



01

# GLEBA

## PODRĘCZNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO DLA GOSPODARSTW MLECZNYCH



# PODRĘCZNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO DLA GOSPODARSTW MLECZNYCH

Projekt i opracowanie graficzne:

**Maciej Wilgosiewicz**

**Piotr Krukowski**

**Agencja reklamowa Pixel Star**

Wydawca i autor:

**Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra**

**www.fundacjaterranostra.pl**

Właściciel projektu:

**EIT Food**

**www.eitfood.eu**

**Danone**

**www.danone.pl**



Co-funded by the  
European Union



## Danone

Danone, realizując wizję *One Planet One Health*, wychodzi z założenia, że nie ma zdrowia bez wartościowej żywności, a ta z kolei jest uzależniona od kondycji środowiska. Firma na swój wpływ spogląda szeroko, dążąc do maksymalnie zrównoważonych sposobów wytwarzania żywności na wszystkich etapach łańcucha wartości. Dlatego od lat, razem z dostawcami mleka, wdraża rozwiązania rolnictwa regeneratywnego. Firma rozwija standardy produkcji mleka, łącząc cele ekonomiczne, społeczne i jakościowe z aspektami środowiskowymi oraz dbałością o odpowiedzialną i etyczną stronę prowadzenia gospodarstwa. Dobre praktyki w tym zakresie opierają się na trzech filarach:

- Ochrona gleby, zasobów wodnych oraz bioróżnorodności poprzez promowanie praktyk rolniczych, które zwiększają zawartość materii organicznej w glebie i pomagają w sekwestracji większej ilości węgla. Firma objęła audytem rolnictwa regeneratywnego 100% gospodarstw, dostarczających mleko na potrzeby wytwarzania produktów mlecznych Danone w Polsce.
- Wsparcie obecnych i przyszłych pokoleń rolników w możliwie sprawnym wdrażaniu rolnictwa regeneratywnego – z zachowaniem korzyści środowiskowych i kosztowych, oraz w przekazywaniu wiedzy następnemu pokoleniu.
- Troska o dobrostan zwierząt - przestrzegania standardów w tym zakresie firma oczekuje w całym łańcuchu dostaw. Prowadzi też regularne audyty z dobrostanowe we wszystkich współpracujących gospodarstwach mlecznych.

Działania realizowane przez Danone przekładają się na korzyści dla środowiska, efektywności pracy samych gospodarstw i jakości żywności, co ma znaczenie również dla konsumentów.

**Więcej informacji na stronie [www.danone.pl](http://www.danone.pl)**

## 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, produkujący zdrową i zrównoważoną żywność dla wszystkich.

Wspierani przez Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT), niezależny organ Unii Europejskiej, inwestujemy w projekty, organizacje i osoby, które podzielają nasze cele dotyczące zdrowego i zrównoważonego systemu żywnościowego. Odblokowujemy potencjał innowacyjny w przedsiębiorstwach i na uniwersytetach oraz tworzymy i skalujemy startupy rolno-spożywcze, aby wprowadzać na rynek nowe technologie i produkty. Wyposażamy przedsiębiorców i specjalistów w umiejętności potrzebne do przekształcenia systemu żywnościowego i umieszczamy konsumentów w centrum naszej pracy, pomagając budować zaufanie poprzez ponowne połączenie ich z pochodzeniem żywności.

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

Program Rolnictwa Regeneratywnego EIT Food ma na celu wspieranie rolników z całej Europy w konwersji na rolnictwo regeneratywne. Promuje zrównoważone praktyki rolnicze, które nie tylko korzystnie wpływają na jakość gleby, ale także przyczyniają się do produkowania żywności o wyższej wartości odżywczej.

Program Rolnictwa Regeneratywnego EIT Food obejmuje szkolenia stacjonarne dla rolników, indywidualne doradztwo, a także webinary i podręczniki dotyczące praktyk regeneratywnych dla konkretnych upraw, które są dostępne dla wszystkich zainteresowanych tą tematyką rolników. Ponadto, organizujemy wydarzenia promujące rolnictwo regeneratywne oraz prowadzimy działania edukacyjne dla konsumentów.

Nasze podejście opiera się na współpracy między różnymi interesariuszami, takimi jak rolnicy, jednostki badawcze, startupy, przemysł przetwórczy oraz konsumenci, aby wspólnie tworzyć korzystne i trwałe warunki do rozwoju rolnictwa regeneratywnego.

**Więcej informacji na stronie [www.eitfood.eu](http://www.eitfood.eu)**

## Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra

Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra została założona w 2019 roku. Celem jej działania jest propagowanie idei rolnictwa regeneratywnego jako holistycznego zarządzania zasobami i środowiskiem, które uwzględni ekonomiczną i konkurencyjność gospodarstwa w łańcuchu dostaw.

Fundacja w swym działaniu wspiera się wiedzą praktyków i naukowców, prowadząc program Zintegrowanej Produkcji Regeneratywnej. Jego fundamentem jest konwersja gospodarstw na rolnictwo regeneratywne poprzez działania szkoleniowe, wsparcie praktyczne i budowanie tematycznej społeczności. Efektem programu jest Certyfikat Zintegrowanej Produkcji Regeneratywnej przyznawany przez niezależną jednostkę certyfikującą - Bureau Veritas. Jest on dowodem działań regeneratywnych w gospodarstwie i sposobem monitorowania korzyści środowiskowych, respektowanym przez przetwórców rolno-spożywczych.

Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra jest również organizatorem Międzynarodowego Forum Rolnictwa Regeneratywnego BIO\_REACTION, które zrzesza międzynarodowe grono ekspertów, naukowców, rolników i doradców z całego świata.

**Więcej informacji na stronie [www.fundacjaterranostra.pl](http://www.fundacjaterranostra.pl)**

01

# GLEBA

PODRĘCZNIK  
ROLNICTWA REGENERATYWNEGO  
DLA GOSPODARSTW  
MLECZNYCH

## SPIS TREŚCI

---

■	WSTĘP	str. 5
■	1. CZYM JEST ROLNICTWO REGENERATYWNE?	str. 6
■	2. ZARZĄDZANIE WODĄ	str. 7
■	2.1. Struktura gleby i stosunki wodno-powietrzne	str. 8
■	2.2. Retencja wody na małą skalę	str. 9
■	3. ZARZĄDZANIE SKŁADNIKAMI ODŻYWCZYMI I NAWOŻENIE	str. 10
■	3.1. Badania gleby	str. 11
■	3.2. Składniki odżywcze w glebie	str. 12
■	3.2.1. Pojemność wymiany kationów i kationy zasadowe	str. 13
■	3.2.2. Azot i fosfor	str. 14
■	3.2.3. Siarka	str. 15
■	3.2.4. Mikroelementy	str. 15
■	3.3. Regulacja odczynu gleby	str. 16
■	3.4. Zawartość materii organicznej	str. 18
■	3.5. Nawozy organiczne	str. 20
■	3.5.1. Nawozy naturalne	str. 20
■	3.5.2. Inne nawozy organiczne	str. 21
■	3.6. Nawozy mineralne	str. 22
■	4. BIORÓŻNORODNOŚĆ	str. 24
■	4.1. Znaczenie różnorodności biologicznej dla rolnictwa	str. 24
■	4.2. Poprawa i utrzymanie bioróżnorodności	str. 25
■	4.3. Metody oceny bioróżnorodności	str. 26
■	5. TECHNIKI ROLNICZE - SYSTEMY UPRAWY	str. 28
■	5.1. Systemy uprawy	str. 29
■	5.2. Uprawa bezpłużna	str. 30
■	6. ROLNICTWO REGENERATYWNE JAKO SPOSÓB GOSPODAROWANIA	str. 32
■	Literatura	str. 34

## WSTĘP

Rolnictwo to dzisiaj obszar bezprecedensowego rozwoju technologicznego, ale i niespotykanych wcześniej wyzwań. Zmiana klimatu, skutkująca suszami, powodzią i innymi ekstremalnymi zjawiskami, stanowi realne zagrożenie dla produkcji rolnej. Kolejne przepisy, nakładające obowiązek dbałości o środowisko, stawiają przed rolnikami nowe wymagania. W międzyczasie, coraz bardziej świadomi konsumenci zwracają uwagę na środowiskowe aspekty produkcji rolnej. Raportowanie ESG (obowiązkowe raportowanie przez przedsiębiorstwo swojego wpływu na środowisko, społeczeństwo, prawa człowieka i ład korporacyjny) i inne zmiany legislacyjne sprawiają, że finansowanie produkcji może być uzależnione od wpływu środowiskowego. Dlatego

produkcja regeneratywna zaczyna być opłacalnym wyborem. Holistyczne podejście do gospodarstwa stanie się normą. Już teraz, kluczowym elementem zachowania żyzności gleby jest odbudowa materii organicznej. Wsparcie rolników w tej transformacji jest kluczowe dla pomyślnego przejścia na nowe standardy. Ten materiał to nie tylko podręcznik, ale przewodnik dla rolników, wskazujący możliwe zmiany i sposoby adaptacji, aby pozostać konkurencyjnym w dynamicznie zmieniającym się świecie rolnictwa. Choć dzisiejsze wyzwania wydają się wyjątkowo trudne, skuteczne wdrożenie w gospodarstwie regeneratywnej transformacji może stanowić szansę na zwiększenie opłacalności i zmniejszenie ryzyka związanego z produkcją rolną.



## CZYM JEST ROLNICTWO REGENERATYWNE?



**Jakość jedzenia, które trafia na nasze stoły, zaczyna się w glebie. Na rolnikach ciąży odpowiedzialność za bezpieczeństwo żywnościowe.**

Coraz większe znaczenie w oczach konsumentów ma również wartość odżywcza dostarczanej żywności oraz jej produkcja z poszanowaniem środowiska naturalnego i zachowaniem dobrostanu zwierząt hodowlanych. Pogodzenie wymogów stawianych współczesnemu rolnictwu - wydajna produkcja, wysoka jakość oraz dobrostan zwierząt i ochrona naturalnych zasobów - wymaga zwrócenia uwagi na ekosystem rolnej gospodarstw. Szczególnie uwzględnić należy podstawowe narzędzie produkcji rolnej, czyli glebę.

Odpowiedzią na dzisiejsze wyzwania staje się rolnictwo regeneratywne pomyślane jako kompleksowy sposób zarządzania gospodarstwem, w którym decyzje agrotechniczne przyczyniają się do poprawy właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb. Jednocześnie, w systemie tym priorytetem jest rentowność gospodarstwa i produkcja wysokiej jakości produktów rolnych. Nie są to cele sprzeczne, lecz spójne.

Naturalna regeneracja gleb polegająca na przywracaniu żyzności, zwiększeniu ilości materii organicznej, a także poprawie zdolności do wydajnego plonowania roślin jest możliwa poprzez kompleksowe wdrażanie praktyk regeneratywnych. W praktyce oznacza to stosowanie głównie nawozów organicznych, zwiększenie różnorodności uprawianych roślin (urozmaicony płodozmian oraz stosowanie poplonów), zminimalizowanie działań, które mogą zaszkodzić strukturze gleby, oraz utrzymanie różnorodności biologicznej na terenie gospodarstwa. Innymi słowy, gospodarowanie powinno zapewnić glebie to, co najlepsze. Często będzie to oznaczać odwołanie do zasady: „uprawiaj tak mało, jak to możliwe i tak dużo, jak to konieczne”.

Celem niniejszego podręcznika jest przedstawienie podstawowych praktyk rolnictwa regeneratywnego oraz omówienie ich wpływu na naturalne zdolności regeneracyjne gleb. Podręcznik składa się z czterech obszarów tematycznych. Pierwszy obszar, zaprezentowany w następnym rozdziale, dotyczy zarządzania wodą, jako podstawowego elementu, bez którego uprawa roślin nie jest możliwa. Drugi obszar tematyczny dotyczy obiegu składników odżywczych w glebie oraz parametrów wpływających na ich dostępność dla roślin. W tym rozdziale, w zgodzie z ideą gospodarki obiegu zamkniętego, uwzględniliśmy również szansę na zagospodarowanie odpadów produkowanych w gospodarstwach mlecznych jako nawozów organicznych. Obszar trzeci przybliży pojęcie różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym oraz omawia różnorodne praktyki służące poprawie i utrzymaniu bioróżnorodności, dzięki czemu każde gospodarstwo będzie mogło dobrać działania do swoich możliwości. W czwartym obszarze skupiliśmy się na technikach rolniczych i systemach uprawy, które nie mają negatywnego wpływu na strukturę gleby i sprzyjają jej regeneracji. Każdy rozdział posiada podobną strukturę, zaczynając od wstępu teoretycznego - „wiem co”, a kończąc na konkretnych działaniach, które można wprowadzić do praktyki rolniczej - „wiem jak”. Naszym celem było aby, po przeczytaniu podręcznika, każdy posiadał pełną wiedzę i zrozumienie dotyczące podstaw rolnictwa regeneratywnego oraz wiedział, co i jak powinien zrobić, aby rozpocząć jego stosowanie w swoim gospodarstwie.

### ŹRÓDŁA - POCZYTAJ WIĘCEJ!

Fundacja Terra Nostra: Webinar - rolnictwo regeneratywne. 2023, dostępne w serwisie YouTube pod adresem: [https://www.youtube.com/watch?v=u\\_7nnNv80ts](https://www.youtube.com/watch?v=u_7nnNv80ts)





## ZARZĄDZANIE WODĄ

**Za najważniejszy czynnik determinujący plony na polu należy uznać dostępność wody. Każdy organizm jej potrzebuje, niezależnie od tego, czy jest rośliną, zwierzęciem, bakterią czy grzybem.**

W skali gospodarstwa nasz wpływ na podstawowe źródło wody w ekosystemie rolniczym - opad atmosferyczny - jest żaden. Z drugiej strony, jako ludzkość, swoją działalnością wywieramy ogromny wpływ na ocieplenie klimatu, co skutkuje m.in. zaburzeniami obiegu wody w przyrodzie. Zmiany, które zachodzą we wzorcach pogodowych, mają ogromny wpływ na środowisko i nasze życie. Nigdzie nie jest to tak widoczne, jak w gospodarstwach rolnych. Dotychczasowe dane dotyczące rocznych ilości opadów w Polsce są względnie optymistyczne, jednak pojawiające się anomalie pogodowe, szczególnie susze występujące w okresach wegetacji roślin, są bardzo niepokojące.

Szczęśliwie, istnieją pewne czynniki związane z retencją wody, na które możemy mieć wpływ. W tym rozdziale omówimy najważniejsze uwarunkowania związane z gospodarką wodną w gospodarstwie. Krótko opiszemy strukturę gleby, jak również stosunki wodno-powietrzne w glebie. Zapoznamy się z rolą materii organicznej w retencji wody, jak również z narzędziami do oceny spływów wodnych. Wreszcie, omówimy małą retencję jako cały zespół działań, które możemy podjąć w celu utrzymania wody dostępnej dla naszych roślin.

Przebudowa rowów melioracyjnych w celu zatrzymywania wody nie wymaga pozwolenia wodnoprawnego, w przeciwieństwie do budowy nowych rowów.



# 2.1

## Struktura gleby i stosunki wodno-powietrzne

Gleba to skomplikowany system, składający się z cząstek mineralnych, organicznych, wody oraz powietrza. W myśl niektórych definicji należałoby również włączyć edafon, czyli wszystkie organizmy żyjące w glebie. Nim jednak zajmiemy się w dalszych rozdziałach. W kontekście gospodarki wodnej najważniejsza będzie dla nas część stała gleby, którą dzielimy na mineralną i organiczną.

Podstawową właściwością części mineralnej gleby będzie wielkość cząstek, z których się ona składa. Większe ziarna piasku mają między sobą więcej przestrzeni, natomiast mniejsze ziarna pyłów i ilów znajdują się bliżej siebie i są ciaśniej upakowane. Wyobraźmy sobie dwa pojemniki – jeden pełen piłek do koszykówki, drugi piłek do tenisa. Bardzo łatwo jest zobaczyć, że puste przestrzenie będą dużo większe w pierwszym pojemniku. Przez te otwory woda będzie przeciekać z dużo większą łatwością. Zatem, jeśli zależy nam na utrzymaniu wody, powinniśmy wybierać gleby o mniejszych cząstkach mineralnych. Niestety, nasz wpływ na geologiczne procesy glebotwórcze jest niemal żaden, ponieważ wietrzenie skał trwa miliony lat, a rozkład i zróżnicowanie skały macierzystej ma wpływ na skład

granulometryczny gleb. Efekty na polu chcielibyśmy uzyskać szybciej. Szczęśliwie, część organiczna gleby również charakteryzuje się zdolnością do utrzymywania wody. Próchnica, którą omówimy w następnym rozdziale, działa jak gąbka – potrafi wchłaniać i oddawać wodę. Dlatego właśnie rola związków organicznych w retencji wody w glebie jest kluczowa.

Oprócz składu granulometrycznego, na polach zaobserwować możemy strukturę gleby. Jest to sposób, w jaki poszczególne części składowe gleby ulegają agregacji. Tworzenie się gruzełek, czyli drobnych agregatów glebowych, jest zjawiskiem korzystnym. Uważa się, że gleba o strukturze gruzełkowej ma optymalny stosunek części stałej, wody i powietrza. Na strukturę gleby mamy bezpośredni wpływ, w przeciwieństwie do wspomnianego składu granulometrycznego. Niestety, tworzenie się struktury jest bardzo skomplikowanym procesem. Będzie na niego wpływać sposób uprawy, odczyn gleby, zawartość wapnia i magnezu, ilość materii organicznej, aktywność mikrobiologiczna, i wiele innych pomniejszych czynników. Jest to jednak jeden z najważniejszych do obserwowania parametrów gleby.

Istniejące już śródpolne stawy i oczka wodne będą znakomicie nadawać się do racjonalnego korzystania z wody w gospodarstwie.





## Retencja wody na małą skalę

## 2.2

Zasoby wodne w Polsce określane są jako niskie. Warunki klimatyczne oraz topograficzne sprawiają, że dostępność wody jest mała. Zmiana klimatu niesie ze sobą ryzyko pogorszenia tego stanu. Zasadne jest zatem, aby zaopatrzyć gospodarstwo w możliwie skuteczne narzędzia retencji wody. Warto zauważyć, że nawadnianie upraw powinno być prowadzone wyłącznie z wykorzystaniem wód powierzchniowych. Wody podziemne powinny być używane wyłącznie w celu zaopatrzenia ludności. Tym samym, nieuchronną koniecznością jest rozważenie racjonalnych inwestycji w instalacje związane z retencją wody. W szczególności będzie to istotne dla gospodarstw nawadniających uprawy na podstawie pozwolenia wodnoprawnego, czyli w średniorocznej ilości większej niż 5m<sup>3</sup> wody na dobę. Często zdarza się, że tego typu inwestycje nie są rozważane ze względu na spodziewane wysokie koszty oraz problemy z pozwoleniami wodnoprawnymi. Istnieją jednak możliwości wykorzystania wielu istniejących już elementów związanych z melioracją terenu, jak również prace które nie wymagają uzyskania pozwolenia. Ponieważ retencja wody na skalę gospodarstwa jest korzystna zarówno dla rolnika, jak i dla środowiska, istnieje szereg ułatwień z których warto korzystać.

Podstawą jest jednak prawidłowa diagnoza sytuacji, służąca później do planowania inwestycji. Gospodarstwo powinno prowadzić ewidencję zużycia wody. Będzie to jedna ze składowych podczas obliczania bilansu wodnego. Istnieją darmowe narzędzia służące do obliczania bilansu wodnego w gospodarstwie, jak również można zlecić to zadanie wyspecjalizowanej firmie. Szczególnie dokładne wyliczenia mogą być sporym wy-

zwaniem, jednak polecamy wykonanie ich samodzielnie bądź aktywne uczestniczenie w procesie obliczania. Dogłębne zrozumienie pomoże później na etapie decyzji o inwestycjach. Podstawą obliczenia bilansu wodnego jest przyrównanie wody dostarczonej (w postaci opadu i nawadniania) do wody odpływającej i parującej. W tym ujęciu retencja to różnica między tymi wartościami - woda, która dostarczona została do naszego gospodarstwa razem z opadami, jednak nie odpłynęła ani nie wyparowała. Przechowujemy ją, aby wykorzystać w odpowiednim momencie.

Na etapie diagnozy sytuacji można również zidentyfikować posiadane zasoby. Istniejące już śródpolne stawy i oczka wodne będą znakomicie nadawać się do gromadzenia wody. Wiele gospodarstw posiada również istniejącą już sieć melioracyjną. Przebudowa rowów melioracyjnych w celu zatrzymywania wody nie wymaga pozwolenia wodnoprawnego, w przeciwieństwie do budowy nowych rowów. Może być również o wiele tańszą alternatywą. Budowa piętrzeń i zastawek jest skuteczną metodą utrzymania wody przez dłuższy czas w okolicy. Do tego, budowa stawu o powierzchni mniejszej niż 5000m<sup>2</sup> i głębokości mniejszej niż 3 m również nie wymaga pozwolenia. Konieczne jest jednak dokonanie zgłoszenia do właściwego zarządu zlewni Wód Polskich. W ten sposób możemy uzyskać zbiornik o pojemności prawie 15 milionów litrów. Może on być napełniany wodami opadowymi, roztopowymi oraz gruntowymi. Warto jednak wspomnieć, że w takim wypadku może on służyć jedynie celom retencyjnym - stawy rybne bądź rekreacyjne wymagają pozwolenia.



### INFORMACJE DOTYCZĄCE PRAWA ZWIĄZANEGO Z WYKORZYSTANIEM I RETENCJĄ WODY

Podstawowe kwestie związane z gospodarką wodną są uregulowane w następujących aktach prawnych:

- Prawo wodne (Dz. U. nr 115, poz. 1229) z 18 lipca 2001 r.;
- Prawo ochrony środowiska (Dz. U. nr 62, poz. 627) z 27 kwietnia 2001 r.;
- Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z 2000 r. nr 106, poz. 1126) z 7 lipca 1994 r.

Wiele cennych informacji w skróconej formie możemy uzyskać również na stronie internetowej Wód Polskich. Znajdują się tam również artykuły o małej retencji oraz wiele innych pomocnych informacji.

### ŹRÓDŁA - POCZYTAJ WIĘCEJ!

- Brandyk T. i inni:** *Regulacja bilansu wodnego w obszarach wiejskich. Postępy nauk rolniczych*, nr 3/2005, s. 43-60
- International Water Management Institute:** *Water for food, Water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, Londyn 2007
- Magdoff F., Van Es H.:** *Building Soils for Better Crops*. SARE, College Park 2021, rozdział 17

3

## ZARZĄDZANIE SKŁADNIKAMI ODŻYWCZYMI I NAWOŻENIE



**Rośliny budują swoje tkanki w oparciu o dwa najważniejsze składniki potrzebne do fotosyntezy - dwutlenek węgla oraz wodę.**

To jednak nie jest pełna lista składników potrzebnych roślinom do prawidłowego wzrostu i rozwoju. Powszechną wiedzą jest to, że nawożenie jest niezbędne w celu uzyskania plonu. Mimo, że w środowisku naturalnym rośliny rosną bez dodatkowego nawożenia, w systemach rolniczych jest ono niezbędne. W trakcie produkcji rolnej rośliny zużywają część substancji odżywczych, które należy uzupełnić. Substancje zawarte w resztkach poźniwnych pozostaną w glebie do wykorzystania, ale te wykorzystane do wyprodukowania plonu zostaną z niej zabrane. Warto jednak obserwować procesy zachodzące w środowisku naturalnym, aby zrozumieć, jak ulepszyć naszą agrotechnikę. Istotną częścią racjonalnego nawożenia będzie dbałość o ekosystem glebowy, który

powinniśmy utrzymać w najlepszym możliwym stanie. Procesy zachodzące w glebie i zasoby których ona dostarcza będą warunkować zdolność roślin do prawidłowego wzrostu.

W tym rozdziale omówimy użyteczność badań gleby, oraz zastanowimy się nad ich wykorzystaniem w celu racjonalizacji nawożenia. Omówimy również składniki odżywcze od strony teoretycznej oraz praktycznej. Na koniec skupimy się na stosowaniu konkretnych nawozów, aby osiągnąć określone cele. Przede wszystkim, skupimy się na odżywianiu gleby. Celem jest wysoki plon osiągnięty możliwie niskimi nakładami, a zdrowa i aktywna gleba jest w tym wielkim sprzymierzeńcem.

Rozsądne zarządzanie składnikami odżywczymi, między innymi poprzez gospodarowanie produktami ubocznymi z produkcji zwierzęcej i roślinnej, zapewni utrzymanie gleby w dobrej kondycji i odżywienie wszystkich organizmów, w tym naszych roślin.



## Badania gleby

# 3.1

Badania pozwalają na określenie poszczególnych nadmiarów lub niedoborów składników, zanim staną się one widoczne w roślinach.



Zasadniczą częścią rolnictwa regeneratywnego jest racjonalizacja nawożenia mineralnego. Od lat uważa się, że wiele gospodarstw zużywa większe ilości nawozów mineralnych N-P-K niż wynoszą określone naukowo potrzeby roślin. W planach nawozowych nie uwzględnia się zasobów znajdujących się w glebie, która jest podstawowym źródłem składników odżywczych roślin. Dlatego aby podjąć słuszną decyzję zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym, należy przeprowadzić badanie gleby. Nawet jeśli pominąć aspekty środowiskowe, dostępność poszczególnych składników czy też potencjalne szkody związane z przenawożeniem, sam aspekt ekonomiczny powoduje, że warto jest sprawdzić stan gleby przed aplikacją nawozów. Badania pozwalają na określenie poszczególnych nadmiarów lub niedoborów składników, zanim staną się one widoczne w roślinach. Ocenianie niedoborów poprzez obserwację roślin prowadzi nie tylko do strat w plonie, ale również do nieracjonalnego nawożenia. Oferta badań chemicznych gleby na polskim rynku jest obszerna, a większość firm umożliwia wysyłkę próbek kurierem bądź oferuje usługę pobierania próbek gleby.

Przeprowadzenie badań gleby należy rozpocząć od wyboru metodyki badań. Należy zdecydować, skąd pobierzemy próbki, jak również jakie parametry będziemy badać. Mimo, że wydaje się to bardzo proste, należy

poświęcić temu etapowi jak najwięcej uwagi, aby późniejsze wyniki dobrze odzwierciedlały rzeczywistość.

W diagnostyce gleby prowadzonej na podstawie badań istotne jest konsekwentne określenie miejsca pobierania próbki, liczbę badanych próbek oraz czas pobierania. W ten sposób będziemy obserwować trend zmian na polach oraz wpływ naszych działań agrotechnicznych na parametry gleby. Wybór miejsc poboru możemy przeprowadzić w oparciu o wyznaczone strefy. Istnieje kilka metodyk wyznaczania stref, opartych o skład granulometryczny gleby, wskaźniki produktywności na bazie danych satelitarnych (wskaźnika NDVI), konduktywność gleby bądź dane topograficzne. Niezależnie od wykorzystania tych narzędzi, warto kierować się pewnymi ogólnymi zasadami. Polska Norma (PN-R-04031:1997) wskazuje, że maksymalny jednolity obszar odpowiadający jednej próbce to 4 ha. Istnieją też bardziej nowoczesne normy, takie jak ISO 10381-1:2002 oraz ISO 18400:2018, określające relację między powierzchnią pola a próbką bardziej szczegółowo, ich stosowanie jest jednak bardziej pracochłonne. Przyjęcie jednej konkretnej wartości maksymalnego obszaru jest skutecznym uproszczeniem tego procesu. Oprócz tego, warto jest przeanalizować mapy geologiczne. Z pewnością należy pobierać osobne próbki dla obszarów o innym charakterze skały macierzystej.

Użyteczne w rolnictwie analizy laboratoryjne są bardzo zróżnicowane. Podstawą są badania odczynu gleby oraz zasobności poszczególnych składników odżywczych. Jako podstawowe w rolnictwie regeneratywnym zalecamy badanie zasadowych kationów wymiennych, razem z pojemnością wymiany kationów. Jest to badanie zasobności wapnia, magnezu, potasu i sodu. Jest ono kluczowe z punktu widzenia zdrowia gleby. Wykonując je, jesteśmy w stanie zdiagnozować zawartość naszego magazynu glebowego. To właśnie zasobności tych substancji będą decydujące z punktu widzenia dostępności składników odżywczych dla roślin. Oprócz tego, warto jest regularnie badać poziom węgla organicznego, próchnicy bądź materii organicznej. Mimo, że

parametry te mają inne nazwy, mierzą coś bardzo podobnego - zawartość procentową części organicznej w glebie. To jednak nie wszystkie narzędzia, z których można korzystać. Przewodność elektryczna gleby może być użyteczna w kontrolowaniu zasolenia. Azot może być badany w kilku różnych formach: amonowej, azotanowej oraz mineralnej. Oprócz tego, w Polsce zaczynają być dostępne również badania biologiczne gleby. Wykrywanie patogenów z użyciem metod genetycznych, ocena aktywności i bioróżnorodności technikami enzymatycznymi bądź metabolicznymi, czy też sekwencjonowanie nowej generacji - to metody, które mogą być przyszłością oceny biologicznej jakości gleb.



### CO WARTO SPRAWDZIĆ PRZED WYBOREM FIRMY REALIZUJĄCEJ BADANIA?

**- Czy badania realizowane są zgodnie z przyjętą normą?**

*Rzetelne laboratoria podają numery norm dla stosowanych procedur.*

**- Czy otrzymamy wyniki wraz ze wskazaniem, co oznaczają?**

*Większość firm dostarcza raporty wraz z informacją jaki poziom danego składnika jest odpowiedni. Warto sprawdzić, czy istnieje możliwość pomocy w interpretacji, jeśli takiej będziemy potrzebować.*

**- Czy znana jest data realizacji?**

*Badania często są czasochłonne, ale dobre laboratoria mają ustalone procedury, które pozwalają oszacować czas realizacji - tym samym wpisać to w nasz harmonogram działań.*

**- Czy oferowana jest dodatkowa pomoc w wyborze punktów poboru bądź zakresu badań?**

*W razie potrzeby, warto mieć możliwość wykorzystania dodatkowej pomocy, aby zoptymalizować proces badania gleby zarówno pod względem czasu, jak i kosztów.*

## 3.2

### Składniki odżywcze w glebie

Wszystkie mineralne składniki odżywcze dostarczane razem z nawozami podlegają tym samym procesom. Jeżeli ta część nawozów, która nie zostanie wykorzystana przez rośliny, pozostaje w glebie w formie dostępnej - będą to składniki odżywcze gleby. Jeśli jednak dojdzie do wypłukania bądź związania w formę niedostępną tych nadmiarowych składników, będzie to jedynie strata ekonomiczna, środowiskowa i zaburzenie równowagi chemicznej. Naszym celem jest zminimalizowanie tych strat, zachowując możliwie najzdrowszą glebę. Osiągać go możemy na dwa sposoby - poprzez wspieranie procesów pozwalających na utrzymywanie się składników odżywczych w glebie oraz poprzez racjonalizację nawożenia w taki sposób, aby osiągnąć odpowiedni poziom i prawidłowy bilans składników odżywczych.

Glebę zamieszkuje o wiele więcej różnych gatunków organizmów, niż tylko uprawiane przez nas rośliny. Dodawane w postaci nawozu składniki odżywcze stanowią atrakcyjne źródło pokarmu również dla nich. Nie oznacza to jednak, że inne organizmy zubażają glebę. Wręcz przeciwnie, organizmy glebowe będą ciężko pracować dla nas, aby zapewnić roślinom dostępność składników odżywczych. Na przykład, mikroorganizmy glebowe pełnią kluczową rolę w procesie wchłaniania substancji odżywczych przez korzenie roślin. Dlatego przede wszystkim, skupimy się na odżywianiu gleby. Rozsądne zarządzanie składnikami odżywczymi, między innymi poprzez gospodarowanie produktami ubocznymi z produkcji zwierzęcej i roślinnej, zapewni utrzymanie gleby w dobrej kondycji i odżywienie wszystkich organizmów, w tym naszych roślin.

## Pojemność wymiany kationów i kationy zasadowe

### 3.2.1

Z pozoru gospodarka składnikami odżywczymi jest bardzo prosta. Rośliny pobierają potrzebne do wzrostu substancje z gleby. Zapewnienie im wysokiego poziomu makroelementów i mikroelementów powinno wystarczać, aby uzyskać dobre plony. Gdyby jednak przepis na to był tak prosty, dawno przenieśliśmy wszystkie uprawy do hal przemysłowych, gdzie maszynowo wydzielalibyśmy odpowiednie dawki pierwiastków dla poszczególnych roślin i nie prowadzili produkcji polowej. Dla uzyskania prawidłowego rozwoju roślin potrzebujemy czegoś więcej - zdrowej gleby. Zanim jednak omówimy metody utrzymywania prawidłowo funkcjonującego ekosystemu, musimy poświęcić nieco uwagi teorii stojącej za równowagą mineralną gleby.

Najważniejszym parametrem gleby z punktu widzenia gospodarki makro- i mikroelementami będzie pojemność wymiany kationów, nazywana również zdolnością wymiany kationów. Spotkamy się również ze skrótami PWK oraz CEC (ang. cation exchange capacity). Jest to część całkowitej pojemności sorpcyjnej kompleksu sorpcyjnego. Gleba ma zdolność wiązania pewnych jonów, czyli rozpuszczonych w wodzie atomów bądź cząstek posiadających ładunek elektryczny. Większość substancji pochodzących z nawozów ma docelowo rozpuścić się w wodzie i zostać zaadsorbowana na powierzchni drobnych cząstek mineralnych bądź organicznych w glebie. Dzięki temu, składniki odżywcze staną się dostępne dla roślin - wejdą w skład kationów wymiennych. Inaczej mówiąc, im większa jest pojemność wymiany kationów, tym większy „zbiornik” lub „magazyn” na różne substancje się w niej znajduje. Naszym zadaniem jest uzyskać jak najwyższą wartość CEC, czyli jak największą pojemność naszego „magazynu”.

Jeżeli dostarczymy więcej składników odżywczych, niż jest w stanie przyjąć kompleks sorpcyjny - przekroczymy pojemność wymiany kationów - nadmiar zostanie wypłukany, bądź przejdzie w stan niedostępny dla roślin. W obu tych przypadkach pojawią się zarówno straty finansowe dla nas, jak środowiskowe dla całego ekosystemu glebowego. Należy zatem zauważyć, że wyższa wartość CEC jest jak najbardziej pożądana w większości przypadków. Zależy ona głównie od składu granulometrycznego i struktury gleby, zawartości próchnicy oraz odczynu pH. Na kategorię ciężkości gleby nie mamy niestety wpływu, jednak pozostałe czynniki mogą być modyfikowane w celu uzyskania wyższej pojemności wymiany kationów.

Najważniejszymi kationami zasadowymi, których bezpośrednio dotyczyć będzie wielkość CEC, są: wapń, magnez, potas i sód. Razem nazywane są one „wymiennymi zasadami”. Ich pożądany, procentowy udział wśród wszystkich kationów w zależności od typu gleby powinien kształtować się w określonych przedziałach, które wynoszą około 60-85% dla wapnia, 10-20% dla magnezu, oraz 2-5% dla zarówno potasu, jak i sodu. Możemy również określić, że wysycenie kationem wodorowym ( $H^+$ ) powinno wynosić około 5-10%. W trakcie wykonywania badań, warto skonsultować z laboratorium dokładne, pożądane wartości oraz skonsultować się w sprawie zaleceń nawozowych.

W warunkach wysokiego zakwaszenia gleby, kationy zasadowe zaczną być wypierane przez kationy kwasowe - na przykład kation glinu. Jest to jedna z przyczyn, dla których należy utrzymywać odczyn gleby bliski obojętnemu. Poniżej pH równego 6, nawet 50% dostępnego miejsca w obrębie kompleksu sorpcyjnego może zająć glin - tym samym ograniczając możliwości poboru składników odżywczych przez rośliny.

Znając zdolność wymiany kationów oraz stopień wysycenia, możemy podejmować świadome decyzje dotyczące nawożenia. Niestety, nie są to wszystkie parametry, o które musimy zadbać. Popularnym modelem dotyczącym zależności wielkości plonu od zasobności w poszczególne składniki odżywcze jest becзка Liebiga. Pojemność becзки jest ograniczona długością najkrótszej klepki - podobnie jak rozwój roślin ograniczany jest ilością najmniej dostępnego składnika. Dziś nie budujemy już zbiorników na wodę z klepek. Podobnie wiemy, że niewystarczające jest zapewnienie dużej ilości nawozów mineralnych, aby uzyskać wysoki plon. Prawo minimum Liebiga nadal jednak obowiązuje. Każdy z niezbędnych mikroelementów i makroelementów musi być dostępny w wystarczającej ilości. Najbardziej ograniczającym wzrost roślin składnikiem będzie ten, którego jest najmniej względem zapotrzebowania. Uzupełnianie braków należy zatem rozpocząć właśnie od tego, najbardziej potrzebnego, składnika.

Po drugiej stronie skali od „prawa minimum” Liebiga stoi „prawa maksimum” Voisina. Jeżeli w glebie występuje nadmiar jakiegoś składnika odżywczego, zaczyna on mieć szkodliwe działanie i staje się czynnikiem limitującym plony. Mechanizm działania w tym przypadku jest różny - problematyczny pierwiastek może powodować wiązanie innych, działać wobec nich antagonistycznie,



*Beczka Liebiga - Model zależności wielkości plonu od zasobności gleby w poszczególne składniki odżywcze.*

jak również sam w sobie wykazywać efekty toksyczności w zbyt dużym stężeniu. Warto zatem pamiętać o tym, że dla każdego składnika odżywczego może wystąpić również sytuacja, w której jest go za dużo.

Oba te prawa - Liebiga i Voisina - powinny być stosowane jednocześnie. Dotyczą one wszystkich składników odżywczych, nie tylko zasad wymiennych. W przypadku tych właśnie pierwiastków efekty braku równowagi będą najbardziej widoczne.

Nie zawsze praktyczne jest rozważanie, czy dany składnik będzie wystarczająco dostępny. Dostępność manganu w obojętnym pH może wynosić jedynie 30%, ponieważ jest on kationem kwasowym, a nie zasadowym. Trzeba jednak zadbać o dostarczanie go roślinom, nawet jeśli spora część nawozu ulegnie wypłukaniu bądź związaniu. To nie oznacza, że powinniśmy zacząć masowo zakwaszać gleby.

Wiedząc o właściwościach kompleksu sorpcyjnego możemy określić następującą zasadę: przede wszystkim nawozimy, aby uregulować proporcje kationów wymiennych. Naszym celem jest zapewnić optymalny poziom substancji odżywczych w glebie, bowiem to z niej pobierają je rośliny. Racjonalne stosowanie nawozów mineralnych zawierających wspomniane wyżej substancje omówimy szerzej pod koniec tego rozdziału.

## 3.2.2

### Azot i fosfor

Nietrudno jest zauważyć, że przy omawianiu kationów wymiennych brakowało dwóch bardzo istotnych makroelementów: fosforu oraz azotu. Charakteryzują się one nieco innymi procesami fizycznymi i chemicznymi. Oba te makroelementy mają niefortunną właściwość - bardzo łatwo przestają być dostępne dla roślin. W przypadku azotu, będzie to proces uwalniania do atmosfery jako gazowego azotu przez bakterie denitryfikacyjne, bądź utrata poprzez wymywanie. Fosfor natomiast wiąże się, w zależności od odczynu gleby, z jonami żelaza, glinu bądź wapnia, tworząc nierozpuszczalne w wodzie sole. Taką formę nazywamy uwstecznioną, ponieważ jest ona całkowicie niedostępna dla roślin. Zatem, w przypadku tych dwóch pierwiastków, istnieje największa motywacja ekonomiczna - nadmiar nawozu po prostu zostanie całkowicie niewykorzystany. Dodatkowo, nadmierne nawożenie właśnie tymi dwoma składnikami odpowiada za największe szkody środowiskowe związane z przedostawaniem się do wód oraz emisją gazów cieplarnianych. Należy zaznaczyć, że podtlenek azotu, który uwalnia się w wyniku przenawożenia azotowego, ma czterokrotnie

większy potencjał cieplarniany niż dwutlenek węgla, zatem jest bardzo groźnym gazem cieplarnianym.

Na szczęście, istnieje kilka czynników sprzyjających racjonalnemu gospodarowaniu azotem i fosforem. Są one związane głównie z mikrobiologicznymi aspektami funkcjonowania gleby. Azot może być pozyskiwany przez wyspecjalizowane mikroorganizmy z powietrza, jak również dostarczany jest razem z materią organiczną - niezależnie od jej postaci. Wszystkie te źródła azotu wymagają jednak bardzo sprawnego ekosystemu w glebie. Ogół tych procesów nazywany jest obiegiem azotu. Dzisiaj możemy wspierać działanie tych mikroorganizmów odpowiednimi preparatami, w tym mikrobiologicznymi, jednak podstawą jest utrzymanie wysokiej aktywności i bioróżnorodności mikrobiomu. W przypadku fosforu również istnieją wyspecjalizowane mikroorganizmy, które przetwarzają formę uwstecznioną na dostępną dla roślin. Również w tym przypadku, dostępne są preparaty mikrobiologiczne. Należy jednak pamiętać, że w większości gleb mikroorganizmy o takich zdolnościach już żyją, więc podstawą jest wspieranie aktywności i bioróżnorodności mikrobiomu

oraz tworzenie przyjaznego środowiska do jego rozwoju. Dla obu tych makroelementów takie podejście może przynieść znaczące korzyści - atmosfera składa się głównie

z azotu, a gleby w Polsce, w zależności od szacunków, typowo mogą zawierać nawet 10 razy więcej fosforu związanego niż dostępnego.



#### ROŚLINY BOBOWATE A NAWOŻENIE AZOTEM

**Rośliny bobowate są uznawane za samowystarczalne pod względem azotu.** Wynika to z ich symbiozy (wzajemnej zależności) z bakteriami brodawkowymi, które mają zdolność czerpania azotu z atmosfery. Nawożenie azotem roślin bobowatych może doprowadzić do wyniszczenia tej korzystnej flory bakteryjnej, tym samym wyrządzając więcej szkody niż pożytku. Warto jest jednak pamiętać, że na polach o charakterze długotrwałej monokultury bakterie brodawkowe mogą z czasem zaniknąć - w tym przypadku pierwszy rok stosowania roślin bobowatych bywa rozczarowujący. Lepiej jednak jest pozostawić je bez nawożenia azotowego, aby odpowiednia flora bakteryjna mogła się budować.

## Siarka

### 3.2.3

Wśród substancji odżywczych klasyfikowanych jako makroelementy znajduje się jeszcze jeden pierwiastek, siarka. W glebie jest ona dostępna dla roślin jako anion siarczanowy. Warto zauważyć, że na rynku dostępne są dwa rodzaje nawozów siarkowych - siarka elementarna bądź siarczany. Niestety, nietrudno jest zauważyć, że w przeliczeniu na ilość siarki to forma elementarna jest zdecydowanie tańsza. Jest to jednak jedynie pozorna oszczędność, ponieważ jej stosowanie wiąże się z poważnym kosztem. Po aplikacji, mikroorganizmy naturalnie

występujące w glebie zaczną przetwarzać siarkę do formy siarczanowej. Niestety, proces ten wiąże się ze znacznym zakwaszeniem gleby - potrzebne atomy tlenu pobierane są z wody, co pozostawia nadmiar jonów  $H^+$ . Siarczany magnezu, wapnia lub potasu nie mają efektu zakwaszającego glebę. Jeśli jednak zdecydujemy się na stosowanie siarki elementarnej, należy pamiętać, że procesy związane z przetwarzaniem jej na formę dostępną dla roślin zachodzą jedynie w temperaturach powyżej  $13^{\circ}C$ .

## Mikroelementy

### 3.2.4

Mikroelementy, jak sama nazwa wskazuje, występują w glebie i roślinach w bardzo niewielkich ilościach. Już samo to sprawia, że zarządzanie nimi może być zaskakująco trudne. Ich niedobory mogą objawiać się poprzez widoczne wady roślin, ale mogą również pozostać niezauważone do czasu podsumowywania plonów. Można jednak postawić jedną śmiałą tezę: nawet najlepsze zarządzanie mikroelementami nie pomoże, jeśli obecne są problemy z makroelementami. Gdy proporcje kationów wymiennych są uregulowane, a zasobności fosforu, siarki i azotu są prawidłowe, wtedy opłacalne jest uważne przyjrzenie się mikroelementom. Nie chodzi oczywiście o to, żeby zaprzestać stosowania jakichkolwiek nawozów mikroelementowych w momencie, gdy brakuje nam na przykład potasu - raczej o to, że w gospodarstwie zawsze mamy do dyspozycji ograniczone zasoby, czy to finansowe, czy też czasu i uwagi. W pierwszej kolejności należy uregulować makroelementy, ponieważ od nich będzie zależało funkcjonowanie gleby jako całego systemu.

Jednocześnie, warto jest pamiętać o tym, że mikroelementy są niezbędne do wzrostu roślin. Korzystną okolicznością jest to, że występują one we wszystkich organizmach, zatem istnieje bardzo skuteczne źródło mikroelementów, które nie wymaga szczególnej uwagi - materia organiczna pochodząca z zewnątrz pola. Wszystkie nawozy organiczne, które nie pochodzą bezpośrednio z pola, które nawozimy, mają potencjał dostarczenia pewnej ilości mikroelementów. Dla przykładu, w żywych roślinach bor występuje, w zależności od gatunku, warunków i metody szacowania, w ilości od 30 do 100 mg/kg suchej masy. Choć nie brzmi to imponująco, to według tych szacunków, razem z toną typowego kompostu możemy dostarczyć nawet 30 gramów boru. Oczywiście, sens takiej aktywności jest jedynie wtedy, gdy jest to jedynie skutek uboczny - dla celu samego dostarczenia boru byłaby to niezbyt efektywna metoda. Niemniej jednak, źródła mikroelementów są różnicowane, co pozwala na skuteczne gospodarowanie nimi, jednocześnie poświęcając im relatywnie niewiele uwagi.



## 3.3

### Regulacja odczynu gleby

W pierwszej części tego rozdziału wielokrotnie powtarzała się informacja, że procesy zachodzące w glebie zależą od jej odczynu - wartości na skali pH, bądź po prostu pH. Jedną z najważniejszych praktyk regeneratywnych będzie regulacja odczynu gleby. Kluczową techniką niezbędną do skutecznej regulacji pH jest wapnowanie. Żeby przeprowadzić je prawidłowo, należy najpierw potwierdzić konieczność przeprowadzenia zabiegu. Następnie, należy dobrać odpowiednią dawkę, postać oraz termin. Nie jest to jednak proste. Na szczęście, badania gleby są tutaj bardzo pomocne.

Z perspektywy utrzymania zdrowej gleby, konieczność wapnowania możemy określać używając trzech parametrów: pH mierzonego w roztworze wodnym (pH w H<sub>2</sub>O), pH mierzonego w roztworze KCl (pH w KCl), oraz udziału wapnia wśród kationów wymiennych. Tutaj na ogół pojawia się jedna wątpliwość - wartość pH w H<sub>2</sub>O i pH w KCl różni się o 0,5 do 1 jednostki. Różnica w tych wartościach jest przy okazji podpowiedzią na temat konieczności wapnowania. Odczyn gleby mierzony na skali pH to nic innego, jak określenie ilości jonów H<sup>+</sup> w roztworze wodnym. Jak wiemy już z wcześniejszych informacji o kompleksie sorpcyjnym, kationy mogą być adsorbowane do cząstek w glebie. W pomiarze pH w H<sub>2</sub>O nie będą one widoczne, na-

tomiast ujawniają się w pomiarze pH w KCl. Można zatem w uproszczeniu powiedzieć, że pomiar pH w H<sub>2</sub>O ukazuje aktualną kwasowość gleby, natomiast pomiar pH w KCl wskazuje na potencjał do zakwaszenia. Znając te dwie wartości, można już określać konieczność wapnowania. Warto jednak zastanowić się również nad udziałem wapnia wśród kationów wymiennych, ponieważ aplikując nawozy wapniowe, oprócz zmiany odczynu gleby dostarczymy również bardzo dużą ilość wapnia. Jeżeli udział wapnia w kationach wymiennych jest zbyt wysoki, a chcemy przeprowadzić zabieg wapnowania, powinniśmy dostarczyć również magnezu. Pomocna w tym mogą być omówione poniżej nawozy dolomitowe.

Kolejnym aspektem wapnowania jest dawka nawozu wapniowego oraz jego postać. Dawkę należy dobrać według wykonanych badań. Podane przez producenta nawozu dawki mogą być oparte na diametralnie różnych założeniach dotyczących częstotliwości zabiegów, parametrów gleby i jej struktury. Niestety, możliwe jest aplikowanie zbyt dużej dawki nawozu wapniowego. Precyzja w dawkowaniu będzie szczególnie istotna, jeśli wybierzemy postać tlenkową - CaO. Należy pamiętać, że forma ta jest bardzo ryzykowna. Jej stosowanie może prowadzić do wymierania mikroorganizmów glebowych. Działa jednak bardzo szybko.



Najczęściej sugerowaną postacią jest wapno węglanowe -  $\text{CaCO}_3$ . Proces uwalniania wapnia z nawozu jest nieco wolniejszy, co daje odpowiedni czas na przystosowanie się wszystkim organizmom w glebie. Oprócz tego stosowane są również nawozy dolomitowe (inaczej też wapniowo-magnezowe) oraz gipsowe (inaczej wapniowo-siarkowe). Są one kontrowersyjne, ponieważ zmiana pH po ich stosowaniu często jest niewielka oraz powolna. Należy jednak zauważyć, że naszym celem jest regulacja odczynu gleby w długim terminie, a nie nagłe przestawienie wskazówki na magiczną liczbę 7 - obojętne pH.

Wybór czasu wapnowania również jest dosyć istotny. Przyjmuje się, że wapnowanie należy przeprowadzić zaraz po zebraniu plonów głównych. Należy jednak zauważyć, że jeśli z kalendarza zabiegów wynika, że należałoby w tym samym okresie zaaplikować nawóz organiczny pochodzenia zwierzęcego oraz nawóz wapniowy, konieczna jest przynajmniej minimalna przerwa. Zalecaną kolejnością jest następująca: najpierw należy zastosować nawóz organiczny, wymieszać go z glebą, a następnie po upływie minimum dwóch tygodni przeprowadzić wapnowanie.



#### SAMODZIELNY POMIAR PH GLEBY

**Pomiar odczynu gleby jest jednym z badań, które możemy przeprowadzić sami.** Nie jest to zalecane głównie ze względu na czynnik ekonomiczny - w warunkach domowych jest to dosyć pracochłonne, a badanie laboratoryjne jest na ogół relatywnie niedrogie. Wiedza o tym jak wykonać badanie, jak również możliwość przeprowadzenia go w dowolnym momencie mogą jednak być bardzo cenne. Ważne jest jednak, aby używać dobrego miernika - kwasomierz glebowy ze sklepu ogrodniczego na ogół obarczony jest dużym błędem. Warto też potwierdzić przy pierwszych pomiarach swoją precyzję, mierząc próbki, a następnie wysyłając je do laboratorium. W ten sposób możemy łatwo skalibrować swoje pomiary.



## 3.4

### Zawartość materii organicznej

We wcześniejszym rozdziale wspomnieliśmy że gleba składa się między innymi z części organicznej, która jest bardzo istotna. Należy jej poświęcić nieco więcej uwagi, ponieważ to właśnie część organiczna odpowiada za to, że gleba jest glebą, a nie pustynnym piaskiem. Pojęcie materii organicznej w glebie nie jest dobrze zdefiniowane, ponieważ występuje ona pod wieloma postaciami, które dodatkowo nie są stałe i uczestniczą w ciągłym obiegu węgla. Do materii organicznej w glebie zaliczamy wszystkie resztki roślinne i zwierzęce, produkty metabolizmu organizmów glebowych, jak również próchnicę bądź humus, czyli tę część materii organicznej, która uległa humifikacji. Choć definicje mogą być niejasne, wiele faktów na temat materii organicznej w glebie jest niepodważalnych. Składa się ona głównie ze związków węgla, zatem spotkać można również określenie: zawartość węgla organicznego w glebie. To właśnie ilość węgla w glebie będzie określana podczas badania w laboratorium. W skutek działania organizmów glebowych materia organiczna ulega w glebie przemianom. W procesie dekompozycji większe części organiczne rozkładane są na bezpostaciowe mieszaniny różnych cząstek organicznych. Organizmy glebowe na tym jednak nie przestają. Materia organiczna może podlegać dalej procesom mineralizacji i humifikacji. Ten pierwszy będzie odpowiadał za uwolnienie części składników odżywczych, które staną się dostępne dla roślin. Będzie to niestety skutkować utratą materii organicznej. Najbardziej interesuje nas jednak ten drugi, który odpowiada za tworzenie humusu - kwasów fulwowych i humusowych oraz humin. To one tworzą podstawę organicznej części gleby, będąc źródłem jej żyzności. Ich pojemność sorpcyjna odpowiada za zdolność gleby do zatrzymywania substancji odżywczych dla roślin. Co ciekawe, za proces humifikacji w dużej mierze odpowiadają grzyby - częściej kojarzone z chorobami roślin. Nie jest to słuszne skojarzenie, ponieważ patogeniczne grzyby należą do rzadkości. Z perspektywy rolniczej najistotniejsze są grzyby mikoryzowe, czyli niewidoczni „wspólnicy” roślin.

Są one dla roślin źródłem zarówno niezbędnych hormonów roślinnych, jak auksyn i gibereliny, jak i składników odżywczych, szczególnie fosforu i azotu.

Niezależnie od sposobu dostarczenia materii organicznej do gleby, procesy będą wyglądać bardzo podobnie. Świeże bądź częściowo rozłożone resztki organiczne będą podlegały działaniu destruentów, czyli organizmów specjalizujących się w przerabianiu martwej materii. Na początku tego procesu korzyści wynikające z materii organicznej w glebie będą bardzo niewielkie. Dopiero po skutecznej humifikacji, gdy wszystkie procesy dobiegną końca, a żaden organizm nie będzie miał już nic do zrobienia, powstała próchnica będzie odgrywać swoją rolę. Dzięki swojej strukturze, kwasy humusowe i fulwowe skutecznie przetrzymują dużą ilość wody, jak również stanowią bazę kompleksu sorpcyjnego, zwiększając zdolność wymiany kationów. To właśnie humus jest głównym źródłem zdolności gleby do utrzymywania jonów poszczególnych składników odżywczych, które mogą pobierać rośliny. Zdolność adsorpcji jonów przez humus jest nawet trzykrotnie wyższa niż najdrobniejszych frakcji mineralnych w glebie.

Skuteczna regeneracja gleby wymaga zatem dostarczenia odpowiedniej ilości materii organicznej, wspierania naturalnych procesów biologicznych, a wreszcie delikatnego nakierowania tych procesów w stronę humifikacji. Oprócz tego, istnieją jeszcze rozwiązania tymczasowe, pozwalające na skrócenie tej skomplikowanej ścieżki. Na rynku dostępne są preparaty zawierające kwasy humusowe, których stosowanie może być czasem zasadne. Ponieważ jednak koszt takich zabiegów jest relatywnie wysoki, w dalszej części skupimy się głównie na wspieraniu naturalnych procesów. W polskich warunkach na polach uprawnych celem będzie uzyskanie wyższej zawartości próchnicy. Poziom 3-4% na większości gleb będzie już sukcesem. Należy cały czas dbać o utrzymanie wysokiego poziomu próchnicy, ponieważ humus tworzy się bardzo długo, ale może ulec zniszczeniu w bardzo krótkim czasie.



#### WSPÓŁCZYNNIK HUMIFIKACJI

W odniesieniu do resztek organicznych możemy spotkać się z określeniem „współczynnik humifikacji”. Jest to spodziewana wartość procentowa, określająca ilość materii, która ulegnie humifikacji. Jest ona bardzo wysoka na przykład dla łubinu i seradeli (około 40%) oraz obornika (około 35%), a bardzo niska na przykład dla resztek roślin okopowych (około 8%). To obrazuje różnice pomiędzy nawozami organicznymi.

Pomiar odczynu gleby jest jednym z badań, które możemy przeprowadzić sami. Nie jest to zalecane głównie ze względu na czynnik ekonomiczny - w warunkach domowych jest to dosyć pracochłonne, a badanie laboratoryjne jest na ogół relatywnie niedrogie.



## 3.5

### Nawozy organiczne

Materia organiczna, niezależnie od jej formy, może stać się nawozem, jeśli odpowiednio ją zagospodarujemy. Na potrzeby tego rozdziału używać będziemy ogólnego sformułowania „nawozy organiczne”, niezależnie od przyjmowanej czasem terminologii związanej

z określaniem poszczególnych właściwości tych nawozów - naturalnych, ekologicznych, organicznych. Z perspektywy rolnictwa regeneratywnego, nawożenie organiczne oznacza każdy zabieg w celu dostarczenia materii organicznej do gleby.

### 3.5.1

#### Nawozy naturalne

Nawozy naturalne (nawozy pochodzenia zwierzęcego) - obornik, gnojowica, gnojówka i inne - są bardzo cennymi źródłami zarówno materii organicznej, jak i mineralnych składników odżywczych. Nie jest to wiedza tajemna - znakomita większość rolników wie o tym, jak również stosuje przynajmniej jedną z wymienionych form nawozu naturalnego. Nawozy pochodzenia zwierzęcego są jednak bardziej skomplikowane i w stosowaniu, i w działaniu, niż jest to powszechnie przyjęte.

Podstawowym mechanizmem, który uzasadnia stosowanie obornika, jest gospodarka obiegu zamkniętego. Jest to prosty, ale wyjątkowo ważny koncept. Im większa efektywność wykorzystania zasobów, w tym generowanych odpadów, tym mniej wkładu potrzebne jest w produkcji. Dzięki temu nie tylko można osiągać korzyści ekonomiczne, ale również środowiskowe. Zatem, niewątpliwym jest, że wykorzystanie odpadów pochodzenia zwierzęcego jest korzystne.

Ilość składników odżywczych zawarta w oborniku, gnojówce bądź gnojowicy będzie zależała między innymi od diety zwierząt. Różnice będą jednak niewielkie, zatem do szacowania wystarczające powinno być wykorzystanie gotowych tabel. Wyjątkiem może być azot, którego zawartość może być bardzo różna. Warto zauważyć, że większość azotu wydalanego przez zwierzęta znajduje się w moczu, a nie w kale. Może to mieć zasadnicze praktyczne znaczenie, jeśli zależy nam na utrzymaniu jak najwyższej zawartości azotu w nawozie organicznym.

Aplikacja nawozów naturalnych pochodzenia zwierzęcego powinna być dokonywana z poszanowaniem jednej, bardzo istotnej zasady: należy cierpliwie poczekać. Czas jest sprzymierzeńcem. Jeśli tylko jest to możliwe, obornik należy przefermentować przed zabiegiem. Proces ten, nazywany czasem kompostowaniem obornika, trwa około 4-5 miesięcy. Zachodzące w obor-

niku zmiany są jak najbardziej korzystne dla gleby, zarówno z perspektywy dostępności składników odżywczych, jak i składu mikrobiologicznego obornika. Zmianie ulega na przykład stosunek węgla do azotu, w świeżym oborniku wynoszący nawet 30:1, a w przefermentowanym jedynie 15-20:1.

Stosowanie nawozów naturalnych pochodzenia zwierzęcego jest uregulowane prawnie pod względem zarówno sposobu przechowywania, stosowania, jak i maksymalnej dawki. Pryzmowanie obornika luzem na glebie podlega ścisłym ograniczeniom, ze względu na możliwość zanieczyszczenia wód gruntowych. Gnojowica i gnojówka powinny być przechowywane w szczelnych zbiornikach. Termin aplikacji jest regulowany według średnich temperatur dobowych. Przeliczona dawka azotu nie może przekraczać 170 kg/ha w ciągu roku. Orientacyjną dawką graniczną obornika jest około 40 ton/ha, gnojówki około 30m<sup>3</sup>/ha, natomiast gnojowicy około 45m<sup>3</sup>/ha.

Oprócz tego, należy stosować się do pewnych zasad związanych z możliwie najbardziej efektywnym wykorzystaniem nawozów naturalnych. Przemieszanie gleby powinno być wykonane nie później niż następnego dnia po aplikacji, aby ograniczyć straty azotu. Gleby ciężkie nawozimy obornikiem jesienią, gleby lekkie natomiast wiosną. Jednolite rozproszanie po powierzchni pola jest najbardziej korzystne - na tyle, na ile jest możliwe z wykorzystaniem posiadanych przez nas narzędzi. Obornik przefermentowany ma bardziej jednolitą strukturę, która łatwiej się rozprowadza.

Stosowanie nawozów naturalnych pochodzenia zwierzęcego jest sporym wyzwaniem, zarówno ze względu na wysokie wymagania techniczne dotyczące przechowywania i aplikacji, jak również na obecne regulacje prawne. Należy jednak zaznaczyć, że mogą to być jedne z najbardziej wartościowych nawozów.

Oczywistym argumentem jest fakt, że są one tańsze niż nawozy mineralne. Zapewniają częściową niezależność od zmian na rynku, jak również możliwość dostarczenia wielu składników odżywczych podczas jednego zabiegu.

Z perspektywy gleby, największa ich wartość jest jednak związana z węglem. Omówiliśmy już znaczenie materii organicznej w rolnictwie. Bez niej nie istnieje gleba, a bez gleby nie istnieją plony.



#### REGULACJE DOTYCZĄCE STOSOWANIA NAWOZÓW NATURALNYCH

Podstawowe regulacje dotyczące stosowania nawozów naturalnych pochodzenia zwierzęcego znajdziemy w następujących aktach prawnych:

-Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG) (Dz.U.UE L z dnia 31 grudnia 1991 r.);

-Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania (Dz.U. 2008 nr 80 poz. 479).

Wiele informacji dotyczących aktualnych regulacji znajdziemy również na stronie Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa. Szczególnie warto zwrócić uwagę na zasady dotyczące stosowania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych, które dotyczą również wszystkich nawozów pochodzenia zwierzęcego.

## Inne nawozy organiczne

## 3.5.2

Nawozy naturalne pochodzenia zwierzęcego nie są jedynymi źródłami materii organicznej, które można dostarczyć na pole. Drugim podstawowym źródłem węgla będą nawozy organiczne pochodzenia roślinnego. Należy wyróżnić dwa najważniejsze źródła materii organicznej pochodzenia roślinnego: poplony i międzyplony oraz komposty i pofermenty.

Stosowanie kompostów i pofermentów działa na podobnej zasadzie, jak nawozów organicznych pochodzenia zwierzęcego. W obu tych przypadkach, jest to materia roślinna, która została przerobiona przez organizmy na inną formę. W nawozach pochodzenia zwierzęcego, organizmami tymi są zwierzęta gospodarskie oraz bakterie jelitowe, natomiast w kompostach i pofermentach jedynie mikroorganizmy. Warto zwrócić jednak uwagę na to, że kompost jest bardzo cennym źródłem pożytecznych mikroorganizmów glebowych.

Nazywanie poplonów i międzyplonów nawozami może wydawać się nieco kontrowersyjne. Przecież sięjąc poplon nie dostarczamy na pole żadnej substancji. Niewątpliwie jednak są to nawozy, na dodatek jedyne w swoim rodzaju. Dostarczają one materii organicznej. Rośliny podczas wzrostu pobierają z atmosfery dwutlenek węgla, wbudowując go w swoje łodygi i liście w postaci bardziej skomplikowanych substancji organicznych. Stosowanie poplonów powoduje wzrost zawartości materii organicznej, przy jednoczesnym braku utraty innych składników odżywczych. Ponieważ resztki roślin pozostaną w glebie i ulegną rozkładowi, wszystkie pobrane przez nie substancje powrócą i będą dostępne dla na-

stępnych plonów głównych. Głównym efektem będzie zatem poprawa bilansu materii organicznej, ponieważ wzrost roślin - a zatem budowanie zawartości węgla organicznego - będzie następowało przez okres dłuższy, niż tylko wegetacja rośliny głównej.

Stosowanie poplonów i międzyplonów ma również szereg dodatkowych zalet. Nieosłonięta gleba może bardzo szybko ulegać erozji na skutek czynników atmosferycznych. Obecność poplonu zapobiega erozji wodnej i wietrznej. Jednocześnie, obecność roślin na polu zmniejsza parowanie, ograniczając straty wody. Obecność korzeni w glebie pomaga zachować odpowiednią strukturę, między innymi poprzez zwiększenie napowietrzenia gleby i zmniejszenie jej zagęszczenia. Mikrobiom glebowy jest w dużej mierze zależny od roślin, zatem wysiewanie poplonów pomaga utrzymać go w dobrym zdrowiu. Użycie roślin bobowatych może mieć również dodatkową korzyść w postaci zwiększenia zawartości azotu.

Najważniejszym parametrem, na jaki warto zwrócić uwagę podczas wyboru roślin na poplon, będzie szybkość wzrostu, zarówno części zielonej, jak i korzeni. Krótki okres wegetacyjny i zdolność do szybkiego tworzenia biomasy będą korzystnie wpływały na ogólną ilość dostarczonej materii organicznej. W szczególności, należy dopasować roślinę do okresu przez który poplon będzie pozostawał na polu. Poszczególne gatunki mogą mieć również pożądane właściwości niezwiązane z biomasą, takie jak zdolność pozyskiwania azotu u roślin bobowatych bądź efekty fitosanitarne rzodkwi białej i gorczycy.

Stosowanie poplonów wymaga bardzo dużego zaangażowania. W przeciwieństwie do nawozów mineralnych, nie mamy możliwości wykonania badań, po których otrzymalibyśmy rekomendację zasiania konkretnej rośliny. Istnieje wiele receptur na mieszanki poplonowe, które należy dopasować do własnych potrzeb. Należy wziąć pod uwagę lokalne warunki klimatyczne, okres

wegetacyjny plonów głównych, czas prowadzenia innych zabiegów, jak również wiele innych czynników. Praca ta jednak będzie znakomitą inwestycją. Poplony i międzyplony to bardzo skuteczna metoda regeneracji gleby, nie wymagająca jednocześnie dużych środków finansowych.



### MIESZANKI POPLONOWE W ZALEŻNOŚCI OD ROŚLINY NASTĘPCZEJ

Jednym z najistotniejszych czynników przy wyborze roślin do mieszanki poplonowej jest następny plon główny. To właśnie dla rośliny następczej mamy przygotować jak najlepsze warunki. Poniżej proponujemy składy mieszanek poplonowych dla konkretnych roślin, które są opracowane jako uniwersalne. Zachęcamy do dopasowywania ich do własnych warunków i eksperymentowania z nimi.

**Przed burakiem:** groch, owies, słonecznik, rzodkiew oleista, facelia

**Przed ziemniakiem:** groch, owies, słonecznik, rzodkiew oleista, gryka

**Przed kukurydzą:** gryka, groch, owies

**Przed roślinami strączkowymi:** gryka, owies, słonecznik, rzodkiew oleista, facelia

## 3.6

### Nawozy mineralne

Nawożenie nawozami mineralnymi należy traktować jako suplementację składników odżywczych. Podstawą „diety” dla roślin powinno być to, co już w glebie się znajduje. Dlatego właśnie tyle uwagi poświęcamy właściwościom kompleksu sorpcyjnego i materii organicznej, jak również alternatywnym sposobom dostar-

czania składników odżywczych. Dla uzyskania najwyższych możliwych plonów, nawożenie mineralne może jednak być konieczne. Podstawową zasadą przy zabiegach będzie zatem racjonalizacja - należy stosować tylko i wyłącznie tyle nawozu, ile jest niezbędne.

Jeżeli dostarczymy więcej składników odżywczych, niż jest w stanie przyjąć kompleks sorpcyjny - przekroczymy pojemność wymiany kationów - nadmiar zostanie wypłukany, bądź przejdzie w stan niedostępny dla roślin.

Podstawą stosowania nawozów mineralnych w każdym wypadku powinny być badania. Pozwalają one na określenie potrzeb w sposób precyzyjny. Po rozważeniu wszystkich czynników omówionych wcześniej w tym rozdziale i stwierdzeniu konieczności nawożenia, musimy podjąć decyzję o sposobie aplikacji. Istnieje kilka ogólnych zasad, które wynikają z prostych obliczeń dotyczących opłacalności zabiegów. Po pierwsze, na polach zróżnicowanych pod względem zasobności, korzystniejsze będzie stosowanie nawozów jednoskładnikowych, w odpowiednio dobranej dawce. W przypadku, gdy pole jest jednorodne, bardziej opłacalną opcją może być nawóz wieloskładnikowy. Wynika to z kosztów osobnych wyjazdów na pole w celu aplikacji. Jednocześnie, rosnąca cena nawozów zawsze przeważa szalę na korzyść preparatów jednoskładnikowych - ponieważ w takim wypadku precyzyjne dawkowanie pozwala zaoszczędzić większą kwotę.

Najskuteczniejszą metodą podejmowania decyzji dotyczących nawożenia jest obliczanie efektywności finansowej. W znakomitej większości przypadków najbardziej opłacalne rozwiązanie będzie również najkorzystniejsze dla środowiska i gleby. Procedura obliczania kosztu nawożenia w różnych scenariuszach

jest relatywnie nieskomplikowana. Pierwszym krokiem jest podsumowanie wynikających z badań koniecznych dawek poszczególnych składników dla każdej strefy. W ten sposób uzyskujemy zapotrzebowanie, które następnie należy przełożyć na konkretną dawkę nawozu - w ujęciu stałym dla całego pola, korzystając ze średniej zasobności, bądź zmiennym dla poszczególnych stref, korzystając z zasobności w danym punkcie. Następnie, należy określić koszty zabiegu aplikacji oraz poszczególnych nawozów. Dla nawozu wieloskładnikowego nie będziemy mieć możliwości zmiany dawki poszczególnych składników, ale aplikować będziemy go w mniejszej liczbie przejazdów. Nawóz jednoskładnikowy będziemy mogli aplikować w zmiennych dawkach, jednak wymaga większej liczby przejazdów. Podsumowujemy zatem koszty przejazdów oraz nawozów, uzyskując łączny koszt nawożenia.

Należy zawsze pamiętać, że nawożenie mineralne jest zabiegiem przeprowadzanym albo w celu uzupełnienia bieżących braków składników odżywczych dla roślin, wyłącznie w ujęciu jednego sezonu, albo dla wyregulowania proporcji kationów wymiennych. Nie jest możliwe nawożenie na zapas, jeśli gleba nie posiada możliwości magazynowania składników odżywczych.



#### OBLICZENIA KOSZTU NAWOŻENIA W UJĘCIU STAŁYM I ZMIENNYM

**Użycie arkusza kalkulacyjnego pomaga w szczegółowym określeniu potencjalnych kosztów.** Po wykonaniu badań, dla każdego punktu poboru próbek uzyskamy wartości zasobności, które możemy przełożyć na dawkę potrzebnego nawozu. Zapisane jako działanie w arkuszu kalkulacyjnym, obliczenia dla stałego nawożenia mogą wyglądać następująco:

**Dawka nawozu określona dla średniej zasobności na polu x powierzchnia pola x cena nawozu + koszty przejazdów**

Dla zmiennego nawożenia, obliczenia będą nieco bardziej skomplikowane. Należy wybrać kilka poziomów nawożenia, a następnie podsumować powierzchnię pola, dla której będziemy stosować daną dawkę. Mając te wartości, po raz kolejny możemy posłużyć się uniwersalnym wzorem:

**Dawka x powierzchnia aplikacji x cena nawozu**

Następnie, należy podsumować poszczególne wyniki i dodać koszty przejazdów, w tym przypadku przemnożone o ilość koniecznych przejazdów.

#### ŹRÓDŁA - POCZYTAJ WIĘCEJ!

- EIT Food:** *Badania gleby - przewodnik rolnictwa regeneratywnego. Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra, Poznań 2023;*  
**Rosa, A., Dudek, M., Siemiński, P., Sadowski, A., Bartosik, S., Kaczmarek, P., Łata, K., Markowicz, M., Petrovic, J., Dykes, I.:** *Biologizacja – klucz do zrównoważonego rolnictwa. Katalog dobrych praktyk biologizacyjnych. Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 2022;*  
**Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Strzelecka J.:** *Wpływ materii organicznej na jakość gleb użytkowanych rolniczo. "Studia i raporty IUNG-PIB", Zeszyt 54(8): 25-39, 2017;*  
**Roy R.N., Finck A., Blair G.J., Tandon H.L.S.:** *Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management. FAO Fertilizer and Plant Nutrition bulletin 16, Rzym 2006.*

# 4

## BIORÓŻNORODNOŚĆ



**Bioróżnorodność - wszyscy o niej słyszeli, ale niewielu wie, czym tak naprawdę jest. Jest to zrozumiałe, biorąc pod uwagę niezwykłą popularność i nadużywanie tego pojęcia we wszystkich dyskusjach związanych z rolnictwem i ochroną środowiska.**

W takiej sytuacji najlepszym rozwiązaniem jest przyjrzenie się samemu słowu i rozbicie go na czynniki pierwsze. Określenie "bioróżnorodność" zostało po raz pierwszy użyte w 1985 roku i powstało jako połączenie słów "biologiczna różnorodność". Pojęcie to oznacza różnorodność wszystkich organizmów, tych widocznych i tych, których nie można zobaczyć gołym okiem, oraz ich wzajemnych interakcji w środowisku.

W tym rozdziale spróbujemy przybliżyć to określenie, pokazując wartość różnorodności biologicznej dla rolnictwa oraz metody jej mierzenia. Następnie wskażemy jakimi sposobami można wspierać bioróżnorodność w gospodarstwie. Chociaż będziemy omawiać trzy aspekty bioróżnorodności - roślinną, zwierzęcą i mikrobiologiczną - należy pamiętać, że są one zależne, a zmiana w obrębie jednego, pociąga za sobą zmiany w pozostałych obszarach.

### 4.1

#### Znaczenie różnorodności biologicznej dla rolnictwa

Ze względu na intensywną ingerencję człowieka i uproszczenie środowiska dla celów efektywnej produkcji, tereny rolnicze cechuje niska bioróżnorodność. Może się wydawać, że nadrzędne dążenie każdego gospodarstwa jakim jest maksymalizacja produktywności, przekreśla wszelkie szanse na poprawę sytuacji. W rzeczywistości,

różnorodność biologiczna odgrywa kluczową rolę w rolnictwie i ma szereg istotnych korzyści.

Podstawową praktyką w rolnictwie regeneratywnym jest stosowanie urozmaiconego płodozmianu. Zwiększenie różnorodności roślinnej poprzez uprawę różnorodnych gatunków i odmian roślin przeciwdziała

Różnorodność gatunkowa ptaków, owadów i innych zwierząt jest kluczowa dla uzyskiwania lepszych plonów i poprawy wydajności upraw.





zmęczeniu gleby i wspiera jej regenerację. Różne gatunki roślin reagują inaczej na te same patogeny. Eliminacja monokultur zapobiega nadmiernemu rozprzestrzenianiu się szkodników i zwiększa odporność upraw na choroby. Zwiększenie różnorodności roślinnej stanowi również dodatkowe zabezpieczenie finansowe gospodarstwa na wypadek ekstremalnych zdarzeń pogodowych. Dobrą strategią jest stosowanie odmian o wzmocnionej odporności na suszę, szczególnie biorąc pod uwagę tendencje ostatnich lat.

Znaczna część roślin wymaga wsparcia owadów zapylających, aby móc wydać plon (85% z 264 roślin uprawianych w Europie korzysta z zapylania przez zwierzęta). Niekorzystny wpływ na różnorodność i wielkość populacji zapylaczy wywierają zmiany klimatu, stosowanie pestycydów oraz niszczenie siedlisk. Tymczasem różnorodność gatunkowa ptaków, owadów i innych zwierząt jest kluczowa dla uzyskiwania lepszych plonów i poprawy wydajności upraw. Drapieżne ptaki i owady to naturalni wrogowie wielu szkodników. Ich obecność zapewnia biologiczną kontrolę szkodników, i w pewnym stopniu pozwala na ograniczenie stosowania środków chemicznych. Organizmy zwierzęce żyjące w glebie, takie jak pierwotniaki, nicienie i dżdżownice, są równie ważne. Przede wszystkim, odżywiają się martwą materią or-

ganiczną (resztki roślin i zwierząt) przekształcając ją do prostszych związków. W ten sposób biorą udział w procesie obiegu składników odżywczych w glebie. Ponadto, przemieszczając się w glebie w poszukiwaniu pożywienia powodują jej spulchnianie, co korzystnie wpływa na jej strukturę i dostępność tlenu dla korzeni roślin.

Ostatnią grupą organizmów tworzących bioróżnorodność krajobrazu rolniczego są mikroorganizmy, czyli bakterie, grzyby i promieniowce. Trudno jest je zobaczyć, jeszcze trudniej jest zmierzyć ich liczebność i aktywność, ale jedną rzecz łatwo możemy sobie wyobrazić - uprawa roślin nie mogłaby istnieć bez ich udziału. Na różnorodność mikroorganizmów w glebie można spojrzeć z dwóch punktów widzenia: ile różnych gatunków i rodzajów ją zamieszkuje, albo jak wiele różnych zadań one tam wykonują. To drugie nazywamy różnorodnością funkcjonalną. Coraz więcej badań wskazuje, że to właśnie różnorodność funkcjonalna ma ogromny wpływ na sprawne działanie ekosystemu glebowego. Mikroorganizmy przyczyniają się do rozkładu materii organicznej i dostarczania składników odżywczych roślinom. Ponadto, duża ilość różnych mikroorganizmów zapewnia naturalną konkurencję o pożywienie i miejsce do życia, dzięki czemu potencjalnie szkodliwe organizmy są trzymane w ryzach.

## Poprawa i utrzymanie bioróżnorodności

## 4.2

Na terenach gospodarstw, poza obszarami produkcyjnymi, znajdują się liczne obiekty i obszary, stanowiące siedliska dla różnorodnych gatunków roślin, zwierząt i mikroorganizmów. Również strefy ekotonowe, czyli inaczej strefy przejściowe między polami uprawnymi a siedliskami przyrodniczymi, cechuje znacznie większa bioróżnorodność. Z tego względu większość działań mających na celu zachowanie różnorodności biologicznej jest skupiona wokół ochrony i pielęgnacji obszarów takich jak miedze, pobocza, rowy, zbiorniki wodne, łąki czy mokradła.

Śródpolne zakrzewienia i zadrzewienia to grupy krzewów i drzew lub pojedyncze drzewa porastające miedze, pobocza i przydroża, stanowiące ostoję dla różnorodnych gatunków roślin, owadów zapylających, ptaków i innych zwierząt. Jako obszary szczególnie cenne dla lokalnego krajobrazu wymagają odpowiedniej ochrony i pielęgnacji. Dodatkowo, zakrzaczenia i zadrzewienia śródpolne to jedna z najlepszych metod przeciwdziałania erozji gleby oraz ochrony upraw przed niekorzystnymi

zjawiskami pogodowymi, takimi jak ulewne deszcze i silne wiatry. Drzewa zapewniają również lokalne zacienienie terenu, powodując ograniczenie parowania wody z gleby.

Działania mające na celu poprawę bioróżnorodności są możliwe do wprowadzenia również na obszarach produkcyjnych. Istotną poprawę różnorodności biologicznej terenów graniczących z polami uprawnymi przynosi tworzenie stref buforowych na brzegach pól, na których nie stosuje się pestycydów. Wprowadzenie 3 metrowych stref buforowych wspiera bioróżnorodność, a w szczególności umożliwia ochronę lokalnych gatunków roślin, często traktowanych jako niepotrzebne chwasty.

Stosowanie poplonów to kolejna praktyka, która wspiera zarówno bioróżnorodność, jak i żyzność gleby. Najlepsze efekty daje zastosowanie roślin bobowatych lub ich mieszanek. Dzięki nim możliwe jest wprowadzenie dodatkowego azotu do gleby. Ponadto rośliny bobowate stymulują mikroorganizmy glebowe, zwiększając

aktywność biologiczną gleby. Pozostawione na polu w postaci zielonego nawozu lub ścierniska stanowią naturalne źródło składników pokarmowych i materii organicznej, przyczyniając się do odżywienia gleby i wzbogacenia jej w ceną próchnicę.

Około 30% gruntów na Ziemi jest wykorzystywanych pod pastwiska i uprawy paszowe, co prowadzi do modyfikacji siedlisk. Dlatego uprawa różnorodnych roślin na obszarach pastwiskowych, a także unikanie monokultur, może pomóc w zachowaniu bioróżnorodności, a także zapewni skuteczną regenerację gleby. Poprawę może również przynieść wprowadzenie wypasu ekstensywnego (wolnego, ciągłe opasanie od wiosny do jesieni na całym terenie pastwiska) lub rotacyjnego (inaczej kwaterowego, polega na stopniowym spaszaniu kolejnych kwater). Takie systemy wypasu pomagają w utrzymaniu zdrowej roślinności i różnorodności gatunków na pastwiskach.

Agroleśnictwo to forma gospodarki rolnej, która polega na harmonijnym łączeniu produkcji leśnej z produkcją roślinną lub hodowlą zwierząt (wypas leśno-pastwiskowy lub sylwo-pastoralny, ang. silvopasture). Ta zintegrowana praktyka ma na celu optymalne wykorzystanie krajobrazu i zminimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko, przy jednoczesnych korzyściach ekonomicznych. Agroleśnictwo może przyczynić się do zróżnicowania źródeł dochodu gospodarstwa. W tym celu zaleca się wykorzystywanie drzew i krzewów, któ-

re mogą dostarczyć różnorodnych produktów, takich jak drewno opałowe, owoce i orzechy, biomasa na paszę oraz włókna. W przypadku wypasu leśno-pastwiskowego dodatkowo mamy do czynienia z poprawą dobrostanu zwierząt hodowlanych. System ten naśladuje naturę - zwierzęta pastwiskowe, gdy da się im taką możliwość, chętniej wybierają tereny porośnięte drzewami i krzewami niż tereny otwarte. Drzewa i krzewy zapewniają zwierzętom cień oraz chronią je przed deszczem i wiatrem. Z kolei owoce, orzechy i gałązki stanowią dodatkowe źródło pożywienia.

Połączeniem produkcji żywności wysokiej jakości z przywróceniem bioróżnorodności ekosystemu zajmuje się koncepcja ponownego zdziczenia (ang. rewilding). Koncepcja rewilding w rolnictwie ma na celu równowagę między produkcją żywności a ochroną środowiska, promując długofalowe, zrównoważone praktyki, korzystne zarówno dla przyrody, jak i dla rolników i konsumentów. Ponowne zdziczenie w rolnictwie może być realizowane na różne sposoby. W zależności od możliwości gospodarstwa może być to ponowne wprowadzenie gatunków roślin i zwierząt na obszary produkcyjne, przywracanie biegów rzek i mokradeł lub tworzenie korytarzy ekologicznych. W przypadku gospodarstw mlecznych rewilding może polegać na ekstensywnym wypasie zwierząt na terenach o niskiej jakości rolniczej, zwiększając wydajność i poprawiając bioróżnorodność tych gruntów.



### NORMY GAEC

Normy Dobrej Kultury Rolnej Zgodnej z Ochroną Środowiska, inaczej normy GAEC (skrót od angielskiego terminu „Good Agricultural and Environmental Conditions”), stanowią zbiór zasad i wymagań dotyczących praktyk rolniczych, które mają na celu zapewnienie zgodności z zasadami ochrony środowiska i zrównoważonego zarządzania na obszarach rolniczych. W ramach Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027, rolnicy otrzymują płatności bezpośrednie i obszarowe, ale jednym z warunków otrzymania płatności jest przestrzeganie norm związanych z ochroną gleby i wody, utrzymania różnorodności biologicznej czy dobrostanem zwierząt. Szczegółowe wytyczne norm GAEC są dostępne na stronie Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa.

## 4.3

### Metody oceny bioróżnorodności

Ocena bioróżnorodności na obszarze gospodarstwa jako całości jest trudna, ze względu na szeroką definicję i złożoność tego pojęcia. Jednak monitoring różnorodności biologicznej jest niezbędny dla oceny skuteczności wprowadzanych działań, mających służyć jej poprawie. We wstępie do tego rozdziału wspominaliśmy,

że wszystkie organizmy w ekosystemie są powiązane siecią zależności, a zmiana w obrębie jednego obszaru, wpływa na funkcjonowanie pozostałych. Każdy z nas uczył się w szkole o łańcuchach pokarmowych - jeżeli tylko niewielka część bocianów powróci na wiosnę do Polski, będzie to najlepszy rok w życiu żab. Jest to oczy-

wiście duże uproszczenie, ale pozwala zorientować się co rozumiemy poprzez „sieć zależności”. Ta przyczynowość została wykorzystana do określenia wskaźników bioróżnorodności, czyli organizmów lub funkcji odgrywających istotną rolę w ekosystemie. Na podstawie pomiarów tych wskaźników możliwa jest przybliżona ocena różnorodności biologicznej danego środowiska. Należy jednak pamiętać, że takie wyliczenia pozwalają na ocenę jedynie pewnego „wycinka”, a sama bioróżnorodność może być rozważana na wielu poziomach.

Dla potrzeb gospodarstwa na ogół wystarczające jest określenie bioróżnorodności na bazie codziennych obserwacji. Należy zwrócić uwagę na liczbę siedlisk (różnorodność ekosystemowa) oraz liczbę gatunków i osobników (różnorodność gatunkowa lub bogactwo gatunkowe). W szczególności należy przyjrzeć się występowaniu gatunków roślin i zwierząt rzadkich i zagrożonych, objętych ochroną. Oczywiście, im więcej różnych gatunków zamieszkuje teren gospodarstwa, tym lepiej, jednak ważna jest również proporcja populacji poszczególnych gatunków względem siebie. Wyobraźmy sobie dwa pola – jedno nazwijmy „za lasem”, a drugie „za górką”. Na każdym z nich występuje 10 różnych gatunków owadów, wśród nich turkuć podjadek. Na podstawie tej informacji możemy powiedzieć, że bioróżnorodność obydwu pól jest podobna. Jednakże, na polu „za lasem” turkuć podjadek stanowi 10% wszystkich owadów, natomiast na polu „za górką” mamy do czynienia z prawdziwą plagą – 90% owadów na tym polu to turkuć. Tak duża dominacja jednego gatunku nad innymi sprawia, że na polu „za górką” bioróżnorodność jest mniejsza, mimo że występuje tam taka sama liczba gatunków owadów co na polu „za lasem”. W tym momencie warto zaznaczyć, że pożyteczność danego gatunku z punktu widzenia rolnictwa nie ma znaczenia dla oceny bioróżnorodności. Nawet gdyby to poczciwa biedronka siedmiokropka stanowiła 90% owadów na polu „za górką” – różnorodność biologiczna na tym obszarze dalej byłaby niższa. Na koniec warto dodać, że rośliny i zwierzęta produkcyjne również stanowią element bioróżnorodności ekosystemu rolniczego. Dlatego prowadzenie inwentaryzacji uprawianych ga-

tunków i odmian roślin oraz hodowanych zwierząt jest dodatkowym narzędziem umożliwiającym monitorowanie różnorodności biologicznej w gospodarstwie.

Istnieją również ściśle matematyczne sposoby opisywania bioróżnorodności. W tym celu zastosowanie znajdują wskaźniki różnorodności, opierające się na liczbie zaobserwowanych gatunków lub liczbie osobników danego gatunku. Jednym z powszechnie używanych wskaźników jest indeks różnorodności Shannona. Obliczanie indeksu Shannona nie jest skomplikowane, jednak proces zbierania danych jest bardzo czasochłonny – konieczne jest dokładne określenie liczby osobników występujących na danym terenie. Wskaźniki różnorodności, takie jak indeks Shannona, są stosowane w obrębie królestwa – za ich pomocą można określić różnorodność roślinną, zwierzęcą lub mikrobiologiczną.

Określenie różnorodności mikroorganizmów, czyli bakterii i grzybów żyjących w glebie, jest niezwykle trudnym zadaniem. Szacuje się, że w 1 gramie gleby znajduje się nawet miliard bakterii, na które składają się dziesiątki tysięcy gatunków i rodzajów. Dodatkowo, bakterie i grzyby pełnią w glebie szereg istotnych funkcji i współuczestniczą w podstawowych procesach zachodzących w glebie. Określenie ich różnorodności gatunkowej, jak również funkcjonalnej, pozwala nam uzyskać informację o stabilności ekosystemu glebowego i jego wydajności. Dla lepszego zobrazowania tej zależności, możemy porównać glebę do miasta. W mieście mieszka bardzo dużo ludzi, a każdy mieszkaniec odgrywa ważną rolę – są nauczyciele, policjanci, lekarze, sprzedawcy itd. Dzięki ludziom wykonującym te zawody miasto może sprawnie funkcjonować. Jeśli jeden lekarz zachoruje, pacjenci zostaną skierowani do innego. Miasto ze względu na dużą liczbę mieszkańców wykonujących różne zawody jest odporne na takie sytuacje. Podobnie jest w glebie. Wysoka różnorodność gatunkowa i funkcjonalna zapewniają glebie stabilność w obliczu zmian zewnętrznych. Gdy warunki zmieniają się na niekorzyść dla jednych organizmów, inne mogą je zastąpić i wykonywać ich zadania.

#### ŹRÓDŁA - POCZYTAJ WIĘCEJ!

**Lehmann J. i in.:** *The Concept and Future Prospects of Soil Health. "Nature Reviews Earth & Environment" 1, 544–553 (2020)*

**FAO:** *The Impact of Livestock on Biodiversity. FAO, Rzym 2019*

**Polskie Stowarzyszenie Zrównoważonego Rolnictwa i Żywności, Akademia Zrównoważonego Rolnictwa, obszar Bioróżnorodność, dostępne pod adresem:**  
<https://akademiazrownowazenia.pl/course/view.php?id=80>



5

## TECHNIKI ROLNICZE - SYSTEMY UPRAWY



**Uprawa gleby to jeden z najstarszych sposobów wpływania na właściwości pól uprawnych.**

W przeszłości, przed pojawieniem się sztucznych nawozów mineralnych i syntetycznych środków ochrony roślin, uprawa była najważniejszym elementem agrotechniki. Dziś zadania uprawy są nieco inne, ale mają równie wielką istotność. Poprzez dobór odpowiedniej techniki, uprawa może minimalizować straty wody i materii organicznej, zapobiegać erozji i poprawiać strukturę gleby, jak również zwiększać biologiczną aktywność gleby. Pomaga w tym dostępna różnorodność narzędzi, sposobów i systemów uprawy. Choć nadal cennym zasobem jest „Polski system uprawy roli”

profesora Świętochowskiego, zarówno zasoby techniczne, jak i wiedza są dzisiaj na innym poziomie.

W tym rozdziale omówimy podstawowe sposoby uprawy i ich wpływ na glebę. Podzielimy systemy uprawy według ich rzeczywistego działania na glebę, biorąc pod uwagę zarówno widoczne gołym okiem efekty fizyczne, jak i wpływ na mikrobiom glebowy. Nieco więcej uwagi poświęcimy systemom uproszczonym, ponieważ mają one dużo większy potencjał w rolnictwie regeneratywnym niż uprawa orkowa.

Uprawa bezpłużna, nazywana również bezorkową, to zbiór systemów uprawy w których dokonuje się ingerencji mechanicznej w glebę, ale nie jest wykorzystywany do tego pług.



## Systemy uprawy

# 5.1

Pierwszym systemem uprawy, użytkowanym od setek lat, był system płużny. Uprawa pełna bądź tradycyjna, bo tak też jest nazywany ten system, opiera się o pług odkładnicowy. Głębokość spulchniania wynosi około 25-30cm, a rola jest odwracana w trakcie zabiegu. W rolnictwie regeneratywnym nie jest to zalecany zabieg. Należy jednak zauważyć, że był on stosowany przez setki lat, zatem musi wykazywać się pewnymi zaletami. Gleba jest w trakcie orki napowietrzana w równomierny sposób, a cała materia organiczna obecna na powierzchni jest skutecznie przykrywana i równomiernie rozmieszczana w warstwie podlegającej zabiegowi. Niestety, system płużny charakteryzuje się bardzo poważną ingerencją w glebę. Długoterminowo, prowadzi on do zmniejszenia zawartości materii organicznej. Podczas orki górna warstwa ochronna składająca się z resztek roślinnych jest niszczone, odsłaniając podatną na erozję glebę z warstw położonych głębiej. Do tego, wpływ takiego zabiegu na życie mikrobiologiczne w glebie jest ogromny. Mimo, że pozornie dzięki napowietrzaniu zwiększa się aktywność biologiczna, to sposób w jaki dzieje się to podczas orki jest niekorzystny. Przyzwyczajone do warunków beztlenowych organizmy z warstw głębszych są wyrzucane w górę, natomiast żyjące w oparciu o tlen organizmy z powierzchni są zakopywane głęboko. Nie wywołuje to wzrostu pożądanej aktywności, a raczej panikę, która może skutkować dodatkowym zmniejszeniem zawartości materii organicznej.

Całkowitym przeciwieństwem systemu płużnego jest uprawa zerowa. W systemie tym, nie wykonujemy żadnych zabiegów mechanicznych. Chwasty likwidowane są na ogół poprzez zabiegi chemiczne,

a jedyną ingerencją w glebę jest siew. Często nazywa się ten system również siewem bezpośrednim. Niewątpliwą zaletą uprawy zerowej są bardzo niewielkie nakłady związane z małą liczbą koniecznych przejazdów. Gleba jest doskonale chroniona przed erozją przez resztki materii organicznej znajdujące się cały czas w warstwie powierzchniowej. Wielu zwolenników tego systemu zwraca również uwagę na jego podobieństwo do naturalnych ekosystemów, w których nie występuje ingerencja człowieka w postaci orki. Trzeba jednak zauważyć, że system ten często prowadzi do spadku plonów. W czasie bezpośrednio po przejściu na uprawę zerową można spodziewać się zwiększenia zagęszczenia gleby. Do tego, niepoprawny dobór zmianowania w tym systemie może prowadzić do dużych problemów fitosanitarnych. Można powiedzieć, że jest to przeciwieństwo systemu płużnego - jest to bardzo duże wyzwanie, lecz nagrodą jest ochrona gleby przed degradacją. System płużny jest łatwy w stosowaniu, ale może prowadzić do dużych zniszczeń na polach.

Łatwo jest zauważyć zatem, że system łączący zalety obu wspomnianych byłby optymalny z perspektywy rolnictwa regeneratywnego. Poszukiwania kompromisu nazywane są często uproszczonymi systemami uprawy. Wśród nich można wyróżnić między innymi systemy płużne uproszczone, w których, na przykład, zmniejszona jest głębokość zabiegu. Mają one jednak podobne wady jak uprawa tradycyjna. Oprócz nich, wyróżniamy szereg systemów uprawy bezpłużnej. Choć ciekawymi i potencjalnie korzystnymi kierunkami są uprawa pasowa typu strip-till oraz uprawa redlinowa, ze względów praktycznych skupimy się na uprawie bezpłużnej całopowierzchniowej.

## 5.2

### Uprawa bezpłuzna

Uprawa bezpłuzna, nazywana również bezorkową, to zbiór systemów uprawy w których dokonuje się ingerencji mechanicznej w glebę, ale nie jest wykorzystywany do tego pług. Należy bardzo wyraźnie zaznaczyć, że w definicji tego pojęcia nie ma ani informacji o tym, że jest to uprawa płytka, ani o tym, że nie jest ona intensywna. Głębokość i intensywność uprawy należy dobierać według potrzeb i warunków na polu. Warto również zauważyć, że nie są to systemy możliwe do stosowania w każdych warunkach. Choć systemy bezpłuzne zdają się optymalne z punktu widzenia rolnictwa regeneratywnego, są one jedynie narzędziem w szerszym pojęciu regeneracji. Wspólnym mianownikiem wszystkich systemów bezpłuznych jest umiejscowienie materiału roślinnego w glebie blisko powierzchni. Ponieważ gleba nie jest odwracana, resztki nie są mechanicznie umieszczane głęboko, a jedynie mieszane przy powierzchni. Materia organiczna tworzy warstwę ochronną, zapobiegającą erozji. Jednocześnie jednak, gleba jest spulchniana

i napowietrzana w celu uzyskania optymalnej struktury. Dzięki zmniejszonej ingerencji w głębsze warstwy, życie biologiczne może rozwijać się sprawniej, a resztki roślinne ulegają dekompozycji szybciej blisko powierzchni.

W doborze odpowiedniego systemu uprawy może pomóc nam kilka prostych zasad. Na ogół przyjmuje się, że glebę mocno uwilgotnioną należy uprawiać płycej, natomiast suchą głębiej. Utrata próchnicy w czasie może sugerować, że powinniśmy zmniejszyć intensywność uprawy. Lżejsze, piaszczyste gleby powinny być uprawiane z gęstszym rozmieszczeniem elementów roboczych, natomiast na cięższych, gliniastych glebach elementy robocze można rozmieścić rzadziej. Nadrzędną zasadą jest jednak obserwacja. Każdy zabieg powinien mieć swój konkretny cel z perspektywy struktury gleby i stosunków wodno-powietrznych, a po sezonie powinna nastąpić weryfikacja efektów. Systemy uprawy, w tym bezpłuzne, powstały, aby wywierać świadomy wpływ na glebę.



#### UPRAWA KONSERWUJĄCA

Szczególną klasyfikacją systemów uprawy jest klasyfikacja według rozmieszczenia resztek roślinnych. To z niej właśnie bierze się sformułowanie „uprawa uproszczona” - może ona być wykonywana dowolnymi narzędziami, a mówić o niej możemy, jeśli część resztek roślinnych pozostaje na powierzchni. Podejściem bardziej rozwiniętym pod tym względem jest uprawa konserwująca, w której minimum 30% materiału roślinnego pozostaje w warstwie powierzchniowej, na ogół jako mulcz. Pozwala to na szybszą dekompozycję resztek roślinnych, jak również chroni glebę przed erozją. W uprawie konserwującej na ogół wykonuje się wyłącznie jeden płytki zabieg, a większość używanych roślin to rośliny jare, siane w płytko wymieszany międzyplon. Jest to trudny w stosowaniu system, lecz jego elementy są warte stosowania szczególnie na polach o wysokiej ekspozycji na erozję.

#### ŹRÓDŁA - POCZYTAJ WIĘCEJ!

**Smagacz J.:** *Uwarunkowania i tendencje zmian technik uprawy roli. "Studia i raporty IUNG-PIB", Zeszyt 55(9): 143-162, 2018;*  
**Jaskulski D., Jaskulska I.:** *Współczesne systemy i sposoby uprawy roli w teorii i praktyce rolniczej. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Poznań 2016.*

Systemy uprawy, w tym bezpługne, powstały, aby wywierać świadomy wpływ na glebę.



## ROLNICTWO REGENERATYWNE JAKO SPOSÓB GOSPODAROWANIA



**Nierzadko można spotkać się z określeniem “praktyka regeneratywna”, dotyczącym na przykład uprawy bezpłujnej, poplonów bądź racjonalnego wapnowania. To nie głębokość uprawy stanowi jednak o istocie rolnictwa regeneratywnego.**

Każda z przytoczonych metod wspierania gleby powinna być stosowana świadomie, w sposób celowy i dopasowany do konkretnego gospodarstwa. W tym tkwi właśnie istota rolnictwa regeneratywnego. Na samym początku tego podręcznika przytoczyliśmy zasadę: uprawiaj tak mało, jak to możliwe i tak dużo, jak to konieczne. Nie dotyczy ona tylko uprawy czy dawek nawozów. Każda aktywność podejmowana na polu - uprawa, aplikacja nawozów, aplikacja środków ochrony roślin - ma wpływ zarówno na finanse gospodarstwa, jak i na stan gleby i ekosystemu.

Rolnictwo regeneratywne to sposób gospodarowania, który w centrum zainteresowania stawia glebę i jej zdrowie. Nie jest to ani gotowy protokół nawożenia, ani nawet zestaw narzędzi. Nie bez powodu tak wielką uwagę poświęciliśmy diagnozie sytuacji - zarówno w kontekście gospodarki wodą, składnikami odżywczymi, jak i bioróżnorodności. Rolnictwo regeneratywne zaczyna się od podjęcia świadomej pracy nad stanem gleby z użyciem posiadanych zasobów. Podejmowanie decyzji agrotechnicznych w rolnictwie regeneratywnym opiera się o maksymalizację korzyści w długim terminie. Przy-

jęcie takiej perspektywy pozwala tworzyć gospodarstwo odporne na zmiany warunków ekonomicznych i środowiskowych, które współgra z naturalnym ekosystemem, aby dostarczać wysokich plonów dobrej jakości.

Jeżeli istnieje jedna klamra spinająca całą treść tego krótkiego poradnika, będzie to ogromna waga wiedzy. Rolnictwo to chemia, fizyka i biologia, jak również inżynieria melioracyjna, mechanika i technika, a w stosowaniu nowoczesnych metod rolnictwa 4.0 nawet informatyka. Rolnictwo regeneratywne to również czerpanie jak najwięcej z dostępnych źródeł, aby najlepiej jak to możliwe zadbać o glebę i plony. Bogactwo dostępnych informacji jest dziś ogromne, zatem zachęcamy do dalszego zgłębiania tematu, ale również do dzielenia się posiadaną wiedzą. Rolnictwo regeneratywne jako koncepcja powstało w odpowiedzi na konkretne wyzwania stawiane przed rolnikami. To właśnie rolnicy stworzyli tę koncepcję wspólnie z naukowcami, badaczami, agronomami i doradcami. Nie jest ona oderwana od prawdziwej rzeczywistości rolnictwa. Wręcz przeciwnie, to bezcenna skarbnica narzędzi pozwalających stawić czoła wyzwaniom rolnictwa w XXI wieku.

### ŹRÓDŁA - POCZYTAJ WIĘCEJ!

**Smallwood M. i in.:** *Regenerative Organic Agriculture and Climate Change*. Rodale Institute, dostępne pod adresem:  
<https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/rodale-white-paper.pdf>





Każda aktywność podejmowana na polu - uprawa, aplikacja nawozów, aplikacja środków ochrony roślin - ma wpływ zarówno na finanse gospodarstwa, jak i na stan gleby i ekosystemu.



## Literatura:



1. Brandyk T. i in.: *Regulacja bilansu wodnego w obszarach wiejskich*. "Postępy nauk rolniczych" nr 3/2005, s. 43-60
2. Cooper J. i in.: *Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis*. "Agronomy for Sustainable Agriculture", 2016 36: 22
3. Earthworm Foundation: *Webinar: The Power of Regenerative Agriculture*. 2020, dostępne w serwisie YouTube pod adresem: <https://www.youtube.com/watch?v=RcvfMpuDI4s>
4. EIT Food: *Badania gleby - przewodnik rolnictwa regeneratywnego*. Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra, Poznań 2023
5. FAO: *The impact of livestock on biodiversity*. FAO, Rzym 2019
6. Fundacja Terra Nostra: *Webinar: rolnictwo regeneratywne*. 2023, dostępne w serwisie YouTube pod adresem: [https://www.youtube.com/watch?v=u\\_7nnNv80ts](https://www.youtube.com/watch?v=u_7nnNv80ts)
7. Grzywna A.: *Stosunki powietrzno-wodne i plonowanie zmeliorowanych łąk w dolinie rzeki Piwonii*. "Acta Agrophysica" 2005, 5(2), s. 283-290
8. International Water Management Institute: *Water for food, Water for life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, Londyn 2007
9. Jaskulski D., Jaskulska I.: *Współczesne systemy i sposoby uprawy roli w teorii i praktyce rolniczej*. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Poznań 2016
10. Lehmann J. i in.: *The concept and future prospects of soil health*. "Nature Reviews Earth & Environment" 1, 544-553 (2020)
11. Magdoff F., Van Es H.: *Building Soils for Better Crops*. SARE, College Park MD 2021
12. Polskie Stowarzyszenie Zrównoważonego Rolnictwa i Żywności, Akademia Zrównoważonego Rolnictwa, obszar Bioróżnorodność, dostępne pod adresem: <https://akademiazrownowazenia.pl/course/view.php?id=80>
13. Rosa, A., Dudek, M., Siemiński, P., Sadowski, A., Bartosik, S., Kaczmarek, P., Łata, K., Markowicz, M., Petrovic, J., Dykes, I.: *Biologizacja – klucz do zrównoważonego rolnictwa. Katalog dobrych praktyk biologizacyjnych*. Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 2022
14. Roy R.N., Finck A., Blair G.J., Tandon H.L.S.: *Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management*. FAO Fertilizer and Plant Nutrition bulletin 16, Rzym 2006
15. Smallwood M. i in.: *Regenerative Organic Agriculture and Climate Change*. Rodale Institute, dostępne pod adresem: <https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/rodale-white-paper.pdf>
16. Smagacz J.: *Uwarunkowania i tendencje zmian technik uprawy roli*. "Studia i raporty IUNG-PIB", Zeszyt 55(9): 143-162, 2018
17. Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Strzelecka J.: *Wpływ materii organicznej na jakość gleb użytkowanych rolniczo*. "Studia i raporty IUNG-PIB", Zeszyt 54(8): 25-39, 2017
18. Walker W.R.: *Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems*. FAO Irrigation and Drainage Paper 45, Rzym 1989





Poznań 2024

