mgr inż. Bartosz Grzempa
dr inż. Aneta Perzanowska

02

PSZENICA OZIMA WINTER WHEAT

PRZEWODNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO

CEE REGENERATIVE AGRICULTURE GUIDEBOOK

TERRA NOSTRA FUNDACJA

eit Food REGENERATIVE AGRICULTURE REVOLUTION

Co-funded by the European Union

PRZEWODNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO - PSZENICA OZIMA
CEE REGENERATIVE AGRICULTURE GUIDEBOOK - WINTER WHEAT

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

TERRA NOSTRA FUNDACJA

eit Food REGENERATIVE AGRICULTURE REVOLUTION

Co-funded by the European Union

Rewolucja 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 podzielają 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.

02

PSZENICA OZIMA
WINTER WHEAT

PRZEWODNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO
CEE REGENERATIVE AGRICULTURE GUIDEBOOK

Poznań 2023

SPIS TREŚCI

2.1	WPROWADZENIE DO UPRAWY REGENERATYWNEJ		str. 5
2.2	WYMAGANIA POKARMOWE I GLEBOWE		str. 7
2.3	TECHNOLOGIA UPRAWY REGENERACYJNEJ		str. 8
	2.3.1	MIEJSCE W PŁODOZMIANIE	str. 8
	2.3.2	DOBÓR ODMIAN	str. 10
	2.3.3	UPRAWA GLEBY	str. 10
	2.3.4	SIEW	str. 12
	2.3.5	NAWADNIANIE	str. 14
	2.3.6	ZMIENNE NAWOŻENIE ROŚLIN I GLEBY	str. 15
		Nawożenie mineralne	str. 16
		Nawożenie azotem	str. 17
		Nawożenie potasowe	str. 18
		Nawożenie fosforowe	str. 19
		Nawożenie siarką oraz magnezem	str. 20
		Nawożenie mikroelementami	str. 20
	2.3.7	OCHRONA PRZED SZKODNIKAMI I CHOROBAMI	str. 20
		Kontrola zachwaszczenia	str. 21
		Ograniczenie występowania szkodników	str. 23
		Zwalczanie chorób	str. 26
		Zabieg ograniczający wyleganie pszenicy	str. 28
	2.3.8	ZBIÓR I PRZECHOWANIE	str. 30
	2.3.9	REGULACJA PH I ROLA WAPNIA	str. 32
2.4	ZESTAWIENIE PRAKTYK I ANALIZA KORZYŚCI		str. 34
	Literatura		str. 68

TABLE OF CONTENTS

2.1	INTRODUCTION TO REGENERATIVE FARMING		page 37
2.2	NUTRIENT AND SOIL REQUIREMENTS		page 38
2.3	REGENERATIVE CULTIVATION TECHNOLOGY		page 40
	2.3.1	LOCATION AND FORECROP	page 40
	2.3.2	SELECTION OF VARIETIES	page 42
	2.3.3	SOIL CULTIVATION	page 42
	2.3.4	SOWING	page 44
	2.3.5	IRRIGATION	page 46
	2.3.6	VARIED FERTILIZATION OF PLANTS AND SOIL	page 47
		Mineral fertilization	page 48
		Nitrogen fertilization	page 49
		Potassium fertilization	page 50
		Phosphorus fertilization	page 51
		Fertilisation with sulphur and magnesium	page 52
		Fertilization with microelements	page 52
	2.3.7	PROTECTION AGAINST PESTS AND DISEASES	page 52
		Weed control	page 53
		Pest control	page 55
		Disease control	page 58
		Treatment against wheat lodging	page 60
	2.3.8	COLLECTION AND STORAGE	page 62
	2.3.9	PH REGULATION AND THE ROLE OF CALCIUM	page 64
2.4	SUMMARY OF PRACTICES AND ANALYSIS OF BENEFITS		page 66
	Literature		page 68

WPROWADZENIE DO UPRAWY REGENERATYWNEJ

2.1

Pszenica ozima *(Triticum aestivum)* jest ważnym gospodarczo gatunkiem zboża. Na świecie jest trzecim pod względem ilości zbieranych ton gatunkiem zbóż. Przed nią, pod względem globalnych zbiorów jest jedynie kukurydza i ryż. Z tych względów pszenicę uznać można za podstawowe źródło pożywienia dla całego społeczeństwa.

Uprawa pszenicy nie jest trudna, nie wymaga dużych nakładów w porównaniu do innych gatunków uprawianych na polach. Pszenica jako jeden z podstawowych gatunków zbóż rośnie na wielu tys. hektarów. W Polsce zajmuje największy obszar spośród wszystkich uprawianych gatunków. Z tego względu uprawa pszenicy jest również istotna w rolnictwie regeneratywnym. Rola pszenicy w płodozmianie jest bardzo ważna, gdyż z uwagi na duży areał uprawy, to ona najbardziej wpływa na właściwości glebowe pól w wielu gospodarstwach. W rolnictwie regeneratywnym należy uprawiać pszenice w taki sposób, aby jak najbardziej korzystnie wpływać na właściwości biologiczne gleby. Musimy zdawać sobie jednocześnie sprawę, że pszenica jest pewnego rodzaju wypełniaczem płodozmianu. Wypełniaczem, który ma za zadanie przygotować odpowiednie warunki dla następnych uprawianych gatunków. Poza tą funkcją wypełniacza płodozmianu pszenica dostarcza ziarna, z którego później piecze się chleb oraz wytwarza się inne przetwory zbożowe jak mąka itp., które odgrywają istotną rolę w żywieniu społeczeństwa. Z uwagi na jej ogromne znaczenie w żywieniu człowieka, konieczna jest dbałość o to, by ziarno pszenicy było wysokiej jakości. Połączenie tych dwóch aspektów, tj. produkcja dobrej jakości ziarna oraz pozostawienie odpowiednio dobrego stanowiska realizuje się w podejściu regeneratywnym do jej uprawy.

W rolnictwie regeneratywnym zwraca się szczególną uwagę na właściwości glebowe – gleba bowiem jest podstawowym elementem, który wpływa na to, jakiej wielkości i jakości pozyskujemy plon, nie tylko pszenicy.

W tym podejściu wyróżniamy pięć podstawowych punktów, które szczególnie wpływają na właściwości zarządzanej gleby. Nazwane zostały kodeksem 5C (od angielskich liter wyrazów opisujących czynniki wpływające na właściwości glebowe):

- Wpływ wapnia **(Calcium)** – wapń ma szczególne znaczenie w uprawie regeneratywnej, wpływa istotnie na wartość pH, kształtuje odpowiednią strukturę gleby oraz jest składnikiem niezbędnym dla prawidłowego wzrostu roślin.

- Materia organiczna w glebie **(Carbon)** – materia organiczna w glebie jest istotna, zwiększa żyzność gleby, poprawia retencje wody w glebie oraz jest pewnego rodzaju buforem. Niestety można wyróżnić gatunki, których uprawa powoduje zmniejszenie zapasów glebowej materii organicznej - np. ziemniak. Uprawa pszenicy ozimej z kolei może zwiększać jej zawartość. W podejściu regeneratywnym podejmuje się takie działania, które szczególnie mają wpływ na jej zwiększanie np. pozostawianie plonu ubocznego na polu (jak słoma zbożowa).

- Uprawa poplonów **(Cover crop)** – w uprawie pszenicy ozimej raczej nie praktykuje się siewu poplonów, jedynie w wyjątkowych sytuacjach. Może się tak zdarzyć, że jesteśmy zmuszeni do wykonania późnego siewu pszenicy, np. wiemy, że nasiona przeznaczone na

te pole dojadą w późniejszym terminie i przez co musimy zdecydować się na późniejszy ich siew. Natomiast w przeważającej większości przypadków czas od zbioru przedplonu do siewu ozimej formy pszenicy jest krótki - jest to tak krótki czas, że nie opłaca się siać poplonów. Jedną z funkcji siewu poplonów jest między innymi to, że pozostawiają one żywe korzenie oraz odpowiednią ilość organicznej biomasy w glebie, a tym samym dają możliwości przeżycia organizmom żyjącym w glebie i poprawiają jakość gleb poprzez wpływ na zasoby materii organicznej. Zatem w przypadku, kiedy czas pomiędzy zbiorem przedplonu, a siewem kolejnej rośliny w plonie głównym jest relatywnie krótki, co ma miejsce w przypadku uprawy pszenicy oziemej, nie siejemy poplonów.

Uprawa gleby **(Cultivation)** – w podejściu regeneratywym nie uprawiamy gleby zbyt intensywnie, staramy się ograniczać do minimum uprawę roli pod pszenicę. Takie podejście jest uzasadnione z wielu powodów, gdyż każda intensywna uprawa gleby – np. orka, wpływa niekorzystnie na równowagę biologiczną gleby, a na niej nam szczególnie zależy.

Wpływ działalności rolniczej na środowisko zewnętrzne **(Culture)** – w podejściu do środowiska zewnętrznego w uprawie pszenicy staramy się nie wpływać na nie niekorzystnie. To podejście możemy realizować poprzez ograniczenie stosowania środków ochrony roślin, czy też sadzenie nowych oraz dbanie o istniejące zadrzewienia śródpolne, które są naturalnym siedliskiem pożytecznych organizmów itp.

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

2.2

Pszenica ozima ma największe wymagania glebowe ze wszystkich zbóż. Najlepsze do jej uprawy są gleby czarnoziemne, czarne ziemie, mady ciężkie i średnie, lessy itp.

Jednak przy odpowiedniej kulturze rolnej oraz odpowiednim prowadzeniu łanu, pszenica może być uprawiana z sukcesem również na słabszych stanowiskach. Należy się jednak liczyć wtedy z ryzykiem niestabilności jej plonowania między poszczególnymi latami. W gospodarstwach, gdzie podejmuje się działania regeneratywne, kategoria agronomiczna gleby może nie być aż tak istotna w uprawie pszenicy. W gospodarstwach takich uprawia się ją z sukcesem w poszczególnych latach nawet na słabszych fragmentach pola.

Jak wynika z tabeli 1 pszenica ozima na wytworzenie 1 tony ziarna zużyje 30 kg $N \cdot ha^{-1}$, 11 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 18 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$, 5 kg CaO·ha-1, 3 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ oraz 4,5 kg $S \cdot ha^{-1}$. Wartości te są wartościami uśrednionymi dla pszenicy konsumpcyjnej. W uprawie pszenicy ciasteczkowej lub paszowej wymagania co do azotu są mniejsze. Odmiany takich pszenic zapotrzebowanie na azot mają mniejsze o nawet 8 kg $N \cdot ha^{-1}$, czyli ok 22 kg $N \cdot ha^{-1}$ na jedną tonę ziarna.

Tabela 1. Ilość poszczególnych makroelementów potrzebna do wytworzenia 1t ziarna (wraz z plonem ubocznym) · ha^{-1} (Wartości uśrednione)

Azot (N)	Fosfor (P_2O_5)	Potas (K_2O)	Wapń (CaO)	Magnez (MgO)	Siarka (S)
30 kg	11 kg	18 kg	5 kg	3 kg	4,5 kg

Źródło: Opracowanie własne

2.3 TECHNOLOGIA UPRAWY REGENERATYWNEJ

STANOWISKO I PRZEDPLON

2.3.1

W doborze stanowiska do uprawy pszenicy ozimej poza właściwościami biologicznymi powinno wziąć się również pod uwagę to, aby przed uprawą pola odpowiednio zmeliorować, udrożnić kanały melioracyjne itp.

Zapobiegnie to późniejszym zastoiskom wodnym, które wypływają niekorzystnie na rozwój pszenicy ozimej. W uprawie pszenicy nie jest aż tak istotne ukształtowanie terenu, gdyż pszenica nie jest tak bardzo wrażliwa na zastoiska mrozowe itp. W podejściu regeneratywnym należy zadbać jednak o to, aby dookoła pól znajdowały się zadrzewnia śródpolne, stawy i cieki wodne, które są naturalnym miejscem bytowania pożytecznych organizmów.

Nieprawidłowo wykonana melioracja oznacza zastoiska wodne, które wpływają niekorzystnie na kondycję rośliny uprawnej.

W uprawie regeneratywnej bardzo istotne jest ułożenie odpowiedniego płodozmianu. Pszenica ozima stanowi w nim pewnego rodzaju wypełnienie oraz jest rośliną korzystnie wpływającą na właściwości glebowe. Korzystnie wpływa na poprawę struktury gleby, gdyż odpowiednio zarządzana może zwiększać zapas materii organicznej w glebie. Z tego względu, po pszenicy ozimej uprawia się takie gatunki jak ziemniak, burak cukrowy, warzywa itp., których uprawa ma bardziej destrukcyjne działanie na środowisko glebowe. Najlepszymi przedplonami dla pszenicy ozimej są rośliny niezbożowe, takie jak buraki cukrowe, ziemniaki, strączkowe, czy rzepak ozimy. W uprawie regeneratywnej nie uprawia się pszenicy po innych zbożach, wyjątkiem może być kukurydza. Takie podejście uwarunkowane jest tym, że uprawa pszenicy po sobie może być opłacalna, ale takie postepowanie wpływa niekorzystnie na właściwości biologiczne gleby. Poza tym stanowisko pszenicy po sobie niesie duże ryzyko większego wystąpienia chorób grzybowych. W podejściu regeneratywnym staramy się wykorzystać wszystkie możliwe sposoby na organicznie występowania patogenów.

W podejściu regeneratywnym do uprawy roślin, nie tylko pszenicy ozimej, istotne jest, aby w zmianowaniu pole znajdowało się jak najdłużej pod okrywą z żywych roślin. Chodzi o to, aby cały czas na polu znajdowały się żywe korzenie roślin, które mają za zadanie odżywienie mikroorganizmów glebowych, których obecność jest niezbędna do prawidłowego wzrostu roślin. W uprawach, gdzie okres od zejścia przedplonu do zasiewu kolejnej rośliny zmianowania jest dość długi, np. w przypadku uprawy ziemniaka po zbożu, wysiewa się mieszankę roślin poplonowych. Natomiast pszenicę ozimą uprawia się po takich przedplonach, gdzie okres od zejścia przedplonu do siewu rośliny następczej jest relatywnie krótki, np. po burakach czy późnych ziemniakach siew pszenicy następuje praktycznie od razu po zbiorze przedplonu. Co natomiast robić w przypadku, kiedy pszenicę ozimą uprawiamy po wcześniej schodzącym przedplonie, takim jak np. rzepak czy groch? W takiej sytuacji przyspieszamy możliwie wysiew pszenicy, np. tydzień, po to, aby skrócić czas, w którym w glebie nie ma żywych korzeni. Innym aspektem jest to, że w uprawie regeneratywnej powinno wykonać się nawożenie organiczne zaraz po zejściu poplonu.

Ściernisko po uprawie pszenicy. Na zdjęciu widać małe otwory w glebie, które zrobiły dżdżownice.

DOBÓR ODMIAN

2.3.2

Odmiany pszenic różnią się wieloma cechami. Podstawowa różnica wiąże się z tym, do jakiej grupy jakościowej należy dana odmiana pszenic.

Wyróżniamy 4 grupy jakościowe: E, A - odmiany chlebowe, B - odmiana paszowa oraz C - odmiana ciasteczkowa. W doborze odmiany wybieramy taką, która spełnia nasze oczekiwania jakościowe.

Poza grupą jakościową ziarna, kolejną ważną cechą jest zimotrwałość roślin. Poszczególne odmiany pszenicy różnią się odpornością na przezimowanie. Przezimowanie jest podstawową cechą, którą bierzemy pod uwagę w wyborze odmiany. W uprawie regeneratywnej staramy się wybierać takie odmiany, które wykazują stosunkowo dużą zimotrwałość. Rośliny wykazujące lepszą zimotrwałość, poza tym, że raczej przezimują, to w porównaniu do odmian z gorszą zimotrwałością, wykazują lepszy wigor po zimie, zwłaszcza jeśli wystąpiły ujemne temperatury. W przypadku roślin, których wigor i kondycja wiosenna są słabe, zdarza się, że są częściej porażane przez patogeny.

Innymi cechami, które bierzemy pod uwagę w doborze odmian pszenicy jest odporność na choroby. Głownie zwracamy uwagę na odporność odmian na choroby liściowe takie, jak, septoria, rdza i mączniak. Staramy się wybierać takie odmiany, które wykazują większą odporność na te choroby – odpowiedni dobór odmiany jest jednyną z niechemicznych metod ochrony roślin.

Inne cechy odmian mogą być istotne podczas wyboru odmiany do uprawy, ale tylko w wyjątkowych sytuacjach. Na przykład to, czy odmiana jest oścista, może mieć znaczenie w sytuacjach uprawy pszenicy na polach zlokalizowanych blisko lasu, gdzie mogą żerować dzikie zwierzęta - okazuje się, że ościstych odmian pszenic dzikie zwierzęta nie preferują.

UPRAWA GLEBY

2.3.3

W podejściu regeneratywnym do uprawy gleby w pszenicy ozimej staramy się uprawiać glebę w myśl zasady: tak mało jak jest to możliwe, ale tak dużo, jak jest to konieczne.

Zdajemy sobie sprawę, że każda uprawa gleby wpływa dość intensywnie na warunki powietrzno-wodne w glebie. Warunki powietrzno-wodne mają istotny wpływ na równowagę biologiczną w glebie, napowietrzanie gleby powoduje mineralizację próchnicy. W podejściu regeneratywnym zależy nam, aby jak najmniej negatywnie wpływać na te parametry. Wykonując uprawę pod pszenicę ozimą zdajemy sobie sprawę, że musimy doprowadzić glebę do jak najkorzystniejszych warunków wzrostu pszenicy, ale również mamy na uwadze to, że w glebie poza rośliną uprawną znajdują się korzystne makro i mikroorganizmy, na których również nam zależy.

Po zejściu przedplonu, takiego jak rzepak ozimy, ziemniak wczesny czy groch mamy czas około jednego miesiąca do siewu pszenicy ozimej. Po zbiorze przedplonu powinniśmy jak najszybciej glebę uprawiać płytko. Jeśli zamierzamy nawozić organicznie, to najpierw wykonujemy nawożenie, a następnie płytką uprawę. Płytka uprawa wykonana od razu po zbiorze przedplonu ma dwa zadania: po pierwsze zmniejsza parowanie wody z gleby, po drugie powoduje pobudzenie kiełkowania chwastów oraz przykrywa nawóz organiczny, jeśli został zastosowany. Po około dwóch tygodniach od wykonania zniszczenia mechanicznego chwastów należy lustrować pole i jeśli jest bardzo dużo chwastów, powinniśmy wykonać ponowny zabieg uprawy płytkiej. Ma to na celu ograniczenie zachwaszczenia gleby metodami niechemicznymi. Następnie powinniśmy wykonać uprawę przedsiewną. Tę uprawę staramy się wykonać bezorkowo. Uprawa orkowa natomiast wchodzi w grę, ze względów fitosanitarnych tylko tam, gdzie musimy z jakiś powodów uprawiać pszenicę po pszenicy lub kukurydzy. Zwykle powinniśmy raczej układać tak zmianowanie, aby uniknąć takiej sytuacji. Jednak w gospodarstwach, gdzie prowadzi się chów zwierząt, zwłaszcza bydła, ciężko dobrać tak zmianowanie, aby uniknąć uprawy pszenicy po kukurydzy. W takim wypadku wykonujemy orkę, jest to konieczne. W innych przypadkach po innych przedplonach robimy uprawę głęboką bezpłużną na ok. 20-30 cm i w tak uprawioną glebę siejemy pszenicę. Korzystnie jest do zabiegu uprawy głębokiej użyć agregatu, który w jednym przejeździe uprawi glebę na określoną głębokość oraz zasieje pszenicę. W przypadku, gdy uprawiamy pszenicę po późno schodzącym przedplonie, np. buraku cukrowym czy ziemniakach przechowalniczych, możemy po nawożeniu organicznym, jeśli jest takowe przewidziane, uprawić glebę głęboko i siać. Z przyczyn oczywistych pomijamy wtedy uprawę płytką ścierniska.

Zamiast uprawy głębokiej na całej powierzchni pola, można uprawiać tylko pasy, w których siejemy pszenice. Metoda ta nazywa się uprawa pasową (ang. strip-till) i jako sposób uprawy w zbożach zaczyna odgrywać coraz większe znaczenie. Niewątpliwie uprawę pasową cechuje mniejsza intensywność uprawy roli w porównaniu do uprawy głębokiej agregatem uprawowym. W przypadku uprawy pasowej uprawiamy tylko pas pola, w którym wysiewamy nasiona. Metoda ta jednak wymaga jeszcze pewnych opracowań agrotechnicznych, natomiast w przyszłości będzie miała zapewne duże zastosowanie w uprawie regeneratywnej pszenicy ozimej.

Agregat do uprawy strip-till.

SIEW

2.3.4

W uprawie regeneratywnej pszenicy ozimej siew jest jednym z kluczowych etapów uprawy. Po odpowiednim przygotowaniu pola przystępujemy do siewu nasion.

Przed siewem ustalamy normę wysiewu - w podejściu regeneratywnym zawsze obliczamy normę wysiewu w oparciu o MTZ (masę tysiąca ziaren) i zamierzoną obsadę roślin. Przed siewem kalkulujemy określoną liczbę nasion na metrze kwadratowym i następnie przeliczamy, ile to jest w kg·ha^{-1} i później wykręcamy siewnik. Gęstość łanu jest bardzo ważna w późniejszym prowadzeniu plantacji. Zależy nam na jak najmniej gęstym łanie, ale na tyle gęstym, żeby gwarantował nam odpowiedni plon. W tabeli 2 przedstawiono teoretyczny potencjał plonowania określonych łanów.

Tabela 2. Teoretyczny poziom plonowania z uwzględnieniem struktury plonu przy tym samym poziomie rozkrzewienia (w obliczeniach przyjęto MTZ 45 g)

Norma wysiewu [liczba nasion • m^{-2}]	liczba rozkrzewień [liczba źdźbeł • nasiono^{-1} • m^{-2}]	liczba kłosów [liczba kłosów • m^{-2}]	liczba pięterek w kłosie [liczba]
200	5	1000	8
250	5	1250	8
300	5	1500	8

liczba ziarniaków na każdym pięterku [liczba]	liczba ziarniaków [liczba ziarniaków • m^{-2}]	Plon z ziarna* [kg • m^{-2}]	Plon [t • ha^{-1}]
4	32000	1,44	14,4
4	40000	1,8	18
4	48000	2,16	21,6

*Założono MTZ 45 g
Źródło: Opracowanie własne

Z tabeli 2. Wynika, że przy siewie 200 nasion·m^{-2} i przy stopniu rozkrzewienia równym 5, możemy uzyskać plon 14,4 t·ha^{-1}. Oczywiście jest to tylko teoretyczny plon, praktycznie nigdy go nie uzyskamy. Tabela ta ma tylko uświadomić, jak ważne jest, aby nie siać nasion zbyt gęsto. Przy wysiewie 200 nasion·m^{-2} i założeniu, że wysiewana pszenica ma MTZ równy 45 g, norma wysiewu będzie równa 90 kg·ha^{-1}. Zbyt gęste łany oznaczają problemy w późniejszym prowadzeniu plantacji. Po pierwsze, im większa obsada roślin, tym większa gęstość łanu i większa wilgotność w łanie, a tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia chorób grzybowych. Ponadto w zbyt gęstym łanie poszczególne rośliny pszenicy konkurują ze sobą o światło, wodę oraz substancję odżywcze, ponadto im gęstszy łan, tym większa tendencja do jego wylegania.

Ustalając normę wysiewu należy oczywiście uwzględnić równolegle termin siewu. Im będzie on późniejszy, tym wyższa powinna być norma wysiewu. W tabeli 3 podano teoretyczne normy wysiewu w określonych terminach siewu pszenicy.

Tabela 3. Przykładowe normy wysiewu uwzgledniające termin siewu pszenicy ozimej oraz potencjalny stopień rozkrzewienia.

Termin siewu	Norma wysiewu [liczba nasion · m^{-2}]	Norma wysiewu [kg · ha^{-2}]*
Wczesny	160 - 180	72 - 81
Średni	190 - 220	85 - 99
Późny	230 - 260	103 - 117

*Do kalkulacji przyjęto MTZ 45 g
Źródło: Opracowanie własne

Pszenica ozima wysiana pod koniec września. W ilości 180 nasion · m^{-2} (ok 90 kg · ha^{-1}). Zdjęcie wykonane na wiosnę – łan pszenicy optymalnie rozkrzewiony.

Jak widać powyżej norma wysiewu w kg·ha^{-1} mieści się w widełkach od 72 do 117 kg taka wartość jest zgodna z wartościami uzyskiwanymi w praktyce.

Warto nadmienić, że coraz częściej w nowoczesnych gospodarstwach można spotkać siewniki zdolne do precyzyjnego wysiewu nasion. Jeśli istnieje możliwość precyzyjnego wysiewu w podejściu regeneratywnym należy z niego korzystać. Zmienny wysiew opiera się o zmienność glebową, w najlepszej części gleby stosuje się najwyższą wartość wysiewu nasion, z kolei im gleba jest gorsza tym mniej się wysiewa nasion. Takie postępowanie jest korzystne, gdyż na słabszym kawałku jest mniejszy potencjał plonowania niż na tych lepszych, stąd można zastosować mniejszą obsadę dostosowaną do potencjału glebowego. W miejscach, gdzie zastosowano obniżony wysiew nasion stosuje się również mniejsze nawożeni mineralne.

Poza normą wysiewu istotnym parametrem jest głębokość siewu. Pszenica powinna być wysiana w granicach od 2-4 cm. Głębsze siewy oznaczają dłuższe wschody i mniejszy wigor początkowy roślin. Z kolei płytki siew naraża nasze rośliny na intensywniejsze działanie niskich temperatur oraz naraża na większą fitotoksyczność herbicydów.

NAWADNIANIE

2.3.5 W uprawie regeneratywnej pszenicy ozimej klasyczne nawadnianie nie ma większego znaczenia.

Spowodowane jest to tym, że efektywność nawadniania w pszenicy ozimej nie jest zbyt duża, a koszty związane z nim przewyższają zwyżkę plonu. Poza tym, nawadnianie wpływa istotnie na wilgotność łanu, a tym samym potencjalnie na większe nasilenie chorób grzybowych. Co prawda z jednej strony odpowiednie nawodnienie roślin poprawia ich kondycję, z drugiej strony jednak może powodować nadmierne uwilgocenie łanu, a tym samym zwiększenie presji chorób. W praktyce nawadnianie w uprawie pszenicy ozimej może być uzasadnione tylko w wyjątkowych przypadkach np. jeśli mamy do czynienia z rozmnożeniem jakiejś bardzo wartościowej odmiany, a jest to tylko jedna plantacja nasienna. W takim wypadku można rozważyć nawadnianie. Powinno wykonać się je w fazie kwitnienia pszenicy. W praktyce powinno zacząć się wykonywać nawadnianie po ukazaniu się kłosa tuż przed kwitnieniem i następnie powtórzyć je w trakcie zawiązywania ziarniaków. W obydwu zabiegach nawadniających powinno zastosować się dawkę w ilości 40 mm, czyli w sumie 80 mm. Jednak po wykonaniu nawadniania należy pamiętać również o tym, że może być konieczny dodatkowy zabieg ochrony łanu związany z dodatkowym zabiegiem skracającym oraz grzybobójczym.

W podejściu regeneratywnym w kontekście szerokorozumianej gospodarki wodnej w uprawie pszenicy istotniejsze jest postepowanie w takim kierunku, aby jak najmniej tracić wody z gleby. Przede wszystkim należy zrezygnować z uprawy płużnej. Orka znacznie zwiększa powierzchnię parowania wody z gleby, a tym samym straty wodny są większe z pól, na których została zastosowana.

Istotne również są zabiegi wykonane po zbiorze przedplonu, np. rzepaku. Nie należy dopuścić, aby samosiewy rzepaku rosnące na polu, na którym będziemy uprawiać za chwilę pszenicę, osiągnęły fazę 3 liści właściwych. Samosiewy niszczymy zabiegiem mechanicznym płytko działającym np. przy użyciu talerzówki.

Istotne w gospodarce wodnej w uprawie regeneratywnej pszenicy jest również dbanie o materię organiczną gleby. Materia organiczna zwiększa potencjał zatrzymywania wody w glebie. Na korzystny mikroklimat wpływają również zbiorniki retencyjne, które należy tworzyć w podejściu regeneratywnym. Zbiorniki te poza rezerwuarem wodnym, mogącym posłużyć do nawodnienia innych roślin, np. ziemniaków, zwiększają podsiąkanie wód gruntowych ku powierzchni gleby, co obserwuje się na polach przylegających do nich. Lepszy dostęp korzeni roślin do podsiąkającej wody korzystnie wpływa na wzrost roślin rosnących przy nich – na przykład pszenicy ozimej.

ZMIENNE NAWOŻENIE ROŚLIN I GLEBY

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy ozimej nawożenie gleby i roślin jest również nieco odmienne niż w uprawie konwencjonalnej.

2.3.6

Podstawową różnicą w podejściu regeneratywnym do nawożenia jest uwidocznienie świadomości tego, że pszenica ozima jest jednym z elementów płodozmianu. Pełni rolę pewnego rodzaju jego wypełnienia, jak już to wspomniano w rozdziale o stanowisku i przedplonie. W podejściu do nawożenia pszenica jest tym gatunkiem w płodozmianie, który konsumuje resztki po innych gatunkach wchodzących w płodozmian, co będzie opisane w dalszej części opracowania.

W uprawie pszenicy bardzo istotne jest także nawożenie naturalne, w tym celu można użyć takie nawozy jak:

- ***pomiot kurzy***
- ***gnojowica bydlęca***
- ***obornik***
- ***i inne pochodzenia zwierzęcego***

W uprawie regeneratywnej zastosowanie pomiotu kurzego jest bardzo korzystne. Pomiot taki oczywiście powinien być przebadany pod względem zawartości poszczególnych składników pokarmowych, aby wiedzieć, jakie ich ilości wprowadza z tym nawożeniem. Można przyjąć, że w jednej tonie pomiotu jest ok 14 kg N, 11 kg P_2O_5, 8 kg K_2O, 24 kg CaO oraz 7 kg MgO. W uprawie pszenicy stosuje się go w ilości 5 $t \cdot ha^{-1}$. Pomiot poza wprowadzeniem składników odżywczych do gleby wprowadza również materię organiczną, którą żywią się mikroorganizmy, poza tym zawiera również mikroelementy.

Innym przydatnym nawozem naturalnym jest gnojowica bydlęca (lub inna jaka jest dostępna). Można przyjąć, że w uprawie regeneratywnej należy ją stosować w ilości ok 20 $m^3 \cdot ha^{-1}$. W 1 m^3 gnojowicy znajduje się ok. 3,4 kg N, 2 kg P_2O_5, 3,7 kg K_2O, 2,1 kg CaO oraz 0,8 kg MgO.

Obornik bydlęcy, pochodzący z chowu bydła to bardzo dobry nawóz naturalny, który wprowadza dużą ilość materii organicznej do gleb. Jednak należy sobie zdawać sprawę z tego, że jest to nawóz, który w uprawie regeneratywnej powinien zostać wykorzystany do uprawy gatunków bardziej wymagających niż pszenica, takich jak ziemniak, burak czy warzywa. Stąd raczej nie stosuje się obornika pod uprawę pszenicy. Jednakże, jeśli z jakichś powodów zdecydujemy się na zastosowanie obornika w uprawie pszenicy, to należy stosować go w ilości około 25 ton świeżej masy na hektar.

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy nawożenie z wykorzystaniem nawozów naturalnych jest przydatne, jednakże nie wszystkie gospodarstwa mają do niego dostęp, wiec nie jest wymogiem koniecznym. Należy nadmienić, że coraz częściej można kupić jakiś rodzaj nawozu organicznego czy naturalnego – warto korzystać z takiej możliwości, gdyż w uprawie

regeneratywnej bardzo ważna jest materia organiczna. Jednym z ciekawszych rodzajów takiego nawozu są odchody owadów hodowanych na paszę dla zwierząt. Poza materią organiczną z jedną toną takiego nawozu wprowadza się również składniki pokarmowe w następującej ilości: 42 kg N, 19 kg P_2O_5, 26 kg K_2O, 7 kg CaO oraz 8 kg MgO. Jak widać są to dość duże wartości w porównaniu z pomiotem. Dodatkowym atutem tego nawozu jest to, że jest on w granulacie, zatem można go stosować jak nawóz mineralny, tj. przy użyciu stosownego rozsiewacza.

Do specyficznego nawozu organicznego należy również melasa - w podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy stosuje się melasę w ilości 15-20l·ha^{-1} wraz z nawozem płynnym RSM lub RSMS.

W uprawie regeneratywnej po zastosowaniu nawożenia naturalnego należy uwzględnić składniki wprowadzone w bilansie nawozowym. Z jedną uwagą dla azotu - w określonym nawozie uwzględnia się azot działający, czyli ten, który przyjmujemy do bilansu. Współczynniki wykorzystania azotu dla określonych grup nawozów organicznych podano w tabeli poniżej (tabela 4).

Tabela 4. Określone współczynniki wykorzystania azotu z określonych grup nawozów organicznych wraz z przykładowym obliczeniem.

Rodzaj nawozu	Współczynnik wykorzystania azotu [A]	Dawka nawozu [t • ha^{-1}, m^3 • ha^{-1}] [B]	Całkowita zawartość azotu [kg N • t naw.org.$^{-1}$] [C]	Ilość azotu działającego uwzględniającego współczynnik wykorzystania [kg N • ha^{-1}] [A • B • C]
Pomiot kurzy	0,40	5	14	28
Gnojowica bydlęca	0,50	20	3,4	34
Obornik bydlęcy	0,35	25	4,7	41

Źródło: Opracowanie własne

Nawożenie mineralne

W podejściu regeneratywnym do nawożenia mineralnego stosuje się precyzyjne jego dawkowanie. Ale zanim rozpocznie się nawożenie, należy określić zawartość poszczególnych składników mineralnych w glebie. W tym celu należy wykonać analizę chemiczną w oparciu o metodę Melicha.

Wyniki zawartości składników mineralnych są dostępne w formie mapy zasobności ze zróżnicowaną ilością poszczególnych składników w określonym miejscu pola. Taka specyficzna mapa zasobności służy do opracowania nawożenia precyzyjnego. Poza tym do opracowania ilości nawożenia wykorzystuje się inne narzędzia określające zmienność polową, np. zdjęcia satelitarne oparte o zieloność łanu wykorzystywane do określenia dawki N, przydatna może być również mapa plonowania gatunku poprzedzającego uprawę pszenicy ozimej. Może ona posłużyć do korekty nawożenia.

W uprawie regeneratywnej pszenicy nawożenie praktycznie ogranicza się do nawożenia azotowego, a inne nawożenie jest wprowadzane w uprawie poprzedzającej uprawę pszenicy. Na przykład rzepak może zostawić w resztkach pożniwnych na tyle dużo składników pokarmowych, że to wystarcza pszenicy, zwłaszcza w aspekcie nawożenia potasowego.

Nawożenie pszenicy azotem

Jak wynika z tabeli 5 pszenica do wytworzenia 7 ton ziarna potrzebuje ok. 210 kg N·ha^{-1}. W podejściu regeneratywnym do nawożenia azotem dawkę azotu uwzględnia się w oparciu o oczekiwany plon oraz odejmuje się azot wprowadzony z nawożeniem naturalnym. Poniżej w tabeli 5 przedstawiono strategię nawożenia dla dwóch rodzajów pszenic sianych późno oraz wcześnie na jesień.

Tabela 5. Dawka azotu dla pszenicy ozimej uwzględniająca jej oczekiwany plon w zależności od terminu siewu.

Termin siewu pszenic ozimej	Oczekiwany plon ziarna [t • ha^{-1}]	Zapotrzebowanie pszenicy na azot [kg • ha^{-1}][A]	Azot wprowadzony z pomiotem [kg N • ha^{-1}] *[B]	Zawartość azotu mineralnego w glebie [kg N•ha-1] [C]	Zapotrzebowanie nawozowe pszenicy w azot [kg•ha-1] [A-B-C]
Wczesny	7	210	28	60	122
Późny	5	150	28	60	62

*Dane uwzględniają azot działający przy nawożeniu pomiotem w ilości 5 t·ha^{-1}
Źródło: W. Szempiński I inni, 2020

Na podstawie danych przedstawionych w tabeli 5 można stwierdzić, że potencjał plonowania poszczególnych pszenic się różni. Dawki nawożenia azotu wahają się od 122 do 62 kg N·ha^{-1}. Jeśli mamy wyliczone zapotrzebowanie pszenicy na azot, przystępujemy do planu nawożenia. W tych dwóch przykładowych pszenicach różnica w strategii nawozowej będzie różna. W pierwszym przypadku (pszenica wcześnie siana) dawkę 122 kg N podzielimy na 3 części, tj. I 40 kg N, II 60 kg N i III 22 kg N. Pierwsza dawka powinna być zastosowana na ruszenie wegetacji na wiosnę jak tylko prawo na to zezwoli, czyli często jest to faza BBCH 26-29. Ktoś może zapytać, dlaczego jest taka niska? W podejściu regeneratywnym dbamy o to, aby pszenica się zbytnio nie rozkrzewiła, bo gdy mamy zbyt gęsty łan będziemy mieć duże problemy z utrzymaniem go, tj. ze skracaniem oraz prawidłową ochroną. A pszenica wcześnie siana często jest wiosną bardzo dobrze rozkrzewiona, czasami nawet za mocno. Nawożenie w ilości 40 kg N ma nie pobudzać do niepotrzebnego już dokrzewienia. Druga dawka w ilości 60 kg N podana jest w fazie BBCH 31 lub wyższej, ale nie później niż BBCH 33. Nie później dlatego, że późniejsze zasosowanie azotu może spowodować redukcję ziarniaków w kłosie. Tu jedna uwaga - dawka 60 kg N jest dawką maksymalną. W podejściu regeneratywnym możemy korygować tę dawkę, jeśli wymaga tego stanowisko. Na przykład na zdjęciu satelitarnym opartym o NDVI widzimy, że jakaś część łanu charakteryzuje się słabsza kondycją i jednocześnie z innych źródeł wiemy że, na tym obszarze jest słaba gleba - wtedy korygujemy dawkę w dół lub całkowicie omijamy to miejsce podczas nawożenia. III dawka stosowana jest „na kłos", czyli w momencie kłoszenia się pszenicy. Tę dawkę stosujemy tylko w sytuacji korzystnych warunków wilgotnościowych.

W przypadku nawożenia pszenicy ozimej późno sianej mamy sytuację prostszą. Z bilansu wynika, że powinniśmy zastosować ok. 60 kg N·ha-1. Pszenica późno siana najczęściej jest po zimie słabo rozkrzewiona, więc zależy nam, aby ją pobudzać do krzewienia, więc całą dawkę azotu stosujemy na raz wczesną wiosną. Można

Początek kłoszenia. Pszenica tuż po III dawce nawożenia azotowego.

również podzielić tę dawkę, tj. 30 kg N·ha^{-1} zastosować z zabiegiem herbicydowym na jesień, a resztę, czyli 30 kg N·ha-1 zastosować na wiosnę. W tym przypadku kończymy nawożenie pszenicy.

W pszenicy ozimej najczęściej w pierwszych dwóch dawkach stosujemy roztwór saletrzano-mocznikowy z dodatkiem siarki lub bez. W III dawce stosujemy nawóz sypki – saletrę amonową lub siarczan amonu.

Nawożenie potasowe

W podejściu regeneratywnym w nawożeniu potasem, jak już wspomniano wcześniej, stosowany jest tak zwany splaicing. Polega on na tym, że nawożenie potasowe stosuje się w większej nieco ilości pod roślinę poprzedzającą uprawę pszenicy. W takim przypadku plon uboczny rośliny poprzedzającej bezwzględnie pozostawia się na polu. Nawożenie tą metodą w uprawie pszenicy ozimej stosuje się wtedy, kiedy uprawia się ją po burakach cukrowych, ziemniaku lub rzepaku ozimym. W przypadku, kiedy pszenicę uprawia się po gorszych przedplonach, np. kukurydzy (zwłaszcza kiedy była uprawiana na kiszonkę), nawożenie potasowe należy wykonać. Jeśli wykonujemy nawożenie potasowe, wysiewamy je precyzyjnie, uwzględniając przewidywany plon oraz zasobność gleb w potas. W tabeli 6 przedstawiono dawki K_2O w zależności od zasobności gleby w ten składnik.

W uprawie regeneratywnej staramy się nie używać soli potasowej, a preferowany nawóz to siarczan potasu. Jeśli już zdecydujemy się na sól, to poza chlorkiem potasu powinna zawierać również inne związki. Takie podejście podyktowane jest tym, że chlorki tworzą w glebie rozpuszczalne formy z wapniem i przez to możemy tracić wapń przez wymywanie go z gleby.

Tabela 6. Wartości nawozowe K_2O w uprawie pszenicy ozimej w zależności od zawartości tego składnika w glebie.

Zakładany plon ziarna pszenicy ozimej [t • ha^{-1}]	Zawartość K_2O w glebie				
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
5	100	80	60	40	20
6	120	100	80	60	40
7	140	120	100	80	60

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o W. Szempiński I inni, 2020

Nawożenie fosforowe

W przypadku nawożenia fosforowego w gospodarstwach, gdzie stosuje się nawożenie naturalne pod pszenicę, można zrezygnować z jego stosowania. Fosfor to składnik, który może występować w glebie nawet w dużych ilościach, ale niestety nie jest dostępny dla roślin. W uprawie regeneratywnej mamy jednak do czynienia z dużą aktywnością biologiczną gleby, co może powodować uaktywnienia fosforu, tj. przejście fosforu w formę dostępną dla roślin. Tak też się dzieje w gospodarstwach, w których stosuje się nawozy naturalne oraz metody rolnictwa regeneratywnego.

W wyjątkowych przypadkach można zastosować nawożenie mineralne fosforem. Wtedy również stosujemy nawożenie precyzyjne, uwzględniając zasobność gleby w ten składnik oraz oczekiwany plon (tabela 7).

Tabela 7. Dawki P_2O_5 w uprawie pszenicy ozimej w zależności od zawartości tego składnika w glebie

Zakładany plon ziarna pszenicy ozimej [t • ha^{-1}]	Zawartość P_2O_5 w glebie				
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
5	70	60	50	40	30
6	80	70	60	50	40
7	90	80	70	60	50

Nawożenie siarką oraz magnezem

W rolnictwie regeneratywnym w pszenicy ozimej nawożenie siarką powinno zakładać, że na każdy kg N przypada 0,25 kg S. W przypadku stosowania nawożenia naturalnego, często zapotrzebowanie to jest wnoszone razem z nim. W innych przypadkach należy uwzględnić nawożenie siatką w oparciu o zastosowaną ilość azotu. Siarkę można stosować w siarczanie potasu, siarczanie amonu, kizerycie, siarczanie wapnia lub siarce elementarnej.

Nawożenie magnezem stosujemy w oparciu o analizę chemiczną gleby. Jeśli wyniki wskazują na niedobory tego składnika w glebie, wtedy stosujemy nawożenie przy użyciu kizerytu. Oczywiście tak jak w przypadku innych składników, nawożenie magnezem musi uwzględniać oczekiwany plon oraz zasobność gleb w ten składnik.

Nawożenie mikroelementami

Pszenica ozima wymaga nawożenia mikroelementami takimi jak: Mn w ilości ok. 70 $g \cdot ha^{-1}$, Zn w ilości 60 $g \cdot ha^{-1}$, Cu 9 $g \cdot ha^{-1}$. Nawożenie mikroelementami przeprowadzamy z zabiegami ochrony roślin.

OCHRONA PRZED SZKODNIKAMI I CHOROBAMI

2.3.7

W uprawie regeneratywnej pszenicy ozimej w aspekcie ochrony roślin bardzo istotna jest prewencja.

Pierwszą podstawową zasadą jest sprawienie, aby pszenica miała najkorzystniejsze warunki do wzrostu. Pszenica ozima w dobrej kondycji ma dużo większą odporność na porażenie przez choroby czy szkodniki.

W uprawie pszenicy ozimej zabiegi ochronne roślin można rozpatrywać w czterech aspektach:

- ***chwastów***
- ***chorób***
- ***szkodników***
- ***wylegania***

Kontrola zachwaszczenia

W ochronie przeciw chwastom w podejściu regeneratywnym istotna jest prewencja. Po zejściu z pola wcześnie schodzącego przedplonu, należy wykonać co najmniej dwa zabiegi płytkiej uprawy gleby, np. z użyciem brony talerzowej. Podejście takie znacznie ogranicza zachwaszczenie w pszenicy ozimej. Należy nadmienić, że, chwasty świeżo skiełkowane są dużo efektywniej zwalczane po siewie pszenicy przy użyciu środków chwastobójczych niż te, które wyrosły zaraz po żniwach i znajdują się w bardziej zaawansowanej fazie rozwojowej. W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy staramy się nie używać środków ochrony roślin opartych na glifosacie. Glifosat, poza tym że jest herbicydem totalnym, zwalczającym wszystkie rośliny na polu, to również po dostaniu się do gleby wpływa niekorzystnie na rozwój mikroorganizmów tam żyjących i tym samym zaburza równowagę biologiczną, która się tam wytworzyła. Zachowanie równowagi biologicznej w glebie jest priorytetem w uprawie regeneratywnej. Dlatego po zejściu przedplonu, w miarę możliwości prowadzimy mechaniczne zwalczanie chwastów. Jedynym uzasadnionym powodem użycia glifosatu jest występowanie perzu. Perz najczęściej występuje placowo –, tj. nie ma go na całym polu. Zatem jeśli musimy go zwalczyć chemicznie, to robimy to placowo, w miejscu jego kompensacji. Place z perzem wyznaczamy z użyciem mapy zieloności pola (NDVI) i zabieg wykonujemy tylko tam, gdzie jest to konieczne. Do mieszanki glifosatu wlewamy ok 10 $l \cdot ha^{-1}$ melasy, która ma za zadanie odżywić mikroorganizmy glebowe, a tym samym złagodzić niekorzystne skutki działania glifosatu.

Po zasiewie pszenicy ozimej naszym celem bezwzględnym staje się zwalczenie chwastów jednoliściennych, takich jak miotła zbożowa, stokłosy, wyczyniec i inne. W praktyce rolniczej generalnie mamy dwa rodzaje zasiewów pszenic ozimych - te wcześnie posiane po przedplonach szybko schodzących z pola, takich jak rzepak ozimy, groch, ziemniaki wczesne oraz zasiewy, które zostały zasiane po później schodzących przedplonach, takich jak np. kukurydza, późne ziemniaki czy burak cukrowy. W zwalczaniu chwastów podejście do tych dwóch rodzajów upraw jest różne. W pszenicach wcześnie wysianych wykonujemy zabieg herbicydowy na trzeci liść (BBCH 13) pszenicy ozimej, istotne jest zarazem, aby nie przekraczać tej fazy, gdyż później możemy mieć problem ze zwalczeniem miotły zbożowej oraz innych chwastów jednoliściennych. W drugim przypadku, gdy mamy pszenicę ozimą zasianą nieco później, wykonujemy zabieg zaraz po siewie (BBCH 00). Pojawia się pytanie: dlaczego różnicujemy fazy w których wykonujemy opryski?

W pierwszym przypadku mamy do czynienia z sytuacją, w której często wierzchnia warstwa gleby może być przesuszona, a taka nie sprzyja dobremu działaniu herbicydów. W tej sytuacji celowo czekamy aż chwasty wzejdą i wtedy poza działaniem doglebowym herbicydu, mamy również nalistne działanie - jest to pierwszy powód, dla którego stosujemy zabieg opóźniony. Drugim powodem jest to, że wcześniej wysiane pszenice często narażone są na atak szkodników, takich jak mszyce i w przypadku wykonywania zabiegu na trzeci liść łączymy zwalczanie chwastów oraz mszyc. Trzeci powód związany jest z obecnością upraw rzepaku ozimego w gospodarstwie - musimy zdawać sobie sprawę, że herbicydy zbożowe mogą niekorzystnie wpływać na jego rozwój, nawet jeśli tylko niewielkie ich pozostałości zostają w opryskiwaczu. Zabiegi herbicydowe w rzepak ozimym wykonujemy tylko do pewnego momentu na jesieni i często kończymy opryski w rzepaku, gdy zboża zasiane jako pierwsze osiągają fazę trzech liści. Dzięki temu nie wykorzystujemy tego samego opryskiwacza do zabiegów chemicznej ochrony w tych dwóch grupach roślin. Widać w tym podejście regeneratywne, gdyż bardzo istotne jest, aby swoimi działaniami na polu nie wpływać niekorzystnie na kondycję roślin.

W drugim przypadku, kiedy zboże zasialiśmy później, nie czekamy już na trzeci liść, tylko wykonujemy zabieg herbicydowy bezpośrednio po zasiewie. Uzasadnienie takiego podejścia również jest związane z dbałością o kondycję pszenicy. Musimy bowiem zdawać sobie sprawę, że później siana pszenica będzie wolniej wscho

dzić oraz rosnąć (bo występują coraz niższe temperatury). W tym przypadku oczekiwanie na fazę trzech liści pszenicy mogłoby oznaczać, że zbiegnie się ona z ujemnymi temperaturami. Temperatura ujemna jest czynnikiem stresowym dla roślin pszenicy ozimej tak samo jak zabieg herbicydowy, dlatego staramy się nie stosować zabiegu herbicydowego wtedy, kiedy wystąpić mają temperatury ujemne.

Tabela 8. Przykładowe substancje aktywne przydatne do zastosowania jesiennego w pszenicy ozimej (zwalczające chwasty jednoliścienne)

Substancja aktywna	Termin stosowania [BBCH]*	Uwagi
Pendimetalina	Najefektywniej w fazie BBCH 00	Można stosować w temperaturach ujemnych
Diflufenikan	W fazie BBCH 03	Zwalcza również chwasty dwuliścienne
Flufenacet	Nie później niż do fazy BBCH 02	Przydatny do zwalczania wyczyńca
Metrybuzyna	Najefektywniej w fazie BBCH 00	Głównie zwalcza chwasty dwuliścienne, wspomaga walkę z miotłom
Prosulfokarb	W fazie BBCH 03	Wspomaga zwalczanie jednoliściennych, ale głównie zwalcza chwasty dwuliścienne
Chlorotoluron	Nie później niż w fazie BBCH 03	Dobrze zwalcza miotłę, ale tylko do fazy krzewienia! Niektóre odmiany pszenic mogą wykazywać silną fitotoksyczność i tam nie można stosować tego środka

***najefektywniej działa**
Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane techniczne produktu

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy ozimej istotne jest, aby zwalczać chwasty już na jesieni, nie należy praktykować zwalczania wiosennego. Podejście takie podyktowane jest tym, że pszenica na wiosnę musi intensywnie rosnąć oraz budować plon. Zabieg herbicydowy natomiast zawsze niesie za sobą ryzyko przyhamowania wzrostu pszenicy i pogorszenie jej kondycji.

W takim podejściu w większości przypadków mamy zwalczone chwasty, w wyjątkowych przypadkach oraz latach zdarza się, że musimy wykonać zabieg korygujący, ale to już prawie zawsze tylko na rośliny dwuliścienne. Należy nadmienić, że herbicydy zwalczające chwasty dwuliścienne nie są tak groźne dla pszenicy jak te, które zwalczają chwasty jednoliścienne. Podyktowane jest to właściwościami biochemicznymi pszenicy. Pszenica jest również rośliną jednoliścienną i herbicydy zwalczające chwasty jednoliścienne wpływają w sposób istotny również na jej fizjologię - mogą znacząco pogarszać jej wigor oraz kondycję.

Wyczyniec jest jednym z bardzo groźnych chwastów w uprawie zbóż. Gatunek ten preferuje cięższe, bardziej wilgotne gleby. Biologia wzrostu i rozwoju wyczyńca jest bardzo podobna do rozwoju pszenicy, zwłaszcza na

początku wegetacji. Wyczyniec natomiast nieco wcześniej kwitnie i wydaje nasiona. Mając świadomość występowania wyczyńca na danym polu w podejściu regenratywnym należy ustawiać tak płodozmian, aby na tym polu nie występowała zbyt często pszenica lub inne gatunki zbóż. Na takich polach zboże należy uprawiać w odstępach 5-letnich. Zwalczanie wyczyńca jest trudne dlatego, że wyczyniec bardzo szybko uodparnia się na herbicydy stasowane w zbożach i jeśli taką odporność nabędzie, bardzo trudno będzie go zwalczyć. W gatunkach uprawnych dwuliściennych np. groch, rzepak, ziemniak, do zwalczania wyczyńca możemy użyć innych herbicydów, które są nieco skuteczniejsze niż te, które możemy stosować w pszenicy ozimej. Ponadto jeśli będziemy na polu zachwaszczonym wyczyńcem uprawiać gatunki jare, zyskujemy więcej czasu do walki mechanicznej z tym chwastem. Ponadto w uprawie regeneratywnej gatunków jarych praktykuje się siew poplonów, które są w stanie skutecznie konkurować z wyczyńcem. Można zauważyć, jak istotne jest całościowe podejście do uprawy w aspekcie regeneratywnym.

Ograniczenie występowania szkodników

Jak już wspomniano w rozdziale dotyczącym uprawy gleby, pszenice ozimą w podejściu regeneratywnym uprawia się generalnie bezorkowo. Uprawa bezorkowa ma wiele korzyści, jednak w kontekście szkodników może nieść pewne zagrożenia. Na polach uprawianych bezorkowo można zaobserwować zwiększenie liczby gryzoni, może również wystąpić większe zagęszczenie owadzich szkodników glebowych np. rolnic (w uprawie orkowej rolnice są wyorywane na powierzchnię gleby i mogą być zjedzone przez ptaki).

Ochrona gniazda ptaków drapieżnych. Na zdjęciu ochrona gniazda Błotniaka łąkowego (Circus pygargus) w uprawie pszenżyta jako przykład dbałości o naturalnych wrogów gryzoni.

Szczególnie ważne jest zatem, aby w uprawie regeneratywnej zbóż, w tym pszenicy, zwrócić uwagę na odpowiedni dobór zmianowania. Należy unikać uprawy zbóż po sobie - to jednocześnie jeden z podstawowych niechemicznych sposobów zwalczania szkodników. Ponadto należy również zadbać o zadrzewienia śródpolne oraz inne elementy krajobrazu, które są schronieniem dla drapieżników, odżywiających się szkodnikami.

W uprawie zbóż groźnymi szkodnikami są:

- ***gryzonie***
- ***szkodniki owadzie odglebowe np. rolnice***
- ***mszyce***
- ***pryszczarek pszeniczny i zbożowy***
- ***skrzypionka***

W aspekcie zwalczania gryzoni bardzo istotne jest, aby w obrębie plantacji bytowało jak najwięcej ptaków drapieżnych, które są w stanie ograniczyć istotnie ich populację.

Szkodniki odglebowe są bardzo groźne dla zbóż. Występują one często po określonych przedplonach – na przykład gąsienice rolnic częściej diagnozuje się w sytuacji uprawy pszenicy ozimej po rzepaku ozimym. Co możemy zrobić, aby ograniczyć ich występowanie? Po pierwsze, pole po rzepaku przed uprawą pszenicy należy lustrować na etapie mechanicznego zwalczania chwastów. Jeśli stwierdzimy, że rolnice występują w znacznej ilości, należy rozważyć uprawę orkową lub nawet w wyjątkowych przypadkach rezygnację z uprawy pszenicy na tym polu. Z metod niechemicznych zwalczania rolnic, poza uprawą orkową, mamy możliwość zastosowania nicieni drapieżnych - etomopatogennych gatunków z rodzaju Steinernema. Najlepiej aplikować je na pole nocą w postaci oprysku. Rolnica jest ćmą, tj. gatunkiem nocnym i żerowanie gąsienic również obywa się głównie nocą. Oprysk nocny z nicieni gwarantuje, że preparat dostanie się na gąsienice rolnic, a następnie nicień wniknie do nich i zacznie niszczyć je od środka. Niewątpliwie jest to zabieg skuteczny, jednak dość drogi. Atutem jest to, że nicienie poza rolnicami mogą zwalczać inne szkodniki. W podejściu regeneratywnym preferuje się tę metodę zwalczania, jednak jeśli z jakiegoś powodu byłaby nieskuteczna, należy rozważyć zabieg chemiczny, bezwarunkowo wykonany nocą.

Mszyce w uprawie pszenicy, jak i innych zbóż, na ogół nie są dużym zagrożeniem. Jednak zdarzają się wyjątkowe sytuacje, w których wysysanie soków komórkowych z tkanek zbóż może również być bardzo groźne (wysysanie soków to sposób żerowania mszyc). Takie sytuacje mogą mieć miejsce gdy jest bardzo sucho i rośliny pszenicy nie maja zbyt dużo soków komórkowych. Jeśli żerowanie nie ma istotnego wpływu na kondycję roślin lub plon rośliny uprawnej, to w podejściu regeneratywnym rezygnuje się ze zwalczania danego szkodnika. Mszyce mogą żerować na roślinach praktycznie przez cały okres wegetacji pszenicy, największe zagrożenie stwarzają jednak na początku wegetacji roślin pszenicy - czyli jesienią, kiedy rośliny pszenicy ozimej są dość małe. Mszyca poza tym, że sama może żerować na pszenicy i powodować szkodę bezpośrednią, która zazwyczaj nie jest groźna, może być również wektorem

Jesienne porażenie pszenicy ozimej przez mszycę jest szczególnie niezbezpieczne.

groźnych wirusów. Przeciw wirusom nie ma skutecznego zabiegu, a porażenie przez nie upraw pszenicy może spowodować znaczące straty w plonie tego gatunku. Porażenie przez wirusy jest szczególnie groźne, kiedy rośliny pszenicy są jeszcze młode - im później nastąpi porażenie, tym skutki są mniej groźne. Dlatego mszyce należy zwalczać bezwzględnie, jak tylko pojawią się w uprawie. Najbardziej skutecznym sposobem zwalczania mszyc było zaprawianie nasion pszenicy insektycydem, niestety obecnie nie ma już dopuszczonych zapraw nasiennych z insektycydem do stosowania w pszenicy ozimej. Dlatego należy wykonać zabieg insektycydowy przeciw temu owadowi. Szkodnik ten atakuje najczęściej pszenice siane wcześnie, więc jeden z insektycydów przeciw mszycy dodaje się do zabiegu herbicydowego (o czym pisano wyżej). W uprawie regeneratywnej istotne jest, aby monitorować występowanie mszycy na roślinach pszenicy - w tym celu można wystawić tablice lepne odławiające je koloru białego.

Pryszczarki to bardzo groźne szkodniki zbóż. Występują częściej na glebach ciężkich i większa ich presja odczuwalna jest w wilgotne lata. Podstawowym sposobem zwalczania tego szkodnika jest odpowiedni płodozmian, w którym nie należy uprawiać pszenicy po zbożu. Pryszczarek bowiem zimuje w resztkach pożniwnych lub glebie, zatem większe jego występowanie będzie obserwowane w miejscach, w których uprawiano zboże w poprzednich latach. W skutecznym zwalczaniu pryszczarków bardzo ważny jest termin ich zwalczania - należy celować w dorosłe owady, które przylatują na plantację, zanim złożą jaja. Groźna jest dla pszenicy larwa tego owada, która wygryza pędy lub ziarniaki (w zależności od gatunku pryszczarka). W podjęciu decyzji o zwalczaniu, należy posiłkować się sygnalizacją występowania owadów dorosłych na plantacji. W tym celu wystawia się tablice lepne, najlepiej od strony pola, na którym rosła w poprzednich latach pszenica, gdyż najprawdopodobniej stamtąd nadleci owad. Zabieg ochronny wykonuje się po stwierdzeniu silnego nalotu owadów.

Kolejnym szkodnikiem spotykanym na plantacjach pszenicy jest skrzypionka. Generalnie w podejściu regeneratywnym najczęściej rezygnuje się ze zwalczania tego chrząszcza. Pomimo tego, że skrzypionka występuje prawie co roku w łanach pszenicy, to jednak nie jest zwykle szkodnikiem, który może w sposób znaczący wpłynąć na plon. Zwalczanie skrzypionki traktuje się raczej jako zabieg „przy okazji" – na przykład przy wykonywaniu zabiegu na rdzę możemy zastosować insektycyd w sytuacji obserwacji bardzo dużej presji tego szkodnika. Natomiast najczęściej nie wykonujemy zabiegu tylko dlatego, że skrzypionka wystąpiła w uprawie.

Należy nadmienić, że w łanie pszenicy mogą wystąpić również inne szkodniki, niż te, które opisano powyżej, jednakże nie stanowią one istotnego zagrożenia dla jej uprawy. Tym niemniej należy zawsze lustrować plantację i podejmować stosowną decyzję co do ewentualnego zabiegu w sytuacjach uzasadnionych. Generalnie w podejściu regeneratywnym można powiedzieć, że lustracja plantacji jest swego rodzaju niezbędnikiem w zarządzaniu zabiegami ochrony roślin.

Zwalczanie chorób

W pszenicy ozimej groźnymi chorobami są:

- ***kompleks chorób podstawy źdźbła***
- ***septorioza***
- ***fuzarioza***
- ***mączniak zbóż***
- ***rdza***

W ograniczeniu występowania chorób w uprawie pszenicy ozimej ma znaczenie dobór odpowiedniej odmiany, odpowiednio odpornej, o czym wspomniano we wcześniejszej części tego opracowania oraz płodozmian.

Spośród odmian pszenic znaleźć można wiele takich, które są odporne na poszczególne choroby - w uprawie regeneratywnej należy wybierać te, które wykazują wysoką i bardzo wysoką odporność na podstawowe choroby. Ponadto w uprawie pszenicy istotny jest również odpowiednio dobrany płodozmian – nie należy uprawiać jej po innych zbożach.

Dobrym przykładem ograniczenia chorób przez odpowiednio dobrany płodozmian jest regulacja nasilenia kompleksu chorób podstawy źdźbła. Grzyby atakujące podstawę źdźbła to gatunki: *Geumannomyces graminis* var. *Tritici,* powodujący zgorzel podstawy źdźbła. Chorobę tę można w zasadzie ograniczać tylko przez właściwy płodozmian lub zaprawę chemiczną ziarna opartą o substancję aktywną siltiofam; *Pseudocecosporella herpotrichoides* powodujący łamliwość źdźbła; *Fusarium* spp. odpowiedzialny za chorobę fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła oraz *Rhizoctonia cerealis* - gatunek powodujący ostrą plamistość oczkową. Wszystkie te choroby są bardzo groźne dla uprawy pszenicy ozimej, dlatego też rola płodozmianu w uprawie pszenicy jest bardzo istotna. Drugim bardzo ważnym czynnikiem ograniczającym występowanie omawianych chorób jest zaprawianie nasion odpowiednimi preparatami, bardzo skuteczne w chemicznym zwalczaniu zgorzeli podstawy źdźbła. Trzecią metodą ograniczenia występowania chorób w pszenicy jest zabieg chemiczny, ale wykonany bardzo wcześnie wiosną - do fazy BBCH 29, przed fazą strzelania w źdźbło. Należy go wykonać w tej fazie dlatego, że rośliny zbóż w tym czasie są jeszcze jakby płożące, nie podnoszą się, dzięki czemu dostęp do podstawy źdźbła jest wtedy najlepszy i tym samym zastosowane preparaty lepiej działają. Z zabiegiem tym łączy się również prewencyjne ograniczanie mączniaka i skracanie. W podejściu regeneratywnym może to być jedyny zabieg chemiczny w ochronie upraw pszenicy przed chorobami. Do zwalczania kompleksu chorób podstawy źdźbła skuteczne są preparaty oparte o: prochloraz, triazole (np. tebukonazol), w mniejszym stopniu też metrafenon, cyprodynil. W podejściu regeneratywnym stosuje się zabieg ochronny z wykorzystaniem mieszaniny różnych fungicydów w mniejszych dawkach. Należy zawsze pamiętać, że zabiegi fungicydowe również wpływają na kondycję roślin.

Choroba wywoływana przez gatunek grzyba *Spetoria tiritici* powoduje septoriozę. Na ograniczenie występowania tej choroby wpływa istotnie dobór odpowiedniej odmiany. W uprawie regeneratywnej septorioza może nie mieć istotnego znaczenia i zwalczanie jej może nie być konieczne. Presja grzyba wywołującego tę chorobę jest większa w latach mokrych. Często dobrze wykonany zabieg na kompleks chorób podstawy źdźbła znacząco ogranicza jej występowanie. Choroba ta groźna jest w późniejszym etapie wegetacji pszenicy, jednak dobre zabezpieczenie dolnych partii roślin może znacząco ograniczyć jej występowanie. W ograniczeniu występowania septoriozy dobre okazują się preparaty oparte o triazole lub preparaty oparte o substancje aktywne z grupy SDHI.

Mączniak prawdziwy zbóż to grupa chorób, która występuje na każdej plantacji, jednak jej szkodliwość najczęściej nie jest zbyt duża. W uprawie regeneratywnej pszenicy w ograniczaniu jej występowania stosuje się jeden zabieg z użyciem jednego ze środków zapobiegawczych. Na rynku nr X przedstawiono środki prewencyjne zawierające proquinazid (środek ten bardzo długo działa, ale tylko zapobiegawczo) i metrafenon

(działa krócej zapobiegawczo oraz ma działanie lekko interwencyjne). W uprawie regeneratywnej najczęściej do pierwszego zabiegu na kompleks chorób podstawy źdźbła dodaje się jeden z preparatów prewencyjnych na mączniaka prawdziwego i to najczęściej jest skuteczne w ograniczaniu jego występowania do końca wegetacji. Jeśli presja mączniaka jest naprawdę duża, można użyć środków z grupy morfolin, ale w bardzo małych dawkach, które bardzo dobrze zwalczają mączniaka.

Rdza pszenicy to choroba występująca raczej w późniejszym stadium wegetacji. Najczęściej nie potrzeba naszej doraźnej interwencji w celu jej zwalczania. Częściej zwalcza się rdzę w uprawie żyta ozimego. W pszenicy najczęściej pojawia się tuż przed żniwami i w tym okresie jej patogeniczność jest ograniczona. Zdaża się, ale raczej rzadko, że rdzę należy zwalczać, gdyż wystąpiła stosunkowo wcześnie - jeszcze przed kłoszeniem lub tuż po nim. W takiej sytuacji bardzo skuteczne są preparaty oparte o triazole, strobiluryny lub preparaty z grupy SDHI. W uprawie regeneratywnej należy do zwalczania tej choroby użyć raczej preparatów opartych o strobiluryny lub z grupy SDHI. Triazole nie są wskazane, gdyż zastosowane w momencie wystąpienia wyższych temperatur (co ma miejsce w momencie kłoszenia) lub tuż po nich wykazują dość agresywne działanie na rośliny i mogą powodować pogorszenie wzrostu pszenicy.

Fuzariozy to zbiorcza nazwa chorób wywoływanych przez grzyby z rodzaju *Fuzarium* spp., które poza porażeniem podstawy źdźbła mogą również porażać kłos. Zdąża się to raczej wyjątkowo, w specyficznych pogodowo latach. Wystąpieniu tej choroby sprzyja bardzo wilgotna aura, np. długo utrzymująca się rosa w fazie, gdy pszenica kwitnie. W takich latach może być konieczne zastosowanie zabiegu chemicznego przeciw tej chorobie, jednak najczęściej rezygnuje się z zabiegu przeciw fuzariozie kłosów w uprawie regeneratywnej. Wynika to z tego, że okno zabiegowe jest bardzo krótkie - wynosi około 24 godzin od porażenia. Porażenie następuje w monecie kwitnienia pszenicy. W praktyce 24 godziny to bardzo krótki czas, a skuteczność zabiegu przeciw fuzariozie jest bardzo ograniczona, jeśli wykona się zabieg później. Choroba ta występuje częściej w miejscach, gdzie uprawia się pszenice w krótkiej rotacji. W uprawie regeneratywnej dąży się do tego, aby uprawiać pszenicę niezbyt często na tym samym polu, co znacząco wpływa na ograniczenie występowania tej choroby.

Podsumowując zagadnienia ochrony łanu pszenicy przeciw chorobom w uprawie regeneratywnej: w praktyce najważniejszy jest pierwszy zabieg wykonany do fazy BBCH 29, tj. do strzelania w źdźbło. Wykonuje się go bezwzględnie, gdyż zabezpiecza łan przeciw chorobom podstawy źdźbła oraz „czyści liście" z ewentualnych innych grzybów, które mogą wywoływać choroby w późniejszym etapie wegetacji pszenicy. Choroby liściowe takie jak fuzarium, mączniak, septoria czy rdza występują najczęściej na liściach podflagowych czy flagowych. Zarodniki wymienianych grzybów mogą dostać się na plantację z dwóch kierunków: 1. z wiatrem - wtedy występują tylko na górnej części łanu na liściach podflagowych i flagowych, które są dobrze dostępne dla cieczy roboczej i ewentualny oprysk bez problemu dotrze do powierzchni tych liści; 2. „od dołu" – zarodniki grzybów rozprzestrzeniają się od dolnych liści i w tym przypadku sytuacja jest bardziej skomplikowana. Bo odpowiednio wcześnie nie zlikwidujemy źródła chorób z dolnych partii liści, zagrożenie może występować praktycznie aż do zbioru pszenicy i istotnie zmniejszać efektywność zabiegu na liść flagowy czy podflagowy. Dlatego tak istotny jest zabieg pierwszy, ten wykonywany w stadium BBCH 29-33, a nawet nieco wcześniej. Jest on konieczny i niezbędny. W uprawie regeneratywnej często zdarza się, że ten pierwszy zabieg jest wystarczający do końca wegetacji pszenicy. Ewentualne inne zabiegi są już tylko korektą zabiegu pierwszego. Termin pierwszego zabiegu fungicydowego zazwyczaj wykonujemy w okresie, w którym należy wykonać również zabieg skracania pszenicy.

Wczesne porażenie przez rdzę pszenicy ozimej wymaga interwencji chemicznej już na początku wegetacji. Takie postepowanie będzie skutkować w późniejszych fazach.

Zabieg ograniczający wyleganie pszenicy

Wyleganie roślin zdarza się najczęściej w okresie, w którym pszenica ozima jest w fazie nalewania kłosa. W tym okresie już praktycznie nic nie możemy zrobić, dlatego zabieg skracający należy wykonać znacznie wcześniej. Zabieg ten wykonujemy na początku strzelania w źdźbło, w fazie BBCH 29 do 33. Zabieg skracania łączymy z pierwszym zabiegiem fungicydowym i to on jest wyznacznikiem daty wykonania oprysku.

Łan pszenicy który został wysiany wcześnie, najczęściej jest dość dobrze rozkrzewiony. W celu ograniczenia wylegania, istotna jest gęstość siewu. Termin zabiegu skracającego w fazie BBCH 30 wykonany jest w sytuacji, kiedy łan pszenicy jest mocny, silnie rozkrzewiony. W tym przypadku należy wykonać zabieg bardzo wcześnie, już na samym początku strzelania w źdźbło, czyli w fazie BBCH 30-31. Na plantacjach później sianych, również zabieg możemy wykonać nieco później. Jedynym wyjątek jest sytuacja, kiedy chcemy dokrzewić rośliny pszenicy, co ma zazwyczaj miejsce przy bardzo późnych siewach. Wtedy zabieg taki również wykonujemy w fazie BBCH 21-29.

Podsumowując, w ochronie pszenicy ozimej w podejściu regeneratywnym standardowo wykonuje się zabieg przeciwko chwastom jesienią, natomiast w okresie wiosennym stosuje się ewentualną korektę, ale tylko na chwasty dwuliścienne. Nie powinno się bowiem dopuścić do sytuacji w której należy zwalczać jeszcze chwasty jednoliścienne w tym okresie. Preparaty na chwasty jednoliścienne mają bardzo niekorzystny wpływ na rośliny pszenicy.

Terminy zabiegów wiosennych uzależnione są od tego, kiedy wykonujemy zabieg skracający pszenice. W uprawie regeneratywnej zawsze łączymy zabiegi, tj. skracanie z fungicydem, insektycyd z fungicydem. W praktyce zawsze wykonuje się pierwszy zabieg w fazie od BBCH 25 do BBCH 31, jako zabieg ochronny i skracający. Kolejne zabiegi uzależnione są od intensywności wzrostu pszenicy i przebiegu pogody. Jeśli aura pogodowa jest raczej sucha, to najczęściej nie wykonuje się kolejnych zabiegów. W sytuacji dość deszczowej pogody i intensywnego wzrostu pszenicy, istnieje często konieczność dodatkowego zabiegu, w tym skracającego (z wykorzystaniem już tylko proheksadionu wapnia lub trineksapaku etylu) w fazie BBCH około 35 w połączeniu z zabiegiem fungicydowym.

Do skracania zbóż wykorzystuje się kilka dostępnych preparatów opartych o następujące substancję aktywne:

chlorek chloromekwatu (CCC) *– preparaty oparte o tę substancję czynną są dość skuteczne, ale mają jedną wielką wadę - są bardzo fitotoksyczne, zatrzymują pszenice we wzroście całkowicie poza pędem głównym. Zatrzymują również wzrost korzeni, co nie jest korzystne, gdyż dobrze rozwinięty system korzeniowy wpływa na lepszą odporność roślin na suszę. W podejściu regeneratywnym staramy się nie używać tego środka. Używa się go tylko w wyjątkowych przypadkach np. kiedy pszenica wyjątkowo „agresywnie rośnie" i możemy prognozować, że może wylec. Jednak nie należy używać dawki większej niż 500 g CCC·ha^{-1} do takiego zabiegu. Drugim wyjątkiem dopuszczającym użycie CCC jest sytuacja, kiedy chcemy dokrzewić pszenicę – w tym przypadku należy użyć dawki około 50-100 g CCC·ha^{-1}. Pszenice dokrzewiamy wiosną, gdy rośliny znajdują się w fazie 2-3 liści, kiedy rośliny zaczynają przechodzić w stadium krzewienia. Pszenica po strzeleniu w źdźbło już nie krzewi się, więc zabieg dokrzewiający nie ma już wtedy sensu.*

trineksapak etylu *– substancja ta nie jest tak agresywna jak chlorek chloromekwatu, gdyż działanie tej substancji ma nieco inny charakter niż CCC i nie wpływa tak bardzo negatywnie na wzrost korzeni. W porównaniu do CCC jest również*

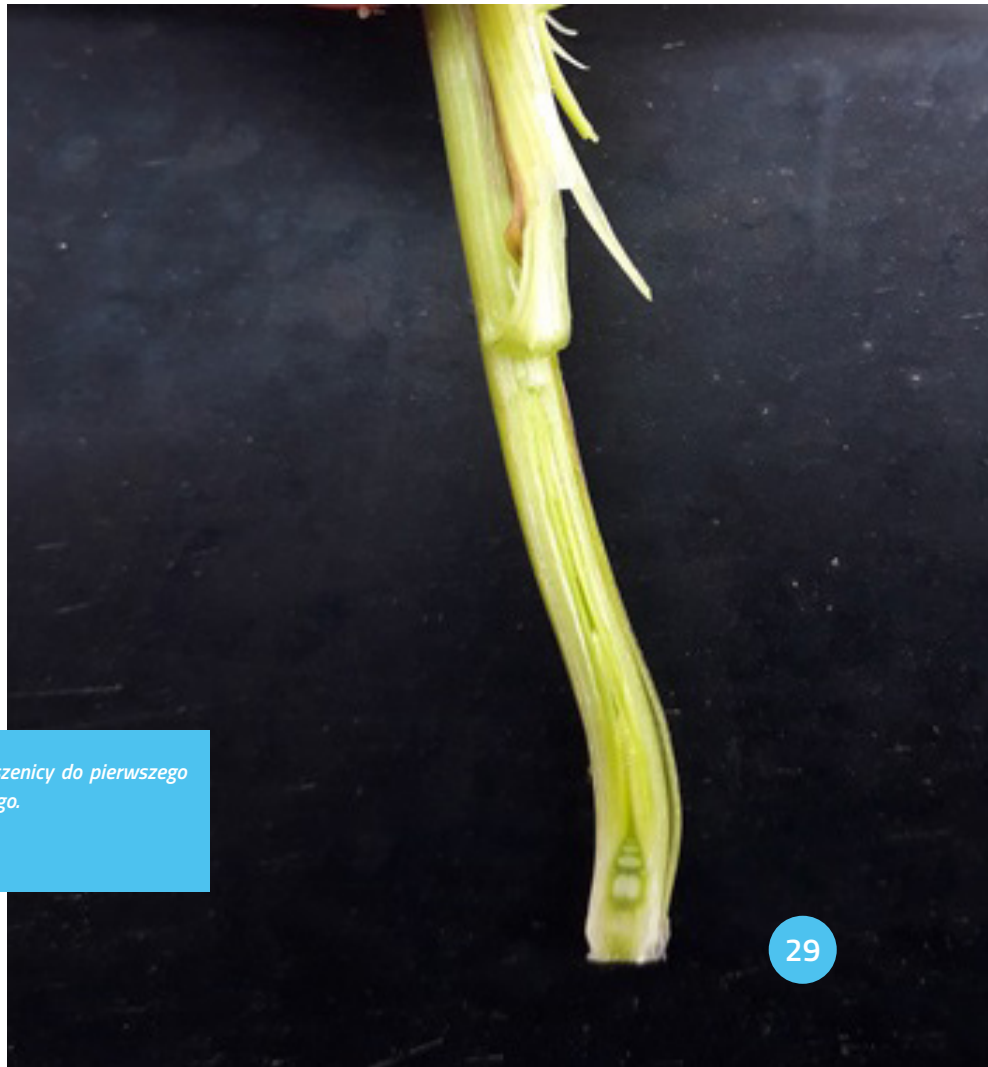
lepsza w zatrzymywaniu wzrostu pędu, kiedy już rozpoczęła się faza strzelania (faza BBCH 33). Efektywność stosowania CCC w porównaniu do trineksapaku etylu jest natomiast lepsza w fazie wcześniejszej, BBCH 29-30, niż w fazie późniejszej, jak BBCH 33. Związane jest to z tym, że trineksapak etylu powoduje zahamowanie wzrostu wydłużeniowego pędu, natomiast nie hamuje dzielenia się komórek w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni pędu. Niewątpliwą wadą preparatów opartych o tę substancję aktywną jest to, że gorzej działają w pochmurne dni.

proheksadion wapnia *– substancję tę można sklasyfikować pomiędzy trinekapakiem a CCC. Proheksadion wapnia nie jest agresywny w działaniu jak CCC, a zarazem działa bardzo dobrze skracająco. Warto nadmienić, że wartością dodaną przy zastosowaniu preparatów na jego bazie jest dodatkowe nawożenie roślin wapnem, co w uprawie regeneratywnej jest bardzo istotne.*

etefon (generator etylenu) *– etylen jest hormonem roślin, często nazywany „starczym". Z tego powodu stosowanie regulatorów na bazie etefonu jest możliwe tylko przy skracaniu dokłosia. Etylen wpływa bardzo sterująco na pszenicą ozimą, dlatego nie znajduje zastosowania w uprawie regeneratywnej pszenicy.*

fungicydy z grupy triazoli *mają również pewne znaczenie w skracaniu roślin. Wykorzystywane są jednak jako uzupełnienie skracania podstawowego. Działają około 3-krotnie słabiej niż trineksapad etylu, jednak w ustaleniu dawki regulatora wzrostu należy również wziąć pod uwagę ewentualne zastosowanie triazoli w mieszaninie opryskowej i zmniejszyć dawkę regulatora.*

w skracaniu roślin mają również znaczenie niektóre herbicydy, zwłaszcza z grupy regulatorów wzrostu, takie jak np. MCPA, ale również sulfonylomocznikowe czy pinoksaden.



Optymalna faza pszenicy do pierwszego zabiegu skracającego.

ZBIÓR I PRZECHOWANIE

2.3.8

W uprawie regeneratywnej zbiór oraz przechowywanie ziarna nie rożnią się znacząco od przebiegu tych czynności w przypadku uprawy konwencjonalnej.

Przed zbiorem w uprawie regeneratywnej nigdy nie stosuje się desykacji chemicznej z użyciem glifosatu, ani żadnej innej tego typu substancji. W uprawie regeneratywnej odczekuje się aż ziarno osiągnie pożądaną wilgotność (14-16%) w sposób naturalny i wtedy wykonuje się zbiór. Dopuszcza się zbieranie wilgotniejszego ziarna w wtedy, jeśli jest taka konieczność i dosusza się je w suszarni.

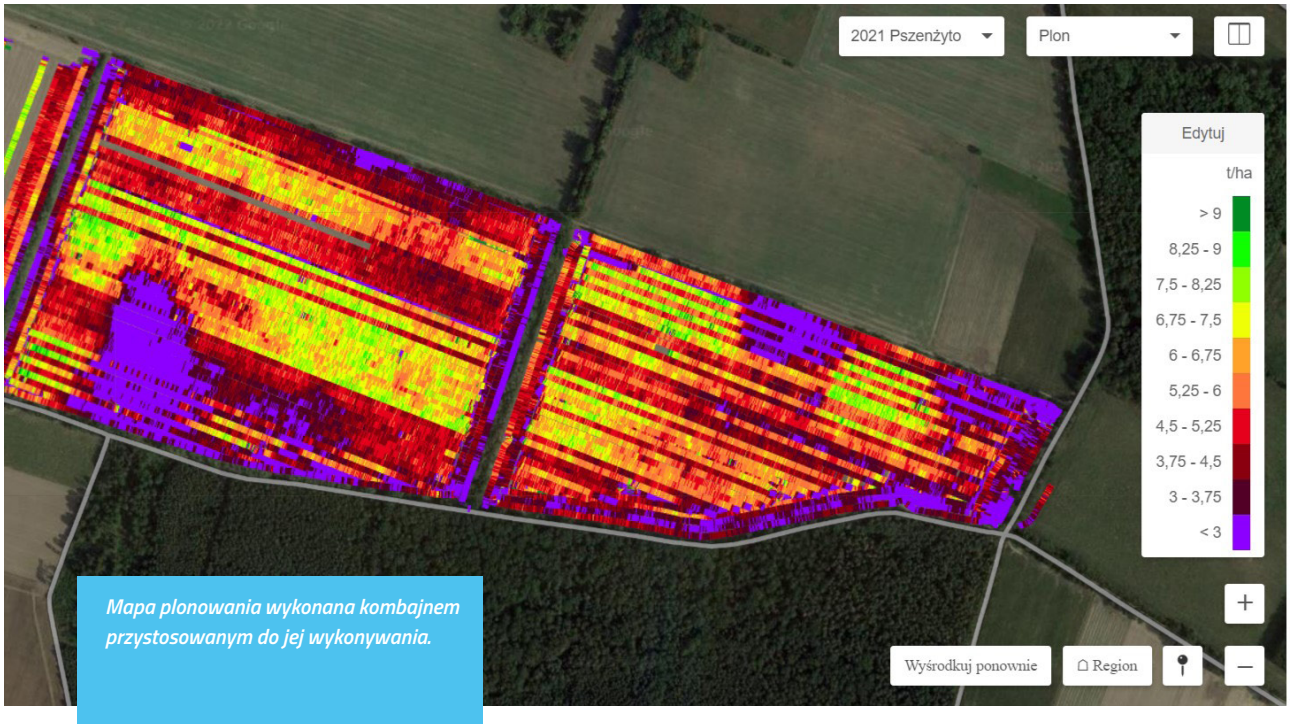
Desykacji nie stosuje się z kilku powodów:

- *glifosat wpływa niekorzystnie na mikroorganizmy glebowe, dlatego może zaburzyć równowagę biologiczną w glebie, poza tym glifosat może utrzymać się na roślinach w postaci pozostałości, co nie jest korzystne z uwagi na pogorszenie jakości ziarna*
- *użycie desykanta w trakcie zbioru pociąga za sobą koszty zakupu, ponadto dodatkowy wjazd w pole oznacza dodatkowe koszty oraz dodatkowe narażenie roślin na zniszczenie*

Widok ścierniska po pszenicy ozimej, gdzie resztki po żniwne zostały posiekane.

Z tych powodów odstępuje się od tego zabiegu. W trakcie zbioru pszenicy w podejściu regeneratywnym istotne jest również to, aby plon uboczny został na polu. Słoma jest wartościowym nawozem organicznym i poza materią organiczną pozostawia również składniki pokarmowe dla roślin następczych. W podejściu regeneratywny słomę staramy się pozostawić na polu. Wiadomo, że jeśli w gospodarstwie prowadzi się chów zwierząt, to zbiór słomy z pola jest niezbędny. W takim przypadku zawsze słomę zbiera się z pól, na których rośliną następczą jest gatunek, który korzystnie wpływa na bilans materii organicznej w glebie. Do takich upraw zaliczyć można na przykład rośliny bobowate (strączkowe i motylkowate drobnonasienne), rzepak. Bezwzględnie słomę zostawia się na polu jako nawóz tam, gdzie rośliną następczą jest ziemniak czy burak cukrowy.

W trakcie zbioru można wykonać mapowanie plonu. Mapa plonu jest jedną z istotnych elementów wiedzy o zmienności polowej, na podstawie której później podejmujemy zoptymalizowane decyzje o nawożeniu rośliny następczej.



Mapa plonowania wykonana kombajnem przystosowanym do jej wykonywania.

W aspekcie przechowywania ziarna zbóż istotne jest przygotowanie odpowiedniego miejsca do jego składowania. Miejsce magazynowania ziarna należy przygotować wykonując odpowiednią dezynfekcję - takie zabiegi zleca się wyspecjalizowanej firmie, która wykona zabieg z odpowiednią starannością oraz dbałością o środowisko. Przechowywane ziarno powinno mieć odpowiednią wilgotność, wynoszącą nie więcej niż 14 %.

REGULACJA PH I ROLA WAPNIA

2.3.9

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenic dużą role odgrywa wapń. W konwencjonalnym rolnictwie często rolę wapnia ogranicza się do regulacji pH.

W konwencjonalnym rolnictwie często rolę wapnia ogranicza się do regulacji pH. W uprawie regeneratywnej uznaje się, że wapń poza regulacją pH, wpływa na inne ważne elementy życia biologicznego gleby. Właściwy odczyn gleby można rozpatrywać z punktu widzenia rośliny uprawnej, ale również z punktu widzenia życia biologicznego gleby. Pszenica ozima ma wysokie wymagania co do odczynu – do prawidłowego rozwoju wymaga odczynu w zakresie od lekko kwaśnego (pH 5,6), aż do nawet zasadowego (pH 7,5). Optymalny dla wzrostu pszenicy powinien być odczyn gleby zbliżony do obojętnego - pH 6,5. Pszenica ozima może prawidłowo rosnąć przy szerokim zakresie pH gleby, jednak nie znosi kwaśnego odczynu i znacznie lepiej rozwija się na glebach o odczynie zasadowym niż kwaśnym.

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy ozimej, jak wspomniano wcześniej, pszenica jest pewnego rodzaju wypełnieniem płodozmianu. Jej uprawa ma za zadanie odbudować zasoby materii organicznej po uprawie roślin okopowych oraz wpłynąć korzystnie na strukturę gleby, co związane jest również z obecnością w glebie jonów wapnia, które stabilizują strukturę gleby. W podejściu regeneratywnym istotne jest również to, aby utrzymać pH bliskie 6,5, pomimo że pszenica jest w stanie dobrze rosnąć nawet na glebach o bardziej zasadowym odczynie. Takie podejście do odczynu gleby w uprawie pszenicy ma swoje podstawy w całościowym podejściu do uprawy roślin w gospodarstwie, co jest domeną rolnictwa regeneratywnego. Całościowe podejście zakłada, że każda roślina w płodozmianie powinna wpływać korzystnie na kolejne. W przypadku uprawy pszenicy ozimej powinniśmy utrzymać pH bliskie 6,5, gdyż kolejne rośliny w płodozmianie mogą mniej korzystnie reagować na wyższe pH. W podejściu regeneratywnym powinniśmy utrzymywać odczyn gleby w kolejnych uprawach na podobnym poziomie, również z uwagi na życie biologiczne gleby. W prawidłowo ułożonym i prowadzonym zmianowaniu w glebie wytwarza się równowaga biologiczna pomiędzy organizmami tam żyjącymi. W myśl rolnictwa regeneratywnego jako zarządzaniu glebami uprawnymi, nie chcemy zaburzyć tej równowagi, chcemy ją podtrzymać tak, aby utrzymywała się mniej więcej na stałym poziomie pomiędzy poszczególnymi uprawami. Jeśli wartość pH jest zbyt niska, wtedy sytuacja jest prosta – należy zastosować wapnowanie. Za najlepsze wapno nawozowe uznaje się takie, które oparte jest na bazie kredy lub pochodzi z przemysłu spożywczego (np cukrowni). Wapna dolomitowe nie są tak bardzo polecane, dlatego że poza wapniem wprowadzają do gleby magnez, a to może być niekorzystne. Jest to wapno wolniej działające w porównaniu do kredowego czy cukrowniczego. Jeśli wystąpił spadek pH gleby to zależy nam na tym, aby pH gleby stosunkowo szybko powróciło do zakresu optymalnego pH 6,5 (jest to istotne dla równowagi biologicznej).

Co dzieje się w sytuacji, jeśli pH gleby jest prawidłowe lub za wysokie?

W rolnictwie regeneratywnym rola wapnia nie ogranicza się jedynie do regulacji pH gleby, jak pisano wcześniej. Wapń jest niezbędnym makro składnikiem - pszenica ozima do wytworzenia 7 ton ziarna potrzebuje

ok 35 kg $CaO \cdot ha^{-1}$. Jest to dość duże zapotrzebowanie, które roślina pokrywa z zasobów glebowych. Może zdarzyć się tak, że wartość pH będzie cały czas utrzymywać się w zakresie 6,5, nie znaczy to jednak, że roślina nie pobiera wapnia. W związku z tym w rolnictwie regeneratywnym stosuje się nawożenie wapniem i zwraca się uwagę na regulację odczynu gleb uprawnych. Jeśli pH gleby jest za niskie, stosuje się wapnowanie, jeśli jest za wysokie, w celu obniżenia jego wartości można zastosować jeden z nawozów kwaśnych fizjologicznie, na przykład siarczan amonu lub siarkę elementarna. Jeśli pH jest optymalne, a z wyników analizy chemicznej wnioskujemy, że w glebie jest za mało wapnia dostępnego dla roślin, nawozimy glebę wapnem. Używamy do tego siarczanu wapnia, a do wykonywanych oprysków dodajemy saletrę wapniową.

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy ozimej, rola wapnia jest rozważana w następujących aspektach:

wapń jako pierwiastek mogący regulować wartość pH w podejściu regeneratywym do upraw: pH gleby powinno być zbliżone do 6,5, gdyż jest to wartość którą preferuje znaczna większość roślin uprawnych, ponadto stały odczyn gleby pozwa na utrzymanie równowagi biologicznej w glebie

wapń jako niezbędny składnik pokarmowy dla roślin: pszenica ozima da wytworzenia każdej 1 tony ziarna potrzebuje ok. 5 kg $CaO \cdot ha^{-1}$, zatem w podejściu regeneratywnym w analizie chemicznej gleb poza określeniem wartości pH, powinniśmy zadbać również o to, aby określić zawartość wapnia w glebie i na tej podstawie możemy podać decyzję o nawożeniu gleby tym pierwiastkiem; jeśli pH jest odpowiednie, a jednak makroelementu tego brakuje w glebie, wtedy stosujemy nawożenie z wykorzystaniem nawozów wapniowych nie wpływających alkalizująco na glebę, takich jak saletra wapniowa lub siarczan wapnia

wapń ma również bardzo istotną rolę w utrzymaniu odpowiedniej struktury gleby: wapń w glebie jest jonem dwuwartościowym, który zaliczany jest do środków wiążących ze sobą cząstki glebowe w agregaty, cementujących - ma zdolność łączenia ze sobą cząstek organicznych, organicznych z mineralnymi, obecność wapnia w glebie sprzyja rozwojowi korzystnej struktury agregatowej gleby oraz utrzymaniu stabilnej struktury gruzełkowatej

2.4 ZESTAWIENIE PRAKTYK I ANALIZA KORZYŚCI

Podsumowując, w uprawie regeneratywnej pszenicy ozimej zwraca się szczególną uwagę na takie aspekty jak:

- dobór stanowiska w zmianowaniu: pszenicę powinno uprawiać się po przedplonach niezbożowych, prawidłowy płodozmian warunkuje mniejszą presje chorób i szkodników oraz zdrowotność roślin, lepszą ich kondycję oraz odporność na warunki środowiskowe,

- uprawę gleby w podejściu regeneratywnym minimalizuje się, do uprawy roli należy używać agregatów uprawowych do uprawy płytkiej lub do uprawy pasowej (strip-till), takie podejście ogranicza intensywną ingerencję w równowagę biologiczną gleby oraz spowalnia mineralizacje materii organicznej gleb,

- w aspekcie ochrony roślin należy wykorzystywać wszystkie możliwe niechemiczne metody ograniczania występowania patogenów, począwszy od odpowiednio dobranego płodozmianu, odpowiedniej odmiany, natomiast zabiegi chemicznej ochrony roślin powinny być wykonywane w optymalnych terminach,

- należy stosować nawożenie naturalne, natomiast w nawożeniu mineralnym azot stosować tylko wtedy, kiedy przewidujemy, że zostanie wykorzystany, kondycja roślin powinna być oceniana w oparciu o zdjęcie satelitarne określające indeks zieloności roślin NDVI i inne dane o polu, na podstawie których koryguje się dawkę nawozu,

- w trakcie zbioru w miarę możliwości staramy się pozostawiać plon uboczny w postaci rozdrobnionej słomy, zwłaszcza jeśli w płodozmianie uprawiane są rośliny niekorzystnie wpływające na zasoby materii organicznej gleb.

W podejściu regeneratywnym do uprawy pszenicy prowadzimy tak uprawę, aby pozostawiła ona jak najlepsze stanowisko dla roślin następczych. Zakładamy, że uprawa pszenicy sama w sobie wpływa korzystnie na właściwości glebowe, a w podejściu regeneratywnym staramy się zwiększyć jej możliwości naprawcze w stosunku do środowiska glebowego. Takie podejście wpływa korzystnie na stabilność plonowania pszenicy w latach, oraz poprawę stanowiska dla kolejnych upraw. Istotne jest również to, że ziarno pszenicy pochodzące z uprawy regeneratywnej jest lepszej jakości, wolne od patogenów, o lepszym składzie chemicznym, jako wynik całościowego podejścia do uprawy pszenicy.

WINTER WHEAT

CEE REGENERATIVE
AGRICULTURE GUIDEBOOK

INTRODUCTION TO REGENERATIVE FARMING

Common winter wheat *(Triticum aestivum)* is an importance cereal for the economy. It is the world's second most harvested cereal type. In terms of global harvest, it comes behind maize only. For these reasons, wheat can be considered the basic source of food for the whole society.

2.1

Cultivation of wheat is not difficult, and it does not require large expenditures compared to other cultivated species like sugar beets, winter oils rape seed or vegetables crop. Wheat as one of the basic cereal types grows on many thousands of hectares. In European Union, it occupies the largest area of all cultivated species. For this reason, wheat cultivation is significant in regenerative agriculture. The role of wheat in crop rotation is very important, because on account of the vast surface area it occupies, it has the greatest impact on soil properties on many farms. In regenerative agriculture, wheat should be grown in this approach to produce the most beneficial effect on biological properties of the soil. At the same time, it needs to be remembered that wheat is a crop rotation filler of some sort. Wheat as cereals is also favorable forecrop for many species. In addition to this crop rotation filler function, wheat provides grain, used to bake bread and produce other cereal products such as flour, etc., which play an important role in human nutrition. Owing to its great importance for human nutrition, ensuring high-quality grain is essential. The combination of these two aspects, i.e. the production of good quality grain and leaving a sufficiently good site, is what typifies regenerative approach to cultivation.

In regenerative agriculture, special attention is paid to soil properties as the soil is the primary factor that affects the size and quality of the yield, not only of wheat.

There are five basic factors that particularly affect the properties of soil. They are called the 5C code (from the English words describing factors affecting soil properties):

Calcium - calcium is of particular importance for regenerative farming, it significantly affects pH, contributes to proper soil structure and is a component necessary for proper plant growth.

Carbon (organic matter in soil) - organic matter in the soil is important, as it increases soil fertility, improves water retention and works as a buffer. However, there are species whose cultivation depletes carbon in soil, potatoes for example. In turn, the cultivation of winter wheat, may increase its content. Regenerative approach activities are then taken that have a particular impact on its increase, e.g. keeping the crop residue on the field (such as cereal straw).

Cover crops – cover crops are not standard practice for winter wheat farming, and they happen only in exceptional cases. It may happen that we have to sow wheat late, for example seeds for that field will be delivered late, which forces us to sow late. In most cases however, the time between forecrop harvest and winter wheat sowing is short, so short that it makes no sense to sow the catch crop. One of the functions of cover crops is that they leave living roots and an adequate amount of organic biomass in the soil, thus providing survival op-

portunities for soil organisms and improving the quality of soils by positively affecting the resources of organic matter. Therefore, if the time between forecrop harvesting and sowing of the next main crop is relatively short, which is the case with the cultivation of winter wheat, cover crops are not used. However, the wheat itself has a protective role. Sown in autumn, the plant covers the soil during the winter, limiting soil erosion.

Cultivation – soil is not cultivated too intensively in regenerative agriculture and in the case of wheat, we try to minimise cultivation. That is justified for many reasons, because each intensive soil cultivation treatment, such as ploughing for example, disturbs the biological soil balance of the soil, which is our primary focus.

Impact of agricultural activity on the external environment **(Culture)** – in terms of impact on the external environment in wheat cultivation, we work not to adversely affect it. That is achieved for example by limiting the use of plant protection products, or by new plantings and care for the existing mid-field woodlots, which are a natural habitat for beneficial organisms, etc.

5C CODE

NUTRIENT AND SOIL REQUIREMENTS

2.2

Winter wheat has the highest soil requirements of all cereals. Best soils for its cultivation include chernozem, black earth soils, black soils, heavy and medium alluvial soils, loess, etc.

However, with the right agronomical culture and proper field management, wheat can be successfully grown also where soil is of poorer quality. In this case, however, yield instability between individual years should be accounted for as a risk. On farms where regenerative activities are performed, the agronomic soil category may not be as important in wheat cultivation and yield is successfully repetitive even on poorer field sections.

As shown in Table 1, to produce 1 tonne of grain, winter wheat will consume 30 kg $N \cdot ha^{-1}$, 11 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 18 kg K_2O ha^{-1}, 5 kg $CaO \cdot ha^{-1}$, 3 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ and 4.5 kg $S \cdot ha^{-1}$. These values are average values for milling wheat. Nitrogen requirements are lower for the cultivation of soft or fodder wheat. Those varieties require as much as 8 kg $N \cdot ha^{-1}$ less, i.e. about 22 kg $N \cdot ha^{-1}$ per one tonne of grain.

Table. 1. Individual macronutrients needed to produce 1t of grain (including by-products) ha^{-1} (average values)

Nitrogen (N)	Phosphorus (P_2O_5)	Potassium	Calcium (CaO)	Magnesium (MgO)	Sulphur (S)
30 kg	11 kg	18 kg	5 kg	3 kg	4,5 kg

Source: Author's own work

2.3 REGENERATIVE CULTIVATION TECHNOLOGY

LOCATION AND FORECROP

2.3.1 What should be considered in the selection of a site for the cultivation of winter wheat, in addition to its biological properties, is that the field should be properly drained, drainage channels should be cleared, etc. before cultivation.

This will prevent later water ponding, which adversely affects the growth of winter wheat. Land topography is not as important for wheat, because it is not sensitive to frost pools, etc. In the regenerative approach, however, mid-field woodlots should be ensured, along with ponds and watercourses, which are beneficial organisms typically exist and limting wind power, erosion and snow retention.

Photo Inadequate land draining means ponding water, adversely affecting the condition of the crop.

It is very important in regenerative farming, to set up the right crop rotation. Winter wheat, leaving a large amount of residue, has a positive effect on the balance of organic matter in the soil. For this reason, winter wheat is followed by crops such as potato, sugar beet, vegetables, etc., which have a more destructive effect on the soil environment. The best forecrops for winter wheat are non-cereal crops, first of all legumes, but also, winter rapeseed, potatoes (especially "super fresh"), and sugar beets. Wheat shouldn't be cultivated after other. That is because, while wheat monoculture can be profitable, that is to the detriment of biological properties of the soil. In addition, if wheat is grown in succession, fungal diseases are much more likely to occur. In the regenerative approach, we try to use all possible ways to reduce the presence of pathogens.

The regenerative approach to the cultivation of plants, not only winter wheat, means that, in for crop rotation, the field is as long as possible under the living plant cover. The reason is to have living plant roots in the field all the time, which are there to nourish soil microorganisms, whose presence is necessary for the plants to grow properly. In crops where the period from the harvest of the forecrop to the sowing of the next crop is quite long, e.g. in the case of potato cultivation after cereals, a mix of cover crops is sown. On the other hand, winter wheat is cultivated after forecrops, where the period from the harvest of the forecrop to the sowing of the next crop is relatively short, e.g. after beets or late potatoes, wheat is sown practically immediately after the forecrop is harvested. If winter wheat is cultivated after an earlier crop, such as rapeseed or pea. In that case, we sow wheat faster, for example by a week, in order to shorten the time when there are no living roots in the soil . Another aspect is that, in regenerative cultivation, organic fertilization should be done right after the descent of the catch crop.

Stubble after wheat cultivation. There are small holes in the soil made by earthworms.

SELECTION OF VARIETIES

2.3.2

Wheat varieties vary in many respects. The main difference is in the quality group to which a given variety belongs.

There are 4 quality groups: E - elites (only in some countries in European Union), A - bread varieties, B - fodder variety and C – soft (pastry) variety. When selecting varieties, we choose those that meet our quality expectations.

In addition to the grain quality group, another important parameter is winter hardiness of plants. Different varieties of wheat differ in their resistance to overwintering. This is the primary feature that we take into account when choosing a variety. In regenerative cultivation, we try to choose varieties that show relatively high winter hardiness. Plants showing better winter hardiness, apart from the fact that they typically survive winter, show better vigour after winter compared to varieties with worse winter hardiness, especially if temperatures fell below zero. It does happen for plants whose vigour and spring condition are poor that they are more often affected by pathogens.

Another feature to be considered when selecting wheat varieties is disease resistance. The main point of focus here is resistance to leaf diseases such as septoria, rust and powdery mildew. We should opt for varieties that are more resistant to these diseases. Importantly, careful selection of varieties is one of the non-chemical methods of plant protection.

Other factors may be important in selecting a variety only in exceptional circumstances. For example, whether a variety is awned can be important in situations where wheat is grown in fields located close to the forest where wild animals may forage. Awned wheat varieties are apparently not favoured by wild animals.

SOIL CULTIVATION

2.3.3

If we grow winter wheat according to the regenerative approach, the principle to follow is “as little as possible, but as much as necessary”.

Clearly, each soil cultivation treatment rather significantly affects air and water conditions in the soil quite intensively. They in turn affect the biological balance in the soil, as soil aeration causes humus to mineralise. In the regenerative approach, we want to have as little adverse impact on these parameters as possible. For winter wheat, we need to bring the soil to the most favourable conditions for the growth of wheat, but also keep in mind that the soil, apart from the crop, is home to beneficial macro and microorganisms that are also important for us.

After the fall of the forecrop, such as winter rape, early potato or pea, we have about one month to sow winter wheat. After the forecrop is harvested, tilling

should be shallow and as quickly as possible. If we are going to use organic fertilisers, that is what we do first, followed by shallow tillage. Shallow tillage immediately after the forecrop is harvested has two purposes: first, it reduces the evaporation of water from the soil, and second, it stimulates the germination of weeds and covers the organic fertilizer, if applied. About two weeks after mechanical destruction of weeds, the field should be inspected and if there are a lot of weeds, shallow tilling should be repeated. This is to reduce weed infestation of the soil non-chemically. The next step is pre-sowing. We try to do this without ploughing, although ploughing is an option, for phytosanitary reasons, only where for some reason we need to grow wheat after corn. Typically, we would rotate crops so that to avoid the situation. However, on animal farms, especially cattle farms, it is difficult to rotate crops so that to avoid wheat after corn. In that case we do the plowing because it is necessary. In other cases, after other forecrops, we perform deep cultivation without tilling to about 20-30 cm and sow wheat in the soil so prepared. It is advantageous to use a mobile unit for deep cultivation, which in one pass will cultivate the soil to a certain depth and wheat sowing . If wheat is cultivated after a late forecrop, e.g. sugar beet or potatoes for storage, after organic fertilization, if any, perform deep cultivation and sow wheat. Shallow stubble cultivation is not performed here.

Instead of deep tillage over the entire surface of the field, only strips can be tilled. This method is called strip-till is becoming more and more important as a method of cereal cultivation. Undoubtedly, strip tillage is less resource-consuming compared to deep tillage with a tilling unit. In the case of strip till, only the strip where the seeds are sown is cultivated. This method still requires some agrotechnical studies, but it is likely to be widely used in the future for regenerative farming of winter wheat.

Strip-till cultivator.

SOWING

2.3.4

Sowing is one of the most important action in regenerative farming. After proper preparation of the field, we start sowing seeds.

Before sowing, we set the sowing rate. In regenerative farming, we always calculate the sowing rate based on TSW (thousand seed weight) and the intended plant density. Before sowing, we calculate a certain number of seeds per square meter, convert it into $kg \cdot ha^{-1}$ and attach the seeder. Canopy density is very important in the management of the plantation later. We want the least dense canopy, but dense enough to ensure the desired yield. Table 2 shows the theoretical yield potential of specific crops.

Table 2. Theoretical yield level, taking into account the yield structure at the same level of tillering (TSW of 45 g assumed for the calculations)

Sowing rate [number seeds • m^{-2}]	Number of branches [Number of blades • $seed^{-1}$ • m^{-2}]	Number of spikes [number of ears • m^{-2}]	Number of levels in spike [number]
200	5	1000	8
250	5	1250	8
300	5	1500	8
Number of grains on each level [number]	**Number of grains [No. of grains • m^{-2}]**	**Yield from seeds* [kg • m^{-2}]**	**Yield [t • ha^{-1}]**
4	32000	1,44	14,4
4	40000	1,8	18
4	48000	2,16	21,6

*45g TSW assumed
Source: Own calculations

Table 2 shows that when sowing 200 $seeds \cdot m^{-2}$ and with the degree of tillering equal to 5, the potential yield is 14.4 $t \cdot ha^{-1}$. This is obviously only theoretical yield that cannot be realistically achieved. The table is only to give the reader an idea of how important it is not to sow the seeds too densely. When sowing 200 $seeds \cdot m^{-2}$ and assuming that the sown wheat has TSW of 45 g, the sowing rate will be equal to 90 $kg \cdot ha^{-1}$. Too dense fields mean problems in later plantation management. First, the higher the density of the plants, the higher the density of the canopy, the higher its humidity, and the greater the likelihood of fungal diseases. In addition, if the canopy is too dense, individual wheat plants compete for light, water and nutrients, and the denser the canopy, the greater its tendency to lodge.

In determining the sowing rate, the sowing date should obviously be taken into account, too. The later it is, the higher the sowing rate should be. Table 3 shows theoretical sowing rates at specific dates for wheat sowing.

Table 3. Examples of sowing rates taking into account the sowing date of winter wheat and the potential degree of tillering.

Sowing date	Sowing rate [number of seeds · m^{-2}]	Sowing rate [kg · ha^{-2}]*
Early	160 - 180	72 - 81
Average	190 - 220	85 - 99
Late	230 - 260	103 - 117

*TSW of 45 g was used for the calculation
Source: Own calculations

Winter wheat sown at the end of September. In the amount of 180 seeds · m^{-2} (about 90 kg · ha^{-1}). Photo taken in spring - wheat field optimally branched.

As shown above, the sowing rate in kg ha^{-1} is in the range from 72 to 117 kg. This value is consistent with the agricultural practice.

To note, modern farms increasingly often used seeders for precise sowing of seeds. If precision sowing is an option, it should be used for regenerative farming. Variable sowing is based on soil variability, and the highest seed sowing rate is used in the best part of the soil, and the poorer the soil, the less seeds are sown. That is beneficial because of lower yield capacity in poorer soil than in superior soil, and we should use a smaller plant density when the soil potential is smaller. At locations where less seeds are sown, less mineral fertilisation is used.

In addition to the sowing rate, the sowing depth is also an important parameter. Wheat should be sown to a depth of 2 to 4 cm. Deeper sowing means longer emergence and lower initial plant vigour. Too shallow sowing, on the other hand, exposes plants more to low temperatures and greater phytotoxicity of herbicides.

IRRIGATION

2.3.5 Conventional irrigation is of little importance in regenerative winter wheat farming.

That is because the efficiency of irrigation for winter wheat is not too high, and the costs involved are higher than the extra yield. In addition, irrigation significantly affects the moisture content of the canopy, and thus potentially increases the severity of fungal diseases. It is true that, on the one hand, proper hydration of plants improves their condition, but on the other hand, it can cause excessive wetting of the canopy, and thus increase the pressure from the diseases. In practice, irrigation in the cultivation of winter wheat may be justified only in exceptional cases, e.g. if we are dealing with the propagation of a very valuable variety, and it is the only one seed plantation. Irrigation may be considered in this case. It should be performed during the flowering stage. In practice, watering should start after the spike appear, just before flowering and then repeated during the formation of the grains. A dose of 40 mm should be used for both irrigation treatments, i.e. a total of 80 mm. After the irrigation, however an additional canopy protection treatment, such as additional shortening or fungicidal treatment, may be necessary.

In the context of broadly understood water management in wheat cultivation, regenerative farming encourages less water loss from the soil. First of all, ploughing should be abandoned as it will significantly increase the evaporation surface. In effect, water losses are greater from the fields where ploughing was applied.

Treatments performed after harvesting the forecrop, e.g. rapeseed, are also important. Volunteer rapeseed seedlings growing in the field where we are going to grow wheat soon should not be allowed to reach the 3-leaf stage. We destroy volunteers with a shallow mechanical procedure, e.g. using a disc harrow.

Organic matter (carbon) in the soil is also the focus of attention in regenerative water management. Organic matter increases the water holding capacity of the soil. Favourable conditions are also created by retention basins, whose creation is required in regenerative farming. Those basins, next to being a water source that can be used to irrigate other plants, such as potatoes, help surface water to seep up to the surface, which can be seen on adjacent fields. Better access of plant roots to the seeping water has a positive effect on the growth of plants growing next to them - for example, winter wheat.

VARIED FERTILIZATION OF PLANTS AND SOIL

Fertilisation of soil and plants in regenerative farming somewhat differs from conventional cultivation.

2.3.6

The main difference is greater awareness that winter wheat is one of the elements of crop rotation. It acts as a filler, as already mentioned in the chapter on the location and forecrop. In terms of fertilization, wheat in crop rotation consumes the residue of other species in the rotation, as elaborated on below.

Natural fertilisation is also very important for wheat.
Such natural fertilisers can be used for this species as:

- ***chicken manure***
- ***cattle manure***
- ***cattle slurry***
- ***and others of animal origin***

The use of chicken manure is very beneficial from the standpoint of regenerative farming. The manure should obviously be tested for the quantities of the respective nutrients to know what amounts are introduced with fertilization. It can be assumed that one tonne of chicken manure contains about 14 kg of N, 11 kg of P_2O_5, 8 kg of K_2O , 24 kg of CaO and 7 kg of MgO. The quantity used for wheat cultivation is 5 $t \cdot ha^{-1}$. In addition to enriching the soil with nutrients, chicken manure introduces organic matter that microorganisms feed on, and also contains microelements.
Another useful natural fertilizer is cattle slurry (or whatever slurry is available). Its quantity for regenerative farming is assumed as 20 $m^3 \cdot ha^{-1}$. 1 m^3 of slurry manure contains about 3.4 kg of N, 2 kg of P_2O_5 , 3.7 kg of K_2O , 2.1 kg of CaO and 0.8 kg of MgO.

Cattle manure from cattle farms is a very good natural fertilizer that brings a lot of organic matter into the soil. However, in regenerative farming, it is used for species that are more demanding than wheat, such as potatoes, beets or vegetables. Hence, manure is rarely used for wheat cultivation. However, if for some reason we decide to use manure for wheat, it should be applied in the quantity of about 25 tonnes of fresh manure per hectare.

Natural fertilisation is beneficial for the regenerative farming of wheat, but not all farms have access to it, so it is not a necessary requirement. To note, organic or other natural fertilisers are more and more on sale, and the option should be used, because organic matter is very important in regenerative farming. An interesting type of such a fertiliser is the droppings of insects bred for animal feed. In addition to organic matter, with one tonne of that fertiliser, nutrients are also introduced in the following amounts: 42 kg N, 19 kg P_2O_5, 26 kg K_2O, 7 kg of CaO and 8 kg of MgO. The values are significant in comparison to chicken manure. An additional advantage of this fertilizer is its granular form, so it can be used as a mineral fertiliser, i.e. using an appropriate spreader.

Molasses is also a specific organic fertiliser, used for regenerative wheat farming in the quantity of 15-20l·ha^{-1} together with a liquid UAN or UANS fertilizer.

After natural fertilisation, ingredients brought into the fertiliser balance should be considered. Nitrogen deserves as special note, as the active nitrogen is considered for a particular fertiliser, that is the nitrogen incorporated into the balance. Nitrogen utilization factors for specific groups of organic fertilisers are given in the table below (Table 4).

Table 4. Specific nitrogen utilization rates for the respective groups of organic fertilisers with an example calculation

Type of fertiliser	Nitrogen utilization rate [A]	Fertilizer dose [t • ha^{-1}, m^3 • ha^{-1}] [B]	Total nitrogen content in [kg N•t of org. fer. •$^{-1}$] [C]	Amount of active nitrogen taking into account the utilization rate [kg N • ha^{-1}] [A • B • C]
Chicken manure	0,40	5	14	28
Cattle slurry	0,50	20	3,4	34
Cattle manure	0,35	25	4,7	41

Source: Own calculations

Mineral fertilization

Precise doses of mineral fertilisers should be applied in regenerative farming. But before fertilisation begins, the quantities of the individual minerals in the soil must be determined. A chemical analysis purpose based on the Mehlich method should be performed to do that.

The results of the composition analysis are available in the form of an abundance map with different amounts of individual components showing in a specific place of the field. That map is used for precision fertilisation. In addition, other tools are used to determine the quantities of fertilization, e.g. satellite images showing how green the canopy is, which are used to determine the doses of N. A crop map of the species preceding winter wheat may also be useful. It can be used to adjust fertilisation.

Regenerative fertilisation for wheat farming is practically limited to nitrogen fertilization, with other types used with the preceding crop. For example, rapeseed can leave nutrients in the crop residues that are enough for wheat, especially in terms of potassium.

Nitrogen fertilization of wheat

As shown in Table 5, wheat needs about 210 kg N·ha^{-1} to produce 7 tons of grain. In regenerative farming, the nitrogen dose is based on the expected yield, with nitrogen introduced with natural fertilization subtracted. Table 5 below shows the fertilisation strategy for two types of wheat sown late and early in autumn.

Table 5. Nitrogen dose for winter wheat, considering the expected yield depending on the sowing date

Winter wheat sowing date	Expected grain yield [t • ha^{-1}]	Wheat nitrogen demand [kg • ha^{-1}] [A]	Nitrogen introduced with chicken manure [kg N • ha^{-1}] *[B]	Mineral nitrogen in the soil [kg N • ha^{-1}] [C]	Nitrogen fertilization demand of wheat [kg • ha^{-1}] [A-B-C]
Early	7	210	28	60	122
Late	5	150	28	60	62

*Data includes nitrogen that is active in fertilisation with chicken manure in the quantity of 5 t·ha^{-1}.
Source: W. Szempiński I inni 2020

Based on the data presented in Table 5, it can be concluded that the yield potential of individual wheats varies. Nitrogen fertilisation doses range from 122 to 62 kg N·ha^{-1}. Having calculated wheat's demand for nitrogen, we proceed to the fertilisation plan. In the two example wheats, the fertilisation strategy will be different. In the first case (early wheat), the dose of 122 kg N will be divided into 3 parts, i.e. 1 of 40 kg N, 2 of 60 kg N and 3 of 22 kg N. The first dose should be used to start the vegetation in the spring as soon as legally permitted, which is often BBCH phase 26-29. One may ask why is it so low? In regenerative farming, we make sure that wheat does not branch too much. That is because when the field is too dense, big problems with maintenance are to be expected, i.e. with shortening and proper protection. Wheat sown early is often very branched in spring, sometimes even too much. Fertilisation in the quantity of 40 kg N is not to stimulate unnecessary additional tillering. The second dose of 60 kg N is applied at BBCH 31 or later, but no later than BBCH 33, because late application of nitrogen may result in the reduction of grains in the spike. To note, 60 kg N is the maximum dose. In regenerative farming, this can be adjusted if the location so requires. For example, in a satellite image based on NDVI, we can see that one part of the canopy shows poorer condition and we know from other sources that the soil is poor in this area. In this case, we adjust the dose down or completely avoid this location in the course of fertilisation. The third dose is applied „on the spike", that is at the time of earing of the wheat. That dose is used only if humidity conditions are favourable.

The situation is simpler for late-sown winter wheat. The balance shows that we should apply about 60 kg N ha^{-1}. Late wheat is usually poorly branched after winter, so we want to stimulate it to branch, and use

The beginning of earing. Wheat just after the third dose of nitrogen. fertilization.

all the nitrogen at once in early spring. It is also possible to divide this dose, i.e. 30 kg N·ha^{-1} with a herbicide treatment in autumn, and the rest, i.e. 30 kg N·ha^{-1}, in spring. Wheat fertilisation ends here in this case.

For winter wheat, we usually use nitrate-urea solution with or without sulphur in the first two doses. In the third dose, we use a dry fertilizer - ammonium nitrate or ammonium sulphate.

Potassium fertilization

In regenerative-farming potassium fertilisation, looks like this that potassium is applied in a slightly larger amount for the plant that precedes wheat. In this case, the plant residue of the preceding plant must strictly be left in the field. This fertilization method is used for winter wheat when it is grown after sugar beet, potato or winter rape. If wheat is cultivated after inferior forecrops, e.g. corn (especially when it was grown for silage), potassium fertilization should be performed. Precision spreading is used for potassium, taking into account the expected yield and the potassium content in the soil. Table 6 shows doses of K_2O depending on the abundance of that component in the soil.

The use of pure potassium salt is avoided in regenerative farming, and the preferred fertiliser is potassium sulphate. If we decide to use salt, then, in addition to potassium chloride, it should also contain other compounds. That is because chlorides form soluble forms with calcium in the soil, and so we can lose calcium from the soil by its washout.

Table 6. Fertilization values of K_2O in the cultivation of winter wheat depending on its content in the soil

Assumed wheat grain yield [t • ha^{-1}]	K_2O content in the soil				
	Very low	Low	Average	High	Very high
5	100	80	60	40	20
6	120	100	80	60	40
7	140	120	100	80	60

Source: Own calculations based on W. Szempiński I inni 2020

Phosphorus fertilization

Phosphorus fertilization on farms where natural fertilization is used for wheat can be skipped. Phosphorus can be present in the soil even in large quantities, but unfortunately it is not available to plants. In regenerative farming, however, we are dealing with high biological activity of the soil, which may cause the activation of phosphorus, i.e. the transition of phosphorus into a form available to plants. This is also the case on farms that use natural fertilisers and regenerative farming methods.

In exceptional cases, mineral fertilization with phosphorus can be used, which case precision fertilisation is applied, taking into account the abundance of this component in the soil and the expected yield (Table 7).

Table 7. Doses of P_2O_5 in the cultivation of winter wheat depending on its content in the soil

Assumed wheat grain yield [t • ha^{-1}]	P_2O_5 content in the soil				
	Very low	Low	Average	High	Very high
5	70	60	50	40	30
6	80	70	60	50	40
7	90	80	70	60	50

Fertilisation with sulphur and magnesium

Sulphur fertilisation for regenerative farming should assume 0.25 kg of S for each kilogram of nitrogen. When using natural fertilization, this demand is often contributed alongside. In other cases, mesh fertilization should be considered based on the amount of nitrogen applied. Sulphur can be in the form of potassium sulphate, ammonium sulphate, kieserite, calcium sulphate or elemental sulphur.

Magnesium fertilisation is based on chemical analysis of the soil. If the results indicate a deficiency of this nutrient, fertilisation with kieserite is performed. As with other components, magnesium fertilisation must take into account the expected yield and abundance of this ingredient in the soil.

Fertilization with microelements

Winter wheat requires fertilization with microelements such as Mn in the quantity of about 70 g·ha^{-1}, Zn in the quantity of 60 g·ha^{-1}, 9 g·Cu ha^{-1}. Fertilisation with microelements coincides with plant protection treatments.

PESTS AND DISEASES CONTROL

2.3.7

Prevention is very important in terms of plant protection in regenerative farming of winter wheat.

First, it needs to be ensured that wheat has most favourable conditions for growth. Winter wheat in good condition is much more resistant to infection by diseases and pests

There are four aspects of plant protection treatments in winter wheat farming:

- ***weeds***
- ***diseases***
- ***pests***
- ***lodging***

Weed control

Prevention is important in weed control for regenerative farming. After the early forecrop is harvested, at least two treatments of shallow soil cultivation should be performed, for example with a disc harrow. This significantly reduces weed infestation in winter wheat. It should be noted freshly sprouted weeds are much more effectively controlled after wheat sowing with the use of herbicides than those that sprouted immediately after harvest and are in a more advanced stage of development. In the regenerative approach to wheat cultivation, we try not to use glyphosate -based plant protection products. Glyphosate, apart from being a total herbicide, which kills all plants in the field, also adversely affects the development of soil microorganisms, disturbing the existing biological balance, and maintaining that balance in the soil is a priority in regenerative farming. Therefore, after the fall of the forecrop, mechanical weed control is performed as far as possible. The only legitimate reason for using glyphosate is the presence of couch grass. This weed is most often found locally and is not present on the entire field. Fighting it should therefore be performed also locally, and not on the entire field. Areas with couch grass are identified using the NDVI map and the treatment is performed only where it is necessary. About 10 l·ha-1 of molasses is added to the glyphosate mixture, intended to nourish soil microorganisms and thus mitigate the adverse effects of glyphosate.

After sowing winter wheat, the ultimate objective is to control monocotyledonous weeds, such as common windgrass, bromes, foxtail and others. In agricultural practice, we generally have two types of winter wheat crops - those sown early after forecrops that quickly leave the field, such as winter rape, peas, early potatoes, and crops that were sown after later forecrops, such as corn, late potatoes or sugar beet. The approach to these two types of crops is different in terms of weed control. For early winter wheats, we perform herbicide treatment on the third leaf (BBCH 13). At the same time, it is important not to exceed this phase, because later we may have a problem with eradicating common windgrass and other monocotyledonous weeds. In the latter case, if winter wheat is sown a little later, we perform the treatment immediately after sowing (BBCH 00). A question then arises, why do we spray at different stages?

In the first case, we are dealing with a situation in which the top layer of the soil can often be dry, and that does not promote a good herbicidal effect. Here, we deliberately wait for the weeds to emerge and then, in addition to the herbicide's effect on the soil, there is also the foliar effect – which is the first reason why we the treatment is delayed. The second reason is that previously sown wheats are often exposed to attacks by pests such as aphids and the third-leaf treatment is a combined weed and aphid control procedure. The third reason is related to the presence of winter oilseed rape crops on the farm. We must be aware that cereal herbicides can adversely affect its development, even if only small residues remain in the sprayer. Even small amounts of cereal herbicides in the sprayer can adversely affect the development of oilseed rape. Herbicide treatments for winter rape are therefore carried out only up to a certain point in the autumn, with rapeseed spraying finishing when the cereals sown first reach the third-leaf stage. In effect, the same sprayer for chemical protection treatments in is not used for these two groups of plants. This is essentially regenerative, as the objective is not to adversely affect the condition of the plants by our field activities.

In the second case, when we seeds are sown later, we no longer wait for the third leaf, but rather perform the herbicide treatment immediately after sowing. The justification here is also related to the care for the condition of the wheat. We must be aware that later sown wheat will be slower to emerge and grow (because temperatures are getting lower). Waiting for the wheat third-leaf phase could therefore mean mean that it will coincide with freezing temperatures. Negative temperature is a stress factor for winter wheat, just as the herbicide treatment, so we try not to apply herbicides when negative temperatures are expected.

Table 8. Examples of active substances useful for autumn application to winter wheat (control of monocotyledonous weeds):

Substancja aktywna	Date of application [BBCH]*	Remarks
Pendimethalin	Most effective in BBCH 00	Can be used at sub-zero temperatures
Diflufenican	In BBCH 03	It also fights dicotyledonous weeds
Flufenacet	No later than BBCH 02	Useful against foxtail grass
Metribuzin	Most effective in BBCH 00	Mainly controls dicotyledonous weeds, auxiliary in common windgrass control
Prosulfocarb	In BBCH 03	It supports the control of monocotyledonous but mainly combats dicotyledonous weeds
Chlorotoluron	No later than BBCH 03	It fights common windgrass well but only until the tillering phase! Some wheat varieties can be highly phytotoxic and the agent cannot be used there

*** works most effectively**
Source: Own data based on product label

For regenerative cultivation of winter wheat, it is important to control weeds as early as in autumn, while spring weed control should not be practiced. This is justified by the fact that wheat in the spring must grow intensively and build the yield. Herbicide treatment, on the other hand, always carries the risk of slowing down the growth of wheat and deterioration of its condition.

In this approach, weeds are eradicated in most cases, and only in exceptional cases and years do we need to perform a corrective treatment, but this is almost always only for dicotyledonous plants. It should be noted that herbicides that control dicotyledonous weeds are not as dangerous to wheat as those that control monocotyledonous weeds. That results from biochemical properties of wheat. Wheat is also a monocotyledonous plant and herbicides that control monocotyledonous weeds also have a significant impact on its physiology and can significantly worsen its vigour and condition.

Foxtail is one of the most dangerous weeds in cereal cultivation. It prefers heavier, wetter soils. The growth and development biology of foxtail is very similar to that of wheat, especially at the beginning of the growing season. Foxtail, on the other hand, blooms and produces seeds a little earlier. If presence of foxtail is identified in a given regenerative-farming field, crop rotation should be set up so that wheat or other cereal species do not occur too often in that field. In such fields, grain should be grown at 5-year intervals. Fighting foxtail is difficult because it becomes resistant to herbicides used in cereals very quickly and when it acquires that resistance, it will be very difficult to fight it. In dicotyledonous crops, such as pea, rape, potato, we can use other herbicides to combat foxtail, which are slightly more effective than those that can be used for winter wheat. In addition, if we cultivate spring species in a field infested with foxtail, we have more time to fight this weed mechanically. In addition, in the regenerative cultivation of spring species, cover crops are sown that are able to effectively compete with foxtail. This again shows how important a holistic approach is to regenerative farming.

Pest control

As already mentioned in the section on cultivation, reduce tillage is usually used for regenerative winter wheat farming. No- till cultivation has many benefits, but it can also produce some hazards in the context of pests. In fields cultivated without ploughing, an increase in the number of rodents can be observed, and there may also be a higher density of pests that are insects, such as noctuid moths (these after ploughed out to the surface during the till and may be eaten by birds).

That is why proper crop rotation is so important for regenerative farming of cereals, including wheat. Growing cereals after each other should be avoided, as this is one of the basic non-chemical pest control methods. In addition, mid-field woodlots should also be ensured, as well as other landscape features providing a shelter for predators that feed on pests.

Protection of the nest of birds of prey. The photo shows the protection of the nest of the Harrier (Circus pygargus) in triticale cultivation as an example of caring for the natural enemies of rodents.

Dangerous pests in cereal cultivation are:

- ***rodents***
- ***soil insect, such as noctuid moths***
- ***aphids***
- ***wheat and grain midge***
- ***cereal leaf beetle***

It is very important for pest control to have as many birds of prey within the plantation, which are able to significantly reduce their population.

Soil pests are very dangerous for cereals. They often occur after certain forecrops - for example, caterpillars of noctuid moths are more often identified in winter wheat after winter oilseed rape. What can we do to limit their presence? First, the field should be inspected after rapeseed and before wheat cultivation, at the stage of mechanical weed control. If there is a significant presence of noctuid moths, ploughing should be con-

sidered, or in exceptional cases, wheat cultivation may also be abandoned. In terms of non- chemical methods, apart from ploughing, there is also the option of using predatory nematodes - entomopathogenic species of the genus Steinernema. It is best to apply them at night as spray, because noctuid moths are active at night, and their caterpillars' feeding is also mainly at night. Night nematode spraying ensures that the preparation gets on the caterpillars, and then the nematode will penetrate and kill them from the inside. This treatment is definitely effective, but also quite expensive. The advantage is that the nematodes can control other pests, too. Regenerative farming prefers this control treatment, but if it cannot be used for some reason, a chemical treatment should be considered, which must be performed at night.

Aphids are generally not a big threat to the cultivation of wheat and other cereals. However, there are exceptional situations in which the sucking of cell saps from cereal tissues can also be very dangerous (this is how aphids feed). That may occur when it is very dry and the plants do not have much cell sap. If feeding does not have a significant effect on the condition of the plants or the yield, the pest is not controlled in regenerative farming. Aphids can feed on plants practically throughout the growing season of wheat, but they pose the greatest threat at the beginning of the growing season, that is, in autumn, when winter wheat plants are quite small. Aphids, apart from the fact that they can feed on wheat itself and cause direct damage, which is usually not dangerous, can also be a vector for dangerous viruses. There is no effective treatment against viruses, and infestation of wheat crops by them can cause significant losses in the yield. Infection by viruses is especially dangerous when wheat plants are still young. The later the infection occurs, the less serious the effects. Therefore, aphids should be treated ruthlessly as soon as they appear in the crop. The most effective way to control aphids is to treat wheat seeds with insecticides. Unfortunately, there are currently no approved seed treatments with insecticide for use on winter wheat. Therefore, this insect should be controlled by insecticidal treatment. This pest most often attacks wheat sown early, so one of the insecticides against aphids is added to the herbicide treatment (as described above). It is important in regenerative farming to monitor the presence of aphids on wheat plants. White sticky boards can be used for that purpose.

Midges are very dangerous cereal pests. They occur more often on heavy soils and their numbers are greater in humid years. The primary method of controlling this pest is appropriate crop rotation in which wheat should not be grown after cereals. Midge overwinters in crop residues or soil, and so it will occur more often where cereals were grown in previous years. Timing is very important for the control of midges, and we should target adult insects that arrive on the plantation before they lay eggs. The larva of this insect, which bites shoots or grains (depending on the species), is dan-

Autumn infestation of winter wheat by aphid is especially dangerous.

gerous for wheat. The presence of adult insects on the plantation should be a factor in the decision on control treatments. Sticky boards are used for this purpose, preferably on the side of the field where wheat was grown in previous years, because the insects will most likely come from that direction. The protective treatment is performed after a strong raid of insects is identified.

Another pest found on wheat plantations is the cereal leaf beetle. Generally, control of this pest is typically abandoned in regenerative farming. Even though cereal leaf beetle is present almost every year in wheat fields, it is not usually a pest that can significantly affect the yield. Cereal leaf beetle control is rather treated as an „incidental" treatment - for example, when performing treatments against rust, we can use the relevant insecticide if there is a significant pressure from this insect. The procedure is however not performed only because the beetle is present in the field.

Other pests than those described above may also be present in wheat, but they do not pose a significant threat to its cultivation. Nevertheless, the plantation should always be inspected and an appropriate decision should be made regarding possible treatments where justified. Overall, inspection of the plantation is a must in regenerative farming in terms of plant protection.

Disease control

Dangerous diseases for winter wheat are:

- ***stem base diseases***
- ***septoria***
- ***fusariosis***
- ***powdery mildew of cereals***
- ***rust***

The selection of an appropriate variety, suitably resistant, as mentioned earlier in this study, and crop rotation are important in reducing the presence of diseases in the cultivation of winter wheat.

Among wheat varieties there are many that are resistant to particular diseases. For regenerative farming, those that show high and very high resistance to basic diseases should be preferred. In addition, a properly selected crop rotation is also important for wheat cultivation, and wheat should not be grown after other cereals.

A good example of controlling diseases by properly selected crop rotation is the control of stem base diseases. The fungi that attack the stem base are the species: *Geumannomyces graminis* var. *Tritici* , causing stem base blight. This disease can be limited only by proper crop rotation or chemical treatments of grain based on siltiofam as the active substance. *Pseudocecosporella herpotrichoides* causing brittleness of the stem; *Fusarium* spp. responsible for fusarium disease, stem blight and *Rhizoctonia cerealis* – a species causing sharp eyespot. All those diseases are very dangerous for winter wheat cultivation, and hence the importance of crop rotation. Another very important factor limiting the occurrence of the above diseases is the treatment of seeds with appropriate preparations, very effective in chemical control of stem base blight. The third method of reducing the occurrence of diseases in wheat is chemical treatment, but performed very early in the spring - until BBCH 29, before the shooting phase. The timing is such because cereal plants are still creeping at this time, they do not rise, which ensures best access to the base of the stem and better effect of the treatment. This procedure is also associated with preventive reduction of powdery mildew and shortening. In a regenerative farming, this may be the only chemical treatment to protect wheat crops from diseases. To control stem base diseases preparations based on: prochloraz, triazoles (e.g. tebuconazole), and to a lesser extent also on metraphenone and ciprodinil, are used. The regenerative approach uses a protective treatment with a mixture of different fungicides in smaller doses. It should always be remembered that fungicide treatments also affect the condition of the plants.

Spectoria tiritic, a species of fungus, causes septoria. The selection of the appropriate variety significantly reduces the occurrence of this disease. In regenerative farming, septoria may not be of significant importance and control may not be necessary. The pressure of the fungus causing this disease is greater in wet years. Often, a well-performed treatment against stem base diseases significantly reduces its occurrence. This disease is dangerous in the later stage of wheat vegetation, but good protection of the lower parts of the plants can significantly reduce its occurrence. Preparations based on triazoles or on active substances from the SDHI group are effective against this disease.

Powdery mildew of cereals is a group of diseases that occurs on every plantation, but they are typically not very harmful. In regenerative cultivation of wheat, a single treatment with one of the preventive agents is used to reduce its occurrence. Figure x shows preventive agents containing proqunazid (this agent is very long-acting, but only preventive), metraphenone (shorter preventive action and has a slightly interventional effect). In regenerative cultivation, one of the preventive

preparations for powdery mildew is most often added to the first treatment against stem base diseases, and this is most often effective in reducing its occurrence until the end of vegetation. If the pressure of powdery mildew is really high, morpholine agents can be used, but in very small doses, which have a good effect on powdery mildew eradication.

Wheat rust is a disease that tends to occur later in the growing season. Most often, ad hoc interventions are not needed to combat it. Rust is more often controlled in the cultivation of winter rye. In wheat, it most often appears just before harvest, and its pathogenicity in that period is limited. It rarely happens that rust needs to be controlled where it occurs relatively early, before or just after earing. In this case, preparations based on triazoles, strobilurins or preparations from the SDHI group are very effective. For regenerative cultivation, it is better to use preparations based on strobilurins or from the SDHI group to control this disease. Triazoles are not recommended, because when applied at the time of higher temperatures (which takes place at earing) or just after them, they show quite aggressive effects on plants and can negatively affect growth.

Fusariosis is the collective name of diseases caused by fungi of the genus *Fusarium* spp., which, in addition to infesting the stem base, may also infect the spike. This happens rather exceptionally, in years of non-typical weather. The occurrence of this disease is more frequent during very humid weather, e.g. long-lasting dew in the wheat blooming phase. In those years, it may be necessary to apply a chemical treatment against this disease, however, the treatment against spike fusariosis is usually omitted in regenerative cultivation. This is because the treatment window is very short - it is about 24 hours from the infestation. Infestation occurs when wheat blooms. In practice, 24 hours is a very short time, and the effectiveness of the treatment against fusariosis is very limited if the treatment is performed later. This disease is more common in areas where wheat is grown in short rotation. The goal in regenerative farming is to grow wheat infrequently in the same field, which significantly reduces the incidence of this disease.

To sum up wheat protection against diseases in regenerative cultivation, it should be argued that the first treatment, performed until the BBCH 29, i.e. shooting, is the most important. It is absolutely necessary because it protects the field against diseases of the stem base and „cleans the leaves" from any other fungi that may cause diseases at a later stage of wheat vegetation. Leaf diseases such as fusarium, powdery mildew, septoria or rust are most common on subflag or flag leaves. The spores of the mentioned fungi can get to the plantation from two directions: 1. with the wind - then they occur only on the upper part of the canopy on flag and flag leaves , which are well accessible to the process liquid and possible spraying will easily reach the surface of these leaves; 2. „from below" - fungal spores spread from the lower leaves and in this case the situation is more complicated. Because we do not eliminate the source of diseases from the lower parts of the leaves early enough, the threat may occur practically until the harvest of wheat and significantly reduce the effectiveness of treatment on the flag or sub -flag leaf . That is why the first procedure, performed at BBCH 29-33 stage, or even a little earlier, is so important. This procedure necessary and indispensable. It often happens in regenerative cultivation that this first treatment is sufficient until the end of the vegetation. Any other treatments are just a correction of the first treatment. The date of the first fungicidal treatment is usually in the period when the wheat shortening treatment should also be performed.

Early infestation by winter wheat rust requires chemical intervention already at the beginning of vegetation. Such behavior will result in later stages.

Treatment against wheat lodging

Lodging of plants occurs most often when winter wheat is in the spike-filling phase. In this period, not much can be done, and so the shortening procedure should be performed much earlier. This treatment is performed at the beginning of the stem shooting, in the BBCH phase 29 to 33. The shortening treatment is combined with the first fungicidal treatment and it decides on the spraying date.

A field of wheat that has been sown early is usually quite well tillered. Sowing density is important in reducing lodging. The date of the shortening treatment is closer to BBCH 30 when the wheat field is strong and tillered. In this case, the treatment should be performed very early, at the very beginning of the stem shooting, i.e. at BBCH 30-31. If the wheat is sown later, the treatment can also be performed later. The only exception is when we want to achieve additional tillering, which is usually the case with very late sowing. Then we also perform this procedure at BBCH 21-29.

To sum up the protection of winter wheat in regenerative farming, it should be noted that the treatment against weeds is usually carried out in autumn, while in spring a possible correction is applied, but only to dicotyledonous weeds. The control of monocotyledonous weeds still at this stage should be avoided. Monocotyledonous weed preparations have a very adverse effect on wheat.

The dates of spring treatments depend on when we perform the wheat shortening treatment. In regenerative cultivation, we always combine treatments, i.e. shortening with fungicide, insecticide with fungicide. In practice, the first treatment is always performed in the phase from BBCH 25 to BBCH 31, as a protective and shortening treatment. Subsequent treatments depend on the intensity of wheat growth and the weather. If the weather is rather dry, further treatments are usually not performed. If the weather is rather rainy and wheat grows quickly, there is often a need for an additional treatment, including shortening (using only calcium prohexadione or trinexapac-ethyl) in the BBCH phase around 35, in combination with a fungicidal treatment.

Several available preparations based on the following active substances are used to shorten cereals:

chlormequat chloride (CCC) *– preparations based on this active substance are quite effective, but they have one big disadvantage - they are very phytotoxic, and stop the growth of wheat completely outside the main shoot. They also stop the growth of roots, which is not beneficial, because a well-developed root system improves the resistance of plants to drought. This agent is avoided in regenerative farming. It is used only in exceptional cases, e.g. when wheat grows „aggressively" and we can predict that it may fail. However, do not use a dose higher than 500 g CCC·ha^{-1}. Another exception justifying the use of CCC is when we want to do additional tillering. In this case, use a dose of about 50-100 g CCC·ha^{-1}. The tillering is performed in spring, when the plants are in the phase of 2-3 leaves and begin to go into the tillering stage. After shooting, wheat does not tiller any more, so the tillering procedure at this point makes no sense.*

ethyl trinexapac *– this substance is not as aggressive as chlormequat chloride, because the action of this substance is slightly different than CCC and does not have such a negative effect on root growth. Compared to CCC, it is also better at stopping shoot growth once the shooting phase has started (BBCH 33). The effectiveness of CCC compared to trinexapac-*

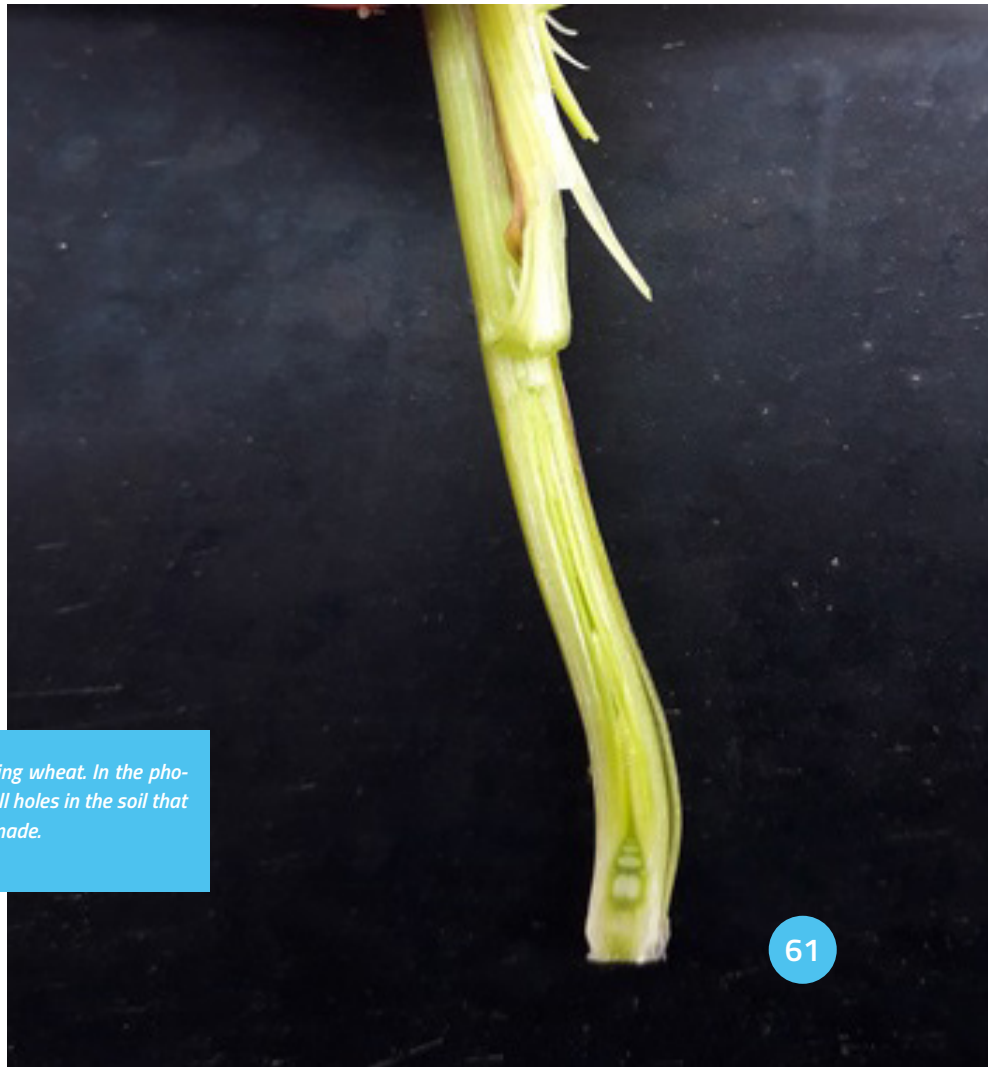
ethyl is better in the earlier phase, at BBCH 29-30, than in the later phase, like BBCH 33. This is because ethyl trinexapac inhibits shoot elongation growth, but does not inhibit cell division in a plane perpendicular to the surface of the shoot. A clear disadvantage of preparations based on this active substance is that they perform worse on cloudy days.

calcium prohexadione *– this substance can be classified between trinexapac and CCC. Calcium prohexadione is not as aggressive in action as CCC, and at the same time works effectively for shortening. It is worth mentioning that the added value of using preparations based on this agent is additional fertilization of plants with lime, which is very important in regenerative cultivation.*

ethephon (ethylene generator) *– ethylene is a plant hormone, often called the "old-age" hormone. For this reason, the use of ethephon -based regulators is possible only when shortening the stem. Ethylene has a very controlling effect on winter wheat, and therefore it is not used for regenerative farming.*

fungicides from the triazole group *are also of some importance in the shortening of plants. However, they are used as a supplement to the basic shortening. Their effect is about 3 times less than trinexapac-ethyl, however, when determining the dose of the growth regulator, the possible use of triazoles in the spray mixture should also be taken into account and the dose of the regulator should be reduced.*

some herbicides are also important in the shortening of plants, especially from the group of growth regulators, such as MCPA, but also sulfonylureas or pinoxaden.



Stubble after growing wheat. In the photo you can see small holes in the soil that earthworms have made.

COLLECTION AND STORAGE

2.3.8 Grain harvesting and storage do not differ significantly between regenerative and conventional cultivation.

The only thing is that regenerative farming never uses pre-harvest chemical desiccation with glyphosate or any other such substance. In regenerative cultivation, we wait until the grain reaches the desired moisture content (14-16%) in a natural way, and then proceed with the harvest. It is allowed to collect wetter grain, if necessary, and then dry it in the dryer.

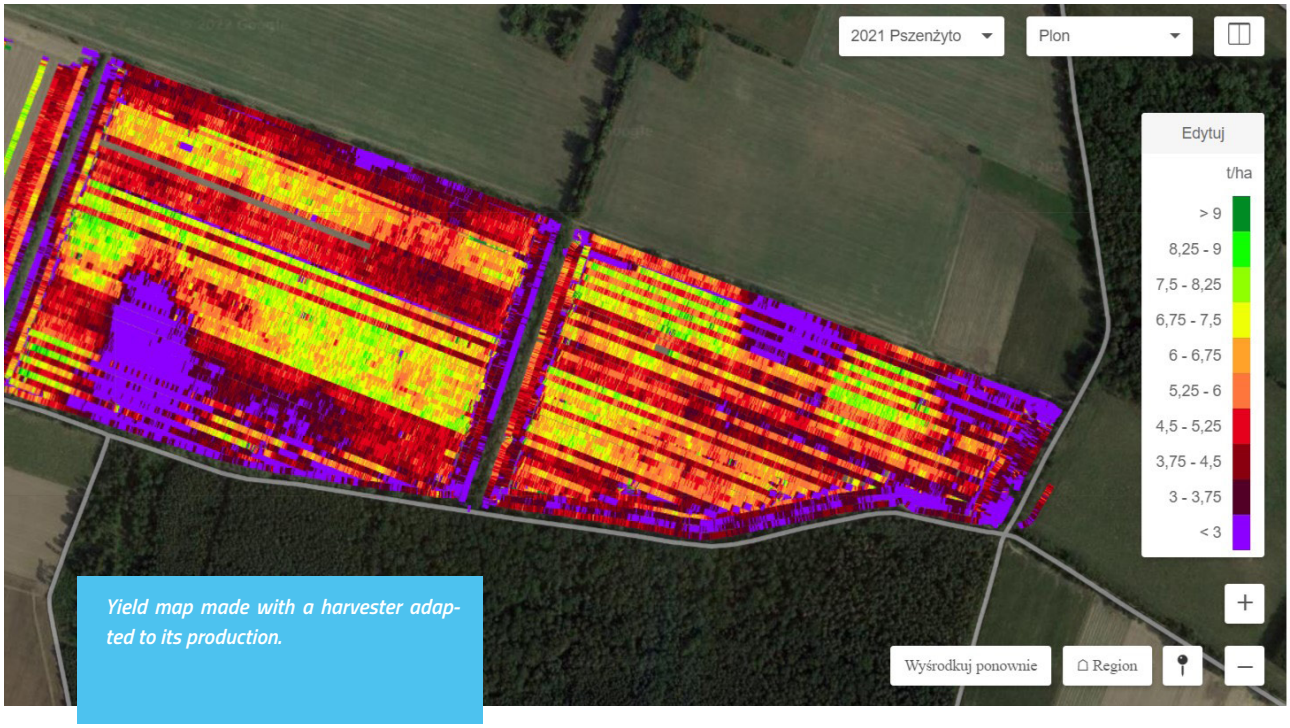
Desiccation is not used for several reasons:

- *glyphosate has a negative effect on soil microorganisms, and can disturb the biological balance in the soil; besides, glyphosate can remain on plants in the form of residues, which is not beneficial as it degrades grain quality*
- *the use of desiccant during harvesting entails purchase costs, moreover, and an additional entry into the field means additional costs and additional exposure of plants to destruction*

View of a winter wheat stubble field where crop residues have been chopped.

For these reasons, this procedure is not performed. When harvesting wheat in the regenerative approach, it is also important that the by-crop stays in the field. Straw is a valuable organic fertilizer and, in addition to organic matter, also leaves nutrients for subsequent plants. In the regenerative approach, we strive to leave the straw in the field. Clearly, if animals are also farmed, it is necessary to collect straw from the field. In this case, straw is always harvested from fields where the succeeding crop is a species that favourably affects the balance of organic matter in the soil. Such crops include, for example, leguminous plants (legumes and small-seed legumes), rapeseed. . Straw must be left on the field as a fertilizer where potatoes or sugar beet are the successive crops.

Yield mapping can be performed during the harvest. The map is important about recognising field variability, on the basis of which optimized decisions on fertilization of the successive plant are later made.



Yield map made with a harvester adapted to its production.

In terms of cereal grain storage, it is important to prepare a suitable storage location. The place where the grain is stored should be properly disinfected. Such treatments are outsourced to a specialized contractor that will perform the treatment with due diligence and care for the environment. Stored grain should have appropriate moisture, not more than 14%.

SOIL PH REGULATION AND THE ROLE OF CALCIUM

2.3.9

Calcium plays an important role in regenerative wheat cultivation. In conventional agriculture, the role of calcium is often limited to pH regulation.

In regenerative cultivation, however, it is recognized that calcium, apart from pH regulation, affects other important aspects of biological life in the soil. Proper pH of the soil can be considered from the point of view of the crop, but also from the point of view of the biological life. Winter wheat has high pH requirements and in order to grow properly, it requires pH ranging from slightly acidic (5.6) to even alkaline (7.5). A value that is optimum for the growth of wheat should be close to neutral - pH 6.5. Winter wheat can grow well in a wide range of soil pH, but it does not tolerate acidic reaction and grows much better on alkaline than acidic soils.

As mentioned earlier, wheat is a filler plant in crop rotation in regenerative farming. Its cultivation is aimed at rebuilding the resources of organic matter after the cultivation of root crops and has a positive effect on the soil structure, which is also related to the presence of calcium ions in the soil, which stabilise its structure. In the regenerative approach, it is also important to keep the pH close to 6.5, although wheat is able to grow well even in more alkaline soils. This is based on the holistic approach to farming, a hallmark of regenerative agriculture. The holistic approach assumes that each crop in the crop rotation should benefit the others. In the case of winter wheat, pH should be kept close to 6.5, as subsequent plants in the crop rotation may react less favourably to higher pH. We should also keep the soil pH in subsequent crops at a similar level, with biological life of the soil in mind. Properly arranged and conducted crop rotation creates a biological balance between the organisms. In the spirit of regenerative agriculture, acting as stewards of the cultivated soil, we do not want to disturb this balance, and strive to maintain it so that it remains more or less constant between individual crops. If the pH value is too low, then liming should be used. The best fertiliser lime is based on chalk or comes from the food industry (e.g. sugar mills). Dolomite limes are not so much recommended, because in addition to calcium, they introduce magnesium into the soil, which can be unfavourable. This is important thinks because in the soil has to be proper ratio of individual components in the soil. If we use dolomite without add calcium we introduce large amounts of magnesium. In this approach magnesium can disturb ratio of individual nutrients in the soil. It is a slower-acting lime compared to chalk or sugar lime. If there is a decrease in soil pH, we want the soil pH to return to the optimum pH range of 6.5 relatively quickly (this is important for biological balance).

What happens if the soil pH is normal or too high? In regenerative agriculture, the role of calcium is not limited to regulating soil pH, as previously mentioned. Calcium is an essential macronutrient and winter wheat needs about 35 kg of CaO·ha-1 to produce 7 tons of grain. This is quite a large demand that the plant covers from soil resources. It may happen that the pH value remains in the range of 6.5 all the time, but this does not mean that the plant does not take up calcium. Therefore, in regenerative agriculture, calcium fertilization is used

and attention is paid to regulating the pH of agricultural soil. If the pH of the soil is too low, liming is used, if it is too high, one of the physiologically acidic fertilizers, for example ammonium sulphate or elemental sulphur, can be used to lower its value. If the pH is optimal, and we conclude from the results of the chemical analysis that there is not enough calcium available for plants in the soil, we fertilize the soil with lime. We use calcium sulphate for this, adding calcium nitrate to the spraying.

To sum up, the calcium has the following roles in regenerative cultivation of winter wheat:

calcium as an element that can regulate the pH value in the regenerative approach to crops: soil pH should be close to 6.5, as this is the preferred value for the vast majority of cultivated plants. Moreover, constant soil pH will help maintain biological balance in the soil

calcium as an essential nutrient for plants: winter wheat needs about 5 kg of $CaO \cdot ha^{-1}$ to produce 1 tonne of grain, so in the regenerative approach, apart from determining the pH value, we should also ensure that the calcium content is determined to make an informed decision about fertilisation. If the pH value is appropriate, and yet this macroelement is missing in the soil, we fertilize with calcium fertilizers that do not alkalize the soil, such as calcium nitrate or calcium sulphate.

calcium also has a very important role in maintaining the proper structure of the soil: calcium in the soil is a divalent ion, classified as an agent that binds soil particles into aggregates. It has the ability to combine organic particles, organic with mineral ones, and the presence of calcium in the soil is conducive to the development of a favourable aggregate structure of the soil and the maintenance of a stable lumpy structure.

2.4 SUMMARY OF PRACTICES AND ANALYSIS OF BENEFITS

In conclusion, particular attention is the regenerative farming of winter wheat is paid to:

- selection of location in crop rotation: wheat should be cultivated after non- cereal forecrops, the correct crop rotation means less pressure from diseases and pests and better health of the plants, including their resistance to environmental conditions,

- soil cultivation in the regenerative approach is minimized, cultivation units should be used for deep cultivation or strip till; this approach limits heavy interference with the soil's biological balance and slows down the mineralization of soil organic matter,

- as regards plant protection, all possible non--chemical methods of reducing the occurrence of pathogens should be used, starting from a properly selected crop rotation, appropriate variety, and chemical plant protection treatments should be performed at optimum times,

- natural fertilization should be used, whereas, for mineral fertilization, nitrogen should be used only when we expect it to be absorbed; the condition of the plants should be assessed based on satellite imagery specifying the NDVI and other field data, on the basis of which the dose of fertilizer is adjusted,

- during the harvesting, we try to leave a by-product in the form of shredded straw as far as possible, especially if plants that adversely affect the organic matter in the soil are grown in the crop rotation

The rule in regenerative wheat farming is that it leaves the best possible site for successive plants. We assume that the cultivation of wheat itself has a positive effect on soil properties and, in the regenerative approach, we try to increase its repair capacity relative to the soil environment. This approach has a positive effect on the stability of wheat yield over the years, and improves the site for subsequent crops. It is also important that, as a result of holistic approach, wheat grain from regenerative cultivation is of better quality, is free from pathogens, and has a better chemical composition.

Literatura / Literature:

1. David C. Nielsen, Merle F. Vigil, Randy L. Anderson, Rudy A. Bowman, Joseph G. Benjamin, and Ardell D. Halvorson. 2002. *Cropping System Influence on Planting Water Content and Yield of Winter Wheat. CROPPING SYSTEMS.*

2. G. Pan, P. Smith, W. Pan. 2009. *The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China, Agric. Ecosyst. Environ.*

3. Hernández, D.B.T., Slater, K.B., Corbalá, T.R., and Shaffer, M.J. 2019. *Assessment of long-term tillage practices on physical properties of two Ohio soils. Soil and Tillage Research.*

4. Hosseini Farahi M, Aboutalebi A, Jowkar MM. 2017. *Effect of differentmedia substrate and humic acid on growth and nutrient absorption ofsoilless cultured cut rose flowers. J Sci Technol Greenhouse CultIsfahan Univ Technol.*

5. Huan Chen, Aixing Deng, Weijian Zhang, Wei Li, Yuqiang Qiao, Taiming Yang, Chengyan Zheng, Chengfu Cao, Fu Chen. 2018. *Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat. The Crop Journal.*

6. J.L. Purchase, H. Hatting, C.S. van Deventer. 2000. *Genotype × environment interaction of winter wheat (Triticum aestivum L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance, S. Afr. J. Plant Soil.*

7. Küstermann, B., Munch, J.C., and Hülsbergen, K.J. 2013. *Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany. European Journal of Agronomy.*

8. L. Litke, Z. Gaile and A. Ruza. 2018. *Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield. Quality. Agronomy Research.*

9. Najewski Andrzej. 2022. *Wstępne wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porejestrowych w doświadczeniach porejestrowych. Zboża ozime (pszenica, pszenżyto, żyto). Wydawnictwo COBORU.*

10. M.C. Manna, A. Swarup, R.H. Wanjari, H.N. Ravankar, B. Mishra, M.N. Saha, Y.V. Singh, D.K. Sahi, P.A. Sarap. 2005. *Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustainability under sub-humid and semi-arid tropical India, Field Crops Res.*

11. Milan Biberdzic, Sasa Barac, Dragana Lalevic, Aleksandar Djikic, Danijela Prodanovic, Vera Rajicic. 2020. *Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield Chilean journal of agricultural research*

12. Olga S. Bezuglova, Andrey V. Gorovtsov, Elena A. Polienko, Vladimir E. Zinchenko, Artyom V. Grinko, Vladimir A. Lykhman, Marina N. Dubinina, Aleksander Demidov. 2019. *Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress. HUMIC SUBSTANCES AND NATURE-LIKE TECHNOLOGIES.*

13. PHILLIPS PAS W. A., ALBERS R. 1999. *The Effect of Herbicide Application During the Winter on Forage Production, Animal Performance, and Grain Yield of Winter Wheat. The Professional Animal Scientist.*

14. Rosa Anna, Dudek Michał, Siemiński Paweł, Sadowski Arkadiusz, Bartosik Sebastiian, Kaczmarek Paweł, Łata Kacper, Markowicz Marcin, Petrovic Jurij, Dykes Iain. 2022. B*iologizacja- Klucz do zrównoważonego rolnictwa.. Katalog dobrych praktyk. IRWIR PAN.*

15. Rusu, T., Moraru, P.I., Ranta, O., Drocas, I., Bogdan, I., Pop, A.I., et al. 2011. *No-tillage and minimum tillage-their impact on soil compaction, water dynamics, soil temperature and production on wheat, maize and soybean crop. Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture.*

16. Sagadat Turebayeva, Aigul Zhapparova, Gulnur Kekilbayeva, Sayagul Kenzhegulova, Khaiyrnisa Aisakulova, Gainiya Yesseyeva, Anuarbek Bissembayev, Biljana Sikirić, Dossymbek Sydyk, Elmira Saljnikov. 2022. *Development of Sustainable Production of Rainfed Winter Wheat with No-Till Technologies in Southern Kazakhstan.*

Poznań 2023

TERRA NOSTRA FUNDACJA

eit Food REGENERATIVE AGRICULTURE REVOLUTION

Co-funded by the European Union