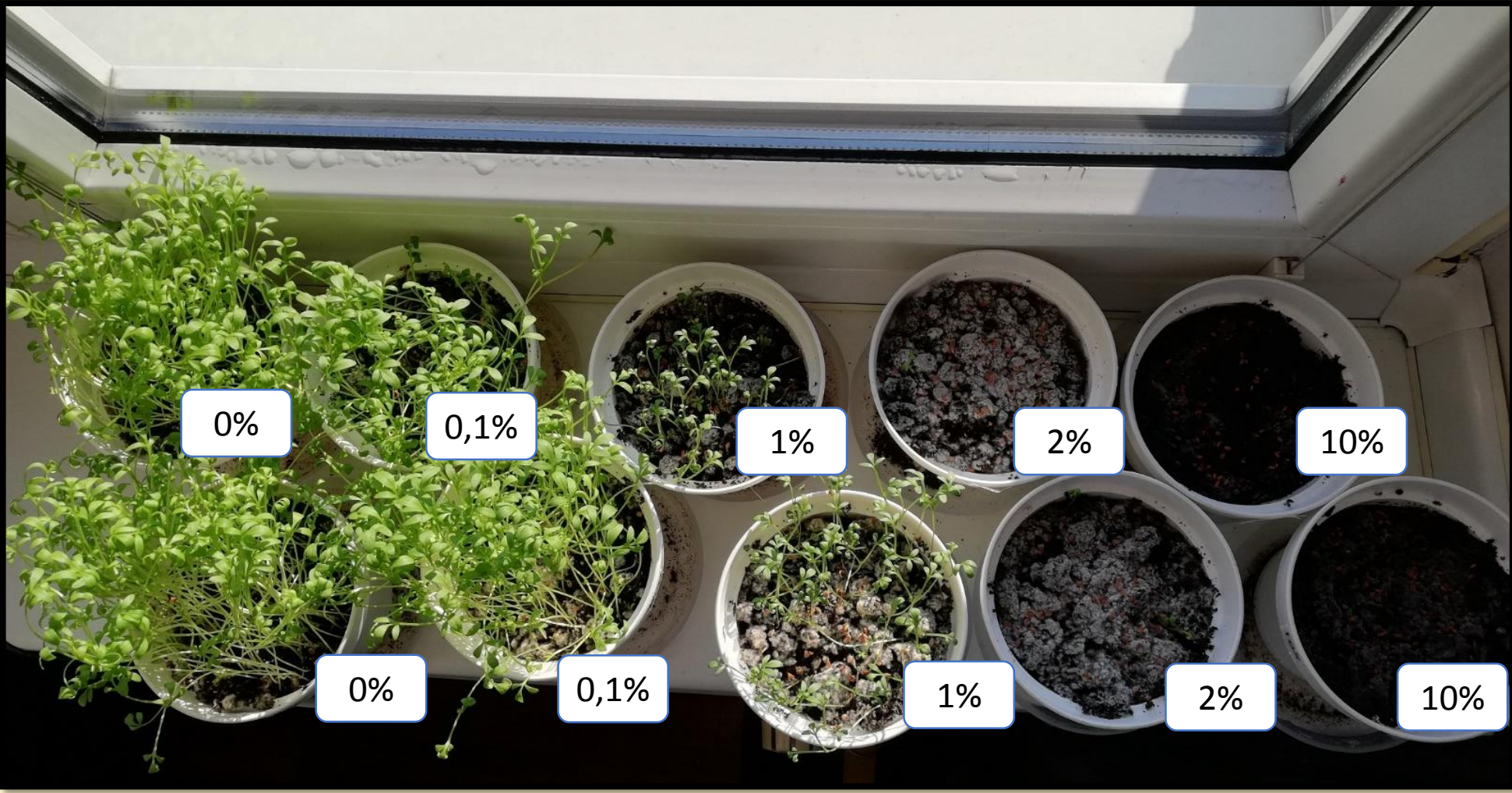
Podczas prowadzenia obserwacji wyniki zapisywałem w dzienniku oraz fotografowałem zachodzące zmiany.

Dla uzyskanych wyników wykonałem obliczenia statystyczne: średnie arytmetyczne i błędy standardowe średnich [11].

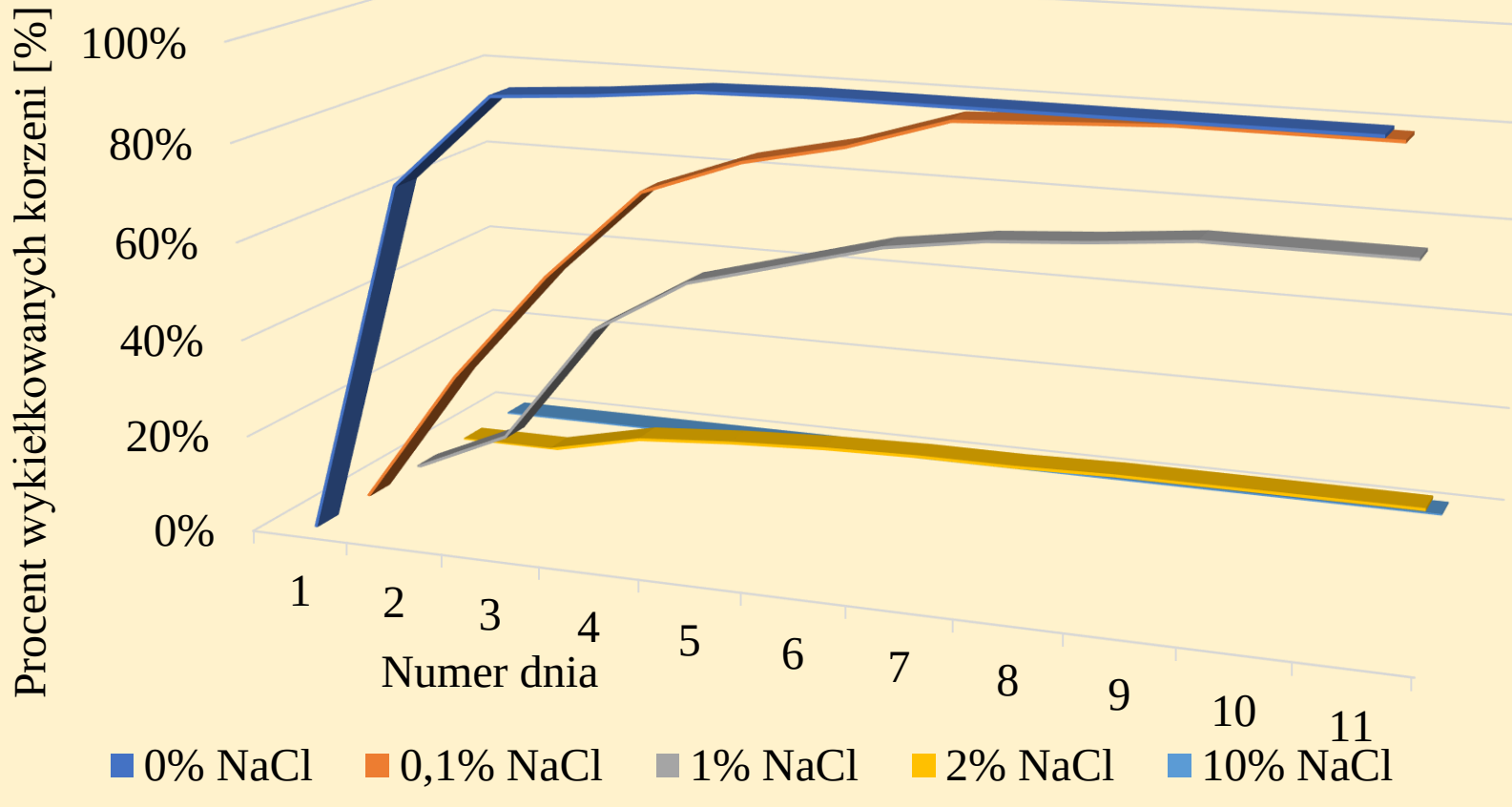
Tabela 2. Pojawy obserwowane podczas listnienia *Tilia cordata*

Ocena pojawu	Opis pojawu	Wygląd pojawu
1	pąk uśpiony	
2	pęknięcie pąka i wysunięcie zawiązków liści	
3	wydotstawianie się liści z pąka	
4	w pełni rozwinięta blaszka liściowa	

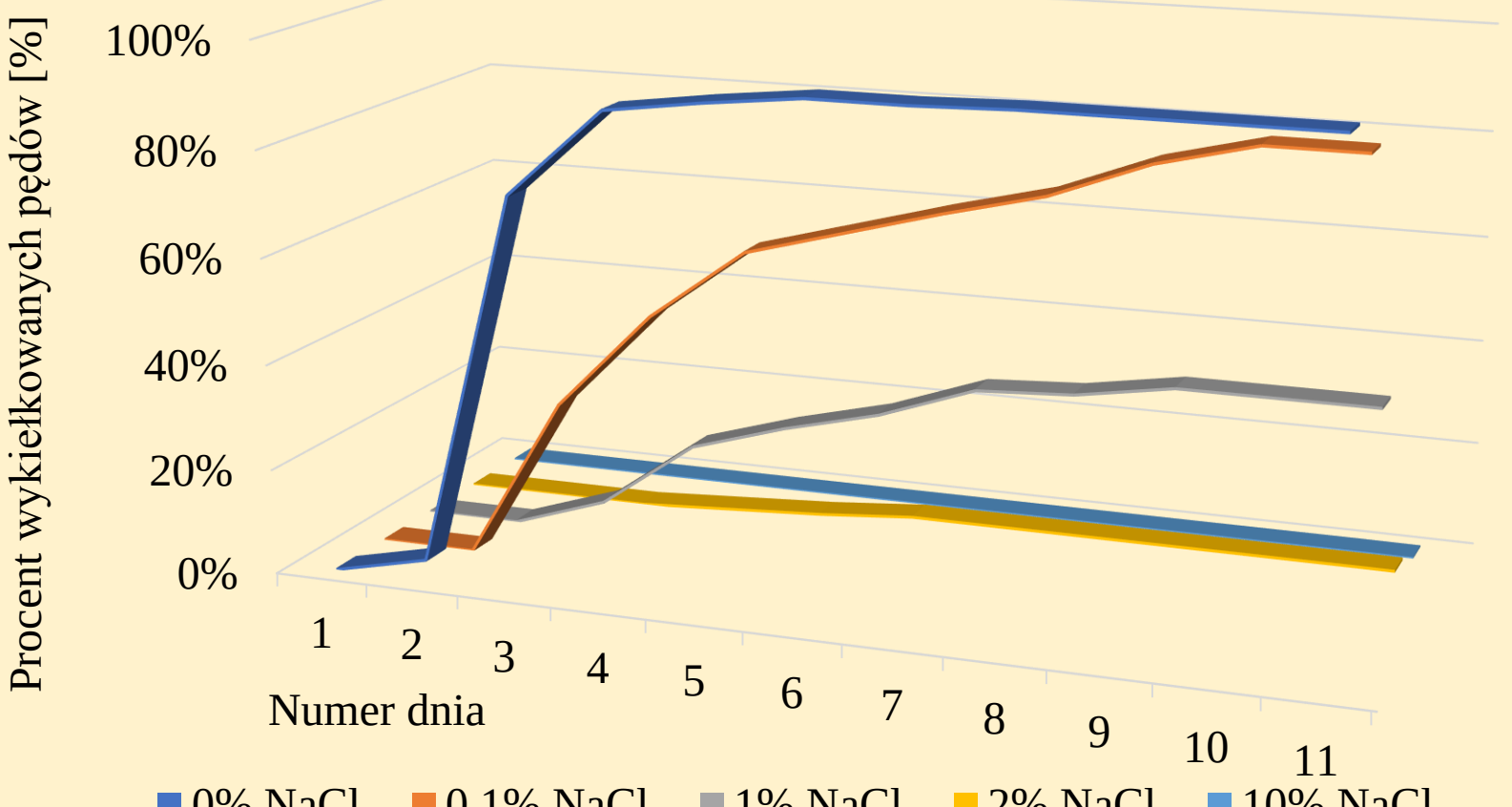
WYNIKI



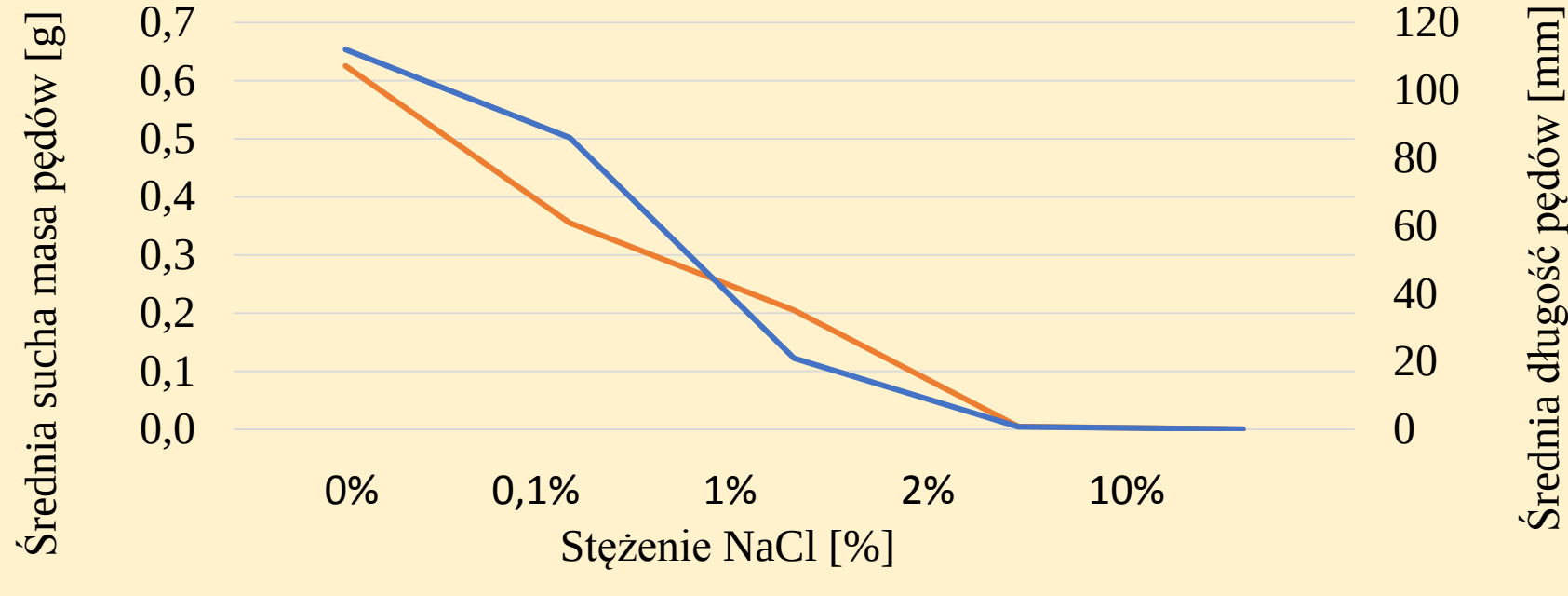
Ryc. 1. Wpływ stężenia NaCl na kiełkowanie *Lepidium sativum* L.



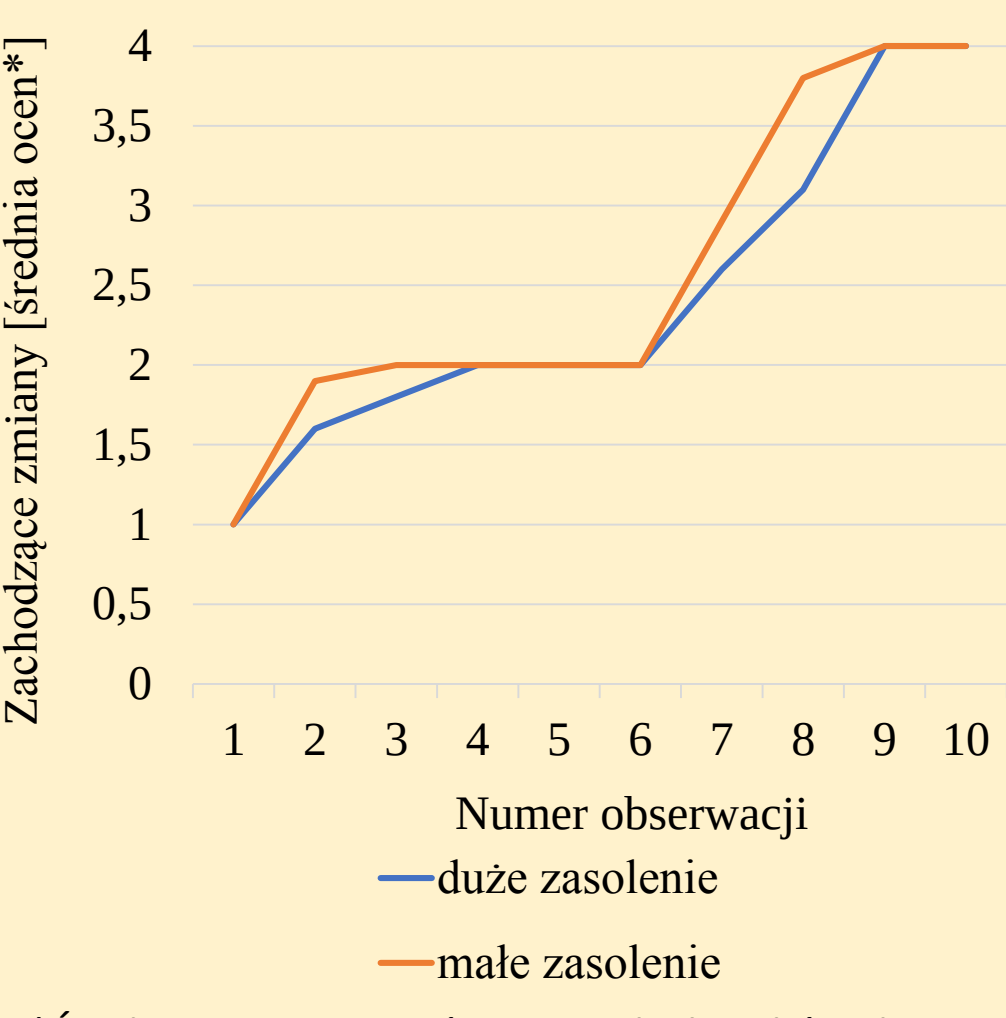
Ryc. 2. Wpływ stężenia NaCl na liczbę wykielkowanych korzeni nasion *Lepidium sativum* L.



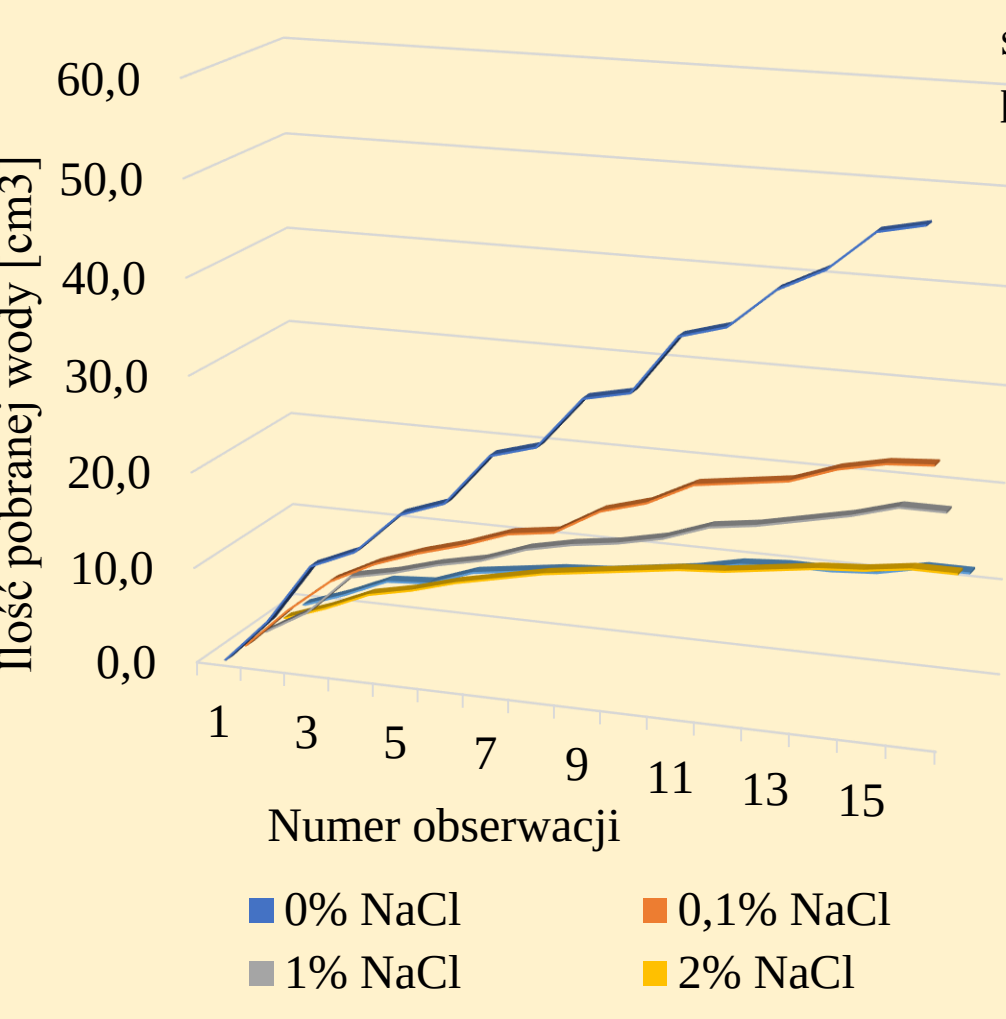
Ryc. 3. Wpływ stężenia NaCl na liczbę wykielkowanych pędów nasion *Lepidium sativum* L.



Ryc. 4. Średnia sucha masa i długość pędów nasion *Lepidium sativum* L.



Ryc. 5. Dynamika zmian procesu listnienia u *Tilia cordata* Mill.



Ryc. 6. Wpływ stężenia NaCl w podłożu na ilość wody pobranej przez *Dianthus cariophyllus* L.



Ryc. 7. Wpływ stężenia NaCl na zdolność pobierania wody przez *Dianthus cariophyllus* L.

DYSKUSJA

Wraz ze wzrostem stężenia NaCl maleje zdolność kiełkowania nasion pieprzycy siewnej. Nawet niewielkie zmiany stężenia (z 0% na 0,1%), wyraźnie ograniczają zdolność kiełkowania (Ryc. 1., 2., 3.). Podobne wyniki uzyskała Dorota Dec na nasionach żyta. [2].

Wzrost stężenia soli w glebie, hamuje wydłużanie się pędów siewki pieprzycy siewnej. Nawet niewielkie zasolenie (0,1%) powoduje znaczne ograniczenie wzrostu siewki (Ryc. 4.). Podobną tendencję zaobserwowała Dorota Dec [2].

Wartość uzyskanej biomasy i średniej długości siewek drastycznie maleje wraz ze wzrostem stężenia NaCl w glebie. Już przy stężeniu 0,1% przyrost biomasy spada mniej więcej o połowę (0,355g i 0,625g) (Ryc. 5.). Podobne tendencje zauważyli Ilona i Marcin J. Małuszyńscy [6].

Zmiany zachodzące podczas kiełkowania nasion pieprzycy siewnej wynikają z coraz bardziej utrudnionego dostępu do wody i składników pokarmowych przez rośliny rosnące w glebie o coraz większym stężeniu NaCl. Sól łatwo przedostaje się do korzeni powodując w ten sposób zjawisko suszy fizjologicznej. [14] Dochodzi do zahamowania podziałów mitotycznych, spowolnienia wzrostu elongacyjnego komórek, a w efekcie do zmniejszenia tempa wzrostu pędów i korzeni [5].

Na drzewie rosnącym w glebie o wyższym zasoleniu pojawia fenologiczne występowanie później niż na drzewie rosnącym w glebie o niższym zasoleniu (Ryc. 5., Tab. 3.).

Obecność nadmiernych ilości sodu niszczy grudkowatą strukturę, zwiększa nieprzepuszczalność głęboko położonych warstw gleby i pogarsza jej fizykochemiczne właściwości [15]. Powoduje to utrudnione wchłanianie wody z solami mineralnymi [4].W wyniku nagromadzenia NaCl w glebie dochodzi również do wymywania z komórek roślinnych składników odżywczych, takich jak fosfor, wapń i potas [2]. Zjawiska te przyczyniają się do obniżenia tempa zachodzących zmian fenologicznych.

Większe zasolenie wody powoduje słabsze jej pobieranie przez goździki ogrodowe (Ryc. 6., 7., Tab. 4), a także, przy wyższym zasoleniu (10% NaCl), więdnienie roślin.

Goździki ograniczają pobór wody, a nawet więdną, ponieważ wraz ze wzrostem stężenia roztworu soli zmniejszają się różnice w osmolarności między roztworem a cytozolem komórek rośliny. W krańcowym przypadku (10% roztwór NaCl) zmienia się kierunek przepływu wody [10]. Komórki stopniowo tracą turgor, co w efekcie prowadzi do kurczenia się błon protoplazmatycznych komórek i pojawienia się plazmolizy [12], czego zewnętrzną manifestacją jest zjawisko więdnienia.

Rekomendacje:

Przeprowadzone doświadczenia potwierdziły moje obawy wynikające z nadmiernego używania NaCl do odladzania ulic. Tymczasem w sezonie zimowym 2017/18 w Zielonej Górze zużyto aż 3.240 ton soli do odśnieżania jezdni, chodników oraz schodów terenowych (liczba ta zwiększyła się w porównaniu z poprzednimi latami) [13]. Uważam, że temat ten powinien być bardziej nagłośniony, ponieważ stanowi poważne zagrożenie dla roślinności. Na rynku dostępnych jest wiele substytutów NaCl, które nie wywierają tak negatywnego wpływu na rośliny, np. chlorek wapnia i magnezu, alkohole (CnH2n+1OH), mrówczan sodu (HCOONa), octan potasu (CH3COOK), octan magnezu ([CH3COO]2Mg), octan wapnia ([CH3COO]2Ca), octan wapniowo-magnezowy (CMA), roztwory bogate w kukry, mocznik oraz glikole. Możliwe do wykorzystania są również źródła odnawialne, takie jak sole kwasu lewulinowego, pochodzące z ziaren sorgo. Do innych metod należą np. użycie ciepła geotermalnego, elektrycznych przewodów grzejnych i betonu przewodzącego prąd elektryczny. [7]. Apeluję więc o wpłynięcie na władzę, zarówno rządowe, jak i samorządowe, aby zajęły się tym tematem i podjęły starania w celu zastąpienia NaCl dostępnymi na rynku alternatywnymi środkami. Konieczna jest zmiana przepisów, gdyż obecne rozporządzenie dopuszcza do stosowania tylko nieliczne, wywierające negatywny wpływ na środowisko, preparaty.[9] Będzie to poważny krok w kierunku ochrony przyrody.

PIŚMIENICTWO

1. Borowski J. (2012). Zimowe odśnieżanie - Czy sól na drogach to najlepszy sposób?. *Ekologia.pl*. <https://www.ekologia.pl/srodowisko/ochrona-srodowiska/zimowe-odsniezanie-czy-sol-na-drogach-to-najlepszy-sposob,16440,3.html> [dostęp: 17.11.2018].
2. Dec D. (2003). Wpływ zasolenia na kiełkowanie i wzrost siewek linii wsobnych żyta ozimego, *Biuletyn hodowli i aklimatyzacji roślin*, nr 226/227/2, s. 333-338. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin.
3. Forman R.T.T. [i in.] (2003). *Road Ecology: Science and Solutions*. Waszyngton: Island Press.
4. Hafnre M. (1993). *Ochrona środowiska. Księga eko-testów do pracy w szkole i w domu*. Kraków: Polski Klub Ekologiczny.
5. Kłosowska K. (2010). Problemy nauk biologicznych. *Kosmos*, t. 59, nr 3-4 (288-289), s. 539-549. Kraków: Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika.
6. Małuszyński I. i M. (2009). Badanie wpływu zasolenia gleby na wzrost i rozwój wybranych gatunków roślin. *Inżynieria Ekologiczna*, nr 21. Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej.
7. Mazur N. (2015). Wpływ soli do odladzania dróg na środowisko przyrodnicze. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 18, nr 4, s. 449-458. Kielce: Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Chemii, Zakład Geochemii i Ochrony Środowiska.
8. Nadleśnictwo Łopuchówko. Co to jest fenologia?. *Wirtualne Laboratorium Interaktywnego Nauczania*. <https://www.wlin.pl/natura/fenologia/co-to-jest-fenologia/> [dostęp: 12.11.2018].
9. Podgajniak T. (2005): *Rozporządzenie w sprawie rodzajów i warunków stosowania środków, jakie mogą być używane na drogach publicznych oraz ulicach i placach*, Dz. U. Nr 230, Poz. 1960. Warszawa: Ministerstwo Środowiska.
10. Reece J.B. [i in.] (2014). Pozyskiwanie i transport zasobów w roślinach naczyniowych. *Campbell Biology. Tenth Edition*, s. 778-798. Londyn: Pearson Education, Inc.
11. Strzałko J. (1992). *Zastosowanie metod statystycznych w biologii*. Słupsk: Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Słupsku.
12. Suska-Jakubczak E. (2013). *Zasolenie gleb i podłoża ogrodniczych*. Lublin: Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Lublinie.
13. Szulc M. (2018). *Specyfikacja techniczna zimowego utrzymania nawierzchni dróg w ramach zadania „Bieżące utrzymanie ulic miasta”*. Zielona Góra: Departament Inwestycji i Zarządzania Drogami.
14. Urząd Miasta Kraków (2013): *Zimowe utrzymanie dróg i chodników w aspekcie ochrony drzew i krzewów*. Kraków: Wydział Kształtowania Środowiska.
15. Widlak M. (2016). Przyrodniczy wskaźnik zasolenia gleby. *Proceedings of ECOpole*, s. 359-365. Opole: Uniwersytet Opolski.