

Temat pracy: Badanie wpływu wybranych soli metali ciężkich na kiełkowanie, wzrost i rozwój mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.)

Autor: Kamila Osiełeniec
Klasa: 4

Szkoła: IX LO im. Mikołaja Kopernika w Lublinie
Opiekun: dr Dorota Tkaczyk

Cel pracy

Celem doświadczenia było zbadanie wpływu różnych stężeń soli cynku i ołowiu na kiełkowanie, wzrost i rozwój mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.). Badania zostały podjęte ze względu na rozpowszechniający się problem zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego.

Materiał i metody badawcze

Badanie przeprowadzono w okresie jesienno-zimowym (listopad-grudzień 2022 r.) w warunkach szkolnych. Obiektem badań była mięta pieprzowa (*Mentha piperita* L.). Do doświadczenia wykorzystano następujące sole ołowiu i cynku: Pb(NO₃)₂ oraz Zn(NO₃)₂ 6. Były one dodane przedsiawnie do odpowiednich grup badawczych w określonych stężeniach ukazanych w tabeli 1.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Wartości analizowanych parametrów mierzalnych przedstawiono przy pomocy wartości średniej, mediany i odchylenia standardowego, a dla niemierzalnych przy pomocy liczności i odsetka. Ze względu na małe liczebności grup oraz brak spełnionych założeń rozkładu normalnego niektórych parametrów w analizie wykorzystano testy nieparametryczne.

Do porównania wielu grup niezależnych zastosowano test Kruskala-Wallisa, natomiast do oceny wieku zmiennych zależnych wykorzystano test Chi kwadrat Friedmana.

Przyjęto poziom istotności p<0,05 wskazujący na istnienie istotnych statystycznie różnic. Bazę danych i badania statystyczne przeprowadzono w oparciu o oprogramowanie komputerowe STATISTICA 13.0 (StatSoft, Polska).

Próba	Dodany składnik	Stężenie soli w mg/kg gleby	Zawartość cynku/ołowiu w mg/kg gleby
Kontrola	woda	-	-
Pb1	Pb(NO ₃) ₂	32	20
Pb2	Pb(NO ₃) ₂	160	100
Pb3	Pb(NO ₃) ₂	400	250
Pb4	Pb(NO ₃) ₂	800	500
Zn1	Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat	228	50
Zn2	Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat	456	100
Zn3	Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat	1142	250
Zn4	Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat	1828	400

Tabela 1. Schemat doświadczenia

Wyniki

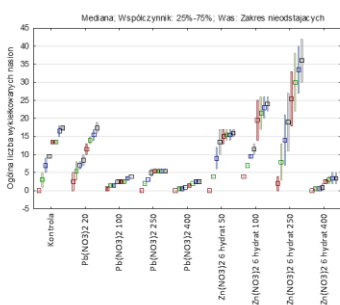
Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy grupami w ocenie liczby wykiełkowanych nasion w badaniu 2 grudnia (p=0,04), 6.12 (p=0,04), 9.12 (p=0,04), 13.12 (p=0,04) oraz 16.12 (p=0,04). Największą liczbę wykiełkowanych nasion stwierdzono w grupie Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 250mg oraz Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 100mg, zaś najmniejszą w Pb(NO₃)₂ 400mg i Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 400mg. Biorąc pod uwagę poszczególne okresy badań wykazano różnice na granicy istotności statystycznej pomiędzy okresami w poszczególnych grupach z wyjątkiem grupy Pb(NO₃)₂ 400mg, Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 50mg, Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 400mg i bliskie istotności statystycznej w grupie Pb(NO₃)₂ 250mg i Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 100mg. Wyniki przedstawia tabela 1 i rycina 1.

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy grupami w ocenie liczby nowych siewek w poszczególnych dniach badania (p>0,05). Biorąc pod uwagę poszczególne okresy badań nie wykazano także istotnych różnic pomiędzy okresami w poszczególnych grupach (p>0,05). Wyniki przedstawia tabela 2 i rycina 2.

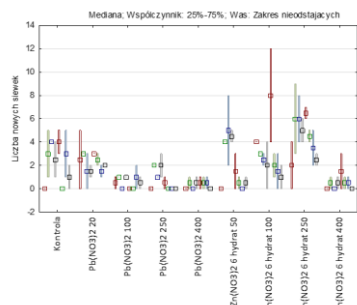
Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy grupami w ocenie długości pędów we wszystkich dniach badania (p=0,04). Największą długość występowała w grupie Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 250mg oraz Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 100mg, zaś najmniejszą w Pb(NO₃)₂ 400mg i Zn(NO₃)₂ 6 hydrat 50mg w dniu 9 grudnia.

Biorąc pod uwagę poszczególne okresy badań nie wykazano także istotnych różnic pomiędzy okresami w poszczególnych grupach (p>0,05). Wyniki przedstawia tabela 3 i rycina 3.

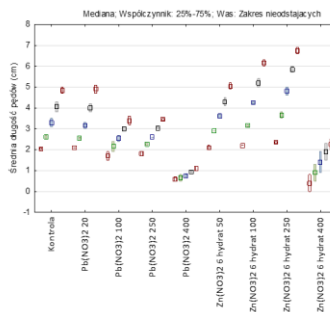
Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy grupami w ocenie średniego przyrostu we wszystkich dniach badania (p=0,05), w tym w badaniu z 9 i 13 grudnia różnice były na granicy istotności (p=0,05). Biorąc pod uwagę poszczególne okresy badań nie wykazano także istotnych różnic pomiędzy okresami w poszczególnych grupach (p>0,05). Wyniki przedstawia tabela 4 i rycina 4.



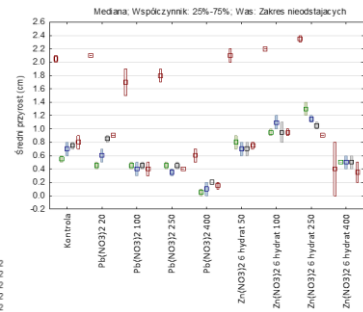
Ryc.1. Ogólna liczba wykiełkowanych nasion w poszczególnych grupach



Ryc.2. Liczba nowych siewek w grupach



Ryc.3. Średnia długość pędów w grupach



Ryc.4. Średni przyrost w grupach

Grupa	22.11.2022		25.11.2022		29.11.2022		02.12.2022		06.12.2022		09.12.2022		13.12.2022		16.12.2022		Analiza statystyczna ¹
	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Wartość testu p		
Kontrola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01
Pb(NO ₃) ₂ 20mg	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	0,06
Pb(NO ₃) ₂ 100mg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,06
Pb(NO ₃) ₂ 250mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Pb(NO ₃) ₂ 400mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 50mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 100mg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 250mg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 400mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Analiza statystyczna ¹	H=9,90; p=6,27		H=13,05; p=0,11		H=14,41; p=0,07		H=16,96; p=0,01*		H=15,94; p=0,04*		H=16,00; p=0,04*		H=15,90; p=0,04*		H=16,01; p=0,04*		

Tabela 1. Ogólna liczba wykiełkowanych nasion

Grupa	22.11.2022		25.11.2022		29.11.2022		02.12.2022		06.12.2022		09.12.2022		13.12.2022		16.12.2022		Analiza statystyczna ¹
	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Wartość testu p		
Kontrola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01
Pb(NO ₃) ₂ 20mg	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	0,02
Pb(NO ₃) ₂ 100mg	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,04
Pb(NO ₃) ₂ 250mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Pb(NO ₃) ₂ 400mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 50mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 100mg	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 250mg	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,06
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 400mg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
Analiza statystyczna ¹	H=4,90; p=0,27		H=13,25; p=0,10		H=14,51; p=0,07		H=16,90; p=0,01*		H=14,00; p=0,08		H=16,00; p=0,04*		H=16,37; p=0,04*		H=11,32; p=0,18		

Tabela 2. Liczba nowych siewek

Grupa	02.12.2022		06.12.2022		09.12.2022		13.12.2022		16.12.2022		Analiza statystyczna ¹						
	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie		Wartość testu p					
Kontrola	2,1	0,1	2,1	2,6	0,1	2,6	3,3	0,5	3,3	4,1	0,6	4,1	4,9	0,2	4,9		
Pb(NO ₃) ₂ 20mg	2,1	0,0	2,1	2,6	0,1	2,6	3,2	0,2	3,2	4,0	0,3	4,0	4,0	0,3	4,0	8,00	0,09
Pb(NO ₃) ₂ 100mg	1,7	0,3	1,7	2,2	0,4	2,2	2,6	0,2	2,6	3,0	0,1	3,0	3,4	0,3	3,4	8,00	0,09
Pb(NO ₃) ₂ 250mg	1,8	0,1	1,8	2,3	0,1	2,3	2,6	0,0	2,6	3,1	0,1	3,1	3,5	0,1	3,5	8,00	0,09
Pb(NO ₃) ₂ 400mg	0,6	0,1	0,6	0,7	0,2	0,7	0,8	0,1	0,8	1,0	0,1	1,0	1,1	0,1	1,1	7,68	0,10
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 50mg	2,1	0,1	2,1	2,9	0,9	2,9	3,6	0,1	3,6	4,3	0,3	4,3	5,1	0,3	5,1	8,00	0,09
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 100mg	2,2	0,0	2,2	3,2	0,1	3,2	4,3	0,1	4,3	5,2	0,5	5,2	6,2	0,2	6,2	8,00	0,09
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 250mg	2,4	0,1	2,4	3,7	0,2	3,7	4,8	0,3	4,8	5,9	0,2	5,9	6,8	0,2	6,8	8,00	0,09
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 400mg	0,4	0,6	0,4	0,9	0,6	0,9	1,4	0,7	1,4	1,9	0,6	1,9	2,3	0,4	2,3	8,00	0,09
Analiza statystyczna ¹	H=18,01; p=0,04*		H=18,49; p=0,04*		H=18,55; p=0,04*		H=18,56; p=0,04*		H=18,37; p=0,04*								

Tabela 3. Średnia długość pędów

Grupa	02.12.2022		06.12.2022		09.12.2022		13.12.2022		16.12.2022		Analiza statystyczna ¹						
	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie	Średnia	Odchylenie		Wartość testu p					
Kontrola	2,1	0,1	2,1	0,6	0,7	0,7	0,8	0,1	0,8	0,8	0,1	0,8	0,8	0,1	0,8	6,67	0,15
Pb(NO ₃) ₂ 20mg	2,1	0,0	2,1	0,5	0,1	0,5	0,6	0,1	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	7,90	0,10
Pb(NO ₃) ₂ 100mg	1,7	0,3	1,7	0,5	0,1	0,5	0,4	0,1	0,4	0,5	0,1	0,4	0,1	0,4	0,4	4,42	0,35
Pb(NO ₃) ₂ 250mg	1,8	0,1	1,8	0,5	0,1	0,5	0,4	0,1	0,4	0,5	0,1	0,5	0,4	0,1	0,4	6,28	0,18
Pb(NO ₃) ₂ 400mg	0,6	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	6,00	0,20
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 50mg	2,1	0,1	2,1	0,8	0,1	0,8	0,7	0,1	0,7	0,7	0,1	0,7	0,8	0,1	0,8	5,47	0,24
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 100mg	2,2	0,0	2,2	1,0	0,1	1,0	1,1	0,1	1,1	1,0	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	5,83	0,21
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 250mg	2,4	0,1	2,4	1,3	0,1	1,3	1,2	0,1	1,2	1,1	0,1	1,1	0,9	0,9	0,9	7,90	0,10
Zn(NO ₃) ₂ 6 hydrat 400mg	0,4	0,6	0,4	0,5	0,0	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,1	0,5	0,4	0,2	0,4	6,72	0,24
Analiza statystyczna ¹	H=16,01; p=0,04*		H=15,55; p=0,05*		H=15,33; p=0,05		H=15,42; p=0,05		H=15,46; p=0,05*								

Tabela 4. Średni przyrost

Wnioski

- Wykazano istotne różnice w ocenie liczby wykiełkowanych nasion oraz długości pędów.
- Najwięcej nasion wykiełkowało przy zastosowaniu średnich wartości soli cynku, a najmniej przy maksymalnych stężeniach soli cynku i ołowiu.
- Najdłuższe p