INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 2/I/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 7–18
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

WPŁYW NAWOŻENIA AZOTOWO-POTASOWEGO I NAWADNIANIA NA WYBRANE ROŚLINY UPRAWNE PRZYDATNE W FITOREMEDIACJI

Cezary Podsiadło

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

LONG-TERM TREND OF SHAPING SELECTED CHARACTERISTICS OF STREAMFLOW DROUGHTS IN THE ZAGOŻDŻONKA CATCHMENT

Streszczenie

W środowiskach o znacznym zasoleniu występują halofity, które są narażone nie tylko na stres związany z zasoleniem ale również na stres związany z niedoborem tlenu.

Stopniowe narastanie tego problemu na terenach użytkowanych rolniczo, wpływa na ukierunkowanie badań naukowych, mających na celu dobór roślin uprawnych o dużej tolerancji względem gleb słonych, w tym również nawadnianych.

Celem, przeprowadzonych w latach 2008-2009 doświadczeń, był dobór gatunków roślin do fitoremediacji gleb nawadnianych i nawożonych przez wiele lat.

Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że spośród wskaźników wzrostu i rozwoju roślin, do oceny ich przydatności do rekultywacji gleb zasolonych, najbardziej nadawały się indeks azotowy i zazielenienia, w mniejszym zakresie wysokość roślin.

Zaobserwowano interakcję między nawożeniem a gatunkiem na kształtowanie się świeżej i suchej masy roślin. Dotyczyło to głównie świeżej i suchej masy części nadziemnej natomiast w przypadku korzeni, jedynie ich świeżej masy.

Biorąc pod uwagę zasolenie podłoża i wzrost badanych roślin największą odporność na zasolenie wykazała gorczyca biała, kukurydza a najmniej odpornym gatunkiem okazał się łubin żółty. Dowodzi tego obniżenie zasolenia, koncentracja wapnia, potasu i fosforu, w glebie poddanej wieloletniemu nawadnianiu i nawożeniu azotem i potasem w porównaniu do obiektów kontrolnych (be nawożenia).

Przeprowadzone doświadczeniu wykazały, że najodpowiedniejszym gatunkiem do fitoremediacji gleb z wieloletnim nawadnianiem i nawożeniem mogłyby być gorczyca biała oraz kukurydza cukrowa, w mniejszym stopniu życica wielokwiatowa. Nie stwierdzono tego pozytywnego oddziaływania w przypadku łubinu żółtego.

Słowa kluczowe: fitoremediacja, gleby zasolone, gleby nawadniane, gorczyca biała, kukurydza, łubin żółty, życica wielokwiatowa, dobór gatunków

Summary

In environments with a high salinity are halophytes, which are exposed not only to the stress of salinity but also the stress associated with a deficiency of oxygen

The gradual build-up of the problem in areas used for agriculture, affects the orientation of research, aiming at the selection of crops with high tolerance to saline soils, including irrigated.

The aim, carried out in 2008-2009 experience, was the choice of plant species for phytoremediation of soils irrigated and fertilized for many years.

The conducted experiments show that, of the growth and development of plants, to assess their suitability reclamation of saline soils, most of the nitrogen is indicated and greening index, to a lesser extent the height of the plants.

There was an interaction between fertilization and the formation of species of fresh and dry weight of plants.

This was mostly fresh and dry weight of aboveground and in the case of roots, only their fresh weight.

Given the increase in salinity of the ground and most studied plants showed resistance to salinity white mustard, corn and least resistant species was yellow lupine.

This is evidenced by lower salinity, the concentration of calcium, potassium and phosphorus in the soil subjected to many years of irrigation and fertilization with nitrogen and potassium in comparison to the control objects (be fertilization).

Conducted experience has shown that the most appropriate species for phytoremediation of soils with many irrigation and fertilization could be, white mustard and sweet corn, to a lesser extent, Italian ryegrass.

This has not been a positive impact in the case of yellow lupine.

Key words: *phytoremediation, soil saline soil irrigated, white mustard, corn, yellow lupine, Italian ryegrass, the choice of species*

WSTĘP

W ostatnich latach szczególnej wagi nabiera problem zasolenia gleb. Obejmuje on 7% powierzchni Ziemi, co stanowi 930 milionów ha i powierzchnia ta ciągle się powiększa.

Reakcja roślin na nadmiar soli w glebie może być bardzo różna w zależności od gatunku (a nawet odmiany), fazy rozwojowej, rodzaju soli, warunków

środowiska [Matuszak , Brzóstowicz 2006]. Zapobieganie i ograniczanie przedostawania się soli do środowiska glebowo-wodnego powinno być podstawowym sposobem walki z zasoleniem. Nie w każdym jednak przypadku można zapobiec przedostaniu się soli do środowiska. Jednym ze sposobów walki z zasoleniem jest rekultywacja terenów zdegradowanych. Wybór metody rekultywacji zależy od stopnia zasolenia, właściwości utworów, wymaganego terminu zakończenia prac, rodzaju przyszłego zagospodarowania terenu oraz dostępnych środków finansowych.

Jednym z najprostszych, aczkolwiek najbardziej czasochłonnych sposobów rekultywacji jest wykorzystanie naturalnych zdolności roślin do usuwania, wiązania, unieszkodliwiania lub rozkładania zanieczyszczeń.

Warunkiem zastosowania fitoremediacyjnych zdolności roślin do rekultywacji jest ich odporność na zasolenie [Jakubiak i Śliwka, 2008 Marecki i in., 2006].

Malejące zasoby wodne świata, jak i wzrost powierzchni gleb zasolonych są problemem, który zmusza do wykorzystywania w rolnictwie niekonwencjonalnych metod między innymi, nawadniania pól wodą morską częściowo odsoloną. Jednak z metodą tą wiąże się niebezpieczeństwo zasolenia gleb, stąd wzrasta potrzeba uprawy roślin zdolnych do unikania stresu poprzez regulację stężenia soli lub tolerujących występujące w danej glebie zasolenie. W związku z tym konieczne jest prowadzenie doświadczeń na różnych grupach roślin uprawnych, w celu sprawdzenia reakcji na degradujące działanie, nadmiernie skoncentrowanych w roztworze glebowym jonów soli łatwo rozpuszczalnych. Breśniewicz [1971] wymienia: Na^+, K^+, Mg^{2+},NH_4^+, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-), które mogą powodować zasolenie gleby.

Celem przeprowadzonych doświadczeń był dobór gatunków roślin do fitoremediacji gleb nawadnianych i zasolonych.

METODYKA

Doświadczenie zostało przeprowadzone w hali wegetacyjnej Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie w latach 2008 - 2009.

Czynnikami doświadczenia było nawożenie gleby nawadnianej (A) i gatunek roślin (B). Doświadczenie przeprowadzono w doniczkach wypełnionych 1 kg gleby pochodzącej z wierzchniej warstwy, gleb nawadnianych od 1998, ze stacji doświadczalnej Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, położonej w Lipniku na Równinie Pyrzycko - Stargardzkiej, na wysokości 25 m n.p.m., na pograniczu zlewni Płoni i Iny.

W doświadczeniu zbadano wpływ wieloletniego nawadniania i nawożenia na wzrost i rozwój roślin oraz właściwości chemiczne gleby lekkiej. Wykorzy-

stano w doświadczeniu glebę, z obiektów kontrolnych–(0NK) i nawożonych dawką 160 kg NK×ha-1 (80+80) (2NK).

Gleba użyta w doświadczeniu posiadała teksturę piasku gliniastego. Charakteryzowała się ona średnią zawartością przyswajalnych form fosforu 79,5 $mg \cdot kg^{-1}$, potasu 107 $mg \cdot kg^{-1}$, wapnia 763 $mg \cdot kg^{-1}$ i magnezu 60,7 $mg \cdot kg^{-1}$ oraz azotu ogółem 0,49 $mg \cdot kg^{-1}$.

W doświadczeniu testowano cztery gatunki roślin: gorczycę białą *(Sinapis alba)*, kukurydzę cukrową *(Zea mays var. Saccharata)*, łubin żółty *(Lupinus luteus)* i życicę wielokwiatową (*Lolium multiflorum* Lam.).

W trakcie prowadzonych doświadczeń oceniano w roślinach indeks azotowy i zazielenia liści za pomocą przenośnych aparatów Hydro-N Tester oraz chlorofilmeter – SPAD 502. Metoda oznaczania obu wskaźników polega na odczycie standaryzowanych jednostek zawartości chlorofilu oraz azotu w organach asymilacyjnych roślin. Ponadto oznaczono także wysokość roślin. Po ich zakończeniu, w zebranym materiale oznaczono świeżą i suchą masę części nadziemnej oraz korzeni. Przeprowadzono również analizę laboratoryjną gleby, w której oceniono zasolenie, pH w KCL, odczyn gleby ($pH_{w\ KCL}$) - metoda potencjometryczna, zawartość azotu ogółem, fosforu, magnezu, potasu, wapnia i zasolenie następującymi metodami: zasolenie gleby-konduktometryczną, potas-Egnera-Riehma (fotometrii płomieniowej), fosfor- Egnera- Riehma (kolorymetryczna), azot ogółem-Klejdahla; magnezu wymienny - atomowa spektrofotometria absorpcyjna oraz wapń wymienny - fotometrii płomieniowej.

Wyniki opracowano statystycznie z zastosowaniem analizy wariancji, a istotność różnic przy $NIR_{0,05}$ oceniono testem Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Globalnym problemem rolnictwa na całym świecie staje się zasolenie gleb, powodowane zarówno naturalnymi procesami, jak i czynnikami antropogenicznymi. Przyjmuje się, że ok. 30 % terenów rolnych i ok. 27 % nawadnianych gruntów ornych dotkniętych jest tym samym problemem. Zwiększa się zatem areał gruntów uprawnych całkowicie lub częściowo nieprodukcyjnych. Nadmierna koncentracja jonów w glebie, zwłaszcza chlorkowych, powoduje u roślin między innymi stres osmotyczny i zaburzenia w gospodarce mineralnej roślin. Zaburzeniu ulega także struktura komórek i ich skład chemiczny. Wielu badaczy podkreśla konieczność kontynuowania badań nad określeniem wrażliwości różnych gatunków roślin na zasolenie podłoża. Konieczne jest również szukanie odpowiedzi, które rośliny i w jakim stopniu są odporne na nadmiar soli w podłożu [Wróbel i in. 2009].

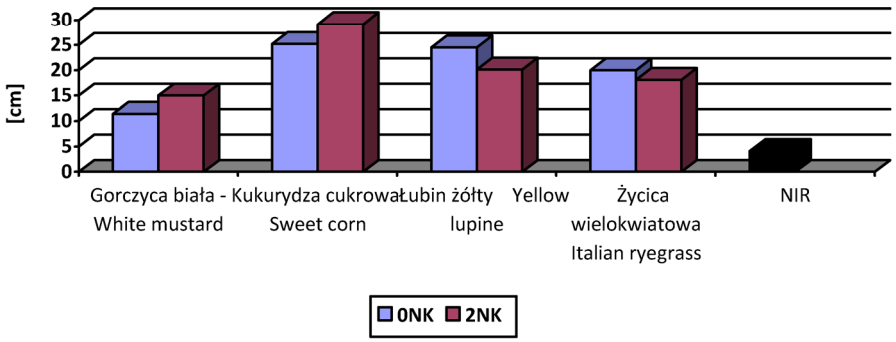
Zastosowanie w badaniach własnych dodatkowego nawożenia azotem i potasem istotnie zwiększyło wartość indeksu azotowego liści gorczycy białej, kukurydzy cukrowej i życicy wielokwiatowej, obniżyło natomiast wartość tych

wskaźników w liściach łubinu żółtego. Zaobserwowano współdziałanie nawożenia i gatunku rośliny na ich wysokość. Zabieg ten spowodował wzrost wysokości roślin gorczycy białej i kukurydzy cukrowej oraz zmniejszenie wysokości u pozostałych ocenianych gatunków roślin (tab. 1, rys. 1-3).

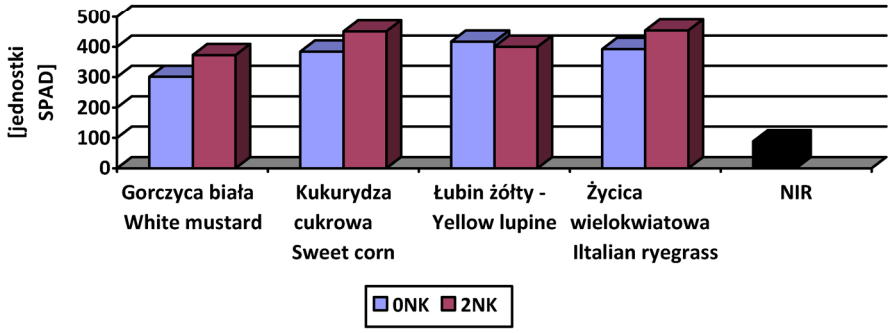
Tabela 1. Wpływ nawożenia i gatunku na wysokość [cm] oraz indeks azotowy i zazielenienia
Table 1. Effect of fertilization and species on height [cm] and the index of nitric and greening

Obiekty Objects		Wysokość roślin Plant height	Indeks azotowy Nitric index	Indeks zazielenienia Index of greening
Nawożenie Fertilization	0NK	20,3	374	34,8
	2NK	20,6	419	36,5
Gatunek Species	gorczyca biała white mustard	12,9	337	30,5
	kukurydza cukrowa sweet corn	27,2	417	33,6
	łubin żółty yellow lupine	21,9	408	45,9
	życica wielokwiatowa italian ryegrass	19,0	413	32,7
$NIR_{0,05}$dla: $LSD_{0,05}$ for:	nawożenia fertilization	r.n.*	37	r.n.
	gatunku species	5,9	68	11,5

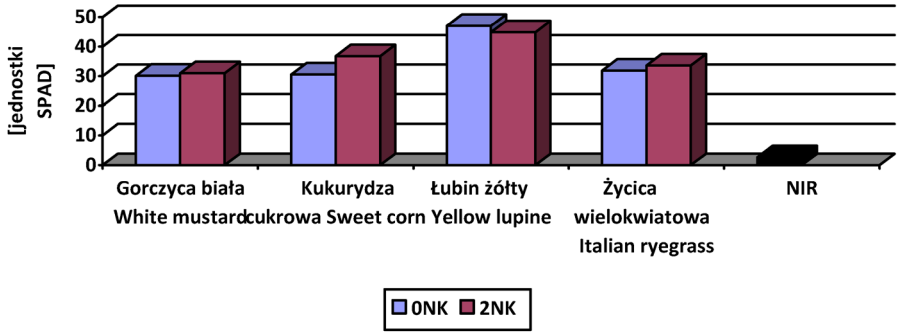
*- różnica nieistotna – not significant diference



Rysunek 1. Wysokość roślin [cm]
Figure 1. Plant height



Rysunek 2. Indeks azotowy
Figure 2. Nitric index



Rysunek 3. Indeks zazielenienia
Figure 3. Index of greening

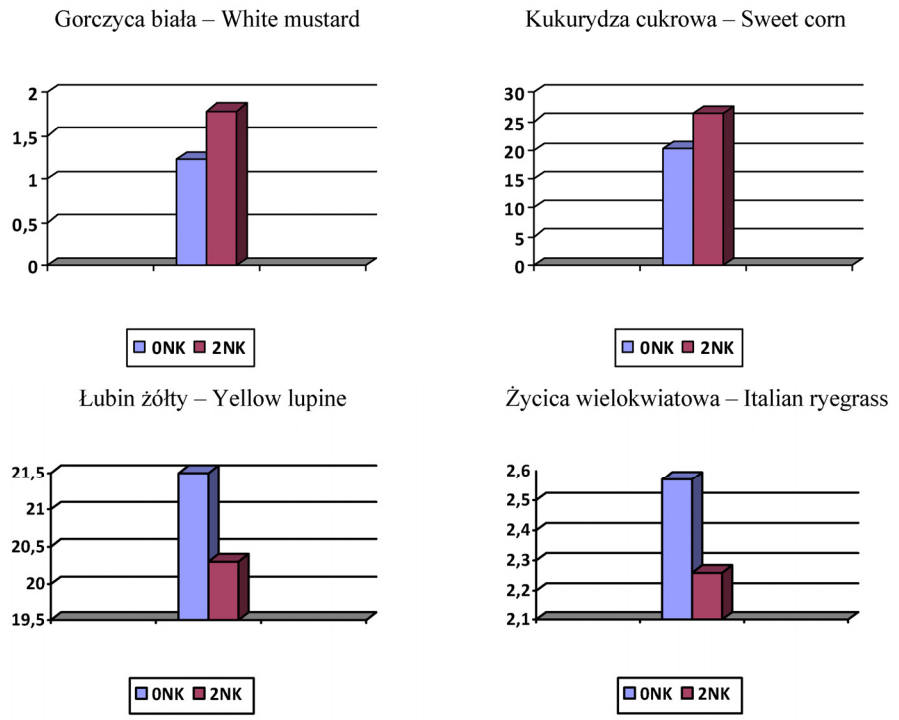
Zarówno nawożenie, jak i gatunek różnicowały świeżą i suchą masę części nadziemnej wszystkich ocenianych roślin. Oddziaływanie u poszczególnych gatunków był jednak różnokierunkowe [tab. 2].

Z rezultatów badań własnych wynika, że zarówno gorczyca biała, jak kukurydza cukrowa wytwarzały większą świeżą i suchą masę części nadziemnej w obiektach nawożonych azotem i potasem, w porównaniu do kontroli. Ma to zapewne związek z ich intensywniejszym wzrostem, w warunkach zwiększonej w glebie koncentracji ww. makroelementów, wyrażonym ich wysokością oraz wielkością indeksu azotowego i zazielenienia liści. Odmiennie zareagowały pozostałe dwa gatunki: świeża i sucha masa części nadziemnej łubinu żółtego i życicy wielkokwiatowej była wyraźnie większa w obiektach kontrolnych, z glebą nawadnianą, bez nawożenia (rys. 4-5).

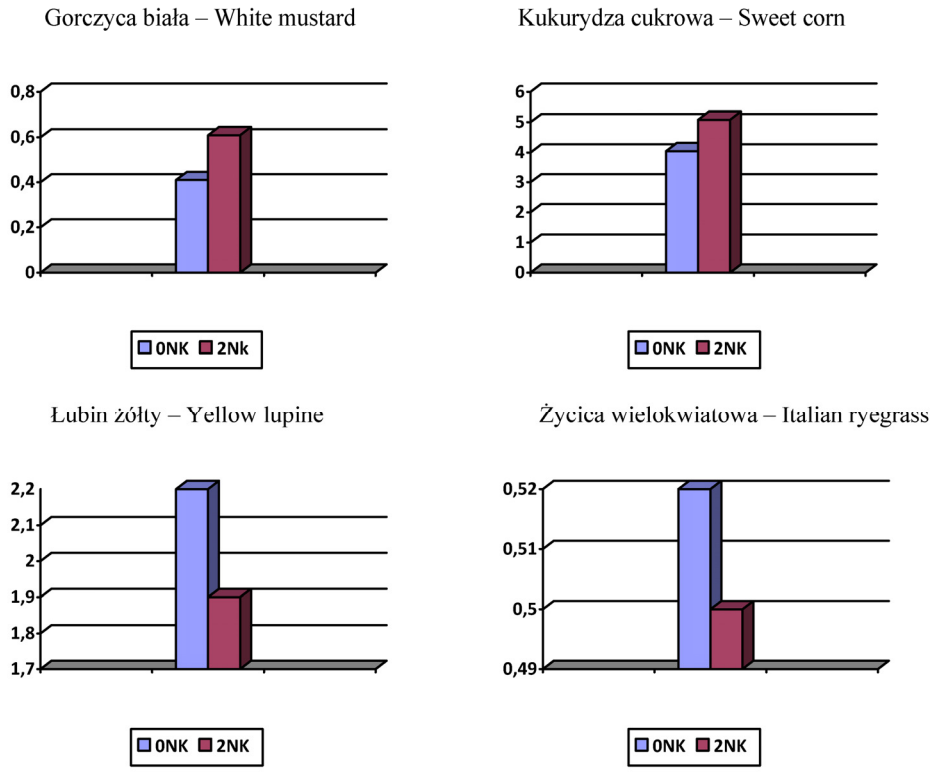
Tabela 2. Wpływ nawożenia i gatunku na świeżą i suchą masę części nadziemnej i korzeni roślin [g]
Table 2. Effect of fertilization and species for fresh and dry weight of the aerial part and roots plant

Obiekty Obiects		Część nadziemna Ground part		Korzenie The roots	
		świeża masa fresh weight	sucha masa dry weight	świeża masa fresh weight	sucha masa dry weight
Nawożenie Fertilization	0NK	11,4	1,80	2,25	0,50
	2NK	12,7	2,02	2,46	0,52
Gatunek Species	gorczyca biała / white mustard	1,51	0,51	0,28	0,08
	kukurydza cukrowa / sweet corn	23,2	4,57	5,82	0,98
	łubin żółty / yellow lupine	20,9	2,05	1,79	0,49
	życica wielokwiatowa/ italian ryegrass	2,42	0,51	1,52	0,50
$NIR_{0,05}$dla: $LSD_{0,05}$for:	nawożenia / fertilization	0,9	0,19	r.n.*	r.n.
	gatunku / species	7,5	3,75	2,85	0,46

*- różnica nieistotna – not significant difference



Rysunek 4. Świeża masa części nadziemnej [g]
Figure 4. Fresh weight ground part



Rysunek 5. Sucha masa części nadziemnej [g]
Figure 5. Dry weight of ground part

Nie wykazano natomiast istotnego wpływu dodatkowego nawożenia azotem i potasem na świeżą i suchą masę korzeni (tab. 2). Stwierdzono jednak zróżnicowaną reakcję na ten zabieg ocenianych gatunków (rys. 6-7).

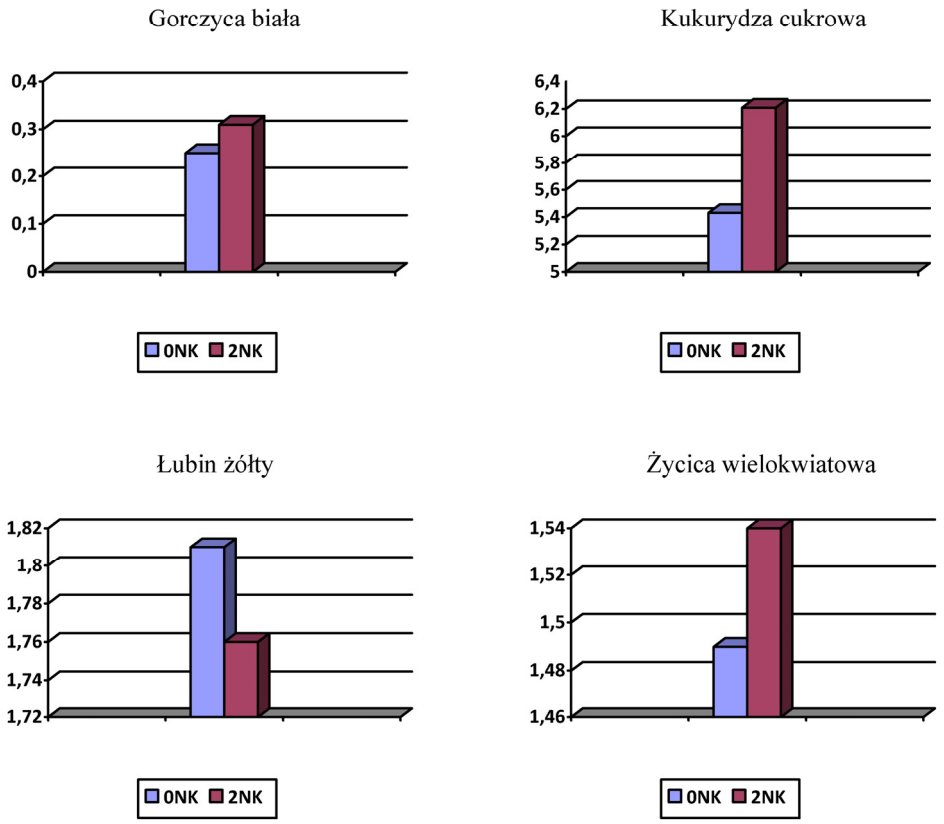
W przypadku gorczycy białej, kukurydzy cukrowej i życicy wielokwiatowej, ich świeża masa korzeni była wyraźnie większa w glebie nawożonej azotem i potasem. Świeża masa korzeni łubinu żółtego była wyraźnie wyższa w obiektach kontrolnych.

Sucha masa korzeni gorczycy białej i kukurydzy cukrowej była największa w glebie nawożonej. W przypadku życicy wielokwiatowej sucha masa korzeni była większa w glebie nie nawożonej (kontrola). Nie stwierdzono wpływu tego zabiegu na sucha masę korzeni łubinu żółtego.

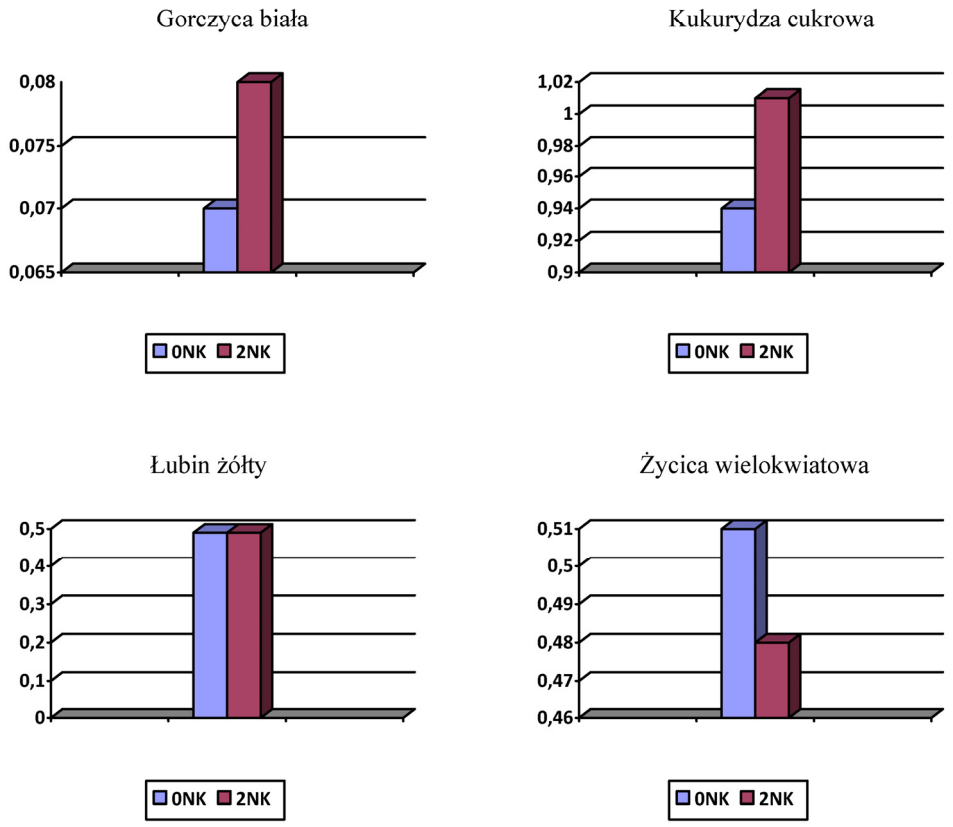
Rezultaty badań własnych wskazują na zróżnicowaną reakcję ocenianych gatunków oraz na stopień zasolenia gleby, wyrażoną w ich początkowym wzroście.

Znajduje to potwierdzenie w badaniach innych autorów, którzy dowodzą odmiennej reakcji roślin, w ich rozwoju na stres zasolenia [Chavan Prakash i in. 1980, Elkhatib i in. 2004, Sacała, Demczuk 2002].

Według Wrochny i in. [2006], na rośliny wpływa zasolenie podłoża na wszystkich etapach wzrostu i rozwoju, przy czym nie da się określić jednoznacznie poziomu szkodliwości tego czynnika. Uzależniony jest on od gatunku/ odmiany, fazy rozwojowej jak również interakcji z innymi czynnikami środowiskowymi.



Rysunek 6. Świeża masa korzeni [g]
Figure 6. Fresh weight of roots



Rysunek 7. Sucha masa korzeni [g]
Figure 7. Dry weight of roots

Odporność roślin na zasolenie polega na usuwaniu jej nadmiaru lub tolerowaniu toksycznych i osmotycznych skutków zwiększonego stężenia jonów [Kopcewicz , Lewak 2007]. Potwierdzeniem tego jest także zdolność roślin do usuwania nadmiaru makro- i mikroelementów, częstej przyczyny zasolenia, ze środowiska glebowego, określana jako fitoremediacja [Marecki i in. 2006].

Zasolenie gleby określa zawartość jonów soli łatwo rozpuszczalnych w wodzie. Jedną z miar zasolenia gleb jest przewodnictwo elektryczne (EC) ekstraktów wodno–glebowych, informujące o koncentracji jonów w roztworze. Wskaźnik ten jest tym większy im wyższe jest stężenie jonów soli (Baran 2000). Nawiązują do tego rezultaty badań własnych. Z danych zawartych w tabeli 3 widać, że przewodnictwo elektryczne kształtowało się w przedziale od 0,28 do 0,40 $mS \times cm^{-1}$. Według kryteriów zasolenia, granica między glebami niezasolonymi a słabo zasolonymi jest na poziomie 2 $mS \times cm^{-1}$ (Baran 2000). Rezultaty

badań własnych (tab. 3), wskazują że gleba pobrana z obiektów nawożonych i nawadnianych charakteryzowała się niskim zasoleniem zbliżonym wielkością do danych uzyskanych w obiektach kontrolnych. Spośród ocenianych gatunków gorczyca biała i kukurydza cukrowa wykazały największe zdolności fitoremediacyjne. Świadczy o tym mniejsze przewodnictwo elektryczne (EC) oraz koncentracja jonów wapnia, potasu i fosforu, w glebie nawadnianej oraz nawożonej azotem i potasem, w porównaniu do kontroli. Łubin żółty wykazał najmniejszą zdolność oczyszczania środowiska z nadmiaru jonów wapnia, potasu i fosforu. Prawdopodobnie, miało na to wpływ mniejsze tempo wzrostu tego gatunku w początkowych fazach rozwoju, w stosunku do pozostałych gatunków.

Tabela 3. Wpływ gatunku i nawożenia na wybrane właściwości gleby lekkiej
Table 3. Influence of species, and fertilization on selected soil properties of light soil

Obiekty Obiects		pH w KCL	Przewodność EC $mS \times cm^{-1}$	N $g \times kg^{-1}$	Ca	K	Mg	P
					$mg \times kg^{-1}$			
Gorczyca biała	0NK	6,61	0,34	0,51	859	157,1	76,5	87,6
White mustard	2NK	5,56	0,28	0,51	639	111,6	72,5	77,4
Kukurydza cukrowa	0NK	6,58	0,34	0,46	833	101,0	69,4	85,0
Sweet corn	2NK	6,23	0,30	0,45	658	99,8	68,4	81,9
Łubin żółty	0NK	6,20	0,34	0,49	809	111,5	57,5	80,6
Yellow lupine	2NK	5,63	0,40	0,48	800	128,2	60,5	76,2
Życica wielokwiatowa	0NK	6,68	0,35	0,46	815	116,8	66,8	78,8
Italian ryegrass	2NK	5,54	0,37	0,47	799	105.0	65,1	75,4

WNIOSKI

1. Spośród ocenianych wskaźników rozwoju roślin, o zwiększeniu zasolenia gleb nawadnianych i nawożonych wskazywały indeks azotowy i zazielenienia liści oraz świeża masa części nadziemnej i korzeni.
2. Zwiększenie przewodności elektrycznej oraz koncentracji jonów azotu, potasu, fosforu, wapnia i magnezu w roztworze gleby nawadnianej i nawożonej wskazuje na wzrost zasolenia.
3. Spośród ocenianych gatunków do fitoremediacji gleb z wieloletnim nawadnianiem i nawożeniem mineralnym najlepiej nadają się gorczyca biała i kukurydza cukrowa. Nie stwierdzono pozytywnego oddziaływania w obniżeniu zasolenia w uprawie łubinu żółtego oraz życicy wielokwiatowej.

BIBLIOGFRAFIA

Baran S. *ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb.* Wyd. AR w Lublinie. Lublin 2000, ss. 244.

Breśniewicz A., Nowosielski O. *Porównanie konduktometrycznych metod oznaczania zasolenia gleb organicznych*. Biuletyn warzywniczy XII, Instytut Warzywnictwa- Skierniewice; 1971, s. 303 – 314.

Chawan Prakash D., Karadge B.A. *Influence of Salinity on mineral nutrition of peanut* (*Arachis hypogea* L.). Plant and Soil. t. 54, 1980, nr. 1.

Elkhatib H.A., Elkhatib E.A., Allah A.M.K., El-Sharkawy A.M. *Yield response of salt stressed potato to potassium fertilization: a preliminary mathematical model.* J. Plant Nutr. 27, 2004, s.111-122.

Jakubiak M., Śliwka M. *Zagospodarowanie i rekultywacja terenów o podwyższonym zasoleniu zdegradowanych w wyniku działalności górniczej*. Gospodarka surowcami mineralnymi t. 24, z. 3/3, Kraków; 2008, s. 129- 138.

Kopcewicz J., Lewak S. 2007. *Fizjologia roślin*. Wyd. PWN, Warszawa; ss. 806.

Matuszak R. Brzóstowicz A.. *Ocena wpływu chlorku sodu na wzrost siewek dwóch odmian jęczmienia***,** Acta Agrophysica,, 7(4), 2006, s. 977-982.

Marecki R., Króliczak P., Cyplik P. *Fitoremediacja-alternatywa dla tradycyjnych metod oczyszczania środowiska,* Biotechnologia Nr 3, 2006, s. 88- 97.

Sacała J., Demczuk A. *Wpływ stresu solnego na wzrost i niektóre parametry biochemiczne u dwóch odmian kukurydz*y, Acta Soc Bot Pol, 71(2), 2002, s.101- 107

Wrochna M., Gawrońska H. *Wytwarzanie biomasy i akumulacja jonów* Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, *w warunkach stresu solnego, przez wybrane gatunki roślin ozdobnych*, Acta Agrophysica 7(3), 2006, s. 775- 785

Wróbel J., Stolarska A., Wasilewska A., Kowalewski R., 2009. *Reakcja fizjologiczna siewek żyta ozimego na obecność w podłożu chlorku sodu*. Szczecin; s. 241 – 248

Prof. dr hab. inż. Cezary Podsiadło
Katedra Gospodarki Wodnej
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
Ul. Słowackiego 17
71-434 Szczecin
tel.(091)4496245/49
cezary.podsiadlo@zut.edu.pl