

Zespół Fundacji Terra Nostra

05

# BADANIA GLEBY

**PRZEWODNIK  
ROLNICTWA  
REGENERATYWNEGO**



Co-funded by the  
European Union

**PRZEWODNIK  
ROLNICTWA  
REGENERATYWNEGO  
BADANIA GLEBY**

Autor:  
Zespół Fundacji Terra Nostra

Projekt i opracowanie graficzne:  
Maciej Wilgosiewicz  
Piotr Krukowski  
Agencja reklamowa Pixel Star

Wydawca:  
Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra  
[www.fundacjaterranostra.pl](http://www.fundacjaterranostra.pl)

Właściciel projektu:  
EIT Food  
[www.eitfood.eu](http://www.eitfood.eu)



Rewolucja Rolnictwa Regeneracyjnego to projekt prowadzony przez EIT Food. **EIT Food to największa na świecie i najbardziej dynamiczna społeczność zajmująca się innowacjami w branży spożywczej.** Przyspieszamy innowacje, aby zbudować przyszłościowy system żywnościowy, który produkuje zdrową i zrównoważoną żywność dla wszystkich.

Wspierani przez Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT), instytucję Unii Europejskiej, inwestujemy w projekty, organizacje i osoby, które podzielają nasze cele dotyczące zdrowego i zrównoważonego systemu żywnościowego. Odblokowujemy potencjał innowacyjny w biznesie i na uczelniach oraz tworzymy i skalujemy start-upy z branży rolno-spożywczej, aby wprowadzać na rynek nowe technologie i produkty. Wyposażamy przedsiębiorców i specjalistów w umiejętności potrzebne do przekształcenia systemu żywnościowego i stawiamy konsumentów w centrum naszej pracy, pomagając budować zaufanie poprzez ponowne łączenie ich z pochodzeniem ich żywności.

Jesteśmy jedną z ośmiu społeczności innowacyjnych utworzonych przez Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT), niezależny organ UE utworzony w 2008 r. w celu pobudzania innowacji i przedsiębiorczości w całej Europie.

Dowiedz się więcej na [www.eitfood.eu](http://www.eitfood.eu) lub śledź nas w mediach społecznościowych: Twitter, Facebook, LinkedIn, YouTube i Instagram.

05

# BADANIA GLEBY

## PRZEWODNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO

## SPIS TREŚCI

■ 5.1	WSTĘP .....	str. 5
■ 5.2	GLEBA I KLUCZOWE JEJ WŁAŚCIWOŚCI .....	str. 6
■ 5.3	KSZTAŁTOWANIA JAKOŚCI GLEB = KSZTAŁTOWANIE PŁONU .....	str. 11
■ 5.4	AKTUALNA OCENA WŁAŚCIWOŚCI GLEBY TO PODSTAWA JEJ REGENERACJI.....	str. 12
■ 5.5	ANALIZA GLEBY W ROLNICTWIE REGENERATYWNYM .....	str. 14
■	5.5.1 POBIERANIE PRÓBEK GLEBOWYCH .....	str. 15
■	5.5.2 ANALIZA GLEBY .....	str. 16

## WSTĘP

**Wartościowe jedzenie, które trafia na nasz stół, swój początek ma w glebie.**

**5.1**

Zdrową glebę można uznać za pełen życia organizm. Zdrowa gleba dostarcza niezbędnych soli mineralnych oraz wodę dla roślin, które w zamian za to odwdzięczają się dostarczaniem niezbędnych składników odżywczych dla żyjących w glebie grzybów, bakterii oraz innych organizmów. Te bytujące w glebie żywe organizmy stanowią niewielki ułamek masy gleby, jednak odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu zdrowia gleby oraz jej fizycznej i chemicznej jakości, gdyż wpływają na strukturę gleby, rozkład materii organicznej oraz przemiany składników pokarmowych. Świadomość tej niezwyklej współzależności pomiędzy żywymi i nieożywionymi elementami gleby i dbanie o zachowanie pomiędzy nimi harmonii kieruje regeneratywnym podejściem do budowania jakości i zdrowia gleb uprawnych. Niestety, szacuje się, że 33% gruntów na świecie jest zdegradowanych w stopniu umiarkowanym do silnego. Niszczenie gleb, a tym samym spadek ich jakości jest wywołany m.in. intensywną uprawą (z wykorzystaniem niewłaściwych narzędzi), zanieczyszczeniami, zmianami klimatu (susza powodująca niedobór wody) i niewłaściwym nawożeniem. Utrzymanie dobrej kondycji

gleb jest kluczowe z punktu widzenia wyżywienia świata, ponieważ szacuje się, że gleba stanowi podstawę produkcji 95% żywności przeznaczonej do spożycia.

Rozwiązaniem w zakresie poprawy kondycji gleb jest rolnictwo regeneratywne. Z roku na rok coraz bardziej widoczne jest jego znaczenie w niezbędnym procesie wzmocnienia gleb, a tym samym poprawieniu jej żyzności. Podstawowym celem rolnictwa regeneratywnego jest odtworzenie i utrzymanie potencjału plonotwórczego gleby, poprzez prowadzenie takiej produkcji rolniczej, która nie szkodzi środowisku przyrodniczemu. Rolnictwo regeneratywne daje szereg korzyści, do których zaliczyć można: produkcję wysokiej jakości żywności oraz paszy, prawidłowe gospodarowanie materią organiczną gleby, poprawę właściwości bio-fizyko-chemicznych (zwłaszcza pH) i wzrost potencjału plonotwórczego gleby; ochronę gleby, wody i powietrza przed skażeniami pochodzenia rolniczego, ograniczenie nakładów finansowych (środki ochrony roślin, nawozy mineralne), oszczędność energii, ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>.

## GLEBA I KLUCZOWE JEJ WŁAŚCIWOŚCI

### 5.2

**Aby lepiej zrozumieć funkcjonowanie gleby, warto jej się przyjrzeć nieco dokładniej.**

**Gleba** to naturalna, zewnętrzna i biologicznie czynna warstwa skorupy ziemskiej. Powstała ze zwietrzliny skalnej w wyniku procesów glebotwórczych, które trwały tysiące lat. Składa się z cząsteczek minerałów, rozkładanej materii organicznej, wody oraz powietrza. Dzieli się na część mineralną oraz organiczną. Gleba jest strukturą trójfazową, zbudowaną z fazy stałej, ciekłej i gazowej.

**Do ważnych wskaźników jakości gleby zalicza się jej właściwości chemiczne i fizyko-chemiczne, takie jak:** zawartość materii organicznej (węgla organicznego), zawartość azotu ogólnego, zawartość łatwo przyswajalnych dla roślin makroskładników: fosforu, potasu, magnezu, wapnia i siarki, odczyn pH (mierzony w KCl i/ lub H<sub>2</sub>O), pojemność wymiany kationów, stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i K<sup>+</sup> Na<sup>+</sup>) zawartość mikroelementów, takich jak żelazo, bor, miedź, mangan i cynk oraz przewodnictwo elektryczne.

**Gleba ma zdolności sorbowania**, czyli zatrzymywania różnego rodzaju jonów czy substancji, które się do niej dostaną lub już w niej występują. Jakość i żyzność gleb uzależnione są od tzw. **kompleksu sorpcyjnego gleby**, czyli najbardziej aktywnej, rozdrobnionej części stałej fazy gleby, która wpływa na pojemność wymiany kationów. Dzięki zjawisku sorpcji, składniki pokar-

mowe rozpuszczone w roztworze glebowym nie są wymywane z gleby (na przykład wraz z wsiąkającą po opadach wodą). Dlatego dbałość o kompleks sorpcyjny jest bardzo ważna w budowaniu żyzności i produktywności gleb uprawnych.

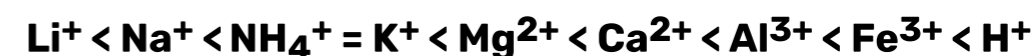
**Kompleks sorpcyjny gleby tworzą mineralne i organiczne składniki stałej fazy gleby.** Są to minerały ilaste (np. illit wermikulit, montmorylonit) i glebowa materia organiczna wraz z humusem (kwasy huminowe, kwasy fulwowe, huminy). Można zatem uznać, że im więcej tych składników znajduje się w glebie, tym kompleks sorpcyjny ma większą pojemność. Rozproszone są one w glebie w formie koloidalnej i w większości posiadają ładunek ujemny. To właśnie dzięki temu ładunkowi kompleks sorpcyjny jest w stanie zatrzymać naładowane dodatnio jony (np.: kationy wapnia Ca<sup>2+</sup>, magnezu Mg<sup>2+</sup>) - w myśl zasady, że plusy i minusy przyciągają się. Kompleks sorpcyjny zdolny jest także do niewymiennej sorpcji niektórych jonów. Nie jest to sorpcja zależna od ładunku substancji tworzących kompleks i w niewielkim stopniu decyduje o dostępności składników dla roślin. Kompleks sorpcyjny wykazuje również zdolność do sorbowania anionów (np.: chlorkowego, azotanowego (V), siarczanowego (VI)). Ta sorpcja jest jednak znacznie mniejsza niż sorpcja kationów, ponieważ ładunków dodatnich (zdolnych do sorbowania anionów) jest w kompleksie mniej niż ładunków ujemnych. Dlatego aniony (np. NO<sub>3</sub>-) są

sorbowane w stosunkowo niewielkich ilościach i łatwo ulegają wymyciu w głąb profilu glebowego.

**Kompleks sorpcyjny działa jak magazyn czy poczekalnia dla jonów rozpuszczanych w roztworze glebowym - odpowiada za zatrzymywanie oraz uwalnianie do roztworu glebowego różnych jonów, w tym kluczowych dla życia roślin składników pokarmowych.** Na miejsce uwalnianych do roztworu glebowego jonów sorbowane są inne w równoważnej ilości, dlatego też kompleks sorpcyjny odpowiada za sorpcję wy-

mienną jonów. **Sorpcja wymienna polega na wymianie jonów pomiędzy roztworem glebowym, a kompleksem sorpcyjnym.** Podczas reakcji wymiany ustala się stan dynamicznej równowagi między ilością i strukturą kationów występujących w roztworze glebowym, a ilością odpowiednich jonów w kompleksie sorpcyjnym. Duże stężenie jonów w roztworze glebowym zwiększa ich sorpcję, w ten sposób jony o dużej energii wejścia (słabo sorbowane) mogą również przenikać do kompleksu sorpcyjnego (np. Na<sup>+</sup>, jeśli występuje w glebie w dużym stężeniu).

Poniżej przedstawiono kolejność wejścia i wyjścia kationów do kompleksu sorpcyjnego:



Wzrost energii adsorpcji kationów [wejścia do kompleksu sorpcyjnego]

Wzrost energii desorpcji kationów [wyjścia z kompleksu sorpcyjnego]

Najmniejszą energię wejścia do kompleksu sorpcyjnego wykazuje H<sup>+</sup> (jest łatwo sorbowany), następnie jony trójwartościowe, dwuwartościowe, a najmniejszą jony jednowartościowe. Kationy łatwo sorbowane (o małej energii wej-

ścia) są trudniej usuwalne z kompleksu sorpcyjnego (gdyż wykazują jednocześnie dużą energię wyjścia). Sumaryczna ilość wszystkich wymiennie sorbowanych jonów to tzw. pojemność sorpcyjna gleby - CEC\*.

\* pojemność sorpcyjna w glebach jest zmienna i koreluje z pH gleby. W glebie o pH poniżej 6 występuje nadmiar jonów H<sup>+</sup> w roztworze gleby/wody i wiele miejsc wymiany ujemnej jest zajętych przez kationy kwasowe, takie jak Al<sup>3+</sup> i Fe<sup>3+</sup>. W miarę wzrostu pH gleby, spowodowanego dodaniem Ca, Mg, K i Na jony Al i Fe łączą się z ujemnie naładowanymi jonami OH<sup>-</sup> w roztworze gleby i wody, tworząc nierozpuszczalne tlenki glinu i żelaza oraz uwalniając ujemnie naładowane jony OH<sup>-</sup>. Miejsca w próchnicy odgrywają rolę w wymianie składników pokarmowych. Gleba o wysokiej zawartości materii organicznej będzie miała niską „efektywną” zdolność wymiany przy niskim pH, ponieważ wiele ujemnych miejsc wymiany będzie wypełnionych ściśle związanymi Al i Fe. Dodanie kationów zasadowych, zwłaszcza wapnia, podniesie pH, a jony Ca<sup>2+</sup> wyprą Al i Fe przez „wymienność” Ca.

**Próchnica** to podstawowy wskaźnik żyzności gleb. **Próchnica glebowa jest bardzo ważną częścią materii organicznej gleby, której ogólną zawartość możemy zmierzyć oznaczając w glebie całkowitą zawartość węgla organicznego.** Materia organiczna gleb jest więc zatem różnorodną mieszaniną wszystkich resztek organicznych pochodzenia roślinnego czy zwierzęcego, które trafiają do gleby i ulegają w niej rozkładowi i przekształceniom. Z biochemicznego punktu widzenia próchnica jest częścią materii organicznej, którą budują złożone, bezpostaciowe substancje

(nie da się w nich odróżnić komórek roślinnych czy zwierzęcych). Powstają one z przekształcenia szczątków organicznych, głównie roślinnych przy udziale organizmów glebowych (mn. bakterii, grzybów) i drobnych bezkręgowców, np. dżdżownic. Często występują w połączeniu z mineralną fazą gleby. Po przekształceniu szczątków organicznych ostatecznie frakcję próchnicy tworzą różne substancje organiczne i mineralno-organiczne, gromadzące się w glebie lub na jej powierzchni, które są źródłem ujemnych ładunków w glebie.

#### PRÓCHNICA PEŁNI W GLEBIE SZEREG WAŻNYCH FUNKCJI, GDYŻ DECYDUJE O:

■ **zdolności zatrzymywania i gromadzenia składników pokarmowych (pojemność sorpcyjna) – poprawia magazynowanie i dostępność składników pokarmowych oraz zmniejsza ich straty\*;**

■ **pojemności wodnej i zdolności jej zatrzymywania – zwiększa retencję wodną i minimalizuje skutki suszy (gleby są bardziej na nią odporne);**

■ **stabilności struktury gleby – poprawia strukturę gleby, zwłaszcza w obecności jonów  $Ca^{2+}$ , przez co zapobiega utracie wody i składników pokarmowych w lekkich glebach piaszczystych**

■ **i rozluźnia gleby zwarte, w których polepsza się napowietrzenie. Zapobiega erozji wodnej i wietrznej gleby;**

■ **aktywności biologicznej – zwiększa jej aktywność przez korzystny wpływ na namnażanie pożytecznych mikroorganizmów glebowych, które decydują o zdrowiu gleby;**

■ **barwie i właściwościach cieplnych gleby – ciemniejszy kolor zwiększa absorpcję energii słonecznej, co powoduje lepsze nagrzewanie się gleb.**

\* Próchnica może mieć pojemność wymiany większą niż nawet najwyższe CEC minerałów ilastych - im wyższy poziom próchnicy w glebie, tym większa pojemność sorpcyjna gleby.

Substancje tworzące frakcje próchnicy uznawane są również za najbardziej stabilną część materii organicznej gleby, która nie ulega tak łatwo rozkładowi jak świeże resztki roślinne i zwierzęce, dlatego też stanowią największą część materii organicznej. **W budowaniu zasobów próchnicy w glebach kluczowe jest dodawanie do gleby odpowiedniej ilości materii organicznej i ochrona życia biologicznego gleb.** Zwykła, jeszcze biologicznie nieprzetworzona materia organiczna z kompostu, obornika, lub pozostałości po ubiegłorocznych uprawach, nie ma bowiem zbyt

dużej zdolności sorpcji składników pokarmowych czy zatrzymywania wody, dopóki nie zostanie przekształcona w próchnicę. Tworzenie próchnicy wymaga zaś działania różnych organizmów glebowych. Kiedy żaden z nich nie może już nic zrobić z materią organiczną jako pożywieniem, staje się ona bardzo złożoną strukturą węglową, która może pomieścić i uwolnić wielokrotność swojej wagi w wodzie i składnikach odżywczych roślin. Ponadto próchnica zapobiega zaskorupianiu się gleby (gdyż poprawia stabilność agregatów glebowych) i zapobiega gwałtownym zmianom pH

(ma właściwości buforowe). Wraz ze wzrostem zawartości próchnicy w glebie zmniejsza się także dostępność toksycznych substancji z gleby (z odpadów przemysłowych, środków ochrony roślin) oraz szkodliwych metali ciężkich (kadm, ołów, glin). Próchnica posiada zdolność przyciągania wielu tych szkodliwych substancji, przez co następuje ich unieruchomienie i stają się one niedostępne (i tym samym mniej toksyczne) dla roślin i organizmów glebowych. Ma to bardzo duże znaczenie, gdyż zwiększona zawartość potencjalnie szkodliwych substancji w roślinach stanowi zagrożenie dla zdrowia konsumentów. Próchnica ma również duży wpływ na gospodarkę azotem i fosforem na polach uprawnych. W glebie azot jest najbardziej ruchomym pierwiastkiem i próchnica zapobiega jego wypłukiwaniu w głąb gleby.

**Zachowanie zasobów próchnicy glebowej jest istotne nie tylko ze względu na utrzymanie produkcyjnych funkcji gleb, ale również z punktu widzenia roli gleb w sekwestracji (wiązanii) węgla z atmosfery i redukcji skutków efektu cieplarnianego.** Według Rady Misji ds. Zdrowia Gleby i Żyzności UE, obserwuje się obecnie straty zawartości węgla organicznego z powierzchniowej warstwy gleb uprawnych (0-20 cm) krajów UE, wynoszące średnio 0,5 % rocznie. Spadek zawartości węgla organicznego w glebach uprawnych wynika z niewystarczającej ilości komponentów do budowania zasobów materii organicznej w gle-

bach oraz z intensywnej uprawy gleb. Podstawowe błędy agrotechniczne sprzyjające utracie węgla z gleb uprawnych to: niewykorzystywanie nawozowe słomy, nieumiejętne wykorzystywanie potencjału, jaki stwarzają rośliny okrywowe (poplony ścierniskowe, ozime i wsiewki poplonowe), ciągły, dramatycznie niski udział roślin bobowatych (soja, łubin, groch, peluszka, koniczyny, lucerny i inne) w płodozmianach oraz zbyt intensywna uprawa gleb, sprzyjająca degradacji struktury gleb i szybkiej mineralizacji szczątków organicznych. Niestety, ten niewykorzystany potencjał do zwiększenia żyzności i produktywności gleb jest powszechny. Należy to **zmienić i wprowadzić w praktyce rolniczej kompleksową nową strategię postępowania w budowaniu żyzności gleb, ze szczególnym uwzględnieniem odbudowania zasobów glebowego węgla.** Ma on kluczowe znaczenie dla jakości gleb. Jednym ze sposobów zwiększenia próchnicy w glebie jest dodawanie materii organicznej i uzdrowienie życia w glebie. Zapewni to jej właściwe rozłożenie i przekształcenie. Jeśli równowaga mineralna gleby jest optymalna, zwłaszcza z odpowiednią podażą siarki, każda świeża materia organiczna dodana do niej będzie miała tendencję do tworzenia stabilnej próchnicy.

Do odpowiedniego wzrostu roślin wymagane jest (rozpoznanych do obecnej chwili) 18 pierwiastków. Dzielą się one na **makroskładniki** oraz **mikroskładniki**.

#### MAKROSKŁADNIKI

**węgiel, tlen, wodór, azot, fosfor, siarka, potas, wapń, magnez**

#### MIKROSKŁADNIKI

**mangan, cynk, żelazo, bor, miedź, nikiel, chlor, molibden, kobalt**

Pozostałe pierwiastki także są pobierane przez rośliny i w pewnym stopniu mogą być im

potrzebne dla zapewnienia przebiegu określonych funkcji fizjologicznych.

Należy szczególnie pamiętać, że **podstawowym warunkiem prawidłowego odżywiania roślin jest zrównoważona podaż składników mineralnych, a potem ich niezakłócona dostępność dla roślin** - powodowana wzajemnymi antagonizmami i wzajemnym blokowaniem pierwiastków na etapie ich pobierania przez rośliny. Zauważyć też należy, że wnoszone do gleby w nadmiarze lub jednostronnie, wywołują opisane zjawiska w sposób szczególny, np.  $\text{Ca}^{2+}$ .

Jako **optymalny odczyn** dla wzrostu większości roślin uprawnych powszechnie przyjmuje się odczyn **obojętny (pH 6,6 - 7,2) lub słabo kwaśny (pH 5,6 - 6,5)**. Odpowiednie wartości pH w określonym typie i rodzaju gleb zapewniają roślinom korzystne warunki pobierania składników pokarmowych. Natomiast w glebach silnie kwaśnych zmniejsza się aktywność biologiczna bakterii i promieniowców, pogarsza się skład kompleksu sorpcyjnego, a do roztworu glebowego uwalniają się duże ilości toksycznego glinu i manganu, co skutkuje obniżeniem plonów roślin i pogorszeniem ich jakości. Podobnie dla gleb nadmiernie zasadowych zmieniają się warunki dostępności i pobierania składników odżywczych.

Do najważniejszych **właściwości fizycznych** gleby należą: skład granulometryczny, struktura, gęstość gleby, porowatość, zwięzłość, pęcznienie i kurczenie oraz właściwości funkcjonalne: wodne, powietrzne i cieplne. Właściwości fizyczne gleby mają duże znaczenie dla wzrostu i plonowania roślin uprawnych. W warunkach polowych **trwała struktura agregatowa gwarantuje najkorzystniejszy stan fizyczny gleby**. Zapobiega ona nadmiernemu zagęszczeniu gleby, zapewnia glebie korzystną zawartość porów kapilarnych, retencjonujących wodę oraz porów powietrznych. Trwałość agregatów wpływa zatem pośrednio na rozwój mikroorganizmów glebowych, zwiększa aktywność biologiczną gleby, poprzez stworzenie stabilnego środowiska ich bytowania, zapewniającego

im dopływ wody, składników odżywczych oraz powietrza. Stabilna struktura stwarza odpowiednie warunki dla kiełkowania, wschodów i rozwoju roślin, wpływa na długość ich korzeni i gęstość łanu. Wodoodporna struktura agregatowa chroni glebę przed zaskorupieniem powierzchniowym, zwiększa infiltrację wody opadowej, zmniejsza szybkość spływu powierzchniowego i erozję wodną. Trzeba zaznaczyć, że **tworzenie i stabilizacja agregatów glebowych jest rezultatem współdziałania wielu czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych**, przy czym wstępnym warunkiem agregacji jest obecność i flokulacja minerałów ilastych oraz obecność różnych frakcji materii organicznej gleb. Warto pamiętać zatem, że **stabilizująca środowisko glebowe struktura gleby jest współtworzona przez nieorganiczne i organiczne frakcje gleby (tak zwane nieorganiczne i organiczne środki wiążące)**. Nieorganiczne, stabilizujące środki obejmują głównie minerały ilaste, wielowartościowe kationy metali ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ), tlenki i wodorotlenki żelaza i glinu, węglany wapnia i magnezu. Wśród **organicznych** związków stabilizujących glebę, wyróżniane są przejściowe lepiszcza, szybko rozkładane przez mikroorganizmy, obejmujące mikrobiologiczne i roślinne polisacharydy. Tymczasowymi lepiszczami są korzenie roślin, strzępki grzybni i niektóre grzyby. Aby trwałość struktury została utrzymana, te organiczne środki wiążące muszą być ciągle dostarczane do gleby. Trwałe wiążące środki składają się z odpornych aromatycznych substancji próchnicznych, związanych z wielowartościowymi kationami metali i silnie sorbujących polimerów. Są to frakcje materii organicznej bardziej odporne na rozkład.

**Właściwości wodne gleby**, zwłaszcza retencja wody użytecznej (dostępnej) dla roślin oraz przewodnictwo wodne, kształtują bilans wodny gleby oraz mają decydujący wpływ na warunki wzrostu, rozwoju i plonowania roślin. Determinują dostępność wody do systemu korzeniowego rośliny oraz przemieszczanie się jej wraz z rozpusz-

czonymi składnikami pokarmowymi do głębszych poziomów genetycznych. Do najważniejszych właściwości wodnych gleby zaliczane są: wilgotność aktualna, połowa pojemności wodna, retencja wody dostępnej dla roślin i przewodnictwo wodne.

Do **biologicznych wskaźników jakości gleby** zaliczane są m. in.: plony roślin, liczebność fauny glebowej (dżdżownic, wazonkowców, owadów i in.), liczebność mikroorganizmów, zawartość C i N w biomacie mikroorganizmów, oddychanie mikrobiologiczne gleby i aktywność enzymatyczna.

## KSZTAŁTOWANIA JAKOŚCI GLEB = KSZTAŁTOWANIE PLONU

**Wobec obecnych wyzwań środowiskowych konieczne jest zapewnienie prawidłowego odżywiania roślin.**

5.3

Wobec obecnych wyzwań środowiskowych związanych z częstymi deficytami wody dostępnej dla roślin, skrajnie wysokimi temperaturami, niedostosowaniem gatunków do zmieniającego się klimatu, rutynowym (konwencjonalnym) podejściem do szeroko rozumianych praktyk uprawowych i nawozowych, **konieczna jest pełna ich optymalizacja i racjonalizacja w celu zapewnienia prawidłowego odżywiania roślin**. Tym sposobem zminimalizujemy produkcję surowców rolnych o wadliwym składzie mineralnym z zachwianymi proporcjami pomiędzy składnikami odżywczymi (tak istotnymi z punktu widzenia żywieniowego roślin i ludzi) oraz zoptymalizujemy plony. Pamiętajmy, że **naszym obowiązkiem jest nie zakłócać równowagi w glebach. Tylko zrównoważone działania dotyczące gleb pozwolą osiągnąć zrównoważone jakościowo plony**.

W prawidłowym odżywianiu roślin kluczowym elementem jest odpowiednia zawartość w glebie składników odżywczych w przyswajalnej formie dla roślin oraz - co szczególnie ważne - odpowiednie proporcje pomiędzy składnikami mineralnymi w glebie. Warstwa gleby powinna charakteryzować się jednocześnie odpowiednią

miąższością i być wystarczająco luźna, wykazywać odpowiednie stabilne warunki wodno-powietrzne oraz proporcje pomiędzy wodą a powietrzem, aby zapewnić korzeniom roślin uprawnych oraz organizmom glebowym dopływ wody glebowej wraz z rozpuszczonymi w niej składnikami odżywczymi oraz dostęp powietrza.

**Równoległe zaangażowanie fizycznych, chemicznych, fizyko-chemicznych oraz biologicznych czynników jest niezbędne w budowaniu zdrowia i jakości gleb oraz plonów roślin. Występują bowiem między nimi ścisłe związki przyczynowo - skutkowe, które determinują żyźność i urodzajność gleb. Są one ze sobą nierozzerwalnie powiązane i wzajemnie na siebie oddziałują, zatem muszą być traktowane całościowo, holistycznie.**

**Istotnym elementem w nowym spojrzeniu na glebę jest zrozumienie jej funkcjonowania, ale także znajomość nowych metod i sposobów jej analizy, a potem umiejętność właściwego działania w praktyce na polu, jako logicznej konsekwencji powstania nowego rodzaju danych.**

## AKTUALNA OCENA WŁAŚCIWOŚCI GLEBY TO PODSTAWA JEJ REGENERACJI

### 5.4

**Z powodu niewłaściwego zarządzania glebami, nastąpiło naruszenie równowagi jonowej między składnikami pokarmowymi w łańcuchu produkcyjnym od pola do stołu.**

Ubywające z gleb wraz ze zbiorem plonów składniki odżywcze uzupełniane są w postaci nawozów - głównie mineralnych. Nawozy te stosowane są często i jednostronnie, zaburzając pierwotny stosunek jonów występujących w glebie. Nie uzupełnia się składników wyczerpanych w mniejszym stopniu przez rośliny. Stosowanie wyłącznie nawożenia mineralnego NPK - niesłusznie nazywane w praktyce nawożeniem pełnym, spowodowało naruszenie równowagi jonowej w glebach uprawnych, co jest bardzo niekorzystne\*. Należy pamiętać jednak, że nie nawożymy roślin, tylko wprowadzamy do gleby nawozy,

a te w zależności od wielu parametrów, w tym równowagi pomiędzy nimi, będą pobierane przez roślinę uprawną. Zapomina się o zasadzie, że podstawowym źródłem składników mineralnych dla roślin jest gleba, a nawożenie powinno uzupełniać te składniki, które znajdują się w glebie w niedostatecznej ilości. Dostępność składników pokarmowych dla roślin to proces dosyć dynamiczny. Część składników dostarczonych z nawozami może ulec trwałemu związaniu w glebie, wymyciu, przemieszczeniu bądź ulotnieniu, dlatego określając dawki nawozów trzeba uwzględnić współczynnik ich wykorzystania.

*\*W nawożeniu obowiązuje prawo minimum opracowane przez Justusa von Liebiga mówiące, że podstawowe parametry plonu, jego wielkość i jakość są uwarunkowane czynnikiem występującym w najmniejszej ilości. Jeśli więc obok wysokiej dostępności dla roślin w środowisku glebowym większości składników mineralnych jeden występuje w ilościach niedoborowych, to właśnie on będzie powodował niski ilościowo plon, bądź jego kiepską jakość.*

Składniki mineralne wzajemnie na siebie oddziałują. Polega to na tym, że wysoki lub zbyt niski poziom jednego blokuje lub uniemożliwia pobranie drugiego składnika. Z dotychczas przeprowadzo-

nych badań wiadomo o następujących oddziaływaniach (wysoki i niski poziom - ogranicza możliwość występowania i pobierania):

#### WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH (wysoki i niski poziom ogranicza możliwość występowania i pobierania):

- **WAPNIA** – potasu, magnezu, boru, cynku, manganu, żelaza
- **POTASU** – magnezu, boru, wapnia
- **FOSFORU** – potasu, cynku, miedzi, żelaza
- **AZOTU** – potasu, boru, miedzi
- **MIEDZI** – żelaza, manganu
- **CYNKU** – żelaza
- **MOLIBDENU** – miedzi
- **MANGANU** – żelaza

**Duży wpływ na występowanie i pobieranie składników mineralnych ma odczyn - pH gleby.** W warunkach niskiego pH (nadmierna kwasowość gleb) najbardziej dostępne dla roślin są mikroelementy metaliczne, zwłaszcza żelazo i cynk, najstabiliej zaś makroelementy - wapń i potas. W konsekwencji następuje zahamowanie wzrostu systemu korzeniowego, ograniczenie pobierania wielu składników mineralnych, zwłaszcza fosforu, wapnia, magnezu, a także molibdenu.

**Rozwiązaniem w zakresie poprawy kondycji gleb jest rolnictwo regeneratywne, które nabiera coraz większego znaczenia wobec konieczności wzmocnienia jakości gleb, a tym samym poprawienia jej żyzności.** Dbłość o jakość gleb będzie podstawowym celem nie tylko rolników i gospodarstw rolnych, ale przede wszystkim każdego producenta, ze względu na wzrost znaczenia bezpieczeństwa środowiskowego żywności i coraz większe w tym obszarze restrykcje.

## ANALIZA GLEBY W ROLNICTWIE REGENERATYWNYM

### 5.5

**Badania gleb to podstawa właściwego, efektywnego zarządzania gospodarstwem rolnym w XXI wieku.**

Określenie właściwości chemicznych i fizyko-chemicznych powinno być podstawą dawkowania nawozów i optymalizacji plonów. Analiza laboratoryjna gleb jest niezwykle ważna w chemii rolnej. Dobór odpowiedniej metody badawczej warunkuje osiągnięcie dokładnego i rzetelnego wyniku.

**Gleba, ze względu na swoją różnorodność i dynamikę zmian w niej zachodzących, wymaga stosowania odpowiednich metod analizy. Dlatego też rozszerzona analityka gleby wraz z diagnozą powinna być wykonana przed jakimkolwiek dodaniem do niej nawozów. Należy zdobyć wiedzę z jaką glebą przychodzi nam pracować i od jakiego poziomu zaczynamy jej regenerację.**

Kluczowym elementem nowego podejścia oceny jakości stanu zaopatrzenia gleb

w składniki pokarmowe jest wykonywanie analizy kompleksu sorpcyjnego gleb (CEC - cation exchange capacity), a potem określenie stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami, wyrażonego w procentowym udziale kationów zasadowych w bazie CEC tj.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$   $\text{Na}^+$  oraz  $\text{H}^+$  wg Williama<sup>\*</sup>. Procent nasycenia kationami bazowymi wapnia, magnezu, potasu i sodu oraz stosunek tych kationów do siebie jest miarą zdolności gleb do zatrzymywania i uwalniania różnych elementów i związków, szczególnie dodatnio naładowanych składników odżywczych. Pojemność kompleksu sorpcyjnego różnych gleb można porównać do wiadra: niektóre gleby są jak duże wiadro (wysokie CEC), niektóre są jak małe wiadro (niskie CEC). Gleba piaszczysta z niewielką ilością materii organicznej będzie miała bardzo niskie CEC, natomiast gleba gliniasta z dużą ilością materii organicznej (jako humus) będzie miała wysokie CEC.

*\*Od lat dwudziestych do końca lat czterdziestych XX wieku dr William Albrecht, przeprowadził wiele eksperymentów z różnymi proporcjami kationów składników odżywczych, wapnia, magnezu, potasu i sodu w glebach. On i jego współpracownicy, pracujący w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Missouri, doszli do wniosku, że najsilniejsze, najzdrowsze i najlepiej odżywione rośliny były uprawiane w glebie, w której CEC gleby było nasycone do około 65% kationami wapnia, 15% magnezu, 4% potasu i 1% do 5% sodu (tak, nie sumują się one do 100%). Taki stosunek nie tylko zapewnia luksusowe poziomy tych składników odżywczych dla upraw i życia w glebie, ale także silnie wpływa na strukturę gleby i jej pH.*

## POBIERANIE PRÓBEK GLEBOWYCH

### 5.5.1

**Wpływ na rzetelność badań ma proces pobierania próbek gleby.**

Konsekwencją niewłaściwie przygotowanej próbki gleby jest zarówno zaburzony wynik analizy, jak i jego interpretacja oraz zalecenia w zakresie nawożenia. Proponowany poniżej sposób

poboru próbek eliminuje te zagrożenia. Kluczowe jest odejście od dotychczasowej praktyki poboru prób co cztery lata na rzecz corocznego poboru prób glebowych.

### POBÓR PRÓBEK GLEBOWYCH ODBYWA SIĘ:

**z tego samego miejsca, poprzez koordynaty GPS,**

**przez tę samą osobę, co gwarantuje jednolitość pobieranych prób.**

**o tej samej porze roku, co gwarantuje porównywalność składu gleby w czasie,**

**Ważną zasadą jest również mikroprofilowy układ pobierania próbek glebowych** pozwalający na uzyskanie dynamicznego obrazu zmian gleby w układzie pionowym w danym miejscu pola. Próby gleby pobrane z tej samej lokalizacji oraz pola, uzyskane w corocznym horyzoncie czasowym, dają podstawy do racjonalnej gospodarki nawozowej umożliwiającej elastyczne i w pełni racjonalne realizowanie odżywiania roślin i gleby z pełnym poszanowaniem zmieniającego się środowiska oraz wymagań jakościowych żywności.

Analiza pobranej gleby wykonywana jest w możliwie szybkim odstępie czasu od jej poboru.

Analizując dane z badań w okresie corocznym możemy wykreślić trend wielkości danego parametru w czteroletnim horyzoncie czasowym. Pozwala to szybko i celowo wpływać na prognozowane zmiany w układzie poziomym (okres 1-2-3-4 lat) oraz umożliwia odpowiednie nawożenie.



## ANALIZA GLEBY

### 5.5.2

Punktem wyjścia dla rolników chcących zacząć swoją przygodę z rolnictwem regeneratywnym jest wiarygodne oszacowanie CEC (Cation Exchange Capacity) gleby na której pracują.

Zalecany testem glebowym dla zrównoważenia składników pokarmowych jest **test Mehlich 3**. Roztwór Mehlich 3 lub M3 jest ekstrahentem silnie kwasowym (pH 2,5). Test ten umożliwia zmierzenie tylko ilości składników pokarmowych, które są łatwo dostępne dla roślin, ale także te, które są potencjalnie dostępne, tak zwane rezerwy.

Aby uzyskać pełne wyniki, należy wykonać test gleby Mehlich 3 dla wszystkich poniższych elementów mineralnych:

Kationy pierwszorzędowe	Aniony pierwszorzędowe	Elementy drugorzędne
Wapń	Fosfor	Bor
Magnez	Siarka	Żelazo
Potas		Mangan
Sód		Miedź
		Cynk

Przedstawione w tabeli pierwiastki to składniki pokarmowe dla roślin, których działanie dobrze rozumiemy i ważne jest, aby wszystkie one znajdowały się w glebie w odpowiednich ilościach. Nie jest konieczne poznanie ilości mikroelementów, aby zacząć przygodę z rolnictwem regeneratywnym. Zwykłe testy glebowe nie mierzą ilości tych składników. Jednak **aby odpowiedzialnie zarządzać swoim gospodarstwem oraz glebą zalecane jest poznanie pełnego spektrum jej możliwości i ograniczeń.**

#### ZALECANY PAKIET BADAŃ GLEBY W PODEJŚCIU REGENERATYWNYM:

- pH w KCl/H<sub>2</sub>O, odczyn, potrzeby wapnowania w mg/kg,
- zawartość C-org, próchnica [w %],
- przewodność [w μS/cm],
- ocena testem Mehlich 3 zawartości składników: P, K, Mg, Ca, B, Mn, Cu, Zn, Fe, S-SO<sub>4</sub>, S, Ca, Mg, K, Na, H, Al; określenie CEC [w me/100g gleby]

#### ODPOWIEDNIA INTERPRETACJA I WYKORZYSTANIE WYNIKÓW BADAŃ GLEBY W REGENERATYWNYM ZARZĄDZANIU UPRAWAMI WPŁYWA NA:

- obniżenie kosztów produkcji,
- wydajniejszą i efektywniejszą produkcję z poszanowaniem środowiska,
- długoterminową stabilność produkcji,
- produkcję zrównoważonej żywności.





Poznań 2023



Co-funded by the  
European Union