



Nawożenie na TUZ – najnowsze tendencje i wymogi formalne

dr hab. inż. Barbara Wróbel, prof. ITP-PIB

Szkolenie w formie online dla pracowników stacji chemiczno-rolniczych, doradców rolnych i rolników nt. „Racjonalne nawożenie trwałych użytków zielonych” w ramach Zadania 2 „Racjonalne nawożenie” realizowanego na podstawie umowy dotacyjnej nr DIW.ib.070.3.2025 zawartej między Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi a Instytutem Technologiczno-Przyrodniczym – Państwowym Instytutem Badawczym.

Falenty, 13.11. 2025 r.

Definicja trwałych użytków zielonych

- Zgodnie z definicją **trwałe użytki zielone** są to **grunty wykorzystywane do uprawy traw lub innych pastewnych roślin zielnych rozsiewających się naturalnie (samosiewnych) lub uprawianych (wysiewanych), które nie były objęte płodozmianem danego gospodarstwa rolnego przez okres pięciu lat lub dłużej.**
- TUZ mogą obejmować inne gatunki, takie jak krzewy lub drzewa, które mogą nadawać się do wypasu, pod warunkiem że zachowano przewagę traw i innych pastewnych roślin zielnych, czyli ponad 50%.
- Planowana jest nowelizacja:

Dopiero po 7 latach niezmiennego użytkowania dany grunt będzie uznawany za trwały użytek zielony.

Źródło: Rozporządzenie (UE) nr 1307/2013, art. 4 ust. 1 lit. h)



Najważniejsze przepisy regulujące kwestie wykorzystania nawozów mineralnych i organicznych na TUZ zawarto w następujących dokumentach:

- **Dyrektywa Azotanowa (91/676/EWG)** - Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG) (Dz. U. UE L.1991.375.1 z dnia 31 grudnia 1991 r.);
- **Program Azotanowy w Polsce;**
- **Ustawa - Prawo wodne** – ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz. U. 2023 poz. 1478, 1688, 1890, 1963, 2029).
- **Ustawa o nawozach i nawożeniu** (Dz.U. z 2007 r. nr 147, poz. 1033, z późn. zm.);
- **Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 24 stycznia 2024 r.** (Dz.U. 2024 poz. 105).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie
"Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu" (Dz.U. 2023 poz. 244) tak zwany „program azotanowy”.

W stosunku do obowiązującego od 2020 r. programu azotanowego, wprowadzono w szczególności zmiany dotyczące:

- zastosowania elastycznego wiosennego terminu nawożenia;
- aktualizacji wskaźników produkcji nawozów naturalnych i zawartego w nich azotu;
- sposobu obliczania maksymalnych dawek nawozów azotowych;
- dodania równoważników nawozowych dla ścieków i osadów ściekowych.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 sierpnia 2024 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu

- W stosunku do poprzedniej wersji z 2008 roku:
- Reguluje kwestie produktów pofermentacyjnych i aktualizuje wymogi dotyczące badań nawozów oraz środków poprawiających właściwości gleby.
- Wprowadza rozszerzone wymagania w zakresie badań fizykochemicznych i biologicznych, a także warunki stosowania nawozów wyprodukowanych z odpadów lub produktów ubocznych, których działanie nie jest jeszcze dobrze poznane w rolnictwie.
- Wprowadza bardziej szczegółowe regulacje dotyczące jednostek organizacyjnych odpowiedzialnych za badania nawozów, takie jak IUNG-PIB i inne wyspecjalizowane instytuty badawcze.

Obowiązki rolników w zakresie nawożenia TUZ

✓ Terminy stosowania nawozów

Nawozy można stosować tylko w terminach określonych w programie azotanowym. Terminy zależą od regionu kraju i rodzaju nawozu.

✓ Maksymalne dawki azotu

Łączna dawka azotu (z nawozów naturalnych i mineralnych) nie może przekraczać limitów programu azotanowego. Dawki ustala się w zależności od rodzaju TUZ i spodziewanego plonu.

✓ Warunki stosowania nawozów

Zakaz nawożenia na glebach zalanych, zamrzniętych lub pokrytych śniegiem. Obowiązek zachowania pasm ochronnych przy ciekach i zbiornikach wodnych. Ostrożność przy nawożeniu na stokach i terenach o dużym nachyleniu.

✓ Przechowywanie nawozów naturalnych

Nawozy muszą być magazynowane w sposób zapobiegający zanieczyszczeniu wód i gleby. Zbiorniki i płyty obornikowe muszą mieć wymaganą pojemność i szczelność.

✓ Ewidencja nawożenia

Gospodarstwa >10 ha lub >10 DJP prowadzą rejestr zabiegów agrotechnicznych. Wpisuje się rodzaj nawozu, dawkę, datę i powierzchnię zastosowania.

✓ Kontrola i dopłaty

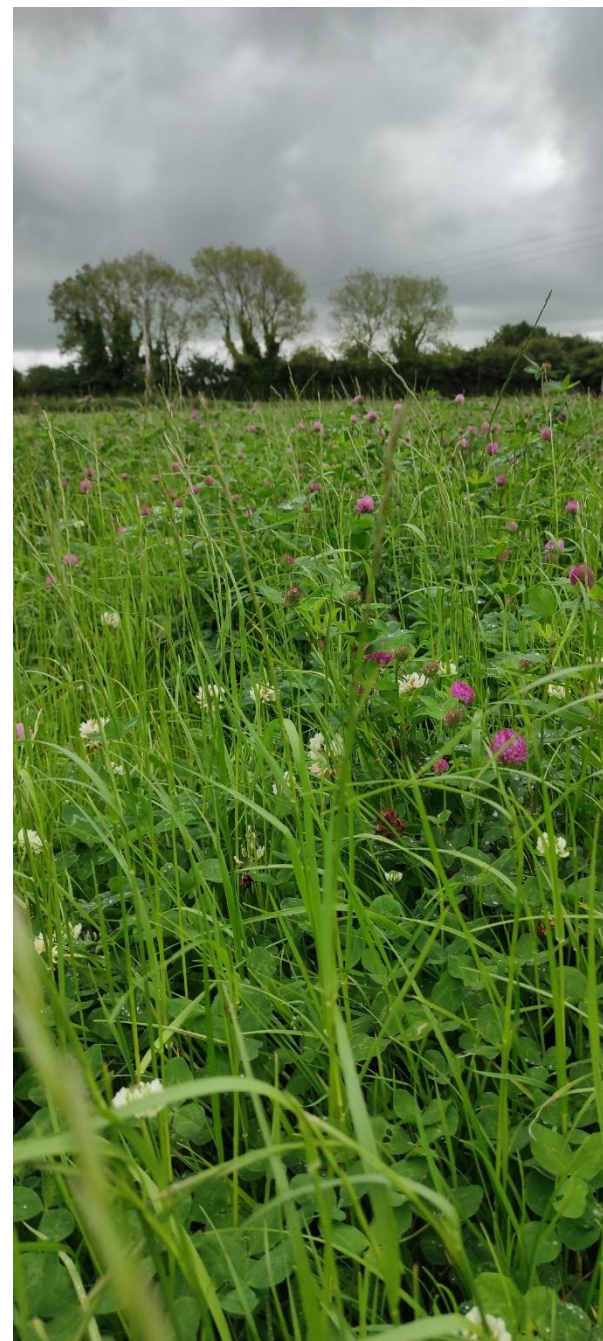
Nieprzestrzeganie przepisów może skutkować obniżeniem płatności.

Adaptacyjne zarządzanie nawożeniem – nowa koncepcja nawożenia TUZ

Koncepcja adaptacyjnego zarządzania nawożeniem (*Adaptive Fertiliser Management – AFM*) powstała w odpowiedzi na rosnące wyzwania związane ze zmianami klimatu, zmiennością pogodową i potrzebą zrównoważonego gospodarowania składnikami odżywczymi.

AFM to nowoczesne podejście do nawożenia, integrujące tradycyjne zasady z nowymi technologiami, umożliwiające elastyczne reagowanie na zmienne warunki środowiska i potrzeby roślin.

W przypadku trwałych użytków zielonych AFM pozwala utrzymać wysoką produktywność i jakość runi przy jednoczesnym ograniczeniu strat składników i wpływu na środowisko.



Cele nawożenia TUZ



Cele produkcyjne

- Utrzymanie wysokiej i stabilnej produktywności TUZ→ zapewnienie dużych i równych plonów biomasy
- Poprawa jakości pasz→ lepszy skład mineralny i strawność paszy, większa wydajność zwierząt
- Efektywne wykorzystanie składników pokarmowych→ maksymalne pobranie przez rośliny, ograniczenie strat i kosztów nawożenia



Cele środowiskowe

- Ochrona wód i gleby→ ograniczenie strat azotu i fosforu do środowiska
- Zachowanie równowagi biologicznej TUZ→ wspieranie bioróżnorodności i zdrowej struktury gleby
- Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych→ racjonalne gospodarowanie azotem i materią organiczną



Cele adaptacyjne i pośrednie

- Adaptacja do zmian klimatu→ dostosowanie nawożenia do okresów suszy, intensywnych opadów i zmian temperatur
- Utrzymanie trwałości i odporności runi→ regeneracja po wypasie, koszeniu i ekstremalnych zjawiskach pogodowych
- Zrównoważony rozwój gospodarstwa→ łączenie produktywności, opłacalności i ochrony środowiska

Specyfika nawożenia TUZ

- **Zróżnicowane warunki glebowe i hydrologiczne**
 - Gleby łąkowe mają wyższą zawartość azotu i próchnicy, wyróżniają się wysokim poziomem wody gruntowej, jednocześnie mogą być podatne na zakwaszenie i gorsze napowietrzenie.
 - Są wrażliwe na intensywne nawożenie oraz ryzyko wymywania składników.
- **Duże zróżnicowanie składu botanicznego naturalnych łąk i pastwisk.**
 - Na TUZ występuje ok. 350 gatunków roślin, z czego 15% stanowią trawy, 5% bobowate, pozostałe to gatunki dwuliścienne.
 - Nawożenie powinno być dostosowane do specyficznych wymagań nawozowych każdej z tych grup.
- **Zróżnicowana intensywność i sposób gospodarowania na TUZ**
 - Nawożenie dostosowane do sposobu użytkowania (użytkowanie kośne, pastwiskowe lub zmienne kośno-pastwiskowe).
- **Ochrona bioróżnorodności**
 - Zachowanie różnorodności gatunkowej roślin i zwierząt.
 - Umiarkowane dawki nawozów dla uniknięcia dominacji ekspansywnych gatunków.

Nawożenie użytków zielonych w warunkach zmieniającego się klimatu

Zjawisko klimatyczne / pogodowe	Skutek dla użytków zielonych
Wzrost średnich temperatur	Przyspieszenie wegetacji, stres cieplny dla roślin, szybsze parowanie wody, zmiany w składzie gatunkowym runi.
Dłuższe i częstsze okresy suszy	Ograniczenie wzrostu roślin, spadek plonu i jakości paszy, większe ryzyko strat azotu.
Intensywne i nieregularne opady	Podtopienia i powodzie, wypłukiwanie składników nawozowych
Ekstremalne zjawiska pogodowe (upały, grad, burze)	Uszkodzenia roślin, stres wodny i cieplny, miejscowe zniszczenia runi.
Zmiany w długości sezonu wegetacyjnego	Wcześniejszy start wegetacji na wiosnę, dłuższy sezon.
Wzrost stężenia CO ₂ w atmosferze	Wzrost produkcji biomasy.

Diagnostyka gleby – podstawa AFM

Dlaczego należy badać glebę na TUZ?

Umożliwia precyzyjne ustalenie dawek nawozów i uniknięcie strat składników.

Co należy badać:

- Odczyn gleby (pH) – określenie potrzeb wapnowania.
- Zasobność w składniki pokarmowe: Fosfor (P), Potas (K), Magnez (Mg), Azot mineralny (Nmin)
- Zawartość węgla organicznego (Corg)
- Stosunek C:N.

Kiedy i jak często badać:

- Co 4–5 lat (7 lat) – podstawowa analiza gleby (pH, P, K, Mg, Corg).
- Co roku, wiosną lub po zakończeniu sezonu wegetacyjnego – oznaczenie azotu mineralnego (Nmin).

Precyzyjne nawożenie na podstawie oceny stanu odżywienia roślin w trakcie wegetacji

Polowe metody instrumentalne

1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Wskaźnik zdrowia i kondycji roślin na podstawie odbicia promieniowania w paśmie czerwonym i bliskiej podczerwieni.

2. SPAD (Chlorophyll Meter)

Pomiar zawartości chlorofilu w liściach. Umożliwia szybką ocenę stanu azotowego roślin.

3. Crop Sensors / Optical Sensors

Czujniki montowane na maszynach lub dronach, mierzące odbicie światła w różnych zakresach (VIS, NIR).

4. Drony / UAV z kamerami multispektralnymi

Mapowanie stanu runi w dużej skali.
Tworzenie map NDVI i innych wskaźników wegetacji.
Pozwala na precyzyjne zarządzanie nawożeniem w strefach o różnym potencjale produkcyjnym.



Źródło: [https://cdn3.regie-](https://cdn3.regie-agricole.com/ulf/CMS_Content/2/articles/719121/04-claascropsensor.jpeg)

[agricole.com/ulf/CMS_Content/2/articles/719121/04-claascropsensor.jpeg](https://cdn3.regie-agricole.com/ulf/CMS_Content/2/articles/719121/04-claascropsensor.jpeg)

Najlepszym sposobem utrzymania rezerw składników w glebie jest **nawożenie w oparciu o bilanse N, P, K**, określające **potrzeby nawozowe runi łąkowej**.

System nawożenia zrównoważonego **zakłada, że suma składników wnoszonych na pole powinna równać się ilości składników wynoszonych z plonem**.

Potrzeby pokarmowe roślin to ilość składników pokarmowych, jaką pobierze roślina z dostarczonych nawozów i zasobów glebowych w celu uzyskania odpowiedniej wielkości i jakości plonu.

Potrzeby pokarmowe runi łąkowej w przeliczeniu na 1 t s.m. są następujące:

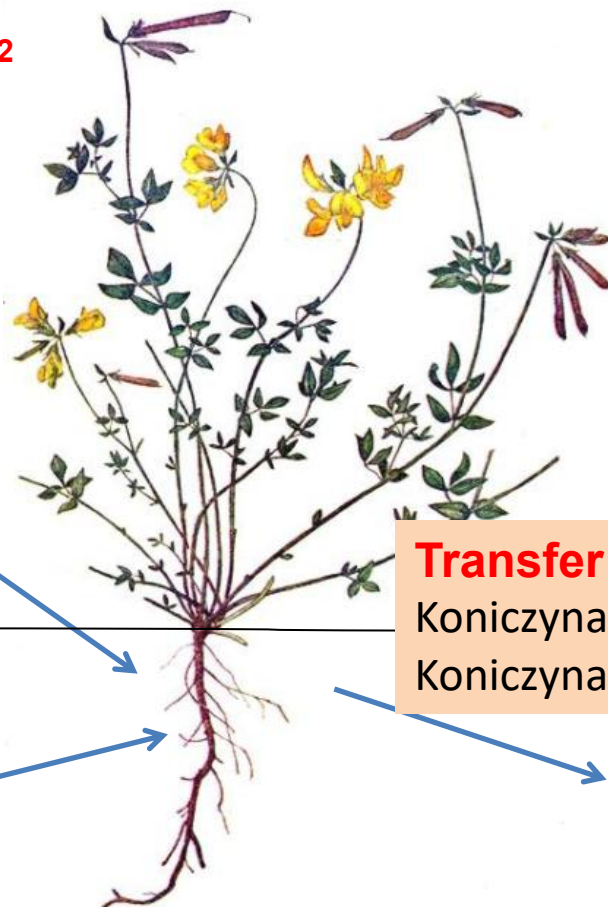
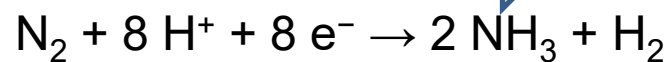
- 30 kg azotu (N)
- 4 kg fosforu (P)
- 15 kg potasu (K)
- 6 kg wapnia (Ca)
- 1,5 kg magnezu (Mg)
- 1,5 kg sodu (Na).

Znając ilości wyniesionych składników pokarmowych z 1 t plonu należy, w zależności od zakładanego plonu, wyliczyć potrzeby pokarmowe roślin, mnożąc jednostkowe pobranie składnika nawozowego przez przewidziany plon roślin z ha, a następnie wyliczyć w warunkach konkretnego pola, w zależności od zasobności gleby, potrzeby nawozowe roślin względem poszczególnych składników.

Symbiotyczne wiązanie N_2
100-380 kg N ha⁻¹ rok⁻¹

Wiązanie N_2

nitrogenaza



Transfer do traw

Koniczyna łąkowa: 0,4 do 12,4 kg N·ha⁻¹

Koniczyna biała: 0,4 do 36,9 kg N·ha⁻¹

Pobieranie N z gleby

Ryzodepozycja N

Schemat przepływu azotu w roślinach bobowatych; źródło: PIETRZAK, 2011, zmodyfikowany

Sporządzanie planów nawożenia z wykorzystaniem aplikacji bazujących na bilansach

- Aplikacje te (kalkulatory i programy nawozowe) uwzględniają pobranie składników nawozowych przez rośliny oraz ilości tych składników wprowadzanych do gleby z różnych źródeł tj. z nawozów mineralnych, naturalnych, N wnoszonych przez rośliny bobowate itd.
- Dla obliczenia zapotrzebowania na składniki nawozowe przyjmuje się wartość oczekiwanego plonu (na podstawie plonów użytku w ostatnich pięciu latach).
- **Narzędziem umożliwiającym opracowanie kompleksowego planu nawożenia TUZ makroelementami (N, P, K, Mg), mikroelementami oraz wapnowania gleb jest m.in. program INTER-NAW.**
- Program ten oblicza dawki nawozów mineralnych uwzględniając wymagania pokarmowe roślin oraz dostępność składników pokarmowych z innych źródeł (nawozy naturalne, organiczne, produkty uboczne i in.).
- Plan nawożenia N lub maksymalne dawki N są obliczane zgodnie z założeniami „programu azotanowego”.
- Aplikacja **INTER-NAW** dostępna jest na stronie Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej (www.schr.gov.pl) w wersji on-line oraz w wersji off-line (do instalowania i korzystania na własnych urządzeniach).

Nawożenie mikroelementami

- Na TUZ, szczególnie na glebach organicznych obserwuje się **niedobory miedzi, cynku, molibdenu, kobaltu**.
- Mikroelementy, mimo że pobierane są przez rośliny w niewielkich ilościach, mają **kluczowe znaczenie dla ich wzrostu, zdrowotności i wartości paszy**. Ich niedobory wpływają nie tylko na plon, ale również na skład runi i wartość pokarmową paszy.
- Nawożenie mikroelementami **poprawia skład mineralny pasz** oraz zawartość pierwiastków niezbędnych dla zwierząt, m.in. miedzi, cynku i kobaltu, których niedobory są częste na glebach organicznych i kwaśnych.

Stopień wrażliwości roślin łąkowych na niedobór mikroelementów

Rośliny	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo
Bobowate	xxx	xx	xx	x	x	xxx
Ruń łąkowa i pastwiskowa	x	xxx	xx	x	xx	xx

x- niewielki, xx – średni, xxx – duży;

Źródło: opracowanie własne

- W przypadku niskiej zawartości **miedzi i cynku** w glebie możliwe jest uzupełnienie ich niedoborów poprzez nawożenie dogłębowe skoncentrowanymi jednoskładnikowymi nawozami mikroelementowymi w dawkach jednorazowych wystarczających na kilka lat.
- Można również stosować nawozy makroelementowe z dodatkiem odpowiedniego mikroelementu (dawka makroskładnika determinuje niewielką ilość mikroelementu jaką wprowadza się do gleby).
- W przypadku **manganu i molibdenu** (ich dostępność zależy od odczynu gleby), zaleca się nawożenie dolistne mikroelementami w formie chelatów.
- **Nawozu naturalne** są ważnym źródłem Cu, Zn, Mn i B dla runi łąkowej i pastwiskowej.
- Mikroelementy w nawozach naturalnych są związane z materią organiczną. Dzięki temu uwalniają się powoli i stopniowo.

Pierwiastki korzystne stosowane w nawożeniu TUZ

- Do pierwiastków korzystnych należą: krzem (**Si**), sód (**Na**), kobalt (**Co**), nikiel (**Ni**), glin (**Al**), selen (**Se**), tytan (**Ti**), wanad (**V**), jod (**J**), cer (**Ce**) i lantan (**La**).

Rośliny nie wykazują specyficznych objawów ich niedoboru.

- Stosowane w niewielkich dawkach wpływają korzystnie na wzrost i rozwój wszystkich gatunków roślin przyczyniając się do zwiększenia plonu i poprawy jego jakości poprzez:
 - udział w specyficznych przemianach biochemicznych,
 - łagodzenie skutków stresów biotycznych i abiotycznych (susza, wysokie temperatury, zasolenie i inne),
 - stymulację pobierania składników pokarmowych.
- **Produkty zawierające pierwiastki korzystne zaliczane są do biostymulatorów.**

- Dolistne stosowanie krzemu korzystnie wpływa na wartość pokarmową runi łąkowej oraz wzrost udziału roślin bobowatych w runi (*Radkowski i in., 2017; Borawska-Jarmułowicz i in., 2022*).
- W doświadczeniach polowych krzem zwiększał plon runi koniczynowo-trawiastej, poprawił zawartość białka surowego i strawność MO (*Mastalerczuk i in., 2020*).
- W uprawie nasiennej tymotki łąkowej krzem (*Radkowski i Radkowska, 2018*) zwiększał zawartość chlorofilu, podnosił plon i jakość nasion, ograniczał porażenie przez choroby grzybowe i szkodniki.
- Ruń łąkowa nawożona krzemem stanowi lepszy materiał do zakiszania (*Radkowski i in., 2017*) – kiszonki charakteryzują się:
 - wyższą wartością białka (BTJ) i wartością energetyczną (JPM),
 - korzystnym wpływem na wydajność mleczną krów oraz zawartość suchej masy w mleku, niższą liczbą drobnoustrojów (BPC) i komórek somatycznych (SCC) w mleku.
- **Dotychczasowe badania wskazują na duży potencjał aplikacji krzemu, choć potrzebne są dalsze prace nad jego wpływem na wartość pokarmową pasz z TUZ.**

Tytan (w formie preparatu Tytanit) okazał się skutecznym mikroelementem poprawiającym plon i jakość runi łąkowej.

W doświadczeniach na łąkach trwałych (*Radkowski i Radkowska, 2013*) stwierdzono:

- wzrost zawartości białka ogólnego (+46,5%), cukrów prostych (+20,8%), tłuszczu (+19,5%) i popiołu (+18,6%),
- spadek zawartości włókna surowego o ok. 16%,
- poprawę koncentracji makroelementów: Ca (+79,7%), Mg (+63,6%), K (+49,8%),
- wzrost wskaźnika SPAD o 4–10% w fazach kłoszenia i kwitnienia.

Najkorzystniejsze efekty uzyskano przy stężeniach **0,04–0,08% Tytanitu**. Większe dawki nie przynosiły dalszej poprawy.

Przyrost plonów w efekcie stosowania tytanu (Tytanit)

Gatunek rośliny	Wzrost plonu (%)	Źródło
run łąkowa	25,9–41,6	<i>Radkowski, Radkowska, 2013</i>
lucerna mieszańcowa	15,6	<i>Godlewska, Ciepiela, 2018</i>
tymotka łąkowa	19,5	<i>Radkowski in., 2015</i>



Bionawozy

- preparaty na bazie surowców pochodzenia naturalnego

Na TUZ mogą być stosowane:

- nawozowe produkty mikrobiologiczne zawierające pojedyncze **szczepy mikroorganizmów** lub ich konsorcja;
- **nawozy aminokwasowe**, zawierające hydrolizaty białkowe i/lub wolne aminokwasy, pozyskane z biomasy roślinnej;
- produkty zawierające **kwasy huminowe i fulwowe** pochodzenia naturalnego, pozyskane z naturalnych surowców oraz kwasy humusowe otrzymane w wyniku procesów biologicznych;
- bionawozy na bazie **mikroorganizmów wiążących azot** (*Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Azospirillum* i inne) i żyjących w pobliżu korzeni roślin wyższych, ale nie zasiedlających roślin, tworzą asocjację ryzosferową;
- produkty zawierające **mikroorganizmy mobilizujące fosforany** ze źródeł organicznych i nieorganicznych, bakterie z rodzaju *Bacillus*, grzyby z rodzaju *Penicillium*, grzyby endomikoryzowe (strzępki w interakcji z korzeniami roślin poprawiają transport składników odżywczych);
- produkty zawierające **bakterie mobilizujące potas** z rodzajów: *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Acidothiobacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium*;
- produkty zawierające **bakterie produkujące fitohormony**, w tym kwas indolilo-3 octowy (IAA), np. *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas* i *Azotobacter*.

Zasady stosowania bionawozów

- **w formie stałej** - doglebowo

Zawierają P, K, Ca, S i inne makro- i mikroelementy oraz witaminy, hormony oraz węgiel organiczny dzięki czemu poprawiają żyzność gleby.

Należy je stosować: wiosną (po ruszeniu wegetacji) w dawkach wynikających z zawartości w nich głównych składników nawozowych.

Nawozy te należy rozsiewać rozsiewaczami do nawozów mineralnych.

- **w formie płynnej** - w formie oprysku wiosną, po ruszeniu wegetacji oraz po I i/lub II pokosie.

Oprysk należy wykonać opryskiwaczem po rozpuszczeniu określonej przez producenta dawki preparatu w 200-400 l wody, najlepiej na wilgotną glebę, wieczorem lub przed spodziewanymi deszczami.

Bionawozy można mieszać z konwencjonalnymi nawozami mineralnymi.

Elastyczne terminy nawożenia TUZ

Terminy stosowania nawozów na TUZ

Nawozy azotowe mineralne i nawozy naturalne płynne	Nawozy naturalne stałe
1 marca – 31 października	1 marca – 30 listopada

- Wcześniejsze stosowanie nawozów na TUZ jest możliwe w okresie od 1 do ostatniego dnia lutego, jeżeli średnia dobową temperatura powietrza przejdzie przez próg 3°C.
- Jako przejście przez próg danej temperatury należy wskazać termin, w którym przez 5 dni następujących po sobie, każdego dnia, średnia dobową temperatura powietrza przekroczyła 3°C.
- Datę przejścia średniej dobowej temperatury powietrza przez próg 3°C określa dla terenu powiatu IMGW – PIB. Uznaje się, że chwilą przejścia przez próg 3°C jest osiągnięcie tego kryterium na obszarze stanowiącym 95% powierzchni danego powiatu. Wykazy powiatów, w których nastąpiło przejście średniej dobowej temperatury powietrza przez próg 3°C, są publikowane codziennie, w okresie od 1 do ostatniego dnia lutego, na stronie internetowej IMGW.

Źródło: "Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu" (Dz.U. 2023 poz. 244.)

Elastyczne dostosowanie dawek do aktualnych warunków

Tradycyjnie stosowano stały podział azotu pod poszczególne pokosy: I pokos – 50% dawki, II pokos – 30% dawki, III pokos – 20% dawki.

W nowoczesnym, bardziej precyzyjnym podejściu zaleca się **elastyczne dostosowanie dawek do aktualnych warunków**:

- obserwować przebieg pogody i stan wilgotności gleby,
- w okresach suszy ograniczać lub przesuwać nawożenie pod późniejsze pokosy,
- dostosowywać dawki azotu i potasu do przewidywanego plonu i kondycji roślin.

Takie podejście pozwala nie tylko zwiększyć efektywność nawożenia, ale również ograniczyć straty azotu do środowiska, zmniejszając ryzyko wymywania lub ulatniania się gazów azotowych. W praktyce oznacza to, że np. II pokos w lipcu może otrzymać mniejszą dawkę azotu lub być nawożony dopiero po poprawie wilgotności gleby.

Nawozy o kontrolowanym uwalnianiu (*Controlled-Release Fertilizers, CRF*) to nawozy, w których składniki pokarmowe są **stopniowo uwalniane** do gleby w tempie dopasowanym do potrzeb roślin.

Mechanizm działania:

- Składniki odżywcze są **zamknięte w otoczce polimerowej, żywicznej lub siarkowej**.
- Uwalnianie następuje w wyniku:
 - **Dyfuzji** przez otoczkę,
 - **Rozkładu otoczki** (biologicznego lub chemicznego),
 - **Zmian temperatury i wilgotności** (kluczowe w systemach łąkowych).
- Okres działania: od kilku tygodni do kilku miesięcy.

Rodzaje CRF:

- ***Polymer-coated fertilizers (PCF)*** – najczęściej stosowane, precyzyjne.
- ***Sulfur-coated urea (SCU)*** – tańsze, ale mniej stabilne.
- ***Hybrid coatings*** – łączące polimery z siarką lub biologicznymi barierami.

Cel: Zwiększenie efektywności wykorzystania składników pokarmowych (N, P, K), ograniczenie strat do środowiska i dopasowanie podaży składników do tempa wzrostu roślin.

Controlled-Release Fertilizers na TUZ – zalety i ograniczenia

Zalety:

- **Stopniowe uwalnianie składników** – dostosowane do rytmu wzrostu traw i roślin motylkowatych.
- **Mniejsze ryzyko strat N i P** – przez wymywanie lub ulatnianie, co ma znaczenie przy ekstremach pogodowych.
- **Lepsza dostępność składników** w warunkach suszy i nieregularnych opadów.
- **Mniej aplikacji nawozów** – redukcja nakładów pracy i emisji CO₂ z transportu i rozsiewu.

Ograniczenia:

- **Wysoki koszt** – ogranicza zastosowanie w ekstensywnych systemach łąkowych.
- **Wrażliwość na warunki środowiskowe** – tempo uwalniania zależy od temperatury i wilgotności.
- **Trudności z aplikacją** – w gęstej runi łąkowej trudno o równomierne rozsiewanie.
- **Ograniczona liczba badań i doświadczeń** na TUZ w Europie.

CRF mają potencjał w nawożeniu TUZ ale ich wdrożenie wymaga dalszych badań.

Podsumowanie

Najnowsze tendencje w nawożeniu TUZ

- ✓ **Analiza gleby i ocena runi** – podstawa racjonalnego nawożenia; umożliwia określenie pH, zasobności gleby oraz składu botanicznego runi.
- ✓ **Optymalne terminy i techniki aplikacji nawozów** – dostosowanie nawożenia do fazy wzrostu roślin i warunków pogodowych pozwala ograniczyć straty składników.
- ✓ **Precyzyjne określanie zapotrzebowania na składniki pokarmowe** – bilanse polowe umożliwiają obliczenie rzeczywistych potrzeb nawozowych.
- ✓ **Nawożenie precyzyjne, szczególnie azotem** – pozwala dostosować dawki nawozów do lokalnych warunków i potrzeb roślin, minimalizując ryzyko przenawożenia.
- ✓ **Cyfrowe narzędzia planowania nawożenia** – aplikacje i systemy wspierające tworzenie planów nawozowych i monitorowanie dawek.
- ✓ **Nawożenie mikroelementami i pierwiastkami korzystnymi** – wspiera wzrost roślin i poprawia wartość odżywczą pasz.
- ✓ **Innowacyjne rozwiązania biologiczne** – bionawozy i preparaty mikrobiologiczne zwiększające dostępność składników i poprawiające zdrowie gleby.



Dziękuję za uwagę!