

ALINA KABATA
IUNG Puławy

ROSLINA JAKO WSKAŹNIK GEOCHEMICZNY

DUŻA zdolność przystosowania się roślin do różnych środowisk nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśniona. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że roślina bardzo silnie reaguje na chemiczny skład swego środowiska. Niektóre rośliny potrafią kumulować w swoich tkankach składniki mineralne w ilościach bardzo przekraczających ich zapotrzebowanie do normalnego przebiegu procesów biochemicznych (np. halofity, flora cynkowa, arsenowa i in.). Zjawiska te, obserwowane od dawna, dopiero w bieżącym stuleciu zaczynają nabierać praktycznego znaczenia. Bliższe poznanie praw fizjologicznych tych zjawisk pozwoli na skuteczne i praktyczne wykorzystanie ich przy badaniach geochemicznych oraz rzuci światło na wyjaśnienie pewnych zagadnień w dziedzinie ewolucyjnych form przemian roślin.

Już dawno zauważono, że rozmieszczenie pewnego typu flory (a także i fauny) często pokrywa się z granicami występowania pewnych skał. Przyczyna tej zależności polega oczywiście na wpływie całego kompleksu warunków fizyczno-chemicznych środowiska. Jednak również stwierdzono w tych samych warunkach klimatyczno-glebowych niewątpliwy wpływ chemicznego składu skał na rodzaj roślinności i ich skład chemiczny.

W r. 1841 R. Karpiński w „Rassużdienie o przedziałach botaniki i polzie poznania etoj nauki otnositielno gornogo promysla“ zebrał materiały dotyczące wpływu chemizmu gleby na roślinność. Píše on: „każda skała wywiera specjalny wpływ na roślinność i dlatego nie dziwne, że niektóre (rośliny) rosną dobrze na granicie, inne na gnejsie, inne na wapieniu lub piasku, na bazalcie albo porfirze“.

Prace Karpínskiego poprzedziły przyczynki różnych autorów na temat przystosowania się ściśle określonych warunków roślin do pewnych skał (18).

Już starożytne ludy знаły rośliny, które uważano za wskaźniki występowania złóż różnych kruszców. Z okresu średniowiecza zachowało się parę tradycyjnych poglądów. W Europie przypisywano orzechom, kruszynie i jarzębinie wskazywanie skał z kruszcami i kamieniami szlachetnymi, w Rosji szukano złotego piasku w miejscach występowania sosny i jodły, a w Brazylii szukano diamentów w pobliżu rośliny *Velloria condida*. Również i u górników śląskich jeszcze dziś istnieje tradycja wnioskowania o występowaniu rud na podstawie specyficznego wyglądu roślin (3).

Biorąc za podstawę reagowanie roślin na chemizm środowiska, opracowano w ostatnich latach biogeochemiczną metodę poszukiwania rud metali rzadkich. Metoda ta jest szeroko stosowana w niektórych krajach (w ZSRR, Szwecji, Norwegii, Ameryce, została również zapoczątkowana w Polsce). Natomiast związane z tym zjawiskiem zagadnienia geochemii, a zwłaszcza biochemii pierwiastków śladowych są jeszcze słabo znane.

Wielu badaczy zajęło się systematycznym opracowaniem rozmieszczenia w glebach i roślinach pierwiastków silnie rozproszonych w przyrodzie. Największe na tym polu zasługi położył W. I. Wiernadski, opracowując klarki biosfery (analogiczne do klarków skorupy ziemskiej — 9). Ustalenie przeciętnego ilościowego udziału poszczególnych pierwiastków w budowie biosfery pozwoliło na przeprowadzenie ilościowych obserwacji procesów biochemicznych, czyli wszystkich zjawisk związanych z rozmieszczeniem i migracją pierwiastków za sprawą organizmów żywych oraz ich rolę w procesach geologicznych. Na podstawie tych obserwacji poznano i wyróżniono rośliny kumulujące (wskaźnikowe). Są to takie rośliny, które wykazują szczególną zdolność do pobierania i gromadzenia jakiegoś pierwiastka (tab. I), często silnie rozproszonego w podłożu, lub rośliny, które wskutek znalezienia się w środowisku o zwiększonej zawartości danego pierwiastka zmieniają pod jego wpływem swoją formę morfologiczną (należy przypuszczać, że i metabolizm).

Odpowiedzi na pytanie: jak tłumaczyć z punktu widzenia fizjologii olbrzymie nagromadzenie jakiegось pierwiastka w ilości wielokrotnie przekraczającej normalne zapotrzebowanie rośliny — albo jak pogodzić przyjętą selektywną „aktywną” zdolność pobierania składników pokarmowych przez rośliny z zaobserwowanym biernym gromadzeniem mikroelementów, jeszcze nie znajdujemy.

W.A. Kowda, omawiając podział pierwiastków z punktu widzenia biologicznego, pisze, że przypuszczalnie nie wszystkie składniki mineralne były od razu niezbędne we wczesnych stadiach ewolucyjnego rozwoju życia na ziemi (4). Te pierwiastki, które przenikały ze środowiska do organizmu roślinnego (czy zwierzęcego) początkowo w postaci domieszek obok innych składników potrzebnych do normalnego rozwoju, z czasem stały się również niezbędne. Kowda uważa, że organizmy w czasie swego ewolucyjnego rozwoju zaczęły się „przyzwyczajać” do obecności pewnych pierwiastków i w następstwie przy ich braku rozwój zaczął ulegać pewnym zaburzeniom.

Według A.P. Winogradowa zmiana chemicznych warunków podłoża była jednym z czynników ewolucyjnych zmian gatunków roślin. Pisze on: „Brak albo nadmiar jakiegoś pierwiastka w otaczającym środowisku, w glebach różnego typu, w glebowych i gruntowych roztworach i wodach, w roślinach itp. w porównaniu z ich normalnym klankiem wywołuje specyficzne zmiany we florze i faunie danego rejonu albo biochemicznej prowincji. Organizmy (flora i fauna) znajdując się w podobnego rodzaju

prowincji giną albo ulegają zmianom morfologicznym lub wreszcie zaczynają chorować” (19, 20).

Wpływ zwiększonej koncentracji składników chemicznych w glebie lub ich brak powoduje istotne zmiany morfologiczne w roślinności. Przykłady takich zmian są już częściowo poznane (tab. II) i mają duże zastosowanie przy badaniach geologicznych oraz dla potrzeb rolnictwa. Istotny wpływ jakiegoś pierwiastka na roślinność jest widoczny w tych rejonach, gdzie zawartość danego pierwiastka w glebach i w skałach jest wyższa od przeciętnej. Oczywiście, że inne czynniki, jak: klimat, odczyn środowiska itp. wpływają na zwiększenie lub zmniejsze-

Tabela I

ROSLINY WSKAŹNIKOWE

Pierwiastek	Rośliny	Miejsce występowania roślin
Cr	<i>Asplenium adnigrum</i> (Zanoklica serpentynowa) <i>Allyssum montanum</i> L. (Smagliczka pagórkowata) <i>Armeria elongata</i> H. & A. (Zawciąg pospolity) <i>Forsythia europaea</i> <i>Potentilla cinerea</i> P. (Pięciornik)	Pd. i centr. Europa, Norwegia, Szwecja oraz inne tereny, gdzie występują serpentynity.
Ni	<i>Linosyris villosa</i> L. (Ozota kosmata) <i>Pulsatilla patens</i> L. (Saska kosmata)	Miejsce występowania rud niklowych. Ural, Włochy.
Cu	<i>Mnuartia verna</i> L. (Mokrzyca wiosenna) <i>Silene ottilis</i> L. (Lepnica) <i>Viscaria alpina</i> (Smółka alpejska) <i>Amorpha canescens</i> Walt. (Amorfa siwa, Indygowiec) <i>Quercus turbinella</i>	W okolicach rud miedzianych w Niemczech i Czechosłowacji. Tereny rud starokowych np. Norwegii, Australii i St. Zjedn.
Zn	<i>Viola lutea</i> v. <i>calammaria</i> <i>Mnuartia verna</i> L. (Mokrzyca wiosenna) <i>Silene inflata</i> S. M. (Lepnica) <i>Festuca ovina</i> v. <i>calammaria</i> (Kostrzewa owcza) <i>Ruta graveolus</i> L. (Ruta zwyczajna) <i>Matricaria americana</i> L. (Rumianek) <i>Arabis halleri</i>	Miejsca występowania rud cynkowych w pd. i centr. Europie, St. Zjedn. i w Brazylii.
Se	<i>Astragalus pectinatus</i> (Traganek) Szereg gatunków z <i>Cruciferae</i> i <i>Compositae</i>	Na glebach z dużą zawartością selenu w St. Zjedn., Kanadzie i Kolumbii.
Ag	<i>Lonicera confusa</i> D. S. (Wiciokrzew) <i>Eriogonum ovalifolia</i>	Nad złóżami srebra w St. Zjedn.
Au	<i>Lonicera confusa</i> D. S. <i>Equisetum arvense</i> (Skrzyp polny) <i>Equisetum palustre</i> (Skrzyp błotny)	Nad złóżami kwarcowo-złotymi w St. Zjedn. i Europie.
Sn	<i>Trientalis europaea</i> L. (Siódmaczek leśny) <i>Semperivum soboliverum</i> S. M. (Rojnik pospolity) <i>Gnaphalium qualea</i> A. S. (Szarotka)	Srd. Europa, Brazylia.
Pb	<i>Amorpha canescens</i> Nott. (Amorfa siwa)	St. Zjedn.
Co	<i>Nyssa sylvatica</i> Marsch. v. <i>biflora</i> Walt. <i>Rex glabra</i> L. Grey	Pd. Europa, St. Zjedn.

nie reakcji organizmów na chemizm środowiska. Pod wpływem zmienionego czynnika chemicznego pojawia się na danym terenie odrębna flora, przystosowana do danego środowiska. Natomiast rośliny, które występują w wielu warunkach ekologicznych, wytwarzają pod wpływem długotrwałego działania czynnika chemicznego odmienne formy morfologiczne, dając specjalny ekotyp.

Tabela II

PRZYKŁADY BIOCHEMICZNYCH ZMIAN W ROŚLINACH (WG WINOGRADOWA)

Pierwiastek	Zmiany związane		Roślinność
	z niedostateczną zawartością w środowisku	z nadmierną zawartością w środowisku	
B	Choroby roślin: zgorzele liści sercowych buraka, schorzenia lnu, roślin krzyżowych i innych	Choroby roślin na pustyniach przy dużej koncentracji boru (opadanie liści)	Rośliny z mlecznym sokiem zawierają dużą ilość boru
Na	Schorzenia wielu gatunków <i>Chenopodiaceae</i>	Powstanie form halofitycznych	Halofty
Mg	Chloroza objawiająca się marmurkowatością liści	-	Roślinność serpentynowa
Al	-	Zmienność roślinności w jeziorach i na glebach laterytowych w okolicach wulkanów	Roślinność „głino-lubna” (<i>Lycopodiatales</i> , <i>Ericaceae</i> i in.)
P	Charakterystyczne zaczerwienienie brzołów liści	-	-
Mn	Chloroza i inne schorzenia u roślin	Specyficzne schorzenia u roślin	-
Fe	Chloroza i inne schorzenia u roślin	-	Bakterie żelaziste
Cu	Schorzenia szczególnie u roślin zbożowych tzw. choroby nowin torfowych	-	-
Zn	Schorzenia roślin zwane plamistością liści (rośliny cytrusowe)	Zmienność form roślinnych na glebach galemejnych	Roślinność cynkowa
Mo	Słaby rozwój roślin, szczególnie motylkowych	-	-

A.P. WINOGRADOW wyróżnia dwa typy roślin kumulujących pierwiastki rozproszone. Pierwszy typ to wszystkie rośliny, które nagromadzają w większej ilości jakiś pierwiastek, w tym przypadku dominujący w glebach danego rejonu. Jest to tak zwana koncentracja grupowa. Występuje ona często w stosunku do wielu pierwiastków o średnim stopniu rozproszenia w pedosferze. Podlegają jej następujące pierwiastki: Li, Be, B, F, Na, Mg, Al, S, Cl, K, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Mo, Ag, Sn, J, Tr, W, Au, Hg, Pb, Pt i in. Drugi typ roślin koncentrujących to określony gatunek lub rząd roślin, które wykazują specyficzne właściwości selektywne odnośnie do jakiegoś pierwiastka (tab. III). W różnych warunkach ekologicznych dany gatunek zawsze nagromadza zwiększone ilości określonego pierwiastka (w porównaniu do innych) obok występujących ro-

ślin. Poznano już gatunki roślin gromadzących pierwiastki: Li, Al, Zn, Se, Mn, Co i in. Rośliny te często występują w dzikim stanie na glebach bogatych w któryś z wymienionych pierwiastków. Winogradow przypuszcza, że rośliny te powstały w czasie ewolucyjnego rozwoju pod wpływem długotrwałego działania składnika chemicznego w podłożu.

Rośliny i ich skład chemiczny dzięki swej dużej „wrażliwości” na zawartość pewnych składników w glebie mogą być często dobrymi wskaźnikami geochemicznymi. Oparte na tym biogeochemiczne metody oznaczania pierwiastków w glebach i w skałach mają znaczenie tylko dla pierwiastków o średnim stopniu rozproszenia w biosferze. Nie mogą być one zastosowane dla pierwiastków, które koncentrują się w dużych ilościach we wszystkich roślinach, jak np.: Mg, Si, Ca, oraz dla tych, których stopień rozproszenia jest bardzo duży i które są bardzo słabo koncentrowane przez biosferę, np.: Zr, Ti, Th i in.

Obecnie geochemicy zajmują się rozmieszczeniem i stopniem rozproszenia szeregu pierwiastków. W geologii stosowane są już metody biogeochemiczne w celu poszukiwania rud: Ni, Co, Zn, Cu, Pb, Ag, Cr, Mn, Au, W, Mo, Al, Fe.

Rośliny (zwłaszcza drzewa i trawy) dzięki swym długim korzeniom przyspieszają wietrzenie skał położonych niżej oraz zwiększają migrację pierwiastków do warstw powierzchniowych. Biogeochemiczną

Tabela III

KONCENTRACJA PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W LIŚCIACH NIEKTÓRYCH ROŚLIN, WYSTĘPUJĄCYCH NA RÓŻNYCH GLEBACH (WG K. BEESONA)

Gleby	<i>Nyssa siva</i>	<i>Magnolia virginiana</i>	<i>Ilex glabra</i>	<i>Antropogon glomeratus</i>	<i>Clethra alnifolia</i>
		<i>lata</i>	<i>virginiana</i>	<i>glabra</i>	<i>glomeratus</i>
	Co w mg/kg s. m.				
piasek drobny	1,5	0,02	0,03	0,02	-
piasek drobny	3,1	0,03	0,04	0,03	3,0
głina drobno-piaszczysta	7,7	0,04	0,07	0,07	9,3
głina drobno-piaszczysta	26,1	0,12	0,12	0,09	-
głina	25,1	-	0,09	0,08	-
głina pylasta	30,7	0,07	0,07	0,07	-
	Zn w mg/kg s. m.				
głina	12,5	-	26,5	11,9	-
głina pylasta	14,0	15,8	29,5	15,6	-
głina drobno-piaszczysta	11,9	13,0	45,4	14,5	-
głina drobno-piaszczysta	13,5	18,6	61,5	13,6	127,5
piasek drobny	12,8	15,5	39,1	11,0	-
piasek drobny	13,9	11,8	42,5	11,5	81,1
	Cu w mg/kg s. m.				
piasek drobny	7,2	7,0	3,8	4,7	6,1
piasek drobny	7,2	11,8	4,9	4,8	-
głina drobno-piaszczysta	7,1	8,8	4,6	4,8	7,8
głina drobno-piaszczysta	10,8	9,3	5,2	4,7	-
głina	12,6	-	5,6	5,2	-
głina pylasta	12,9	9,7	5,7	5,2	-
	Mn w mg/kg s. m.				
piasek drobny	182,0	86,0	146,0	61,0	-
piasek drobny	236,0	100,0	177,0	61,0	369,0
głina pylasta	183,0	150,0	176,0	57,0	-
głina drobno-piaszczysta	154,0	207,0	211,0	63,0	540,0
głina drobno-piaszczysta	578,0	244,0	328,0	130,0	-
głina	223,0	-	187,0	52,0	-

migrację pierwiastków w skorupie ziemskiej można by wyrazić w następująco uproszczonym schemacie: rudy — wody gruntowe — gleby — rośliny (6).

Zwiększona zawartość pewnych pierwiastków w roślinach wskazuje w sposób zupełnie określony, że gleby, na których rosną dane rośliny, są wzbogacone w te pierwiastki, a skład chemiczny gleb zależy od skał, z jakich one powstały. Na tym prostym rozumowaniu wielu badaczy opiera swe próby poszukiwania się roślinami i glebami przy poszukiwaniu rud metali. Z zawartości danego pierwiastka w popiele roślin lub w glebach można sądzić o jego rozproszeniu w litosferze. Wykreślone zasięgi gleb albo roślinności o zwiększonej zawartości danego pierwiastka śladowego bardzo ściśle pokrywają się ze złożami jego kruszców. Na tej podstawie wielokrotnie wykryto lub przynajmniej wyznaczono położenie różnych rud, nawet na głębokości około 50 m. Z łatwością lokalizuje się złoża kruszców za pomocą wskaźnika biogeochemicznego na głębokości 10 — 15 m.

Rośliny należą do czułych wskaźników biogeochemicznych, gdyż reagują bardzo silnie na zmianę chemiczną podłoża. Np. rośliny z obszarów występowania rud złota w Kolumbii zawierają 1,7.10⁻⁵% do 1,0.10⁻⁴% złota i 3.10⁻³% srebra, gdy w normalnych warunkach mają zaledwie ślady tych pierwiastków. Rośliny rosnące nad złożami miedzi w Norwegii zawierają w popiele 50 — 70 razy więcej miedzi, a rośliny z rud cynkowych aż 2000 razy więcej cynku.

Podobnie ścisła korelacja zachodzi również między zawartością metali w glebie a występowaniem ich rud.

Wskaźnik biogeochemiczny ułatwia pracę nad orientacyjną lokalizacją złóż kruszców, ponieważ pozwala częściowo zastąpić wiercenia geologiczne chemiczną analizą roślin i gleb.

Przy badaniu popiołu roślin rosnących na glebach nad różnymi rudami stwierdzono, że jednocześnie ze wzrostem zawartości któregoś z pierwiastków śladowych, charakterystycznych dla miejsca ich występowania, następuje w popiele tych roślin wzrost ilości żelaza. Na tej podstawie S.M. Tkalicz (16) zaproponował wykonywanie do celów geologiczno-poszukiwawczych tylko oznaczeń zawartości żelaza w popiele roślin. Umożliwia to uniknięcie przeprowadzania częstokroć żmudnych analiz chemicznych na zawartość pierwiastków śladowych w popiele roślin, a również wykazuje pewne anomalie w koncentracji tych pierwiastków w biosferze. Na wyznaczonych obszarach, gdzie zawartość żelaza w popiele roślin jest wyższa od przeciętnej, wskazane jest przeprowadzenie dokładnych poszukiwań geologicznych.

Szeroko stosowane metody biogeochemiczne przy badaniach geologicznych świadczą o istotnym znaczeniu roślin wskaźnikowych. Poznane i opracowane rośliny wskaźnikowe oraz klarki biosfery są oczywiście tylko dla określonych warunków ekologicznych. Nie należy więc bez znajomości przeciętnej zawartości pierwiastków śladowych w biosferze danego rejonu biogeochemicznego wyciągać żadnych wniosków z występującej tam roślinności.

L I T E R A T U R A

1. Beeson K. C., Gray L., Adams M.B. — The absorption of mineral by forage plant. „J. Am. Soc. Ag.“ 1947, t. 39, s. 356—362.
2. Beeson K. C., Lazar V. A., Boyce S. C., — Some plant accumulators of the micronutrient elements. „Ecology“ 1955, t. 36, s. 155—156.
3. Bobrowski W., Piechota A. — Wpływ podłoża na występowanie metali ciężkich w korze współczesnych sosen na trasie pd.-zach. Polski. Przycz. do geol. Biul. Warszawa 1949, 58, s. 6—10.
4. Kowda W. A. — Mineralnyj sostaw rastienii i poczwobrazowanije. „Poczwow.“ 1956, nr 1, s. 6—38.
5. Krugłowa E. K. — O mikroelementach w poczwach chłopkowych pól Środkiej Azji. „Poczwow.“ 1956, nr 1, s. 39—49.
6. Maluga D. P. — Opyt primienienija biogeochemičeskogo mietoda poiskow rudnych miestoroždienii na jużnom Urale. Trudy biogeochim. lab. 1954, t. 10, s. 28—59.
7. Maluga D. P., Makarowa A. I. — O sodieržanii kobalta w poczwach i rastienjach Tufy. Dokl. AN SSSR. 1954, t. 98, s. 811—813.
8. Maluga D. P., Makarowa A. I. — O sodieržanii mikroelementow w niekotorych poczwach razwitych na rudnych porodach. „Poczwow.“ 1956, nr 1, s. 50—51.
9. Mikroelementy w żyzni rastienii i żywotnych. Moskwa 1952, s. 614.
10. Pierelman A. I. — Oczenki gieochimii landszafta Moskwa 1955, s. 392.
11. Riedkije elementy w izwierzennyh gornych porodach i mineralach. Moskwa 1952, s. 399.
12. Smulikowski K. — Geochemia. Warszawa 1952.
13. Sławianow N. N. — Uczenie W. I. Wernadskiego o przyrodnych wodach i jego znaczenie. Moskwa 1948, s. 121.
14. Strzemski M. — Mangan jako mietnik koncentracji biologicznej elementów pokarmowych w glebie. „Kosmos“ 1954, nr 2, s. 220—222.
15. Strzemski M. — Problemy pedochemii. „Przeгляд Geologiczny“ 1955, nr 10, s. 459.
16. Tkalicz S. M. — Sodieržanije železa w rastienjach kak poiskowych priznak. „Priroda“ 1953, Nr 1, s. 93—95.
17. Walenczak Z. — Metody biogeochemiczne w badaniu zawartości mniku w serpentynitach dolnośląskich. „Arch Mineral.“ 1955, t. 18 s. 303—317.
18. Wiktorow S. W. — Biologiczeskije indykatory w geologii. Usp. Sow. Biol. 1947, t. 23, s. 181—193.
19. Winogradow A. P. — Poiski rudnych miestoroždienii po rastienjach i poczwam. Trudy biogeochim. lab. 1954, t. 10, s. 3—27.
20. Winogradow A. P. — Biogeochemičeskije provinciji i endemii. Dokl. AN SSSR. 1939, t. 16, s. 283—286.