

mgr inż. Bartosz Grzempa
dr inż. Aneta Perzanowska

03

ZIEMNIAK POTATO

**PRZEWODNIK ROLNICTWA
REGENERATYWNEGO**
CEE REGENERATIVE
AGRICULTURE GUIDEBOOK



Co-funded by the
European Union

**PRZEWODNIK ROLNICTWA
REGENERATYWNEGO - ZIEMNIAK**
CEE REGENERATIVE AGRICULTURE
GUIDEBOOK - POTATO

Autor / Author:
mgr inż. Bartosz Grzempa

Recenzja / Review:
dr inż. Aneta Perzanowska

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

Wydawca / Publisher:
Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra
www.fundacjaterranostra.pl

Właściciel projektu / Project Owner:
EIT Food
www.eitfood.eu



Co-funded by the
European Union

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

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

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

Dowiedz się więcej na www.eitfood.eu lub śledź nas w mediach społecznościowych: Twitter, Facebook, LinkedIn, YouTube i Instagram.

Regenerative Agriculture Revolution is a project under the support of EIT Food. **EIT Food is the world's largest and most dynamic food innovation community.** We accelerate innovation to build a future-fit food system that produces healthy and sustainable food for all.

Supported by the European Institute of Innovation and Technology (EIT), a body of the European Union, we invest in projects, organisations and individuals that share our goals for a healthy and sustainable food system. We unlock innovation potential in businesses and universities, and create and scale agrifood startups to bring new technologies and products to market. We equip entrepreneurs and professionals with the skills needed to transform the food system and put consumers at the heart of our work, helping build trust by reconnecting them to the origins of their food.

We are one of eight innovation communities established by the European Institute for Innovation & Technology (EIT), an independent EU body set up in 2008 to drive innovation and entrepreneurship across Europe.

Find out more at www.eitfood.eu or follow us via social media: Twitter, Facebook, LinkedIn, YouTube and Instagram.

03

ZIEMIAK POTATO

**PRZEWODNIK ROLNICTWA
REGENERATYWNEGO**
CEE REGENERATIVE
AGRICULTURE GUIDEBOOK

SPIS TREŚCI

3.1	WPROWADZENIE DO UPRAWY REGENERATYWNEJ	str. 5
3.2	WYMAGANIA POKARMOWE I GLEBOWE	str. 7
3.3	TECHNOLOGIA UPRAWY REGENERACYJNEJ	str. 8
3.3.1	STANOWISKO I PRZEDPLON	str. 8
3.3.2	DOBÓR ODMIAN	str. 10
3.3.3	UPRAWA GLEBY	str. 11
3.3.4	SADZENIE BULW ZIEMNIAKA	str. 13
3.3.5	NAWADNIANIE	str. 15
3.3.6	ZMIENNE NAWOŻENIE ROŚLIN I GLEBY	str. 18
	Stosowanie nawozów naturalnych i organicznych	str. 18
	Nawożenie mineralne	str. 20
	Nawożenie azotowe	str. 21
	Nawożenie potasowe	str. 21
	Nawożenie fosforowe	str. 22
	Nawożenie siarkowe	str. 23
	Nawożenie magnezowe	str. 23
	Nawożenie mikroelementami	str. 23
3.3.7	OCHRONA PRZED SZKODNIKAMI I CHOROBYMI	str. 24
	Ochrona przed szkodnikami	str. 26
	Ochrona przed chorobami	str. 27
	Ochrona przed chwastami	str. 28
3.3.8	ZBIÓR I PRZECHOWANIE	str. 29
3.3.9	REGULACJA PH ORAZ ROLA WAPNIA W UPRAWIE REGEN. ZIEMNIAKA	str. 31
3.4	ZESTAWIENIE PRAKTYK I ANALIZA KORZYŚCI	str. 32
	Literatura	str. 60

TABLE OF CONTENTS

3.1	INTRODUCTION TO REGENERATIVE FARMING	page 33
3.2	NUTRIENT AND SOIL REQUIREMENTS	page 35
3.3	REGENERATIVE CULTIVATION TECHNOLOGY	page 36
3.3.1	LOCATION AND FORECROP	page 36
3.3.2	SELECTION OF VARIETIES	page 38
3.3.3	SOIL CULTIVATION	page 39
3.3.4	PLANTING POTATO TUBERS	page 41
3.3.5	IRRIGATION	page 43
3.3.6	VARIABLE FERTILISATION OF PLANTS AND SOIL	page 46
	Use of natural and organic fertilisers	page 46
	Mineral fertilisation	page 48
	Nitrogen fertilisation	page 49
	Potassium fertilisation	page 49
	Phosphorus fertilisation	page 50
	Sulphur fertilisation	page 51
	Magnesium fertilisation	page 51
	Fertilisation with microelements	page 51
3.3.7	PEST AND DISEASE CONTROL	page 52
	Pest control	page 54
	Protection against diseases	page 54
	Weed control	page 55
3.3.8	HARVESTING AND STORAGE	page 56
3.3.9	PH REGULATION AND ROLE OF CALCIUM IN THE REG.CULTIVATION OF POTATO	page 58
3.4	SUMMARY OF PRACTICES AND ANALYSIS OF BENEFITS	page 59
	Literature	page 60



WPROWADZENIE DO UPRAWY REGENERATYWNEJ

W obliczu zmiany klimatu, która coraz bardziej dotyka środowiska, w którym żyjemy, musimy zdawać sobie sprawę, że to my, jako ludzkość, jesteśmy ich głównym źródłem.

3.1

Wpływ na te zmiany mamy zarówno w życiu codziennym, chociażby poprzez codzienne wybory - na przykład to, czy kupujemy napój w opakowaniu łatwo utylizowanym lub wielokrotnego użycia, ale również wpływając na kształt środowiska w miejscu, w którym pracujemy. Rolnictwo to szczególna gałąź gospodarki, wpływająca na kształt środowiska dosyć intensywnie. Może ono wpływać z jednej strony niekorzystnie na środowisko, a z drugiej strony korzystnie, wręcz naprawczo, chociażby w kontekście zmiany klimatu. Każdy rolnik powinien być świadomy, jak ważną rolę pełni w kształtowaniu środowiska. Rolnik jest nie tylko producentem żywności, którą konsumują inni, a także może, a w zasadzie powinien, wpływać korzystnie na środowisko, w którym społeczność żyje.

Mając na uwadze aspekty, które spełnia rolnik jako producent żywności względem kształtowania środowiska, powinien w taki sposób działać, aby z jednej strony zapewniać zdrową i dobrej jakości żywność, ale również produkować tę żywność w sposób korzystny dla środowiska. Rolnictwo regeneratywne ma za zadanie wprowadzenie takich praktyk, które mają na celu spełnić powyższe kryteria. Podejście regeneratywne do uprawy roślin jest inne niż te konwencjonalne. W głównej mierze skupia się na dbałości o stan gleby. Gleba jest środowiskiem życia rośliny, o które trzeba zadbać. Pewne aspekty można zdefiniować w 5 punktach, które nazywane są praktykami 5(C):

■ **Dbłość o odpowiednią ilość wapnia (Calcium)** w glebie, który jest szczególnym pierwiastkiem w życiu roślin, jak i w funkcjonowaniu środowiska glebowego. Wapń wpływa na wartość pH, która jest najistotniejsza dla prawidłowego wzrostu roślin oraz życia biologicznego w glebie. Wpływa również na strukturę gleby poprzez swoją funkcję w spajaniu koloidów glebowych. I wreszcie wapń jest składnikiem niezbędnym do życia roślin, między innymi wchodzi w skład ścian komórkowych, pełni w komórkach roślinnych funkcję regulacyjną.

■ **Gospodarka materią organiczną w glebie (Carbon)** – im większa ilość materii organicznej w glebie, tym rośliny rosną lepiej, wydają większy plon oraz są w lepszej kondycji. Większa ilość materii organicznej wpływa również korzystnie na retencję wody w glebie. Ponadto organiczne związki budujące materię organiczną są źródłem energii dla innych organizmów żyjących w środowisku glebowym.

■ **Uprawa roślin poplonowych (Cover Crop)**. Uprawa poplonów wpływa istotnie na zwiększenie materii organicznej w glebie, poza tym poplony chronią glebę przed erozją wietrzną, przed wymywaniem składników pokarmowych i stanowią dodatkowe źródło substancji organicznych niezbędnych dla życia organizmów glebowych.

■ **Uprawa roli (Cultivation)**. Uprawa roli odgrywa bardzo ważną rolę w kształtowaniu właściwości gle

bowych. Z jednej strony uprawa roli musi spowodować takie jej przygotowanie, które będzie stwarzać odpowiednie warunki dla wzrostu roślin uprawnych, z drugiej strony uprawa roli jest jednym z czynników, które mogą zaburzyć równowagę biologiczną, wytworzoną w glebie, m.in. w wyniku zwiększenia napowietrzenia. W uprawie regeneratywnej zagadnienie uprawy roli można podsumować w następującej dewizie „tak mało jak jest to możliwe, tak dużo jak jest to konieczne”.

Wpływ działalności rolniczej na środowisko zewnętrzne (**Culture**). Punkt ten odnosi się do tego, w jaki sposób rolnictwo wpływa na kształt środowiska zewnętrznego. W tym kontekście rolnictwo regeneratywne zwraca szczególną uwagę na aspekty, które wpływają pośrednio na produkcję rolniczą, a istotnie

na środowisko zewnętrzne. Do aspektów tych zaliczyć można np. tworzenie lub utrzymanie istniejących zadrzewień śródpolnych, wpływających korzystnie na ptaki, które mają w nich schronienie. Ponadto ptaki często są drapieżnikami, które zjadają szkodniki. Korzystnie na środowisko wpływa tworzenie sztucznych zbiorników wodnych i ochrona istniejących, siew poplonów wpływa natomiast korzystnie na owady zapylające, które mają z nich pożywkę.

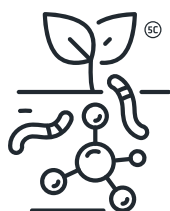
Powyższe praktyki w kontekście uprawy określonych gatunków należy rozpatrywać całościowo. Poszczególne rośliny w płodozmianie są tylko elementem praktyk regeneratywnych, natomiast pełne korzyści z rolnictwa regeneratywnego osiąga się w gospodarstwie w aspekcie całego płodozmiaru.

KODEKS 5C



WAPŃ

buduj strukturę



WĘGIEL

dostarczaj energię glebie



POPLONY

okrywaj glebę



UPRAWA

uprawiaj optymalnie



KULTURA

żyj w symbiozie z otoczeniem



WYMAGANIA POKARMOWE I GLEBOWE

Ziemniak z sukcesem może być uprawiany w różnych warunkach glebowych.

3.2

Jednak bardziej sprzyjające jego uprawie są gleby średnio zwarte. Istotne jest to, aby gleba była zasobna w składniki pokarmowe, gdyż ziemniak pobiera je od początku wzrostu, natomiast jego korzenie nie sięgają zbyt głęboko. Stolony, czyli zmodyfikowane pędy podziemne, na końcach których rozwijają się bulwy, również rozwijają się w powierzchniowej warstwie gleby. Korzenie, stolony oraz nowe bulwy do swojego wzrostu potrzebują tlenu, stąd niekorzystnie reagują na okresowe jego niedobry. Z tych powodów do uprawy ziemniaka nie są polecane gleby ciężkie, zlewne i nieprzepuszczalne. Gleby te oprócz tego, że okresowo mogą być podtapiane, to również mogą powodować zniekształcenia rozwijających się bulw. Ponadto ciężkie gleby mają tendencję do nadmiernego zbrylania, co jest również niekorzystne w uprawie ziemniaka. Niezniszczone bryły obecne na początku uprawy, mogą utrzymywać się w glebie do końca sezonu, co z kolei wpływa istotnie na zbiór ziem-

niaka - zbyt mocno zbrylona gleba może powodować nadmierne obicia bulw podczas zbioru, co wpływa na ich jakość.

W tabeli 1 przedstawiono wartości makroelementów, które zużywa ziemniak do wyprodukowania 1 tony bulw. Z przedstawionych danych wynika, że na wytworzenie jednej tony bulw, ziemniak potrzebuje ok. 3,5 kg N, 1,3 kg P₂O₅ oraz ok 6 kg K₂O. Wartości podane w tabeli są wartościami uśrednionymi dla ziemniaków uprawianych do końca wegetacji. Ziemniak uprawiany na wczesny zbiór ma nieco inne, mniejsze wymagania co do azotu. W takiej uprawie ziemniak wymaga ok. 1,5 kg N na 1 tonę bulw. Również nieco wyższe dawki azotu potrzebują ziemniaki uprawiane z przeznaczeniem na frytki i wartość ta może wynosić nawet 4,5 kg N (w zależności od odmiany).

Tabela 1. Ilość poszczególnych makroelementów przyswajalnych z 1 t bulw · ha⁻¹ (Wartości uśrednione)

Azot (N)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Potas (K ₂ O)	Wapń (CaO)	Magnez (MgO)	Siarka (S)
3,5 kg	1,3 kg	6 kg	0,5 kg	0,5 kg	0,6 kg

Źródło: Opracowanie własne

3.3

TECHNOLOGIA UPRAWY REGENERATYWNEJ



STANOWISKO I PRZEDPLON

3.3.1

W uprawie regeneratywnej, jeśli chodzi o stanowisko dla uprawianej rośliny, istotne są te czynniki, które są związane bezpośrednio z siedliskiem, takie jak na przykład ukształtowanie terenu.

Uprawę ziemniaka należy w miarę możliwości lokować w miejscach o korzystnym ukształtowaniu terenu. Należy unikać uprawy w miejscach, gdzie znajdują się zagłębienia terenu. Zagłębienia takie niosą ryzyko wynikające z możliwości zalegania wody, występującej po silnych opadach deszczu bądź po deszczowaniu. Takie zagłębienia niosą również większe ryzyko wystąpienia przymrozków wczesną wiosną, których ziemniak nie znosi dobrze. Innym aspektem związanym z siedliskiem

jest uregulowanie stosunków wodnych. Nie można uprawiać ziemniaków na polach, na których nie jest prowadzona prawidłowo gospodarka wodna. Na polach, na których zalega woda, rośliny ziemniaka nie chcą dobrze rosnąć, są w słabej kondycji, co wpływa istotnie na ich plon oraz wrażliwość na porażenie przez patogeny, a tym samym na późniejszą intensywność ochrony.



Zdjęcie 1 - Prace melioracyjne gwarantują odpowiednie stosunki powietrzno-wodne pól, które są niezbędne w rolnictwie regeneratywnym

Z punktu widzenia stanowiska w zmianowaniu najlepszymi przedplonami dla ziemniaka są zboża i strączkowe, w mniejszym stopniu okopowe, takie jak burak, a w wyjątkowych przypadkach dopuszcza się uprawę ziemniaka po ziemniaku, ale tylko jeden rok. W roku, w którym powtarzamy uprawę, należy takie ziemniaki przeznaczyć na wczesny zbiór. W podejściu regeneratywnym do uprawy roślin, ustalając płodozmian, należy zwrócić uwagę na to, aby przez maksymalny czas, a najlepiej możliwie bez przerwy, utrzymywać w glebie żywe zdrowe korzenie roślin. Glebę można sobie wyobrazić jako wielki „żołądek”, który musi wyżywić organizmy żyjące w nim - zarówno rośliny, jak i mikroorganizmy. Rosnące rośliny przeprowadzają fotosyntezę, mają żywe korzenie, które częściowo się rozkładają w glebie, dając tym samym pożywkę dla mikroorganizmów, poza tym korzenie wydzielają różne substancje, korzystne dla życia mikroorganizmów glebowych. Mikroorganizmy glebowe są konsumowane przez makroorganizmy takie jak np. pożyteczne nicienie czy dżdżownice. Dlatego istotne jest, aby po zejściu przedplonu, na polu rosły żywe rośliny. Żywe korzenie dają gwarancję przetrwania organizmom żyjącym w glebie i tym samym podtrzymania równowagi biologicznej, która się tam wytworzyła. W rolnictwie regeneratywnym, należy postępować tak, aby w tę równowagę ingerować możliwie w jak najmniejszym stopniu. Dlatego w podejściu regeneratywnym ważne jest, jakie stanowisko przejmuje dany gatunek, a w zasadzie co jesteśmy w stanie z nim zrobić, jak je przygotować do uprawy pod kolejny. Jeśli uprawiamy ziemniaka po roślinach wcześniej schodzących z pola np. zbożach lub innych, należy takie stanowiska obsiać poplonami. Uprawa poplonów w płodozmianie ma kilka zadań - jednym z nich jest to, aby w przerwie między uprawą kolejnego gatunku w glebie pozostawały żywe korzenie, które jak

wspomniano wcześniej, są ważne z punktu przetrwania życia biologicznego w glebie. Poplonów nie będziemy siać w sytuacji, w której ziemniaka będziemy uprawiać po burakach cukrowych. Należy tu nadmienić, że buraki pozostają w glebie praktycznie do końca wegetacji i tym samym odżywiają w tym okresie mikroorganizmy żyjące w glebie.

W momencie układania płodozmianu należy wziąć pod uwagę również inne aspekty. Oczywiście ziemniak nie powinien być uprawiany po rzepaku oraz innych roślinach z rodziny kapustowatych, głównie z uwagi na możliwość wystąpienia nicieni. W przypadku rzepaku ozimego po uprawie tego gatunku pojawia się również wiele samosiewów, które dosyć ciężko zwalczyć. W zasadzie w chemicznym zwalczaniu tych samosiewów jest tylko jedna substancja aktywna do wykorzystania - rimsulfuron. Należy nadmienić, że substancja ta co prawda nie niszczy ziemniaka, ale nie jest dla niego obojętna w kontekście jego wzrostu, a każdy stres wpływa niekorzystnie na kondycję rośliny. W rolnictwie regeneratywnym staramy się stworzyć jak najlepsze warunki wzrostu gatunku uprawianego zakładając, że im jego kondycja jest lepsza, tym większa możliwość wykorzystania jego naturalnych mechanizmów odpornościowych. Drugim aspektem bardzo ważnym jest to, jakie stanowisko zostawia się pod następnym gatunkiem. Ziemniak poprzez swoją specyfikę uprawy, predysponuje do gatunków zmniejszających zasoby materii organicznej w glebie. Dlatego należy przygotować stanowisko w zmianowaniu tak, aby ziemniaka uprawiać po nawożeniu obornikiem, a jeśli schodzi wcześniej z pola - zasiać poplon. Takie podejście gwarantuje lepsze warunki dla wzrostu ziemniaka oraz to, że po ziemniaku zostanie lepsze stanowisko pod rośliny następcze.



DOBÓR ODMIAN

3.3.2

Ziemniak obecnie uprawiany wywodzi się od dwóch gatunków *Solanum tuberosum* ssp. *andeguenum* o czerwonej skórce oraz rogalikowym kształcie bulw pochodzącym z pogranicza Peru oraz Boliwii oraz *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* - u tego gatunku skórka jest biała, a kształt bulw płasko okrągły, a gatunek ten wywodzi się prawdopodobnie z Chile.

W rolnictwie regeneratywnym przy doborze odmian ziemniaka pod uwagę bieżą się kilka cech. Pierwsza z nich to oczywiście przeznaczenie ziemniaka – wyróżnia się odmiany przeznaczone na rynek świeży, przemysł skrobiowy, frytki czy chipsy. Określony kierunek użytkowania niesie za sobą pewne różnice w poziomie nawożenia, zwłaszcza azotowego. I tak na przykład odmiany z przeznaczeniem na frytki mają nieco większe wymagania, co do nawożenia azotowego, niż odmiany na rynek świeży czy chipsy.

Innymi ważnymi cechami jest odporność na choroby. Głównymi patogenami porażającymi ziemniaka są *Phytophthora infestans*, *Alteernaria solani* i *Alternaria alternata*. Wśród odmian dostępnych na rynku występują różnice w poziomie odporności na te patogeny. Odpowiedni dobór odmiany, o wysokiej odporności, może wpływać znacząco na intensywność ochrony przed chorobami. W miarę możliwości należy dobierać odmiany takie, które są średnio lub nisko podatne na porażenie przez te patogeny. A jeśli jest niemożliwe dobranie odpowiednio odpornej odmiany, np. jeśli narzucana nam jest konkretna odmiana przez kontraktującego, należy zwrócić szczególną uwagę podczas lustracji takiej plantacji oraz korzystać z innych narzędzi wczesnej sygnalizacji chorobowej np. modeli chorobowych.

Obecnie podkreśla się znaczenie pochodzenia bulw w nabywaniu odporności roślin na patogeny, a w zasadzie stan roślin rodzicielskich (miejsca z którego otrzymujemy sadzeniaki). Okazuje się, że określona odporność nabyta może być przekazana potomstwu. W przyszłości może nabrać dużego znaczenia pochodzenie sadzeniaków.

Inne choroby występujące na roślinach ziemniaka to czarna nóżka, parch zwykły, przy czym poszczególne odmiany wykazują na nie różną odporność. Tym niemniej mają one mniejsze znaczenie, niż dwie poprzednio wspomniane choroby, dlatego nie bierze się ich pod szczególną uwagę w doborze odmian do uprawy regeneratywnej ziemniaka.

W uprawie ziemniaka występuje również szereg szkodników, które mogą na nim żerować. Jednak pośród odmian nie wykazano istotnych odporności na szkodniki. W odporności na szkodniki większe znaczenie od odmiany ma kondycja roślin oraz stanowisko, np. na lekkiej piaszczystej glebie częściej występują nicienie z rodzaju *Trichodorus*, które są wektorem groźnego wirusa TRV.

Istotną cechą odmian braną pod uwagę w trakcie ich wyboru jest wrażliwość na substancję aktywną metrybuzynę. Poszczególne odmiany wykazują różną wrażliwość na tę substancję. Metrybuzyna jest bardzo przydatną substancją aktywną herbicydów powschodowych w powschodowym zwalczaniu chwastów w ziemniakach. W uprawie regeneratywnej należy odmiany ziemniaka podatne na metrybuzynę lokować na stanowiskach mniej narażonych na zachwaszczenie. Takie postępowanie pozwala na lepsze i bardziej efektywne zwalczanie chwastów, gdyż zastosowanie metrybuzyny często pozwala na zwalczanie powschodowe chwastów.



UPRAWA GLEBY

W uprawie regeneratywnej strategia uprawy gleby, zawiera się w stwierdzeniu: tak mało jak jest możliwe, a zarazem tak dużo jak jest to konieczne.

3.3.3

Takie podejście ma na celu niezbyt intensywne ingerowanie uprawą we właściwości glebowe. Każda uprawa gleby zmienia stosunki panujące w niej, tj. zwiększa porowatość, napowietrzenie oraz częściowo miesza glebę. Należy zdawać sobie sprawę z tego, że właściwości te bezpośrednio wpływają na organizmy żyjące w glebie. Każda uprawa gleby zmienia warunki powietrzno-wodne, a tym samym zaburza równowagę biologiczną, która wytworzyła się w glebie. W uprawie regeneratywnej istotne jest, aby jak najmniej ingerować w tę równowagę. Ponadto każda uprawa gleby zwiększa mineralizację materii organicznej przez napowietrzenie gleby, a my chcemy zachować jej jak najwięcej. Z drugiej strony chcemy również stworzyć jak najlepsze warunki wzrostu dla rośliny uprawianej, bo tylko wtedy nasza uprawiana roślina będzie w dobrej kondycji, będzie bardziej odporna na wszelkie niekorzystne czynniki abiotyczne, jak i biotyczne. Na tym też nam zależy w kontekście późniejszej intensywności ochrony, jak i poziomu i jakości plonu.

Uprawę pod ziemniaka rozpoczyna się tuż po zejściu przedplonu. Pierwszym zabiegiem pod jego uprawę jest nawożenie nawozami naturalnymi, najlepiej w postaci obornika, można również wyłąć gnojowicę. Zaraz za nawożeniem naturalnym powinna być wykonana uprawa średnia do 15 cm, wraz z ewentualnym siewem poplonów, jeśli uprawiamy ziemniaka na przykład po zbożu (wczesny przedplon). Siew poplonów ma sens do połowy września. Taką uprawę można zrobić kultywátorem do uprawy bezorkowej, część z firm produkujących takie kultywátory daje możliwość połączenia ich z siewnikiem. Rozwiązanie takie jest najbardziej korzystne, gdyż w jednym przejeździe łączy się zarówno siew poplonów jak i uprawę gleby (zdjęcie 2). A tym samym spełniany jest warunek „najmniej jak jest to możliwe”.

Zdjęcie 2 - Agregat uprawowy z możliwością uprawy średniej oraz wysiewu poplonów w jednym przejeździe





Zdjęcie 3 - Wał do cięcia poplonów

Jeśli nie będziemy wysiewać poplonów, bo jest na to zbyt późno, obornik lub gnojowicę należy niezwłocznie przykryć uprawą płytką. Można to wykonać broną talerzową. W przypadku kiedy na polu wysieliśmy poplony, pozostawiamy je do końca wegetacji roślin, następnie niszczymy używając mulczera lub specjalnych wałów, które je tną na małe kawałki (zdjęcie 3). Kolejnym zabiegiem uprawowym jest orka. Generalnie w uprawie regeneratywnej należy unikać uprawy orkowej. Jednak ziemniak jest rośliną, która wymaga dla prawidłowego wzrostu pulchnej gleby oraz odpowiedniej struktury. Zbyt mocno zbita lub zbrylona gleba nie jest właściwa do uprawy ziemniaka. Orka zimowa zarówno odpowiednio spulchnia glebę oraz jeśli jest ona zbrylona, daje możliwości do rozdrobnienia większych brył w ciągu zimy.

Z tego względu orka z reguły jest konieczna, aczkolwiek na niektórych glebach lekkich, niemających tendencji do zbrylania, można z powodzeniem uprawiać ziemniaka bezorkowo. W takim przypadku jednak jesienią należy użyć głąbosza, który powinien spulchnić glebę na co najmniej 45 cm. Na wiosnę, jeśli jest to konieczne, należy glebę zawłókować. Włókowanie wykonujemy na polach, na których może być problem ze zbyt mocnym zbrylaniem gleby, jeśli nie jest to konieczne, to rezygnujemy z jej wykonania. Kolejną uprawką jest uprawa na głębokość 18–20 cm. Uprawa ta ma za zadanie przygotować glebę do sadzenia ziemniaków, czyli powinna odpowiednio ją spulchnić oraz rozbić większe bryły. Dobrze przygotowana gleba pod uprawę ziemniaka jest bardzo dobrze spulchniona (zdjęcie 4).



Zdjęcie 4 - Uprawa gleby przed sadzeniem ziemniaków

W wyjątkowych sytuacjach konieczne jest odkamienianie pola. W uprawie ziemniaka zbyt duża ilość kamieni może powodować nadmierne obicia bulw w trakcie zbioru, co wpływa na jakość plonu. W doborze stanowiska pod uprawę ziemniaka staramy się wybrać takie pola, które mają mało kamieni. Jeśli zdecydowali-

śmy się na uprawę ziemniaka na stanowisku zakamienionym, należy wykonać odkamienianie. Odkamienianie wykonujemy specjalnymi maszynami na głębokość 20 cm. Po takim zabiegu gleba jest bardzo spulchniona, więc uprawę przed sadzeniem można nieco spłycić.



SADZENIE BULW ZIEMNIAKA

Sadzeniaki ziemniaka w uprawie regeneratywnej muszą bezwzględnie pochodzić z kwalifikowanej plantacji.

3.3.4

Takie sadzeniaki są wolne od chorób, patogenów oraz gwarantują dobrze wyrównane wschody. Z takich sadzoniaków jesteśmy w stanie uzyskać rośliny, które są w dobrej kondycji. Sadzenie materiału niekwalifikowanego może oznaczać duży udział roślin porażonych chorobami wirusowymi, bakteryjnymi oraz grzybowymi. A te są szczególnie groźne, gdyż nie jesteśmy w stanie ich zwalczać, tj. nie ma żadnych skutecznych metod ich zwalczania. Dlatego tak istotna jest prewencja.

Sadzenie bulw ziemniaka rozpoczynamy, gdy gleba ogrzeje się do temperatury ok. 10°C. Sadzenie bulw ziemniaka w zimniejszą glebę powoduje wolniejsze rozwijanie się pędów, które ponadto w większym stopniu narażone są na porażenie przez *Rhizoctonia solani*. Grzyb ten poraża wyrastające z bulwy młode pędy, mocne porażenie może spowodować nawet ich zamieranie. W celu ograniczenia porażenia przez *Rhizoctonia solani* stosuje się odpowiednie preparaty. Najlepiej stosować zaprawianie jednym z preparatów opartym o bakterie z rodzaju *Pseudomonas* sp.



Zdjęcie 5 - Sadzenie ziemniaków

W uprawie ziemniaka stosuje się rozstawę między rzędzi 75 cm lub 90 cm. Mniejszą rozstawę (75 cm) stosuje się w uprawach ziemniaków, które przeznaczone są na najwcześniejszy zbiór. Mniejsze redliny gwarantują szybsze ogrzewanie się gleby. Większą rozstawę (90 cm) stosuje się w uprawach przeznaczonych na później-

szy zbiór. W uprawie ziemniaka ilość wysadzanych bulw uzależniona jest od kalibrażu sadzeniaków - im są one większe, tym wysadza się ich mniej. Jednakże niezależnie od kalibrażu, zawsze próbuje się uzyskać obsadę 16 pędów na m². Poniżej zamieszczono tabelę rozstawy.

Tabela 2. Odstęp bulw w redlinie w zależności od różnego kalibrażu bulw

Przedział kalibrażu sadzeniaków [mm]	Średnia liczba pędów wyrastająca z danego kalibrażu sadzeniaka	Obsada roślin [lcz. bulw · m ⁻²]	Liczba pędów docelowych [lczb. pędów · m ⁻²]	Odstęp bulwy w redlinie [cm]	
				Szerokość między rzędami 75 cm	Szerokość między rzędami 90 cm
28 - 35	3	4,9	14,7	27	23
35 - 45	4	4,1	16,4	33	27
45 - 50	4,5	3,6	16,2	37	31

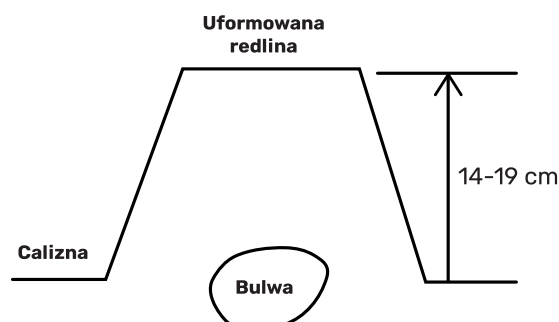
Źródło: Opracowanie własne

W uprawie regeneratywnej ważne jest precyzyjne wysadzenie bulw, tak aby były posadzone w określonej odległości jedna od drugiej. Zbyt gęste lub zbyt rzadkie posadzenie sadzeniaków niesie za sobą problemy. Zbyt gęste sadzenie pociąga za sobą niekorzystne warunki wzrostu pędów i nadmierną konkurencję roślin. Poza tym w łanie roślin zbyt gęsto posadzonych utrzymuje się większa wilgotność liści, co zazwyczaj powoduje większe występowanie chorób. Zbyt rzadkie sadzenie powoduje z kolei mniejszy plon, a tym samym niewykorzystanie wszystkich składników pokarmowych z gleby, co niepotrzebnie obciąża środowisko. Obsada powinna gwarantować właściwą strukturę plonu, w zależności od przeznaczenia plonu – na przykład ziemniaki na frytki są pożądane w rozmiarze od 45-60 mm przy długości ok 10 cm. Jeżeli ziemniaki frytkowe posadzimy zbyt gęsto, uzyskamy zamierzony plon, ale ziemniaki nie będą miały odpowiedniej wielkości.

Kalibraż sadzeniaków jest w pewnym zakresie, to znaczy kalibraż pojedynczych sadzeniaków nie jest identyczny, zatem posadzone bulwy w określonej rozstawie czasem dają różną od oczekiwaną liczbę pędów. Problem ten w dużej mierze rozwiązuje użycie specjalistycznej sadzarki, tak zwanej strukturalnej. Sadzarka ta jest w stanie wysadzać odpowiednio bulwy w zależności od ich wielkości. Proces ten zachodzi automatycznie i sadzarka sama zmienia odstęp bulwy w redlinie w zależności od tego, jakie sadzeniaki aktualnie wysadza.

Podczas sadzenia należy również prawidłowo ustalić głębokość sadzenia. Sadzeniaki powinny być posadzone w taki sposób, żeby bulwa znajdowała się na równym poziomie, jak calizna pomiędzy redlinami. Ziemniak po obredleniu powinien znajdować się od 14 do 19 cm pod szczytem redliny (rysunek 1)

Rysunek 1. Prawidłowo posadzona bulwa po uformowaniu redlin



NAWADNIANIE

W uprawie regeneratywnej ziemniaka, jak już wspomniano, bardzo ważna jest kondycja roślin, na którą poza prawidłowym odżywieniem roślin czy ochroną, wpływa również gospodarka wodna.

3.3.5

Zmiana klimatu pociąga za sobą okresy zarówno z długimi i dużymi niedoborami wody, jak i ekstremalnie okresy ze znacznym jej nadmiarem w siedlisku.

Ziemniak ma stosunkowo duże wymagania wodne oraz jest wrażliwy na niedobór wody w glebie, zwłaszcza w niektórych fazach wzrostu. W okresie wegetacji ziemniaki potrzebują ogólnie około 200 mm wody, z czego w wielu rejonach z opadu deszczu zapotrzebowanie to pokrywane jest tylko w 50%. Wrażliwość ziemniaka na niedobór wody jest w dużej mierze związana z tym, że ma on dość płytki system korzeniowy oraz uprawiany jest na redlinach, które zwiększają znacząco powierzchnię parowania wody z gleby. W początkowym okresie wzrostu ziemniak wodę pobiera z bulwy matecznej, natomiast wzrost zapotrzebowania na wodę u ziemniaka postępuje wraz ze wzrostem roślin. Fazami krytycznymi niedoboru wody jest początek zawiązywania bulw oraz kwitnienie. Niedobór wody w tych okresach oznacza zmniejszenie plonu roślin oraz pogorszenie jego jakości. Spadek plonu ziemniaka może być w przedziale

od 10 do aż 50% plonu. Zależy jest to od roku oraz rejonu, który się porównuje.

Przed uprawą ziemniaka w uprawie regeneratywnej należy zapewnić dostęp do wody, która zostanie wykorzystana do ewentualnego nawadniania. Do nawadniania może posłużyć woda zgromadzona w sztucznych stawach lub woda bezpośrednio pochodząca ze studni. Stworzenie sztucznych zbiorników może odbywać się poprzez spiętrzenie różnych cieków wodnych, kanałów. Stworzone celowo zbiorniki retencyjne (zdjęcie 6 na następnej stronie), poza rezerwuarem wody do deszczowania, pełnią również inne pozytywne funkcje w środowisku rolniczym. Wpływają na poprawę bioróżnorodności, gdyż stawy są siedliskiem bytowania różnych ptaków oraz innych organizmów, często będących pod ochroną. Stawy takie wpływają również na mikroklimat obszaru, na którym się znajdują. Poprawiają bilans wodny poprzez zwiększenie podsiąkania wód gruntowych do warstw powierzchniowych gleby, co może wpływać na inne uprawy znajdujące się w pobliżu zbiorników.



Zdjęcie 6 - Sztuczny zbiornik retencyjny to z jednej strony rezerwar wody do nawadniania, a z drugiej doskonałe siedlisko bytowania dla ptaków i innych organizmów.

Do nawadniania wykorzystać można nawadnianie kropelkowe lub szpulowe. Nawadnianie kropelkowe ma wiele zalet, chociażby lepszą efektywność nawadniania. Jednak metoda ta nie jest stosowana zbyt powszechnie z uwagi na jej duży koszt oraz problemy z rozkładaniem i ponownym użytkowaniem instalacji. Z tego powodu w praktyce do nawadniania ziemniaków wykorzystuje się najczęściej deszczownie szpulowe (zdjęcie 7). Deszczownie te służą do nawadniania napowierzchniowego. W trakcie uprawy ziemniaka do deszczowania zużywa się około 150 mm wody. Obec-

nie trwają prace mające na celu poprawę efektywności wykorzystania deszczowni szpulowych. Prace te skupiają się między innymi nad zastosowaniem precyzyjnego nawadniania deszczownią szpulową. Polegać ma to na tym, że w różnych miejscach na polu będzie podana różna dawka wody. Przed deszczowaniem tworzy się mapę glebową oraz ukształtowania terenu. W miejscach, w których występują zagłębienia terenu przyspiesza się zwijanie deszczowni w celu uniknięcia nadmiernego ich zalania. Z kolei na bardzo słabych glebowo częściach pola można zwiększyć ilość dozowanej wody.



Zdjęcie 7 - Deszczownie szpulowe służące do nawadniania oraz nawadnianie plantacji ziemniaka z wykorzystaniem deszczowni szpulowych



ZMIENNE NAWOŻENIE ROŚLIN I GLEBY

3.3.6

Nawożenie w uprawie regeneratywnej jest bardzo istotne. W podejściu regeneratywnym nawożenie należy opierać bezwzględnie o badania chemiczne gleby.

Badanie to wykonuje się w oparciu o metodę Melicha. Metoda ta umożliwia zbadanie zawartości poszczególnych składników w tym samym roztworze. Można określić również zawartość wapnia, materii organicznej oraz pojemność sorpcyjną gleby i relację ilo-

ściowe poszczególnych jonów wysycających kompleks sorpcyjny. Ma to wszystko ogromne znaczenie w ustalaniu ilości i jakości nawożenia. Rozważając nawożenie należy podzielić je na nawożenie nawozami naturalnymi, organicznymi oraz nawożenie mineralne.

Stosowanie nawozów naturalnych i organicznych

W uprawie regeneratywnej stosowanie nawozów naturalnych ma kluczowe znaczenie. W myśl tego nawożenia poza tym, że nawóz naturalny wprowadza składniki pokarmowe do gleby oraz materię organiczną niezbędną dla prawidłowego wzrostu i rozwoju rośliny uprawnej ma jeszcze dodatkową funkcję - pobudza do aktywności wszystkie pozostałe organizmy żyjące w glebie, które wpływają na wzrost rośliny. Zarówno mikroorganizmy, ale również inne organizmy glebowe, jak chociażby dżdżownice, dla swojego wzrostu potrzebują materii organicznej. Związki organiczne staramy się im dostarczać wraz z nawozami naturalnymi.

W uprawie ziemniaka nawozy naturalne powinno się stosować w postaci obornika, najlepiej bydlęcego w ilości 25-35 t·ha⁻¹. Można również zastosować gnojowicę w ilości nie większej niż 20 m³. W przypadku braku możliwości zastosowania obornika lub gnojowicy, można zastosować pomiot kurzy w ilości 6 t·ha⁻¹. Nawozy

naturalne stosujemy zawsze na jesieni, przykrywając je natychmiast po zastosowaniu.

Metodą nawożenia organicznego jest między innymi zastosowanie poplonów na zielony nawóz. Poplony, jak już wspomniano wcześniej w rozdziale o stanowisku i przedplonie, odgrywają istotną rolę w zachowaniu żywych korzeni w glebie, poza tym są również źródłem materii organicznej oraz pośrednio wpływają na zasobność gleby w składniki pokarmowe. Odpowiednio głęboko korzeniące się rośliny wysiane w mieszance poplonowej pobierają składniki z głębszych części gleby, wbudowują je w części swoich tkanek znajdujących się nad powierzchnią gleby, tym samym składniki te nie są wypłukane poza obszar korzenia się roślin. Przykładowy skład takiej mieszanki poplonowej dedykowanej do uprawy ziemniaka przedstawiono w tabeli 3 oraz na zdjęciu 8.

Rolę uprawy poplonów można opisać w następujących punktach:

Zwiększają dostępność składników pokarmowych

Zwiększają ilość materii organicznej w glebie

Zmniejszają erozję gleby (zwłaszcza wietrzną)

Zmniejszają intensywność zachwaszczenia (poprzez zacienianie gleby i zwiększenie konkurencji nie pozwalają się rozwijać pospolitym chwastom)

Poprawiają życie biologiczne gleby

Tabela 3. Skład mieszanki poplonowej proponowanej do uprawy ziemniaka

Gatunek	Ilość w mieszance [kg · ha ⁻¹]	Uwagi
Owies	10	Tworzy biomasę, działa fitosanitarnie
Gryka	5	Wpływa korzystnie na gospodarkę fosforową
Słonecznik	10	Gatunek głęboko korzeniący się i wyciąga składniki z głębszych warstw gleby
Rzodkiew	5	Tworzy biomasę
Aksamitka*	3	Ogranicza występowanie nicieni

*Dodawać do mieszanki tylko jeśli jest taka konieczność

Źródło: Opracowanie własne

W nawożeniu organicznym, a w zasadzie w zwiększaniu materii organicznej w glebie znaczenie ma również pozostawianie resztek poźniwnych na polu. W podejściu regeneratywnym należy zostawiać, w miarę możliwości, plon uboczny bezpośrednio na polu i traktować go jako nawóz.

Dodatkowo w celu zwiększenia materii organicznej oraz odżywienia mikroorganizmów żyjących w glebie można zastosować melasę, która zawiera cukry proste. Melasę buraczaną lub inną można dodawać do oprysku herbicydowego, lub podczas nawożenia roślin mikroelementami. Dodawanie melasy, w ilości ok 10 l·ha⁻¹ jest również jedną ze strategii rolnictwa regeneratywnego, wpływającego korzystnie na życie biologiczne gleby.

Zdjęcie 8 - Poplon rosnący na rok przed uprawą ziemniaka



Nawożenie mineralne

W uprawie ziemniaka, nawożenie mineralne należy stosować w formie precyzyjnej (zdjęcie 9). W celu wykonania takiego nawożenia należy posiadać:

■ odpowiednie narzędzia wyposażone w urządzenie GPS oraz rozsiewacz wyposażony w funkcję

przeznaczoną do nawożenia precyzyjnego, który między innymi musi posiadać wagę

■ mapę zasobności gleb w składniki pokarmowe
■ inne źródła informacji o zmienności polowej



Zdjęcie 9 - Precyzyjny wysiew nawozu - na drugim planie widać mapkę aplikacyjną, różne kolory odpowiadają różnej dawce wysiewu nawozu.

W standardowym nawożeniu precyzyjnym pierwsze dwa punkty nie zaskakują. Trzeci punkt, tj. inne źródła informacji o zmienności polowej, dotyczy między innymi informacji na temat zmienności składu granulometrycznego gleby. Informacji dotyczących uziarnienia gleby na polu mogą nam dostarczyć usługodawcy skanujący glebę. Istotnym źródłem informacji o glebie są również zdjęcia satelitarne, a głównie te oparte o technikę NDVI (indeks zieloności liści). Zdjęcia NDVI do planowania nawożenia mineralnego w ziemniaku należy wykorzystać z poprzedniej uprawy i tam obserwować różnice w zieloności roślin (w poprzednim sezonie we-

getacyjnym) i później korygować nawożenie mineralne w ziemniaku.

Również przydatna może być informacja dotycząca mapy plonu - tu również korzystamy (w miarę możliwości) z map plonów roślin poprzedzających uprawę ziemniaka. Jak pisano w rozdziale „wprowadzenie do uprawy regeneratywnej”, poszczególne gatunki uprawiane stanowią tylko pewną część, która stanowi całość podejścia regeneratywnego do uprawy gleby. Widać tu właśnie to całościowe podejście do tego tematu.

Nawożenie azotowe

Nawożenie azotowe należy rozpatrywać pod względem wymagań względem tego składnika poszczególnych odmian ziemniaka. Można wyróżnić odmiany o wymaganiach małych 80-100 kg N·ha⁻¹, średnich 120-150 kg N·ha⁻¹ oraz dużych 200-250 kg N·ha⁻¹ (dawki dla uprawy ziemniaka z nawodnieniem). Azot jest ważnym składnikiem plonotwórczym w uprawie ziemniaka. Jednakże przenawożenie tym składnikiem może powodować nadmierną wybujałość roślin, co skutkuje większą wrażliwością na choroby, pogorszeniem jakości bulw ziemniaka – na przykład zwiększać zawartość cukrów redukujących w bulwach, a cukry te są niekorzystne w przemyśle, w którym bulwy podlegają smażeniu. Dlatego w momencie planowania nawożenia azotowego pod uprawę ziemniaka w podejściu regeneratywnym należy wykonać wiosną analizę laboratoryjną zawartości

azotu mineralnego w glebie, należy uwzględnić również wspomniane wcześniej mapy plonowania przedplonu oraz mapy NDVI z poprzedniej uprawy. W razie wysokich zasobności gleby w ten składnik, oraz jeśli mapy NDIV oraz plonowania rośliny poprzedzającej uprawę ziemniaka wskazują na niewykorzystanie w pełni tego składnika, należy zrezygnować z nawożenia azotowego lub ograniczyć je tylko do określonych części pola. Zaleca się również nie stosować całej dawki nawożenia azotowego od razu – korzystnie jest podzielić ją na dwie części i pierwszą zastosować tuż przed sadzeniem, a drugą w trakcie wegetacji. Podział ten pozwala na ewentualną korektę drugiej dawki. Jeśli chodzi o rodzaj nawozu to w uprawie regeneratywnej polecający jest RSM, RSMS, mocznik lub saletrosan w pierwszej dawce, a RSM lub RSMS w drugiej.

Nawożenie potasowe

Ziemniak pobiera ok 6 kg K₂O na wytworzenie 1 tony bulw. Jak łatwo obliczyć, na wyprodukowanie 50 ton bulw ziemniak pobierze zatem około 300 kg tego składnika z gleby, czyli jest to bardzo duża ilość. Nawożenie potasowe planuje się w oparciu o mapy zasobności gleb oraz o planowany plon. Przykładowe dawki potasu

podane są w tabeli 4. W tabeli 4 przedstawiono nawożenie potasowe przy zastosowaniu nawożenia obornikiem. Natomiast jeśli nie zastosowano takiego nawożenia, wartości te należy zwiększyć o ok. 20% w stosunku do każdej z poszczególnych klas zasobności.

Tabela 4. Wartości nawozowe K₂O w uprawie ziemniaka w zależności od zawartości tego składnika w glebie w przypadku zastosowania nawozów naturalnych

Zakładany plon bulw ziemniaka [t · ha ⁻¹]	Zawartość K ₂ O w glebie				
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
30	160	140	110	70	40
40	220	190	150	100	50
50	270	240	180	120	60

Źródło: Opracowanie własne

Biorąc pod uwagę dobór rodzaju nawozu potasowego, to preferowany jest nawóz w postaci siarczanu potasu. Mniej polecana jest sól potasowa. Generalnie chlorki nie są pożądane w nawożeniu w uprawach regeneratywnych, gdyż w glebie mogą tworzyć rozpuszczalną sól - chlorek wapnia i w ten sposób przyczynić się do wypłukiwania wapnia do głębszych poziomów gleby.

Jak wspomniano w rozdziale 3.3.9, wapń ma szczególne znaczenie w uprawie regeneratywnej, więc jego straty z gleby są bardzo niekorzystne. Nawożenie potasowe dzieli się na nawożenie jesienne oraz wiosenne w ilości 40% na jesieni i 60% na wiosnę. W przypadku decyzji o stosowaniu soli potasowej, należy ją zastosować tylko na jesieni, unikając stosowania na wiosnę.

Nawożenie fosforowe

Ziemniak do wytworzenia plonu bulw w ilości 50 ton potrzebuje ok. 65 kg P₂O₅. W porównaniu do potasu nie są to duże ilości. W przypadku nawożenia tym makroskładnikiem oraz uwzględniając jego słabą mobilność w glebie oraz przy ciągłym nawożeniu nawozami naturalnymi, co jest jedną z podstawowych praktyk re-

generatywnych, często okazuje się że, zasobność gleb w fosfor jest wysoka lub bardzo wysoka. W takim przypadku można zrezygnować z nawożenia mineralnego tym składnikiem. W przypadku mniejszych zasobności gleb w fosfor należy zastosować nawożenia fosforowe w ilości wskazanej w tabeli 5.

Tabela 5. Wartości nawozowe P₂O₅ w uprawie ziemniaka w zależności od zawartości tego składnika w glebie w przypadku zastosowania nawozów naturalnych

Zakładany plon bulw ziemniaka [t · ha ⁻¹]	Zawartość P ₂ O ₅ w glebie				
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
30	120	80	50	40	30
40	160	100	65	50	40
50	200	130	80	65	50

Źródło: Opracowanie własne

Do nawożenia można użyć superfosfaty, polidap. Przy tym składniku preferowane jest również precyzyjne na-

wożenie z uwzględnieniem zasobności gleb na poszczególnych częściach pola.

Nawożenie siarkowe

Siarka jest istotnym składnikiem roślinnym, wchodzi w skład wielu białek, w roślinie zwiększa zawartość suchej masy. Z gleby siarkę roślina pobiera w formie anionu. Aniony są ujemnie naładowane, z tego powodu nie są tak jak kationy zatrzymywane przez kompleks sorpcyjny, który również ma ładunek ujemny. Siarka jest więc składnikiem łatwo przemieszczającym się w glebie i tym samym ciężko oznaczyć jej zmienną zasobność

w glebie. W rolnictwie regeneratywnym nawożenie tym składnikiem wykonuje się w oparciu o nawożenie azotowe, bowiem roślina nie jest w stanie przyswoić azotu, jeśli nie ma dostępu do siarki. Na każdy 1 kg N powinno zastosować się ok 0,25 kg siarki (4-krotnie mniej niż azotu). Do nawożenia siarką używa się nawozów, takich jak: saletrosan (zawiera również azot), RSMS, siarczan potasu lub kizeryt.

Nawożenie magnezowe

W uprawie ziemniaka magnez odgrywa istotną rolę, gdyż zwiększa zawartość suchej masy, jest również niezbędny podczas fotosyntezy. Na wytworzenie 50 t plonu bulw ziemniak pobiera około 25 kg MgO. W planowaniu nawożenia tym składnikiem należy opierać się o analizę chemiczną gleby – bowiem zbyt duża jego zawartość w glebie zmniejsza pobieranie potasu.

Dlatego wskutek przenawożenia tym składnikiem można zablokować pobieranie potasu. Często zdarza się, że zawartość magnezu w glebie jest optymalna - w takim przypadku rezygnujemy z nawożenia tym składnikiem. W przypadku niskiej zasobności gleb w magnez można zastosować kizeryt.

Nawożenie mikroelementami

Nawożenie mikroelementami w uprawie ziemniaka odbywa w 3 terminach. Pierwszy przypada na okres, gdy ziemniaki zakrywają międzyrzędzia, drugi, gdy rośliny rozpoczynają zawiązywanie bulw (kwitnienie), trzeci, gdy kwiaty zawiązują owoce. Mikroelementami

nawozimy roślinę, tj. stosujemy je w postaci roztworu. Mikroelementy stosowane w uprawie ziemniaka to: B, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo. W trakcie wykonywania nawożenia mikroelementami do roztworu można dodać melasę.



OCHRONA PRZED SZKODNIKAMI I CHOROBYMI

3.3.7

W podejściu regeneratywnym do ochrony roślin poza stosowaniem klasycznych środków ochrony roślin, istotną rolę ma zastosowanie środków prewencyjnych.

W ochronie przed szkodnikami znaczenie mają również zadrzewienia śródpolne (zdjęcie 10). Zadrzewienia takie są naturalnym siedliskiem pożytecznych organizmów, które często są drapieżnikami w stosunku do szkodników upraw. Na przykład zadrzewienia śródpolne dają ostoję drapieżnym ptakom, które później polują na gryzonie na sąsiadujących z zadrzewieniami

polach, podobnie jest z pożyteczną entomofauną. Poza zadrzewieniami śródpolnymi, znaczenie jako korzystne siedlisko dla pożytecznych organizmów mają również cieki wodne, zarówno te duże, jak i te małe. W podejściu regeneratywnym dba się o nie oraz utrzymuje się je w dobrym stanie (zdjęcie 11).



Zdjęcie 10 - Zadrzewienia śródpolne są naturalnym schronieniem dla pożytecznych organizmów

W ochronie roślin istotne znaczenie ma również kondycja rośliny uprawianej. Wszystkie zabiegi, techniki regeneratywne w istocie wpływają na polepszenie kondycji uprawianej rośliny. Bezpośrednia ochrona roślin ma być tylko uzupełnieniem wszystkich innych zabie-

gów zastosowanych po to, by poprawić kondycję roślin. Należy sobie zdawać sprawę z tego, że zastosowanie chemicznych środków ochrony roślin jest ostatecznym rozwiązaniem.



Zdjęcie 11 - Prawidłowe utrzymanie zbiorników wodnych jako przykład stwarzania odpowiednich warunków dla życia ptaków wodnych



Ochrona przed szkodnikami

Szkodniki mające istotne znaczenie w uprawie ziemniaka to:

nicienie

szkodniki glebowe drutowce

stonka ziemniaczana

mszyce

W ograniczeniu występowania nicieni duże znaczenie ma płodozmian. Ziemniaki nie powinny być uprawiane po roślinach kapustnych, zwłaszcza jeśli istnieje podejrzenie, że na danym polu może wystąpić problem z nicieniami. Podobną ostrożność należy zachować, jeśli decydujemy się na uprawę ziemniaka po roślinach okopowych. W celu określenia występowania nicieni w glebie, należy wykonać test laboratoryjny. Groźnymi gatunkami nicieni w uprawie ziemniaka są mątwiki, niszczyk zjadliwy, czy trichodorus. Szkodliwość tego ostatniego wynika z tego, że jest on wektorem wirusa TRV, który powoduje przebarwienie miąższu ziemniaka. W walce z nicieniami, poza płodozmiannem, pomocne może okazać się wysiewanie w poplonie roślin ograniczających występowanie nicieni. Do roślin takich zaliczyć można aksamitki – rośliny te należy wysiewać w mieszance poplonowej z innymi gatunkami w ilości 3 kg·ha⁻¹, czy gatunki mątwikobójcze. Inną metodą jest walka chemiczna – na rynku jest kilka środków zwalczających nicienie, za-

wsze należy je stosować zgodnie z zaleceniami podanymi na etykiecie.

Poza metodami prewencyjnymi, w zwalczaniu szkodników ziemniaka wykorzystuje się środki ochrony roślin. Najgroźniejszym szkodnikiem w uprawie ziemniaka jest stonka ziemniaczana, która niestety w warunkach europejskich nie ma skutecznych wrogów naturalnych, poza ptakami, które w niektórych latach mogą przyczynić się do istotnego ograniczenia występowania tego szkodnika. Ptakami krajobrazu rolniczego, które żywią się stonką ziemniaczaną, są między innymi kuropatwy i bażanty. Stonka jako gatunek owada pochodzący z Ameryki Północnej, ma tam swoich wrogów naturalnych, których niestety nie udało się z sukcesem wprowadzić do warunków europejskich. Z tego powodu w większości przypadków do zwalczania stonki wykorzystuje się klasyczne chemiczne środki ochrony roślin.

Ochrona przed chorobami

W rozdziale o doborze odmian wspomniano, że jedną z metod ograniczenia występowania chorób na plantacji ziemniaka jest odpowiedni dobór odmiany, odpornej na dany organizm patogeniczny. Z metod

niechemicznych zwalczania chorób jest to jedna z podstawowych. Jednak z różnych przyczyn nie zawsze jest możliwy odpowiedni dobór odmian.

W uprawie ziemniaka istotne gospodarczo choroby, wywoływane przez różne patogeny to:

rizoktonioza

zaraza ziemniaka

alternarioza

parch zwykły

czarna nóżka

Choroby te mogą przenosić się z materiałem sadzeniakowym. Z tego powodu duże znaczenie w ograniczeniu występowania tych chorób ma kupno kwalifikowanych sadzeniaków. W uprawie regeneratywnej sadzi się tylko materiał kwalifikowany dobrej jakości.

W ograniczeniu występowania rizoktoniozy znaczenie ma, poza dobrymi jakościowo sadzeniakami, również odpowiedni płodozmian. W celu ograniczenia występowania tej choroby można stosować również zaprawianie chemiczne bulw. Należy jednak pamiętać że, zaprawianie takie może skutkować wolniejszym wzrostem początkowym ziemniaka. Poza chemicznymi środkami dostępną są również środki biologiczne, oparte o bakterie, które nie wywołują zahamowania wzrostu roślin. Można również sadzić ziemniaki nieco później, aby po posadzeniu ziemniaka gleba posiadała wyższą temperaturę. W wyższej temperaturze następuje szybszy i bardziej wyrównany wzrost pędów, co ogranicza porażenie przez rizoktoniozę.

Zaraza ziemniaka jest bardzo groźną chorobą, mogąca całkowicie zniszczyć uprawę ziemniaka. W metodach niechemicznych walki z tą chorobą ma znaczenie dobór odmian oraz kwalifikowany materiał sadzeniakowy. Jednak podstawową metodą ograniczania występowania zarazy ziemniaka jest metoda chemiczna. Na ryn-

ku znajduje się wiele substancji aktywnych używanych do jej ograniczania. Należy je stosować przemiennie tak, aby nie wystąpiła odporność nabyta roślin ziemniaka. W stosowaniu środków ochrony roślin w uprawie regeneratywnej przeciw zarazie ziemniaka zastosowanie ma model chorobowy, który wskazuje poziom zagrożenia. Model ten jest oparty o parametry środowiskowe takie jak temperatura, wilgotność, prędkość wiatru, długość zwilżenia liścia itp. Mając takie dane, model ten wskazuje ryzyko wystąpienia zagrożenia ze strony zarazy ziemniaka. Zabieg chemiczny powinno wykonywać się wówczas, kiedy stwierdzone jest duże zagrożenie wystąpienia choroby.

W podobny sposób opiera się decyzję o wykonaniu oprysku przeciw alternariozie, czyli w oparciu o odpowiedni model chorobowy. Alternarioza jest to również choroba, która może rozwijać się na polu, jak i później, w przechowalni.

Parch zwykły oraz czarna nóżka to choroby wywoływane przez bakterie. W ograniczeniu występowania tych patogenów znaczenie ma odpowiednio dobrany płodozmian oraz dobra jakość sadzeniaków. W przypadku ryzyka wystąpienia parcha zwykłego znaczenie ma odpowiednio wysokie uwilgotnienie gleby w okresie inicjacji zawiązywania bulw.

Ochrona przed chwastami

W ograniczeniu występowania zachwaszczenia w uprawie ziemniaka istotne znaczenie ma metoda mechaniczna. Uprawa wiosenna niszczy chwasty wschodzące w tym okresie i wcześniejszym. W ograniczeniu występowania zachwaszczenia ma również znaczenie zastosowanie poplonów. Jak już wspomniano wcześniej, poplony zasiane po uprawie poprzedzającej uprawę ziemniaka są konkurencją dla pospolitych chwastów, ograniczają ich wschody. Poza metodami niechemicznymi w uprawie regeneratywnej zalecane jest stosowanie metody chemicznej. Należy jednak zwrócić szczególną uwagę na warunki, w których wykonuje się zabieg chemiczny. W uprawie regeneratywnej podstawowe znaczenie ma zabieg przedwschodowy, który należy wy-

konać zaraz po uformowaniu redlin. Zabieg ten powinien w zasadniczym stopniu zwalczyć większość chwastów. Zabiegi powschodowe są tylko uzupełnieniem pierwszego zabiegu i nie wykonuje się ich na wszystkich polach - jedynie tam, gdzie zachodzi konieczność. Czasami zabieg powschodowy wykonujemy tylko na części pola, a w oznaczeniu poziomu zachwaszczenia wtórnego może nam pomóc zdjęcie satelitarne w technologii NDVI. Na zdjęciu tym w miejscach bardziej zachwaszczonych poziom zieloności jest większy niż na innych częściach pola. Następnie tylko w miejscach o zdiagnozowanej większej intensywności zachwaszczenia wykonuje się zabieg powschodowy.



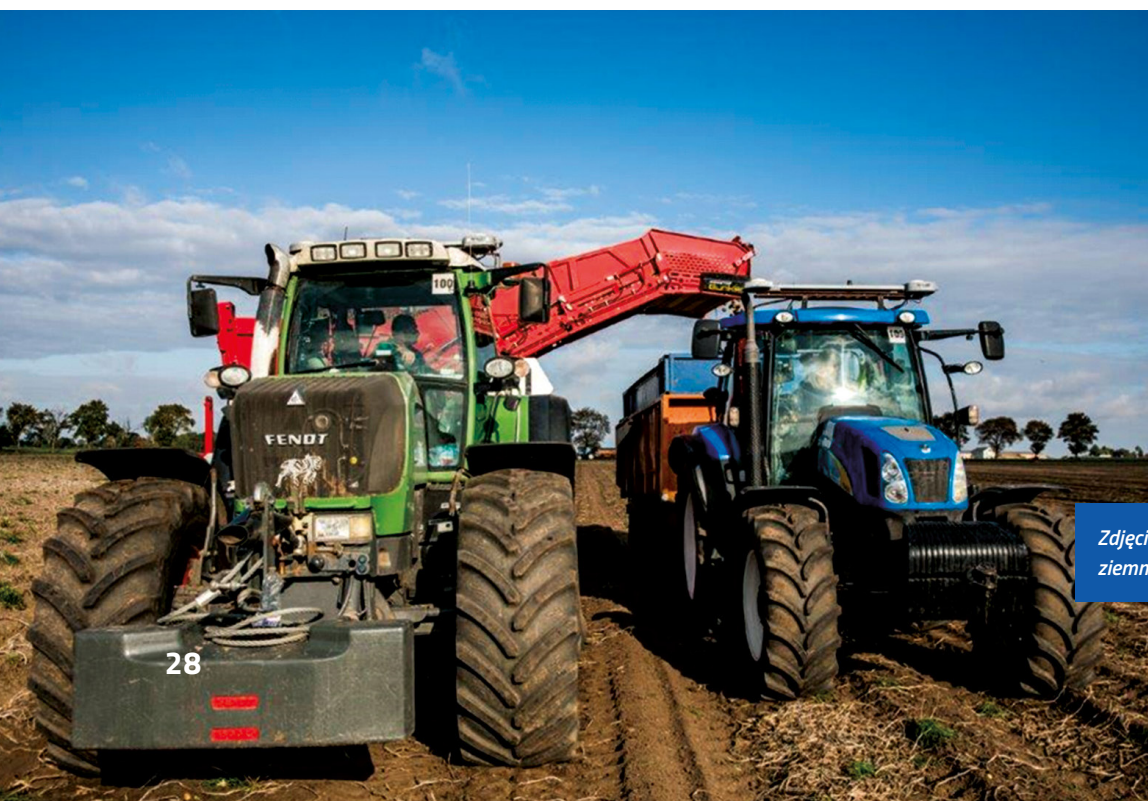
ZBIÓR I PRZECHOWANIE

3.3.8

Zbiór ziemniaka w podejściu regeneratywnym nie różni się istotnie od zbioru w uprawie konwencjonalnej ziemniaka.

Przygotowanie do zbioru można rozpatrywać z punktu widzenia rośliny ziemniaka oraz stanowiska i samego procesu zbioru. W kontekście przygotowania rośliny, szczególnie istotne jest przygotowanie jej przed zbiorem, zwłaszcza jeśli jest z przeznaczeniem do przechowywania. Takie rośliny powinny być wcześniej desykowane, a przed desykacją należy wykonać zabieg przeciw zarazie ziemniaka z użyciem środków, które ograniczają powstawanie zarodników płytkowych (np. z użyciem cyjazofamidu). W celu ograniczenia kiełkowania ziemniaków w przechowalni można wykonać zabieg z użyciem inhibitora kiełkowania w oparciu o hydrazyd melaninowy. Zabieg ten należy wykonać w momencie, w którym co najmniej 80% liści ziemniaka jest jeszcze żywych. Jeśli chodzi o stanowisko oraz sam zbiór, to czasami, gdy jest zbyt sucho i na polu jest dużo brył, które mogą powodować nadmierne obicia bulw, należy takie pole zdeszczować przed zbiorem. Zabieg ten ułatwi zbiór ziemniaków oraz ograniczy obijanie bulw ziemniaka. Istotne jest również odpowiednie ustawienie kombajnu, wyeliminowanie wszystkich nieprawidłowości, które

mogą zagrażać zbyt dużym obiciem bulw ziemniaków, co wpływa na ich jakość oraz wartość przechowalniczą. W trakcie zbioru do sprawdzenia poprawnych ustawień kombajnu wykorzystuje się sztuczną bulwę ziemniaka. Jest to elektroniczna bulwa uzbrojona w sensory, którą wkłada się w redlinę, następnie bulwa ta zostaje zebrana przez kombajn i przechodzi przez elementy robocze kombajnu i cały proces zbioru, ostatecznie lądując w przechowalni. Następnie na wykresie komputerowym można zidentyfikować miejsca w procesie zbioru, w których bulwy są szczególnie narażone na obicia. We wskazanych miejscach należy skorygować ustawienia kombajnu, np. zmniejszyć prędkość taśmy, zwiększyć ilość gleby na taśmie, lub zmniejszyć wysokości z których spadają ziemniaki na taśmie transportowej w przechowalni. W regeneratywnej uprawie ziemniaka istotne jest również to, aby uzyskać dane dotyczące plonowania w konkretnym miejscu pola, aby stworzyć mapę plonowania. Nowoczesne kombajny mają taką możliwość, należy z niej korzystać.



Zdjęcie 12 - Zbiór ziemniaków

Zanim bulwy ziemniaka trafią do przechowalni, należy je odpowiednio przygotować. W celu wyeliminowania zagrożenia patogenami, które mogą pozostać w przechowalni z poprzedniego roku, przechowalnię należy zdezynfekować, używając do tego odpowiedniego środka dezynfekującego, na przykład sporządzanego w oparciu o wodę utlenioną. Zabieg ten jest zabiegiem prewencyjnym, zmniejszającym ryzyko wystąpienia zgnilizn przechowalniczych bulw, tym samym przyczynia się do lepszej ich jakości.

W trakcie przechowywania ziemniaków wyróżniamy dwa etapy: suszenie, gojenie oraz schładzanie i przechowywanie. Pierwszy etap rozpoczyna się od razu, jak tylko bulwy ziemniaka trafią do przechowalni i przebiega w wyższych temperaturach, około 13-15°C i wilgotności względnej około 97%. Po etapie suszenia i gojenia, który trwa do 3 tygodni, w zależności od tego, jakie ziemniaki trafiają do przechowalni, następuje proces schładzania, a następnie przechowywania. Tempe-

ratura przechowywania zależy od przeznaczenia bulw ziemniaków. Ziemniaki jadalne przechowuje się w temperaturze ok. 4-5°C, natomiast bulwy przeznaczone na frytki czy chipsy przechowuje się w wyższych temperaturach, około 10°C. Różnica ta jest podyktowana zachowaniem bulw ziemniaków w niższych temperaturach. Okazuje się, że w niskich temperaturach bulwa ziemniaka odkłada w swoich tkankach więcej cukrów prostych, a cukry te nie są pożądane w bulwach, mających przejść proces smażenia. Natomiast w bulwach z przeznaczeniem na rynek świeży, cukry te nie mają tak dużego znaczenia. Z temperaturą przechowywania wiąże się również kiełkowanie bulw. W przechowalnictwie ziemniaka istotne jest, aby bulwy nie kiełkowały. Kiełkowanie jest intensywniejsze w wyższych temperaturach, stąd bulwy ziemniaka przechowywane w temp 10°C po okresie spoczynku rozpoczynają kiełkowanie. W celu zapobiegania kiełkowaniu, należy wykonać zabieg z użyciem środka hamującego kiełkowanie. Środki te podaje się z użyciem zamgławiania.

Zdjęcie 13 - Załadunek przechowalni ziemniaczanej





REGULACJA PH ORAZ ROLA WAPNIA W UPRAWIE REGENERATYWNEJ ZIEMNIAKA

3.3.9

Ziemniak jest gatunkiem, który nie ma specjalnie dużych wymagań co do odczynu gleby. Może być uprawiany na glebach o zakresie pH od 5,5 do 6,5.

Bardziej kwaśny odczyn gleby może jednak powodować niekorzystny wzrost korzeni, wystąpienie nadmiernej ilości dostępnych mikroelementów, a tym samym ich fitotoksyczne działanie. Z kolei w pH większym niż 6,5 istnieje większe ryzyko wystąpienia parcha zwykłego na bulwach, a tym samym pogorszenie ich jakości. Wiadomo, że na wartość pH gleby wpływają jony zasadowe, takie jak Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ . Z pierwiastków tych, jak wspomniano wcześniej, bardzo istotnym z punktu widzenia uprawy regeneratywnej jest wapń. Wapń spełnia wiele ważnych funkcji w życiu każdej rośliny. Pierwsza funkcja to odżywienie rośliny - wapń bowiem jest pierwiastkiem, który jest makroelementem i wpływa istotnie na odporność roślin, bierze udział w prawidłowym ukształtowaniu struktury ściany komórkowej. Ściana komórkowa roślin jest pierwszą naturalną warstwą ochroną roślin przed środowiskiem zewnętrznym. Wapń jest pierwiastkiem biorącym udział w regulacji procesów fizjologicznych wewnątrz komórki i jedynym pierwiastkiem, który roślina pobiera w tendencji wzrostowej do końca wegetacji. Drugą funkcją wapnia jest regulacja pH gleby. Odpowiedni odczyn gleby jest bardzo istotny w uprawie każdej rośliny, ma również wpływ na dostępność poszczególnych składników pokarmowych dla roślin. Zbyt wysokie pH powoduje niedostępność mikroelementów (poza Mo), z kolei zbyt niskie, powoduje uwalnianie toksycznych jonów glinu oraz nadmierną podaż mikroelementów, co wpływa niekorzystnie na stan fizjologiczny uprawianej rośliny. Ponadto wartość pH stwarza również reżim środowiskowy dla rozwoju wszystkich organizmów glebowych. Niska wartość pH gleby jest niekorzystna dla rozwoju dżdżownic oraz korzystnych bakterii, a działalność tych organizmów jest szczególnie istotna w uprawie regeneracyjnej. Ponadto wapń pełni funkcję jako pierwiastek

spajający cząstki mineralne oraz organiczne budujące glebę – jest środkiem cementującym agregaty glebowe. Obecność wapnia w glebie wpływa na wykształcanie się w glebie dobrze rozwiniętej, stabilnej struktury, a ta jest bardzo istotna w utrzymaniu odpowiedniej kultury gleby.

Z uwagi na tę wieloraką funkcję wapnia w uprawie regeneratywnej, należy szczególnie uwzględnić nawożenie gleby oraz roślin tym pierwiastkiem. Oczywiście w sytuacji, w której musimy uregulować pH, gdy odczyn gleby jest zbyt kwaśny, wtedy do nawożenia używamy wapna. Rodzaj wapna nawozowego, którego używamy, jest bardzo istotny. Dla celów odkwaszających stosujemy wapno kredowe lub cukrownicze. Wapna te są stosunkowo szybko działające, to znaczy są aktywne w glebie w krótkim czasie po ich zastosowaniu, a w regulacji odczynu na tym nam zależy. Do szybkiej regulacji odczynu nieodpowiednie jest wapno dolomitowe, które działa stosunkowo wolno.

Pojawia się pytanie: co robić w sytuacji, jeśli mamy odpowiednie pH gleby, czy wtedy nie stosować nawozów wapniowych? W podejściu regeneratywnym, w takim przypadku, nie należy rezygnować z nawożenia tym składnikiem. W tej sytuacji możemy użyć siarczanu wapnia (gipsu) lub saletry wapniowej. Siarczan wapnia należy stosować tuż po zbiorze uprawy poprzedzającej uprawę ziemniaka. Tak wczesne stosowanie tego nawożenia jest konieczne, gdyż siarczan wapnia jest stosunkowo słabo rozpuszczalny. Saletrę wapniową można stosować podczas zabiegów chemicznych bezpośrednio na roślinę. W podejściu regeneratywnym do uprawy ziemniaka zaleca się stosować saletrę wapniową przy każdym nawożeniu mikroelementowym.



ZESTAWIENIE PRAKTYK I ANALIZA KORZYŚCI

W podejściu regeneratywnym do uprawy ziemniaka, jak i każdej innej uprawy, należy zdawać sobie sprawę, że jest to podejście całościowe do uprawy roślin w gospodarstwie.

3.4

Nie da się osiągnąć pełnych celów, realizując praktyki regeneratywne tylko w uprawie jednego gatunku, a w innych już nie. Pełen sukces w prowadzeniu praktyk

regeneratywnych osiągnie się poprzez stosowanie ich w każdej uprawie.

W aspekcie uprawy ziemniaka w podejściu regeneratywnym należy wymienić kilka istotnych punktów:

■ wybierając stanowisko pod uprawę, należy uwzględnić ukształtowanie terenu, ponadto należy określić zasobność gleby w określone składniki pokarmowe metodą Melicha oraz ustalić właściwe zmianowanie w celu zapobiegania rozwojowi chorób oraz jednostronnemu wykorzystaniu składników pokarmowych

■ należy bezwzględnie uprawiać poplony o określonym składzie gatunkowym roślin w celu wprowadzenia dodatkowej masy organicznej do gleby; ograniczyć erozję gleby

■ należy również tam gdzie jest to możliwe stosować nawozy naturalne takie jak obornik, gnojowica

■ do uprawy gleby należy podejść z rozważą oraz z myślą o jej życiu biologicznym, tak aby jak najmniej

zaburzać równowagę biologiczną gleb, a z drugiej strony zapewnić odpowiednie warunki dla rozwoju rośliny uprawianej

■ w kontekście ochrony roślin plantację należy prowadzić w taki sposób, aby kondycja roślin ziemniaka była jak najlepsza, bo im rośliny są w lepszej kondycji, tym są bardziej odporne na niekorzystne czynniki zewnętrzne; należy również zadbać o określone otoczenie pól, takie jak zadrzewienia śródpolne czy zbiorniki wodne, które sprzyjają występowaniu pożytecznych z rolniczego punktu widzenia organizmów

■ należy pamiętać o odpowiednim poziomie wapnia w glebie – często niedocenianym makroelementem

Niewątpliwą korzyścią z prowadzenia praktyk regeneratywnych jest to, że dzięki nim gleba na polach staje się coraz zdrowsza, a dzięki temu jesteśmy w stanie osiągać lepsze wyniki produkcyjne oraz bardziej wyrównane plonowanie pomiędzy poszczególnymi latami, w zmiennych warunkach środowiska.

Jednym z efektów prowadzenia praktyk regeneratywnych w uprawie ziemniaka jest zmniejszenie spadku zawartości materii organicznej w glebie w porównaniu do uprawy konwencjonalnej tej rośliny. Więcej materii organicznej w glebie to mniej dwutlenku węgla obecnego w atmosferze. Podnosząc zawartość materii organicznej w glebie o 1 % wiążemy od 60 do 70 ton dwutlenku węgla.

W uprawie regeneratywnej staramy się stwarzać jak najlepsze warunki wzrostu roślin ziemniaka, co skutkuje jego lepszą kondycją, a w konsekwencji mniejszym zużyciem środków ochrony roślin, co zmniejsza koszty uprawy oraz wpływa korzystnie na środowisko. Możliwe jest również zmniejszenie kosztów nawożenia poprzez zastosowanie technik precyzyjnego dawkowania nawozów.

Wszystkie zabiegi regeneratywne mają na celu poprawę stanu środowiska naturalnego, plonowania roślin przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji i uzyskaniu wysokiej jakości zdrowego produktu finalnego.

POTATO

CEE REGENERATIVE
AGRICULTURE GUIDEBOOK



INTRODUCTION TO REGENERATIVE FARMING

In the face of climate change, which puts an increasing pressure on our environment, we must realize that we, as humanity, are its main driver.

3.1

Our impact is present both through daily routine choices, such as a drink in an easy-to-dispose or multiple-use packaging but also through the place we work. Agriculture is a special branch of the economy, which affects the environment quite extensively. Its impact is on the hand negative, but on the other positive and remedial, for example in the context of climate change. Every farmer should be aware of the important role he or she plays in shaping the environment. The farmer is not only a producer of food for others to consume, but also someone who can, and in fact should, have a positive impact on the environment in which the community lives.

Looking at the environmental criteria to be attained by the farmer as a food producer, they should operate so that to ensure healthy and quality food, but also produce it in a way which benefits the environment. Regenerative farming seeks to introduce practices that meet these criteria. The regenerative approach to growing crops is different from conventional. Its main focus is soil condition. Soil is the plant's living environment that needs to be taken care of. Some of its aspects can be defined in 5 points, which are called 5(C) practices:

■ Right amount of calcium (**Calcium**) in the soil, as this element is special to plant life and the functioning of the soil environment. Calcium affects the pH value, which is the most important for proper plant growth and biological life in the soil. It also affects the structure

of the soil through its contribution to the binding of soil colloids. And finally, calcium is a necessary ingredient of plant life, because it forms parts of cell walls and performs a regulatory function in plant cells.

■ Management of organic matter in the soil (**Carbon**) - the greater the amount of organic matter in the soil, the better the plants grow, the higher the yield and the better their condition. A larger amount of organic matter also translates positively into water retention by the soil. In addition, organic compounds that build organic matter are a source of energy for other organisms living in the soil.

■ Cultivation of cover crops (**Cover crop**). The cultivation of cover crops significantly increases the organic matter content in the soil, and in addition cover crops protect the soil against wind erosion, against leaching of nutrients and provide an additional source of organic substances necessary for the life of soil organisms.

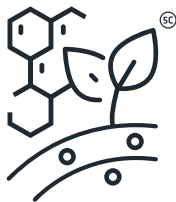
■ (**Cultivation**). Cultivation plays a very important role in shaping soil properties. On the one hand, cultivation seeks to prepare the soil to create proper conditions for the growth of cultivated plants, and on the other, it is one of the factors that disturb the biological balance created in the soil, e.g. as a result of increased aeration. In regenerative farming, the concept of cultivation can be summed up as "as little as possible, as much as necessary".

Impact of agricultural activity on the external environment (**Culture**). This refers to how agriculture affects the profile of the external environment. In this context, regenerative agriculture pays special attention to aspects that indirectly affect agricultural production, but significantly affect the external environment. These aspects include, for example, the creation or maintenance of existing mid-field woodlots, which has a positive effect on the birds that find shelter in them. In addition, birds are often predators that feed on pests. The creation of artificial water reservoirs and the protection

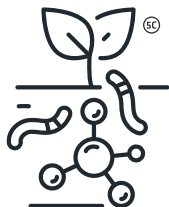
of the existing ones also has a positive effect on the environment, and the sowing of cover crops has a positive effect on pollinating insects, which use them as food.

The above practices in the context of cultivation of particular species should be considered in their totality. The respective crops in the crop rotation system are only one part of regenerative practices, and full benefits of regenerative farming are achieved for the entire rotation mix.

5C CODE



CALCIUM



CARBON



COVER CROP



CULTIVATION



CULTURE



NUTRIENT AND SOIL REQUIREMENTS

3.2

Potato can be successfully grown in various soil conditions.

However, medium-compacted soils are best for its cultivation. It is important that the soil is rich in nutrients, because the potato absorbs them from the beginning of its growth, but its roots do not go too deep. Stolons, or modified underground shoots, at the ends of which tubers develop, also grow in the surficial layer of the soil. Roots, stolons and new tubers need oxygen for their growth, and therefore they react adversely to its periodic shortage. For that reasons, heavy, drainage and impermeable soils are not recommended for potato cultivation. These soils, in addition to the periodic flooding risk, can also cause deform the developing tubers. In addition, heavy soils tend to clump too much, which is also unfavourable for potato cultivation. Undamaged clumps present at the beginning of the cultivation can remain in the soil until the end of the season, which in turn has a significant impact on the potato harvest -if soil is clumped to much, it can cause excessive tuber

bruising during the harvest, which affects their quality.

Table 1 shows the values of macronutrients that the potato uses to produce 1 tonne of tubers. The presented data show that, to produce one tonne of tubers, the potato needs approx. 3.5 kg of N, 1.3 kg of P_2O_5 and approx. 6 kg of K_2O . The values given in the table are average values for potatoes grown until the end vegetation. Potato grown for early harvest has slightly different, lower nitrogen requirements. For its cultivation, the potato requires approx. 1.5 kg of N per 1 tonne of tubers. Potatoes grown for chips (French fries) also need slightly higher doses of nitrogen and this value can be as much as 4.5 kg N (depending on the variety).

Table 1. Quantities of individual macronutrients extracted from 1 t of tubers ha^{-1} (average values)

Nitrogen (N)	Phosphorus (P_2O_5)	Potassium (K_2O)	Calcium (CaO)	Magnesium (MgO)	Sulphur (S)
3,5 kg	1,3 kg	6 kg	0,5 kg	0,5 kg	0,6 kg

Source: Author's own work

3.3

REGENERATIVE CULTIVATION TECHNOLOGY



LOCATION AND FORECROP

3.3.1

The cultivation site aspect in regenerative farming places emphasis on those factors that are directly habitat-related, such as the topography.

Potatoes should be preferably cultivated on sites with favourable topography. Depressions in the ground should be avoided. They carry the risk of water stagnation after heavy rainfall or sprinkling. Such depressions are also more likely to get frost in early spring, which the potato does not tolerate well. Another aspect related to the habitat is the regulation of water relations. Potatoes

cannot be grown in fields where there is no proper water management. In fields where there is stagnant water, potatoes not want to grow well, are in poor condition, which significantly affects their yield and sensitivity to infection by pathogens, and thus the subsequent intensity of protection.



Photo 1 - Drainage works ensure appropriate air and water parameters of the fields, which are necessary in regenerative agriculture

From the point of view of the site, the best forecrops for potatoes are cereals and legumes. In the regenerative approach to crop, care should be exercised when establishing the crop rotation to keep the plant roots alive and healthy in the soil for as long as possible, preferably without interruption. The soil can be thought of as a large „stomach“ that must feed the organisms that live in it - both plants and microorganisms. Growing plants carry out photosynthesis, they have living roots that partially decompose in the soil, thus providing a medium for microorganisms, and the roots secrete various substances that are beneficial for the life of soil microorganisms. Soil microorganisms are consumed by macroorganisms such as beneficial nematodes and earthworms. That is why it is important that there are living plants in the field after the forecrop is gone. Living roots guarantee the survival of organisms living in the soil and thus maintain the biological balance that has been created there. In regenerative agriculture, it is necessary to act in such a way as to interfere with this balance as little as possible. Therefore, in the regenerative approach, it is important what site a given species takes over, and basically what we are able to do with it, including how to prepare it for the successive one. If we grow potatoes after plants that leave the field early, e.g. cereals or others, cover crops should be used. The cultivation of catch crops in crop rotation has several tasks, one of them is to ensure that living roots remain in the soil between the cultivation of the next species, which, as mentioned earlier, is important for the survival of biological life in the soil. We do not sow cover

crops if we grow potatoes after sugar beets. Importantly, beets remain in the soil almost until the end of vegetation, and so nourish microorganisms living in the soil in that period.

Other aspects should also be taken into account when arranging a crop rotation. Potato should not be grown after rape and other plants from the cabbage family, mainly due to the potential presence of nematodes. In turn, after winter rape, there are also many volunteers, which are quite difficult to eradicate. In principle, there is only one active substance to chemically control those volunteers, namely rimsulphuron . It should be noted that this substance does not destroy the potato, but it is not indifferent to it in the context of its growth, and any stress adversely affects the condition of the plant. In regenerative agriculture, we try to create the best conditions for the growth of the cultivated species, based on the assumption that the better its condition, the greater the chance of it using its natural resistance mechanisms. Another very important aspect is what site parameters are left by the preceding cultivar. Potato peculiarly favours those species that reduce organic matter in the soil. Therefore, the site for the crop rotation should be prepared so that potatoes can be cultivated after fertilisation with manure, and if potato leaves the field early, cover crops are to be sown. This approach guarantees better conditions for potato growth and a better site for the successive plants.



SELECTION OF VARIETIES

3.3.2

The potato currently cultivated is derived from two species of *Solanum tuberosum ssp. andegenum* with red skin and croissant-shaped tubers, coming from the borderland of Peru and Bolivia and *Solanum tuberosum ssp. tuberosum* - having white skin, flat and round tuber shape, and probably coming from Chile.

A number of parameters is considered in the selection of potato varieties for regenerative farming. The first is the purpose of the potato. There are varieties intended for the fresh market, the starch industry, French fries and crisps. The specific usage entails some differences in the level of fertilisation, especially with nitrogen. For example, varieties intended for French fries have slightly higher requirements for nitrogen fertilisation than varieties for the fresh market or crisps.

Another important parameter is disease resistance. The main pathogens infecting potatoes are *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* and *Alternaria alternata*. There are differences among varieties available on the market in their level of resistance to these pathogens. Appropriate selection of a variety with high resistance can significantly affect the intensity of protection against diseases. Where possible, varieties that have moderate or low susceptibility to infection by these pathogens should be selected. And where it is impossible to select a suitably resistant variety, e.g. if a specific variety is imposed on us by the employer, the inspection of the plantation should be particularly focused on other early disease symptoms, and the related tools, such as e.g. disease models, should be used.

Currently, the importance of the origin of tubers (or in fact the condition of parent plants) is highlighted in the acquisition of plant resistance to pathogens. It turns out that a certain acquired immunity can be passed on to offspring. Therefore, the origin of seed potatoes may become more important in the future.

Other potato diseases include blackleg, common scab, with individual varieties showing different resistance to them. The other are of lesser importance than the two previously mentioned diseases, therefore they are not taken into account in the selection of varieties for regenerative cultivation of potatoes.

There is also a number of potential pests in potato cultivation. However, no significant resistance to pests was demonstrated among the cultivars. In terms of pest resistance, the condition of the plants and the location are more important than the variety, e.g. on light sandy soil is more likely to have nematodes of the genus *Trichodorus*, which are a vector of the dangerous TRV virus.

An important feature of the cultivars taken into account during their selection is the sensitivity to the active substance referred to as metribuzin. Different varieties show different sensitivity to this substance. Metribuzin is a very useful post-emergence herbicide for post-emergence weed control in potatoes. In regenerative cultivation, potato varieties susceptible to metribuzin should be located in fields less exposed to weed infestation. This allows better and more effective weed control, since the use of metribuzin often allows post-emergence control of weeds.



SOIL CULTIVATION

The soil cultivation strategy for regenerative farming is as little as possible and as much as necessary.

3.3.3

This seeks not to interfere with soil properties of the crop too extensively. Each cultivation treatment changes conditions in the soil, such as it increases porosity, aeration and partially mixes the soil. It is important to realize that these properties directly affect the organisms living in the soil. Each cultivation treatment of the soil changes the air and water conditions, and thus disturbs the biological balance that has developed in the soil. In regenerative cultivation, it is important to interfere with this balance as little as possible. In addition, each soil tillage increases the mineralization of organic matter by aerating the soil, while we want to preserve it as much as possible. On the other hand, we also want to create the best possible growth conditions for the cultivated plant, because only when our cultivated plant is in good condition will it be more resistant to all adverse abiotic and biotic factors, and that is another point of our focus in the context of the subsequent intensity of protection treatments, as well as the yield level and quality.

Cultivation for potatoes begins just after the fall of the forecrop. The first treatment is fertilisation with natural fertilisers, preferably manure, but slurry can also be used. Immediately after natural fertilisation, medium tillage up to 15 cm should be performed, along with the possible sowing of cover crops if, for example, we grow potatoes after cereals (early forecrop). Sowing cover crops makes sense until mid-September. This procedure can be done with a cultivator for no-till cultivation. Some of the companies producing such cultivators offer the option of seeder connection. This solution is the most advantageous, because both the sowing of cover crops and the cultivation of the soil are combined in one pass (photo 2). This is consistent with the „as little as possible“ principle.

Photo 2 - Cultivating unit with the option of medium-depth cultivation and sowing cover crops in one pass





Photo 3 - Roller for cutting cover crops

If we do not sow cover crops because it is too late, the manure or slurry should be immediately covered with shallow cultivation. This can be done with a disc harrow. If cover crops have been sown in the field, we leave them until the end of vegetation, then we destroy them using a mulcher or special rollers that cut them into small pieces (photo 3). The next cultivation procedure is ploughing. In general, tillage should be avoided in regenerative cultivation. However, potato is a plant that requires loose soil and the right structure for proper growth. Too compacted or lumpy soil is not suitable for growing potatoes. Winter ploughing both properly loosens the soil and, if it is lumpy, gives the opportunity to break up larger lumps during the winter. For this reason,

ploughing is usually necessary, although on some light soils, not prone to lumping, potatoes can be successfully cultivated without ploughing. In this case, however, in the fall, a subsoiler should be used, which should loosen the soil to at least 45 cm. In the spring, if necessary, the soil should be dragged. We carry out dragging in fields where there may be a problem with too much clumping of the soil. We do not perform it where not necessary. Another treatment is cultivation to a depth of 18-20 cm. It is intended to prepare the soil for planting potatoes, i.e. it should properly loosen it and break up larger lumps. Well-prepared soil for potato cultivation is very well loose (photo 4).



Photo 4 - Till before potato planting

In exceptional cases, it is necessary to remove rocks the field. In potato cultivation, too many rocks can cause excessive tuber bruising during harvesting, which affects the quality of the yield. When choosing a site for potato cultivation, those that have few rocks are preferred. If you decide to grow potatoes on a rocky site, the rocks

should be removed. The procedure is performed by special machines to a depth of 20 cm. After the treatment, the soil is very loose, so the cultivation before planting can be slightly shallower.



PLANTING POTATO TUBERS

Seed potatoes in regenerative cultivation must always come from a qualified plantation.

3.3.4

Such seed potatoes are free from diseases and pathogens and guarantee well-balanced emergence. They enable us to produce plants in good condition. If unqualified material is planted, a large share of the plants may be infected with viral, bacterial and fungal diseases. The latter are particularly dangerous, as there are no effective methods to fight them. That is why prevention is so important.

We start planting potato tubers when the soil warms up to a temperature of about 10°C. Planting potato tubers in colder soil results in slower development of shoots, which are also more exposed to infection by *Rhizoctonia solani*. This fungus infects young shoots growing from the tuber, and strong infection can even cause their death. Appropriate formulations are used to reduce infestation by *Rhizoctonia solani*. It is best to use one of the preparations based on bacteria of the genus *Pseudomonas* sp.



Photo 5 - Planting potatoes

Row spacing of 75 cm or 90 cm is used for potato growing. Smaller spacing (75 cm) is used in for potato intended for the earliest harvest. Smaller ridges ensure faster heating of the soil. A larger spacing (90 cm) is used for crops intended for later harvesting. The number of

planted tubers depends on the size of the seed potatoes - the larger they are, the fewer are planted. However, regardless of the size, the density of 16 shoots per m² is always attempted. The spacing table is shown below.

Table 2. Spacing of tubers in the ridge depending on different tuber sizes

Seed potato size range [mm]	The average number of shoots growing from a given size of seed potato	Plant density [No. of tubers per m ²]	Number of target shoots [No. of shoots per m ²]	Spacing of the tuber in the ridge [cm]	
				Row spacing of 75 cm	Row spacing of 90 cm
28 - 35	3	4,9	14,7	27	23
35 - 45	4	4,1	16,4	33	27
45 - 50	4,5	3,6	16,2	37	31

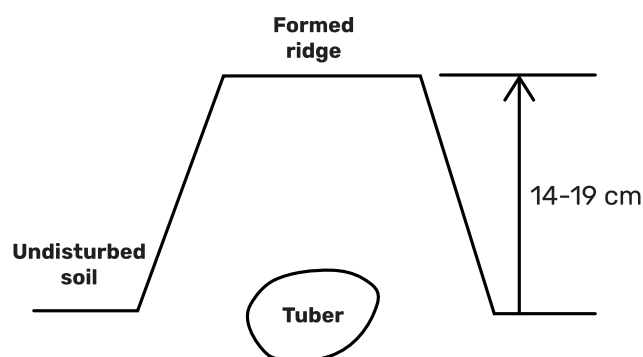
Source: Author’s own work

What is important in regenerative farming is to plant the tubers precisely so that they are planted at a certain distance from each other. Too dense or too sparse planting of seed potatoes causes problems. Too dense planting creates unfavourable conditions for shoot growth and excessive plant competition. In addition, the leaves are kept moist in a canopy of plants that are too densely planted, which usually causes a higher incidence of diseases. Too sparse planting, in turn, results in a lower yield, and failure to utilise all nutrients from the soil, which unnecessarily burdens the environment. The planting density should ensure the proper structure of the crop, depending on its purpose. For example, potatoes for French fries are desirable in the size of 45-60 mm with a length of about 10 cm. If you plant French fries too densely, you will get the intended yield, but the potatoes will not be the right size.

The sizes of seed potatoes are within a certain range, i.e. the sizes of individual seed potatoes are not identical, and so tubers planted at a certain spacing sometimes give the number of shoots other than expected. This problem is typically solved by the use of a specialized (structural) planter. This planter is able to plant tubers appropriately depending on their size. This process is automatic and the planter itself changes the spacing of the tuber in the ridge depending on which seed potato sizes it is currently planting.

It is also necessary in the planting to correctly determine the planting depth. Seed potatoes should be planted so that the tuber is level with the soil between the ridges. After trimming, the potato should be 14 to 19 cm below the top of the ridge (Figure 1).

Figure 1. Properly planted tuber after ridge ridges



IRRIGATION

As already mentioned, the condition of plants is very important in the regenerative cultivation of potatoes

3.3.5

That condition, apart from proper plant nutrition or protection, is also affected by water management. Climate change entails periods of both long and large water shortages, as well as extreme periods with a significant excess of water in the habitat.

Potato has relatively high water requirements and is sensitive to water deficiency in the soil, especially in certain growth stages. Potatoes generally need around 200 mm of water during the growing season, of which only 50% is covered by rainfall in many areas. Potato sensitivity to water shortage is largely related to the fact that it has a fairly shallow root system and is grown on ridges, which significantly increase the surface area for water evaporation from the soil. In the initial period of growth, the potato absorbs water from the mother tuber, while the increase in the demand for water in the potato progresses as the plant grows. The critical phases of water shortage are the beginning of tuber formation and flowering. Shortage of water in these periods means a decrease in plant yield and deterioration of its

quality. The decrease in potato yield may range from 10 to as much as 50%. It depends on the year and the region being compared.

Before the cultivation of potatoes in the regenerative system, access to water should be ensured for potential irrigation. Water collected in artificial ponds or water directly from wells can be used for that purpose. Artificial reservoirs can be created by damming up various watercourses and canals. Deliberately created retention basins (photo 6 on next page), apart from being the reservoir of irrigation water, also perform other positive functions in the agricultural environment. They improve biodiversity, because ponds are a habitat for various birds and other organisms, often under protection. Such ponds also affect the microclimate of the area where they are located. They improve the water balance by increasing the infiltration of groundwater into the surface layers of the soil, which may affect other crops in their vicinity.

v



Photo 6 - An artificial retention basin is, on the one hand, a water reservoir for irrigation, and on the other, a perfect habitat for birds and other organisms.

Drip irrigators or sprinklers can be used for irrigation. Drip irrigation has many advantages, such as improved irrigation efficiency. However, this method is not widely used due to its high cost and problems with disassembling and reusing the installation. For this reason, sprinklers are most often used to irrigate potatoes (photo 7). They are used for surface irrigation. During potato cultivation, about 150 mm of water is used for sprinkling. Currently, work is underway to improve the efficiency of the use of reel sprinklers. Work is currently

pending to improve the efficiency of sprinklers, focusing for example on the application of precision sprinkling. The goal is to apply different water doses at different locations. Before sprinkling, a soil and terrain map is created. In places where there are depressions in the ground, the winding of the sprinkler is accelerated in order to avoid their excessive flooding. On the other hand, water sprinkling rate can be increased on very poor soil in the field



Photo 7 - Sprinkler systems used for irrigation and the irrigation of potato plantations using sprinkler systems



VARIABLE FERTILISATION OF PLANTS AND SOIL

3.3.6

Fertilisation is very important in regenerative cultivation. The regenerative approach requires that it should be based on chemical test of the soil.

The test is performed based on the basis of the Mehlich method. Using this method, the respective ingredients can be tested in the same solution. It is also possible to determine the content of calcium, organic matter and the sorption capacity of the soil as well as the

quantitative relationship of individual ions saturating the sorption complex. All this is of paramount importance in determining the quantity and quality of fertilisation. Fertilisation as such should be divided into fertilisation with natural and organic fertilisers and mineral fertilisation.

Use of natural and organic fertilisers

In regenerative cultivation, the use of natural fertilisers is crucial. According to this principle, apart from the fact that the natural fertiliser introduces nutrients into the soil and organic matter necessary for the proper growth and development of the crop, it also has an additional function: it stimulates the activity of all other organisms living in the soil that affect the growth of the plant. Both microorganisms and other soil organisms, such as earthworms, need organic matter for their growth. We try to provide them with organic compounds together with natural fertilisers.

In potato cultivation, natural fertilisers should be applied in the form of manure, preferably cattle manure in the amount of 25-35 t·ha⁻¹. Slurry may also be used in an amount not exceeding 20 m³. If it is not possible to use manure or slurry, chicken manure in the

amount of 6 t·ha⁻¹ can be used. We always use natural fertilisers in autumn, covering them immediately after application.

Organic fertilisation involves, among others, the use of cover crops on green manure. Cover crops, as mentioned earlier in the chapter on the location and forecrop, play an important role in preserving living roots in the soil, and are also a source of organic matter and indirectly affect the soil's nutrient content. Properly deep-rooting plants sown as a catch crop mix take up ingredients from the deeper parts of the soil, incorporate them into parts of their tissues above the soil surface, and so these ingredients are not washed out beyond the rooting area of the plants. An example of the composition of such a cover crop mixture dedicated to potato cultivation is shown in table 3 and in photo 8.

The role of cover crop cultivation can be described as follows:

They increase the availability of nutrients

They increase the amount of organic matter in the soil

They reduce soil erosion (especially from wind)

They reduce the intensity of weed infestation (by shading the soil and increasing competition, they do not allow common weeds to develop)

They improve the biological life of the soil

Table 3. Composition of the cover crop mix proposed for potato cultivation

Type	Amount in the mix [kg · ha ⁻¹]	Remarks
Oat	10	It creates biomass, has phytosanitary qualities
Buckwheat	5	It has a positive effect on phosphorus management
Sunflower	10	The species is deeply rooted and extracts nutrients from deeper layers of the soil
Radish	5	It creates biomass
Marigold*	3	It reduces the presence of nematodes

*Add to the mix only if necessary
Source: Author's own work

It is also important to leave post-harvest residues on the field for organic fertilisation, and in fact to increasing the organic matter in the soil. In the regenerative approach, by-products should be left directly in the field where possible and treated as a fertiliser.

In addition, molasses, which contains simple sugars, can be used to increase organic matter and nourish microorganisms living in the soil. Beet molasses or other molasses can be added to herbicide spraying or when fertilising plants with microelements. Adding molasses, in the amount of about 10 l·ha⁻¹, is also one of the strategies in regenerative agriculture that positively affects the biological life in the soil.

Photo 8 - Cover crop growing one year before potato cultivation.



Mineral fertilisation

Mineral fertilisation for potato cultivation should be applied in precise doses (photo 9). In order to carry out such fertilisation, you must have:

■ suitable tools equipped with a GPS device and a spreader with a precision application function, which, among other things, must have a scale

■ a map of the abundance of nutrients in the soil
 ■ other sources of information on field variability



Photo 9 - Precise fertiliser spreading - you can see the application map in the background, different colours correspond to different doses of the fertiliser.

In standard precision fertilisation, the first two bullets are not surprising. The third bullet, that is other sources of information on field variability, concerns, among others, information on the variability of granulometric composition of the soil. Soil scanning service providers can supply us with information on the grain size of the soil in the field. An important source of information about the soil are also satellite images, mainly those based on NDVI (Normalized difference vegetation index). NDVI photos for planning mineral fertilisation for potatoes should be from the previous crop, where dif-

ferences in the vegetation index (in the previous growing season) should be observed, to adjust mineral fertilisation of potatoes later.

Information on the yield map may also be useful - here we also use (if possible) yield maps of plants preceding potato cultivation. As discussed in the chapter „Introduction to regenerative farming“, the individual cultivated species are only a part of the overall regenerative approach to soil cultivation, which is holistic in nature.

Nitrogen fertilisation

Nitrogen fertilisation should be considered in terms of the requirements for this component from individual potato varieties. There are cultivars with requirements of only 80-100 kg N·ha⁻¹, medium: 120-150 kg N·ha⁻¹ and large: 200-250 kg N·ha⁻¹ (dose for potato cultivation with irrigation). Nitrogen is an important yield-promoting ingredient in potato cultivation. However, over-fertilisation may cause excessive exuberance of plants, which results in greater susceptibility to diseases, deterioration of the quality of potato tubers - for example, increasing the content of reducing sugars in tubers, which are not favourable in the industry in which tubers are fried. Therefore, when planning nitrogen fertilisation for potatoes in the regenerative approach, a laboratory analysis of the mineral nitrogen content in the soil

should be performed in spring, and the previously mentioned forecrop yield maps and NDVI maps from the previous crop should also be taken into account. In the soil abounds in this ingredient, and if the NDIV and yield maps of the plant preceding potato indicate that it is not fully used, nitrogen fertilisation should be abandoned or limited to specific parts of the field only. It is also recommended not to use the entire dose of nitrogen fertilisation at once, as it is preferable to divide it into two parts and apply the first one just before planting, and the second during the growing season. This split allows for possible correction of the second dose. As for the type of fertiliser for regenerative cultivation, UAN, UANS, urea or saletrosan in the first dose are recommended, and UAN or UANS in the second dose.

Potassium fertilisation

Potato absorbs about 6 kg of K₂O to produce 1 ton of tubers. It is easy to calculate that, for the production of 50 tonnes of tubers, potato will take about 300 kg of this ingredient from the soil, which is a very large amount. Potassium fertilisation is planned based on soil fertility maps and the planned yield. Examples of

potassium doses are given in table 4. Table 4 shows potassium fertilisation with manure. However, if such fertilisation was not used, these values should be increased by about 20% in relation to each of the individual fertility grades.

Table 4. K₂O fertilisation values in potato cultivation depending on the content of this ingredient in the soil if natural fertilisers are used

Assumed yield of potato tubers [t · ha ⁻¹]	K ₂ O content in the soil				
	Very low	Low	Average	High	Very high
30	160	140	110	70	40
40	220	190	150	100	50
50	270	240	180	120	60

Source: Author's own work

Taking into account the type of potassium fertiliser, potassium sulphate is preferred. Potassium salt is less recommended. Generally, chlorides are not desirable for fertilisation in regenerative crops, as they can form soluble salt calcium chloride in the soil and thus contribute to leaching of calcium into deeper soil levels. As mentioned in section 3.9, calcium is of particular im-

portance in regenerative cultivation, so its losses from the soil are very unfavourable. Potassium fertilisation is divided into autumn and spring fertilisation in the amount of 40% in autumn and 60% in spring. If you decide to use a potassium salt, use it only in the fall, avoiding its use in spring.

Phosphorus fertilisation

A potato needs about 65 kg of P₂O₅. This is not a lot compared to potassium. In the case of fertilisation with this macronutrient and taking into account its poor mobility in the soil and continuous fertilisation with natural fertilisers, which is one of the basic regenerative practices, it often turns out that the abundance

of phosphorus in soils is high or very high. If that is the case, mineral fertilisation with this ingredient can be abandoned. In the case of lower soil phosphorus content, phosphorus fertilisation should be applied in the quantity as indicated in Table 5.

Table 5. Fertilisation values of P₂O₅ in potato cultivation depending on the content of this ingredient in the soil if natural fertilisers are used

Assumed yield of potato tubers [t · ha ⁻¹]	P ₂ O ₅ content in the soil				
	Very low	Low	Average	High	Very high
30	120	80	50	40	30
40	160	100	65	50	40
50	200	130	80	65	50

Source: Author's own work

Superphosphates and polydap can be used for the fertilisation. Precise fertilisation is also preferred for this in-

redient, taking into account the soil fertility in individual parts of the field.

Sulphur fertilisation

Sulphur is an important plant component. It is part of many proteins, and increases the dry matter content in the plant. The plant absorbs sulphur from the soil as anions. Anions are negatively charged, so, unlike cations, they are not retained by the sorption complex, which also has a negative charge. Sulphur is therefore an ingredient that easily migrates in the soil and in effect it is difficult to determine its variable abundance. In re-

generative agriculture, fertilisation with this ingredient is based on nitrogen fertilisation, because the plant is unable to assimilate nitrogen if there is no access to sulphur. For every 1 kg of N, about 0.25 kg of sulphur should be used (4 times less than nitrogen). For sulphur fertilisation, fertilisers such as: saletrosan (also contains nitrogen), UANS, potassium sulphate or kieserite are used.

Magnesium fertilisation

Magnesium plays an important role in potato cultivation, as it increases the content of dry matter and is also necessary during photosynthesis. Potato takes up about 25 kg of MgO to produce 50 t of tubers. When planning fertilisation with this ingredient, chemical analysis of the soil should be relied on, because too much of this ingredient in the soil reduces the uptake of po-

tassium. Therefore, as a result of over-fertilisation with this ingredient, the uptake of potassium can be blocked. It often happens that the magnesium content in the soil is optimal, in which case, we skip this fertilisation procedure. In the case of low magnesium content in the soil, kieserite can be used.

Fertilisation with microelements

Fertilisation with microelements in potato cultivation takes place three times. The first is when the potatoes cover the rows, the second when the plants start to set tubers (flowering), the third when the flowers set

fruit. We fertilise the plant with microelements, applying them in a solution. Micronutrients used in potato cultivation are: B, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo. Molasses can be added to the solution during fertilisation with microelements.



PEST AND DISEASE CONTROL

3.3.7

In the regenerative approach to plant protection, preventive measures are important next to the conventional plant protection products.

Mid-field woodlots are also important in protection against pests (photo 10). They are a natural habitat for beneficial organisms, which are often predators of crop pests. For example, mid-field woodlots provide a refuge for birds of prey, which later hunt rodents in the fields adjacent to the woodlots, as is the case with ben-

eficial butterflies. In addition to mid-field woodlots, watercourses, both large and small, are also important as a favourable habitat for beneficial organisms. In the regenerative approach, they are cared for and maintained in good condition (Photo 11).



Photo 10 - Mid-field woodlots are a natural shelter for beneficial organisms.

The condition of the cultivated plant is also important in plant protection. All regenerative treatments and techniques improve the condition of the cultivated plant. Direct plant protection is only to supplement

all other treatments used to improve the condition of plants. It is important to realize that the use of chemical plant protection products is the last resort



Photo 11 - Proper maintenance of water reservoirs as an example of creating appropriate conditions for the life of water birds.



Pest control

Significant pests in potato cultivation are:

nematodes

Colorado potato beetle

wireworm soil pests

aphids

Crop rotation is of great importance in reducing the occurrence of nematodes. Potatoes should not be grown after brassica, especially if there is a suspicion that the field may have a nematode problem. Particular attention should be paid to this, also if we decide to grow potatoes after root crops. A laboratory test should be performed to determine the presence of nematodes in the soil. Dangerous species of nematodes in potato cultivation are golden nematodes, stem nematodes, and trichodorus. The harmfulness of the latter results from the fact that it is a vector for the TRV virus, which causes discoloration of the potato flesh. Apart from crop rotation, sowing plants limiting the occurrence of nematodes in the cover crop may be helpful for the protection against this pest. Such plants include marigolds, which should be sown in the cover crop mixture with other species in the amount of $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, or nematocidal species. Another method is chemical control. There are sev-

eral nematode control agents on the market. Always use them as directed on the label.

In addition to preventive methods, plant protection products are used to control potato pests. The most dangerous pest in potato cultivation is the Colorado potato beetle, which, unfortunately, has no effective natural enemies in European conditions, apart from birds, which in some years may contribute to a significant reduction in the presence of this pest. Farmland birds that feed on the Colorado potato beetle include partridges and pheasants. The Colorado beetle as an insect originating from North America has its natural enemies there, which, unfortunately, have not been successfully introduced to Europe. For this reason, in most cases, classic chemical plant protection products are used to control this pest.

Protection against diseases

It was mentioned in the chapter on the selection of varieties that one of the methods of reducing the incidence of diseases on a potato plantation is the appropriate selection of a variety resistant to a given pathogenic or-

ganism. It is one of the basic non-chemical methods of disease control. However, for various reasons, it is not always possible to select the right varieties

In potato cultivation, economically significant diseases caused by various pathogens are:

rhizoctoniosis

common scab

potato blight

blackleg

alternariosis

These diseases can be transmitted with seed material. For this reason, the purchase of certified seed potatoes is of great importance in reducing the incidence of these diseases. In regenerative cultivation, only good quality certified material is planted.

In addition to good-quality seed potatoes, proper crop rotation is also important in reducing the incidence of rhizoctoniosis. Chemical treatment of tubers can also be used for the same purpose. However, it should be remembered that such treatments may result in a slower initial growth of the potato. In addition to chemical agents, biological agents are also available, based on bacteria that do not inhibit plant growth. You can also plant potatoes a little later, i.e. in order for the soil to have a higher temperature after planting. At a higher temperature, shoots grow faster and more evenly, which reduces infection by this rhizoctonia.

Potato blight is a very dangerous disease that can completely destroy the potato crop. Selection of cultivars and certified seed material are important in non-chemical methods of controlling this disease. However, the primary way to control late blight is using the

chemical methods. There are many active substances on the market used to control it. They should be used alternately so that there is no acquired resistance of potato plants. In the use of plant protection products in regenerative cultivation against late blight, a disease model is used that indicates the level of risk. This model is based on environmental parameters such as temperature, humidity, wind speed, leaf wetting length, etc. With such data, this model indicates the risk of late blight hazard. Chemical treatment should be performed when high risk of the disease is identified.

The decision to spray against *Alternaria* is based on similar factor, i.e. the appropriate disease model. *Alternariosis* is also a disease that can develop both in the field as well as later, in storage.

Common scab and blackleg are diseases caused by bacteria. Properly selected crop rotation and good quality of seed potatoes are important in reducing the occurrence of these pathogens. In the case of the risk of common scab incidence, adequately high soil moisture during the period of initiation of tuber formation is important.

Weed control

Mechanical methods are very important in the control of weed infestation in potato cultivation. Spring tillage destroys weeds emerging during this period and earlier. The use of cover crops is also important in reducing weed infestation. As mentioned earlier, cover crops sown after the cultivar preceding the cultivation of potatoes compete with common weeds and limit their emergence. Chemical methods are recommended as an addition to non-chemical methods in regenerative cultivation. However, special attention should be paid to the conditions in which the chemical treatment is performed. In regenerative farming, of primary importance is the

pre-emergence treatment, which should be performed immediately after the formation of the ridges. This treatment should substantially eradicate most weeds. Post-emergence treatments are only to supplement the first treatment and are not performed in all fields, but only where necessary. Sometimes post-emergence treatment is performed only on a part of the field, and a satellite image in NDVI technology can help us determine the level of secondary weed infestation. ON NDVI imagery, the weedy areas are greener than other parts of the field. Then, post-emergence treatment is performed only where higher weed infestation is identified.



HARVESTING AND STORAGE

3.3.8

The regenerative approach does not differ significantly from the conventional in terms of potato harvesting (photo 12).

Preparation for harvesting covers both the plant, the location, and the harvesting process as such. In terms of preparation of the plant, it is necessary in particular if it is intended for storage. Such plants should be desiccated first, and prior to desiccation, a late blight treatment should be performed with agents that reduce the formation of float spores (e.g. with cyazofamid). In order to limit the germination of potatoes in storage, a treatment with a sprouting inhibitor based on melanin hydrazide can be performed. This treatment should be performed when at least 80% of the potato leaves are still alive. As for the location and the harvest itself, sometimes when it is too dry and there are a lot of lumps in the field that can cause excessive tuber bruising, the field affected should be irrigated before harvesting. This procedure will facilitate the harvest of potatoes and reduce the bruising of potato tubers. It is also important to properly set the harvester, eliminate all irregularities that

may cause too much bruising of potato tubers, which affects their quality and storage value. During harvesting, an artificial potato tuber is used to check the correct settings of the combine. It is an electronic tuber fitted with sensors, which is inserted into the ridge, then the tuber is collected by the harvester and goes through the working elements of the harvester and the entire harvesting process, finally landing in the storage room. The computer graph can then identify the points in the harvesting process where the tubers are particularly vulnerable to bruising. In the indicated places, the combine settings should be adjusted, e.g. belt speed reduced, the amount of soil on the belt increased, or the height from which potatoes fall on the conveyor belt decreased. In regenerative potato cultivation, it is also important to obtain yield data at a specific place in the field in order to create a yield map. Modern harvesters have such options, so it is advisable to use them.

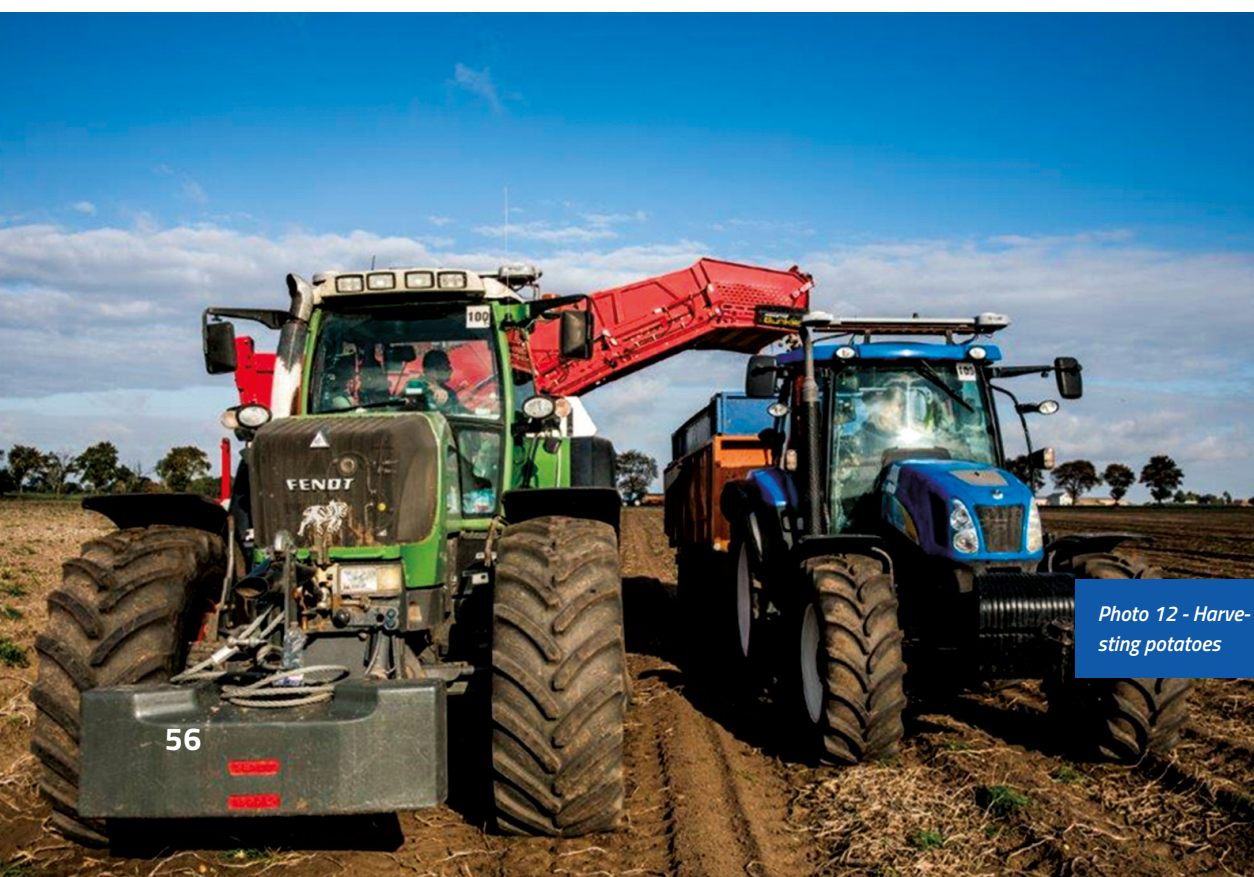


Photo 12 - Harvesting potatoes

Before potato tubers go into storage, they must be properly prepared. In order to eliminate the risk of pathogens that may remain in the store from the previous year, the store should be disinfected using an appropriate disinfectant, for example based on hydrogen peroxide. This treatment is a preventive treatment, reducing the risk of storage rot of tubers, thus contributing to their better quality.

There are two stages in the storage of potatoes: drying, healing and cooling and storage. The first stage begins as soon as the potato tubers enter storage and takes place at higher temperatures, around 13-15°C and relative humidity of around 97%. After the drying and healing stage, which lasts up to 3 weeks, depending on which potatoes are stored, the process of cooling and then storage takes place. The storage temperature de-

pends on the purpose of the potato tubers. Edible potatoes are stored at a temperature of approx. 4-5°C, while tubers intended for French fries or crisps are stored at higher temperatures, around 10°C. This difference follows from the behaviour of potato tubers at lower temperatures. It turns out that at low temperatures, the potato tuber deposits more simple sugars in its tissues, and these sugars are not desirable in tubers that are to undergo the frying process. However, in tubers intended for the fresh market, these sugars are not so important. The germination of the tubers is also related to the storage temperature. It is important that the tubers do not germinate in storage. Germination is more intense at higher temperatures, therefore potato tubers stored at 10°C start sprouting after dormancy. To prevent sprouting, treat them with a sprout inhibitor. These agents are administered using fogging

Loading of potato storage





PH REGULATION AND ROLE OF CALCIUM IN THE REGENERATIVE CULTIVATION OF POTATO

3.3.9

Potato is a species that does not have particularly high requirements as to the pH of the soil. It can be grown in soils with pH between 5.5 and 6.5

However, a more acidic soil may cause unfavourable root growth, excessive amounts of available micronutrients, and thus their phytotoxic effect. On the other hand, if pH is greater than 6.5, there is a greater risk of common scab on tubers, and thus deterioration of their quality. Soil pH is known to be affected by alkaline ions such as Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ . Of these elements, as mentioned earlier, calcium is very important from the point of view of regenerative cultivation. Calcium performs many important functions in the life of every plant. The first function is to nourish the plant - because calcium is a microelement, significantly affects the resistance of plants, and participates in the proper formation of the structure of the cell wall. The plant cell wall is the first natural layer of protection against the external environment. Calcium is involved in the regulation of physiological processes inside the cell and is the only element that the plant absorbs in an upward trend until the end of vegetation. The second function of calcium is to regulate soil pH. Appropriate soil acidity is very important in the cultivation of each plant, and it also affects the availability of individual nutrients for plants. Too high pH results in the unavailability of micronutrients (except Mo), while too low pH causes the release of toxic aluminium ions and excessive supply of micronutrients, which adversely affects the physiological condition of the cultivated plant. In addition, the pH value also creates an environmental regime for the development of all soil organisms. Low soil pH is unfavourable for the development of earthworms and beneficial bacteria, and the activity of these organisms is particularly important in regenerative cultivation. In addition, calcium binds

mineral and organic particles that build the soil - it is a cementing agent for soil aggregates. The presence of calcium in the soil affects the formation of a well-developed, stable structure in the soil, and this is very important in maintaining an appropriate soil culture.

Owing to the many functions of calcium in regenerative cultivation, special attention should be paid to fertilising the soil and plants with this element. Obviously, where we need to regulate the pH, when pH of the soil is too acidic, we use lime for fertilisation. The type of fertiliser lime we use is very important. For deacidification purposes, we use chalk or sugar lime. These limes are relatively fast-acting, that is, they are active in the soil shortly after their application, which is good for pH regulation. Dolomitic lime, which acts relatively slowly, is not suitable for quick pH adjustment.

A question can be asked what to do if we have the right pH of the soil, Should we not use calcium fertilisers then? In the regenerative approach, fertilisation with this ingredient should not be abandoned in this case. Here, we can use calcium sulphate (gypsum) or calcium nitrate. Calcium sulphate should be applied immediately after harvesting the crop preceding the cultivation of potatoes. Such an early application of this fertiliser is necessary because calcium sulphate is relatively poorly soluble. Calcium nitrate can be used during chemical treatments directly on the plant. It is recommended to use calcium nitrate with each micronutrient fertilisation in regenerative potato cultivation.



SUMMARY OF PRACTICES AND ANALYSIS OF BENEFITS

In the regenerative cultivation of potatoes, as well as any other crop, it is important to realize that it essentially is a holistic approach to growing crops.

3.4

Its full objectives cannot be achieved by implementing regenerative practices only in the cultivation of one species and not in others. Full success in the im-

plementation regenerative practices will be there if the practices are applied for each crop.

A number of important points should be mentioned in relation to regenerative potato farming:

when choosing a site, the terrain should be taken into account, along with the abundance of specific nutrients in the soil, which should be determined using the Mehlich method; in addition appropriate crop rotation should be determined in order to prevent the development of diseases and one-sided use of nutrients

it is absolutely necessary to cultivate cover crops with a specific composition of plant species in order to introduce additional organic mass into the soil; and reduce soil erosion

natural fertilisers such as manure, slurry should also be used where possible

soil cultivation should be approached with caution and with its biological life in mind, so as to disturb

the soil biological balance as little as possible, and on the other hand, ensure appropriate conditions for the development of the cultivated plant

in the context of plant protection, the plantation should be run so that the condition of potato plants is as good as possible, because the better the plants are, the more resistant they are to adverse external factors; it is also necessary to take care of the specific surroundings of the fields, such as mid-field woodlots or water reservoirs, which are conducive to the presence of organisms useful from the agricultural point of view

remember about the appropriate level of calcium in the soil as it is an often-underestimated macrolelement

A clear advantage of regenerative practices is that they make soil in the field healthier, and allow better production performance and more repetitive yields over the years, under changing environmental conditions.

One of the effects of regenerative practices in potato cultivation is the reduction of the decrease in the content of organic matter in the soil compared to conventional cultivation of this plant. More organic matter in the soil means less carbon dioxide in the atmosphere. By increasing the content of organic matter in the soil by 1%, we bind 60 to 70 tons of carbon dioxide.

In regenerative cultivation, we try to create the best conditions for the growth of potato plants, which results in their better health and, consequently, lower consumption of plant protection products, which reduces cultivation costs and has a positive effect on the environment. It is also possible to reduce the costs of fertilisation by applying precision fertiliser dosing techniques.

All regenerative treatments seek to improve the condition of the natural environment, plant yield, while reducing production costs and obtaining a high-quality and healthy final product.



Literatura / Literature:

- 1. Ahmed, F., Mondal M. M. A. and Akter Md. B. 2019.** *Organic fertilizers effect on potato (Solanum tuberosum L.) tuber production in sandy loam soil. International Journal of Plant & Soil Science.*
- 2. Drozda A., Kurpisz B., Arasimowicz-Jelonek M., Kuźnicki D., Jagodzik P., Yufeng G. i Floryszak-Wieczorek J. 2022.** *Nitric Oxide Implication in Potato Immunity to Phytophthora infestans via Modifications of Histone H3/H4 Methylation Patterns on Defense Genes. International Journal of molecular biology.*
- 3. Dzienia S., Szarek P., Pużyński S. 2004.** *Plonowanie i jakość bulw ziemniaka w zależności od systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych.*
- 4. Kuźnicki D., Meller B., Arasimowicz-Jelonek M., Braszewska-Zalewska A., Drozda A. i Floryszak-Wieczorek J. 2019.** *BA-BA-Induced DNA Methylome Adjustment to Intergenerational Defense Priming in Potato to Phytophthora infestans. Frontiers in Plant Science.*
- 5. Kusińska A. 1996.** *Wpływ systemu uprawy żyta i ziemniaków na zawartość i skład frakcyjny próchnicy glebowej. Roczniki Gleboznawcze.*
- 6. Munoa L., Chacaltana C., Sosa P., Gastelo M., zum Felde T., Burgos G. 2022.** *Effect of environment and peeling in the glycoalkaloid concentration of disease-resistant and heat-tolerant potato clones. Journal of Agriculture and Food Research.*
- 7. Liu, E. Y., Li, S., Lantz, V., Olale, E. 2019.** *Impacts of Crop Rotation and Tillage Practices on Potato Yield and Farm Revenue. Agronomy Journal.*
- 8. McCown, B.H., Kass, L. 1977.** *Effect of production temperature of seed potatoes on subsequent yielding potential. American Potato Journal.*
- 9. Meller B., Kuźnicki D., Arasimowicz-Jelonek M., Deckert J. i Floryszak-Wieczorek J. 2018.** *BABA-Primed Histone Modifications in Potato for Intergenerational Resistance to Phytophthora infestans. Frontiers in Plant Science.*
- 10. Miller, J.S., Olsen, N., Woodell, L. 2006.** *Post-harvest applications of zoxamide and phosphite for control of potato tuber rots caused by oomycetes at harvest. American Journal of Potato Research.*
- 11. Muñoz L., Chacaltana C., Sosa P., Gastelo M., zum Felde T., Burgos G. 2022.** *Effect of environment and peeling in the glycoalkaloid concentration of disease-resistant and heat-tolerant potato clones. Journal of Agriculture and Food Research.*
- 12. Ninh H. T., Grandy A. S., Wickings K., Snapp S. S., Kirk W., Hao J. 2014.** *Organic amendment effects on potato productivity and quality are related to soil microbial activity. Plant Soil.*
- 13. Rosa A., Dudek M., Siemiński P., Sadowski A., Bartosik S., Kaczmarek P., Łata K., Markowicz M., Petrovic J., Dykes I. 2022.** *Biologizacja - Klucz do zrównoważonego rolnictwa. Katalog dobrych praktyk. IRWIR PAN*
- 14. Essah S. Y. C., Delgado J. A., Dillon M., Sparks R. 2012.** *Cover Crops Can Improve Potato Tuber Yield and Quality. Hort Technology.*
- 15. Khatami S. A., Alebrahim M. T., Majd R. 2017.** *The Effect of Rimsulfuron Application Time and dose on Weed Control and Potato (Solanum tuberosum) Tuber Yield. Iranian Journal of Weed Science.*
- 16. Seyedbagheri Mir-M. 2010.** *Influence of Humic Products on Soil Health and Potato Production. Potato Research.*

17. Sobiech S., Rymaszewski J., Gładyszek S., Czajka M., 1996. *Wpływ deszczowania na plonowanie odmian ziemniaka. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych.*

18. Wanic M., Kostrzewska M.K., Myśliwiec M., Brzecin G.M. 2013. *Wpływ wsiewek międzyplonowych i płodozmianu na niektóre fizyczne i chemiczne właściwości gleby. Fragm. Agron.*

19. Wierzbicka A. 2012. *Wpływ odmiany, nawożenia azotem i terminu zbioru na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaków wczesnych. Fragm. Agron.*



Poznań 2023



Co-funded by the
European Union