

Antropogeniczne procesy zasolenia gleb¹

Wstęp

Wśród wielu przyczyn degradacji gleb zasolenie uważane jest za najsilniej oddziałujące. Wynika ono zarówno z ekstremalnych warunków klimatycznych, jak i z nieodpowiedzialnej działalności człowieka.

Międzynarodowym standardem systematyki i nomenklatury gleb jest Klasyfikacja WRB (*World Reference Base for Soil Resources*). Po raz pierwszy została opublikowana w 1998 r., natomiast w 2006 r. ukazała się edycja zmieniona i poprawiona. Międzynarodowa Unia Towarzystw Gleboznawczych (*International Union of Soil Sciences – IUSS*) oraz FAO uznają tę klasyfikację za oficjalną [FAO 2006].

W klasyfikacji WRB wydziela się 32 główne grupy glebowe, które można traktować jako odpowiedniki typów w klasyfikacji Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. Grupy dzieli się na jednostki niższego rzędu, których liczebność waha się od 9 w czarnoziemach do 29 w regosolach. Systematyki gleb na świecie różnie klasyfikują gleby słone. Międzynarodowa systematyka gleb podaje dwa typy gleb słonych, których klasyfikacja opiera się na obecności w profilu glebowym poziomu o miąższości co najmniej 15 cm i zawartości minimum 2% soli rozpuszczalnych w wodzie. Są to Solonetz i Solonchaks, które zawierają charakterystyczny profil Salic.

1. Charakterystyka Solonetz

Typ Solonetz to gleby z gęstym, mocno zbudowanym, ilastym poziomem powierzchniowym, który ma wysoki udział w adsorbowaniu jonów sodu i magnezu. Solonetz, które zawierają węglan sodu w profilu, są silnie alkaliczne ($\text{pH} > 8,5$). W polskich systemach klasyfikacji gleb Solonetz podobne są do Sodosols (Australia), Solonetzic (Kanada), różnego rodzaju Solonetz (Rosja) oraz Natric (USA). Solonetz, powstające z materiałów ilastych, zwykle występują w strefie klimatycznej gorącej na płaskich terenach lub w strefach przybrzeżnych. Powszechnie Solonetz spotyka się na terenach o podłożu z gliny lub lessu w regionach półpustynnych strefy umiarkowanej i subtropikalnej (Ukraina, Ro-

¹ Publikacja zrealizowana w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.482.

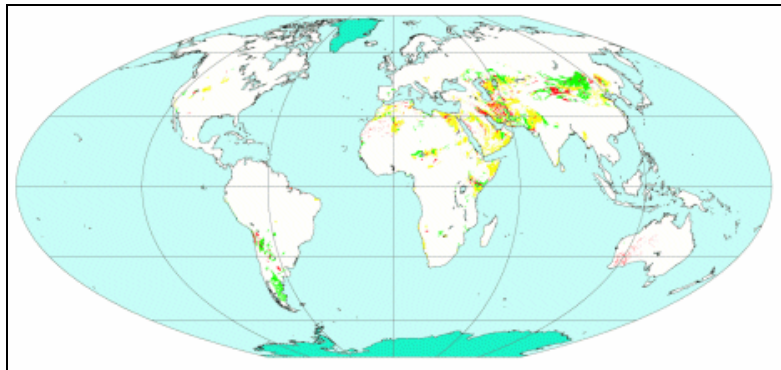
sja, Kazachstan, Węgry, Bułgaria, Rumunia, Chiny, USA, Kanada, RPA, Argentyna, Australia).

Przydatność rolna Solonetz jest uwarunkowana głębokością zalegania i właściwościami gleby. Gleby bogate w składniki pokarmowe (poziom próchniczny powyżej 25 cm) są przydatne do uprawy rolniczej. Jednak większość Solonetz mają znacznie płytsze poziomy powierzchniowe lub straciły je całkowicie. Poprawę wartości użytkowej Solonetz można uzyskać poprzez zwiększenie porowatości powierzchni lub pod powierzchnią ziemi oraz przez obniżenie potencjału osmotycznego roztworu glebowego [Systematyka 1989].

2. Charakterystyka Solonchaks

Solonchaks to gleby, które w określonych okresach roku mają wysokie stężenie soli rozpuszczalnych w wodzie. Występowanie Solonchaks jest w dużej mierze ograniczone do suchych i półsuchych stref klimatycznych oraz regionów przybrzeżnych w każdym klimacie. W różnych systemach klasyfikacji gleb Solonchaks należą do: Halomorphic (Rosja), Halosols (Chiny), Salids (USA). Akumulacja soli jest najsilniejsza na powierzchni gleby na obszarach nisko położonych o płytkim zwierciadle wody gruntowej (Solonchaks zewnętrzne). W Solonchaks, gdzie lustro wód gruntowych nie dochodzi do wierzchniej warstwy gleby, największe nagromadzenie soli występuje na znaczącej głębokości pod powierzchnią ziemi (Solonchaks wewnętrzne).

Całkowitą powierzchnię Solonchaks na świecie szacuje się na 260 mln ha. Najbardziej rozległe Solonchaks występują na półkuli północnej, szczególnie w suchych i półpustynnych częściach Afryki Północnej, Bliskiego Wschodu, krajów byłego Związku Radzieckiego i w Azji Środkowej. Są także powszechne w Australii i obu Amerykach (rys. 1).



Rys. 1. Występowanie solonczaków na kuli ziemskiej [FAO 1998]

Systematyka Gleb Polski notuje naturalne występowanie gleb słonych w terenach nadmorskich oraz w rejonach oddziaływania złóż solankowych. Obejmu-

je trzy typy gleb: sołonzaki, gleby sołonzakowate oraz sołońce (dział VI *Systematyki*). Gleby słone o charakterze antropogenicznym znajdują się w dziale VII: gleby antropogeniczne jako rząd gleb industrio- i urbanoziemnych [*Systematyka* 1989] (tab. 1).

Tabela 1

Zestawienie niektórych właściwości gleb słonych [*Systematyka* 1989]

Dział VI

Rząd	Typ	Podtyp	Profil	Uwagi
Gleby słono – sodowe	sołonzaki	sołonzaki powierzchniowe	Asa- Aasa- Bcnsa(g)- Csagg	w profilu do 100 cm występuje poziom salic (2% soli);
		sołonzaki wewnętrzne	Ap-Bcnsa- Csa(gg)ca	<i>powierzchniowe</i> : na powierzchni białe naloty soli, kryształki soli w całym profilu, obszary przemysłowe; <i>wewnętrzne</i> : sól wmyta do głębszych partii profilu;
	gleby solonczakowe			zawartość soli 0,5–1,5% do 100 cm, brak poziomu salic, zawartość soli waha się sezonowo;
	sołońce	sołońce typowe	A-(AE)- Bna-Cnasa	gleby sodowe, sól do 15%, zdyspergowana frakcja ilasta, poziom natric; <i>typowe</i> : poziom natric ponad 15% sodu, do 100 cm <0,2% soli, morfologia profilu podobna do innych typów; <i>solonczakowate</i> : do 100 cm natric (>15% sodu) i poziom zawierający 0,2–2,0% soli;
		sołońce solonczakowate	A(na)- Bnasa- Csanagg	

Dział VII

Rząd	Typ	Uwagi
Gleby kulturo- ziemne	hortisole	przeobrażone o głębokim poziomie akumulacji próchnicy, poziom akumulacji zalega na glebie macierzystej, jakość gleb czarnoziemnych
	rigosole	przeobrażone przez regulówkę lub głęboką uprawę lub zmianą sekwencji poziomów glebowych lub wprowadzenie obcego materiału
Gleby industrio- urbano- ziemne	gleby o niewykształconym profilu antropogeniczne	brak podziału na poziomy, nasypy zwałowiska, skarpy, materiał jest przemieszany lub przekopany
	gleby próchniczne antropogeniczne	aglomeracje miejskie, sztuczny poziom A
	para rędziny antropogeniczne	dużo węgla wapnia w warstwie powierzchniowej maleją w głąb, nagromadzenie gruzu
	gleby słone antropogeniczne	do 125 cm występuje poziom słony (>15 cm), 2% soli pochodzącej z odsnieżania zimą

3. Mechanizm zasolenia gleby

Zasolenie gleby określane jest przez zawartość łatwo rozpuszczalnych soli, zawierających w swoim składzie aniony: chlorkowe (Cl^-), siarczanowe (SO_4^{2-}) i azotanowe (NO_3^-) oraz kationy: sodu (Na^+) i potasu (K^+). Jedną z metod analizy zasolenia gleby polega na pomiarze właściwego przewodnictwa elektrycznego roztworu glebowego za pomocą sondy TDR lub elektrod kombinowanych. Przewodnictwo elektrolityczne określa koncentrację jonów w roztworze i wyrażane jest w jednostkach przewodnictwa właściwego: mS/cm . Dla celów rolniczych stosuje się przeliczenie wartości zasolenia na zawartość jonów w roztworze glebowym. Według normy PN-ISO 11265 przyjmuje się, że $1000 \mu\text{S/cm}$ odpowiada $2,23 \text{ g NaCl}$ w 1 kg gleby (Polska Norma 11265). Dynamika zjawiska zależy od uwilgotnienia gleby, ponieważ sole wraz z wodą łatwo migrują w glebie.

Stopień zasolenia gleby ma ścisły związek z warunkami klimatycznymi oraz obecnością źródła łatwo rozpuszczalnych soli. Problem dotyczy nawadnianych gleb suchego klimatu stepów, półpustyń i pustyń, gdzie przeważa parowanie nad wsiąkaniem wody. Zjawisko ma miejsce również w przypadku madów morskich w początkowym okresie użytkowania, gleb nawadnianych ściekami i nawozami organicznymi o dużych koncentracjach soli oraz gleb narażonych na dopływ soli ze źródeł antropogenicznych [Karczevska 2008].

4. Wpływ zasolenia na jakość gleby i na rośliny

Niekorzystne efekty, jakie może wywierać zasolenie na jakość gleby, to wzrost stężenia soli w profilu glebowym, wzrost zawartości kationów Na^+ w kompleksie sorpcyjnym, podwyższone wymywanie kationów o charakterze zasadowym, powodujące alkalizację gleby, dyspersja koloidów glebowych [Karczevska 2008]. Kationy sodu wypierają z gleby kationy wodoru, potasu, wapnia, magnezu, co powoduje wzrost pH gleby i alkalizację wody glebowej. Wskutek sorpcji chemicznej zmniejsza się przyswajalność fosforu (głównego składnika pokarmowego roślin) oraz mikroelementów stymulujących prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Obecny w glebie sól reaguje z dwutlenkiem węgla zawartym w powietrzu glebowym. Powstaje węglan sodu o silnym działaniu peptyzującym (przechodzenie osadu koloidalnego lub żelu w koloid), wywołującym dyspersję i nieodwracalne zniszczenie koloidów glebowych.

Negatywne skutki wpływu zasolenia na rośliny możemy podzielić na pośrednie i bezpośrednie [Yokoi i in. 2002]. Oddziaływania bezpośrednie to głównie akumulacja jonów chlorkowych i sodowych, prowadząca do naruszenia równowagi jonowej w komórkach. Zaburzenia te przyczyniają się do obniżenia aktywności enzymów. Oddziaływania pośrednie dotyczą zakłócenia gospodarki wodnej roślin, co powoduje wędnięcie, zasychanie i przedwczesne zrzucanie liści. Powstały stres oksydacyjny ogranicza wzrost i rozwój, a przy długotrwałym działaniu prowadzi do obumarcia organów i całych roślin.

Zasolenie wpływa negatywnie na fotosyntezę, oddychanie, dystrybucję asymilatów i wzrost roślin. Zahamowanie asymilacji dwutlenku węgla powoduje obniżenie zawartości chlorofilu w liściach. Spadek aktywności enzymów zaburza transport floemowy. Zakłócenie oddychania zmienia uwodnienie komórek, co może pośrednio hamować wzrost.

Mechanizmy przystosowawcze roślin do zasolenia to:

- wytwarzanie substancji równoważących toksyczne działanie jonów sodu i chloru, tzw. metabolitów kompatybilnych (osmoregulacja);
- magazynowanie jonów w mniej aktywnych strukturach komórki, np. w wakuoli (kompartamentacja);
- unikanie pobierania toksycznych jonów przez korzenie roślin (wykluczanie);
- selektywne wydzielanie nadmiaru jonów przez korzenie;
- pobieranie jonów i magazynowanie w korzeniu, co zapobiega uszkodzeniu części nadziemnej (dystrybucja w obrębie rośliny);
- usuwanie toksycznych jonów poprzez: wydzielanie jonów, akumulację we włoskach i ich zrzucanie, zrzucanie starszych liści i pędów.

Rośliny różnie reagują na zasolenie. Najczęściej włączają nadmiar jonów chlorkowych i sodowych w oddzielne szlaki metaboliczne lub wzmagają syntezę osmotyn [Bilski 1990].

5. Procesy rekultywacji gleb słonych

Remediację gleby zasolonej zwykle rozpoczyna się od wapnowania lub dolomityzowania (stosowanie wapnia, wapienia, gipsu, dolomitu). W przypadku występowania zasolonych gleb na małych głębokościach wystarczają głębokie orki. Tradycyjną regenerację rozpoczyna się od sadzenia roślin odpornych na zasolenie, aż do stopniowej poprawy przepuszczalności gleby. W ekstremalnej metodzie rekultywacji używa się rozcieńczonego kwasu siarkowego w celu rozpuszczenia węglanu wapnia zawartego w glebie. Występowanie jonów wapnia w roztworze glebowym powoduje wypieranie wymiennego sodu. W praktyce zwiększa się przepuszczalność i agregacja gleby. Powstały w roztworze glebowym siarczan sodu jest wypłukiwany z gleby. Zrekultywowane gleby Solonetz mogą być wykorzystane do uprawy roślin pastewnych. Jednak większości gleb tego typu nigdy nie zrekultywowano. Zwykle gleby zasolone wykorzystuje się do ekstensywnego wypasu owiec, kóz, wielbłądów i bydła lub pozostawia się je jako nieużytki [por. Gliniak, Sobczyk 2012; Gołda 2005].

W rolnictwie prowadzi się modyfikację metod upraw na glebach zasolonych. Na przykład rośliny rosnące na brzdach na nawadnianych polach nie są uprawiane na szczycie grzbietów, lecz w połowie wysokości. Stanowi to gwarancję, że korzenie wykorzystają wodę służącą do nawadniania, podczas gdy akumulacja soli jest najsilniejsza w górnej części grzbietu, z dala od systemu

korzeniowego. Dopiero po usunięciu nadmiaru soli z gleby (która oczywiście przestaje być Solonchak) można oczekiwać dobrych plonów. Zastosowanie wody do nawadniania nie tylko zaspokaja potrzeby upraw, ale także utrzymuje grawitacyjny przepływ wody w glebie i usuwa nadmiar soli ze strefy korzeniowej. Nawadnianiu upraw na obszarach suchych i półsuchych musi towarzyszyć drenaż, przy czym urządzenia odwadniające utrzymują wody gruntowe poniżej krytycznej głębokości [Yokoi i in. 2002].

Wnioski

W artykule opisano gleby słone według klasyfikacji WRB. Scharakteryzowano Solonetz i Solonchaks występujące na różnych kontynentach. Wyjaśniono mechanizm zasolenia gleby oraz wpływ zasolenia na jakość gleby i na rośliny. Wskazano metody rekultywacji gleb słonych w kontekście ich ewentualnej przydatności rolnej.

Literatura

- Bilski J. (1990), *Zakwaszenie i zasolenie podłoża jako czynniki stresowe dla roślin*, „Roczniki Nauk Rolniczych PAN”, t. 222, PWN.
- FAO (1998), *Geographic Information Systems in Sustainable Development*.
- FAO (2006), *World reference base for soil resources*.
- Gliniak M., Sobczyk W. (2012), *Kierunki rekultywacji obszarów zdegradowanych działalnością Krakowskich Zakładów Sodowych Solvay*, „Annual Set The Environment Protection”, vol. 14, Middle Pomeranian Scientific Society of the Environment Protection, Koszalin.
- Gołda T. (2005), *Rekultywacja*, Kraków.
- Karczewska A. (2008), *Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych*, Wrocław.
- Systematyka Gleb Polski* (1989), „Roczniki Gleboznawcze”, nr 40.
- Yokoi S., Bressan R.A., Hasegawa P.M. (2002), *Salt stress tolerance of plants*, JIRCAS Working Report.

Streszczenie

W artykule opisano gleby słone na świecie według międzynarodowego systemu WRB oraz klasyfikację polską. Przedstawiono wpływ zasolenia na glebę i rośliny. Podkreślono negatywny wpływ zasolenia na fotosyntezę, oddychanie, przyswajanie asymilatów i wzrost roślin. Opisano procesy rekultywacji gleb słonych.

Słowa kluczowe: gleby słone, zasolenie, rekultywacja techniczna i biologiczna.

Anthropogenic salinisation processes

Abstract

The article describes the classification of saline soils in the world according to World reference base for soil resources and Polish Soil Systematics. The influence of salinity on soil and plants has been presented. Special attention has been paid to negative affects of salinity on the photosynthesis, respiration, absorption of assimilates and growth of plants. The salty soil remediation processes has been characterized.

Key words: salty soil, salinity processes, technical and biological reclamation.