

ROLA ROŚLIN ZIELARSKICH I BARWIERSKICH W EKOLOGICZNYM SYSTEMIE GOSPODAROWANIA

GRANT NR : NdS-II/SP/0226/2023/01

WARSZTATY 7

ZNACZENIE KOMPOSTU W ROLNICTWIE EKOLOGICZNYM

PROWADZENIE: dr inż. Marta Pisarek & dr inż. Bernadeta Bienia

7.1. INFORMACJE WSTĘPNE

Najbardziej plonotwórczym czynnikiem w uprawie roślin jest nawożenie. Jego udział w kształtowaniu przyszłego plonu szacowany jest na poziomie 40-50%. Racjonalne nawożenie ma na celu osiągnięcie większych i jakościowo lepszych plonów, poprzez dostarczenie roślinom składników pokarmowych w odpowiednich ilościach, terminach i we właściwej formie nawozu. Ponadto nawożenie ma utrzymywać lub poprawiać żyzność gleby, stwarzając jak najlepsze warunki do wzrostu i rozwoju roślin.

Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 w ekologicznej produkcji roślinnej żyzność i aktywność biologiczna gleby utrzymywana jest poprzez stosowanie płodozmianów z udziałem roślin bobowatych, przez maksymalne wykorzystanie nawozów naturalnych i organicznych powstających w gospodarstwie. W przypadku, kiedy zabiegi te nie zapewniają osiągnięcia lub poprawy żyzności gleby dozwolone jest stosowanie nawozów i środków poprawiających właściwości gleby. Znajdują się one w wykazie i zostały dopuszczone do obrotu zgodnie z przepisami obowiązującymi w danym państwie członkowskim.

Do nawozów naturalnych zaliczamy obornik, gnojówkę i gnojowicę. W przypadku roślin zielarskich można stosować obornik bydlęcy, koński i świński. Gnojówkę i gnojowicę można stosować w tychże uprawach po przekompostowaniu. Nawozy organiczne to nawozy pochodzenia roślinnego. Należą tutaj: kompost, nawozy zielone, słoma, torf, biohumus. Nawozy naturalne i organiczne zawierają substancje organiczne o różnym stopniu rozkładu, a zawarte w nich składniki mineralne stają się dostępne dla roślin po procesie mineralizacji, który po ich zastosowaniu zachodzi w glebie.

W przypadku nawozów mineralnych jednostką organizacyjną oceniającą i potwierdzającą zgodność w zakresie wymagań określonych w przepisach rolnictwa ekologicznego dla nawozów i środków poprawiających właściwości gleby do produkcji ekologicznej oraz prowadzącą ich wykaz jest Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB w Puławach.

7.2. SYSTEMY PRODUKCJI ROLNEJ WE WSPÓŁCZESNYM ROLNICTWIE

System rolniczy to sposób zagospodarowania przestrzeni rolniczej w zakresie produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz ich przetwarzania, wyceniony kryteriami ekologicznymi i ekonomicznymi. Podstawą wyróżnienia systemów jest stopień uzależnienia rolnictwa od przemysłowych środków produkcji, głównie nawozów mineralnych i pestycydów oraz jego oddziaływanie na środowisko przyrodnicze.

We współczesnym rolnictwie wyróżnia się trzy systemy gospodarowania:

1. **konwencjonalny** (intensywny, uprzemysłowiony) - sposób gospodarowania ukierunkowany na maksymalizację zysku, osiąganego dzięki dużej wydajności roślin i zwierząt. Wydajność tę uzyskuje się w wyspecjalizowanych gospodarstwach stosujących technologie produkcji oparte na dużym zużyciu przemysłowych środków produkcji (nawozów mineralnych, środków ochrony roślin) i bardzo małych nakładach robocizny.

2. **ekologiczny** (organiczny, biologiczny, biologiczno-organiczny) - sposób gospodarowania, który aktywizując przyrodnicze mechanizmy produkcyjne poprzez stosowanie środków naturalnych nieprzetworzonych technologicznie, zapewnia trwałą żyzność gleby i zdrowotność zwierząt oraz wysoką jakość biologiczną produktów rolniczych. W zaleceniach dotyczących produkcji ekologicznej preferowane jest nawożenie nawozami naturalnymi i innymi organicznymi przed nawozami mineralnymi, gdyż poza działaniem nawozowym nawozy organiczne zwiększają reprodukcję glebowej substancji organicznej. Komisja Europejska definiuje z kolei rolnictwo ekologiczne jako „taki system rolniczy, który dostarcza świeżą, pełną smaku, autentyczną żywność produkowaną przy poszanowaniu naturalnych cykli życiowych”. Komisja Europejska podkreśla ponadto, iż cele rolnictwa ekologicznego są realizowane poprzez określone działania agro- i zootechniczne, które ograniczają w znacznym stopniu wpływ człowieka na środowisko, jednocześnie umożliwiają naturalne funkcjonowanie systemu rolniczego.

Do klasycznych praktyk rolnictwa ekologicznego zalicza się:

- stosowanie wieloletniego płodozmianu w celu maksymalnego wykorzystania zasobów lokalnych,
- radykalne odejście od stosowania chemicznych środków ochrony roślin i nawozów syntetycznych, antybiotyków dla zwierząt, dodatków do żywności i substancji ułatwiających przetwarzanie, a także innych sztucznych środków wykorzystywanych do produkcji,
- całkowity zakaz stosowania organizmów modyfikowanych genetycznie,
- wykorzystywanie zasobów własnych do gospodarowania (pasze wytwarzane w gospodarstwie, oborniki itd.),
- selekcjonowanie odmian roślin i zwierząt odpornych na choroby i takich, które potrafią się dobrze przystosować do lokalnych warunków,
- hodowanie zwierząt w systemie wolnostanowiskowym, z otwartym dostępem do wybiegów oraz żywienie paszami pochodzenia ekologicznego,
- wykorzystywanie praktyk hodowli zwierząt właściwych dla danej rasy.

3. integrowany (harmonijny, zrównoważony) - sposób gospodarowania, który umożliwia realizację celów ekonomicznych i ekologicznych poprzez świadome wykorzystanie nowoczesnych technik wytwarzania, systematyczne usprawnianie zarządzania oraz wdrażanie różnych form postępu biologicznego w sposób sprzyjający realizacji tych celów. Rolnictwo zrównoważone oferuje żywność wyprodukowaną z zastosowaniem minimalnej ilości nawozów i środków ochrony roślin oraz ukierunkowane jest na takie wykorzystanie zasobów ziemi, które nie niszczy ich naturalnych źródeł, lecz pozwala na zaspokajanie podstawowych potrzeb kolejnych pokoleń producentów i konsumentów. System ten łączy w sobie wykorzystanie najnowszych środków techniki i technologii z szeroko pojętą ekologią zarówno w skali mikro, jak i makro.

Aby nazywać rolnictwo zrównoważonym, musi ono posiadać następujące cechy:

- akceptacja społeczna – produkcja musi być zewsząd akceptowana;
- opłacalność ekonomiczna – produkcja jest opłacalna ekonomicznie;
- bezpieczeństwo ekologiczne – produkcja ma zapewnić bezpieczeństwo otoczenia naturalnego;
- wydajność produkcji – produkcja musi być na tyle wystarczająca, by zaspokoić potrzeby konsumentów.

7.3. NAWOZY MINERALNE STOSOWANE W ROLNICTWIE EKOLOGICZNYM

Rolnictwo ekologiczne nie dopuszcza do stosowania nawozów mineralnych przetworzonych chemicznie. Niedobór składników w glebie można uzupełniać certyfikowanymi nawozami, które są dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Są to nawozy wolniej działające w porównaniu do nawozów stosowanych w rolnictwie konwencjonalnym. Pozwalają one na zaspokojenie potrzeb roślin na składniki pobierane w dużych ilościach, a więc azotu, fosforu, potasu, magnezu. Zastosowanie takich nawozów wymaga jednak wykonywania analiz gleby pod kątem zasobności w ww. składniki a także odczynu gleby, wykonywanych w stacjach chemiczno-rolniczych. Badanie próbek gleby powinno się przeprowadzać co 3-4 lata. Wyjątkiem jest określenie poziomu przyswajalnego azotu, którego zawartość w glebie należy określić bezpośrednio przed siewem lub sadzeniem roślin uprawnych. Wynika to z faktu dużej labilności tego składnika.

Ilość składników pokarmowych, które należy zastosować w uprawie roślin zielarskich zależy od gatunku, odmiany, przeznaczenia surowca, odczynu gleby, ilości przyswajalnych form składników pokarmowych w glebie, przedplonu, warunków atmosferycznych, rodzaju stosowanego nawozu. Istotnym jest także uwzględnienie wykorzystania składników pokarmowych z nawozów mineralnych. W przypadku azotu stosowanego na gruntach ornych wynosi 40-80%, fosforu – 15-35%, zaś potasu – 40-90%.

W racjonalnym nawożeniu mineralnym powinno się unikać stosowania zbyt wysokich dawek nawozów, ze względu na fakt pogorszenia jakości plonów, mniejszą odporność roślin na choroby i szkodniki.

Ustalając dawki nawozu mineralnego pod rośliny zielarskie zaleca się dotrzymanie następujących proporcji N:P:K:

2:1:3 – pod rośliny uprawiane na surowce podziemne (korzenie, kłącza),

2:1:2 – pod rośliny uprawiane na ziele i liście,

1:1:1,5 – pod rośliny uprawiane na surowce kwiatowe, owocowe i nasienne.

Makroskładniki i mikroskładniki pełnią w roślinach szereg funkcji. Wpływają na procesy fizyczne, chemiczne, biochemiczne, fizjologiczne.

Azot uznawany jest za najbardziej plonotwórczy składnik pokarmowy, ale także może najbardziej obniżać jakość plonu. Pierwiastek ten wpływa na szybkość wzrostu roślin, wielkość powierzchni asymilacyjnej, zawartość i jakość białka roślinnego a także

poprawia jakość biologiczną plonu (wzrasta zawartość karotenu, chlorofilu, witamin). Nadmiar azotu jest niewskazany ze względu na zbyt bujny wzrost części nadziemnych, opóźnione dojrzewanie, zwiększanie skłonności do wylegania oraz podatność na choroby i szkodniki.

Stosowany w nawozach azot może występować w różnych formach, co wpływa na efektywność nawożenia tym składnikiem.

Forma amonowa jest typową formą przedsiewną. Jej stosowanie wpływa na rozwój systemu korzeniowego, poprawia krzewienie, wzmacnia pobieranie siarki, fosforu i boru. Jednocześnie nawozy zawierające tą formę azotu (siarczan amonu) działają zakwaszająco na glebę, co powoduje, że nie są odpowiednie dla większości roślin zielarskich.

Forma saletrzana ulega bardzo łatwo wymyciu z gleby. Najlepiej stosować ją do nawożenia pogłównego, w fazach intensywnego wzrostu roślin, w podzielonych dawkach. Efektywność stosowania tej formy azotu zwiększa się w wyższych temperaturach. Forma saletrzana występuje w nawozach: saletra sodowa, saletra wapniowa, saletra potasowa).

Forma saletrzano-amonowa łączy w sobie cechy dwóch wyżej wymienionych form, dzięki czemu jest formą uniwersalną. Można ją stosować bezpośrednio przed siewem lub pogłównie, ale ważne jest jej wymieszanie z glebą. Forma ta występuje w saletrze amonowej, salmagu, saletraku.

Forma amidowa występuje w moczniku. Forma ta jest formą długo działającą, lekko zakwaszającą glebę. Może być pobierana zarówno przez system korzeniowy, jak i liście podczas aplikacji dolistnej. Mocznika nie powinno się stosować w temperaturze poniżej 10°C. W uprawach roślin zielarskich forma amidowa azotu ma ograniczone zastosowanie.

Fosfor wpływa na rozwój systemu korzeniowego roślin, pobieranie składników pokarmowych z gleby, wielkość i jakość nasion i owoców. Ponadto oddziałuje na jakość płodów rolnych, a więc zawartość skrobi, sacharozy, białka. Jego niedobór ujawnia się spowolnionym wzrostem roślin, ograniczone jest kwitnienie, co skutkuje mniejszą ilością nasion i owoców. Ponadto roślina przybiera fioletowe lub czerwone zabarwienie.

Nawozy fosforowe mogą zawierać fosfor rozpuszczalny w wodzie, szybko działający lub rozpuszczalny w słabych i mocnych kwasach, wolno działający. Nawozy te stosuje się przedsiewnie „pod pług”.

Potas oddziałuje na regulację gospodarki wodnej roślin, zmniejsza wyleganie roślin, ogranicza pobieranie azotanów przez rośliny, zmniejsza porażenie roślin przez choroby, szczególnie grzybowe, zwiększa zawartość białka, cukru, skrobi, pektyn i tłuszczów w roślinie, zwiększa mrozoodporność. Jego niedobór powoduje więdnienie roślin, liście żółkną na wierzchołkach i brzegach. Niewskazany jest także nadmiar potasu, ze względu na to, że pogarsza on wartość plonu. Nawozy potasowe występują w formie chlorkowej i siarczanowej. Forma chlorkowa nawozów powoduje zakwaszenie gleby. Nawozy te najlepiej stosować kilka tygodni przed siewem, ze względu na wymywanie chlorków z gleby. Najczęściej nawozy potasowe stosuje się łącznie z nawozami fosforowymi.

Magnez reguluje procesy pobierania składników mineralnych z gleby, zwiększa akumulację cukrów, białka w roślinach, jako składnik chlorofilu zwiększa intensywność wiązania dwutlenku węgla. Niedobór magnezu powoduje spowolniony wzrost roślin, spadek odporności roślin na choroby, niższe plony. Nawozy magnezowe na ogół stosuje się doglebowo, ale można magnez stosować w formie aplikacji dolistnej.

Wapń zmniejsza toksyczne działanie glinu na rośliny, stymuluje wzrost systemu korzeniowego i pędów nadziemnych, zmniejsza porażenie przez choroby grzybowe, reguluje gospodarkę wodną roślin. Pierwiastek ten decyduje o odczynie gleby, a ten z kolei ma wpływ na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. Czynnikiem zakłócającym prawidłową wapnia w roślinie, prowadzącym do wielu niekorzystnych reakcji roślin jest niedobór boru w glebie. Rośliny pobierają dość duże dawki wapnia, co powoduje konieczność wapnowania gleb. Nawozy wapniowe szybko działające typu tlenkowego należy stosować na gleby cięższe, zaś na gleby lekkie – wapno wolno działające typu węglanowego.

Siarka zwiększa produkcję aminokwasów egzogennych, zmniejsza podatność roślin na wyleganie i porażenie przez choroby grzybowe, wpływa na barwę kwiatów, zwiększa produkcję kwasów tłuszczowych przez rośliny oleiste.

Żelazo wpływa na redukcję azotanów, pobieranie siarczanów z gleby, ogranicza wyleganie roślin.

Mangan kontroluje gospodarkę azotową roślin, ogranicza wyleganie roślin, wpływa na syntezę flawonoidów.

Miedź reguluje gospodarkę azotem, bierze udział w syntezie związków toksycznych dla patogennych grzybów.

Cynk kształtuje wzrost korzeni i pędów nadziemnych, poprawia gospodarkę azotową roślin uprawnych.

Bor wpływa na procesy zawiązywania nasion, ochronę przed patogennymi grzybami.

Molibden wpływa na przyswajanie azotanów przez rośliny, wiązanie azotu przez rośliny bobowate.

Chlor zmniejsza wrażliwość roślin na suszę, zmniejsza porażenie przez choroby grzybowe, stymuluje syntezę białek.

Krzem zmniejsza podatność na wyleganie, w glebach kwaśnych zmniejsza toksyczne oddziaływanie glinu i manganu, wzmacnia system korzeniowy roślin.

7.4. NAWOZY ORGANICZNE I NATURALNE STOSOWANE W ROLNICTWIE EKOLOGICZNYM

Obornik to mieszanina kału, moczu i ściółki. Jest nawozem odznaczającym się różnorodnością składników pokarmowych dla roślin, zawiera materię organiczną oraz bogatą mikroflorę. Jego skład jest zróżnicowany ze względu na gatunek zwierząt od których pochodzi, od podawanej dawki pokarmowej, rodzaju użytej ściółki, ilości dodanej cieczy. To powoduje, że jego skład chemiczny jest znacznie zróżnicowany. Średnio obornik o zawartości suchej masy 21% zawiera 0,5% azotu, 0,3% fosforu, 0,7% potasu, 0,5% wapnia, 0,2% magnezu. Ponadto jest źródłem mikroelementów, m.in. żelaza, cynku, miedzi, molibdenu, manganu, kobaltu – niezwykle ważnych, ze względu na to, iż często zauważa się ich niedobór. Standardowa dawka obornika wynosi 25-30 t·ha⁻¹. Pozwala to na wprowadzenie do gleby 150 kg N, 90 kg P₂O₅, 180 kg K₂O, 150 kg CaO i 60 kg MgO. Działanie obornika rozkłada się na kilka lat. W pierwszym roku rośliny wykorzystują przeciętnie ok. 30-40% azotu, 15-25% fosforu, 40-50% potasu, a w drugim roku kolejne 20% azotu, 5% fosforu i 15% potasu, w trzecim roku odpowiednio – 15, 5 i 5%.

Obornik najczęściej stosuje się w uprawie roślin okopowych i warzyw najlepiej w okresie jesiennym. Zgodnie z obowiązującymi przepisami dawka nawozu azotowego na hektar użytków rolnych nie może przekroczyć 170 kg N, co odpowiada dawce obornika nie większej niż 35 t·ha⁻¹. By ograniczyć straty azotu obornik powinien być równomiernie rozrzucony na całym polu oraz jak najszybciej wymieszany lub przykryty glebą. Zaleca się wymieszanie nawozu maksymalnie 12 godzin od zastosowania, z uwagi na to, że znaczna część amoniaku ulatnia się w ciągu pierwszych 12 godzin od zaaplikowania na polu. Im szybciej obornik zostanie

wymieszany z glebą, tym straty azotu będą mniejsze. Późne przyoranie obornika powoduje obniżenie jego wartości nawozowej, przekładając się tym samym na zmniejszone plony rośliny uprawnej.

Zaleca się w zależności od rodzaju gleby, wymieszanie obornika na głębokość 15-25 cm. Na glebach lekkich głębiej, ze względu na duże tempo mineralizacji, zaś na glebach ciężkich płycej, gdyż w tych glebach rozkład obornika trwa kilka miesięcy. Zbyt głębokie przyorywanie obornika utrudnia jego rozkład, natomiast zbyt płytkie przyspiesza. Nie powinno się stosować obornika latem i wczesną wiosną, ze względu na straty azotu. Obornik najlepiej stosować w dzień bezwietrzny, pochmurny, a nawet z lekką mżawką, ponieważ wtedy zachodzą najmniejsze straty azotu do atmosfery (w postaci amoniaku, który natychmiast rozpuszcza się w opadzie i w postaci wody amoniakalnej wsiąka w glebę). Ponadto zaleca się stosować obornik dobrze przefermentowany i dojrzały, ze względu na to, że szybko udostępnia roślinom zawarte w nim składniki pokarmowe w wyniku mineralizacji przez mikroorganizmy. Nie zaleca się stosowania obornika w latach, kiedy planowane jest wapnowanie, gdyż wapno przyspiesza rozkład (mineralizację) obornika, powodując przy tym pewne straty azotu, a także uwstecznienie fosforu. Jeśli jednak obydwa zabiegi muszą zostać wykonane, to nawozy wapniowe należy wywieźć na ściernisko, zaś obornik późną jesienią lub wiosną w odstępie czasowym minimum 6 tygodni.

W uprawie roślin zielarskich, obornik stosuje się pod przedplon w dawce 30-35 t·ha⁻¹. Gatunki takie jak: kolendra siewna, mak lekarski, rumianek pospolity, ostropest plamisty najlepiej uprawiać w trzecim roku po oborniku, natomiast karczoch zwyczajny, chrzan pospolity, oman wielki, pokrzywę zwyczajną, rzewień dłoniasty można uprawiać bezpośrednio po oborniku.

Nawozy zielone to niedojrzałe rośliny, najlepiej z rodziny bobowatych (łubin, groch, seradela, wyka) ale także rośliny z innych rodzin botanicznych: gorczyca biała, gryka, facelia, rzodkiew oleista, rzepak ozimy, żyto uprawiane z przeznaczeniem na przyoranie. Są to rośliny, które charakteryzują się szybkim wzrostem i wytwarzają dużo masy wegetatywnej. Nawozy zielone mają szczególnie duże znaczenie w gospodarstwach gdzie obornik i kompost nie pokrywają potrzeb nawozowych. Wysiewa je się najczęściej jako poplony ścierniskowe, poplony ozime, wsiewki w zboża. Dzięki temu, że nawozy zielone wykorzystuje się w formie zielonej, niedojrzałej, dostarczają one znacznych ilości azotu i węgla występujących w związkach prostych, łatwo ulegających mineralizacji.

Znaczenie nawozów zielonych jest wszechstronne: tworzą okrywę gleby, wzbogacają glebę w materię organiczną, przyczyniają się do aktywizacji życia biologicznego w glebie, sprzyjają spulchnieniu gleby i poprawieniu jej struktury, dostarczają wielu składników pokarmowych roślinom uprawnym, w tym szczególnie azotu, a jednocześnie ograniczają ich wymywanie, dostarczają pożytków pszczołom (szczególnie facelia) oraz są pokarmem wielu dziko żyjących ssaków zimą.

Nawozy zielone przed przyoraniem powinny być dokładnie rozdrobnione broną talerzową. Następnie powinny zostać przyorane, ale niezbyt głęboko ze względu na konieczność obecności tlenu potrzebnego do rozkładu.

W uprawach roślin zielarskich nawozy zielone są bardzo dobrym przedplonem, ze względu na to, że dostarczają dużej ilości składników pokarmowych. Przyczyniają się do możliwości uprawy roślin zielarskich na gorszych stanowiskach.

Słoma jest produktem ubocznym przy produkcji zbóż, roślin strączkowych i oleistych. Nadaje się do wykorzystania jako nawóz organiczny w gospodarstwach, które nie posiadają zwierząt gospodarskich. Słoma zawiera ok. 90% suchej masy, a ilość składników w świeżej masie wynosi: 0,5-0,7% N, 0,2% P_2O_5 , 1,5% K_2O . W celu szybszego rozłożenia słomy w glebie należy ją pociąć na sieczkę oraz dodatkowo zastosować azot w dawce 6-10 kg na tonę w postaci nawozu mineralnego np. mocznika. Spowodowane jest to tym, że słoma zbóż ma szeroki stosunek węgla do azotu, co powoduje, że bakterie rozkładające ją wyczerpują glebę z azotu. Może to powodować czasowe niedobory tego pierwiastka i przyczyniać do pogorszenia wzrostu i rozwoju roślin uprawnych.

7.5. KOMPOST – SKŁAD I STOSOWANIE

Kompost jest uznawany za najlepszy nawóz organiczny, używany w rolnictwie. To produkt początkowego etapu humifikacji różnych odpadów organicznych. Według Krauter [1998] jest on sercem każdego ogrodu biologicznego, a mówiąc mniej poetycko – brzuchem ogrodu. W jego wnętrznościach są trawione i przetwarzane „odpadki”, które ogrodnik zbiera przez cały rok. W ten sposób powstaje nowy, bogaty w próchnicę produkt – pożywka dla gleby.

Kompost jest nawozem wieloskładnikowym. Zawartość składników pokarmowych w kompostach waha się zwykle w granicach: 0,75–1,5% N, 0,25–0,5% P_2O_5 i 0,5–1,0% K_2O . Działanie nawozowe kompostów porównuje się często z działaniem obornika. W porównaniu do obornika, kompost działa szybciej, a składniki pokarmowe

są lepiej wykorzystywane. Oprócz azotu, fosforu i potasu w kompostach odnotowano wysoki udział substancji organicznej i różne ilości pozostałych makro- i mikroskładników, a także substancje stymulujące wzrost roślin, takie jak witamina B, naturalne hormony i kwasy organiczne. Azot występuje w kompostach w stosunkowo stabilnych związkach, dzięki czemu nie jest podatny na straty w postaci amoniaku, a także nie stwarza ryzyka uszkodzenia nasion lub kiełków roślin.

Kompost stanowi czynnik podnoszący i utrzymujący żyzność gleby. Wpływa korzystnie na właściwości biologiczne i fizykochemiczne, poprawiając pojemność wodną czy strukturę gleb. Jego stosowanie powoduje ponadto złagodzenie jednostronnego lub niezrównoważonego nawożenia mineralnego. Przyczynia się do wzrostu aktywności mikrobiologicznej gleby, rozwoju mikroflory antagonistycznej w stosunku do wielu patogenów roślin. W wyniku uwalniania ciepła w trakcie rozkładu materii organicznej, materiał kompostowany uzyskuje temperaturę nawet 65°C, dzięki czemu występuje neutralizacja patogenów. Nawożenie kompostem wzbogaca glebę o jej najważniejszy składnik – próchnicę.

Na jakość kompostu mają wpływ substancje użyte do jego produkcji oraz warunki procesu kompostowania.

Substratami do produkcji kompostów mogą być materiały organiczne pochodzenia roślinnego, nawozy naturalne (obornika, gnojówki, gnojowica, pomiot ptasi) lub odpady poprodukcyjne. Aby kompost był jak najbardziej wartościowy, około 70 do 80% jego składników powinny stanowić odpadki organiczne, w około 10 do 20% mieszaninę wypełniamy nawozami organicznymi i mineralnymi, a pozostałe kilka do 10% stanowić powinna gleba. Odpowiedni udział poszczególnych składników kompostu jest ważny ze względu na to, że surowce o dużej zawartości węgla zapewniają celulozę niezbędną bakteriom do produkcji ciepła i cukrów, podczas gdy surowce o dużej zawartości azotu są źródłem najbardziej skoncentrowanych białek, które pozwalają na rozwój bakterii. Te dwa podstawowe składniki: węgiel i azot spełniają ważną rolę w procesie rozkładu, bowiem mikroorganizmy potrzebują 30 cząsteczek węgla, aby wykorzystać cząsteczkę azotu. Optymalny stosunek ilościowy węgla do azotu C:N wynosi 20-30:1, tzn. na 20-30 atomów węgla powinien przypadać 1 atom azotu. W przypadku, gdy stosunek C:N nie jest optymalny tempo pracy mikroorganizmów i związana z nim szybkość rozkładu ulegają zmianie. W przypadku gdy węgla jest więcej niż 30, to proces kompostowania zwalnia, gdy jest go mniej niż 20 występują problemy z odorami (wydzielają je gnijące białka). Mikroorganizmy znajdują węgiel

w materiale organicznym stale dla nich dostępnym. Natomiast ilość azotu zmienia się zależnie od rodzaju kompostowanego materiału. Stosunkowo dużo azotu zawiera świeża zielona masa roślinna, nawozy naturalne. Niekorzystny stosunek C:N mają liście drzew, słoma, trociny (tabela 1).

Tabela 1. Stosunek ilościowy C:N w najczęściej używanych surowcach do kompostowania

Materia organiczna przeznaczona do kompostowania	Stosunek C:N
odpadki żywności	15:1
trawa z trawnika	15:1
siano z motylkowych	12:1
młode gałęzie i chwasty	15:1
trawa z łąki	15-25:1
świeże motylkowe	10-20:1
słoma z roślin strączkowych	15:1
Obornik	20-35:1
resztki warzyw	15-25:1
resztki owoców	25-35:1
kiszonka z kukurydzy	40:1
sianokiszonki i kiszonki z traw	15-25:1
dojrzałe chwasty	20-40:1
Karton	500-600:1
Słoma	60-120:1
Liście	50-100:1
łodygi kukurydzy	60:1
Trociny	500:1

Źródło: Krysztoforski M., Gospodarowanie substancją organiczną i składnikami pokarmowymi w rolnictwie ekologicznym, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu 2022, Krysztoforski M., Sporządzanie kompostów i biopreparatów, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu 2011; Kreuter M.L., Ogród w zgodzie z naturą, Wyd. Elipsa 1998

Szybkość rozkładu resztek roślinnych uzależniona jest od zawartości ligniny, której udział wpływa hamująco na procesy rozkładu. Najłatwiej ulegają rozkładowi cukry, skrobia i proteiny, najtrudniej zaś lignina, woski i garbniki.

Materiał organiczny wykorzystywany do produkcji kompostu charakteryzuje się niskim przewodnictwem cieplnym oraz wysoką porowatością. Powoduje to dobrą izolację od warunków zewnętrznych, dzięki czemu zapewnia stabilne warunki termiczne do rozwoju różnorodnych mikroorganizmów.

Kompostowanie jest procesem tlenowym, w którym występuje rozkład materii organicznej, a celem tego rozkładu jest powstanie kompostu – silnie shumifikowanego materiału roślinnego o barwie ziemistej, specyficznym zapachu i stosunku C:N <20. Pełen cykl trwa około 6-9 miesięcy. Proces kompostowania jest niezwykle złożony. Obejmuje szereg licznych procesów biochemicznych, chemicznych i fizycznych zachodzących w obecności organizmów żywych: bakterii, grzybów, małych zwierząt glebowych - skoczogonków, dżdżownic. Na początku procesu kompostowania materia organiczna musi ulec rozpadowi, co jest związane z uwalnianiem energii zmagazynowanej w rozkładanych związkach (dysymilacji). Związki organiczne zostają „rozdrobnione”, a ich wiązania chemiczne zniszczone. W rozkładzie i przemianach uczestniczą mikroorganizmy, które nadają materii nową formę i strukturę, przyczyniając się do powstania próchnicy.

Rozkład materii organicznej przebiega w kilku fazach.

1. **Faza wstępna** - charakteryzuje się intensywną działalnością organizmów glebowych, które rozkładają materię organiczną. Proces ten przebiega szybko i sprawnie. Następuje wzrost temperatury do poziomu 60°C, co przyspiesza proces rozkładu i namnażanie się bakterii ciepłolubnych. Spada odczyn (pH) gdyż wytwarzane są kwasy organiczne.

2. **Faza intensywnego rozkładu** - jest bardzo ważna dla procesu i jakości uzyskanego kompostu, ze względu na to, iż w wysokiej temperaturze utrzymującej się kilka dni ulegają zniszczeniu różne szkodliwe organizmy – w tym szkodliwe dla człowieka bakterie, jaja pasożytów, a nawet nasiona chwastów. Faza intensywnego kompostowania trwa od kilku dni nawet do kilku tygodni. Rozkładane są wtedy najłatwiejsze do rozkładu związki: cukry, kwasy organiczne, skrobia. Rośnie odczyn wewnątrz pryzmy (środowisko przemian zmienia się z kwaśnego w zasadowe) i w tych warunkach może dochodzić do strat azotu, który w postaci amoniaku ulatnia się.

3. **Faza rozkładu** (kompostowanie właściwe) - w fazie tej następuje wychłodzenie prymy i zmniejszenie jej objętości. Faza ta trwa najdłużej do kilku tygodni i w jej trakcie dochodzi do rozkładu trudno rozkładalnych substancji: celulozy, ligniny, tłuszczu, żywic. Pod koniec tej fazy w pryzmie pojawiają się grzyby i makrofauna np.: roztocza, skoczogonki, dżdżownice.

4. **Faza dojrzewania kompostu** (kompostowanie wtórne) - w fazie tej następuje dalsze wychładzanie pryzmy, która bogata jest w mikrofaunę. W tym okresie następuje przekształcanie substancji organicznych, czego efektem jest powstanie jednolitej brunatnej próchnicy. Faza ta trwa kilka tygodni nawet do kilku miesięcy. Zastosowanie specjalnych metod oraz substancji wspomagających skraca okres przetwarzania materii organicznej o kilka tygodni lub miesięcy

5. **Faza dojrzałości** - temperatura wewnątrz pryzmy zrównuje się z tą na zewnątrz, w pryzmie nie ma już owadów ani dżdżownic. Po odsianiu grubszych, nie rozłożonych kawałków materiał przypomina i przyjemnie pachnie ziemią ogrodową.

Planując sporządzenie kompostu należy wziąć pod uwagę kilka czynników, które pozwolą na efektywny przebieg procesu kompostowania:

- Lokalizacja miejsca – na pryzmę kompostową należy wybierać miejsce częściowo zacienione np. gałęziami drzew, ale nie zupełnie ciemne. Ponadto, warto by miejsce było osłonięte od wiatru. Dobrymi sąsiadami kompostu jest bez dziki, leszczyna, głóg. W sytuacji, gdy nie ma zbyt dużo miejsca, pryzmę można osłonić kukurydzą, fasolą tyczną lub szpalerem malin.
- Rozdrobnienie materiału - im mniejsze będą poszczególne części tym szybciej i dokładniej będzie przebiegał rozkład. Optymalne kawałki powinny mieć od 3 mm do 1,5 cm. Istotne jest także dokładne wymieszanie zebranego materiału. Soczyste odpadki zielone uzupełnia się wtedy suchymi zdrewniałymi gałązkami, ze względu na to, że utworzą one dobrze rozkładającą się luźną mieszaninę.
- Utrzymanie dostatecznie dużej, lecz nie nadmiernej wilgotności – woda jest niezbędna do rozwoju i rozmnażania się bakterii i grzybów. Aby kompostowanie przebiegało prawidłowo musi być stale zachowana odpowiednia wilgotność i dostęp powietrza. Idealną wilgotnością jest 50-60%. Wyższa wilgotność powoduje powstanie warunków beztlenowych, które prowadzą do pojawienia się procesów gnilnych.

- Przewaga warunków tlenowych w całym okresie fermentacji – warunki takie zapewnia odpowiednie ułożenie materiałów do kompostowania na pryzmie kompostowej i częste ich mieszanie.
- Utrzymanie odpowiedniego reżimu warunków termicznych – w pryzmie temperatura powinna wahać się w zakresie 20-35°C, gdyż wtedy intensywnie rozwijają się mikroorganizmy szybko rozkładające celulozę (kompostowanie naturalne, na zimno). Temperatury maksymalne mogą osiągać 60°C, gdyż w takich warunkach giną bakterie chorobotwórcze (kompostowanie na gorąco). W zbyt zimnych kompostach rozkład materii organicznej jest zbyt wolny. W temperaturze poniżej 10°C procesy biologiczne znacznie zwalniają, by w okolicy 0° C całkowicie ustać.
- Kompostowanie materiałów organicznych o zmiennej zawartości C:N – od szybko rozkładalnych po słabo rozkładalne.

W produkcji ekologicznej kompost jest jednym z podstawowych nawozów, jednak powinien być przygotowany zgodnie z zasadami tego systemu.

Kompost może być stosowany raz na 3 lub 4 lata, ale należy pamiętać o tak zwanym kryterium azotowym, które dopuszcza zastosowanie nie więcej niż 170 kg N/ha/rok w formie nawozów organicznych. Atutem tych nawozów jest rozłożenie ich działania nawozowego w czasie, a także wielokierunkowość tego działania zarówno na roślinę, jak i na właściwości gleby. Czynnikiem ograniczającym wartość nawozową kompostów jest nadmierna zawartość metali ciężkich, organizmów chorobotwórczych i innych zanieczyszczeń, w tym obecność nasion chwastów. W uprawach ekologicznych powinien być stosowany kompost dobrze rozłożony, a więc co najmniej 3-letni, o barwie ziemistej i specyficznym zapachu, a stosunek C:N nie powinien być szerszy jak 20:1. Dzięki temu łatwo ulegnie mineralizacji, a tym samym dostarczy roślinom składników pokarmowych. Kompost można stosować przed założeniem plantacji mieszając go z glebą za pomocą kultywatora lub brony, a także pogłównie, rozsypując go w międzyrzędziach. Zalecana dawka kompostu wynosi 30-40 t·ha⁻¹.

Zależnie od użytych do kompostowania substancji i ich udziału wyróżnia się różne kategorie tego nawozu:

- **Wermikompost** (kompost dżdżownicowy, kompost koprolitowy, biohumus) – uzyskuje się go przez kompostowanie materii organicznej przy udziale kilku gatunków dżdżownic. Najlepiej do tego celu nadaje się dżdżownica kalifornijska (*Eisenia fetida*). W porównaniu z innymi, gatunek ten wyróżnia się dużą

aktywnością przy przerabianiu podłoża i możliwością przejawienia tej aktywności przez cały rok, najkrótszym okresem rozwoju i największym współczynnikiem rozmnażania. Dżdżownice uczestniczą w fazie mechanicznego rozkładu, trawią i wydają części organiczne przyspieszając procesy mikrobiologiczne. Operują w wierzchniej warstwie (do 20 cm) kompostu i nie uciekają głębiej. Wiele preparatów mających w nazwie „biohumus” to roztwór kompostu dżdżownicowego. Vermikompost cechuje się szczególnie korzystnymi właściwościami w porównaniu z kompostem otrzymanym metodami tradycyjnymi. Jego specyficzne właściwości zależą m.in. od składu substancji pokarmowej, zagęszczenia hodowanych osobników i długości ich przebywania w poszczególnych warstwach pokarmowych, co w konsekwencji daje dokładniejsze ich przerobienie i rozdrobnienie. Vermikompost zawiera duże ilości enzymów i mikroorganizmów związanych z metabolizmem dżdżownic. Poza tym, w tak przerobionych osadach znacznie wzrasta ilość makroelementów (fosforu, potasu, wapnia i magnezu), natomiast toksyczne związki metali ciężkich przekształcane są w trudno przyswajalne przez rośliny połączenia tych metali. Wprowadzenie takiego kompostu do gleby pobudza jej życie biologiczne. Ma to szczególne znaczenie dla gleb, które utraciły zdolności samooczyszczania się wskutek skażeń. Ponadto biohumus zalecany jest przy przesadzaniu roślin, ze względu na to, że łagodzi stresy związane z tym zabiegiem. Ma także obojętny odczyn (pH 6,6-7,5) co jak najbardziej predestynuje go do stosowania w uprawach ekologicznych.

- **Kompost biodynamiczny** – przygotowany jest z surowców gospodarskich i obornika z udziałem preparatów biodynamicznych, sporządzanych z ziół w trakcie specjalnej, skomplikowanej procedury. Do przyzmy kompostowej dodawane jest 6 specjalnie przygotowanych biodynamicznych preparatów w odpowiednim układzie.
- **Kompost beztlenowy** - uzyskuje się go metodą worków polietylenowych. Worki o pojemności 100-150 l i grubej ściance (2-3 mm) napełnia się resztkami roślinnymi, nawilża litrem gnojowicy i dodaje 0,5 kg wapna na worek aby zneutralizować kwasy powstające w procesach beztlenowych. Worki szczelnie zawiązuje się i okrywa grubą warstwą słomy. Kompost ten jest gotowy najwcześniej po 1 roku. Kompostów używać można również jako podłoża ogrodniczych. Ich dawna nazwa to „ziemie”.

- **Kompost z obornika** (ziemia gnojowa) to kompost uzyskany z czystego obornika, bardzo zasobny w składniki pokarmowe (średnio 1,4 N; 1,8 P₂O₅; 1,3 K₂O i 2,8 CaO w suchej masie). Najlepszy do kompostowania jest obornik z gospodarstw, w których jako ściółkę stosuje się słomę. Formując pryzmę należy obornik przekładać warstwami ziemi lub kompostu. Nie należy stosować wapna. Taki kompost jest szczególnie dobry dla roślin o dużych wymaganiach pokarmowych.
- **Kompost z darni** (ziemia darniowa) - warstwy darni grubości 5-10 cm układane są trawą do dołu, a każdą warstwę od strony korzeni przesypuje się wapnem. Dla wzbogacenia, darń można przekładać warstwami obornika.
- **Kompost z liści** (ziemia liściowa) – sporządzając taki kompost należy wymieszać liście różnych gatunków drzew i dodać trochę zielonej masy, np. pokrzyw. Układając pryzmę najlepiej warstwę liści przekładać warstwą kompostu, nawozu zwierzęcego. Warto zastosować starter przyspieszający rozkład. Kompost ten należy zwilżać czystą wodą, gdyż jest to podłoże dla roślin ozdobnych o małych wymaganiach pokarmowych (średnio 1,0 N; 0,13 P₂O₅ ; 0,17 K₂O i 0,48 CaO w suchej masie). Liście orzecha, dębu, olchy zawierają dużo garbników, trudno się rozkładają, dlatego można je dodawać w niewielkich ilościach.
- **Ziemia kompostowa** – kompost z dodatkami piasku lub gliny.
- **Ziemia torfowa** – kompost z dodatkiem do 50% torfu.

LITERATURA

1. Andrzejewska J., Pisulewska E. 2019. Uprawa roślin zielarskich, Wyd. Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz.
2. Boruszko D. 2011. Badania i ocena wartości nawozowej kompostów i wermikompostów, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 13, 1417-1428.
3. Fotyma M., Kuś J. 2000. Zrównoważony rozwój gospodarstwa rolnego, „Pamiętnik Puławski”, tom 120, nr 1.
4. Glanz R. 2012. Teoretyczne podstawy kompostowania, Scientific Works of Institute of Ceramics and Building Materials, 10, 81- 88
5. Grand A., Michel V., Kompost – zalety i wady, Best4soil, <https://www.best4soil.eu/videos>
6. Grzebisz W. (red.) 2015. Rolnictwo. Produkcja roślinna. Czynniki produkcji roślinnej. Wyd. Hortpress Sp. z o.o., Warszawa.
7. Grześkowiak A. 2016. Vademecum nawożenia, czyli podstawowe i praktyczne informacje o zrównoważonym nawożeniu, Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A.

8. <https://www.iung.pl/nawozenie-w-rolnictwie-ekologicznym/>
9. Krysztoforski M. 2011. Sporządzanie kompostów i biopreparatów, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
10. Krysztoforski M. 2022. Gospodarowanie substancją organiczną i składnikami pokarmowymi w rolnictwie ekologicznym, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
11. Kuboszek A., Milewska E. 2017. Innowacje ekologiczne w sektorze produkcji rolnej jako instrument zrównoważonego rozwoju [w:] Systemy wspomagania w inżynierii produkcji Jakość, Bezpieczeństwo, Środowisko, Vol. 6, issue 7.
12. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 (Dz. U. L 150 z 14.06.2018 r.)
13. Rydz-Żbikowska A. 2018. Rolnictwo ekologiczne jako specjalizacja w wybranych regionach Polski, Ekspertyzy i opracowania, Narodowy Instytut Samorządu Terytorialnego, 2018, nr 49, 1-15.
14. Szempliński W. 2017. Rośliny zielarskie. Wyd. UWM w Olsztynie.
15. Urban S. 2003. Rola ziemi w rolnictwie zrównoważonym a aktualne jej zasoby w Polsce, „Acta Agraria et Silvestria”, Series Agraria, Vol. XL
16. Wójcicki Z., Rudeńska B. 2015. Systemy rolniczej produkcji ekologicznej i precyzyjnej (informacyjnej), Problemy Inżynierii Rolniczej, 2 (88), 5–15.
17. Zasady stosowania nawozów i środków poprawiających właściwości gleby w rolnictwie ekologicznym, Ministerstwo Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/nawozy-spelniajace-wymogi-produkcji-ekologicznej>

THE ROLE OF HERBS AND DYE HERBS IN AN ORGANIC FARMING SYSTEM

GRANT NO : NdS-II/SP/0226/2023/01

WORKSHOP 7

The Importance of Compost in Organic Agriculture

Marta Pisarek, Ph.D. & Bernadeta Bienia, Ph.D.

7.1 INTRODUCTORY INFORMATION

The most yield-forming factor in crop cultivation is fertilisation. Its contribution to shaping future yield is estimated at 40-50%. Rational fertilisation aims to achieve higher and qualitatively better yields by providing plants with nutrients in the right amounts, at the right times and in the right form of fertiliser. In addition, fertilisation is intended to maintain or improve soil fertility, creating the best possible conditions for plant growth and development.

According to Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council, in organic crop production, soil fertility and biological activity shall be maintained through the use of crop rotations involving bean family plants, by maximising the use of natural and organic fertilisers generated on the farm. Fertilisers and soil conditioners are permitted where these treatments do not achieve or improve soil fertility. These are listed and authorised in accordance with the legislation in force in the Member State concerned.

Natural fertilisers include manure, dung, and liquid manure. For herbaceous crops, cattle, horse and pig manure can be used. Manure and liquid manure can be applied to these crops after composting. Organic fertilisers are fertilisers of plant origin. These include compost, green manures, straw, peat and biohumus. Natural and organic fertilisers contain organic substances with varying degrees of decomposition, and the minerals they contain become available to plants after the mineralisation process that takes place in the soil following their application.

In the case of mineral fertilizers, the organizational unit that evaluates and certifies compliance with the requirements set out in the organic farming regulations for fertilizers and soil conditioners for organic production and maintains a list of them is the IUNG EN – The Institute of Soil Science and Plant Cultivation

7.2 AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS IN MODERN AGRICULTURE

An agricultural system is a way of managing agricultural space in terms of plant and animal production and their processing, valued by ecological and economic criteria. The basis for distinguishing systems is the degree of dependence of agriculture on industrial means of production, mainly mineral fertilisers and pesticides, and its impact on the natural environment.

In modern agriculture, three farming systems are distinguished:

1. **conventional** (intensive, industrialised) - a way of farming aimed at maximising profit, achieved through high plant and animal productivity. This productivity is achieved on specialised farms using production technologies based on high use of industrial inputs (mineral fertilisers, plant protection products) and very low labour inputs.
2. **organic** (organic, biological, bio-organic) - a way of farming which, by activating natural production mechanisms through the use of natural means not processed technologically, ensures sustainable soil fertility and animal health as well as high biological quality of agricultural products. In the recommendations for organic production, fertilisation with natural and other organic fertilisers is preferred to mineral fertilisers, as, in addition to their fertilising effect, organic fertilisers increase the reproduction of soil organic matter. The European Commission, in turn, defines organic farming as 'an agricultural system that provides fresh, flavoursome, authentic food produced while respecting natural cycles'.

The European Commission also emphasises that the objectives of organic farming are pursued through specific agro- and zootechnical measures which reduce the

human impact on the environment to a large extent, while at the same time allowing the agricultural system to function naturally.

Among the classic practices of organic farming are:

- the use of multi-year crop rotation to maximise the use of local resources,
- a radical rejection of the use of chemical plant protection products and synthetic fertilisers, antibiotics for animals, food additives and processing aids, as well as other artificial means used in production,
- a complete ban on the use of genetically modified organisms,
- using own resources for farming (fodder produced on the farm, manure, etc.),
- selection of plant and animal varieties resistant to disease and capable of adapting well to local conditions,
- keeping livestock in a free-range system with open access to the open air and feeding them with feed of organic origin,
- the use of animal husbandry practices appropriate to the breed.

3. integrated (harmonious, sustainable) - a way of farming that makes it possible to achieve economic and environmental objectives through the conscious use of modern production techniques, the systematic improvement of management and the implementation of various forms of biological progress in a manner conducive to these objectives. Sustainable agriculture offers food produced with a minimum of fertilisers and plant protection products, and is oriented towards the use of the earth's resources in such a way that they do not destroy their natural sources but make it possible to satisfy the basic needs of future generations of producers and consumers. The system combines the use of state-of-the-art technical means and technology with a broader ecology at both the micro and macro level.

In order to refer to agriculture as sustainable, it must have the following characteristics:

- social acceptability - production must be accepted from everywhere;
- economic viability - production is economically viable;
- environmental safety - production is to ensure the safety of the natural environment;
- production efficiency - production must be sufficient to meet the needs of consumers.

7.3. MINERAL FERTILISERS USED IN ORGANIC FARMING

Organic farming does not allow the use of chemically processed mineral fertilisers. Nutrient deficiencies in the soil can be supplemented with certified fertilisers that are approved for use in organic farming. These are slower acting fertilisers compared to those used in conventional agriculture. They make it possible to meet the plants' needs for nutrients taken up in large quantities, i.e. nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium.

The use of such fertilisers, however, requires soil analyses for the abundance of the above-mentioned nutrients as well as soil pH to be carried out at agricultural chemical stations. Soil samples should be tested every 3-4 years. An exception is the determination of available nitrogen, which should be determined immediately before sowing or planting crops. This is due to the high lability of this nutrient.

The amount of nutrients to be applied to herbaceous crops depends on the species, variety, purpose of the raw material, soil pH, amount of bioavailable forms of nutrients in the soil, forecrop, weather conditions, type of fertiliser used. It is also important to consider the use of nutrients from mineral fertilisers. In the case of nitrogen applied to arable land, it is 40-80%, phosphorus 15-35% and potassium 40-90%.

In rational mineral fertilisation, the use of too high doses of fertilisers should be avoided, due to the fact that the quality of the crop will deteriorate and the plants will be less resistant to diseases and pests.

When determining the doses of mineral fertiliser for herbaceous plants, it is recommended to keep to the following N:P:K ratios:

2:1:3 - under plants grown for underground raw materials (roots, rhizomes),

2:1:2 - under plants cultivated for their herbs and leaves,

1:1:1.5 - under plants grown for floral, fruit and seed raw materials.

Macronutrients and micronutrients have a number of functions in plants. They influence physical, chemical, biochemical and physiological processes.

Nitrogen is considered to be the most yield-forming nutrient, but it can also be the most yield-degrading. This element influences the growth rate of the plant, the size of the assimilative surface area, the content and quality of plant proteins and also improves the biological quality of the crop (increases the content of carotene, chlorophyll, vitamins). Excess of nitrogen is not advisable due to too luxuriant growth of aboveground parts, delayed ripening, increased tendency to lodge and susceptibility to diseases and pests.

The nitrogen used in fertilisers may be in various forms, which affects the effectiveness of fertilisation with this component.

The ammonium form is the typical pre-sowing form. Its use influences the development of the root system, improves tillering and enhances the uptake of sulphur, phosphorus and boron. At the same time, fertilisers containing this form of nitrogen (ammonium sulphate) have an acidifying effect on the soil, which makes them unsuitable for most herbaceous plants.

The nitrate form leaches out of the soil extremely easily. It is best applied as a late top dressing, at intensive plant growth stages, in divided doses. The efficiency of application of this form of nitrogen increases at higher temperatures. The nitrate form can be found in the following fertilisers: sodium nitrate, calcium nitrate, potassium nitrate).

The ammonium nitrate form combines the characteristics of the two forms mentioned above, making it a versatile form. It can be applied immediately before sowing or post-sowing, but mixing it into the soil is important. This form can be found in ammonium nitrate, salmag, saltpeter.

The amide form is found in urea. This form is a long-acting form that slightly acidifies the soil. It can be taken up by both the root system and the leaves during foliar application. Urea should not be applied at temperatures below 10°C. In herbaceous crops, the amide form of nitrogen has a limited use.

Phosphorus influences the development of the plant root system, the uptake of nutrients from the soil, the size and quality of seeds and fruit. In addition, it affects the quality of crops, i.e. starch, sucrose, protein content. Its deficiency is revealed by

slower plant growth, reduced flowering, resulting in less seeds and fruit. In addition, the plant takes on a purple or red colour.

Phosphorus fertilisers can contain water-soluble, fast-acting phosphorus or weak- and strong-acid soluble, slow-acting phosphorus. These fertilisers are applied pre-sowing 'under the plough'.

Potassium has an effect on plant water regulation, reduces lodging, reduces nitrate uptake by plants, reduces plant infection by diseases, especially fungal diseases, increases the protein, sugar, starch, pectin and fat content of the plant, increases frost hardiness. Its deficiency causes plants to wilt, with leaves turning yellow at the tops and edges. An excess of potassium is also undesirable, as it worsens the yield value. Potassium fertilisers are available in chloride and sulphate forms. The chloride form of the fertilisers causes acidification of the soil. These fertilisers are best applied a few weeks before sowing, due to the leaching of chlorides from the soil. Most commonly, potassium fertilisers are used in tandem with phosphate fertilisers.

Magnesium regulates the uptake of minerals from the soil, increases the accumulation of sugars, proteins in plants and, as a component of chlorophyll, increases the intensity of carbon dioxide fixation. Magnesium deficiency results in slower plant growth, reduced plant resistance to disease and lower yields. Magnesium fertilisers are generally applied topically, but magnesium can also be used as a foliar application.

Calcium reduces the toxic effect of aluminium on plants, stimulates the growth of the root system and aboveground shoots, reduces infestation by fungal diseases, and regulates the water balance of plants. This element determines the soil pH, which in turn influences the physical, chemical and biological properties of the soil. A factor that disrupts the appropriate amount of calcium in a plant, leading to many unfavourable plant reactions, is boron deficiency in the soil. Plants take up quite high doses of calcium, resulting in the need for soil liming. Fast-acting oxide-type lime fertilisers should be applied to heavier soils, while slow-acting carbonate-type lime should be applied to light soils.

Sulphur increases production of essential amino acids, reduces susceptibility of plants to lodging and fungal disease infestation, affects flower colour, increases fatty acid production by oilseed plants.

Iron influences nitrate reduction, uptake of sulphate from the soil, reduces lodging of plants.

Manganese controls plant nitrogen metabolism, reduces plant lodging, influences flavonoid synthesis.

Copper regulates nitrogen management and is involved in the synthesis of toxic compounds for pathogenic fungi.

Zinc shapes the growth of roots and aboveground shoots, improves nitrogen management of crops.

Boron influences seed setting processes, protection against pathogenic fungi.

Molybdenum influences the uptake of nitrates by plants, nitrogen fixation by bean plants.

Chlorine reduces plant sensitivity to drought, reduces infestation by fungal diseases, stimulates protein synthesis.

Silicon reduces susceptibility to lodging, in acidic soils reduces the toxic effects of aluminium and manganese, strengthens the root system of plants.

7.4 ORGANIC AND NATURAL FERTILISERS USED IN ORGANIC FARMING

Manure is a mixture of excrement, urine and mulch. It is a fertiliser characterised by a diversity of plant nutrients and contains organic matter and rich microflora. Its composition varies according to the species of animal from which it comes, the ration fed, the type of litter used, the amount of liquid added. This causes its chemical composition to vary considerably. On average, manure with a dry matter content of 21% contains 0.5% nitrogen, 0.3% phosphorus, 0.7% potassium, 0.5% calcium, 0.2%

magnesium. In addition, it is a source of micronutrients, including iron, zinc, copper, molybdenum, manganese, cobalt - extremely important, as their deficiency is often noticed. The standard dose of manure is 25-30 t.ha⁻¹. This allows the introduction of 150 kg N, 90 kg P₂O₅, 180 kg K₂O, 150 kg CaO and 60 kg MgO into the soil. The effect of manure is spread over several years. In the first year, plants use on average about 30-40% of nitrogen, 15-25% of phosphorus, 40-50% of potassium, and in the second year another 20% of nitrogen, 5% of phosphorus and 15% of potassium, in the third year - 15, 5 and 5% respectively.

Manure is most commonly applied to root crops and vegetables preferably in the autumn. According to current legislation, the dose of nitrogen fertiliser per hectare of farmland may not exceed 170 kg N, which corresponds to a manure dose of no more than 35 t.ha⁻¹. To limit nitrogen losses, manure should be spread evenly over the field and mixed or covered with soil as soon as possible. It is recommended that the manure is mixed within a maximum of 12 hours of application, as much of the ammonia volatilises within the first 12 hours of application in the field. The sooner the manure is mixed into the soil, the lower the nitrogen losses will be. Late ploughing of manure reduces its fertilising value, thus translating into reduced crop yields.

Depending on the type of soil, it is recommended to mix the manure to a depth of 15-25 cm. On light soils deeper, due to the high rate of mineralisation, while on heavy soils less deep, as in these soils it takes several months for the manure to decompose. Applying manure too deep hinders decomposition, while applying it too shallow accelerates it. Manure should not be applied in summer and early spring, due to nitrogen losses. Manure should preferably be applied on a windless, cloudy day, or even with a light drizzle, as this is when there is the least loss of nitrogen to the atmosphere (in the form of ammonia, which immediately dissolves in the rainfall and soaks into the soil in the form of ammonia water).

Furthermore, it is advisable to use well-digested and mature manure, due to the fact that it quickly makes the nutrients it contains available to the plants as a result of mineralisation by micro-organisms. The use of manure is not recommended in years when liming is planned, as lime accelerates the decomposition (mineralisation) of the manure, causing some loss of nitrogen, as well as the volatilisation of phosphorus. However, if both treatments must be carried out, lime fertilisers should be exported to

the stubble, while manure should be applied in late autumn or spring with a minimum interval of 6 weeks.

In the cultivation of herbaceous plants, manure is applied under the forecrop at a rate of 30-35 t.ha⁻¹. Species such as coriander, opium poppy, common chamomile, milk thistle are best cultivated in the third year after manure, while globe artichoke, common horseradish, **horse-heal**, nettle and rhubarb can be cultivated immediately after manure.

Green manures are immature plants, preferably from the broad bean family (yellow lupin, peas, bird's-foot, vetch) but also plants from other botanical families: white mustard, buckwheat, phacelia, oilseed radish, winter oilseed rape, rye grown for ploughing. These are plants that are characterised by rapid growth and produce a lot of vegetative mass. Green manures are particularly important on farms where manure and compost do not cover fertiliser needs. They are most often sown as stubble intercrops, winter intercrops and cereal undersowns. Because green manures are used in their green, immature form, they provide significant amounts of nitrogen and carbon in simple compounds that are easily mineralised.

The importance of green manures is versatile: they form a soil cover, enrich the soil with organic matter, contribute to the activation of biological life in the soil, promote soil loosening and improve soil structure, provide many nutrients to crops, especially nitrogen, while reducing leaching, provide bee forage (especially phacelia) and are food for many wild mammals in the winter.

Before being ploughed, green manures should be thoroughly broken up with a disc harrow. They should then be ploughed in, but not too deeply because of the need for oxygen for decomposition. In herbaceous crops, green manures are a very good pre-crop due to the fact that they provide a large amount of nutrients. They contribute to the possibility of growing herbaceous plants on inferior sites.

Straw is a by-product of cereal, legume and oilseed production. It is suitable for use as an organic fertiliser on farms that do not have livestock. Straw contains about 90% dry matter and the amount of constituents in fresh matter is: 0.5-0.7% N, 0.2% P₂O₅, 1.5% K₂O. For faster decomposition of the straw in the soil, it should be cut into chaff

and nitrogen should additionally be applied at a rate of 6-10 kg per tonne in the form of a mineral fertiliser such as urea. The reason for this is that cereal straw has a wide carbon to nitrogen ratio, which causes the bacteria that decompose it to deplete the soil of nitrogen. This can cause temporary deficiencies of this element and contribute to poorer growth and development of crops.

7.5. COMPOST - COMPOSITION AND USE

Compost is recognised as the best organic fertiliser used in agriculture. It is the product of the initial stage of humification of various organic wastes. According to Krauter [1998], it is the heart of any biological garden, or to put it less poetically, the belly of the garden. In its guts, the 'waste' that the gardener collects throughout the year is digested and processed. This creates a new humus-rich product - nutrient for the soil.

Compost is a multi-nutrient fertiliser. The nutrient content of composts typically ranges from 0.75-1.5% N, 0.25-0.5% P₂O₅ and 0.5-1.0% K₂O. The fertilising effect of composts is often compared to that of manure.

Compared to manure, compost works faster and the nutrients are better utilised. In addition to nitrogen, phosphorus and potassium, composts have been reported to contain a high proportion of organic matter and varying amounts of other macro- and micro-nutrients, as well as plant growth stimulants such as vitamin B, natural hormones and organic acids. Nitrogen is present in composts in relatively stable compounds, so it is not susceptible to ammonia losses and does not pose a risk of damage to seeds or plant sprouts.

Compost is a soil fertility enhancer and maintainer. It has a beneficial effect on the biological and physico-chemical properties, improving the water holding capacity or structure of soils. Its use also alleviates one-sided or unbalanced mineral fertilisation. It contributes to an increase in soil microbial activity, the development of microflora antagonistic to many plant pathogens. As a result of the release of heat during the decomposition of organic matter, the composted material reaches a temperature as high as 65°C, so there is neutralisation of pathogens. Fertilising with compost enriches the soil with its most important component - humus.

The quality of compost is influenced by the substances used to produce it and the conditions of the composting process.

Substrates for the production of compost may be organic materials of plant origin, natural fertilisers (manure, liquid manure, slurry, bird droppings) or post-production waste. To make compost as valuable as possible, about 70% to 80% of its components should be organic waste, about 10 to 20% should be filled with organic and mineral fertilisers and the remaining few to 10% should be soil.

The correct proportion of the various components of compost is important because raw materials with a high carbon content provide the cellulose necessary for bacteria to produce heat and sugars, while raw materials with a high nitrogen content are the source of the most concentrated proteins that allow bacteria to grow. These two basic components, carbon and nitrogen, play an important role in the decomposition process, as micro-organisms need 30 molecules of carbon to utilise a molecule of nitrogen. The optimum carbon:nitrogen C:N ratio is 20-30:1, i.e. there should be 1 atom of nitrogen for every 20-30 carbon atoms.

When the C:N ratio is not optimal the work rate of the micro-organisms and the associated decomposition rate change. When there is more than 30 carbon, the composting process slows down, when there is less than 20 there are odour problems (they are emitted by rotting proteins). Micro-organisms find carbon in the organic material constantly available to them. The amount of nitrogen, on the other hand, varies depending on the type of composted material. A relatively large amount of nitrogen is contained in fresh green plant matter, manures. Tree leaves, straw and sawdust have an unfavourable C:N ratio (Table 1).

Table 1. C:N ratios in the most commonly used raw materials for composting

Organic matter for composting	Stosunek C:N
food waste	15:1
grass from the lawn	15:1
hay from leguminous plants	12:1
young branches and weed	15:1

meadow grass	15-25:1
fresh leguminous plants	10-20:1
straw from bean plants	15:1
manure	20-35:1
vegetable leftovers	15-25:1
fruit leftovers	25-35:1
corn silage	40:1
hay and grass silage	15-25:1
mature weed	20-40:1
cardboard	500-600:1
straw	60-120:1
leaves	50-100:1
cornstalks	60:1
sawdust	500:1

Source: Krysztoforski M., Gospodarowanie substancją organiczną i składnikami pokarmowymi w rolnictwie ekologicznym, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu 2022, Krysztoforski M., Sporządzanie kompostów i biopreparatów, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu 2011; Kreuter M.L., Ogród w zgodzie z naturą, Wyd. Elipsa 1998

The rate of decomposition of plant residues depends on the lignin content, the proportion of which has an inhibiting effect on the decomposition processes. Sugars, starch and proteins decompose most easily, while lignin, waxes and tannins decompose most slowly. The organic material used to produce compost is characterised by low thermal conductivity and high porosity. This results in good insulation from external conditions, thus providing stable thermal conditions for the growth of a variety of microorganisms.

Composting is an aerobic process in which decomposition of organic matter occurs, and the aim of this decomposition is to produce compost - a strongly humified plant material with an earthy colour, a specific odour and a C:N ratio <20. The full cycle takes about 6-9 months. The composting process is extremely complex. It involves a number of numerous biochemical, chemical and physical processes taking place in the presence of living organisms: bacteria, fungi, small soil animals - sochiopods, earthworms. At the beginning of the composting process, organic matter must be broken down, which is associated with the release of energy stored in the

decomposed compounds (dissimilation). The organic compounds are 'broken down' and their chemical bonds destroyed. Micro-organisms are involved in the decomposition and transformation and give the matter a new form and structure, contributing to the formation of humus.

Decomposition of organic matter takes place in several phases.

1. **Preliminary phase** - characterised by intensive activity of soil organisms that decompose organic matter. This process is rapid and efficient. The temperature rises to 60°C, which accelerates the decomposition process and the multiplication of thermophilic bacteria. The pH (pH) decreases as organic acids are produced.
2. **Intensive decomposition phase** - is very important for the process and the quality of the compost obtained, due to the fact that in the high temperature maintained for several days various harmful organisms are destroyed - including bacteria harmful to humans, eggs of parasites and even weed seeds. The intensive composting phase lasts from a few days even up to a few weeks. This is when the most easily decomposed compounds are broken down: sugars, organic acids, starch. The reaction inside the compost pile increases (the transformation environment changes from acidic to alkaline) and under these conditions, nitrogen can be lost and volatilised as ammonia.
3. **Decomposition phase** (composting proper) - in this phase, the primordia are cooled down and their volume is reduced. This phase lasts up to a few weeks at the longest, and during this phase the decomposition of substances difficult to decompose takes place: cellulose, lignin, fats, resins. Towards the end of this phase, fungi and macrofauna will appear in the compost heap, e.g.: mites, springtails, earthworms.
4. **Compost maturation phase** (secondary composting) - in this phase there is further cooling of the compost pile, which is rich in microfauna. During this period, organic matter is transformed, resulting in the formation of a uniform brown

humus. This phase lasts a few weeks even up to several months. The use of special methods and supportive substances shortens the processing period of organic matter by several weeks or months.

5. Maturity phase - the temperature inside the heap is equal to that outside, there are no longer any insects or earthworms in the heap. After sieving out the coarser, the material resembles and smells pleasantly of garden soil.

When planning to make compost, there are a number of factors to consider in order to make the composting process effective:

- Location of the site - for the compost heap, choose a site that is partially shaded, e.g. by tree branches, but not completely dark. In addition, it is a good idea for the site to be sheltered from the wind. A good neighbour for compost is wild Elderberry, hazel, hawthorn. If there is not enough space, the compost heap can be covered with maize, beans or a row of raspberries.
- Material fragmentation - the smaller the individual pieces, the faster and more accurate the decomposition will be. Optimal pieces should be between 3 mm and 1.5 cm. Thorough mixing of the collected material is also important. Juicy green waste is then supplemented with dry woody twigs, as these will form a well-decomposed loose mixture.
- Maintaining sufficient, but not excessive, humidity - water is essential for the growth and reproduction of bacteria and fungi. In order for composting to take place properly, there must be sufficient moisture and access to air at all times. The ideal humidity is 50-60%. Higher humidity creates anaerobic conditions that lead to the emergence of decay processes.
- Prevalence of aerobic conditions throughout the digestion period - such conditions are ensured by proper stacking of the composting materials on the compost heap and frequent mixing.
- Maintaining the right regime of thermal conditions - in the pile, the temperature should fluctuate between 20-35°C, as this is when the microorganisms that rapidly decompose the cellulose develop intensively (natural, cold composting). Maximum temperatures can reach 60°C, as pathogenic bacteria die under these conditions (hot composting). In composts that are too cold, the decomposition of

organic matter is too slow. At temperatures below 10°C, the biological processes slow down considerably and stop completely around 0° C.

- Composting of organic materials with variable C:N content - from rapidly decomposable to poorly decomposable.

In organic production, compost is one of the basic fertilisers, but it should be prepared according to the principles of this system. Compost can be applied once every three or four years, but one must bear in mind the so-called nitrogen criterion, which allows the application of no more than 170 kg N/ha/year in the form of organic fertilisers. The advantage of these fertilisers is the spreading of their fertilising effect over time, as well as the multidirectionality of this effect on both the plant and the soil properties.

Factors limiting the fertilising value of composts are excessive levels of heavy metals, pathogenic organisms and other contaminants, including the presence of weed seeds. Organic crops should use well-decomposed compost, i.e. at least three years old, with an earthy colour and a specific smell, and a C:N ratio of no more than 20:1. This will ensure that it is easily mineralised and thus provides nutrients to the plants.

Compost can be applied before the plantation is established by mixing it into the soil with a cultivator or harrow, as well as post-harvest by spreading it between the rows. The recommended dose of compost is 30-40 t.ha⁻¹.

Depending on the substances used for composting and their proportion, there are different categories of this fertiliser:

- **Vermicompost** (earthworm compost, coprolite compost, biohumus) - this is obtained by composting organic matter with several earthworm species. The California earthworm (*Eisenia fetida*) is best suited for this purpose. Compared to the others, this species is distinguished by its high activity in processing the substrate and the possibility of manifesting this activity throughout the year, the shortest growth period and the highest reproduction rate. Earthworms participate in the mechanical decomposition phase, digesting and excreting organic parts to speed up microbiological processes. They operate in the top layer (up to 20 cm) of the compost and do not escape deeper. Many

preparations with 'biohumus' in their name are earthworm compost solutions. Vermicompost has particularly favourable properties compared to compost obtained by traditional methods. Its specific properties depend, among other things, on the composition of the nutrient matter, the density of the reared specimens and their residence time in the individual nutrient layers, resulting in more thorough processing and crumbling. Vermicompost contains large amounts of enzymes and micro-organisms associated with earthworm metabolism. In addition, the amount of macronutrients (phosphorus, potassium, calcium and magnesium) increases significantly in residues processed in this way, while toxic heavy metal compounds are transformed into combinations of these metals that are difficult for plants to assimilate. The introduction of such compost into the soil stimulates its biological life. This is particularly important for soils that have lost their self-cleaning capacity due to contamination. In addition, biohumus is recommended when transplanting plants, as it alleviates the stress associated with this procedure. It also has a neutral reaction (pH 6.6-7.5), which makes it ideal for use in organic farming.

- **Biodynamic compost** - is prepared from farm raw materials and manure with biodynamic preparations made from herbs during a special, complex procedure. Six specially prepared biodynamic preparations are added to the compost heap in a suitable arrangement.
- **Anaerobic compost** - this is obtained using the polythene bag method. Bags with a capacity of 100-150 l and a thick wall (2-3 mm) are filled with plant residues, moistened with a litre of slurry and 0.5 kg of lime is added per bag to neutralise the acids formed in anaerobic processes. The bags are tightly tied and covered with a thick layer of straw. This compost is ready after 1 year at the earliest. Composts can also be used as gardening substrates.
- **Manure compost** ('manure soil') is compost obtained from pure manure that is very rich in nutrients (on average 1.4 N; 1.8 P₂O₅; 1.3 K₂O and 2.8 CaO in dry matter). Manure from farms using straw as bedding is best for composting. When forming a pile, layer the manure with soil or compost. Do not use lime. Such compost is particularly good for plants with high nutrient requirements.

- **Sod** compost (**sod** soil) - layers of turf 5-10 cm thick are laid grass down and each layer on the root side is sprinkled with lime. For enrichment, the turf can be layered with layers of manure.
- **Leaf compost** (leaf soil) - when making such compost, mix the leaves of different tree species and add some green matter, such as nettles. When arranging the pile, it is best to overlay the layer of leaves with a layer of compost, animal manure. It is worth using a starter to speed up decomposition. This compost should be moistened with clean water, as it is a substrate for ornamental plants with low nutrient requirements (on average 1.0 N; 0.13 P₂O₅ ; 0.17 K₂O and 0.48 CaO in dry matter). The leaves of walnut, oak and alder contain a lot of tannins and are difficult to decompose, so they can be added in small quantities.
- **Compost soil** - compost with additions of sand or clay.
- **Peat soil** - compost with up to 50% peat added.

BIBLIOGRAPHY

1. Andrzejewska J., Pisulewska E. 2019. Uprawa roślin zielarskich, Wyd. Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz.
2. Boruszko D. 2011. Badania i ocena wartości nawozowej kompostów i wermikompostów, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 13, 1417-1428.
3. Fotyma M., Kuś J. 2000. Zrównoważony rozwój gospodarstwa rolnego, „Pamiętnik Puławski”, tom 120, nr 1.
4. Glanz R. 2012. Teoretyczne podstawy kompostowania, Scientific Works of Institute of Ceramics and Building Materials, 10, 81- 88
5. Grand A., Michel V., Kompost – zalety i wady, Best4soil, <https://www.best4soil.eu/videos>
6. Grzebisz W. (red.) 2015. Rolnictwo. Produkcja roślinna. Czynniki produkcji roślinnej. Wyd. Hortpress Sp. z o.o., Warszawa.

7. Grześkowiak A. 2016. Vademecum nawożenia, czyli podstawowe i praktyczne informacje o zrównoważonym nawożeniu, Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A.
8. <https://www.iung.pl/nawozenie-w-rolnictwie-ekologicznym/>
9. Krysztoforski M. 2011. Sporządzanie kompostów i biopreparatów, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
10. Krysztoforski M. 2022. Gospodarowanie substancją organiczną i składnikami pokarmowymi w rolnictwie ekologicznym, CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
11. Kuboszek A., Milewska E. 2017. Innowacje ekologiczne w sektorze produkcji rolnej jako instrument zrównoważonego rozwoju [w:] Systemy wspomagania w inżynierii produkcji Jakość, Bezpieczeństwo, Środowisko, Vol. 6, issue 7.
12. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 (Dz. U. L 150 z 14.06.2018 r.)
13. Rydz-Żbikowska A. 2018. Rolnictwo ekologiczne jako specjalizacja w wybranych regionach Polski, Ekspertyzy i opracowania, Narodowy Instytut Samorządu Terytorialnego, 2018, nr 49, 1-15.
14. Szempliński W. 2017. Rośliny zielarskie. Wyd. UWM w Olsztynie.
15. Urban S. 2003. Rola ziemi w rolnictwie zrównoważonym a aktualne jej zasoby w Polsce, „Acta Agraria et Silvustria”, Series Agraria, Vol. XL
16. Wójcicki Z., Rudeńska B. 2015. Systemy rolniczej produkcji ekologicznej i precyzyjnej (informacyjnej), Problemy Inżynierii Rolniczej, 2 (88), 5–15.

Principles for the application of fertilisers and soil conditioners in organic farming, Ministry of Agriculture and Food can be found at the following on-line at:

<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/nawozy-spelniajace-wymogi-produkcji-ekologicznej>

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa II” nr projektu NdS-II/SP/0226/2023/01 kwota dofinansowania 446 362,06 zł całkowita wartość projektu 446 362,06 zł.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego
