

JAN SAROSIEK i ANNA SADOWSKA

## EKOLOGIA ROŚLIN GLEB SERPENTYNOWYCH

### Wstęp

W badaniach geobotanicznych od dawna już zwracano uwagę na związek, jaki istnieje między typem szaty roślinnej a skałą macierzystą gleby. Pierwsze uwagi Giraud-Soulavie (1780) dotyczyły różnic szaty roślinnej podłoża wapiennego i podłoża piaszczystego. Różnice między florą gleb wapiennych, gliniastych i piaszkowych wykazał już Link (1789). Unger (1836) dzieląc pod względem ekologicznym rośliny na «glebowo-stałe», «glebowo-wyróżniające» i «glebowo-nieokreślone», oprócz halofytów wyróżniał już rośliny podłoża kredowego, gipsowego, dolomitowego, podłoża piaszczystego i gleb torfowych.

W rezultacie licznych i długoletnich badań geobotanicznych wyróżniono specyficzne flory takiego podłoża, jak: galmanowego, serpentynowego, gipsowego, porfirowego, law andezytowych i innych. Badania ekologiczne nad związkiem rozwoju roślin z określonym podłożem doprowadziły do wyróżnienia glebowo-roślinnych grup ekologicznych «Bodenspezialisten», a wśród nich roślin serpentynowych (serpentynofytów). Poznanie ekologii różnych grup glebowo-roślinnych jest jednakże nierównomierne, co pozwoliło Wiktorowowi (1952) na wyrażenie pesymistycznego poglądu, że «do czynników ekologicznych, których znaczenie dla warunków życia roślin zbadano dotychczas skrajnie niedostatecznie, należy skała macierzysta». Niewątpliwie nie można tego powiedzieć o poznaniu ekologii gleb i roślin podłoża serpentynowego. W ostatnich latach szczególnie intensywnie prowadzone są badania ekologiczne roślinności gleb serpentynowych, a literatura obejmująca zagadnienia botaniczne związane z podłożem serpentynowym jest ogromna.

Serpentyny występujące w różnych krajach świata nieraz na bardzo wielkich obszarach, a wytwarzające gleby jałowe, stanowią ważny problem gospodarczy. Z tych względów w roku 1954 odbyło się w Stanach Zjednoczonych międzynarodowe sympozjum poświęcone zagadnieniom ekologii gleb i roślin serpentynowych.

### 1. Roślinność podłoża serpentynowego

Odrębna roślinność gleb serpentynowych wyraźnie odcina te obszary od sąsiednich, nieserpentynowych terenów w wielu rejonach na całym świecie. Gleby serpentynowe są nieurodzajne, z rzadka zalesione, życie roślinne jest

jakby zahamowane, uboższe i charakteryzuje je obecność wielu gatunków ograniczonych do serpentynowego podłoża. Wiele gatunków występujących na sąsiednich, nieserpentynowych glebach nie pojawia się na serpentynie, inne rosną na serpentynach, lecz są karłowate i zaledwie kilka gatunków rośnie równie dobrze na obu rodzajach gleb. Nieurodzajne gleby serpentynowe kontrastują wyraźnie z wielkimi lasami i urodzajnymi glebami okolicznych nieserpentynowych obszarów.

Serpentynowe formacje roślinne z charakterystycznymi gatunkami endemicznymi, występują w Europie (Braun-Blanquet 1951, Novak 1928, Markgraf 1932), w Nowej Kaledonii, gdzie kserofilna, krzewiasta roślinność na serpentynach stanowi osobliwe zjawisko w tej krainie tropikalnego lasu (Whittaker 1954), w zachodniej części Stanów Zjednoczonych, na Kubie, w Kalifornii w Japonii i w wielu innych krajach. Roślinne formacje serpentynowe obejmują łąki alpejskie, rejony tundry i tajgi, stepy i lasy sosnowe w Europie, sawanny i formacje krzewiaste w krajach tropikalnych. Fizjonomiczne typy roślinności serpentynowej różnią się między sobą, lecz w każdym typie warstwa drzew jest silnie zredukowana, a niższe warstwy zbiorowisk roślinnych (podszycie krzewiaste i runo zielne) na ogół bardzo zwarte w porównaniu z podobnymi zbiorowiskami roślinnymi innych, przyległych gleb. Roślinność obszarów serpentynowych obfituje w gatunki endemiczne. Duża liczba gatunków endemicznych na określonym podłożu serpentynowym nasuwa przypuszczenie, że skała serpentynowa może przez swe działanie ekologiczne wpływać na czynniki dziedziczne rośliny. Wiele gatunków występujących na różnym podłożu i nie wykazujących zmian morfologicznych, na podłożu serpentynowym tworzy dość liczne odmiany. Dużo odmian gatunków roślinnych rosnących na podłożu serpentynowym wyróżnił Lam (1927), zwłaszcza u rodzaju *Pinus*, oraz w rodzinach *Graminae*, *Myrtaceae*, *Caryophyllaceae*, *Genistae*, *Ericaceae*.

Sklerofilne krzewy centralnej Kalifornii: *Quercus durata* Jeps., *Ceanothus Jepsonii* Greene, *Garrya congdoni* Eastwood, *Cupressus sorgentii* Jeps. — zdaniem Walkera (1954) są nieomylnymi, wskaźnikowymi gatunkami serpentynów, z powodu wyłącznego ich występowania na terenach serpentynowych i liczbowej przewagi tych gatunków w zbiorowiskach roślinnych tych obszarów.

Jako neoendemizmy środkowej Europy rosnące na podłożu serpentynowym Braun-Blanquet (1951) wymienia *Asplenium adulterinum*, *Asplenium cuneifolium*, *Dianthus capillifrons*, *Sempervivum Pittonii*, *Sempervivum Hildebrandtii*, *Halacsya Sendtneri*, *Potentilla Visiani*. Pichi-Sermolli (1948), Minguzzi i Vergnano (1953) podają z okolic Florencji jako typowe serpentynowe rośliny: *Centaurea paniculata* L. var. *Caureliana* Michel., *Alyssum Bertolonii*, *Euphorbia nicaensis* All. var. *prostrata* Caurel. Szczególnie bogate w gatunki serpentynowe są Góry Siskyou w Kalifornii, zbudowane z perydotytu i serpentynu. Whittaker (1954) wymienia z tych obszarów następu-

jące gatunki drzew, których występowanie jest związane wyłącznie z podłożem serpentynowym: na siedliskach bardziej mezycznych *Pseudotsuga taxifolia* (Lamb.) Britt., *Pinus monticola* i *Chamaecyparis lawsoniana* Parl., a na siedliskach kseryicznych *Pinus alba*.

Z krzewów ściśle serpentynowych Whittaker wymienia: *Rhododendron occidentale*, *Quercus chrysolepis* var. *vaccinifolia* Kell., *Lithocarpus densiflorus* var. *montanus* Mayr. et Rehd., *Vaccinium parvifolium*, *Arctostaphylos viscida*, *Arct.*, *newadensis*, *Umbellularia californica*, *Rhamnus californica* var. *occidentalis* How., *Garrya buxifolia*, *Rosa gymnocarpa*, *Berberis pumila*, *Amelanchier gracilis*.

Z typowych serpentynowych gatunków roślin zielnych w Górach Siskyou Whittaker wymienia: *Trilium rivale*, *Lilium howelli*, *Cypripedium californicum*. Jako ściśle endemity występują tu: *Vancouveria chrysantha*, *Lomatium howelli*, *Iris bracteata*, *Hieracium cynoglossoides* var. *nidicaule*, *Sanicula peckiana*, *Horkelia sericata* i *Ceanothus pumilus*. Spośród 192 gatunków roślinnych występujących na serpentynach w Stanie Oregon, Whittaker (1954) wyróżnia 32 gatunki endemiczne.

W Polsce na Dolnym Śląsku, z podłożem serpentynowym związane są następujące gatunki i odmiany rodzaju *Asplenium*, uważane przez Fieka (1881) i Schubego (1903) jako serpentynofyty: *Asplenium adulterinum* Milde., *A. argatum* Kaulfuss var. *truncatilobium* Milde., *A. obtusum* Kit., *A. silesiacum* Milde., *A. davallioides* Tausch., *A. cuneifolium* Viviani (= *A. serpentina* Tausch.).

## 2. Właściwości ekologiczne stanowisk serpentynowych

### A. Cechy mineralogiczne skał serpentynowych

Skała serpentynowa jest magnezo-żelazo-krzemianem utworzonym przez metamorfozę perydotytu. Chociaż perydotyt jest często oliwinem ( $MgFe_2SiO_4$ ), obecne są również pirokseny, amfibol, chromit, garnieryt, a także pewne ilości Ca, Al, Na, Ti. Duża zawartość krzemionki o małej ilości kwasów krzemowych, magnezu i żelaza, oraz takie minerały towarzyszące, jak: talk, magnezyt, hematyt, potwierdzają obraz jednolitego składu chemicznego skał serpentynowych. Skały serpentynowe odznaczają się bardzo ograniczoną zawartością wapnia, glinu i alkaliów. Słabo są w nich reprezentowane:  $KNO_3$ ,  $SO_4$ , Cl,  $P_2O_5$  (Gordon i Lipman 1926).

Poza wysoką zawartością magnezu z reguły występują wyższe zawartości chromu i niklu. Stosunek Ca do Mg w skałach serpentynowych ma wyjątkowo niską wartość, co jest cechą charakterystyczną. Właściwości mineralogiczne wskazują na specyficzność ekologiczną podłoża serpentynowego, jeśli porównamy je z właściwościami innych skał glebotwórczych. np. granitem czy gabrem.

### B. Właściwości fizyczne gleb serpentynowych

Zmiany w składzie elementarnym skały serpentynowej znajdują odbicie w jej kolorze, który przechodzi od zielonego do niebieskiego i czarnego. Gleby serpentynowe mogą mieć na powierzchni kolor czerwony, brunatny lub szary, a w niższych warstwach żółty lub zielony. Starsze góry serpentynowe w klimacie umiarkowanym charakteryzuje wygląd kamienistych pustkowi, o gruboziarnistej glebie, zawierającej dużą ilość wielkich, kanciastych okruców skalnych, ubogich w roślinność. Gleba serpentynowa jest płytka (z wyjątkiem gleb serpentynowych niektórych obszarów w krajach tropikalnych) pokryta często darnią (Pelisek 1939), a w klimacie tropikalnym roślinnością typu krzewinkowego. Wskutek dużej zawartości powietrza w kamienistej glebie, dzięki ciemnej barwie skały, ostrym kantom stromych urwisk, a także dzięki działaniu wiatru, występuje przyspieszone wietrzenie skał serpentynowych, powodujące powstawanie krajobrazu o wypukłych garbach, grzebieniach i urwiskach.

Głębokie i szybkie wietrzenie skał serpentynowych można zaobserwować w partiach pokrytych lasem. Jeżeli z jakichkolwiek przyczyn las zostanie zniszczony, wówczas gleba zostaje łatwo splukana i odsłania się skaliste podglebie, zbudowane z mniejszych lub większych brył skalnych. W takich miejscach gleba albo się nie tworzy, albo odnawia się bardzo trudno i powoli. W wielu przypadkach gleby serpentynowe zawierają bardzo dużo niezwiertzalnych cząstek skalnych. Rodzaj gleb serpentynowych zmienia się od ciężkich ilów do lekkich glin, których cechą charakterystyczną są panujące w nich, niekorzystne dla rozwoju roślin, stosunki wodne. Fizyczne cechy serpentynów, takie jak płytkość warstwy glebowej, jej okrucowa budowa, mała zawartość ilu (frakcji ilastych) i łatwość erozji, są przyczyną suchości siedlisk serpentynowych i ich nieurodzajności.

Na podstawie wielu szczegółowych analiz gleb serpentynowych, Robinson, Edgnigton i Beyrs (1935), Kruckeberg (1954) doszli do wniosku, że gleby serpentynowe nie posiadają żadnej, specjalnej fizycznej właściwości, która czyniłaby je szczególnie niesprzyjającymi dla życia roślinnego.

Siedliska rozwoju roślin serpentynowych są na ogół kseryczne. Roślinność pokrywająca podłoże serpentynowe jest rozproszona, dzięki czemu dociera do niej dużo światła, a skały są zazwyczaj silnie nagrzewane. Na skutek zwiększonego naświetlenia i wysokiej temperatury oraz parowania gleby, mikroklimat zielnych i krzewiastych zbiorowisk serpentynowych jest suchy. Widoczny kseryzm siedliska wyraża się w pokroju suchoroślinowym zbiorowisk roślinnych oraz w dominowaniu iglastych drzew, specjalnie sosny i sklerofilnych krzewów.

### C. Właściwości chemiczne gleb serpentynowych

Ponieważ ilościowe różnice w elementarnym składzie chemicznym macierzystych skał serpentynowych są duże, należy oczekiwać, że skład pochodnych gleb powinien się znacznie różnić, zwłaszcza pod względem zawartości Ca,

K, Ni, Co, Cr, i Fe. Nawet mała zmiana udziału procentowego tych pierwiastków może mieć duży wpływ na jakość warunków ekologicznych życia roślinnego.

Zawartość magnezu w glebach serpentynowych jest znacznie niższa niż w skale macierzystej na skutek procesów wietrzenia (Robinson 1935). Mimo iż w glebie serpentynowej znajduje się znacznie mniej Mg aniżeli w skale macierzystej, to jednak ta ilość magnezu jest bardzo wysoka w stosunku do przeciętnej zawartości Mg w innych glebach. Poza tym gleby serpentynowe zawierają znacznie mniej Ca aniżeli wszystkie inne gleby nieserpentynowe, wskutek czego w glebach serpentynowych istnieje duży nadmiar Mg w stosunku do Ca. Te małe ilości Ca w glebach serpentynowych wahają się w znacznych granicach.

Wprawdzie w glebie zmienia się stosunek Ca do Mg w porównaniu ze skałą macierzystą na korzyść wapnia, jednak pozostaje on zawsze poniżej jedności. Przykład podają Novak i Pelisek (1940) dla gleb serpentynowych Moraw, Ca : Mg = 0,01 : 1, natomiast na rędzinie 0,2 : 1. Obok względnej ilości Mg, także bezwzględna ilość tego pierwiastka waha się w szerokich granicach. Mg osiąga wartość do 30 mg wymiennego na 100 g gleby (Pichi-Sermolli 1948). Ilość wymiennego Ca wynosi 1—3 mg/100 g gleby. W glebach serpentynowych występuje również zwiększona ilość niklu i chromu, kobaltu, żelaza i niekiedy miedzi.

Gleby serpentynowe Półn. Ameryki, Środkowej Europy, Związku Radzieckiego zawierają z reguły 0,1 do 0,6% Ni lub NiO (Robinson 1935, Birrell i Wright 1945, Maluga 1947, 1950, Nemeč 1951, Sarosiek 1957, Krause 1958).

Zawartość chromu w glebach serpentynowych wynosi 0,15—3,8% CrO<sub>3</sub>, a kobaltu 10 razy więcej od zawartości tego mikroelementu w innych glebach. W toksycznym działaniu zwiększonej koncentracji chromu, niklu i kobaltu w glebach serpentynowych, wielu autorów dopatruje się istotnej przyczyny niekorzystnego rozwoju roślin na podłożu serpentynowym. Fizjologiczne skutki działania ciężkich metali na rośliny opisuje Nemeč (1951).

Znaczenie wapnia jako czynnika wpływającego dodatnio na strukturę gleby i jej wysoką siłę absorbcyjną jest tak ogólnie znane, że małą zawartość Ca w glebach serpentynowych uważa się za niekorzystny czynnik ekologiczny dla rozwoju roślin na podłożu serpentynowym. Trzeba zaznaczyć, że serpentyny zawierające małą ilość Ca, w klimacie humidowym szybko go tracą przez wypłukiwanie. W tych wypadkach charakterystyczne staje się szybkie wkraczanie na zubożałe w Ca gleby serpentynowe roślin acidofilnych (Geering 1943). W glebach serpentynowych, mimo małej w nich ilości Ca, może jednak występować neutralny odczyn.

Cechą charakterystyczną gleb serpentynowych jest mała zawartość w nich tak ważnych dla rozwoju roślin pierwiastków, jak: N, P, K. Z danych Markgrafa (1932) wynika, że w glebach serpentynowych na Bałkanach przeciętna

zawartość rozpuszczalnego  $P_2O_5$  wynosi 2 mg na 100 g gleby, a zawartość  $K_2O$  5 mg na 100 g gleby. W glebach tych zanotowano również bardzo małą zawartość azotu. Gleby serpentynowe należą więc do gleb szczególnie ubogich w pierwiastki N, P, K. Stopień autrofii tych gleb nie może być jednak rozpatrywany bez uwzględnienia ilości i jakości próchnicy, ilości i jakości frakcji ilastej gleby i pozostałych warunków danego siedliska.

Mikrobiologiczne badania gleb serpentynowych przeprowadzał Lipman (1926). Wykazał on, że gleby serpentynowe mają bardzo ubogi skład bakterii glebowych, szczególnie zaś są ubogie w bakterie wiążące azot.

Jako pierwiastek śladowy, mający znaczenie ekologiczne w niektórych glebach serpentynowych, występuje w bardzo niskiej koncentracji molibden (Walker 1948, Johnson, Pearson, Stout 1952). Autorzy ci zauważyli u wielu roślin uprawianych na glebach serpentynowych, ubogich w molibden, symptomy wynikające z braku tego mikroelementu, które to symptomy po uzupełnieniu tego braku zanikały.

### 3. Reakcja roślin na specyficzne czynniki siedliska serpentynowego

Do typowych roślin serpentynów należą formy kserofotofilne, oligotroficzne-iglaste, reprezentowane na półkuli północnej przez rodzaj *Pinus*, a na półkuli południowej przez rodzaje *Araucaria*, *Agatis*, *Dacrydium* i *Casuarina* (Virot 1956). Drugą, wyróżniającą się formacją roślinną serpentynów są wiecznie zielone, sklerofilne krzewy, np. w południowo-wschodniej Europie formacje krzewów *Erica carnea*, *Daphne blagayana* i *Buxus sempervirens* (Markgraf 1932), jak również gatunki rodzajów *Genista* i *Citissus* (macchia). Środkowoamerykańskie lasy sosnowe zbudowane z *Pinus caribaea*, rosnące na serpentynach, wykazują duże podobieństwo do lasów sosnowych zbudowanych z *Pinus silvestris* rosnących na tym podłożu w Czechach (Nemeč 1951). We wszystkich formacjach roślinnych kserofitycznych rosnących na glebach serpentynowych stopień zwarcia tych formacji jest z reguły słaby. Rośliny zarówno drzewa jak i krzewy, a częściowo i rośliny zielne tworzą między sobą większe i mniejsze luki. Autorzy ci podają, że gleby serpentynowe działają w wielu przypadkach szkodliwie na uprawiane na nich rośliny, ale stopień szkodliwości jest zależny od systematycznej przynależności uprawianych roślin. Wiele roślin rosnących na glebach serpentynowych wykazuje mniejsze lub większe różnice morfologiczne w stosunku do tych samych gatunków roślin, rosnących na glebach nieserpentynowych. Niektóre różnice morfologiczne są tego typu, że pozwalają traktować rośliny rosnące na serpentynach jako nowe odmiany.

Charakterystykę roślin serpentynowych i ich morfoz podają Pichi-Sermolli 1948, Rune 1953, Dvorak 1935. Według tych autorów do cech charakterystycznych typowych roślin serpentynowych należą: karłowatość, nanizm organów, plagiotropizm, wąskolistność, zmniejszenie powierzchni

blaszki liściowej, silniejsze ulistnienie pędów, silniejsze rozgałęzienie pędów, zgrubienie blaszki liściowej, silny rozwój sklerenchymy w liściach, intensywniejsza modrowatość pędów i liści, silny rozwój systemu korzeniowego, występowanie żółtej lub szaroszarej barwy liści, występowanie bardziej bladych barw kwiatów, słabsze dojrzewanie i u niektórych roślin znaczne przedłużenie okresu wegetacyjnego.

Prawdopodobnie rośliny serpentynowe są fizjologicznie dostosowane do specjalnych warunków glebowych, a ich adaptacje fizjologiczne wyrażają się, przynajmniej w pewnym stopniu, w zmianach morfologicznych.

#### A. Reakcja roślin na niedostateczne zaopatrzenie w P, K, N i Mo.

Według większości autorów, niedostatek P, K, N w glebach serpentynowych nie jest czynnikiem decydującym o nieurodzajności tych gleb. Dodanie P, K, N w uprawach rolnych na glebach serpentynowych gleb, w najkorzystniejszym przypadku zmniejszało zjawisko zahamowania wzrostu i występowanie nekroz, ale nie likwidowało ich całkowicie (Blackshaw 1920, Vlamis 1949, Johnson, Pearson, Stout 1952, Walker 1954). Jedynie serpentynowe rasy roślin wykazywały dobry wzrost na użyźnionej dodatkami P, K, N serpentynowej glebie. Natomiast dodanie do gleby P, K, N nie poprawiało słabego wzrostu roślin, należących do nieserpentynowych ras. Na podstawie wyżej przytoczonych doświadczeń z roślinami uprawianymi na glebach serpentynowych, autorzy wyrazili przypuszczenie, że rośliny rosnące dziko na tych glebach odczuwają w mniejszym stopniu zbyt skąpe ilości P, K, N.

Nemeč (1951) wykazał, że drzewa szpilkowe, rosnące na podłożu serpentynowym, pobierały z gleby tylko połowę tej ilości K i P, co takie same drzewa szpilkowe rosnące na glebach nieserpentynowych. Podobne wyniki dla gatunku *Helichrysum italicum* podają Minguzzi i Vergnano (1953). Badania Vanselowa i Datta (1949) oraz Scharrera (1955) wykazały, że niedobór molibdenu w glebach serpentynowych obniża aktywność bakterii glebowych wiążących azot i hamuje procesy przemiany związków azotowych w liściach. Głównym symptomem niedoboru lub braku molibdenu w glebach serpentynowych jest występowanie u roślin chlorozy. Według Minguzzi i Vergnano (1953) silny rozwój systemu korzeniowego u roślin serpentynowych jest związany z niedoborem azotu w glebie.

#### B. Reakcja na wysoką zawartość niklu i kobaltu

Analizy ilościowe na zawartość niklu w roślinach rosnących na glebach serpentynowych wykazały, że niektóre z tych roślin posiadają w swych tkankach zwiększoną ilość niklu. Te rośliny nazwano koncentratorami selektywnymi niklu (Sarosiek 1955). Wśród tych gatunków roślin znajdują się takie, któ-

rym większa koncentracja niklu w organizmie nie szkodzi (np. *Helichrysum italicum*) oraz takie, którym większa koncentracja niklu szkodzi (np. *Pulsatilla patens*). Niektóre gatunki roślinne, koncentrujące nikiel, wytwarzają zniekształcone formy, wśród których częste jest zjawisko karłowatości, np. *Campanula rotundifolia* wytwarza nanistyczne okazy na podłożu serpentynów na Dolnym Śląsku (Sarosiek 1957). Teratologiczne zniekształcenia roślin koncentrujących nikiel opisują Maluga (1954) u gatunku *Linosyris villosa* i Storożewa (1954) u *Pulsatilla patens*. Objawy chorobowe zatrucia niklem u większości roślin uprawnych na podłożu serpentynowym w Szkocji, opisali Hunter i Vergnano (1952). Wyrazem zatrucia niklem jest najczęściej nekroza, której stopień rozwoju zależy od koncentracji niklu i jego lokalizacji w organizmie roślinnym. Objawem zatrucia niklem jest także chloroza (Crooke, Hunter i Vergnano 1954). U tych roślin, u których wystąpiły objawy zatrucia niklem, stwierdzono również zewnętrzne i wewnętrzne objawy chorobowe wywołane niedoborem N, K i Ca w glebie. Dodatek do gleby wymienionych pierwiastków powoduje zanik objawów chorobowych.

Według Crooke'a, Huntera i Vergnano (1954) nikiel lokalizuje się głównie w najbardziej aktywnych organach rośliny, najczęściej w mezofili liści, gdzie powoduje aglutynację chloroplastów i naruszenie ścian komórkowych w sąsiedztwie szparek, a także gromadzi się w miąższu owoców i nasion. Pobieranie niklu przez rośliny zależy od  $pH$  gleby, jest ono najintensywniejsze przy  $pH = 4,8$ , a traci na sile przy wzroście  $pH$  gleby. Na glebach serpentynowych, kwaśnych, w których wartość  $pH$  spada poniżej 5, nie rosną rośliny określane jako typowo serpentynowe.

Minguzzi i Vergnano (1948) przeprowadzili badania analityczne ilościowe zawartości niklu w organizmie gatunku *Alyssum bertolonii*, który rośnie tylko na serpentynach w okolicy Florencji, a który autorzy nazywają gatunkiem endemicznym. U tego gatunku stwierdzono wysoką zawartość niklu, bez żadnych objawów chorobowych. Autorzy ci oraz Nemeč (1951) przypuszczają możliwość udziału niklu w budowie chlorofilu oraz możliwość neutralizacji przez nikiel szkodliwego nadmiaru magnezu. Powszechnie jednak uważa się wpływ większej ilości niklu w glebach serpentynowych na rośliny za szkodliwy, czego wyrazem jest blednięcie barwy kwiatów, niewykształcanie owoców, niekształtność teratologiczna, osłabienie wzrostu.

Stosunkowo mniej znane jest pobieranie kobaltu przez rośliny rosnące na podłożu serpentynowym. Jeśli pobieranie tego mikroelementu jest tak silne jak niklu, wówczas ma działanie toksyczne objawiające się podobnie jak toksyczne działanie niklu.

### C. Reakcja na wysoką zawartość chromu

Gleby serpentynowe zawierają 0,01—0,026 mg łatwo rozpuszczalnego chromu na 100 g gleby (Birrell i Wright 1945, Nemeč 1951, Walker 1954). Chrom jest pobierany przez rośliny w mniejszych ilościach niż nikiel,



choć zawartość tych dwóch mikroelementów w glebach serpentynowych jest podobna. Według Walkera (1954) rośliny serpentynowe zawierają średnio 18,33% niklu i 2,83% Cr w suchej masie liści. Analizy wykazały najwyższą zawartość chromu we włośnikach korzeniowych i w skórce korzeni oraz w korze pni drzew. Koenig (1910), Hunter i Vergnano (1953) stwierdzili, że objawy zatrucia roślin chromem występują przy jego koncentracji większej niż 0,1% w glebie. W glebach serpentynowych koncentracja Cr większa niż 0,1% występuje, jednakże rośliny rosnące na tych glebach, zwłaszcza typowe serpentynofyty, są odporne na zatrucie chromem, bądź przeciwdziałają temu zatruciu głębokość korzeni i silna sklerenchyma. Robinson (1935), Birrell i Wright (1945) wypowiedzieli pogląd, że większa ponad przeciętną koncentracja ciężkich metali w glebie serpentynowej, między innymi i chromu, może być przyczyną zahamowania wzrostu roślin. Sarosiek (1958) wykazał zależność stopnia karłowatości *Senecio viscosus* od zawartości chromu w podłożu serpentynowym i koncentracji tego mikroelementu w tkankach tej rośliny. Według Nemeča (1954) w niektórych serpentynach przeważa zawartość chromu nad zawartością niklu, a w innych, przeciwnie, przeważa nikiel lub kobalt nad zawartością chromu. W skałach serpentynowych — są więc metale ciężkie działające na przebieg procesów fizjologicznych roślin nie tylko w różny sposób, lecz także w różnych dawkach. Można więc powiedzieć, że nie działa tu tylko jeden z nich jako czynnik serpentynowy, lecz działają wszystkie razem kompleksowo, w specyficznej kombinacji ekologicznej podłoża serpentynowego.

#### D. Reakcja na stosunek zawartości Ca do Mg

Dotychczasowe badania analityczne wykazały, że we wszystkich skałach i glebach serpentynowych zawartość Mg przewyższa znacznie zawartość Ca. Pobieranie Mg przez rośliny jest zależne od kwasoty gleby (Michael 1941). W klimacie umiarkowanym gleby serpentynowe o odczynie neutralnym wykazują nieprzydatność dla uprawy roślin, natomiast rosną na nich w dość dużych ilościach gatunki endemiczne. Ze wzrostem stopnia zakwaszenia gleby, powodującym intensywniejsze i głębiej sięgające procesy wietrzenia skał serpentynowych, wkraczają na te gleby zbiorowiska pospolitych roślin ubikwistycznych. Endemiczne gatunki serpentynowe rosną równie dobrze na glebach serpentynowych zawierających mniejsze lub większe ilości Ca, nawet w obecności takich drobnych ilości, przy których rośliny nieserpentynowe cierpiałyby z braku wapnia. Niektóre odmiany serpentynowych roślin wykazują lepszy wzrost przy zwiększonej zawartości Ca w glebie (Kruckeberg i Walker 1954). Dotychczas nie wyjaśniono jednak fizjologicznego działania Ca w roślinach rosnących na podłożu serpentynowym i przyczyn różnic w zachowaniu się serpentynowych i nieserpentynowych roślin rosnących na glebach serpentynowych o małej zawartości wapnia. Nieco światła na to za-

gadnienie rzucają wyniki analiz zawartości Ca i Mg w tkance liści pomidora hodowanego na podłożu serpentynowym i typowego gatunku serpentynowego *Streptanthus glandulosus*, przeprowadzonych przez Vlamisa (1948). *Streptanthus* zaabsorbował nieco więcej wapnia niż pomidor w warunkach takiej samej zawartości Ca w glebie. Natomiast pomidor, w tych samych warunkach, zaabsorbował znacznie więcej Mg niż *Streptanthus*. Można przypuszczać, że pobrany w większej ilości magnez, utrudnia roślinie pobieranie wapnia. Vlamis i Jenney (1948) podają na podstawie przeprowadzonych doświadczeń, że w wypadku przyswajania przez rośliny serpentynowe większej ilości potasu albo strontu, działają one podobnie do magnezu, czyli utrudniają roślinie pobieranie wapnia. Loew i May (1901), Jenney (1948) przypuszczają, że podstawową przyczyną nieurodzajności gleb serpentynowych jest w nich mała zawartość wapnia. A zatem ten czynnik należy przede wszystkim brać pod uwagę w rozważaniach nad zagadnieniem tolerancji i nietolerancji gleb serpentynowych dla rozwoju roślin. Badania wielu autorów wskazują, że cechą charakterystyczną serpentynowych gatunków roślinnych może być zdolność wyłączenia nadmiaru Mg spośród innych przyswajalnych pierwiastków.

#### 4. Zagadnienie tolerancji i nietolerancji gleb serpentynowych dla rozwoju roślin

Ekologiczny problem gleb serpentynowych nie jest dotychczas należycie wyjaśniony. Na ogół przyjmuje się, że na stopień nieurodzajności gleb serpentynowych wpływa niski stosunek Ca do Mg (Blackshaw 1920, Novak 1928), niska zawartość N i P (Gordon i Lipman 1926), wysoka zawartość Cr i Ni (Robinson, Edgnington i Beyrs 1935), deficyt Ca (Walker 1954, Kruckeberg 1954), niedobór Mo (Johnson, Pearson i Stout 1952).

Dotychczasowe poglądy na powstawanie różnych morfoz roślin serpentynowych wyrażają się w tym, że morfozy te są wywoływane działaniem fizycznych lub chemicznych właściwości gleb serpentynowych. Minguzzi i Vergnano (1953) wyrażają pogląd, że powstawanie morfoz u roślin rosnących na serpentynach jest wywołane właściwościami chemicznymi gleb serpentynowych, głównie przez działanie mikroelementów. Zdaniem tych autorów znacznie mniejszą rolę w zjawisku występowania morfoz odgrywiają makroelementy. Zdaniem tych autorów silny rozwój systemu korzeniowego, jak i siny kolor pędów i liści wielu roślin serpentynowych, może być wynikiem deficytu azotu w glebie, ale może być też wynikiem deficytu fosforu i potasu. Natomiast nadmiar magnezu może wywoływać niższy wzrost rośliny. W glebie serpentynowej z reguły występuje duża ilość żelaza, w postaci nierozpuszczalnego magnezytu. Autorzy wyżej wymienieni nie stwierdzili u roślin serpentynowych objawów toksycznych, wywoływanych działaniem nadmiaru żelaza. Mechaniczny skład cząsteczek mineralnych zwięzłych serpentynów

przyczynia się do utworzenia gleby łatwo przepuszczalnej dla wody, co jest przyczyną kseryzmu siedlisk serpentynowych z niedostatecznym kompleksem koloidowym i ograniczoną ilością mikroorganizmów glebowych, głównie bakterii (Tadros 1957). Wszystkie te czynniki niewątpliwie powodują nieurodzajność gleb serpentynowych, wielu jednak autorów główną przyczynę nieurodzajności siedlisk serpentynowych upatruje w obecności toksycznie działających mikroelementów Ni i Cr. Małe ilości przyswajalnego wapnia ograniczają wzrost uprawnych gatunków serpentynowo-tolerancyjnych (Walker 1954), lecz endemiczne, serpentynowe gatunki roślinne rosną normalnie przy ilościach wapnia mniejszych niż te, jakie zwykle znajdują się w serpentynowych glebach. Wydaje się, że tylko te rośliny, które posiadają zdolność rozwoju na glebach o małej zawartości Ca, mogą utrzymać się dłużej na serpentynowym podłożu, podczas gdy inne rośliny nie będą mogły w tych warunkach żyć. Skutki toksycznego działania niklu i chromu zależą od ich stanu i stopnia przyswajalności w glebie, ilości pobranej przez rośliny oraz od wrażliwości danego gatunku roślinnego na te metale. Ilości Ni i Cr absorbowane przez rośliny z niektórych gleb serpentynowych są dostatecznie duże na to, aby wywołać zatrucie roślin, ale nie zawsze zjawiska zatrucia występują. Na innych glebach serpentynowych o dużej zawartości chromu i niklu, absorpcja tych mikroelementów przez rośliny jest zbyt mała, aby mogła wywołać objawy toksyczności. Twierdzi się zatem, że zasadniczą przyczyną nietolerancji, jaką zdradza przeważająca ilość roślin dla gleb serpentynowych, jest mała zawartość wapnia. Tylko w niektórych przypadkach obecność zwiększonej ilości ciężkich metali w glebie serpentynowej może wpływać bardziej na rozwój roślin aniżeli małe nasycenie gleby wapniem, albo przynajmniej mogą stanowić dodatkowy silniej działający czynnik ekologiczny ograniczający wzrost roślin. Możliwość szkodliwego działania niedoboru molibdenu i nadmiaru magnezu na rośliny rosnące na serpentynach musi być jeszcze dokładniej zbadana. Mimo że — jak wynika z dotychczasowych badań — gleby serpentynowe zawierają mało wapnia, to pobieranie go z gleby przez rośliny rosnące na serpentynach jest w dodatku silnie utrudnione przez znaczne ilości magnezu znajdującego się w tych glebach. Poza tym pewne czynniki ekologiczne, jak np. słabe zatrzymywanie wody w silnie przepuszczalnych glebach serpentynowych, mała zawartość składników mineralnych ważniejszych dla roślin, przyczyniają się do pogłębiania nietolerancji dla rozwoju wielu gatunków roślinnych.

Rośliny rosnące na podłożu serpentynowym muszą wykazywać odpowiednie cechy przystosowawcze, pozwalające im żyć wobec jednego lub więcej z następujących czynników: wysokich koncentracji Ni i Cr, dużej zawartości Mg, małych ilości ważniejszych, odżywczych pierwiastków (specjalnie P, K i N), małej ilości molibdenu oraz suchości gleby i innych niesprzyjających rozwojowi roślin fizycznych właściwości płytkich, kamienistych gleb.

Chociaż wszystkie z tych czynników ekologicznych mają niekorzystny

wpływ na rozwój roślin w pewnych okolicznościach, zdaniem Walkera (1954), opierającego się na dowodach eksperymentalnych, mała zawartość wapnia w glebach serpentynowych jest podstawową przyczyną odrębności ekologicznej tych gleb, przy drugorzędym znaczeniu pozostałych czynników.

Na podstawie reakcji różnych gatunków roślinnych na specyficzne czynniki serpentynowe, możemy wyróżnić: gatunki nietolerancyjne, których rozwój jest niemożliwy na glebach serpentynowych, gatunki tolerancyjne, które mają możliwość życia i rozwoju na tych glebach dzięki cechom przystosowawczym i gatunki endemiczne — serpentynowe, które występują tylko na tym podłożu.

Warunkiem istnienia serpentynowych endemitów roślinnych jest ich zdolność uzyskiwania wystarczającej ilości Ca przy małych jego zawartościach w glebie i zdolność przystosowania się do małych ilości P, K, N oraz obecności innych niekorzystnych czynników.

Dowodem na wyżej przytoczone zjawiska jest stwierdzony doświadczalnie fakt, że wszystkie przytoczone wyżej w niniejszym artykule doświadczenia i obserwacje zdają się nie budzić wątpliwości, że czynniki edaficzne i biotyczne wytwarzają ostre granice między serpentynową i nieserpentynową roślinnością.

*Z Katedry Ekologii i Geografii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego we Wrocławiu.*

#### LITERATURA

- Birrell K. S., and Wright C. S., 1945. A serpentine soil in New Caledonia. *New. Zeal. Jour. Sci. Tech.* 27 A: 72—76.
- Blackshaw G. N., 1920. Magnesia impregnated soils. *S. Afric. J. Sci.* 17: 171—178.
- Braun-Blanquet J., 1951. *Pflanzensoziologie*, 2 Aufl. Wien.
- Crooke W. M., Hunter J. G. and Vergnano O., 1954. The relationship between nickel toxicity and iron supply. *Ann. Appl. Biol.* 41: 311—324.
- Dvorak R., 1935. Nanismi plantarum in stepposis ad substratum serpentinaeum prope Mohelno in Moravia. *Arch. Natur. u. Heimatschutz Mährischschles. Lande* 5 a: 1—152.
- Fiek E., 1881. *Flora von Schlesien preussischen und österreichischen Antheils*. Breslau.
- Geering J., 1943. Lysimeter-Versuche der Eidg. Landw. Versuchsanst. Zurich-Orlikon. *Ldw. Jb. Schweiz*, 107—182.
- Giraud-Solavie (—), 1780. *Histoire naturelle de la France meridionale*. Paris.
- Gordon A. and Lipman C. B., 1926. Why are serpentine and other magnesian soils infertile? *Soil Sci.* 22: 291—302.
- Hunter J. G. and Vergnano O., 1952. Nickel toxicity in plants. *Ann. Appl. Biol.* 39: 279—284.
- Johnson C. M., Pearson G. A. and Stout P. R., 1952. Molybdenum nutrition of crop plants. II. Plant and soil factors concerned with molybdenum deficiencies in crop plants. *Plant and Soil.* 4: 178—196.
- Koenig P., 1910. Studien über die stimulierenden und toxischen Wirkungen der verschiedenartigen Chromverbindungen auf die Pflanzen, insbesondere auf landwirtschaftliche Nutzpflanzen. *Landw. Jb.* 39: 775—916.
- Krause W., 1958. *Andere Bodenspezialisten*. Handbuch der Pflanzenphysiologie. Band IV. Springer-Verlag.
- Kruckeberg A. R., 1954. Plant species in relations to serpentine soils. *Ecology* Vol. 35, 2: 267—274.

- Lam H. J., 1927. Een plantengeografisch Dorado. Handel 4 de. Ned.-Indisch. Naturwetensch. Congr. Welterreden (Jawa). 1926: 386—397.
- Link H. F., 1789. Florae Goettingensis specimen. Gottingen.
- Lipman C. B., 1926. The bacterial flora of serpentine soils. J. Bacter. 12: 315—318.
- Loew O. and May D. W., 1901. The relation of lime and magnesia to plant growth. U. S. Dept. Agr. Plant. Ind. Bull. 1: s. 53.
- Maluga D. P., 1947. O poczwach i rastieniach, kak poiskowom priznake na metaly. Priroda 6: 14—17.
- 1950. O biogeochemicznych prowincjach na Juznom Urale. D. A. N. SSSR. 70 nr 3.
- 1954. Biogeochemickeskoj metod poiskow miestorożdzenii rud. Trudy Biogeochemickeskoj Labor. 10: 28—59.
- Markgraf F., 1932. Pflanzengeographie von Albanien, ihre Bedeutung für Vegetation und Flora der Mittelmeerländer. Bibliotheca Bot. 105: 1—132.
- Michael G., 1941. Über die Aufnahme und Verteilung des Magnesiums und dessen Rolle in der höheren grünen Pflanzen. Bodenkd. u. Pflanzenernähr. 25: 65—120.
- Minguzzi C., Vergnano O., 1948. Il contenuto di nickel nelle ceneri di Allyssum Bertolonii Desv. Att. Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem. A, 55: 49—74.
- — 1953. Il Contenuto di Elementi inorganici delle piante della formazione ofiolitica dell'impruneta (Firenze). Nuovo Gior. Bot. Ital. LX: 287—319.
- Nemec A., 1951. A study of a serpentine forest soil with regard to its chromium content and to the resorption of chromium by a stunted pine stand. Sborn. csl. Akad. Zemedelske s. 395—404.
- 1954. Wuchsstockungen und Misslingen der Waldkulturen auf Serpentinboden in Sudbohemien infolge der Intoxikationen durch Nickel und Kobalt. Prace vyzkumnych ustavu Lesnickych CSR, 6: 7—54.
- Novak F. A., 1928. Quelques remarques relatives an probleme de la vegetation sur les terrains serpentiniques. Preslia 6: 42—71.
- Novak V., Pelisek J., 1940. Renzin-aboden auf Serpentinegesteinen. Ann. Fac. Agr. Bucarest. 1.
- Pelisek J., 1939. Boden des Steppengebietes von Mohelno und kurze Charakteristik der west-mährischen Boden. Arch. Nat. u. Heimatschutz Mahr.-Schles. Lande 1 b: 1—128.
- Pichi-Sermolli R., 1948. Flora e vegetazione delle serpentine e delle altre ofioliti dell'Alta Valle del Tevere (Toscana). Vebia 6: 1—380.
- Robinson W. O., Edgington G., Byers H. G., 1935. Chemical studies of infertile soils derived from rocks high in chromium and generally high in magnesium and nickel. U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 471.
- Rune O., 1953. Plant life on serpentines and related rocks in the North of Sweden. Acta Phytogeog. Suecica 31: 1—139.
- Sarosiek J., 1955. Chemiczna ekologia — nowy kierunek badañ ekologicznych. Kosmos S. A. 4 (1—2): 265—275.
- 1957. Roślinność hald kopalniano-nutnicznych niklu w Szklarach k. Ząbkowice Śl. i warunki ekologiczne jej występowania. Acta Soc. Bot. Pol. 26 (2): 271—290.
- 1958. Zawartość chromu a karłowatość u *Senecio viscosus* L., Acta Soc. Bot. Pol. 27 (1): 1—19.
- Scharrer K., 1955. Biochemie der Spurelemente, 2. Aufl. Berlin Paul Parey.
- Schube T., 1903. Die Verbreitung der Gefasspflanzen in Schlesien preussischen und österreichischen Anteils. Breslau.
- Storożewa M. M., 1954. Teratologiczeskije jawlenia u anemony (*Pulsatilla patens*) w usłowiach nikielowo rudnowo polia. Trudy Biogeochem. Labor. 10: 64—75.
- Tadros J. M., 1957. Evidence of the presence of an edaphobiotic factor in the problem of serpentine. Ecology 38 (1).
- Unger F., 1836. Über den Einfluss des Bodens auf die Verteilung der bewachse. Wien.
- Vanselow A. P., and Datta N. P., 1949. Molybdenum deficiency of the Citrus plant. Soil Sci. 67: 365—375.

- Virost R., 1956. La vegetation canaque. Mem. Mus. Nat. Hist. Nat. B. 7: 1—400.
- Vlomis J. and Jenny H., 1948. Calcium deficiency in serpentine soils as revealed by adsorbent technique. Science 107 s. 549.
- 1949. Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcium saturation of soil. Soil Sci. 67: 453—466.
- Walker R. B., 1948. Molybdenum deficiency in serpentine barren soils. Science (Lancaster, Pa) 108:473—475.
- 1954. Factors affecting plant growth on serpentine soils. Ecology 35 (2): 259—266.
- Whittaker R. H., 1954. The vegetational response to serpentine soils. Ecology 35 (2): 275—288.
- Wiktorow S. W., 1952. Wariowanie wida w zavisimosti ot wlijenia pochwoobrazujuszczej porody. Rastienie i Sreda. 3. 228—237.