

Ocena tolerancji wybranych gatunków traw i roślin motylkowatych na zasolenie środowiska

MARIA ZAWADZKA

Instytut Przyrodniczych Podstaw Melioracji Akademii Rolniczej w Warszawie

(Przyjęto dn. 12.7.1975)

M. Zawadzka (*Agricultural University, Nowoursynowska str. 166, 02-975
Warsaw*) Acta Agrobotanica 29 (1): 85-98, 1976.

Salt tolerance of grasses and leguminous plants

11 species of grasses and 10 species of leguminous plants were tested for salt tolerance. The biotest of germination viability and capacity in saline water was performed. The results proved usefulness of using seeds as bioindicators and allowed to show the significant interspecific differences. The following species — *Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Festuca pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Trifolium resupinatum*, *T. incarnatum* and *Melilotus albus* show high level of tolerance. The less tolerant species were: *Festuca ovina*, *Agrostis alba*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina* and *Medicago sativa*.

WSTĘP I PRZEGLĄD LITERATURY

W ogólnie przyjętych metodach oceny stopnia zanieczyszczania środowiska coraz częściej znajdują zastosowanie biologiczne metody testowe. Jedynie biologiczna ocena skażeń pozwala na otrzymanie stosunkowo szybko i bez specjalnych nakładów szczegółowych danych o reakcji wybranych organizmów na ogólne miano skażenia*. Zbyt jednostronne podejście do zagadnienia, oparte wyłącznie na wynikach analiz chemicznych prowadzi często do błędnych wniosków, bowiem stopień tolerancji poszczególnych organizmów roślinnych na toksyczne podłoże uwarunkowany jest szeregiem właściwości genetycznych i fizjologicznych. Ponadto, w przypadku skażeń mieszanych, wpływ poszczególnych jego składników jest bardzo często różny od działania ogólnego miana skażenia*.

Niniejsza praca stanowi jeden z elementów grupy testowych metod biologicznych, a dotyczy próby oceny tolerancji roślin na zasolenie. Ogólna zawartość soli w glebie lub wodach jest jednym z kryteriów oceny

* Sumaryczny efekt toksycznego działania poszczególnych składników.

ich przydatności dla produkcji roślinnej, ponieważ przekroczenie stężeń granicznych działa toksycznie na żywe organizmy. Ustalenie kryteriów oceny stopnia zasolenia wód oraz granicznych stężeń soli z punktu widzenia wpływu na rośliny następuje wiele trudności. Obecnie stosuje się kilka kryteriów (Richards 1954). Są to: suma soli, zawartość sodu i jego stosunek do innych kationów, zawartość boru, ilość kwaśnego węglanu HCO_3^- w stosunku do stężenia wapnia i magnezu. Ujemną stroną proponowanych wskaźników jest to, że nie uwzględniają interakcji poszczególnych soli, ich oddziaływania na właściwości fizykochemiczne gleb oraz nie uwzględniają w pełni reakcji roślin. Strogonow (1962) rozważał reakcję roślin na wzrastające zasolenie i zmieniający się skład soli w podłożu. Stwierdził, że osmotyczny potencjał roztworu glebowego może mieć szkodliwy wpływ dopiero wtedy, gdy nagromadzenie soli powoduje zjawisko suszy fizjologicznej. W tych warunkach zahamowane jest pobieranie wody, kiełkowanie nasion i rośliny giną, natomiast na mniej zasolonej glebie, toksyczne działanie wywołane jest przekroczeniem progu tolerancji któregoś z występujących w nadmiarze jonów, a szczególnie chloru i boru. Większość roślin jest bardziej wrażliwa na zasolenie w początkowych fazach wzrostu. Potwierdziły to badania Bersteina (1960) i Strogonowa (1962). Stadium kiełkowania, początkowy okres wzrostu siewek oraz krzewienie się roślin wymieniane są jako okresy krytyczne na duże stężenia soli. W amerykańskich pracach, dotyczących tolerancji roślin na zasolenie, jako kryterium oceny niejednokrotnie stosowano próbę kiełkowania. Ayers (1952) uważa, że rośliny w tym stadium rozwoju są bardziej czułe na uszkodzenia, niż w okresach późniejszych. W warunkach polowych zależy to głównie od znacniejszego nagromadzenia soli w strefie powierzchniowej, tj. tam, gdzie kiełkują i zakorzeniają się rośliny. Ponadto osobnicza wrażliwość na zasolenie jest w tym stadium zwykle większa. Ta wysoka wrażliwość w niektórych przypadkach może się zmieniać podczas dalszego rozwoju danego gatunku. Bernstein (1960) stwierdził, że burak cukrowy w stadium kiełkowania jest wrażliwszy na zasolenie niż kukurydza i lucerna. Po dobrym zakorzenieniu się toleruje trzykrotnie wyższe stężenia od tych, które są krytyczne dla początkowej fazy wzrostu. Ryż jest odporny na zasolenie podczas kiełkowania, lecz młode siewki są bardzo wrażliwe. Jęczmień i kukurydza są bardziej odporne na zasolenie podczas kiełkowania aniżeli w późniejszych stadiach. Wiele podobnych przykładów podaje w swej pracy Strogonow (1962). Bernstein (1958) w badaniach dotyczących tolerancji traw i motylkowatych na nadmiar soli uszeregował rośliny w trzy grupy wg malejącej odporności. Wśród gatunków odpornych i średnioodpornych znajdują się: stokłosa bezostna, perz, kostrzewa trzcinowa, jęczmień, nostryk biały, życica trwała, żyto, owies, kukpówka pospolita, rajgras wyniosły. Najmniej tolerancyjne okazały się:

koniczyna biała i koniczyna białoróżowa. Zwiększona wrażliwość roślin na wszelkie związki toksyczne w stadium kiełkowania wykorzystywana jest do testowania stopnia zasolenia, a także wielu innych rodzajów skażeń środowiska. Paluch (1966), w swych badaniach nad stopniem zanieczyszczenia wód i powietrza, stosował nasiona grochu, kapusty, maku, kukurydzy i koniczyny łąkowej. Oznaczał zdolność kiełkowania oraz przyrosty kiełków. Otrzymane wyniki potwierdziły celowość używania nasion jako bioindykatorów dopuszczalnej zawartości zanieczyszczeń. Tolerancję kiełkujących roślin na różne stężenia soli badał Choudhuri (1967). Wszystkie badane gatunki reagowały na zasolenie obniżeniem kiełkowania. Największe potencjalne możliwości osmoregulacji w ontogenezie wykazało *Lepidium perfoliatum*. Biotestem, polegającym na oznaczaniu zdolności kiełkowania nasion, posługiwał się Petrosovits (1968) w swych pracach nad określaniem stopnia tolerancji na zasolenie. Najbardziej wrażliwe okazały się takie gatunki, jak: fasola, groch, soja. Największą odporność wykazywał rajgras wyniosły. Wśród metod laboratoryjnych, stosowanych do badania aktywności biologicznej substancji wzrostowych i herbicydów, ważne miejsce zajmuje grupa metod polegających na wykiełkowaniu nasion w badanych roztworach oraz pomiarach przyrostów korzeni. Do bardziej znanych metod należą: test korzenia rzeżuchy, pszenicy, grochu, kukurydzy, ogórków. Szymura* zaleca do badania aktywności herbicydów stosowanie testu kiełkowania nasion gorczycy. Królikowski* przytacza metodę oceny biologicznej gleby traktowanej herbicydami, polegającą na kiełkowaniu nasion. z równoczesną obserwacją zachowania się roślin w fazie siewki.

MATERIAŁ I METODA

Przedstawione wyniki badań dotyczą określania stopnia tolerancji na zasolenie wybranych gatunków traw i roślin motylkowatych. Zastosowano metodę testowania biologicznego, polegającą na oznaczaniu energii i zdolności kiełkowania nasion, oraz stopnia przeżywalności siewek.

Wybór tej metody uzasadniała stwierdzona przez wielu badaczy wrażliwość roślin w stadium kiełkowania oraz w początkowej fazie wzrostu na nadmiar soli, a także możliwość otrzymania w stosunkowo krótkim czasie informacji o reakcji dużej liczby gatunków roślin na sumaryczne miano skażenia solami.

Środowisko, w którym kiełkowały nasiona, stanowiła alkaliczna woda, wypływająca z hałdy popiołowej elektrowni w Koninie. Woda używana była do hydraulicznego podawania popiołu na zwałowisko i miała

* Materiały do metodyki badań biologicznej oceny środków ochrony roślin. IOR cz. II. Poznań, 1964.

obieg zamknięty. Zawierała więc dużą ilość rozpuszczalnych składników. Odczyn wody wynosił pH 11,1 a skład chemiczny przedstawiono w tabeli 1.

Hałdy popiołowe w Koninie stanowiły środowisko zupełnie pozbawione roślinności, przypominające krajobraz pustynny. Bez względu na stopień uwilgotnienia nie wkraczała na nie ani roślinność hygrofilna, ani suchoroślowa. Wykazywana przez wielu autorów duża odporność traw i niektórych roślin motylkowatych na silne zasolenie środowiska stwarzała potencjalne możliwości wprowadzenia na hałdy popiołowe, pozbawione wszelkich żywych organizmów tego typu, okrywy roślinnej. Wyselekcjonowane, najbardziej tolerancyjne gatunki miały więc stanowić pionierską roślinność, zapobiegającą pyleniu oraz inicjującą procesy glebotwórcze na zwałowiskach popiołów.

Tabela 1—Table 1

Skład chemiczny zasolonej wody z hałdy wg analiz wykonywanych w Zakładzie Torfoznawstwa A.R.

Chemical content of saline water

Składniki Components	mg/l	Składniki Components	mg/l
Sucha masa Dry matter	2716,0	Krzemionka (SiO_2)	308,5
Straty po wyżarzeniu Losses consequent on combustion	625,0	żelazo (Fe_2O_3)	223,4
		wapń (CaO)	935,3
		fosfor (P_2O_5)	1,5
		potas (K_2O)	23,4
		sód (Na_2O)	40,0
		mangan (Mn)	0,5
		miedź (Cu)	0,5
		żelazo (Fe^{+++})	223,4
		bor (Bo) rozpuszczalny w H_2O dissoluble in water	0,4

Jako bioindykatory wykorzystano 11 gatunków traw pastewnych oraz 10 gatunków roślin z rodziny motylkowatych.

Listę gatunków przedstawiono poniżej:

Trawy:

1. Kostrzewa łąkowa — *Festuca pratensis* Huds.
2. Kostrzewa czerwona — *Festuca rubra* L.
3. Kostrzewa owcza — *Festuca ovina* L.
4. Kupkówka pospolita — *Dactylis glomerata* L.
5. Mietlica biaława — *Agrostis alba* L.
6. Rajgras wyniosły — *Arrhenatherum elatius* (L.) P.B.

7. Stokłosa bezostna — *Bromus inermis* L.
8. Tymotka łąkowa — *Phleum pratense* L.
9. Wiechlina błotna — *Poa palustris* L.
10. Życica trwała — *Lolium perenne* L.
11. Życica wielokwiatowa — *Lolium multiflorum* Lam.

Motylikowate:

1. Inkarnatka — *Trifolium incarnatum* L.
2. Koniczyna biała — *Trifolium repens* L.
3. Koniczyna białoróżowa — *Trifolium hybridum* L.
4. Koniczyna łąkowa — *Trifolium pratense* L.
5. Koniczyna perska — *Trifolium resupinatum* L.
6. Komonica zwyczajna — *Lotus corniculatus* L.
7. Lucerna chmielowa — *Medicago lupulina* L.
8. Lucerna siewna — *Medicago sativa* L.
9. Nostrzyk biały — *Melilotus albus* Med.
10. Przelot pospolity — *Anthyllis vulgaris* L.

Do badań używano nasiona o sprawdzonej wartości siewnej. Środowisko analityczne stanowiła woda zasolona, a nasiona serii kontrolnej kiełkowały w wodzie wodociągowej.

Kiełkowanie oraz obserwacje wzrostu siewek przeprowadzano w kiełkownikach własnej konstrukcji. Były to kuwety fotograficzne o wymiarach 35 cm × 43 cm, w których na specjalnie wygiętych wieszakach z prętów winidurowych umieszczone były płyty szklane, przykryte paskami bibuły, z zachowaniem stałego podsiąku. Na bibule umieszczano nasiona. Kuwetę przykrywano szkłem tak, aby zachowany był dostęp powietrza. Przykrycie kiełkownika płytami szklanymi pozwalało na utrzymywanie stałej wilgotności powietrza nad nasionami oraz zapobiegało istotnym zmianom stężenia testowanych roztworów.

W badaniach zastosowano 3 serie z wodą zasoloną o różnym stężeniu oraz serię kontrolną, z wodą wodociagową; pomiary wykonywano w 4 powtórzeniach. Stężenia zróżnicowano następująco: woda alkaliczna bez rozcieńczeń, 2 części wody zasolonej i 1 część wody wodociągowej oraz 1 część wody zasolonej i 1 część wody wodociągowej. Kiełkowniki napełniano badanym płynem, a na zwilżonej nim bibule nakładano po 100 nasion każdego gatunku. Przykryte szkłem kiełkowniki odstawiano na okres trwania doświadczenia. Nasiona kiełkowano na świetle, w temperaturze pokojowej. Po upływie określonej ilości dni, zgodnej z przyjętymi normami (D o r y w a ł s k i 1964) oznaczano energię i zdolność kiełkowania każdego z gatunków. Skiełkowane nasiona pozostawiono jeszcze przez okres 3 tygodni w kiełkownikach, celem dokonania obserwacji ewentualnych symptomów toksycznego działania podłoża na siewki. Biorąc pod uwagę fakt, że w początkowym okresie kiełkowania roślina korzysta z materiałów zapasowych zgromadzonych w nasionach, a także

uwzględniając zjawisko występowania większej siły ssącej młodych korzeni zarodkowych i osobniczej odporności, istniała obawa, że objawy szkodliwego działania zasolenia mogą u pewnych gatunków wystąpić dopiero w stadium siewek. Dla ustalenia granic toksyczności oraz zjawiska hamowania i stymulacji procesu kiełkowania, otrzymane wyniki przeliczano w procentach kontroli.

Tabela 2—Table 2

Energia (E_n) i zdolność kiełkowania (Z_d) oznaczona dla nasion kiełkowanych w zasolonej wodzie i jej rozcieńczeniach

Germination viability (E_n) and germination capacity (Z_d) determined for seeds germinated in saline water and its dilutions

Rodzaj i gatunek Plant species	Woda zasolona Saline water						Seria kontrolna Control series	
	pełne stężenie full concentration		rozcieńczenie 2 : 1 dilutions 2 : 1		rozcieńczenie 1 : 1 dilutions 1 : 1			
	E _n	Z _d	E _n	Z _d	E _n	Z _d	E _n	Z _d
Gramineae								
<i>Festuca pratensis</i>	72,2	86,8	76,8	89,5	77,0	89,0	78,0	84,7
<i>Festuca rubra</i>	64,5	77,5	65,2	80,2	74,7	80,0	81,0	83,0
<i>Festuca ovina</i>	36,0	62,2	37,0	71,1	64,3	72,0	68,3	81,0
<i>Dactylis glomerata</i>	70,2	84,5	72,5	84,5	75,7	85,3	70,3	86,0
<i>Agrostis alba</i>	40,5	49,2	46,0	49,5	51,7	53,0	50,0	60,7
<i>Arrenatherum elatius</i>	72,2	77,2	73,5	83,0	73,3	87,0	78,7	79,3
<i>Bromus inermis</i>	38,0	60,8	39,7	68,7	39,3	69,7	68,0	69,3
<i>Phleum pratense</i>	92,5	92,5	92,0	94,0	92,7	92,7	93,3	94,3
<i>Poa palustris</i>	40,0	44,5	40,5	46,2	40,0	46,3	54,7	54,7
<i>Lolium perenne</i>	95,7	95,7	93,2	93,2	93,3	93,3	92,3	93,7
<i>Lolium multiflorum</i>	80,0	83,0	88,5	88,5	88,7	90,7	83,3	88,0
Papilionaceae								
<i>Trifolium incarnatum</i>	92,2	92,2	94,2	94,2	95,3	95,3	96,7	97,3
<i>Trifolium repens</i>	24,7	48,5	36,2	64,5	45,0	71,0	77,7	81,3
<i>Trifolium hybridum</i>	66,0	83,5	71,0	83,2	85,0	89,3	85,3	89,7
<i>Trifolium pratense</i>	81,0	86,2	85,2	91,2	85,3	91,3	87,7	93,7
<i>Trifolium resupinatum</i>	96,2	96,2	95,7	95,7	95,5	95,5	98,7	98,7
<i>Lotus corniculatus</i>	54,5	64,2	62,0	75,0	66,3	76,7	76,7	81,0
<i>Medicago lupulina</i>	17,7	44,2	24,7	62,2	32,5	70,0	71,7	76,0
<i>Medicago sativa</i>	83,0	84,0	83,0	87,0	83,3	89,0	92,3	92,3
<i>Melilotus alba</i>	75,0	75,0	75,0	79,2	75,5	87,0	84,0	84,0
<i>Anthyllis vulgaris</i>	59,5	77,7	66,7	82,0	75,2	87,0	85,0	86,0

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Tolerancja różnych roślin w odniesieniu do badanej wody okazała się niejednakowa i chociaż generalnie ujmując zagadnienie, stwierdzić należy, że ani skład chemiczny, ani odczyn badanej wody nie spowodowały całkowitego wyeliminowania żadnego z badanych gatunków, to jednak u pewnych roślin wystąpiło zjawisko obniżania energii i zdolności kiełkowania.

Otrzymane wyniki zestawiono w tabelach 2 i 3. Analizę wyników przeprowadzono na wartościach wyrażonych w procentach kontroli, z uwzględnieniem efektu hamowania i stymulacji procesu kiełkowania nasion (tab. 3). Stwierdzone prawidłowości i zakres tolerancji roślin zilustrowano na wykresach (ryc. 1, 2 i tab. 3).

W pełnym stężeniu wody zasolonej najsilniej zareagowały: kostrzewa owcza, mietlica biaława i wiechlina błotna, co przejawiało się wyraźnym obniżeniem energii i zdolności kiełkowania. U kostrzewy owczej efekt hamowania osiągnął aż 47%, a zdolność kiełkowania — 23%. Mietlica biaława i wiechlina błotna obniżyły wschody o około 20% (tab. 3). Efekt zasolenia u stokłosa bezostnej ograniczył się jedynie do obniżenia energii kiełkowania średnio o 42% we wszystkich badanych stężeniach, po czym w ciągu następnych dni nastąpiło wyrównanie wschodów do wartości otrzymanych w seriach kontrolnych. Podobną prawidłowość stwierdzono w przypadku nasion kostrzewy czerwonej. Wyraźną odporność na zasolenie wykazały takie gatunki jak: życica trwała, kostrzewa łąkowa, kupkówka pospolita, życica wielokwiatowa, rajgras wyniosły i tymotka łąkowa. Efekt hamowania w przypadku tych roślin nie przekroczył 5%, a u życicy trwałej i kostrzewy łąkowej zaobserwowano nawet niewielką stymulację procesu kiełkowania w stosunku do wartości kontrolnych. Wraz ze wzrostem rozcieńczenia przesunęła się granica tolerancji badanych gatunków traw, nie zmieniając jednak tendencji u najmniej odpornych gatunków. U pozostałych roślin w warunkach najmniejszego stężenia różnice międzygatunkowe zatarły się prawie całkowicie. Na rozcieńczenie najsilniej zareagował rajgras wyniosły, u którego wystąpiła prawie 10-procentowa stymulacja kiełkowania. Przeprowadzone obserwacje wzrostu siewek po wykiełkowaniu, w przypadku gatunków z rodziny traw, potwierdziły w pełni stwierdzone w pierwszym etapie badań prawidłowości. Wszystkie gatunki odporne na zasolenie w stadium kiełkowania wykazywały bujny wzrost części nadziemnych i korzeni.

Podobnie jak w przypadku traw, dla żadnego z gatunków roślin motylkowatych, alkaliczne podłoże nie było czynnikiem powodującym całkowite porażenie roślin w stadium kiełkowania. Mimo to, szczegółowa analiza wyników wskazała na istnienie różnic międzygatunkowych w odniesieniu do stopnia tolerancji na specyficzne warunki wschodów. Zupełnie prawidłowy przebieg w pełnym stężeniu wody alkalicznej miały

Tabela 3

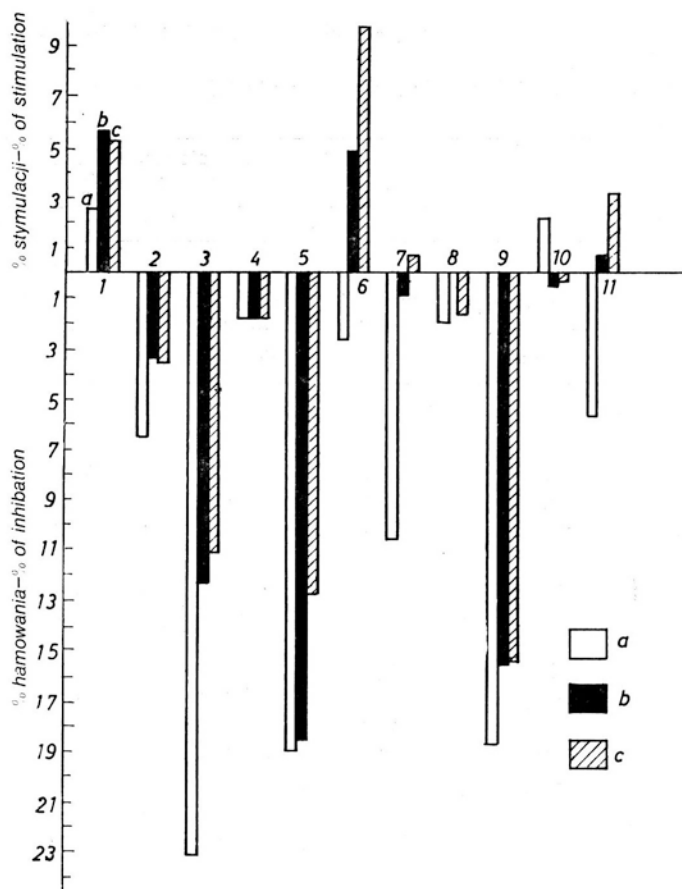
Energia (E_n) i zdolność kiełkowania (Z_d) nasion wyrażona w procentach kontroli w zasolonej wodzie
 Germination viability (E_n) and germination capacity (Z_d) as percentages of control water and

Rodzaje i gatunki Plant species	Pełne stężenie Full concentration				Rozcieńcze Dilu	
	E_n		Z_d		E_n	
	w % kontroli as % of control	—hamow. +stymul. —inhib. +stimul.	w % kontroli as % of control	—hamow. +stymul. —inhib. +stimul.	w % kontroli as % of control	—hamow. +stymul. —inhib. +stimul.
<i>Gramineae</i>						
<i>Festuca</i>						
<i>pratensis</i>	92,6	—7,4	102,5	+2,5	98,5	—1,5
<i>Festuca rubra</i>	79,6	—20,4	93,4	—6,6	80,5	—19,5
<i>Festuca ovina</i>	52,7	—47,3	76,8	—23,2	54,2	—45,8
<i>Dactylis</i>						
<i>glomerata</i>	99,8	—0,2	98,2	—1,8	103,1	+3,1
<i>Agrostis alba</i>	81,0	—19,0	81,0	—19,0	92,0	—8,0
<i>Arrhenatherum</i>						
<i>elatus</i>	91,7	—8,3	97,3	—2,7	93,4	—6,6
<i>Bromus inermis</i>	55,9	—44,1	89,4	—10,6	58,4	—41,6
<i>Phleum pratense</i>	99,1	—0,9	98,1	—1,9	98,6	—1,4
<i>Poa palustris</i>	73,1	—26,9	81,3	—18,7	74,6	—25,4
<i>Lolium perenne</i>	103,7	+3,7	102,1	+2,1	101,0	+0,1
<i>Lolium</i>						
<i>multiflorum</i>	96,0	—4,0	94,3	—5,7	106,2	+6,2
<i>Papilionaceae</i>						
<i>Trifolium</i>						
<i>incarnatum</i>	95,3	—4,7	94,7	—5,3	97,4	—2,6
<i>Trifolium</i>						
<i>repens</i>	31,8	—68,2	59,6	—40,4	46,6	—53,4
<i>Trifolium</i>						
<i>hybridum</i>	77,4	—22,6	93,1	—6,9	83,2	—16,8
<i>Trifolium</i>						
<i>pratense</i>	92,4	—7,6	92,0	—8,0	97,1	—2,9
<i>Trifolium</i>						
<i>resupinatum</i>	97,5	—2,5	97,5	—2,5	97,0	—3,0
<i>Lotus</i>						
<i>corniculatus</i>	71,0	—29,0	79,2	—20,8	80,8	—19,2
<i>Medicago</i>						
<i>lupulina</i>	24,7	—75,3	58,1	—41,9	34,4	—65,6
<i>Medicago</i>						
<i>sativa</i>	89,9	—10,1	91,0	—9,0	89,9	—10,1
<i>Melilotus albus</i>	89,3	—10,7	89,3	—10,7	89,9	—10,1
<i>Anthyllis</i>						
<i>vulgaris</i>	70,0	—30,0	90,3	—9,7	78,5	—21,5

Table 3

oraz w procentach hamowania (–) lub stymulacji (+) dla nasion kiełkowanych i jej rozcieńczeniach
and as percentages of inhibition and stimulation for seeds germinated in saline its dilutions

nie 2 : 1 tion 2 : 1		Rozcieńczenie 1 : 1 Dilution 1 : 1			
Z _d		E _n		Z _d	
w % kontroli as % of control	–hamow. +stymul. –inhib. +stimul.	w % kontroli as % of control	–hamow. +stymul. –inhib. +stimul.	w % kontroli as % of control	–inhib. +stymul. –hamow. +stimul.
105,6	+5,6	98,7	–1,3	105,1	+5,1
96,6	–3,4	92,2	–7,8	96,4	–3,6
87,7	–12,3	94,1	–5,9	88,8	–11,2
98,2	–1,8	107,7	+7,7	98,2	–1,8
81,5	–18,5	103,4	+3,4	87,3	–12,7
104,7	+4,7	93,1	–6,9	109,7	+9,7
99,1	–0,9	57,8	–42,2	100,6	+0,6
99,7	–0,3	99,3	–0,7	98,3	–1,7
84,5	–15,5	73,1	–26,9	84,6	–15,4
99,5	–0,5	101,1	+1,1	99,6	–0,4
100,6	+0,6	106,5	+6,5	103,1	+3,1
96,8	–3,2	98,5	–1,5	97,9	–2,1
79,3	–20,7	57,9	–42,1	87,3	–12,7
92,8	–7,2	99,6	–0,4	94,0	–6,0
97,3	–2,7	97,3	–2,7	97,4	–2,6
97,0	–3,0	97,0	–3,0	97,0	–3,0
92,6	–7,4	86,4	–13,6	94,7	–5,3
81,8	–18,2	45,3	–54,7	92,1	–7,9
94,2	–5,8	90,2	–9,8	96,4	–3,6
94,3	–5,7	89,9	–10,1	103,6	+3,6
95,3	–4,7	88,5	–11,5	95,3	–4,7



Ryc. 1. Wpływ zasolonej wody oraz rozcieńczonej w różnym stopniu na zdolność kiełkowania (Zd) w % hamowania lub stymulacji w stosunku do serii kontrolnej.

a — pełne stężenie; b — rozcieńczenie 2 : 1; c — rozcieńczenie 1 : 1

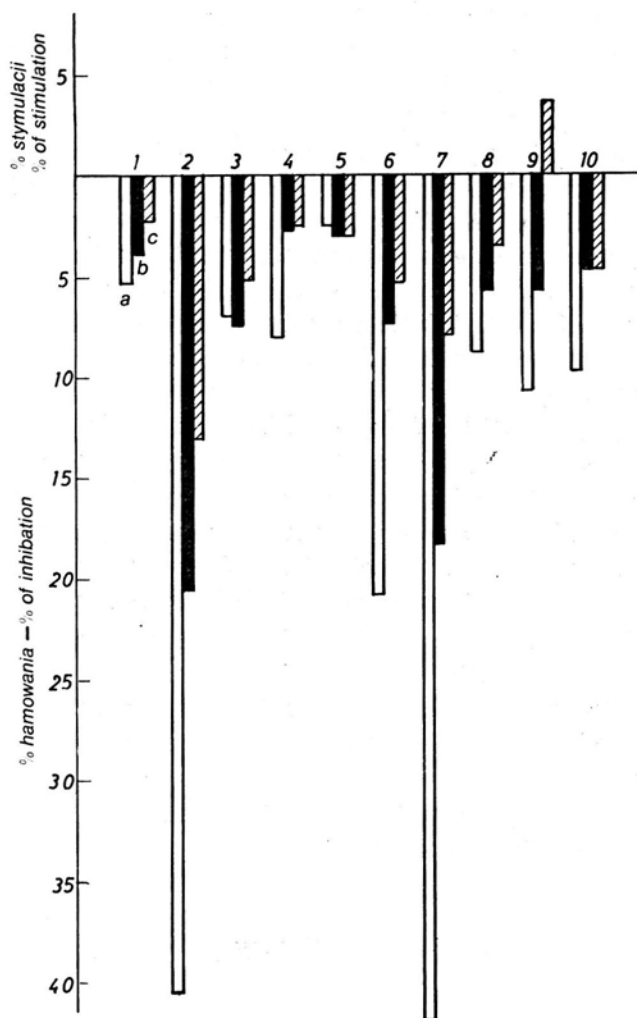
Fig. 1. Effect of water with different salinity degrees on germination capacity (Zd). a — full concentration; b — dilution 2 : 1; c — dilution 1 : 1

Germination capacity is expressed as % of inhibition or stimulation in comparison to control series

1 — *Festuca pratensis* Huds.; 2 — *Festuca rubra* L.; 3 — *Festuca ovina* L.; 4 — *Dactylis glomerata* L.; 5 — *Agrostis alba* L.; 6 — *Arrhenatherum elatius* (L.) P.B.; 7 — *Bromus inermis* L.; 8 — *Phleum pratense* L.; 9 — *Poa palustris* L.; 10 — *Lolium perenne* L.; 11 — *Lolium multiflorum* Lem.

wschody koniczyny perskiej i inkarnatki. Otrzymane wyniki niewiele odbiegały od uzyskanych w seriach kontrolnych (tab. 2).

Efekt toksyczny działania dużego stężenia soli wystąpił niezwykle wyraźnie u koniczyny białej i komonicy zwyczajnej oraz lucerny chmielowej. Hamowanie energii kiełkowania wynosiło średnio 77, 70 i 25%, a zdolności kiełkowania kolejno 40, 20 i 42% (tab. 3). Dane te stały się



Ryc. 2. Wpływ zasolonej wody oraz rozcieńczonej w różnym stopniu na zdolność kiełkowania (Zd) w % hamowania lub stymulacji w stosunku do serii kontrolnej.

Objaśnienia jak w ryc. 1

Fig. 2. Effect of water with different salinity degrees on germination capacity.

Explanation as in Fig. 1

Germination capacity is expressed as % of inhibition or stimulation in comparison to control series

1—*Trifolium incarnatum* L.; 2—*Trifolium repens* L.; 3—*Trifolium hybridum* L.; 4—*Trifolium pratense* L.; 5—*Trifolium resupinatum* L.; 6—*Lotus corniculatus* L.; 7—*Medicago lupulina* L.; 8—*Medicago sativa* L.; 9—*Melilotus albus* Med.; 10—*Anthyllis vulgaris* L.

podstawą do umieszczenia omawianych gatunków w grupie roślin najbardziej wrażliwych. Pozostałe gatunki zareagowały obniżeniem zdolności kiełkowania o około 10%. Malejący stopień zasolenia powodował stop-

niowy, lecz niewielki wzrost siły kiełkowania nasion. Najślabiej na rozcieńczenie zareagowały koniczyna biała, u której nawet w wodzie o najmniejszym stopniu zasolenia hamowanie osiągnęło wartość 13⁰/₀. Najsilniejsza reakcja, przejawiająca się wzrostem liczebności wschodów, aż do efektu stymulacji, wystąpiła u nostrzyka. U lucerny chmielowej, lucerny siewnej i przelotu, mimo dość dobrych wschodów, nie wskazujących swą liczebnością na jakiegokolwiek możliwości uszkodzeń, obserwacje kiełków poczynione w ciągu dalszych 2 tygodni radykalnie zmieniły sytuację. Okazało się, że ujemny efekt zasolenia wystąpił właśnie po wykiełkowaniu, w tej drugiej fazie wzrostu, zaliczanej także do okresów krytycznych. U wszystkich kiełków nastąpiło zahamowanie wzrostu i zasychanie. Pozostałe gatunki rosły prawidłowo, wchodząc w fazę wykształcenia pierwszych liści bez żadnych objawów uszkodzeń.

Spośród roślin uprawnych, które były przedmiotem innych badań autorki, najlepiej kiełkowały w środowisku zasadowym, nasiona gorczycy białej. Wyciąg z popiołów nie był szkodliwym podłożem dla przebiegu tej fazy wzrostu. Przeciwnie, zaobserwowano w pełnym stężeniu zasolonej wody 11⁰/₀ efekt stymulacji kiełkowania.

W podsumowaniu stwierdzić należy, że zastosowana metoda oceny stopnia tolerancji roślin na zasolenie pozwoliła na wykazanie istotnych różnic pomiędzy gatunkami w postaci różnego efektu hamowania procesu kiełkowania, oraz zróżnicowanego wpływu na początkową fazę wzrostu siewek.

Uszeregowanie gatunków pod względem stopnia ich odporności na zasoloną wodę przedstawia się następująco:

Trawy

Odporne	Średnio odporne	Wrażliwe
kostrzewa łąkowa	kostrzewa czerwona	kostrzewa owcza
kupkówka pospolita	stokłosa bezostna	mietlica biaława
tymotka łąkowa		wiechlina błotna
życica trwała		
życica wielokwiatowa		
rajgras wyniosły		

Motylkowate

koniczyna perska	koniczyna łąkowa	koniczyna biała
inkarnatka	koniczyna białoróż.	komonica zwyczajna
	nostrzyk biały	lucerna chmielowa
		lucerna siewna
		przełot pospolity

Otrzymane wyniki i zaobserwowane prawidłowości potwierdzone zostały w dalszych etapach badań wazonowych, oraz polowych prowadzonych bezpośrednio na zwałowiskach popiołów w Koninie (Prończuk 1970). Mieszanki trawiaste, w skład których weszły gatunki najbardziej odporne na zasolenie oraz tolerancyjne rośliny motylkowate, a także gorczyca biała, stworzyły pionierską roślinność porastającą hałdy. Ich wzrost i rozwój na „glebie popiołowej” nie odbiegał od typowego dla klasy gleb średnich i dobrych. Obecnie najbujniej rosną: gorczyca biała, nostrzyk biały i kupkówka pospolita.

WNIOSKI

1. Stosowanie testów roślinnych według przedstawionej metody może mieć znaczenie praktyczne przy ustalaniu stopnia szkodliwości zasolenia w odniesieniu do roślin.
2. Otrzymane metodą oznaczania zdolności kiełkowania i początkowej fazy wzrostu roślin informacje, mogą być przydatne przy wyborze sposobu zagospodarowania skażonych środowisk.
3. Uzyskane wyniki i obserwacje potwierdzają celowość stosowania nasion, jako bioindykatorów.
4. Najmniej odporne na zasolenie w grupie traw okazały się gatunki: kostrzewa owcza, mietlica biaława, wiechlina błotna.
5. Spośród roślin motylkowatych najniższą odporność wykazały: konieczyna biała, komonica zwyczajna, lucerna chmielowa, lucerna siewna i przelot pospolity.
6. Do gatunków wyróżniających się wysokim stopniem tolerancyjności zaliczono: kostrzewę łąkową, życicę trwałą, życicę wielokwiatową, oraz rajgras wyniosły.
7. W grupie roślin motylkowatych, konieczyna perska i inkarnatka wyróżniły się najwyższą odpornością na zasolone podłoże.
8. Wyniki badań testowych potwierdzone zostały w praktyce. Gorczyca biała, nostrzyk biały i kupkówka pospolita obecnie stanowią roślinność pionierską przy zagospodarowaniu składowisk odpadów paleniskowych.

LITERATURA

- Ayers A. D., 1952. Seed germination as effected by soil moisture and salinity. *Agrom. Journ.* 44: 82-84.
- Bernstein L., 1958. Salt tolerance of grasses and forage legumes. *USDA Agr. Inf. Bull.* 194.
- Bernstein L., 1959. Salt tolerance of vegetable crops. *USDA Agr. Inf. Bull.* 205.

- Bernstein L., 1960. Salt tolerance of field crops. USDA Agr. Inf. Bull. 217.
- Bernstein L., 1964. Salt tolerance of plants. USDA Agr. Inf. Bull. 283.
- Bernstein L., 1965. Salt tolerance of fruit crops. USDA Agr. Inf. Bull. 192.
- Choudchuri G. S., 1968. Effect of soil salinity on germination and survival of some steppe plants in Washington. Ecology. 49: 34-40.
- Dorywalski J., 1964. Metodyka oceny nasion. PWRiL. Warszawa. Materiały do metodyki badań biologicznej oceny środków ochrony roślin., 1964. IOR cz. II. Poznań.
- Paluch J., 1966. Testy roślinne jako wskaźniki zanieczyszczenia wód i powietrza. Biuletyn Zakł. Badań Nauk. GOP PAN 8: 7-26.
- Petrosovits J., 1968. A novények csirázáskori sötürese és az öntözés. Agrokozma és Talajtan. 17(1-2): 61-76.
- Prończuk J., 1970, 1971. Możliwości zagospodarowania hałd popiołowych elektrowni Konin. SGGW, Instytut Przyrodniczych podstaw Melioracji. Warszawa. Maszynopis.
- Richards L. A., 1954. Diagnosis and improvement on saline and alkali soils. USDA Handbook 60.
- Strogonow B. P., 1962. Fizjologiczeskije osnovy soleustojczivosti rastenij. Izd. Akad. Nauk ZSRR, Moskwa.