

dr Grażyna Hołubowicz-Kliza, dr Jacek Niedźwiecki

OCHRONA GLEBY JAKO ŹRÓDŁA ŻYCIA



dr Grażyna Hołubowicz-Kliza, dr Jacek Niedźwiecki

OCHRONA GLEBY JAKO ŹRÓDŁA ŻYCIA

**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8, tel.: 814786700, 814786 800

e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pl

Dyrektor: prof. dr hab. Wiesław Oleszek

ZAKŁAD GLEBOZNAWSTWA EROZJI I OCHRONY GRUNTÓW

tel. 814786711, 814786910, 814786780

Kierownik: dr hab. Grzegorz Siebielec

DZIAŁ UPOWSZECHNIANIA I WYDAWNICTW

tel. 814786720, 814786722

Kierownik: dr Monika Kowalik

Opracowanie redakcyjne i graficzne: dr Grażyna Hołubowicz-Kliza

Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 pt. „Gleby użytkowane rolniczo”
z dotacji budżetowej celowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2021 r.

<https://doi.org/10.26114/por.iung.2021.12.06>

ISBN 978-83-7562-379-6

Copyright by Wydawnictwo IUNG, Puławy 2021

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	5
ŻYZNOŚĆ GLEB	13
DEGRADACJA GLEB	15
GLEBOWA MATERIA ORGANICZNA	19
ROLA PRÓCHNICY W GLEBIE	21
O CZYM DECYDUJE PRÓCHNICA	23
DZIAŁANIA OCHRONNE SPRZYJAJĄCE ZACHOWANIU MATERII ORGANICZNEJ	26
ROLA ZMIANOWANIA ROŚLIN W POPRAWIE ZAWARTOŚCI MATERII ORGANICZNEJ	27
ROLA NAWOZÓW NATURALNYCH W POPRAWIE ZAWARTOŚCI MATERII ORGANICZNEJ	33
ROLA PRZYORANEJ SŁOMY W POPRAWIE ZAWARTOŚCI PRÓCHNICY	38
ROLA SPOSOBÓW UPRAWY ROLI W OCHRONIE ZASOBÓW MATERII ORGANICZNEJ	42
ROLA ORGANIZMÓW GLEBOWYCH W OCHRONIE ZASOBÓW MATERII ORGANICZNEJ	48
CHARAKTERYSTYKA MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH	49
CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA DZIAŁALNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH	53
DZIAŁALNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW W PRZEMIANACH MATERII ORGANICZNEJ	56

UDZIAŁ MIKROORGANIZMÓW W PRZEMIANACH AZOTU W GLEBIE	58
WSPÓŁŻYCIE MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH	61
UJEMNE SKUTKI WYPALANIA ŚCIERNISK I TRAW	66
ROLA WAPNOWANIA	68
WPLYW WAPNOWANIA NA KWASOWOŚĆ GLEBY	68
WPLYW WAPNOWANIA NA FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY	68
WPLYW WAPNOWANIA NA CHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY	69
WPLYW WAPNOWANIA NA MIKROORGANIZMY GLEBOWE	69
ROLA MULCZOWANIA W OCHRONIE GLEBY	71
ROLA POPLONÓW W OCHRONIE GLEBY	72
LITERATURA	75

Wprowadzenie

1

1



Według definicji Polskiego Towarzystwa gleboznawczego, gleba to powierzchniowa część litosfery lub trwale powiązana z litosferą, stanowiąca nagromadzenie części mineralnych i organicznych pochodzących z wietrzenia lub akumulacji, naturalnej lub antropogenicznej, ulegająca przeobrażeniu przy udziale czynników glebotwórczych oraz mająca zdolność zaopatrywania organizmów żywych w wodę i składniki żywnościowe. Jest to wierzchnia, urodzajna warstwa skorupy ziemskiej.

Gleba ma strukturę trójfazową, czyli składa się z fazy stałej, ciekłej i gazowej. Pełni ona wiele różnorodnych funkcji, istotnych dla życia na Ziemi. Stanowi ona przede wszystkim środowisko do życia makro- i mikroorganizmów oraz roślin, a także jest miejscem obiegu pierwiastków.

To jaki rodzaj gleby posiada rolnik w swoim gospodarstwie, który w największym stopniu zależy od:

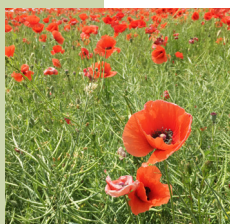
- ▶ skały macierzystej, na której powstała;
- ▶ klimatu;
- ▶ urzeźbienia terenu;
- ▶ procesów morfologicznych;
- ▶ warunków wodnych;
- ▶ żyjących w niej organizmów;
- ▶ stanu użytkowania przez rolnika.

Żyzność i urodzajność gleby w dużym stopniu zależy od składu chemicznego skały, z której powstała, odczynu, składu mechanicznego, który buduje jej strukturę oraz zdolności sorpcyjnych, czyli możliwość do zatrzymywania wody, pary wodnej, gazów, jonów metali, a także zasiedlania przez różnorodne organizmy glebowe oraz zawartości próchnicy, węglanu wapnia, węgla organicznego i głębokości profilu glebowego. Wymienione czynniki określają typ gleby i klasy przydatności dla rolnika. Na kształtowanie gleby największy wpływ mają warunki klimatyczne, do których należy: nasłonecznienie i intensywność opadów kształtujących temperaturę i jej wilgotność. Woda kruszy materiał skalny, wpływa na erozję oraz przemiany gleby. Bardzo istotnym czynnikiem są także mikroorganizmy, które określają jej urodzajność i wpływają na uwalnianie związków mineralnych. Ich obecność jest bardzo ważna, nie tylko ze względów glebotwórczych, ale przede wszystkim ze względu na zachowanie ciągłości obiegu materii w przyrodzie i umożliwianie wzrostu roślinom. Rolnik kształtuje glebę głównie poprzez jej uprawę. Działanie to wpływa na zmiany w jej składzie mineralnym, zawartość próchnicy, przebieg procesów chemicznych i jej temperaturę, a także możliwość bytowania i zasiedlania przez organizmy żywe.

FUNKCJE GLEBY W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM I DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA:



ŚRODOWISKOTWÓRCZA — stanowi pokrywę gleby, co ma wpływ na kształtowanie środowiska, czyli lokalny klimat, zasoby wodne, pokrywę roślinną, a także rzeźbę terenu.



EKOLOGICZNA — stanowi określony obszar bytowania dla flory i fauny, czyli zgromadzenie w określonym miejscu jak największej puli genowej jako istotnego elementu przepływu energii oraz obiegu i zatrzymania materii w ekosystemach.



EDAFICZNA — stworzenie przez samą glebę warunków do bytowania jak największej liczby gatunków roślin i zwierząt.



SOZOLOGICZNA — inaczej regulacyjna, polegająca na przeciwdziałaniu zmianom w środowisku, głównie spowodowanym działalnością człowieka.



GOSPODARCZA — wykorzystanie gleby jako warsztatu pracy rolnika, surowiec, bazę do powstawania budowli i infrastruktury, miejsce składowania śmieci i odpadów.



KULTUROTWÓRCZA — jako bardzo ważne źródło wiedzy paleontologicznej i archeologicznej o dziejach Ziemi i ludzkości.

Gleba jest podstawowym warsztatem pracy rolnika. Powstaje ona w wyniku wielu złożonych procesów glebotwórczych, na które mają wpływ: skała macierzysta, ukształtowanie powierzchni terenu, makro- i mikroorganizmy glebowe, a także działalność rolnika.

Procesy glebotwórcze zachodzą bardzo wolno. W ciągu kilkuset lat, a niekiedy nawet tysiąca, powstaje ok. 1 cm gleby.

Gleba jest środowiskiem życia roślin, zwierząt i człowieka, dlatego należy do najważniejszych zasobów przyrody, które można łatwo zniszczyć, ale bardzo trudno odtworzyć.

Bez wątpienia produkcja rolna czyli wytwarzanie żywności zależy od jakości i żyzności gleb, na których jest prowadzona. Gleby, ze względu na ciągły przyrost ludności na świecie, nie mogą ulegać degradacji.

Należy pamiętać, że ekosystemy glebowe to nieodnawialne zasoby ziemskie, które należy chronić, aby zapewnić przyszłym pokoleniom stabilność i bezpieczeństwo żywnościowe.

Żeby gleba mogła spełniać powierzoną jej funkcję musi posiadać odpowiednią żyzność, która zapewni wyprodukowanie plonów na odpowiednim poziomie i o właściwej jakości.



Prawidłowo uprawiona gleba (fot. G. Hołubowicz-Kliza)

Żyzność gleb

2



O żyzności gleb decyduje cały zespół cech morfologicznych (rodzaj i miąższość poziomów glebowych), fizycznych (skład granulometryczny, struktura, właściwości wodne), chemicznych, fizykochemicznych (pH, kompleks sorpcyjny), biochemicznych i biologicznych (zawartość materii organicznej, bioróżnorodność mikroorganizmów glebowych), które zapewniają gatunkom uprawnym właściwe warunki do wzrostu i rozwoju. Na żyzność składają się zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej właściwości.

Rozróżniamy następujące rodzaje żyzności gleb:

Żyzność naturalna – pochodzi od właściwości skały macierzystej oraz procesów glebotwórczych, a także od składu granulometrycznego, zawartości związków mineralnych i próchnicy, bioróżnorodności mikroorganizmów glebowych. Nie ma ona związku z działalnością rolnika.

Żyzność agrotechniczna – zależy od rodzaju prowadzonych przez rolnika zabiegów agrotechnicznych. Można zmieniać jej parametry poprzez właściwe nawożenie, regulację odczynu, a także odpowiedni płodozmian. Jej pogorszenie jest efektem błędów popełnionych w agrotechnice.

Żyzność nabyta zostaje wytworzona przez rolnika na glebach jałowych, które zostały jej pozbawione. Są to np.: hałdy pogórnice, czy zdegradowane antropogenicznie grunty.



Pole uprawne na skłonie (fot. G. Hołubowicz-Kliza)

Na ograniczenie żyzności gleb i ich potencjału produkcyjnego wpływa lekki skład granulometryczny (przewaga piasków), niska zawartość części ilastych i próchnicy, spore zakwaszenie i mała pojemność sorpcyjna.

Zróżnicowanie potencjału produkcyjnego gleb w naszym kraju wynika ze zmienności przestrzennej, ukształtowania terenu, pokrywy glebowej, a także czynników klimatycznych.

Regiony Polski o najlepszych warunkach glebowo-przyrodniczych do produkcji rolniczej znajdują się w południowej i południowo-wschodniej części kraju, na Kujawach, Żuławach oraz w środkowej części Wielkopolski.

Rolnicy, ze względu na mały potencjał produkcyjny gleb użytkowanych rolniczo w Polsce, szczególną uwagę muszą zwrócić na wszelkie działania zapobiegawcze. Natomiast jeśli chodzi o gleby zdegradowane w wyniku nadmiernej eksploatacji, konieczne będzie skierowanie wszelkich możliwych działań w kierunku przywrócenia lub polepszenia ich właściwych funkcji.

Degradacja gleb

3



3

Gleby są w różnym stopniu podatne na degradację, jednak nie ma takich, które byłyby całkowicie odporne na nie. Na proces ten bardziej podatne są gleby lekkie i bardzo lekkie, zakwaszone i o niskiej zawartości próchnicy. Czynnikiem, które w sposób istotny zmniejszają ich żyzność i produktywność są ich słabe właściwości sorpcyjne. Do nich należy także nieprawidłowo prowadzona agrotechnika, na ogół źle dostosowana do warunków glebowych, rzeźba terenu czy pogody. Na degradację gleb ma wpływ także przemysł, poprzez pogorszenie, a nawet utratę zdolności gleby do pełnienia przez nią określonych funkcji. Do najczęstszych objawów zniszczenia gleb należy pogorszenie właściwości fizycznych, które prowadzą do ich nadmiernego zagęszczenia, co wpływa na utratę struktury gruzelkowej glebowej, a tym samym warunki dla wzrostu i rozwoju roślin uprawnych. Inną przyczynę stanowi pogorszenie stosunków wodnych gleby w wyniku niewłaściwie działających systemów melioracyjnych. Ponadto do degradacji przyczynia się erozja wodna i wietrzna powodująca straty gleby. Innym czynnikiem jest pogorszenie właściwości biologicznych czyli zmniejszenie bioróżnorodności i liczebności mikroorganizmów glebowych, a także zawartości próchnicy. Do czynników chemicznych wpływających na degradację gleb zaliczamy: zakwaszanie lub nadmierną alkalizację gleby, zanieczyszczenie substancjami chemicznymi czy metalami ciężkimi, niedobór lub nadmiar makro- i mikroelementów.

Skutki degradacji gleb prowadzą do spadku ich żyzności, a w konsekwencji do obniżenia plonowania roślin uprawnych, a także ponoszenia kosztów związanych z przywróceniem ich prawidłowego funkcjonowania.

Degradacja gleb następuje w wyniku:

- ▶ emisja gazów i pyłów przemysłowych oraz motoryzacyjnych;
- ▶ działalności górniczej;
- ▶ nieprawidłowego składowania różnego rodzaju odpadów;
- ▶ niewłaściwego użytkowania rolniczego gruntów podatnych na erozję;
- ▶ niewłaściwego stosowania i złego doboru chemicznych środków produkcji roślinnej.

Podstawowe czynniki powodujące degradację gleb dzielimy na:

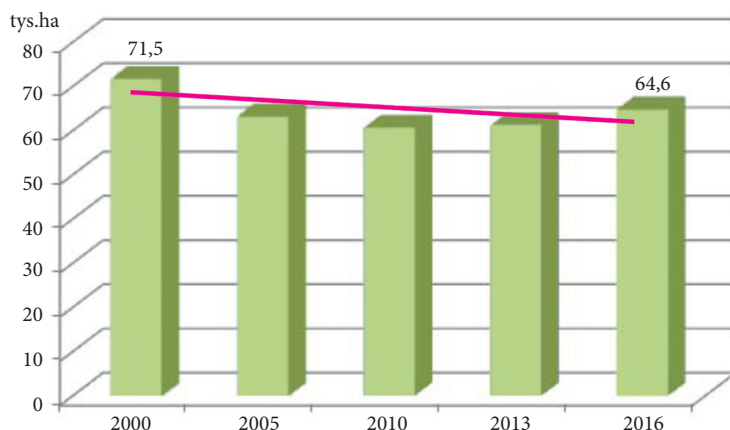
- ▶ naturalne czyli takie, których nie powoduje działalność człowieka (erozja gleb, osuwiska, działalność wulkaniczna i tektoniczna);
- ▶ antropogeniczne, czyli nieprawidłowo prowadzona agrotechnika, przemysł i szybka urbanizacja powodująca erozję.

Degradacja gleb użytkowanych rolniczo prowadzi do zmniejszenia ich wartości produkcyjnej. W skrajnych przypadkach gleby nigdy nie zostają przywrócone dla produkcji rolniczej. Biorąc pod uwagę zalecenia Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej na każdym rolniku spoczywa ochrona gleby ponieważ stanowi ona jego podstawowy warsztat pracy i podstawę do egzystencji. O obowiązku przeciwdziałania degradacji gruntów mówi art. 15 ust. 1 ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych.

Do głównych działań rekultywacyjnych prowadzonych w celu ochrony gleb przed degradacją należy:

- ▶ stosowanie w produkcji rolnej nawozów naturalnych;
- ▶ racjonalne stosowanie nawozów sztucznych i środków ochrony roślin;
- ▶ pozostawianie resztek poźniwnych i uprawa poplonów;
- ▶ uprawa w poprzek stoku;
- ▶ wprowadzanie zadrzewień śródpolnych i zalesianie nieużytków;
- ▶ niepozostawianie gleby bez okrywy roślinnej;
- ▶ ograniczanie zanieczyszczenia gleb, substancjami pochodzącymi z odpadów komunalnych;
- ▶ ograniczanie przemysłowej emisji zanieczyszczeń gleb;
- ▶ odkwaszanie gleb i oczyszczanie z substancji toksycznych.

Rekultywacja gruntów jest to zespół zabiegów technicznych, agrotechnicznych, chemicznych i biologicznych mających na celu nadanie pożądaney wartości użytkowej gruntom, które utraciły taką wartość.



Rys. 1. Ilość gruntów zdegradowanych i zdewastowanych w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS Ochrona środowiska [2017]

Glebowa materia organiczna

4

4



ROLA PRÓCHNICY W GLEBIE

Jednym z elementów środowiska wykorzystywanych w rolnictwie jest gleba. Jednak jest ona zasobem ograniczonym i nieodnawialnym na przestrzeni jednego pokolenia. Ze względu na znaczenie i wpływ gleby na jakość produkowanych płodów rolnych oraz bardzo powolny proces jej tworzenia, powinna ona podlegać różnym działaniom ochronnym zapewniającym utrzymywanie jej trwałej żyzności. Jednym z podstawowych czynników kształtujących żyzność gleb jest zawartość materii organicznej.

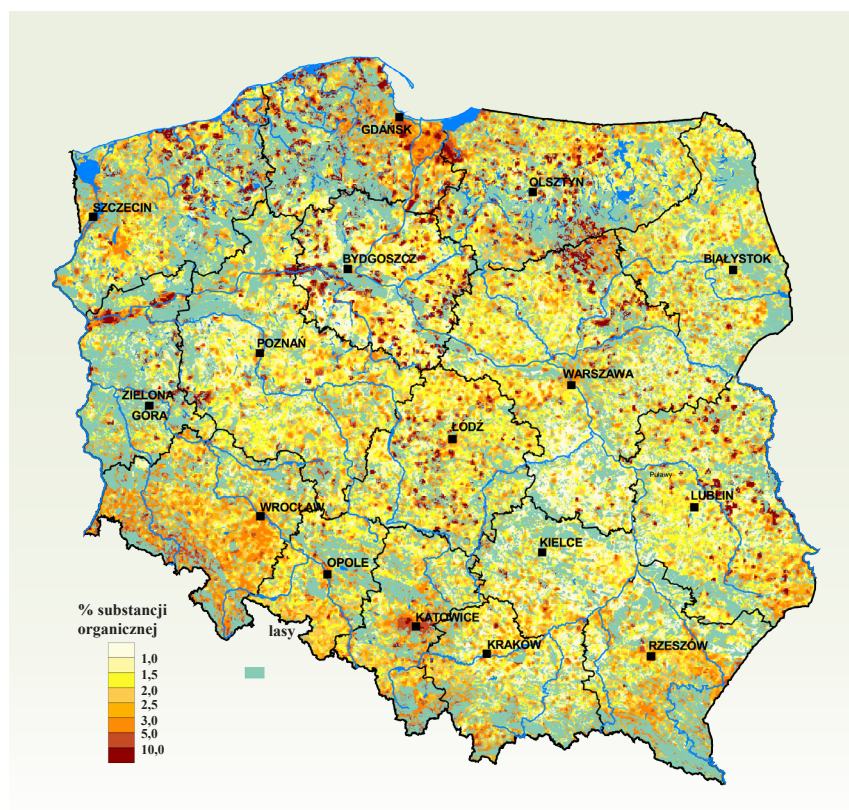
Próchnica glebowa to bezpostaciowa substancja powstała z różnych substancji organicznych i mineralno-organicznych zgromadzonych w glebie lub na jej powierzchni. Humus tworzą organiczne szczątki, głównie roślinne, rozłożone z udziałem mikroorganizmów glebowych (bakterii, grzybów) i drobnych bezkręgowców, np. dżdżownic. Stanowi ona 70-80% całości substancji organicznej gleby. Natomiast materia organiczna, oprócz próchnicy, to także inne składniki organiczne znajdujące się w glebie, a więc resztki roślinne i zwierzęce, nawozy organiczne i produkty organizmów glebowych w różnym stadium rozkładu, dlatego nie należy utożsamiać tych dwóch pojęć.

Próchnica niekiedy nazywana jest humusem. Dzieje się tak, ponieważ swoją nazwę wzięła od procesu nazywanego humifikacją. Humus nadaje glebie brunatne lub czarne zabarwienie w górnej warstwie gleby. W wyniku zachodzącego procesu humifikacji przyjmuje się, że 20-25% przekształca się w substancje próchniczne, a aż 75-80% świeżego materiału organicznego ulega procesom mineralizacji, czyli wytworzenia się prostych związków organicznych: CO_2 , H_2O , NH_3 , różnych jonów oraz składników mineralnych.

Substancje humusowe kształtujące właściwości i funkcje materii organicznej w glebie składają się głównie z kwasów humusowych, które kształtują właściwości gleb. Kwasy huminowe nierozpuszczalne w kwaśnym środowisku, tworzące kompleksy organiczno-mineralne poprawiają sorpcję gleby i działają korzystnie na stabilność próchnicy. Huminy to grupa związków próchnicznych nierozpuszczalnych w wodzie w całym zakresie pH, decydująca o stabilności próchnicy w glebie. Reprezentuje ona trwałe połączenia związków próchnicznych z mineralną fazą gleby. Świadczy ona o intensywności procesu humifikacji. Natomiast kwasy fulwowe tworzące grupę związków próchnicznych, które łatwo rozpuszczają się w wodzie w całym zakresie pH, nie są korzystne dla jakości próchnicy. Powodują wymywanie z gleby składników zasadowych. Ważny jest także stosunek kwasów huminowych do fulwowych, a także procentowy

udział ich frakcji w puli węgla, ponieważ pozwala oszacować zmiany zachodzące w glebie, np. wywołane długoletnią uprawą danych gatunków roślin, monokulturą, stosowaniem nawozów naturalnych i organicznych. Pozwala także określić jakość i stabilność próchnicy. Jeśli wartość tego stosunku przekracza 1, wówczas związki próchniczne w glebie są bardziej stabilne. Ilość kwasów humusowych decyduje o żyzności gleby, wpływa na tworzenie się stabilnej gruzełkowatej struktury gleby, poprawia stosunki powietrzno-wodne gleby i dostarcza roślinom przyswajalnych form składników pokarmowych.

Zawartość próchnicy glebowej w Polsce jest zróżnicowana i waha się w granicach od 0,6 do 6,62%. Najzasobniejsze są: czarnoziemy, czarne ziemie, rędziny i mady, a najuboższe gleby bielcowe i brunatne. Gleby ubogie w próchnicę, to gleby o zawartości materii organicznej poniżej 2%. Gleby takie, w zależności od regionu, stanowią w Polsce 40-72% gruntów ornych, czyli średnio 56%.



Rys. 2. Zawartość substancji organicznej w glebach użytków rolnych w Polsce

Źródło: Terelak i in. [2001] Zakład Gleboznawstwa Eroзии i Ochrony Gruntów IUNG-PIB

O CZYM DECYDUJE PRÓCHNICA

Ilość próchnicy w dużym stopniu decyduje o fizycznych, chemicznych, oraz biologicznych właściwościach gleby.

Próchnica posiada zdolność do zatrzymywania i gromadzenia składników pokarmowych (pojemność sorpcyjna) czyli poprawia ich dostępność i zmniejsza straty.

Decyduje o pojemności wodnej i zdolności zatrzymywania jej w glebie, czyli zwiększa pojemność wodną i minimalizuje skutki suszy, zwiększając jednocześnie odporność. Wpływa na poprawę struktury gruzelkowej, przez co zapobiega utracie wody i składników pokarmowych, zwłaszcza w lekkich glebach piaszczystych, a także rozluźnia gleby zwarte, przez co wpływa na polepszenie ich napowietrzenia.

Ogranicza powierzchniowe spływy wody opadowej i zapobiega erozji gleby. Próchnica decyduje o aktywności biologicznej gleby. Przede wszystkim zwiększa jej aktywność mikrobiologiczną przez sprzyjanie wzrostowi i namnażaniu się korzystnie działających na glebę i rośliny uprawne mikroorganizmów glebowych.

Dzięki ciemnej barwie zwiększa absorpcję energii słonecznej, co wpływa na lepsze nagrzewanie się gleb. Próchnica, dzięki zdolności do tworzenia struktury gruzelkowej gleby zapobiega jej zaskorupianiu. Poprzez zwiększenie pojemności buforowej kompleksu sorpcyjnego niweluje gwałtowne zmiany pH oraz zapobiega przechodzeniu składników pokarmowych w formy nieprzyswajalne dla roślin. Dzięki próchnicy zmniejsza się także dostępność toksycznych substancji (odpady przemysłowe, środki ochrony roślin) oraz szkodliwych metali ciężkich (kadm, ołów, glin), ponieważ posiada zdolność ich blokowania, dzięki czemu nie przenika do roślin uprawnych i nie stanowi zagrożenia dla zdrowia konsumentów. Próchnica reguluje gospodarkę azotem i fosforem. Ponieważ azot jest najbardziej ruchomym pierwiastkiem w glebie, to próchnica zapobiega jego wypłukiwaniu do głębszych warstw gleby.

Próchnica składa się z: 60% węgla (C), 30% tlenu (O_2), 6% azotu (N), 1,2% fosforu (P), 0,9% siarki (S) i mikroelementów. Stosunek najważniejszych makroskładników w glebie (C:N:P:S) wynosi odpowiednio 10:1:0,2:0,15. Dlatego próchnicę charakteryzuje proporcjonalny stosunek składników pokarmowych i wąski stosunek C:N (10:1). Ma to istotny wpływ na dobre wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny.

Ponadto, dzięki dużej powierzchni cząstek próchnicy (1 g to 800-1000 m^2) i bardzo korzystnym cechom fizykochemicznym próchnica posiada duże zdolności buforowe gleby. Dlatego może ona zmagazynować 4-12 razy więcej składników pokarmowych niż mineralna część gleby. Zwięk-

szą również dostępność tych składników dla roślin. Dzięki drobnym cząsteczkom posiada zdolność do zatrzymywania i magazynowania większych ilości wody niż gleby o niskiej zawartości próchnicy. Cząsteczka próchnicy ma wielkość 0,001-0,003 mm (czyli 1-3 mikronów), drobina piasku od 1-0,1 mm, pyłu 0,1-0,02 mm, a ilu < 0,02 mm. Ponieważ są one blisko tysiąc razy mniejsze od ziaren piasku, mogą więc zatrzymać nawet 3-5-krotnie więcej wody niż wynosi ich waga.

1% próchnicy na powierzchni 1 hektara odpowiada jej 30 t masy. W związku z tym 1% próchnicy zatrzymuje od 90 do 150 t wody, co ma niebagatelne znaczenie w przypadku gleb piaszczystych.

Ponieważ zawartość próchnicy w glebie wpływa na jej żyzność, to należy dbać o jej utrzymanie na glebach zasobnych przynajmniej na niezmiennym poziomie, a na ubogich dążyć do jej zwiększania. Wiąże się to z systematycznym dostarczaniem do gleby materii organicznej, która dzięki mikroorganizmom glebowym zostanie przekształcona w próchnicę. Należy pamiętać, że w wyniku procesu mineralizacji w krajowych warunkach klimatycznych średnio rocznie ubywa z gleby od 2 do 4% materii organicznej. Dzięki próchnicy w glebie, rośliny mają stały dostęp do łatwo przyswajalnych składników pokarmowych, które mogą pobierać w miarę potrzeby. Próchnica, poprzez stymulowanie rozwoju mikroorganizmów antagonistycznych do patogenów, może także ograniczać występowanie niektórych chorób roślin uprawnych.

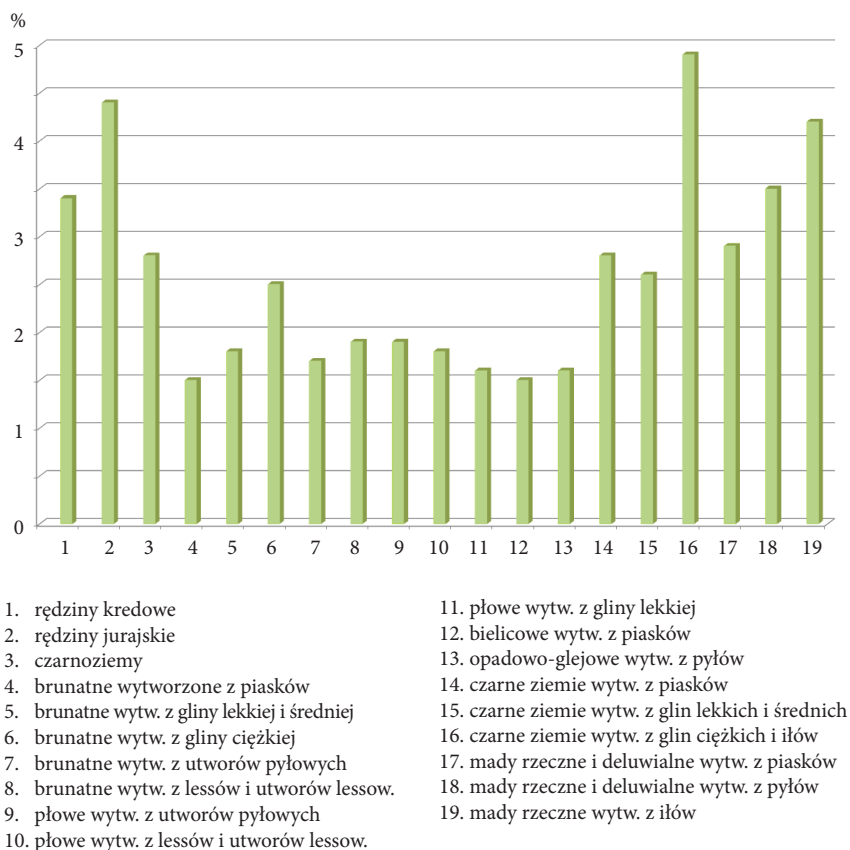
Czynnikami niekorzystnie wpływającymi na zawartość materii organicznej w glebie są:

- ▶ uprawa roślin w monokulturze (zboża, kukurydza);
- ▶ spadek udziału upraw roślin wieloletnich (bobowate i trawy z bobowatymi) w strukturze zasiewów;
- ▶ znaczny spadek pogłowia zwierząt w kraju;
- ▶ brak uprawy międzyplonów;
- ▶ coraz większa specjalizacja gospodarstw.

Żeby w glebach nastąpiła poprawa ujemnego bilansu materii organicznej konieczne jest przeprowadzenie zmian w sposobach uprawy gleb, ponieważ stosowanie niekorzystnego systemu agrotechniki doprowadziło

do zubożenia gleb w próchnicę. Polskie rolnictwo, patrząc na zasobność gleb w próchnicę, i wychodząc naprzeciw dyrektywom unijnym (klimatycznej i środowiskowej), musi nie tylko zahamować spadek zawartości materii organicznej i próchnicy w glebie, ale podnosić jej zawartość.

Niskie zasoby próchnicy w glebach Polski i zagrożenie związane z jej mineralizacją, obok skutków produkcyjnych, mają znaczenie środowiskowe, prowadzące, np. do dużej emisji netto dwutlenku węgla z gleb. Do działań zapobiegających stratom próchnicy z gleb należy między innymi uprawa poplonów i międzyplonów poprawiających bilans materii organicznej w glebach. Można uznać, że przy małych zasobach obornika jest to jedyny sposób zapobiegania stratom materii organicznej. Należy jednak zaznaczyć, że przy obecnym stanie gospodarki wodnej gleb i intensywnej uprawie, działania te nie kompensują w pełni mineralizacji próchnicy.



Rys. 3. Zawartość próchnicy w poziomach akumulacyjnych ważniejszych gleb Polski

Źródło: Turski [1996]

DZIAŁANIA OCHRONNE SPRZYJAJĄCE ZACHOWANIU MATERII ORGANICZNEJ

Odbudowie i zachowaniu materii organicznej sprzyjają takie działania, które powinny być nieodłączną częścią agrotechniki, zwłaszcza na obszarach ubogich w próchnicę:

- ▶ układanie zmianowań z dużym udziałem roślin sprzyjających tworzeniu materii organicznej, pozostawiających dużo resztek poźniwnych (wieloletnie rośliny bobowate i ich mieszanki z trawami, trawy w uprawie polowej, rośliny bobowate grubonasienne – strączkowe oraz międzyplony na przyoranie jako tzw. zielone nawozy);
- ▶ stosowanie nawozów organicznych i naturalnych;
- ▶ rozpowszechnianie konserwującej uprawy roli, polegającej na zmniejszeniu intensywności uprawy roli poprzez ograniczenie liczby zabiegów uprawowych i głębokości uprawy i stosowanie mulczowania powierzchni gleby;
- ▶ użytkowanie gruntów ograniczające przesuszenie gleb, a tym samym spowalnianie procesu mineralizacji materii organicznej.



Pozostawienie słomy na polu na przyoranie (fot. pixabay darmowe)

ROLA ZMIANOWANIA ROŚLIN W POPRAWIE ZAWARTOŚCI MATERII ORGANICZNEJ

Zmianowanie, czyli prawidłowe następstwo roślin przychodzących po sobie na danym polu, musi stwarzać jak najkorzystniejsze warunki do plonowania, a także utrzymać na niezmiennym poziomie ilość próchnicy w glebie. Zmianowanie należy zaplanować na kilka lat, dla pól, na których będą uprawiane kolejno następujące rośliny. Prawidłowo ułożony płodozmian jest najważniejszym elementem agrotechniki. Powinien składać się z dużej liczby uprawianych gatunków roślin. Niegdyś było to 5-7 upraw, jednak coraz większa specjalizacja produkcji przyczyniła się do zmniejszenia liczby roślin w płodozmianie, nawet do dwóch roślin (rzepaku i pszenicy czy pszenicy i kukurydzy), a także do uprawy zbóż po sobie. Taki sposób gospodarowania nie tylko wpływa na wzrost zużycia nawozów sztucznych i chemicznych środków ochrony roślin, ale prowadzi do degradacji gleb (obniżenia ich żyzności). Prowadzi to do ubytku próchnicy, wzrostu zakwaszenia, zmniejszenia biologicznej różnorodności i aktywności, nasilenia erozji, pogorszenia struktury, a także wzrostu liczebność organizmów chorobotwórczych.

W związku z niską zasobnością gleb Polski w próchnicę i postępującym ciągle jej spadkiem należy tak organizować produkcję roślinną, aby dopływ materii organicznej do gleby był większy niż jej ubytek wynikający z uprawy roślin. Miarą poprawnego gospodarowania w Polskich gospodarstwach powinien być dodatni bilans materii organicznej. Dlatego normą powinno stać się wprowadzanie do płodozmiannu większej liczby roślin o odpowiednim współczynniku reprodukcji substancji organicznej.

Na glebach lekkich płodozmian powinien składać się z 3 gatunków roślin.

Na glebach cięższych płodozmian powinien składać się z 4-5 gatunków roślin.

Płodozmian w gospodarstwie tak powinien być układany, aby kolejność poszczególnych upraw zaczynała się od roślin o dużych wymaga-

niach co do uprawy i nawożenia, czyli od okopowych. Rośliny z tej grupy pozostawiają dobre stanowisko pod rośliny następcze (np. zboża). Niekorzystne działanie tych roślin w zmianowaniu to jedynie powodowanie szybszej mineralizacji substancji organicznej i poprzez mniejsze zakrycie gleby zagrożenie erozją. Rośliny okopowe lokuje się w płodozmianie zwykle po zbożowych i poplonach. Rośliny bobowate oraz ich mieszanki z trawami, ponieważ są dobrymi przedplonami pod wszystkie rośliny, powinny poprzedzać rośliny o dużych wymaganiach nawozowych w stosunku do azotu, np. ziemniaka, buraka, kukurydzę lub inne wymagające gatunki. Rośliny bobowate wzbogacają glebę w azot wiązany w wyniku symbiozy z bakteriami *Rhizobium*, w substancję organiczną, a także dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu, przemieszczają składniki mineralne do wyższych warstwy gleby. Minione lata wykazały jednak spadek udziału tych gatunków w strukturze zasiewów.

W przypadku uprawy zbóż najlepsze miejsce przeznacza się w pierwszej kolejności pod pszenicę, następnie jęczmień, żyto, a na końcu owies. Korzystne jest przeplatanie uprawy roślin zbożowych niezbożowymi. Żeby nieco polepszyć płodozmian w gospodarstwach specjalizujących się w uprawie wyłącznie zbóż, po zbożach ozimych, powinny zostać wprowadzone zboża jare. W takim przypadku korzystne będzie także wysianie poplonu, który po przyoraniu wzbogaci glebę w materię organiczną. W Polsce udział zbóż w strukturze zasiewów często przekracza 70%, a nawet 75%. Dotyczy to rejonów, w których zboża stanowią prawie 90% powierzchni upraw. Przyczyną siewu zbóż w monokulturze jest łatwość uprawy.

Jednak taki sposób uprawy ma wiele niekorzystnych skutków związanych z tzw. zmęczeniem gleby. Przede wszystkim następuje większe nagromadzenie chorób i szkodników. Ponadto zastosowane uproszczenia zmianowania przyczyniają się do ciągłego wyczerpywania gleby z tych samych składników pokarmowych i wzrostu zachwaszczenia. W związku z tym rośliny z roku na rok dają coraz mniejsze i gorsze jakościowo plony.

Dlatego bardzo ważne jest takie planowanie płodozmianu, aby częstotliwość uprawy tego samego gatunku na tym samym polu odbywała się w długim odstępie czasu. To rolnik ma największy wpływ na jakość swojej gleby i dobór roślin w gospodarstwie i przez odpowiednie zmianowanie może glebę wzbogacić lub zubożyć w materię organiczną.

Oczywiście o uprawie niektórych gatunków roślin decydują także trendy uprawowe.

Przyjmuje się, że udział gatunków roślin w strukturze zasiewów nie powinien przekraczać:

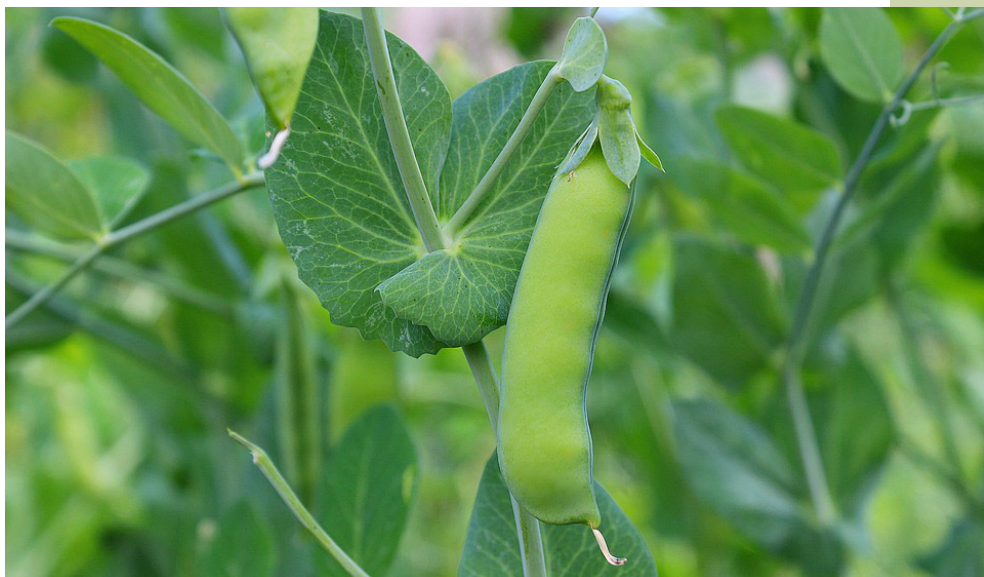
- ▶ okopowe (burak cukrowy, ziemniak) – 25%;
- ▶ strączkowe – 25%;
- ▶ pszenica – 33%;
- ▶ zboża ogółem – 66%.

W celu poprawnego rozporządzania materią organiczną opracowano tzw. **współczynniki reprodukcji substancji organicznej gleby**. Służą one do określania zubożenia lub wzbogacenia gleby w materię organiczną w wyniku jednorocznej uprawy określonego gatunku roślin lub wprowadzenia do gleby określonej dawki nawozu naturalnego lub organicznego.

Ze względu na ten parametr rośliny uprawne można podzielić na trzy grupy:

wzbogacające glebę – wieloletnie rośliny bobowate i ich mieszanki z trawami oraz trawy w uprawie polowej, a także w mniejszym stopniu rośliny strączkowe i międzyplony wykorzystane na tzw. nawóz zielony;

Groch siewny
(fot. G. Hołubowicz-Kliza)



zubożające glebę – rośliny okopowe, warzywa korzeniowe, kukurydza pozostawiają mało resztek poźniwnych, a ich uprawa w szerokich rzędach, pielęgnacja międzyrzędzi i późne zakrycie rzędów przyspiesza rozkład próchnicy i wzmacnia erozję. W wyniku uprawy tych gatunków mineralizacji ulega od 1,1 do 1,5 t na ha próchnicy. Żeby ubytek ten zniwelować należy wprowadzić do gleby około 15-16 t na ha obornika;



neutralne lub o małym ujemnym wpływie na bilans substancji organicznej – zboża i rośliny oleiste (ale jeśli resztki poźniwne zostaną na polu). Niegdyś zboża zaliczano do roślin degradujących substancję organiczną gleby, ale zmiany w agrotechnice – zagęszczenie łańców u odmian krótkosłomowych i kombajnowy zbiór przyczyniły się do zwiększenia ilości resztek poźniwnych, co ograniczyło ich ujemne oddziaływanie na bilans substancji organicznej.



Jęczmień jary
(fot. G. Hołubowicz-
-Kliza)

Tabela 1

Współczynniki reprodukcji i degradacji substancji organicznej gleby

Roślina lub nawóz organiczny	Współczynniki reprodukcji (+) lub degradacji (-) w t substancji organicznej na ha dla gleb		
	lekkich	średnich	ciężkich
Okopowe, warzywa korzeniowe [1 ha]	-1,26	-1,40	-1,54
Kukurydza, warzywa liściowe [1 ha]	-1,12	-1,15	-1,22
Zboża, oleiste, włókniste [1 ha]	-0,49	-0,53	-0,56
Strączkowe [1 ha]	+0,32	+0,35	+0,38
Trawy i ich mieszanki [1 ha]	+0,95	+1,05	+1,16
Bobowate i ich mieszanki [1 ha]	+1,89	+1,96	+2,10
Międzyplony (na ziel. nawóz) [1 ha]	+0,63	+0,70	+0,77
Obornik [1 t s.m.]	-	+0,35	-
Gnojowica [1 t s.m.]	-	+0,28	-
Słoma [1 t s.m.]	-	+0,21	-
Liście buraka, międzyplony [1 t s.m.]	-	+0,14	-

Przeciętna zawartość suchej masy w % wynosi: obornik – 20-25%, słoma – 83%, gnojowica – 6-8%, liście buraka, międzyplony – 8-14%. Wobec tego zastosowanie 8-10 t obornika wnosi do gleby 700 kg substancji organicznej.

Źródło: Zimny L. i in. [2015]

Dodatni współczynnik mówi o właściwym rozporządzaniu materia organiczną gleby. W takim przypadku, rolnik musi zastosować taki płodozmian, w którym mineralizacja substancji organicznej nie przewyższy jej wniesienia do gleby. W płodozmianach uproszczonych, w których dominują zboża, rzepak czy kukurydza, niestety bardzo trudno jest zachować dodatni bilans materii organicznej. Takie postępowanie w dłuższym przedziale czasu doprowadzi do degradacji gleby w wyniku braku dostarczania materii organicznej i możliwości odtwarzania w glebie próchnicy.

Tabela 2

Sucha masa resztek poźniwnych [t z ha]

Gatunek roślin	Resztki poźniwne
Pszenica ozima	3,31
Żyto ozime	3,22
Jęczmień jary	2,54
Owies	2,86
Bobik na nasiona	3,14
Ziemniak	0,91
Lucerna	8,22
Koniczyna czerwona	5,23
Międzyplon z gorczycy	1,42
Międzyplon z facelii	1,57
Wsiewka koniczyny białej	3,65

Źródło: Tyburski J., 2004

Pola uprawne
(fot. pixabay
darmowe)

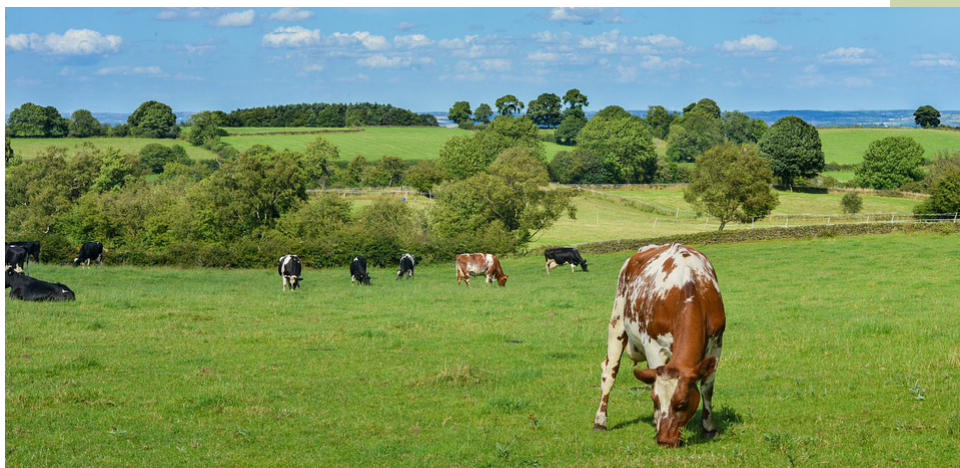


ROLA NAWOZÓW NATURALNYCH W POPRAWIE ZAWARTOŚCI MATERII ORGANICZNEJ

Dawniej do nawozów organicznych zaliczano te, które zawierały w swoim składzie substancję organiczną: odchody zwierząt gospodarskich tj.: obornik od różnych gatunków zwierząt, gnojówka, gnojowica), a także: kompost, nawozy zielone. Obecnie na podstawie ustawy traktującej o nawozach i nawożeniu podzielono je na nawozy: naturalne, organiczne i organiczno-mineralne. Bez względu na pochodzenie stanowią one cenne źródło substancji organicznej potrzebnej do tworzenia próchnicy w glebie. Podział miał na celu wyodrębnić, związanych bezpośrednio z produkcją zwierzęcą, ponieważ ze względu na ochronę środowiska musiała nastąpić regulacja obsady zwierząt w stosunku do powierzchni zasobów gruntów rolnych, Głównie chodziło o zanieczyszczenie wód azotanami pochodzącymi z rolnictwa. Specjalizacja w chowie, zwłaszcza tylko jednego gatunku, doprowadziła do dużej kumulacji zwierząt w gospodarstwach.

Takie gospodarowanie wywołało problemy z racjonalnym zagospodarowaniem nadprodukcji nawozów naturalnych, a zwłaszcza gnojowicy. Jednocześnie powstały gospodarstwa wyspecjalizowane tylko w produkcji roślinnej. Z braku nawozów naturalnych zmuszone zostały do stosowania wysokich dawek nawozów mineralnych. W Polsce liczba gospodarstw zajmujących się chowem zwierząt ciągle maleje. Obecnie ponad 50% gospodarstw rolnych nie prowadzi produkcji zwierzęcej. W gospodarstwach bez możliwości pozyskania nawozów naturalnych, w celu utrzymania określonego poziomu próchnicy w glebie lub jego zwiększa-

Bydło na pastwisku
(fot. pixabay
darmowe)



nia niezbędne okazuje się uwzględnienie poplonów na przyoranie, przyorwanie słomy lub innych resztek poźniwnych.

Obok znacznej ilości materii organicznej nawozy naturalne wprowadzają do gleby znaczne ilości składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu i fosforu.

Azotany i związki fosforowe dostające się do wód wpływają na skażenie wód gruntowych azotanami i prowadzą do eutrofizacji oraz zaniku życia biologicznego. Ze względu na ochronę środowiska, zwłaszcza czystość wód, określono maksymalną obsadę zwierząt dla posiadanej powierzchni użytków rolnych. Ustalono ją na podstawie ilości azotu zawartego w nawozach naturalnych, która nie może być większa niż 170 kg azotu w przeliczeniu na 1 ha UR. W tym celu obsadę zwierząt przelicza się na duże jednostki przeliczeniowe (DJP). Do tego celu służą tzw. współczynniki przeliczeniowe zwierząt na DJP (tab. 3), które określają liczbę zwierząt danego gatunku wyrażoną w sztukach fizycznych odpowiadającą 1 DJP.

Jako DJP przyjęto 500 kg żywej wagi bydła, trzody chlewnej lub innych gatunków zwierząt gospodarskich. Jeśli jedna DJP daje w ciągu roku 85 kg azotu, wówczas dopuszczalna obsada zwierząt dająca 170 kg azotu w nawozie nie może przekroczyć 2 DJP na ha.

Obsada zwierząt w Polsce jest obecnie dość niska. Określa się ją na poziomie 0,43 DJP na ha. Jest ona zatem 4-krotnie niższa niż obowiązuje norma. O nadmiernej obsadzie zwierząt będzie świadczyło przekroczenie w nawozach naturalnych całkowitej ilości azotu 170 kg azotu na ha. W takiej sytuacji rolnik będzie zmuszony do zmniejszenia obsady zwierząt, albo podpisania umowy z gospodarstwem o roślinnym profilu gospodarowania na odbiór nadwyżki nawozu. Z taką praktyką można się spotkać w gospodarstwach specjalizujących się w chowie określonego gatunku zwierząt, gdzie obsada przekracza dopuszczalne normy, a żywionych ziarnem zbóż kupowanym w gospodarstwie z produkcją roślinną. Jeśli nadwyżka nie zostanie sprzedana dojdzie do zbyt wysokiego dodatniego salda materii organicznej, co wpłynie na znaczne straty azotu, a tym samym do zanieczyszczenia wód.

Wprowadzone przepisy określają nie tylko ilość jaką można wyprodukować w gospodarstwie, ale także wielkość dawek nawozów naturalnych. Ważne jest aby nie przekraczać ustalonych norm, co do stosowania nawozów naturalnych, ponieważ składniki nawozowe pochodzące z nich

uwalniają się po woli podczas mineralizacji materii organicznej w glebie. Jeśli w sezonie utrzymują się dodatnie temperatury, proces ten będzie przebiegł mniej lub bardziej intensywnie nie tylko w okresie wegetacji, ale również w pozostałych porach roku. W takim przypadku azot przedostaje się do głębszych warstw profilu glebowego. Dlatego ilość azotu nie może przekroczyć 170 kg na ha użytków rolnych, co zostało ustalone w Dyrektywie Azotanowej.

Poszczególne nawozy naturalne posiadają różną wartość nawozową. Zależy ona przede wszystkim od gatunku zwierząt, rodzaju chowu i żywienia, warunków i długości okresu składowania, a u gnojowicy od stopnia jej rozcieńczenia wodą. W celu dokładnego określenia zawartości składników w nawozach naturalnych, należy zlecić wykonanie analiz najbliższej stacji chemiczno-rolniczej.

Obliczanie maksymalnej dawki nawozów naturalnych dla przeciętnej dawki azotu:

obornik ok. 0,5% (w 1 t – 5 kg) – 35 t na ha;
gnojowica i gnojówka 0,4% (w 1 m³ – 4 kg) – 45 m³ na ha.

Chów świń
(fot. pixabay
darmowe)



Współczynniki przeliczania sztuk fizycznych zwierząt
na duże jednostki przeliczeniowe (DJP)

Rodzaj zwierząt	DJP
Bydło	
Buhaje	1,4
Krowy	1,0
Jałówki cielne	1,0
Jałówki powyżej 1 roku	0,8
Jałówki powyżej 6 miesięcy do 1 roku	0,3
Opasy powyżej 1 roku	0,8
Opasy powyżej 6 miesięcy do 1 roku	0,3
Cielęta do 6 miesięcy	0,15
Świnie	
Świnie	0,3
Konie	
Ogiery, klacze, wałachy	1,2
Żrebaki powyżej 2 lat	1,0
Żrebaki powyżej 1 roku do 2 lat	0,8
Żrebaki powyżej 6 miesięcy do 1 roku	0,5
Żrebięta do 6 miesięcy	0,3
Owce	
Owce powyżej 1,5 roku	0,1
Tryki powyżej 1,5 roku	0,12
Jagnięta do 3,5 miesiąca	0,05
Tryczki	0,08
Maciorki	0,1
Kozy	
Kozy matki	0,15
Koźlęta do 3,5 miesiąca	0,05
Koźlęta powyżej 3,5 miesiąca do 1,5 roku	0,08
Pozostałe kozy	0,1
Drób	
Kury, kaczki	0,004
Gęsi	0,008
Indyki	0,024
Perlice	0,003

Tabela 3 cd.

Współczynniki przeliczania sztuk fizycznych zwierząt
na duże jednostki przeliczeniowe (DJP)

Rodzaj zwierząt	DJP
Inne zwierzęta	
Króliki	0,007
Daniele	0,12
Jelenie szlachetne	0,29
Jelenie sika (wschodnie)	0,12

W przybliżeniu można przyjąć, że 1 DJP produkuje rocznie:
w oborze i chlewni z płytką ściółką – ok. 10 t obornika i 6 m³ gnojówki;
w oborze i chlewni z głęboką ściółką – ok. 16 t obornika;
w systemie bezściółkowym – ok. 22 m³ gnojowicy.

Źródło: Tyburski J. [2004]

Rozkład obornika w glebie następuje w przeciągu 3 lat, uwalniając składniki pokarmowe przez cały ten okres.

Z dawką 10 t obornika wnosi się do gleby:

- ▶ 50 kg azotu (N);
- ▶ 10 kg fosforu (P);
- ▶ 60 kg potasu (K);
- ▶ 30 kg wapnia (Ca);
- ▶ 10 kg magnezu (Mg).

W pierwszym roku po zastosowaniu rośliny mogą wykorzystać 20-40% azotu (śr. ok. 30%), 40% fosforu (P₂O₅) i 70% potasu (K₂O).

Kolejność wprowadzania nawozów naturalnych powinna być następująca: rośliny okopowe (ziemniak, burak), kukurydza, rzepak, a nadwyżki pod zboża. W celu ograniczenia strat azotu, obornik rozrzucony na polu musi zostać przyorany tego samego dnia. Przefermentowany obornik rozprowadza się na polu w dni pochmurne i bezwietrzne. Ponieważ obornik słomiasty powoduje zubożenie gleby w azot, rolnik musi zastosować w takim przypadku nawożenie mineralne.

Obecnie jest to nawóz drogi i trudniej osiągalny przez gospodarstwa bezinwentarzowe, zwłaszcza że jest kłopotliwy w transportowaniu na większe odległości. Nawozy naturalne należy stosować w nieprzekraczalnym terminie od 1 marca do 30 listopada. Dlatego z powodzeniem można zastąpić je kompostem lub wysiać rośliny zielone na przyoranie. Bardzo dobrym zamiennikiem obornika jest facelia błękitna.

ROLA PRZYORANEJ SŁOMY W POPRAWIE ZAWARTOŚCI PRÓCHNICY

W gospodarstwach specjalizujących się w uprawie roślin, przydatnym nawozem do utrzymania substancji organicznej w glebie jest przyorana słoma.

Plony słomy zbóż i rzepaku w Polsce wynoszą blisko 30 mln ton. Jednak tylko połowa wykorzystywana jest jako nawóz. Na ogół wykorzystywana jest słoma zbóż niż rzepakowa czy kukurydziana. Tak jak w produkcji zwierzęcej nadmiar nawozów naturalnych staje się problemem, także w gospodarstwach o roślinnym profilu produkcji staje się słoma, która po żniwach pozostaje na polu. Rolnicy często zużywają ją do innych celów, np. na opał czy jako podłoże przy produkcji grzybów. Jeśli na pola nie jest wywożony obornik, a słoma zostaje w całości zabrana z pola, to takie działanie po dłuższym czasie doprowadzi do spadku żyzności i degradacji gleb w wyniku zmniejszenia zasobów próchnicy. W rezultacie doprowadzi to wyczerpania z gleby składników pokarmowych i obniżenia plonów. W gospodarstwach o roślinnym profilu produkcji, w celu zrównoważenia ubytku materii organicznej w glebie na polach nawożonych tylko słomą, należy przyorać 50-70% słomy.

Stosując słomę należy pamiętać, że może ona ograniczyć dostępności dla roślin azotu znajdującego się w glebie. Dzieje się tak, ponieważ ma ona szeroki stosunek węgla do azotu (C:N), który waha się od 40-80:1, a niekiedy nawet 100:1. W porównaniu z obornikiem jest to ok. 30:1. A co za tym idzie słoma dla dobnoustrojów glebowych jest wyjątkowo bogatym źródłem węgla, natomiast słabym azotu. W związku z dużą zawartością węgla mikroorganizmy szybko namnażają się i do swojego rozwoju zużywają azot glebowy. Wpływa to oczywiście na zmniejszenie dostępności tego składnika dla roślin.

Żeby zmniejszyć stosunek C:N, przed przyoraniem słomy należy zastosować azot w dawce 5-10 kg na 1 t wprowadzonej masy. Na glebach lekkich o niskiej zasobności w azot należy zastosować wyższą dawkę – 10 kg na 1 tonę słomy.

Forma wprowadzonego azotu może być dowolna. Mogą to być zarówno nawozy wieloskładnikowe, pojedyncze nawozy azotowe, jak i płynne. Można rozlać na słomę zarówno roztwór saletrzano-mocznikowy (RSM), gnojowicę czy gnojówkę. Żeby ograniczyć straty azotu ważne jest jak najszybsze wymieszanie ich z glebą.

W celu określenia pożądanej dawki azotu jaką należy wysiać na pole, istotne jest oszacowanie plonu uzyskanej z hektara słomy. W tym celu należy posłużyć się wskaźnikiem, który określa jaka ilość jednostek słomy przypada na jednostkę ziarna.

Stosunek plonu ziarna (nasion) do słomy wynosi przeciętnie dla:

- ▶ rzepaku 1,5:3,0;
- ▶ kukurydzy 1,0:1,5;
- ▶ żyta i pszenżyta 1,2:1,4;
- ▶ pozostałych zbóż 0,95:1,05.

W przypadku uprawy buraka w celu oszacowania plonu liści należy obliczyć stosunek plonu korzeni do liści, który wynosi 1:0,6-0,8. Jeśli chodzi o zboża to na ogół pozostawiają one tyle słomy na hektar, ile waży zebrane ziarno.

Zamiast potraktowania rozdrobnionej słomy nawozem azotowym można zastosować wapnowanie w ilości 250-750 kg CaO. Zastosowana dawka wapna nie reguluje pH gleby, natomiast ilość tego składnika jest dostatecznie wysoka, aby zniwelować niekorzystne skutki procesu rozkładu słomy. Takie działanie wpływa także na zmniejszenie zastosowanych dawek nawozów azotowych w ilości ok. 30-40 kg na ha. Do wykonania tego zabiegu należy zastosować nawóz wapniowy węglanowy pylisty (CaCO_3), lub wapno magnezowo-wapniowe, dobrze rozdrobnione doloimity (0-2 mm) czy, np. wapno defekacyjne z cukrowni. Nawóz wapniowy można stosować w dowolnym terminie, bez względu na porę roku, nawet zimą, jeśli gleba nie jest zamarznięta i pokryta śniegiem. Oczywiście termin wykonania zabiegu będzie zależał od rolnika, ale najlepszych efektów wapnowania słomy można się spodziewać po zastosowaniu jej bezpośrednio po żniwach na ściern z rozdrobnioną słomą.

W przeciwieństwie do nawożenia azotem, wapno wpływa na spowolnienie szybkości procesu mineralizacji słomy. Działanie to sprzyja także rozwojowi pożytecznych mikroorganizmów glebowych, a zwłaszcza bakterii brodawkowych. Jednocześnie wapno neutralizuje toksyczne dla roślin kwasy organiczne powstające w wyniku fermentacji rozkładu sło-

my. Podczas tego procesu dochodzi do zakwaszenia gleby, dlatego bardzo ważne jest kontrolowanie jej odczynu, a zwłaszcza jeśli słoma jest przyorywana na tym samym stanowisku każdego roku.

Zgromadzone w dużej ilości niekorzystne produkty rozkładu słomy, mają działanie toksyczne na siewki zbóż, a także zwiększają ich podatność na choroby fuzaryjne. Mogą powodować żółknięcie ozimin objawiające się żółknięciem brzegów blaszek liściowych. Wskazuje to na to, że przyorywanie słomy niesie za sobą nie tylko korzyści, ale także ma pewne wady.

W celu jak największego wprowadzenia do gleby materii organicznej ze słomy, jako źródła próchnicy, musi ona zostać dobrze rozdrobniona i rozrzucona po polu oraz dokładnie przykryta ziemią. Dopiero takie działanie przyspieszy jej rozkład.

Ścierń po zbiorze roślin nie powinna być wyższa niż 20 cm, ponieważ jeśli jest wyższa mogą pojawić się problemy z przykryciem słomy. Żeby słoma łatwiej ulegała rozkładowi jej długość po rozdrobnieniu nie powinna przekraczać 7-8 cm.

W pierwszej fazie słoma powinna zostać tylko wymieszana z glebą. Natomiast dopiero za kilka tygodni przyorana. Zabieg powinien zostać wykonany dokładnie, w przeciwnym razie może dochodzić do powstawanie słomistych mat, które poprzez uniemożliwienie podsiąkania wody glebowej ograniczą wzrost korzeniom roślin. Taka sytuacja zdarza się zazwyczaj na uwrociach, gdzie mogą pozostawać warstwy nierozłożonej słomy. W przypadku gleb cięższych słoma powinna zostać przyorana płycej, tj. na głębokość 8-12 cm, a na glebach lekkich głębiej, na głębokość ok. 20 cm. Należy pamiętać, że zbyt głębokie przyoranie słomy spowoduje zahamowanie jej rozkładu. W przypadku przyorywania słomy z kukurydzy głębokość jej przyorania powinna być jak najgłębsza, ponieważ takie działanie ograniczy populację larw omacnicy prosowianki nawet w 80%.

Przyorana słoma i wszystkie resztki poźniwne poza dostarczeniem do gleby materii organicznej wpływają także na zaopatrzenie jej w składniki pokarmowe (tab. 4). Mają działanie nawozowe. Dla przypomnienia współczynnik reprodukcji dla 1 tony słomy wynosi +21, a dla obornika +35.

Palenie
ścierniska
(fot. pixabay
darmowe)



Tabela 4

Szacunkowa ilość składników pokarmowych [kg na ha]
wprowadzonych do gleby w resztkach poźniwnych

Materia organiczna	Składniki pokarmowe			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Słoma zbóż	25	15	80	7
Słoma rzepakowa	60	30	150	20
Słoma kukurydziana	50	20	100	10
Liście buraków cukrowych	150	45	250	40

Źródło: Szczepaniak W. [2008]

W świadomości niektórych rolników ciągle pokutuje pogląd, że wypalanie ściernisk jest prostym i tanim sposobem zwiększenia żyzności gleby, a jednocześnie pozbycia się nasion chwastów oraz szkodników. W przypadku, gdy po zbiorze roślin kombajnem, słoma jest pozostawiana na polu, wypalanie traktowane jest jako zabieg ułatwiający przeprowadzenie poźniwnych zabiegów uprawowych, co jest błędem kardynalnym.

Zarówno jesienne, jak i popularne wiosenne wypalanie traw i ściernisk jest brzemiennie w skutkach.

Należy bezwzględnie wszystkim uzmysłwić, że wypalanie traw i ściernisk jest nie tylko szkodliwe dla życia glebowego, ale także zabronione pod groźbą kary. Wypalona ziemia staje się jałowa, ponieważ wysoka temperatura zabija zasiedlające, zwłaszcza wierzchnią warstwę gleby, organizmy zwierzęce: owady, dżdżownice i inne. Ponadto w wyniku procesu palenia powstają trujące dla środowiska substancje (np. dioksyne).

ROLA SPOSOBÓW UPRAWY ROLI W OCHRONIE ZASOBÓW MATERII ORGANICZNEJ

Sposób uprawy roli jest jednym z elementów, które mają wpływ na zawartość substancji organicznej w glebie. Głównym zadaniem uprawy roli jest stworzenie optymalnych warunków dla wzrostu i rozwoju roślin. Za pomocą określonych maszyn uprawowych rolnik dokonuje szeroko idących zmian w jej strukturze.

Dawniej, zanim zaczęto używać chemicznych środków produkcji tj. nawozów sztucznych czy środków ochrony roślin, to jedynie uprawa roli była najważniejszym zabiegiem agrotechnicznym decydującym o otrzymywanych plonach, gdyż:

- ▶ dzięki dobremu napowietrzeniu gleby, a tym samym szybszej mineralizacji substancji organicznej wzrastała zawartość dostępnych dla roślin składników odżywczych, zwłaszcza azotu;
- ▶ głębokie przyorywanie resztek poźniwnych i nasion chwastów ograniczało zachwaszczenie i występowanie niektórych szkodników.

W miarę zwiększania dostępności nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, a zwłaszcza herbicydów, w pewnym okresie uprawa roli nabrała mniejszego znaczenia.

Obecnie uprawa roli musi uwzględniać ciągle podwyższanie zawartości próchnicy w glebie, poprawę jej struktury, przeciwdziałać erozji (wietrznej i wodnej), a także ograniczać straty wody glebowej.

Zgodnie z przyjętym trendem, zamiast tradycyjnej uprawy roli z zastosowaniem orki wpływającej na przyspieszanie mineralizacji substancji organicznej, należy wdrażać na polach uprawę konserwującą. Jej zadaniem jest zmniejszanie częstotliwości i głębokości prowadzonych zabiegów uprawowych. Przystępując do uprawy roli należy kierować się zasadą: *zabiegów uprawowych stosuje się tak dużo jak to jest konieczne, aby stworzyć roślinom korzystne warunki wzrostu i rozwoju, a jednocześnie tak mało jak to jest możliwe*. Rolnik, przystępując do zabiegu uprawy powinien posiadać wiedzę o własnych glebach, stanie pola po zbiorze przedplonu (poziomie i rodzaju zachwaszczenia, wymaganiach rośliny następczej, w tym poplonowej), czasie jaki minął między zbiorem przedplonu a siewem rośliny poplonowej, a także określonej bazie maszynowej gospodar-

stwa. Na polach powinna zostać wyeliminowana uprawa płuzna, którą należy zastąpić maszynami spulchniającymi bez odwracania wierzchniej warstwy gleby. Są to: kultywatory o sztywnych łapach (grubery), brony talerzowe lub rotacyjne oraz różnego rodzaju zestawy uprawowo-siewne. Dodatkowo dzięki zagregatowaniu maszyn umożliwiają wykonanie w jednym przejeździe uprawę gleby i siew.

Konserwująca uprawa roli ma za zadanie jak najdłuższe utrzymywanie gleby pod okrywą roślinną. Działanie to nie tylko przyczynia się do zmniejszenia erozji, ale także poprzez ograniczenie parowania zatrzymuje wodę w glebie. W okresie, gdy pole pozbawione jest zazielenienia jak-ko okrywa mogą posłużyć resztki poźniwne lub międzyplony w postaci mulczu.

Zabieg mulczowania ma wiele innych zalet:

- ▶ ogranicza wymywanie składników odżywczych do głębszych warstw gleby;
- ▶ poprawia strukturę i porowatość gleby;
- ▶ zmniejsza podatność gleby na zaskorupianie;
- ▶ wpływa na zwiększenie biologicznej aktywności gleby, dzięki czemu zwiększa się populacja organizmów glebowych, zwłaszcza dżdżownic, poprawiających przepuszczalność i ułatwiających rozrastanie się systemu korzeniowego roślin.

W glebach wilgotnych z dużą ilością materii organicznej dżdżownice mogą przerobić rocznie około 35 t z ha suchej masy gleby. Ponadto, poprzez rozkład cząsteczek organicznych stwarzają korzystne warunki do rozwoju licznych mikroorganizmów glebowych. Przyczyniają się do powstawania gruzelkowej struktury gleby, a także wpływają na zwiększenie przyswajalności składników odżywczych, zwłaszcza azotu, potasu i fosforu.

Siew bezpośredni jest jedną z form konserwującej uprawy roli, która nie wymaga orki. Jest to tzw. siew zerowy w nieuprawioną glebę. W tym przypadku rolnik nie wykonuje żadnych zabiegów uprawowych od momentu zbioru rośliny przedplonowej, aż do wysiewu kolejnej rośliny. Po zbiorze plonu głównego pozostawia na powierzchni pola resztki poźniwne (pocięta słoma na ściernisku) lub międzyplon jako mulcz chroniący wierzchnią warstwę gleby aż do wiosny. W przypadku pozostawienia ta-

kiej okrywy na okres zimy, siew wykonuje się bezpośrednio w przemarznęte rośliny lub w wymieszane z glebą za pomocą specjalnych siewników.

Tego rodzaju sposób uprawy wpływa na zwiększenie koncentracji substancji organicznej i składników odżywczych w wierzchniej warstwie gleby. Dlatego należy pamiętać, że jednocześnie zuboża w nie głębsze warstwy gleby. Kilkuletnia uprawa w tym systemie powoduje wzrost zakwaszenia górnej warstwy gleby, zachwaszczenie, a także nasilenie rozwoju chorób i szkodników. Konsekwencją takiego działania jest wzrost nakładów poniesionych na środki chemiczne i nawozy mineralne, w tym na azot oraz stworzenie zagrożenia dla środowiska (zwłaszcza czystości wód).

Siew pasowy tzw. strip till, to najnowszy sposób konserwującej, a zarazem uproszczonej uprawy roli. Łączy on cechy rolnictwa zrównoważonego z produkcją intensywną. System ten polega na uprawie wyłącznie wąskich pasów gleby (ok. 20-25 cm), podczas gdy międzyrzędzia pozostają nieuprawione. Technologia strip till to pewne ustępstwo między uprawą płużną a całkowitym brakiem uprawy. Zaletą specjalnego agregatu jest to, że wszystkie przejazdy związane z uprawą, wysiewem nawozów i nasion zostały ograniczone do jednego przejazdu. Bez uprawy pozostaje 45-50% powierzchni pola w zależności od metody i gatunku roślin. Dzięki temu powstają znaczne oszczędności nie tylko czasu pracy, ale także paliwa. Zaletą zastosowanego agregatu jest to, że wykonany siew może następować w stosunkowo wysokie rzysko z resztkami poźniwnymi (pocięta słoma, porozrzucana na całej powierzchni pola), ponieważ maszyna jest tak skonstruowana, że wprowadza nasiona w wolną od resztek poźniwnych glebę. Agregat ten jest uniwersalny, gdyż umożliwia siew bezpośrednio w ściernisko, ale również w glebę po uprawie orkowej bądź talerzowej. Badania wykazały, że technologia uprawy roli w systemie strip till pozytywnie oddziaływała na strukturę i żyzność gleby.

Wprowadzając uprawę strip till trzeba pamiętać o spełnieniu określonych warunków, które są niezbędne, aby ten system uprawy spełnił pokładane w nim nadzieje. Podczas zbioru należy zostawić jak najwięcej resztek poźniwnych, które są konieczne dla rozwoju mikro- i makroorganizmów glebowych, np. dżdżownic. Resztki powinny być rozrzucone równomiernie na całej powierzchni pola i pocięte. Konieczne jest także uregulowanie odczynu gleby. Ważne jest wgłębne nawożenie mineralne, gdyż przy uprawie pasowej resztki zalegają na powierzchni, a składniki pokarmowe nie są przemieszczane w głąb profilu glebowego.

Przed przejściem na uprawę pasową konieczna jest również likwidacja podeszwy płużnej, która utrudnia wzrost korzeni. Jeśli jest to tylko możliwe, ważny jest siew roślin poplonowych, zapewniających jak naj-

więcej masy organicznej na powierzchni gleby. Trzeba również pamiętać o prawidłowym płodozmianie.

Jeśli rolnik spełni postawione wymogi, wówczas będzie mógł cieszyć się z korzyści, jakie wiążą się z uprawą strip-till:

- ▶ oszczędność, na którą składa się zmniejszenie o połowę zużycia paliwa w stosunku do uprawy orkowej.
- ▶ znaczna redukcja parku maszynowego, gdyż jedną maszyną można wykonać wszystkie niezbędne prace polowe.
- ▶ mniejsze zużycie materiału siewnego, ponieważ rośliny lepiej kiełkują.
- ▶ zmniejszenie zużycia nawozów, ponieważ są one wysiewane bezpośrednio pod korzeń rośliny, a dzięki dobremu uwilgotnieniu gleby znacznie lepiej przyswajalne przez rośliny.
- ▶ rośliny lepiej znoszą stres cieplny podczas suszy.
- ▶ ograniczenie parowania wody poprzez pozostawienie na powierzchni gleby mulczu.
- ▶ ograniczenie rozwoju chwastów w nieuprawnionej i przykrytej resztkami glebie.
- ▶ zatrzymanie erozji wietrznej oraz wodnej; wiatr i woda nie oddziałują bezpośrednio na powierzchnię gleby, a na mulcz; dzięki ograniczeniu uprawy do niewielkich pasów sprzyja zatrzymaniu bakterii beztlenowych w głębi gleby, a tym samym zatrzymaniu erozji biologicznej.
- ▶ dzięki uprawie pasowej zostaje zachowany naturalny układ kanałów zbudowanych przez dżdżownice i miejsca po korzeniach przedplonu, które mogą być wykorzystane przez rośliny następce; metoda ta jest przydatna w uprawie gleb gliniastych i zwięzłych, ponieważ pas uprawionej gleby nagrzewa się szybciej, a także na lekkich, gdyż wzbogaca je w substancję organiczną i ogranicza erozję.
- ▶ wschody roślin są wyrównane, a system korzeniowy dobrze rozwinięty.
- ▶ w wyniku tego sposobu uprawy nie tworzą się zagęszczenia podłoża, zwłaszcza na uwrociach; nie występuje zjawisko podeszwy płużnej.
- ▶ wschody roślin są lepiej chronione przed wymarzaniem i wiatrem.
- ▶ można wcześniej wjechać na przygotowane ścieżki (7-10 dni).

System ten zapewnia stabilne plony, szczególnie w latach z nietypowym przebiegiem pogody. Kiedy jest sucho rośliny na jego polach są w stanie wegetować znacznie dłużej w dobrej kondycji, a kiedy jest mokro – nadmiar wody zostaje odprowadzony w głąb profilu glebowego.



Jesienne wschody pszenicy ozimej i rzepaku ozimego na polach prowadzonych w systemie strip till w RZD IUNG-PIB w Osinach (fot. S. Jurak)

Prowadząc uprawę roli należy unikać zagęszczania gleby w jej wierzchniej warstwie, poprzez dążenie do wprowadzania agregatowania maszyn. Stosowanie takich zestawów jest uzasadnione ze względu na ich efektywność i wydajność. Nie powodują również nadmiernego zagęszczenia podglebia, a tym samym tworzenia podeszwy płużnej. Gleba zbyt zbita charakteryzuje się mniejszą przepuszczalnością i pojemnością wodną. Narażona jest na silniejszą erozję. W glebie zbitej dochodzi do pogorszenia stosunków powietrzno-wodnych, co ma niekorzystny wpływ na rozwój roślin. W szczególnych przypadkach mogą powstawać zastoiska wody. Bardzo niebezpieczne jest także wykonywanie zbiegów uprawowych ciężkim sprzętem rolniczym na glebie zbyt mokrej. W wyniku zagęszczenia gleby, zwłaszcza mokrej dochodzi do niszczenia jej struktury, a tym samym pogorszenia się warunków rozwoju systemu korzeniowego roślin.

Należy podkreślić, że zastępowanie orki poprzez wprowadzanie uproszczeń czy zabiegów spulchniających przeciwdziała degradacji gleby. Sprzyja także zwiększaniu zawartości materii organicznej w glebie i poprawia w niej aktywność mikroorganizmów, wynikiem czego jest poprawa żyzności gleby. Ponadto przechodzenie na taki system uprawy zmniejsza koszty produkcji. Uzyskiwane plony roślin w tym systemie uprawy roli są wysokie i nie różnią się od plonów uzyskiwanych z uprawy w systemie tradycyjnym. Nawet jeśli plony są niższe to rekompensują je oszczędności kosztów poniesionych na uprawę.

Badania prowadzone w IUNG-PIB w Puławach wykazały, że do stosowania konserwującego sposobu uprawy roli bardziej nadają się gleby średnie i cięższe, ale o uregulowanym odczynie i dobrej strukturze niż gleby lekkie, a zwłaszcza piaszczyste, które są silnie zakwaszone, zawierają mało próchnicy, a także gleby zlewne czy nadmiernie zagęszczone. Wybierając konserwujący system uprawy roli należy zawsze oceniać warunki glebowe na danym polu, żeby poprzez zastosowanie uproszczeń w uprawie nie doprowadzić do pogorszenia już istniejących warunków.

Dla kogo jest przeznaczona konserwująca uprawa roli? Jednak jest ona przede wszystkim polecana do stosowania w gospodarstwach o dużym areale oraz wyposażonych w wysoce specjalistyczny sprzęt do uprawy i siewu.

Bez względu na dodatni, jak i ujemny wynik finansowy stosowania takiej uprawy należy wziąć pod uwagę jej istotną rolę w kształtowaniu bilansu materii organicznej w glebie.

We współczesnym systemie uprawy roli należy zastępować orkowy system uprawy, alternatywnymi systemami uprawy roli.

ROLA ORGANIZMÓW GLEBOWYCH W OCHRONIE ZASOBÓW MATERII ORGANICZNEJ

Mikroorganizmy glebowe należą do grupy najważniejszych czynników wpływających na żyzność gleby i poziom uzyskiwanych plonów. Biorą udział w wielu procesach zachodzących w glebie. Liczebność organizmów glebowych ulega ciągłym wahaniom i decyduje o zawartości próchnicy glebowej. Prowadzenie intensywnej uprawy gleby, stosowanie znacznych ilości środków ochrony roślin i nawozów mineralnych, brak płodozmianu, a także niekorzystne czynniki środowiskowe wpływają na zubożenie życia biologicznego w glebie. Prowadzi to do ich wyjąłwienia, i znacznego spadku liczebności organizmów glebowych.

Gleby żyzne powinny charakteryzować się większą liczebnością bakterii i promieniowców, a mniejszą grzybów i pleśni. Natomiast w glebach zdegradowanych przeważają grzyby i pleśnie. W takim przypadku na powierzchni jednego hektara liczebność grzybów może dochodzić do 15 t, podczas gdy poziom bakterii będzie bardzo niski (zaledwie 200 kg).

Mikroorganizmy glebowe pełnią wiele ważnych funkcji w glebie:

- ▶ biorą udział w obiegu pierwiastków;
- ▶ uczestniczą w procesach glebotwórczych i próchnicotwórczych;
- ▶ biorą udział w mineralizacji materii organicznej;
- ▶ przeciwdziałają erozji i pomagają tworzyć właściwą strukturę gleby;
- ▶ oczyszczają glebę ze szkodliwych związków;
- ▶ konkurując z patogenami o pokarm i siedlisko, przyczyniają się do ograniczenia populacji niebezpiecznych organizmów, a zwłaszcza grzybów.

Najkorzystniejszą strefą do rozwoju bakterii jest obszar, w którym rozwijają się korzenie roślin czyli tzw. edafon. Jest to powierzchniowa warstwa gleby, w której bytuje większość organizmów żywych. Dzięki mikroorganizmom glebowym dochodzi do wytwarzania hormonów i enzymów, które biorą udział w przemianie azotu, fosforu i potasu w formy przyswajalne dla roślin, dlatego odgrywają istotną rolę w środowisku glebowym.

CHARAKTERYSTYKA MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH

Wirusy są wyłącznie pasożytami i namnażają się w innych organizmach. Dla środowiska glebowego bardzo ważna jest działalność wirusów bakterii – bakteriofagów. Dzięki różnego rodzaju selekcji przyczyniają się do ograniczania nadmiernego rozwoju bakterii. Niekorzystne działanie bakteriofagów polega na niszczeniu bakterii brodawkowych z rodzaju *Rhizobium*, co prowadzi do spadku plonów roślin bobowatych. Liczebność wirusów w glebie nie została poznana, ale ich masę określa się na mniejszą niż 0,01 t na ha.

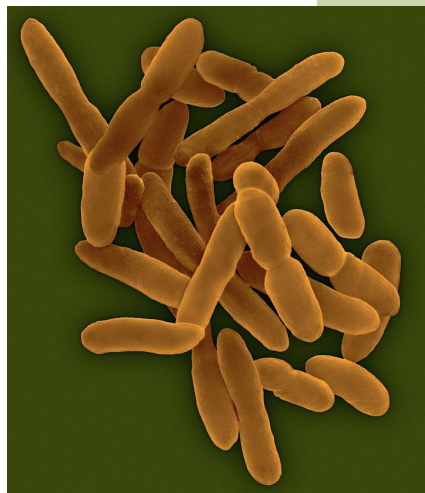
Bakterie stanowią najbardziej liczebną grupę mikroorganizmów glebowych o wysokiej aktywności metabolicznej. Większość bakterii przylega do powierzchni cząstek mineralnych i koloidów glebowych. Najwięcej bakterii gromadzi się w pobliżu resztek roślinnych i zwierzęcych oraz w odchodach zwierząt. Rozwojowi bakterii sprzyja środowisko glebowe w pobliżu korzeni i innych części podziemnych roślin.

Bakterie glebowe dzieli się na dwie grupy. Jedną, to bakterie autochtoniczne, które zawsze występują w glebie, bez względu na jej rodzaj czy żyzność. Drugą grupą, to bakterie zoomygeniczne, które rozwijają się w glebie masowo dopiero po wprowadzeniu do niej znacznej ilości materii organicznej. W glebie dominują promieniowce i maczugowce z rodzaju *Arthrobacter*.

W 1 g gleby uprawnej występuje w przybliżeniu 0,5-5,0 mld bakterii (1,5-15 t z ha). Najliczniej zasiedlają uprawną warstwę gleby do głębokości około 30 cm. Wraz ze wzrostem głębokości ich ilość spada. Znaczne ilości związków organicznych, wydalanych do gleby przez rośliny, tj.: kwasy organiczne, aminokwasy, witaminy bakterie znajdują w otoczeniu korzeni w tzw. ryzosferze, a także na ich powierzchni. Im większa odległość od korzeni tym jest mniejsza liczebność tych organizmów. Gleby o dużej zawartości substancji organicznej zasiedla większa liczebność bakterii niż ubogie w ten składnik. Gleby kwaśne zawierają małą liczbę bakterii.

Promieniowce, to bakterie, które tworzą wydłużone rozgałęziające się nitki (podobne do grzybni). Zasiedlają przede wszystkim glebę i rozkładające się resztki roślinne. Są to na ogół organizmy saprofityczne. Niektóre z nich

Arthrobacter sp.
(fot. pixabay darmowe)



są chorobotwórcze dla roślin (np. *Streptomyces scabtes* wywołujący parcha ziemniaka) i zwierząt. Posiadają one zdolność do rozkładu różnych substancji, tj.: sterydy, ligniny, chityny, węglowodory, kwasy tłuszczowe, kwasy huminowe i inne związki trudne w rozkładzie. W wyniku rozkładu



Promieniowce
(fot. pixabay darmowe)

Cellulomonas sp.
(fot. pixabay darmowe)



tych związków wydziela się zapach świeżo zaoranej gleby, przede wszystkim wiosną. Większość promieniowców to tlenowce. Do nielicznych beztlenowców należą gatunki *Actinomyces*, *Micromonospora*). Prawie 90% promieniowców zasiedlających gleby należy do *Streptomyces*.

Bakterie maczugowate są to bakterie z rodzaju *Arthrobacter*, które mają przeważającą liczebność w autochtonicznej mikroflorze glebowej. Charakteryzuje je duża wytrzymałość na działanie różnorodnych, niekorzystnych czynników środowiskowych. W glebie suchej mogą przetrwać nawet do kilku miesięcy, podczas gdy większość bakterii niewytwarzających form przetrwalnikowych ginie. Jako pokarm wykorzystują różnorodne związki organiczne. Należą do organizmów przyczyniających się do biodegradacji takich związków jak: polimery, substancje wzrostowe i aminokwasy produkowane przez mikroorganizmy, a także celulozę (bakterie z rodzaju *Cellulomonas*).

Grzyby są organizmami głównie tlenowymi lub fermentacyjnymi. Energię i węgiel do budowy własnych komórek pobierają z rozkładu substancji organicznej. Zasiedlają przede wszystkim powierzchnię warstw gleby. Organizmy te mogą też żyć w symbiozie z glonami, owadami i roślinami wyższymi. Najczęściej grzyby są patogenami wielu roślin. Grzyby zasiedlające glebę należą do rodzajów: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Verticillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Zygorhynchus*, *Chaetomium*. Grzyby preferują gleby kwaśne, w których doskonale rozwijają się i wpływają także na zmiany odczynu gleby.

Liczba fragmentów grzybni i sporów na 1 g gleby może dochodzić do stu kilkudziesięciu tysięcy, w zależności od wilgotności gleby i jej zasobności w substancję organiczną. Największa masa grzybów znajduje się w górnej – 20-; 30-centymetrowej warstwie gleby. Łączna masa grzybów w wierzchnich warstwach gleby jest prawie taka sama jak bakterii (średnio 0,001-1,0 mld grzybów (ok. 1,5 t na ha).

Fauna glebowa to pierwotniaki. Ich liczba sięga od kilkuset do kilku milionów w 1 g suchej gleby. Masa pierwotniaków w glebie wynosi od 0,1-0,5 t na ha. Masa nicieni waha się w granicach 0-0,2 t na ha, dżdżownic 0-2,5 t na ha, a innych zwierząt glebowych 0-0,5 t na ha.

Mikrofauna glebowa to pierwotniaki, które odżywiają się głównie bakteriami. Ich rola polega na selekcji i odmładzaniu populacji bakterii glebowych. Najliczniej występują ameby i wiciowce.

Mezofauna to nicienie, wazonkowce, ślimaki, owady, wiję czy roztocza. Ich pożywieniem jest martwa materia organiczna, dlatego przyczyniają się do tworzenia próchnicy.

Makrofauna to dżdżownice, krety i gryzonie, które rozdrabniają materiał glebowy i przenoszą go na znaczną głębokość. Dżdżownice wśród bezkręgowców odgrywają w glebie bardzo ważną rolę. Zwierzęta te, odżywiając się martwą materią organiczną, niestrawione resztki wymieszane z glebą i metabolitami wydalają w postaci grudek (koprolitów). Dzięki temu przyczyniają się do tworzenia korzystnej gruzełkowej struktury gleby. Staje się ona pulchna. W ciągu roku na powierzchni hektara mogą przerobić ok. 7 tys. kg gleby. Dzięki ich ruchliwości gleba nieprzerwanie ulega mechanicznemu mieszaniu, co wpływa na jej dobre napowietrzenie, natlenienie i przesiąkanie wody.



Aspergillus sp.
(fot. pixabay darmowe)



Dżdżownica ziemna (fot. pixabay darmowe)

Flora glebowa to głównie glony oraz, w mniejszym stopniu, rośliny wyższe. Organizmy te najliczniej zasiedlają powierzchniową warstwę gleby i tuż nad nią. Do głębszych warstw przedostają się w wyniku prowadzenia zabiegów uprawowych, przesiąkania wody, bytowania w niej zwierząt i ich ruchliwości.



Koprolit
dżdżownicy
(fot. pixabay
darmowe)

Glony żyjące na powierzchni gleby to epifitoedafon (fotoautotrofy), a w głębszych warstwach – endoftoedafon (heterotrofy). Glony zasiedlają głównie wierzchnią warstwę gleby (0-10 cm) tam, gdzie dociera światło (rzadko poniżej 50 cm). Ich liczba może sięgać od 100 tys. do 3 mln na 1 g gleby (ok. 0,2 t z ha). W bardzo sprzyjających warunkach mogą szybko się namnażać. Glony glebowe wpływają na właściwości i stabilność gleby. Dzięki swoim wydzielinom wpływają na użyźnienie gleby, a także przyczyniają się do uwalniania składników pokarmowych.

Niektóre sinice mają zdolność do wiązania azotu atmosferycznego (*Nostoc*, *Anabaena*, *Scytonema*, *Tolypothrix*), dzięki czemu do takiej gleby zostaje wprowadzone 26-400 razy więcej azotu. Inne gatunki sinic potrafią asymilować azot (N_2) i dwutlenek węgla (CO_2), dlatego z łatwością zasiedlają środowiska pozbawione azotu i węgla organicznego.

Glebę zasiedla około 2 tysiące gatunków glonów. Są to głównie: zieleńce – *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Chlorococcum*, *Chlamydomonas*, *Characium*, *Klebsormidium*, sinice – *Nostoc*, *Anabaena*, *Scytonema*, *Tolypothrix*, *Microcoleus*, *Schizothrix*, okrzemki – *Achnanthes*, *Cymbella*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Hantzschia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, różnowiciowce – *Botrydiopsis*, *Heterothrix*, *Heterococcus*, *Pleurochloris*, eugleniny – *Euglena*, *Peranema*, krasnorosty – *Porphyridium*.



Euglena viridis
(fot. pixabay
darmowe)

Wśród makrobiotycznych organizmów roślinnych zasiedlających środowiska glebowe dominują rośliny wyższe, stanowiące podstawowy składnik biocenozy wszystkich ekosystemów lądowych.

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA DZIAŁALNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH

Gleba stanowi naturalne środowisko życia mikroorganizmów glebowych. Ich rozwój uwarunkowany jest takimi czynnikami glebowymi jak: wilgotność, żyzność (dostępność przyswajalnych form składników), odczyn (pH) oraz inne właściwości fizyczne sprzyjające ich rozwojowi w ekosystemie glebowym.

Woda. Wszystkie mikroorganizmy glebowe do prawidłowego rozwoju wymagają wody, gdyż umożliwia ona przemieszczanie się, pobieranie substancji odżywczych i wydalenie produktów metabolizmu, a także utrzymanie w komórce odpowiedniego ciśnienia osmotycznego i odczynu. Rozwój mikroorganizmów hamuje zarówno zbyt duże zagęszczenie składników odżywczych, jak i nadmierne uwodnienie. Nadmierne ilości wody w glebie prowadzą do zmniejszenia pobierania tlenu i azotu. Sprzyja to także namnażaniu się mikroorganizmów żywiących się bakteriami pożytecznymi. Natomiast mała zawartość wody uniemożliwia przemieszczanie się organizmów szkodliwych, a tym samym lepsze warunki do rozwoju bakterii pożytecznych. Mikroorganizmy glebowe nie są w stanie pobierać wody silnie związanej z częściami stałymi gleby. Bardziej tolerancyjne są jedynie pleśnie i drożdże. Degradacja związków organicznych w glebie w warunkach tlenowych najszybciej przebiega jeśli wilgotność zawiera się w granicach 50-70% maksymalnej pojemności wodnej. Wartości wyższe wpływają na ograniczenie natlenienia gleby, a niższe na spadek aktywności wodnej.

Ciśnienie osmotyczne roztworu glebowego ma duży wpływ na rozwój mikroorganizmów, który zależy od wilgotności gleby. Zwiększa się wraz ze zmniejszaniem się wilgotności (przesuszenie gleby). W glebach o średnim uwilgotnieniu, o małej zasobności w składniki pokarmowe ciśnienie roztworu waha się w granicach 0,5-5 atm. W glebach o znacznym zasoleniu może dochodzić nawet do 100 atm. W komórkach mikroorganizmów glebowych zawiera się w granicach 3-6 atm. Jeśli ciśnienie osmotyczne jest wyższe w roztworze glebowym niż w komórkach mikroorganizmów glebowych, wówczas dochodzi do powstawania zakłóceń w procesie wchłaniania wody, co prowadzi do zahamowania ich wzrostu.

Potencjał oksydacyjno-redukcyjny ma duże znaczenie dla przebiegu przemian zarówno chemicznych, jak i biologicznych w środowisku glebowym. W roztworze glebowym dochodzi do rozpuszczania się soli takich składników mineralnych jak: Fe, Mn, S, a zachodzące w środowisku

glebowym procesy tlenowe i beztlenowe są zależne od stosunku utlenionych i zredukowanych związków takich pierwiastków jak $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$, MnO_2 , Mn^{2+} , $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}^{2-}$ oraz od zawartości w glebie tlenu. Pierwiastki te tworzą układy redox i wpływają na kierunek i charakter procesów metabolicznych. W wyniku zachodzących procesów dysocjacji, na wartość potencjału redox wpływa woda glebowa, co z kolei ma wpływ na rozwój i skład mikroorganizmów glebowych. Nadmierne nawodnienie wpływa na ograniczenie zawartości tlenu i bardziej wzmożoną działalność organizmów beztlenowych, które wpływają na obniżenie potencjału redox w glebie, co z kolei prowadzi do wzrostu procesów redukcji i fermentacji. Natomiast przesuszenie gleby i większe napowietrzenie, wzmacnia procesy utleniania i mineralizacji.

Odczyn gleby (pH). Przebieg przemian mikrobiologicznych w glebie zależy od jej odczynu, ponieważ wpływa na aktywność enzymów i transport. **Roztwór glebowy posiada właściwości buforowe, czyli zdolność przeciwdziałania gwałtownym zmianom odczynu,** ale w ograniczonym zakresie. Od odczynu gleby zależy rozpuszczalność i przyswajalność składników pokarmowych. Przykładowo dostępność żelaza i manganu jest tym większa im odczyn gleby jest niższy, natomiast molibdenu gdy jest on wysoki. Wartość odczynu jest zależna także od składu chemicznego. Należy nadmienić, że podczas rozkładu materii organicznej przez mikroorganizmy glebowe mogą zachodzić zmiany pH, które związane są z samym charakterem drobnoustrojów. Na zwiększenie pH gleby ma wpływ: nawożenie, kwaśne deszcze, liczebność bakterii utleniających siarkę.

Jedną z reakcji zachodzących w glebie, która ma wpływ na pH jest nityfikacja, czyli przemiana NH_4^+ do NO_3^- . Powstałe jony istotnie wpływają na zakwaszenie gleby. Natomiast przyswajanie przez mikroorganizmy azotanów (NO_3^-) prowadzi do alkalizacji. Przemiany te mają wpływ na rozpuszczalność w roztworze glebowym pozostałych soli i ich przyswajanie przez mikroorganizmy. Wiele gatunków bakterii rozwija się w zakresie pH od 4 do 9. Optymalne warunki wzrostu dla bakterii są przy pH 6,5 do 8,0. Mikroorganizmy kwasolubne mogą bytować w pH od 1 do 6, a ekstremalne acidofile od 1 do 3. Należą do nich: *Thiobacillus*, *Thermophilus* i *Sulfolobus*, które wpływają na utlenianie mineralnych siarczków do kwasu siarkowego. Także większość grzybów zasiedla gleby kwaśne i zakwaszone (optym. pH 4 do 6). Do mikroorganizmów zasadolubnych (alkalofilów) należą bakterie z rodzaju *Nitrosomonas* (optym. pH od 7,3 do 9,6).

Temperatura ma różny wpływ na rozwój mikroorganizmów glebowych. Ze względu na wrażliwość drobnoustrojów na temperaturę można wyróżnić: psychrofile (od -5 do +25°C), mezofile (15~45°C), termofile (40-70°C). Większość gatunków mikroorganizmów to mezofile, które tolerują temperaturę około 30°C. Nadmierny wzrost temperatury prowadzi do obniżenia efektywności mikrobiologicznych procesów zachodzących w glebie. Do ograniczenia procesów życiowych dochodzi, gdy temperatura spada poniżej 6°C. Wówczas większość mikroorganizmów przechodzi w stan anabiozy lub w formy przetrwalnikowe. Zmiany temperatury na powierzchni gleby w ciągu doby nie wpływają na zmiany na temperatury w głębszych warstwach profilu glebowego.

Natlenienie. Tlen należy do najważniejszych czynników decydujących o rozwoju drobnoustrojów. Przede wszystkim ma wpływ na ich namnażanie. Zapotrzebowanie na tlen przez mikroorganizmy zależy od charakteru ich metabolizmu, rodzaju i stężenia źródła węgla i energii, fazy rozwoju i stanu fizjologicznego komórek. W warunkach beztlenowych mogą bytować przez dłuższy czas jedynie bakterie. Kanaliki glebowe w typowych glebach w 50% wypełnia powietrze i woda.

Biodegradacja najszybciej przebiega jeśli zawartość tlenu w powietrzu glebowym jest wyższa niż 0,2 mg O₂ na litr.

Drobnoustroje zużywają 70% tlenu zawartego w glebie, a tylko 30% korzenie roślin. Jeśli w powietrzu glebowym zawartość tlenu jest poniżej 1%, to mówimy o warunkach beztlenowych. W warunkach beztlenowych procesy rozpadu materii organicznej przebiegają wolniej i są słabsze energetycznie.

Światło dochodzi zaledwie do kilku centymetrów w głąb ziemi. Intensywność docierania światła na powierzchnię gleby zależy od gatunku uprawianej rośliny i stanu jej zagęszczenia na jednostce powierzchni. Światło potrzebne jest do rozwoju glonów zasiedlających glebę oraz wpływa na aktywność dżdżownic.

Zawartość składników pokarmowych. Mikroorganizmy glebowe do swojego rozwoju, obok związków węgla, potrzebują także takich składników pokarmowych jak: azot, fosfor, siarka, wapń, magnez czy potas. Azot i fosfor jest niezbędny do produkcji białek i kwasów nukleinowych.

Mikroorganizmy glebowe odpowiednie ilości niezbędnych składników odżywczych znajdują tylko w glebach żyznych. Natomiast w glebach zanieczyszczonych dochodzi do powstawania zakłóceń w proporcjach pomiędzy pierwiastkami. Stosunek wagowy węgla do azotu i fosforu w glebie powinien kształtować się na poziomie 10:1:0,1. Natomiast wapń

wpływa na poprawę właściwości fizykochemicznych gleby, a także jej struktury.

Związki toksyczne opóźniają lub całkowicie hamują procesy mikrobiologiczne w glebie. Do bardzo toksycznych związków należą: pestycydy, węglowodory alifatyczne i aromatyczne, formaldehyd, związki chloroorganiczne, metale ciężkie, a także sole występujące w dużych stężeniach.

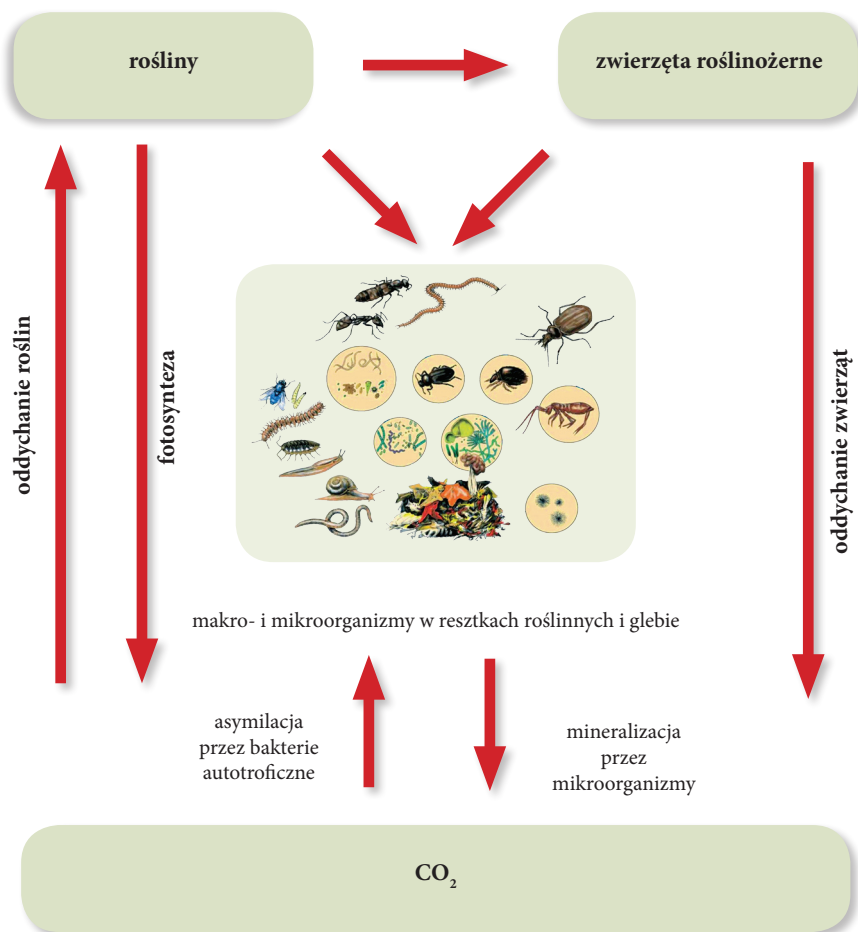
DZIAŁALNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW W PRZEMIANACH MATERII ORGANICZNEJ

Drobnoustroje bytujące w glebie przetwarzają materię organiczną i tworzą nie tylko masę własnych komórek, ale przyczyniają się także do uzupełniania zasobów próchnicy. W wyniku asymilacji CO_2 z atmosfery przyczyniają się do rozkładu i mineralizacji związków organicznych, dzięki czemu wprowadzają do ponownego obiegu makro- i mikroelementy w uprawie roślinnej.

Obieg węgla. Wraz z resztkami pożywnymi i zwierzęcymi do gleby wprowadza się węgiel, który stanowi 50% masy tej materii organicznej. Węgiel odzyskiwany jest przez mikroorganizmy glebowe poprzez rozkład i mineralizację związków organicznych. Poszczególne składniki masy roślinnej są rozkładane i mineralizowane z różną szybkością. Najszybciej metabolizowane są substancje rozpuszczalne tj.: cukry, aminokwasy, kwasy organiczne, co zachodzi w ryzosferze. Trudniej rozkładane są woski, tłuszcze, gumy i garbniki. Najbardziej odpornym na rozkład materiałem roślinnym są ligniny.

Rozkład celulozy. Celuloza (błonnik) występuje w ścianach komórkowych roślin. Zawartość błonnika w suchej masie roślin zielonych waha się od 15 do 30% w zależności od gatunku rośliny, a w zdrewniałych i słomie do 50%. Drobnoustrojami celulolitycznymi jest większość bakterii śluzowych z rodzaju *Cytophaga* oraz bakterie: *Cellfalcicula*, *Cellulomonas*, *Cellvbrio*, *Acetovibrio*, *Bacteroides*, *Clostridium*, *Ruminococcus* oraz grzyby z rodzaju *Thchoderma*, *Chaetomium*, *Mycogne*, *Fusarium*.

Rozkład błonnika następuje szybciej w glebach o odczynie obojętnym lub lekko kwaśnym, a najgorzej w mocno kwaśnych. Dzięki mikroorganizmom rozkładającym błonnik powstają prostsze związki, dzięki czemu zwiększa się zawartość składników pokarmowych dla organizmów heterotroficznych.



Schemat obiegu węgla

Źródło: opracowanie własne na podstawie Uggle H. [1981]

Rozkład ligniny. W rozkładzie ligniny najbardziej aktywne są grzyby *Xylaria*, *Libertella* i *Hypoxylon*, *Trichoderma lignorum*. Rozkładają one drewno, do CO₂ i H₂O. Aktywność tych mikroorganizmów przyczynia się do produkcji próchnicy.

Synteza humusu to proces humifikacji czyli tworzenia się w glebie próchnicy. Biorą w niej udział drobnoustroje, które:

- ▶ rozkładają świeżą materię organiczną i wpływają na powstawanie związków humusowych;
- ▶ poprzez tworzenie biomasy i obumieranie dostarczają dodatkowych substratów do tworzenia próchnicy;
- ▶ wspomagają procesy powstawania humusu.

Rozkład próchnicy to degradacja, która następuje w wyniku braku dostępu materii organicznej oraz niedostatecznego zaopatrzenia gleby w azot. Rozkład powodują bakterie przystosowane do braku przyswajalnych substancji organicznych i korzystające z energii i składników pokarmowych zawartych w kompleksach humusowych. Szczególną aktywność wykazują promieniowce oraz niektóre bakterie tj.: *Micrococcus* i *Corynebacterium* oraz grzyby z rodzaju *Polysticus*. Tak jak przy tworzeniu próchnicy, tak i przy jej rozkładzie udział bierze znaczna część mikroorganizmów glebowych.

UDZIAŁ MIKROORGANIZMÓW W PRZEMIANACH AZOTU W GLEBIE

Obieg azotu. W wyniku działalności mikroorganizmów azot z atmosfery jest włączany do ich komórek. Następnie związki organiczne zawarte w obumarłych resztkach roślin i zwierząt dzięki innym mikroorganizmom są mineralizowane i ponownie włączone do obiegu. Cykl obiegu azotu w przyrodzie składa się z kilku etapów:

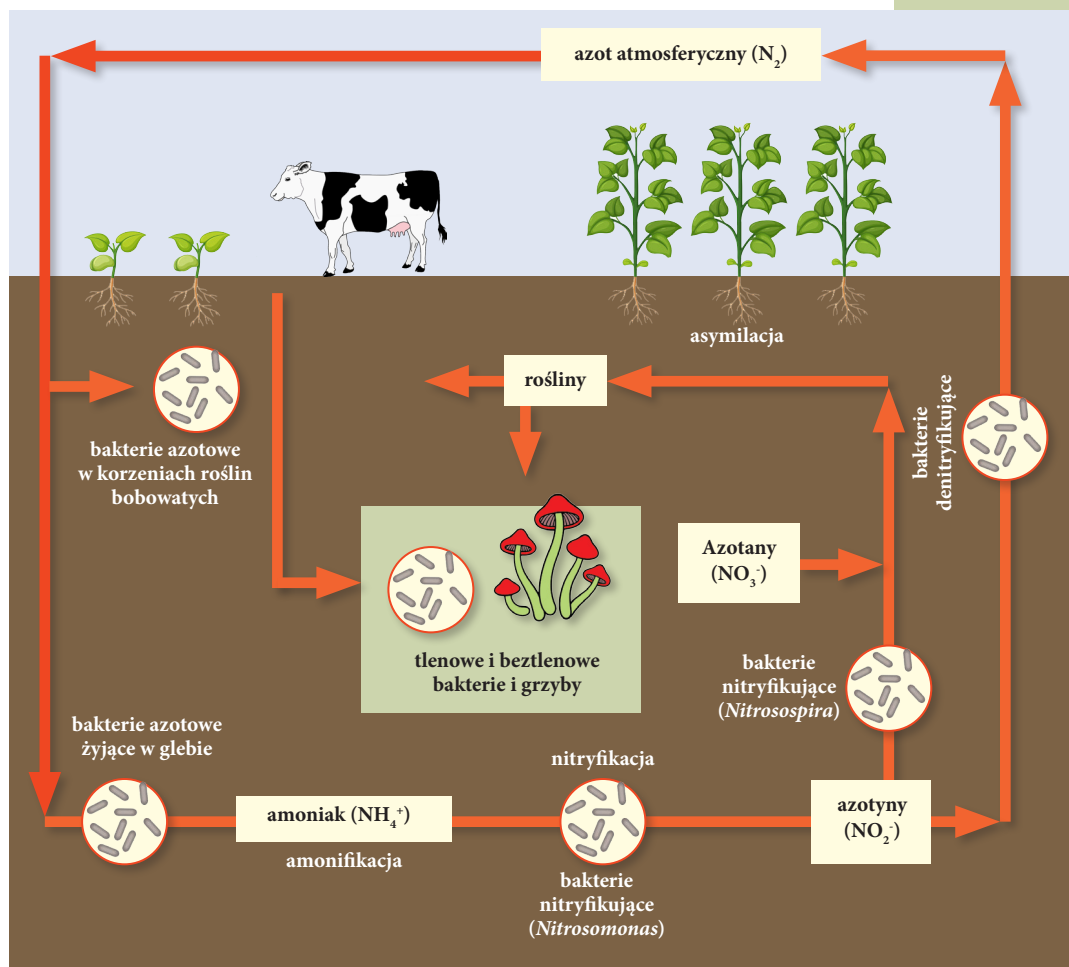
- ▶ wiązania N_2 atmosferycznego przez drobnoustroje;
- ▶ rozkładzie przez drobnoustroje połączeń organicznych azotu, tzw. amonifikacja – uwalnianie NH_3 i jonu NH_4^+ ;
- ▶ wykorzystania jonu NH_4^+ do procesu łączenia się substancji prostych w białka przez drobnoustroje;
- ▶ wykorzystania jonu NH_4^+ w postaci soli amonowych przez rośliny uprawne;
- ▶ nitryfikacji amoniaku (poprzez azotyny i powstawanie azotanów);
- ▶ pobieranie azotanów przez rośliny wyższe i niektóre drobnoustroje;
- ▶ denitryfikacji czyli redukcji azotanów.

Wiązanie azotu atmosferycznego. W glebie występują zarówno wolno żyjące, jak i symbiotycznie żyjące bakterie brodawkowe (*Rhizobium*) współżyjące z roślinami bobowatymi. Dostarczają one glebie znacznych ilości azotu. Wiązanie azotu przez bakterie symbiotyczne czy też wolno żyjące jest podobne i polega na redukcji N_2 do NH_3 .

Zdolność wiązania azotu z powietrza i gromadzenia go w glebie mają takie bakterie heterotroficzne jak: tlenowce – *Azotobacter*, *Azotomonas*, *Derxia*, *Achromobacter*, *Beijerinckia*; mikroaerofile – *Pseudomonas Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Arthrobacter* i *Aerobacter*; beztlenowce – niektóre gatunki *Clostridium* np.: *C. butyricum*, *C. pectinovorum*.

W grupie autotrofów zdolność tę wykazują bakterie fotosyntetyzujące: *Chlorobium*, *Chromatium* i sinice np. *Anabaena*, *Nostoc*.

Amonifikacja jest to proces tworzenia jonu amonowego NH_4^+ lub wolnego amoniaku. Najpierw dochodzi do rozkładu białek i uwolnienia z nich aminokwasów, a następnie do dezaminacji aminokwasów, które przedostają się do komórek drobnoustrojów, w których następuje ich dezaminacja.



Obieg azotu w przyrodzie

Źródło: opracowanie własne na podstawie Uggle H. [1981]

Amoniak będący gazem szybko zajmuje przestwory glebowe, zwłaszcza w glebie suchej. Natomiast w glebie wilgotnej rozpuszcza się w wodzie. Wówczas dochodzi do uwolnienia NH_4^+ . Powstałe jony amonowe zostają wykorzystane przez bakterie i rośliny do syntezy aminokwasów, a także ulegają procesowi nitryfikacji.

Nitryfikacja. Nitryfikacja przebiega przy współdziale bakterii nitryfikacyjnych. Polega on na biologicznym utlenianiu amoniaku do azotanów. W wyniku nitryfikacji następuje przekształcenie NH_4^+ i NO_2^- do NO_3^- . Proces ten przebiega dwuetapowo. W pierwszej fazie amoniak jest utleniany do azotynu, dzięki bakteriom właściwym, utleniającym NH_4 do NO_2 (*Nitrosomonas*, *Nitrosospina*, *Nitrosocystis*, *Nitrosoglea*). W drugiej fazie bakterie nitryfikacyjne utleniają azotyny do azotanów (*Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus*). Bakterie te są bardzo wrażliwe na zakwaszenie gleb. Przy pH 5,0 następuje całkowite zahamowanie ich wzrostu. Nitryfikacje mogą także prowadzić mikroorganizmy heterotroficzne, do których należą: *Aspergillus flavus*, *Penicillium*, *Cephalosporium*.

Proces nitryfikacji prowadzonej przez grzyby jest mniej zależny od zakwaszenia i niedoboru wody.

Zakumulowane w glebie azotany mogą zostać pobrane przez rośliny, wymyte przez wodę lub rozłożone w procesie denitryfikacji.

Denitryfikacja. Denitryfikacja to proces powstający głównie w warunkach beztlenowych, który polega na redukcji azotanów do azotu cząsteczkowego. Uczestniczą w nim liczne bakterie heterotroficzne z rodzaju: *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*.

Redukcja azotanów do azotu cząsteczkowego przebiega w kilku etapach. W pierwszym etapie następuje redukcja azotanów do azotynów (NO_2^-), które z kolei redukowane są do tlenków azotu (NO , N_2O), a następnie do azotu cząsteczkowego. W procesie denitryfikacji uczestniczą również niektóre chemoautotrofy np. *Thiobacillus denitrificans*.

Denitryfikacja to proces niekorzystny, ponieważ prowadzi do zubożenia środowiska glebowego w wartościowe dla roślin związki azotowe. Straty azotu z gleby na skutek denitryfikacji zwiększają się wraz ze znacznym uwilgotnieniem gleby, podczas którego powstają warunki beztlenowe, w wyniku nagromadzenia azotanów i przy podwyższonej temperaturze gleby.

WSPÓŁŻYCIE MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH

Symbioza polega na ciągłym lub okresowym współżyciu dwóch różnych gatunków organizmów, które obydwu organizmom przynosi korzyści, a często nieodzowne jest dla jednego lub nawet dwóch partnerów do życia. Symbioza organizmów glebowych polega zazwyczaj na wzajemnym korzystaniu z produktów metabolizmu. Jedne gatunki mikroorganizmów pobierają produkty przygotowane w nadmiarze przez inne.

Przykładem współdziałania mogą być bakterie nitryfikacyjne *Nitrosomonas*, które utleniają amoniak do azotynów. Jednak duże nagromadzenie tych związków w glebie może być dla nich toksyczne. Ale z pomocą przychodzą bakterie *Nitrobacter*, które utleniają je do nietoksycznych azotanów. W środowisku bakterie te występują zawsze razem. Innym przykładem symbiozy w glebie są porosty, które współżyją z glonami i grzybami (najczęściej workowcami).

Pasożytnictwo to rodzaj współżycia mikroorganizmów, w którym przedstawiciele jednego gatunku (pasożyty) wykorzystują osobniki innego gatunku (żywicieli) jako środowisko do bytowania i źródło pokarmu. Pasożyty mogą doprowadzać do całkowitego zniszczenia populacji drobnoustrojów pożytecznych, np. zniszczenie przez fagi bakterii brodawkowych z rodzaju *Rhizobium*.

Drapieżnictwo to sposób odżywiania polegający nażywieniu się jednych żywych organizmów drugimi. Przykład stanowią pierwotniaki, niektóre gatunki śluzowców *Myxomycetes*, które odżywiają się bakteriami.

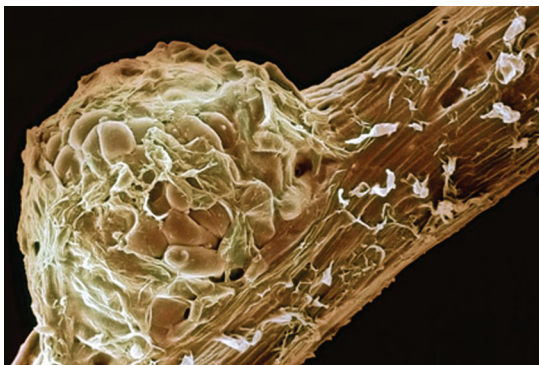
Antagonizm to wzajemna nietolerancja różnych organizmów żyjących obok siebie. Najczęściej dotyczy konkurencji o pokarm. Mikroorganizmy mające znaczne wymagania pokarmowe stają się konkurencyjne dla tych o małych wymaganiach. Organizmy słabsze, broniąc się, uruchamiają różne działania obronne. Jedną z nich jest nagromadzenie CO_2 , zakwaszenie środowiska czy wytwarzanie toksyn hamujących wzrost konkurentów. Związkami chemicznymi działającymi w dużych ilościach zabójczo na wszystkie mikroorganizmy jest amoniak, azotyny, siarkowodor. Jedną z odmian antagonizmu między organizmami glebowymi jest antybioza, polegająca na wydzielaniu przez nie antybiotyków (np. przez promieniowce). Inną odmianą antagonizmu jest mikoliza, która polega na oddziaływaniu bakterii i promieniowców na grzyby za pomocą wydzielanych enzymów np. celulazy, proteazy (*Pseudomonas* i *Bacillus*).

Komensalizm to rodzaj oddziaływania mikroorganizmów, w którym jeden czerpie korzyści z drugiego, ale jednocześnie nie przynosi ani korzyści ani szkody drugiemu, np. stymuluje rozwój jednego, bez szkody dla siebie. Przykładem może być, np. przerabianie substratów przez jedne organizmy na produkty przyswajalny dla innych, które są dla tych drugich niezbędne do rozwoju, np. rozkład błonnika (celulozy).

WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIE ROŚLIN I DROBNOUSTROJÓW

Przykładem typowego współżycia roślin z bakteriami są symbiozy: **bakterioryza** czyli symbioza bakterii z roślinami; **mikoryza** czyli symbioza roślin z grzybami.

Symbioza drobnoustrojów z roślinami tzw. bakterioryza. Do symbiozy najczęściej dochodzi w ryzosferze czyli strefie przykorzeniowej. Zarówno rośliny, jak i drobnoustroje mogą czerpać z tej współpracy korzyści. Przykładem takiego współżycia jest symbioza bakterii brodawkowych *Rhizobium* z roślinami bobowatymi. Bakterie symbiotyczne *Rhizobium* to bakterie heterotroficzne i tlenowce wiążące wolny azot. Rozwijają się wewnątrz innej rośliny i pobierają od niej energię i węgiel potrzebny do budowy komórek. Natomiast udostępniają jej azot z powietrza. Bakterie te przez wiele lat mogą żyć w glebie bez kontaktu z rośliną. Jednak nie mogą wówczas wiązać azotu z powietrza. Na potrzeby bytowe pobierają go z gleby w postaci azotu amonowego. Jednak, gdy zetkną się z rośliną bobowatą, z którą będą mogły współżyć, przenikają do jej systemu korzeniowego i tworzą brodawki, po czym rozpoczynają wiązanie azotu atmosferycznego. Bakterie te zasiedlają tylko właściwe dla siebie gatunki roślin bobowatych, z którymi mogą współżyć.



Bakterie brodawkowe grochu i bobu (*Rhizobium leguminosarum*) (fot. pixabay darmowe)

Ryzosfera to warstwa gleby znajdująca się w obrębie korzeni roślin, gdzie żyją w dużych skupiskach: bakterie, grzyby, pierwotniaki, nicienie, roztocze, skoczogonki. Tworzą one swoiste zespoły gatunków dla danej rośliny. Ryzosferę zasiedla ogromna różnorodność organizmów glebowych, ale najwięcej jest bakterii gramujemnych (*Pseudomonas*, *Achromobacter*) i denitryfikatorów, a mniej gramododatnich (*Arthrobacter*, *Bacillus*). Organizmy te pobierają substancje odżywcze wydzielane przez korzenie. Liczebność bakterii w tym obszarze może być nawet 1000 razy większa niż poza nią. Mikroorganizmy te mają duże znaczenie dla roślin. Przetwarzają one niedostępne związki organiczne i mineralne, w związki przyswajalne dla roślin, produkują kwasy organiczne i nieorganiczne, rozpuszczają sole mineralne i chronią roślinę przed fitopatogenami. Niestety zbyt duża ich liczebność może wyczerpywać tlen ze środowiska, co sprzyja rozwojowi denitryfikatorów i tym samym produkcji substancji hamujących wzrost roślin (alkohole, antybiotyki, związki fenolowe).

Symbioza drobnoustrojów z grzybami, to także współżycie dwóch organizmów dających sobie korzyści. Mikoryza obejmuje nie tylko korzenie drzew, krzewów, gatunki kwiatów, ale i rośliny uprawne jak zboża, a nawet ziemniaki. Mikoryza polega na współżyciu grzybów z korzeniami roślin naczyniowych. Dzięki niej roślina uzyskuje większą powierzchnię chłonną i dostęp do substancji pokarmowych rozkładanych i wchłanianych przez grzyby. Rośliny natomiast dostarczają współżyjącym z nimi grzybom składników w postaci produktów asymilacji transportowanych z liści do korzeni. Występują dwa typy mikoryzy – ektotroficzna czyli zewnętrzna i endotroficzna czyli wewnętrzna.

Przy mikoryzie ektotroficznej grzyb rozwija się na powierzchni korzeni rośliny. Zewnętrzne strzępki grzybni przenikają do gleby, natomiast wewnętrzne wnikają do korzeni. Wówczas korzenie tracą włosniki i stają się krótsze, ponieważ ich funkcję przejmują grzyby. W takim przypadku siła ssąca grzybni jest większa niż korzeni rośliny, zaopatrzenie ich w wodę i sole mineralne jest lepsze niż w przypadku braku takiej symbiozy. Rośliny współżyjące z grzybami mikoryzowymi mogą zwiększyć pobieranie azotu o 90%, fosforu o 20%, potasu o 75%. Grzyby wytwarzają również substancje pobudzające rozwój korzeni, a niektóre mają również zdolność do wiązania azotu.

Mikoryza endotroficzna dotyczy roślin zielnych i niektórych drzew liściastych. Tego rodzaju współżycie polega na wypełnianiu przez gęsto splecione strzępki wnętrza komórek korzenia. W pewnej ilości są one trawione przez roślinę współpartnera. Ten rodzaj mikoryzy tworzą grzyby niedoskonałe.

Mikoryza perytroficzna to typ symbiozy, gdzie grzyby żyją na powierzchni korzeni roślin lub w strefie przykorzeniowej, ale nie wchodzą z nimi we współżycie. Jednak poprzez wydzielane substancje do gleby zmieniają pod względem chemicznym strefę przykorzeniową roślin. Dostyc często są buforami glebowego pH.

Dobrze rozwinięta mikoryza wpływa na zwiększenie przeżywalności roślin, zwłaszcza w trudnych warunkach środowiskowych, poprzez poprawę dostępności składników pokarmowych. Może także przyczyniać się do poprawy aktywności fotosyntetycznej poprzez wpływ na zwiększenie powierzchni liści, a tym samym ilości wiążanego CO₂. Wpływa także na zwiększenie pobierania wody i składników odżywczych, co poprawia ich tolerancję na suszę oraz niedobór substancji mineralnych. Dzięki tej współpracy korzenie roślin chronione są przed wnikaniem patogenów. Niektóre gatunki grzybów mikoryzowych posiadają zdolność do produkcji antybiotyków, które niszczą mikroorganizmy chorobotwórcze. Może także pobudzać roślinę do produkcji i wydzielania substancji (np. fenoli czy kwasu szczawiooctowego), które posiadają zdolność do hamowania wzrostu i rozwoju patogenów poprzez redukcję ich liczebności w wyniku konkurencji o składniki pokarmowe. Mikoryzy wewnętrzne chronią systemy korzeniowe roślin przed mikroorganizmami wywołującymi zgorzel i zgniliznę korzeniową tj.: *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*.

Wpływają również na podniesienie odporności roślin na suszę, zmiany temperatury i różnego pochodzenia zanieczyszczenia środowiska, np. metalami ciężkimi, kwaśnymi deszczami. Niektóre grzyby mikoryzowe posiadają zdolność do produkcji substancji stymulujących wzrost roślin (produkcja auksyn). Grzybnia tych grzybów ma zdolność poprawiania struktury gleby poprzez wydzielanie substancji wpływających na sklejanie jej cząsteczek, ułatwianie pobierania fosforu przez rośliny bobowate (bób, fasola, koniczyna) i trawy. U roślin bobowatych sprzyja rozwojowi brodawek korzeniowych, a w efekcie wzrostowi roślin. Badania wykazały, że rośliny żyjące w tej symbiozie lepiej się rozwijają, np. zboża (jęczmień, kukurydza, owies, proso, pszenica, żyto). Mikoryza tworzy się w pszenicy już w fazie 2-3 listków. Spośród roślin uprawnych, grzyby najsilniej rozwijają się na seradeli.

Niekorzystnie na rozwój symbiozy wpływa nadmierne nawożenie roślin azotem, a także sam nadmiar innych mineralnych składników pokarmowych, a zwłaszcza fosforu. Rośliny z mikoryzą są w stanie po-

bierać znacznie większe ilości składników pokarmowych, zwłaszcza ze związków fosforu, nawet z fosforytów. Pobieranie fosforu jest szczególnie widoczne przy jego małej zawartości w glebie. Stosowanie środków ochrony roślin, zwłaszcza fungicydów doglebowych, a także zaprawianie nasion (w pierwszym okresie) bardzo niekorzystnie wpływa na rozwój mikoryzy. Na jej rozwój niekorzystnie wpływają także warunki klimatyczne i glebowe, tj.: zbytne przesuszenie gleby lub uwilgotnienie, a także ugniecenie maszynami rolniczymi.

Poprawić właściwości gleby i przywrócić jej równowagę biologiczną można dzięki zastosowaniu specjalnych szczepów bakterii *Bacillus subtilis*, czyli laseczki siennej. Bakteria ta występuje naturalnie w przyrodzie, jako saprofit rozkładający związki organiczne pochodzenia roślinnego. Posiada także zdolność wytwarzania antybiotyków i aminokwasów, a także produkuje specjalne nośniki jonów żelaza, które wiążąc je blokują ich pobieranie przez patogeny, dlatego ich obecność w strefie przykorzeniowej chroni rośliny przed zakażaniem chorobami. Bakteria ta, oprócz wpływu na poprawę struktury gleby, redukuje ilość chorobotwórczych organizmów, poprawiając stan fitosanitarny plantacji. Posiada zdolność do udostępniania roślinom nieprzyswajalnych składników mineralnych. *Bacillus subtilis* jest bardzo odporna na niekorzystne warunki w środowisku glebowym.

Składniki pokarmowe z nawozów mineralnych wprowadzanych do gleby są dostępne dla roślin w ilości od kilkunastu do maksymalnie 60%. Reszta zostaje związana przez kompleks glebowy w formie nieprzyswajalnej. Jak widać gleba może być zasobna w składniki pokarmowe, ale ich dostępność dla roślin okazuje się być niewielka. Takim pierwiastkiem jest fosfor. Rośliny pobierają go w postaci jonów fosforanowych H_2PO_4^- , które z jonami żelaza, glinu, wapnia czy magnezu tworzą związki trudno rozpuszczalne. Mówimy wówczas o uwstecznianiu fosforu. Dzięki zastosowaniu szczepów bakterii *Bacillus subtilis* można wpłynąć na unieruchomienie około 30% przyswajalnego fosforu dla roślin, dzięki posiadanym przez bakterie zdolnościom przekształcania trudno rozpuszczalnych związków mineralnych do form łatwo dostępnych dla roślin, nawet ze złożonych związków organicznych. Bakterie te wpływają na skrócenie czasu mineralizacji, dzięki czemu rośliny szybciej są w stanie wykorzystać składniki wprowadzone do gleby z nawozami naturalnymi czy ze słomą. Bakterie z rodzaju *Bacillus* wytwarzają hormony i enzymy, które poprawiają ich ukorzenianie się, a tym samym pobieranie składników pokarmowych. Wytwarzają związki pozwalające na umożliwienie przyswajania trudno dostępnych form fosforu, ale także azotu, potasu, manganu i żelaza. Działanie tych bakterii korzystnie wpływa na poprawę życia biologicznego i żyźności gleby. Pozwala także na przywrócenie

w glebie równowagi biologicznej i zdolności samoregulacyjnych. Dzięki temu można uzyskać wyższe i bardziej stabilne plony.

UJEMNE SKUTKI WYPALANIA ŚCIERNISK I TRAW

Jak zdołaliście się zorientować, czytając poszczególne rozdziały tej publikacji gleba jest bardzo skomplikowanym utworem złożonym z luźnych cząstek mineralnych i organicznych. Dzięki strukturze gruzelkowej ma zdolność gromadzenia wody wraz z rozpuszczonymi składnikami pokarmowymi oraz powietrza, zapewniając tym samym prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Naturalna żyzność gleby zależy przede wszystkim od ilości koloidów glebowych oraz zawartości próchnicy. Niebagatelną rolę w kształtowaniu jej żyzności spełniają również organizmy glebowe, dzięki którym zawarte w materii organicznej związki ulegają przekształceniu w formy bezpośrednio dostępne dla roślin.

Bardzo częstym zjawiskiem jest w okresie późnego lata i jesienią wypalanie resztek poźniwnych, a wiosną wypalanie traw, nie tylko w rowach i nieużytkach, ale także na nieużytkowanych łąkach i pastwiskach.

Podczas tego rodzaju pożaru temperatura na powierzchni gleby osiąga około 440°C. Ogień niszczy populacje osobników szkodliwych (szkodniki, patogeny, chwasty), ale jednocześnie organizmy pożyteczne. W wyniku wypalania ściernisk ilość substancji organicznej ulega zmniejszeniu. Próchnica wypełniająca przestrzenie pomiędzy gruzelkami gleby ulegają wypaleniu, co prowadzi do kurczenia się gleby, zaniku przestworów międzygruzelkowych i powstawania szczelin i spękań. Wysoka temperatura obejmuje również głębsze warstwy gleby i powoduje obumieranie mikroorganizmów glebowych także w tej strefie.

Podczas wypalania ściernisk i traw giną mrówki, których tylko jedna kolonia jest w stanie zniszczyć do 4 milionów owadów szkodliwych na przestrzeni tylko roku. Te pożyteczne owady ułatwiają rozkład masy organicznej, wzbogacając glebę w warstwę próchnicy, a także poprzez budowanie kanalików napowietrzają ją. Sprzymierzeńcami w walce ze szkodnikami są biedronki (żywiące się mszycami), które zasiedlają pola i tereny wokół nich. Ogień niszczy wiele pożytecznych zwierząt bezkręgowych, tj. dżdżownice (które mają pozytywny wpływ na strukturę gleby i jej właściwości), pająki, wije i inne owady drapieżne i pasożytnicze.

Śmierć w płomieniach ponoszą także ptaki. Pożar niszczy przede wszystkim ich miejsca lęgowe, zwłaszcza tych gatunków gnieźdzących się na ziemi lub w strefie krzewów. Spaleniu ulegają również gniazda z jajkami lub pisklętami (np. skowronków). Dym uniemożliwia owadom zapylającym oblatywanie roślin. Ponadto owady te giną w płomieniach,

co wpływa niekorzystnie na proces zapylania kwiatów, a w konsekwencji prowadzi do obniżenia plonów roślin.

Na skutek pożaru lub wysokiej temperatury ginie wiele innych pożytecznych zwierząt kręgowych: płazy (żaby, ropuchy, jaszczurki), ssaki (krety ryjówki, jeże, zające, lisy, borsuki, kuny, nornice, badylarki, ryjówki i inne drobne gryzonie). Ginią nie tylko duże zwierzęta leśne, ale także domowe, które w tym czasie znajdowały się na pastwiskach.

Po wypalaniu pole czy łąka potrzebują kilka lat na regenerację. Na takim polu rośliny rosną nierównomiernie, co prowadzi do wzrostu zachwaszczenia. Uszczuplenie zasobów próchnicy w wyniku wyniszczenia populacji organizmów glebowych pociąga za sobą wzrost kosztów uprawy związanych ze zwiększonym stosowaniem nawozów.

Słoma pozostawiona na polu jest cennym źródłem substancji organicznej, która wpływa na polepszenie struktury, zachowanie równowagi stosunków wodno-powietrznych, co jest szczególnie istotne w przypadku gleb lekkich i ciężkich. Wraz z przyoraną słomą wnoszone są do gleby składniki mineralne, które podczas rozkładu są wykorzystane przez rośliny, a zwłaszcza potas, fosfor, wapń, magnez oraz mikroelementy. Ponadto słoma jest ważnym źródłem węgla dla mikroorganizmów glebowych.

Wypalając ją nie pozwalamy powrócić materii organicznej do gleby, żeby mogła dzięki mikroorganizmom glebowym zostać przekształcona w próchnicę, która jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania agroekosystemu. Spalona słoma nie stanowi już źródła materii organicznej, a zawarty w niej azot i dwutlenek węgla i siarka ulatniają się do atmosfery.

Wypalanie traw i ściernisk jest niebezpieczne także dla człowieka. W procesie spalania powstaje dym, którego składnikiem jest między innymi benzopiren o działaniu silnie rakotwórczym o czym należy także pamiętać paląc ogniska. Niekontrolowany ogień prowadzi do powstawania pożarów lasów, a nawet zabudowań.

Na zakończenie dodajmy, że rolnicy, u których kontrole prowadzone przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa wykazały, że wypalali ścierniska na polach, mogą otrzymać zmniejszone dopłaty bezpośrednie, ponieważ grunty te nie mogą być uznane za utrzymane w dobrej kulturze rolnej. Działanie to dotyczy także rolników, którzy złożyli również wnioski o przyznanie płatności z tytułu gospodarowania w niekorzystnych warunkach (ONW). Muszą oni liczyć się z możliwością zmniejszenia lub wyłączenia ich z płatności ONW w danym roku.

Osobie wypalającej trawy czy ścierniska, przyłapaną na tym procederze, grozi grzywna do 5 tys. zł oraz kara pozbawienia wolności od roku do 10 lat w przypadku, gdy pożar wymknie się spod kontroli i spowoduje zagrożenie zdrowia, życia lub mienia ludzi.

ROLA WAPNOWANIA

WPŁYW WAPNOWANIA NA KWASOWOŚĆ GLEBY

Wapnowanie ma na celu obniżenie kwasowości gleby. Poprzez wprowadzenie do gleby odpowiednich, zalecanych dawek wapna można nadać glebie właściwy odczyn, dostosowany do wymagań określonych gatunków roślin. Działanie wysianych nawozów wapniowych podlega zmianom w czasie. W pierwszym roku po zastosowaniu wapna kwasowość gleby ulega znacznemu obniżeniu. Jeśli zastosujemy małe dawkami wapna, minimum kwasowości nastąpi w drugim lub trzecim roku po zabiegu. Natomiast, zastosowane jednorazowo, dawki małe do 0,5 t CaCO_3 na ha, nie spowodują większych zmian w glebie. Jeśli dawki wapna są stosowane kilkakrotnie w niewielkich odstępach czasu, albo gdy są wymieszane nie z całą warstwą orną, a tylko z jej częścią, mogą przyczynić się do efektywnych zmian. Działanie wapna nie obejmuje tylko warstwy ornej, ale powoli działa na głębsze warstwy.

Stopień i szybkość reakcji pomiędzy nawozami wapniowymi a glebą zależy od:

- ▶ stopnia wymieszania nawozu z glebą;
- ▶ wilgotności gleby (w wilgotnej glebie wzrasta szybkość reakcji);
- ▶ rodzaju nawozów wapniowych;
- ▶ stopnia rozdrobnienia nawozów.

WPŁYW WAPNOWANIA NA FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY

Ponieważ wapń w połączeniu z próchnicą tworzy związki słabiej rozpuszczalne w wodzie, nie dochodzi do ich wypłukiwania do głębszych warstw gleby. Powstałe substancje sklejają gruzelki i nie pozwalają na niszczenie ich przez wodę, co jest bardzo korzystne i pożądane, zwłaszcza na glebach ciężkich. Korzyścią jest to, że gleba dzięki temu staje się bardziej uwilgotniona i nie zlepia się, a wysuszona nie zaskorupia się i jest łatwiejsza w uprawie. Dlatego z powodzeniem można powiedzieć, że przyczynia się ono do podnoszenia żyzności gleb zakwaszonych i ułatwia prawidłowe wykonywanie innych zabiegów agrotechnicznych.

WPŁYW WAPNOWANIA NA CHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEBY

Regularne stosowanie wapnowania prowadzi do określonych i względnie trwałych zmian właściwości gleby, które skutkują zwiększeniem jej żyzności. Dotyczą one poziomu kwasowości gleby oraz pojemność kompleksu sorpcyjnego. Wapnowanie ma na celu wyeliminowanie kwasowości wymiennej i glinu wymiennego z gleby, a także do znaczne ograniczenia kwasowości hydrolitycznej. Już przy pH 5,0 następuje zanik w glebie szkodliwego glinu, natomiast w glebach lekko kwaśnych przy pH kwasowości wymienne.

W celu usunięcia z gleby glinu wystarczające są niewielkie dawki wapnia (1,2-2,5 t CaO na ha). Jednak należy wziąć pod uwagę fakt, że z czasem, po jednorazowym wapnowaniu, kwasowość gleby powraca do stanu pierwotnego. Dlatego bardzo korzystne jest nie jednorazowe, ale regularne stosowania wapna w małych dawkach, co pozwala na utrzymanie właściwego odczynu gleby, a także wyeliminowania szkodliwości glinu dla roślin.

WPŁYW WAPNOWANIA NA MIKROORGANIZMY GLEBOWE

Mikroorganizmy glebowe w różnie reagują na kwaśny odczyn gleby. Najmniej są wrażliwe grzyby. Mikroorganizmy glebowe mają różne optimum pH. Nie mniej jednak większość gatunków fauny glebowej najlepiej rozwija się w odczynie obojętnym.

Bakterie warunkujące rozkład substancji organicznej rozwijają się lepiej na glebie regularnie wapnowanej. Dzięki nim dochodzi do tworzenia prostych, a zarazem dostępnych dla roślin związków, co przyczynia się do uzyskiwania wyższych plonów. W glebach zwapnowanych intensywniej przebiega proces pobierania azotu z powietrza przez wolno żyjące, jak i symbiotyczne mikroorganizmy glebowe (bakterie korzeniowe u roślin bobowatych).

Drobnoustroje rozkładające materię organiczną (optym. pH):

- ▶ grzyby – 4,0-5,0;
- ▶ amonifikatory – 6,2-7,0;
- ▶ denitryfikatory – 7,0-8,0;
- ▶ nitryfikatory – 6,5-7,2;
- ▶ uruchamiające P – 6,5-7,5.

Symbiotyczne bakterie asymilujące wolny azot:

- ▶ lucerny – 6,8-7,2;
- ▶ koniczyny – 6,8-7,2;
- ▶ grochu – 6,5-7,0;
- ▶ wyki – 6,5-7,0;
- ▶ łubinu – 5,5-6,5;
- ▶ seradeli – 5,5-6,5.

Niesymbiotyczne bakterie asymilujące wolny azot:

- ▶ *Azotobacter* – 6,5-7,5;
- ▶ *Clostridium pasterianum* – 5,0-7,0.

Wapnowanie wpływa na:

- ▶ zwiększenie aktywności pożytecznych mikroorganizmów;
- ▶ zmniejszenie szkodliwych dla rozwoju roślin grzybów i pasożytów;
- ▶ wzmocnienie rośliny i ochronę jej przed różnorodnymi chorobami;
- ▶ ograniczenie zachwaszczenia (większość chwastów rozwija się na glebach kwaśnych).

Silne
zachwaszczenie pola
chabrem
bławatkiem
(fot. G. Hołubowicz-
-Kliża)



ROLA MULCZOWANIA W OCHRONIE GLEBY

Ochrona gleb dotyczy wszystkich gospodarstw posiadających grunty rolne i jest obwarowana prawnie. Wymogi stawiane rolnikom zobowiązują ich do:

- ▶ przeciwdziałania erozji gleby;
- ▶ ograniczania degradacji materii organicznej przez stosowanie odpowiednich środków;
- ▶ spełnienia zasad gospodarowania ścierniskiem;
- ▶ stosowania prawidłowego zmianowania roślin;
- ▶ uprawy poplonów;
- ▶ utrzymania prawidłowej struktury gleby.

Współczesne wymogi gospodarowania w rolnictwie zalecają rolnikom uprawiającym zboża jare po ozimych dostatecznie wcześniej schożdzących z pola, obsiewanie takich pól międzyplonem w formie mulczu. Takie postępowanie przynosi wiele korzyści: produkcyjnych, ekonomicznych, a zwłaszcza ekologicznych.

Doskonałym środkiem zaradczym na niekorzystne zmiany w środowisku glebowym, w wyniku dużego udziału zbóż i uproszczeń w zmianowaniu jest uprawa w międzyplonie gorczycy białej, facelii błękitnej, seradeli w formie mulczu pozostawionego na zimę na polu.

W czasie zimy mulcz przemarza, częściowo rozkłada się, wzbogacając glebę w materię organiczną, a także zwiększa jej aktywność biologiczną. Dodatkowo bardzo korzystnie wpływa na strukturę gleby, jej właściwości fizykochemiczne, poprawia retencję wodną oraz zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych i przemieszczanie się ich do głębszych warstw gleby, poza zasięg systemu korzeniowego. Chroni glebę przed erozją i utratą wody w wyniku spływów powierzchniowych. Pozostawiona warstwa mulczu zapobiega masowemu pojawianiu się chwastów w okresie jesiennym i wiosną.

Facelia błękitna
(fot. G. Hołubowicz-
-Kliza)



ROLA POPLONÓW W OCHRONIE GLEBY

Plonowanie roślin uprawnych w znacznym stopniu zależy od doboru właściwego stanowiska w zmianowaniu. Problem wysokiego udziału zbóż w strukturze zasiewów dotyka coraz więcej gospodarstw. Prawidłowy płodozmian pozwala na utrzymanie żyzności i urodzajności gleby oraz odpowiedniej efektywności produkcji roślinnej. Monokultury zbożowe silnie wyczerpujące próchnicę stanowią w strukturze zasiewów w naszym kraju 70-75%. Szczególnie ważną rolę w utrzymaniu żyzności gleb w gospodarstwach, w których nie stosuje się nawozów naturalnych, a często uprawia się po sobie zboża, zwłaszcza na glebach lekkich, spełnią międzyplony. Stosunek C:N dla międzyplonu jest korzystniejszy niż w słomie, co pozwala na szybsze uwalnianie składników pokarmowych.

Uzyskiwanie wysokich plonów możliwe jest w płodozmianie złożonym z gatunków roślin należących do różnych grup biologicznych. Niestety uwarunkowania rynkowe i ekonomiczno-organizacyjne gospodarstw wymuszają ograniczanie liczby uprawianych gatunków. Powszechny stał się płodozmian zbożowy, z dużym bądź bardzo dużym udziałem zbóż w strukturze zasiewów.

Udział zbóż w ogólnych zasiewach nie powinien przekraczać 60-67%. Duża ich koncentracja w uprawie jest niekorzystna ze względów przyrodniczych i ekonomicznych. Prowadzi bowiem do zmniejszenia plonów, większego zużycia środków ochrony roślin i nawozów mineralnych. W zbyt uproszczonym płodozmianie trudno jest zapewnić prawidłowe następstwo roślin. Konsekwencją wysiewania zbóż po sobie przez okres dwóch, trzech, a nawet więcej lat, jest nie tylko spadek wydajności, ale również degradacja gleby.

Według badań IUNG-PIB gleby polskie corocznie ubożeją o 0,47 t C na ha, co oznacza stratę próchnicy o ponad 1 t na ha rocznie.

Jak już wspomniano, większość gleb Polski jest uboga w próchnicę, czyli taka, w których zawartości materii organicznej nie przekracza 2%. Gleby takie, w zależności od regionu, stanowią 40-72% gruntów ornych, czyli średnio 56%.

Szczególnie ważną rolę w utrzymaniu żyzności gleb w gospodarstwach, w których nie stosuje się nawozów naturalnych, a często uprawia się po sobie zboża, zwłaszcza na glebach lekkich, spełnią międzyplony (poplony). Uprawa gorczycy białej w międzyplonie jest doskonałym środkiem zaradczym na niekorzystne zmiany w środowisku glebowym będące skutkiem dużego udziału zbóż i uproszczeń zmianowań.

Do uprawy w międzyplonie ścierniskowym nadaje się wiele gatunków roślin. Jednak najczęściej polecana jest gorczyca biała nie tylko jako ro-

ślina poprawiająca właściwości gleby, ale także jako roślina fitosanitarna. Ryzyko ekonomiczne z powodu nieudania się międzyplonu w przypadku tej rośliny jest stosunkowo małe. Decyduje o tym niski koszt nasion i duża odporność tej rośliny na niekorzystne warunki środowiskowe.

Gorczyca biała ma małe wymagania cieplne, rośnie szybko i należy do tych roślin, które można wysiewać najpóźniej, co przy braku przedplonów wcześniej schodzących z pola czyni ją najpopularniejszym międzyplonem. Może być wykorzystana jako tania pasza w żywieniu zwierząt albo przyorana jako zielony nawóz.

Inną ciekawą rośliną jest facelia błękitna, która może być uprawiana nie tylko na nasiona czy paszę, ale także z przeznaczeniem na przyoranie.

**Przyorana facelia może być substytutem obornika,
stanowiącym jego równowartość dochodzącą
do 20-25 t na ha**

Ze względu na bardzo duży udział zbóż w strukturze zasiewów, stanowi także dodatkowy element płodozmianu, poprawiający stan fitosanitarny gleby, jej strukturę oraz zaopatrzenie w składniki pokarmowe.

Zaletą facelii jest to, że jej zielona masa nie starzeje się tak szybko jak innych roślin poplonowych. Dzięki korzystnej proporcji C:N dobrze rozkłada się w glebie. Rośliny facelii są kruche, a także w krajowych warunkach klimatycznych nie są w stanie przezimować, dlatego nie sprawiają problemów podczas przyorywania. Facelia nie ma twardych nasion. Ponadto jest bardzo wrażliwa na herbicydy stosowane do zwalczania chwastów w uprawach następnych, dlatego likwidacja jej samosiewów po zimie także nie stwarza żadnych problemów.

Facelia bardzo dobrze nadaje się do mulczowania pola. W okresie zimy wymarza, ale cały czas chroni glebę przed erozją. Na wiosnę można wysiać roślinę główną bezpośrednio w wymarzniete rośliny facelii, które w dalszym ciągu będą chroniły glebę przed erozją. Ponadto będą przyczyniały się do nagrzewania gleby, a poprzez stopniowy rozkład uwalniały składniki pokarmowe. Facelia z przeznaczeniem na przyoranie może być wysiewana również na odłogach, nieużytkach i ugorach przeznaczonych do ponownej uprawy.

O wartości i przydatności tej uprawy nie trzeba rolników przekonywać. Wystarczy przypomnieć, że jako „zielony nawóz” wzbogaca glebę w substancję organiczną, poprawia jej żyzność i strukturę, magazynuje składniki, zapobiegając ich wypłukiwaniu, chroni glebę przed erozją.

Literatura

5

5



1. Barabasz W., Smyk B.: Mikroflora gleb zmęczonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, 452: 37–50.
2. Bielińska E.J., Mocek A.: Aktywność enzymatyczna gleby użytkowanej sadowniczo jako wskaźnik stanu środowiska wywołany stosowaniem ściółek z tworzyw sztucznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2003, 492: 25–37.
3. Barabasz W., Voříšek K.: Bioróżnorodność mikroorganizmów w środowiskach glebowych. W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach. Barabasz W. (red.). Wyd. AR Kraków, 2002, 22–30.
4. Bielińska E.J., Mocek-Płócinia A.: Wpływ systemu uprawy na aktywność enzymatyczną gleby. Arch. Environ. Protect., 2012, 38(1): 75–82.
5. Drążkiewicz M.: Relacje pomiędzy stałą fazą gleby a mikroorganizmami. Post. Mikrobiol., 1989, 28(2/4): 161–172.
6. Dzienia S.: Wpływ międzyplonów na niektóre właściwości gleby i plonowanie roślin. Mat. Sem. „Międzyplony we współczesnym rolnictwie”. Szczecin, 5 kwietnia 1990: 27–34.
7. Gorzkowska E., Górská A., Józwicka R., Klimkiewicz M., Kulasza A., Nowakowska B., Pawłowska T., Sulik J., Wojciechowska M., Wrzosek A.: Ochrona środowiska. GUS, Warszawa 2017 s. 121–123.
8. Hryńczuk B., Weber R.: Wpływ sposobu uprawy roli na intensywność przemian mikrobiologicznych w glebie i plonowanie roślin. Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura, 2004, 59(2): 639–648.
9. Jezierska-Tys S., Frąc M., Fidecki M.: Wpływ nawożenia osadem ściekowym na aktywność enzymatyczną gleby brunatnej. Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura, 2004, 59(3): 1175–1181.
10. Koper J., Piotrowska A.: Aktywność enzymatyczna gleby płowej w zależności od uprawy roślin w zmianowaniu i monokulturze. Rocz. Glebozn., 1996, 47(3/4): 89–100.
11. Koper J., Siwik-Ziomek A.: Następne oddziaływanie monokultury i zmianowania tradycyjnego na aktywność amylaz i dehydrogenaz glebowych na tle właściwości fizykochemicznych gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2003, 493: 637–643.
12. Koper J., Siwik-Ziomek A.: Wpływ wieloletniego nawożenia na aktywność dehydrogenaz w glebie oraz zawartość węgla organicznego i azotu ogółem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2006, 515: 197–202.
13. Krupa P.: Ektomikoryzy i ich znaczenie dla drzew rosnących na terenach zanieczyszczonych metalami ciężkimi, Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 2004.
14. Kucharski J.: Relacje między aktywnością a żyznością gleby. W: Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie. Barabasz W. (red.). Wyd. AR Kraków, 1997: 327–348.

15. Kucharski J., Ciećko Z., Niewolak T., Niklewska-Larska T.: Aktywność drobnoustrojów w glebach zaliczanych do różnych kompleksów przydatności rolniczej nawożonych azotem mineralnym. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.* 514, *Agricultura*, 1996, 62: 25-36.
16. Kucharski J., Niewolak T.: Wpływ uprawy roślin zbożowych w zmianowaniu i monokulturze na przemiany mocznika i siarczanu amonu w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1996, 440: 207-215.
17. Kucharski J., Niklewska-Larska T.: Wpływ substancji organicznej i niektórych grup drobnoustrojów na liczebność i aktywność mikroorganizmów glebowych: III. Aktywność enzymów. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.*, 1992, 426, *Agricultura* 54: 33-42.
18. Kucharski J., Panak H., Sienkiewicz S., Niewolak T.: Aktywność mikroorganizmów glebowych w zależności od form, terminów i sposobów stosowania nawozów azotowych. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.*, 1996, 514, *Agricultura* 62: 37-47.
19. Malicki J.: Fizyczne właściwości gleb a ich mikrobiologiczna analiza. *Post. Nauk Rol.*, 1980, 3: 45-67.
20. Małecka I., Swędrzyńska D., Bleharczyk A., Dytman-Hagedorn M.: Wpływ systemów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. *Fragm. Agron.*, 2012, 29(4): 106-116
21. Marcinek J., Komisarek J.: Systematyka gleb Polski. W: A. Mocek (red.): *Gleboznawstwo*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2015. ISBN 978-83-01-17944-6.
22. Martyniuk S., Stachyra A., Wróblewska B., Zięba S.: Związki pomiędzy mikrobiologicznymi i enzymatycznymi właściwościami gleby a plonami ziemniaków. W: *Drobnoustroje w środowisku. Występowania, aktywność, znaczenie*, Puławy 1997.
23. Myśków W.: Wpływ głębokiej uprawy i zmianowania roślin na właściwości biologiczne gleby. *Pam. Puł.*, 1987, 90: 7-23.
24. Myśków W., Kobus J.: Międzynarodowe sympozjum na temat biologii gleby i ochrony biosfery (Sopron. 1985). *Post. Mikrobiol.* 1986, 25: 243-255.
25. Myśków W., Stachyra A., Zięba S., Masiak D.: Aktywność biologiczna gleby jako wskaźnik jej żyzności i urodzajności. *Rocz. Glebozn.*, 1996, 47(1/2): 89-99.
26. Natywa M., Majchrzak L., Sawicka A.: Wpływ sposobu uprawy roli na aktywność enzymatyczną gleby i plon kukurydzy. *Ekol. Tech.*, 2009, 17(4): 171-177.
27. Paul E.A., Clark F.E.: *Mikrobiologia i biochemia gleb*, Wyd. UMCS, Lublin, 2000.
28. Pawluczuk Z.: Wpływ uwilgotnienia i temperatury na enzymatyczną aktywność gleb. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz* 145, *Rol.*, 1998, 25: 19-30.

29. Pawluczuk Z., Pech K.: Aktywność enzymatyczna gleby pod roślinami uprawianymi w monokulturze. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz 145, Rol., 1988, 24: 39-49.
30. Rudawska M.: Ektomikoryza, jej znaczenie i zastosowanie w leśnictwie, Instytut Dendrologii PAN, Kórnik 2000.
31. Rudawska M., Leski T.: Znaczenie wiedzy o zbiorowiskach grzybów mikoryzowych w szkółkach leśnych dla rozwoju mikoryzacji sterowanej, Sylwan, 2009, 1: 16-26.
32. Runowska-Hryńczuk B.: Przydatność wskaźników aktywności biologicznej gleby do oceny stanu jej żyzności. Pam. Puł., 1992, 100: 187-199.
33. Siwik-Ziomek A., Koper J.: Kształtowanie aktywności dehydrogenaz w glebie płowej po zmianie nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2006, 512: 521-527.
34. Smyk B., Czachor M., Awiz N.H.: Występowanie grzybów toksynotwórczych w glebach i ich wpływ na produktywność biologiczną agrosystemów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1989, 380: 143-150.
35. Szczepaniak W.: Składniki pokarmowe z resztek poźniwnych. Nowoczesna Uprawa 1. Osielsko 2008, (15):53-56.
36. Artykuł ze strony: Resztki poźniwne źródłem składników pokarmowych cz. I | POLIFOSKA (<https://polifoska.pl/porady/339>).
37. Turski R.: Substancja organiczna i jej znaczenie w ekosystemach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln, SGGW, Warszawa 1996.
38. Turski M., Wyczółkowski A.: Wpływ zróżnicowanego użytkowania gleb wytworzonych z lessu na aktywność respiracyjną i dehydrogenaz. Acta Agrophys., 2008, 12(3): 801-811.
39. Tyburski J.: Nawożenie w gospodarstwach ekologicznych. Radom 2004.
40. Ugla H.: Gleboznawstwo rolnicze. PWN, Warszawa, 1981: 275-533.
41. Woch F.: Wademecum klasyfikatora gleb. Praca zbiorowa. IUNG-PIB, Puławy 2007: 480.
42. Zimny L., Waclawowicz R., Zych A.: Porównanie bilansu substancji organicznej w glebie metodami Eicha i Kundlera oraz Heylanda. UP Wrocław, 2015. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 582: 137-146.



**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8,

tel.: (81) 4786700, 4786800

e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pulawy.pl

ISBN 987-83-7562-379-6