

dr inż. Aneta Perzanowska
dr inż. Magdalena Wijata

06

JĘCZMIEŃ JARY I OZIMY

**PRZEWODNIK ROLNICTWA
REGENERATYWNEGO**



**TERRA
NOSTRA**
FUNDACJA



Food



Co-funded by the
European Union

PRZEWODNIK ROLNICTWA REGENERATYWNEGO - JĘCZMIEN JARY I OZIMY

Autorzy:

dr inż. Aneta Perzanowska

dr inż. Magdalena Wijata

Projekt i opracowanie graficzne:

Maciej Wilgosiewicz

Piotr Krukowski

Agencja reklamowa Pixel Star

Wydawca:

Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra

www.fundacjaterranostra.pl

Właściciel projektu:

EIT Food

www.eitfood.eu



Co-funded by the
European Union

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, produkujący zdrową i zrównoważoną żywność dla wszystkich.

Wspierani przez Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT), niezależny organ Unii Europejskiej, inwestujemy w projekty, organizacje i osoby, które podzielają nasze cele dotyczące zdrowego i zrównoważonego systemu żywnościowego. Odblokowujemy potencjał innowacyjny w przedsiębiorstwach i na uniwersytetach oraz tworzymy i skalujemy startupy rolno-spożywcze, aby wprowadzać na rynek nowe technologie i produkty. Wyposażamy przedsiębiorców i specjalistów w umiejętności potrzebne do przekształcenia systemu żywnościowego i umieszczamy konsumentów w centrum naszej pracy, pomagając budować zaufanie poprzez ponowne połączenie ich z pochodzeniem żywności.

Jesteśmy jedną z dziewięciu innowacyjnych społeczności, utworzonych przez EIT, niezależny organ UE, który powstał w 2008 r. w celu pobudzania innowacji i przedsiębiorczości w całej Europie.

Program Rolnictwa Regeneratywnego EIT Food ma na celu wspieranie rolników z całej Europy w konwersji na rolnictwo regeneratywne. Promuje zrównoważone praktyki rolnicze, które nie tylko korzystnie wpływają na jakość gleby, ale także przyczyniają się do produkowania żywności o wyższej wartości odżywczej.

Program Rolnictwa Regeneratywnego EIT Food obejmuje szkolenia stacjonarne dla rolników, indywidualne doradztwo, a także webinary i podręczniki dotyczące praktyk regeneratywnych dla konkretnych upraw, które są dostępne dla wszystkich zainteresowanych tą tematyką rolników. Ponadto, organizujemy wydarzenia promujące rolnictwo regeneratywne oraz prowadzimy działania edukacyjne dla konsumentów.

Nasze podejście opiera się na współpracy między różnymi interesariuszami, takimi jak rolnicy, jednostki badawcze, startupy, przemysł przetwórczy oraz konsumenci, aby wspólnie tworzyć korzystne i trwałe warunki dla rozwoju rolnictwa regeneratywnego.

Dowiedz się więcej na: www.eitfood.eu

Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra

Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra została założona w 2019 roku. Celem jej działania jest propagowanie idei rolnictwa regeneratywnego jako holistycznego zarządzania zasobami i środowiskiem, które uwzględni ekologię i konkurencyjność gospodarstwa w łańcuchu dostaw.

Fundacja w swym działaniu wspiera się wiedzą praktyków i naukowców, prowadząc program Zintegrowanej Produkcji Regeneratywnej. Jego fundamentem jest konwersja gospodarstw na rolnictwo regeneratywne poprzez działania szkoleniowe, wsparcie praktyczne i budowanie tematycznej społeczności. Efektem programu jest Certyfikat Zintegrowanej Produkcji Regeneratywnej przyznawany przez niezależną jednostkę certyfikującą - Bureau Veritas. Jest on dowodem działań regeneratywnych w gospodarstwie i sposobem monitorowania korzyści środowiskowych, respektowanym przez przetwórców rolno-spożywczych.

Fundacja Rozwoju Rolnictwa Terra Nostra jest również organizatorem Międzynarodowego Forum Rolnictwa Regeneratywnego BIO_REACTION, które zrzesza międzynarodowe grono ekspertów, naukowców, rolników i doradców z całego świata.

Dowiedz się więcej na stronie www.fundacjaterranostra.pl

06

JĘCZMIEŃ JARY I OZIMY

**PRZEWODNIK ROLNICTWA
REGENERATYWNEGO**

SPIS TREŚCI

■	1.	WPROWADZENIE DO UPRAWY REGENERATYWNEJ	str. 5
■	2.	WYMAGANIA KLIMATYCZNE, POKARMOWE I GLEBOWE	str. 6
■	3.	TECHNOLOGIA UPRAWY REGENERATYWNEJ	str. 7
■	3.1.	Stanowisko i przedplon	str. 7
■	3.2.	Dobór odmian	str. 10
■	3.3.	Uprawa gleby	str. 12
■	3.4.	Siew	str. 16
■	3.5.	Nawadnianie i gospodarka wodna	str. 18
■	3.6.	Nawożenie roślin i gleby	str. 20
■		Nawożenie naturalne i organiczne	str. 21
■		Nawożenie mineralne	str. 25
■		Nawożenie azotowe	str. 25
■		Nawożenie potasowe	str. 26
■		Nawożenie fosforowe	str. 27
■		Nawożenie siarką oraz magnezem	str. 27
■		Nawożenie mikroelementami	str. 28
■	3.7.	Regulacja pH oraz rola wapnia w uprawie regeneratywnej jęczmienia	str. 29
■	3.8.	Ochrona przed chwastami, szkodnikami i chorobami	str. 29
■		Ograniczenie występowania i zwalczanie chorób	str. 30
■		Ograniczenie występowania i zwalczanie szkodników	str. 31
■		Ograniczenie występowania i zwalczanie chwastów	str. 32
■	3.9.	Regulacja wzrostu i rozwoju roślin	str. 34
■	3.10.	Zbiór i przechowanie	str. 35
■	4.	ZESTAWIENIE PRAKTYK I ANALIZA KORZYŚCI	str. 36
■		Literatura	str. 38

REGENERATYWNA UPRAWA JĘCZMIENIA JAREGO I OZIMEGO



WPROWADZENIE DO UPRAWY REGENERATYWNEJ

1

Jęczmień jest jedną z najstarszych i najszerzej rozpowszechnionych roślin uprawnych, posiadającą wiele zalet, które można wykorzystać w regeneratywnym podejściu do jego uprawy.

Na tle pozostałych uprawianych gatunków jest to roślina wcześnie dojrzewająca i schodząca z pola, co umożliwia wykorzystanie jęczmienia jako roślinę ochronną dla wsiewek oraz wysiew po nim różnego rodzaju międzyplonów już w lipcu. Jęczmień oszczędnie gospodaruje wodą oraz jest wytrzymały na susze i wahania temperatury, a dzięki szybkiemu rozwojowi dobrze wykorzystuje wodę opadową w okresie jesieni i wiosny.

Ziarno jęczmienia wykorzystuje się wielokierunkowo, ale przede wszystkim na cele paszowe jako podstawowy składnik mieszanek treściwych w żywieniu zwierząt. Istotną część zbiorów ziarna przeznacza się na cele przemysłowe, głównie na produkcję słodu. Te odmienne kierunki użytkowania ziarna jęczmienia stawiają również odmienne wymogi co do cech jakościowych

ziarna, które w znaczny sposób kształtowane są przez odmianę oraz stosowaną agrotechnikę.

Uprawa regeneratywna jęczmienia, bez względu na kierunki użytkowania ziarna, powinna cechować się troską o zdrowie gleb i całego agroekosystemu. Szczególną dbałość przykładą się do optymalizacji agrotechniki w stanowiskach, w których jęczmień będzie uprawiany i w samym jęczmieniu. W regeneratywnym gospodarowaniu priorytetami są ochrona zasobów glebowej materii organicznej, wody i składników pokarmowych oraz różnorodności biologicznej gleby i całych agroekosystemów, co jest drogą do osiągnięcia zadowalających i stabilnych w zmiennych warunkach środowiska plonów jęczmienia.

Wymagania klimatyczne, pokarmowe i glebowe



Jęczmień uprawiany jest od dalekiej północy czy dużych wysokości nad poziomem morza aż do strefy podzwrotnikowej, co świadczy o dużych zdolnościach przystosowawczych tego gatunku do różnych warunków środowiska.

Wiedza na temat wymagań glebowo-klimatycznych jęczmienia jest przydatna w planowaniu uprawy regeneratywnej tego gatunku zbóż.

Jęczmień jest dobrze przystosowany do zmieniających się warunków glebowych, pomimo słabiej rozwiniętego systemu korzeniowego w porównaniu do innych zbóż. Z uwagi na to, jęczmień ma mniejsze zdolności wykorzystywania składników pokarmowych z gleby z form trudniej dostępnych, w porównaniu chociażby do żyta czy owsa, dlatego też jęczmień uprawiany na dobrych, zasobnych w składniki pokarmowe glebach, o dobrze rozwiniętym poziomie próchnicznym oraz uregulowanym pH, daje najwyższe i stabilne w latach plony. Z drugiej strony jęczmień przystosowuje się stosunkowo łatwo do słabszych warunków glebowych i może dawać zadowalające plony również na glebach lżejszych, w tym ze znaczną domieszką frakcji piasku, pod warunkiem uregulowania odczynu gleby i stosowania odpowiedniej agrotechniki, zwłaszcza tych poprawiających retencję wodną gleb. Należy jednocześnie pamiętać, że uprawa jęczmienia w gorszych warunkach siedliska skutkuje zmianami nie tylko w wysokości plonowania, ale i w jakości ziarna - niesprzyjające uwilgotnienie gleby w okresie wegetacji często dotykające gleb lżejszych, wpływa na wzrost stężenia białka w ziarniakach w stosunku do skrobi, co jest problematyczne w przypadku uprawy jęczmienia browarnego. Dlatego też odmiany browarne jęczmienia powinny być uprawiane na glebach cięższych, mających większe zdolności retencji wody w porównaniu do gleb lżejszych.

Jęczmień ma stosunkowo małe wymagania wodne w porównaniu do innych roślin uprawnych. Na wyprodukowanie 1 kg suchej masy zużywa około 350-400 litrów wody, podczas gdy zboża takie jak pszenica czy owies gospodarują wodą bardziej rozrutnie.

Główna masa korzeniowa jęczmienia znajduje się stosunkowo płytko, ale pojedyncze korzenie mogą sięgać do 1,5 m w głąb gleby, zapewniając przetrwanie roślin w okresach mniej korzystnych. Rozwój korzeni jęczmienia trwa od fazy kiełkowania (rozwój korzeni zarodkowych), poprzez fazę krzewienia (rozwój korzeni przybyszowych), aż do fazy kwitnienia i zapłodnienia kwiatków. Zaobserwowano, że jęczmień wytwarza większy i głębiej sięgający system korzeniowy w mniej korzystnych warunkach glebowych w początkowych fazach wzrostu, co można uznać za zdolność przystosowawczą tego gatunku do zmiennych warunków glebowo-klimatycznych. Przy mniejszym uwilgotnieniu gleby i ze związanym z tym ograniczonym dostępem do składników pokarmowych, korzenie jęczmienia w poszukiwaniu wody z rozpuszczonymi w niej jonami rosną głębiej. Pomimo iż większość wody jęczmień pobiera z warstwy do 50 cm głębokości, dobry rozwój systemu korzeniowego może zwiększyć zasięg pobierania wody nawet do warstw gleby >100 cm, co ma szczególne znaczenie w okresach krytycznych niedoborów opadów. Formy ozime w porównaniu do form jarych jęczmienia wykształcają bardziej obfity i głębiej sięgający system korzeniowy, który intensywnie rozbudowuje się wiosną. Dlatego też w klimacie umiarkowanym Europy Centralnej formy ozime dobrze wykorzystują glebową wilgoć już od ruszenia wegetacji po zimie i nie są przez to tak wrażliwe jak formy jare na wiosenne niedobory opadów. Z uwagi na bardzo krótki okres wegetacji jęczmienia jarego (110 – 130 dni) nawet krótkotrwałe susze mogą istotnie wpływać na jego wzrost i plonowanie, dlatego w porównaniu do jęczmienia ozimego jest on bardziej zawodny w plonowaniu na glebach słabszych.



TECHNOLOGIA UPRAWY REGENERATYWNEJ

3

Stanowisko i przedplon

3.1

Nieodpowiednie miejsce jęczmienia w zmianowaniu roślin na danym polu wpływa na spadek plonów oraz konieczność większej chemizacji upraw i powiązane z nią koszty finansowe i środowiskowe, które zostaną poniesione na pestycydy.

W doborze stanowiska w regeneratywnej uprawie jęczmienia należy brać pod uwagę nie tylko formę jęczmienia (ozima czy jara), ale także kierunek użytkowania ziarna. Odmienne wymagania co do stanowiska ma jęczmień uprawiany na cele paszowe, a odmienne jęczmień uprawiany na cele przemysłowe – browarnicze. Przy uprawie jęczmienia na cele browarnicze, wymagającego precyzyjnego nawożenia azotem, należy unikać jego zasiewów po roślinach bobowatych, których resztki poźniwne są bogate w azot (tab. 8), uwalniany do roztworu glebowego w sposób niekontrolowany. Duża zawartość białka w ziarnie jęczmienia browarnego wpływa niekorzystnie na wydajność ekstraktu oraz jakość piwa, które staje się mniej klarowne. Jęczmień browarny uprawiać można po okopowych na oborniku oraz warzywach, w których nie prowadzono zbyt intensywnego nawożenia azotowego.

Stanowisko pod uprawę jęczmienia ozimego powinno przede wszystkim uwzględniać termin zbioru przedplonu oraz jego charakter. Najlepszymi przedplonami dla jęczmienia ozimego, wysiewanego stosunkowo wcześniej przed zimą, są gatunki roślin uprawnych wcześniej schodzące z pola oraz należące do grupy dwuliściennych (pełnią funkcję fitosanitarną): z rodziny bobowatych (wczesne odmiany grochu i samokończące odmiany łubinu), kapustowatych (rzepak, gorczyca biała i rzodkiew oleista uprawiane na nasiona), wcześniej zbierane ziemniaki czy inne gatunki dwuliścienne, których termin zbioru umożliwia terminowy zasiew jęczmienia ozimego. Nieco gorszymi przedplonami z punktu widzenia terminów agrotechnicznych są późne ziemniaki i strączkowe zbierane z końcem sierpnia. Niektóre odmiany hybrydowe jęczmienia ozimego wykazują pewną tolerancję na opóźnienie siewu bez spadku plonowania i z tego względu można je uprawiać nawet po póź-

niejszych przedplonach. Dla jęczmienia jarego dobrymi przedplonami są również rośliny dwuliścienne późno schodzące z pola – późno zbierane rośliny okopowe (ziemniaki, buraki cukrowe, warzywa), bobik, soja i inne późno zbierane rośliny strączkowe (dla jęczmienia pastewnego), gryka uprawiana na nasiona, słonecznik. Jęczmień jary można również uprawiać po kukurydzy na kiszonkę i ziarno. Jare i ozime formy jęczmienia pastewnego można uprawiać po bobowatych drobnonasiennych. Z uwagi na ryzyko uzyskania po przedplonach zbożowych mniej dorodnego i porażonego przez choroby ziarna, odmiany browarne powinny być bezwzględnie uprawiane po przedplonach nie zbożowych.

Pomimo że zarówno jary jak i ozimy jęczmień są mniej wrażliwe na uprawę po przedplonach zbożowych niż pszenica, to w podejściu regeneratywnym zdecydowanie należy unikać uprawy jęczmienia ozimego i jarego po innych zbożach z powodu jednostronnego wyczerpywania gleby ze składników pokarmowych, ale przede wszystkim z uwagi na przenoszenie chorób i zmęczenie gleby, co może wymuszać intensyfikację chemicznej ochrony ładu. Utrzymywanie udziału zbóż w strukturze zasiewów na poziomie <50% znacząco ułatwia dobór najlepszych przedplonów dla jęczmienia, za które uznaje się rośliny dwuliścienne.

Negatywna reakcja jęczmienia na uprawę po sobie i innych roślinach zbożowych jest silniejsza na słabszych, w porównaniu do lepszych kompleksów glebowych. Największe spadki plonu jęczmienia (>15%) mogą mieć miejsce przy uprawie jęczmienia bezpośrednio po sobie. Spośród roślin zbożowych najlepszym przedplonem, zarówno dla jęczmienia ozimego, jak i jarego jest owies z uwagi na jego fitosanitarne działanie. Owies uważany jest za roślinę fitosanitarną w następstwach zbożowych, głównie ze względu na obecność w korzeniach awenacyny – saponiny o toksycznym działaniu na grzyby chorobotwórcze. Jednak częsty powrót owsa na to samo pole może spowodować namnażanie się w glebie pasożytniczych nicieni, głównie mątwika zbożowego, co w skrajnych przypadkach może prowadzić do dużej

obniżki plonów zbóż. Dlatego w zmianowaniu nie można zbyt często stosować następstwa owies – jęczmień.

Zarówno jęczmień jary jak i ozimy są dobrymi przedplonami dla rzepaku ozimego, który jest najwcześniej wysiewaną oziminą. Ponadto po jęczmieniu można uprawiać okopowe, a spośród zbóż owies i mieszanki zbożowe. Bezwzględnie nie należy po jęczmieniu uprawiać jęczmienia ani pszenicy.

W sytuacji uprawy jęczmienia jarego w ogniwie: wcześniej zbierany przedplon – jęczmień jary, w celu uniknięcia pozostawienia nieokrytej gleby na okres jesienno-zimowy, należy pomiędzy tymi plonami głównymi wprowadzić międzyplon ścierniskowy z gatunków jarych. W sytuacji konieczności uprawy jęczmienia jarego po innych zbożowych, międzyplon z roślin dwuliściennych pełnić będzie ważną funkcję fitosanitarną. Uprawa międzyplonów ścierniskowych przed jęczmieniem ozimym jest nieuzasadniona z uwagi na krótki czas pomiędzy zbiorem przedplonu, a siewem jęczmienia ozimego. Międzyplony ścierniskowe powinny być wysiane w trakcie pierwszej spulchniającej i mieszającej uprawki poźniowej. Przy tym podejściu gleba nie traci bezproduktywnie wody oraz zdecydowanie ważniejszy jest szybki termin siewu międzyplonu ścierniskowego, niż staranność wykonania uprawy pod jego siew. Im wcześniej międzyplon ścierniskowy zostanie wysiany, tym większą wytworzy biomasę. Wczesne siewy międzyplonu (do końca lipca, ewentualnie 5 sierpnia) są szczególnie waż-

ne dla międzyplonów z roślin bobowatych czy słonecznika, prosa i kukurydzy. Na późniejszy siew w międzyplonie (do połowy sierpnia) w mniejszym stopniu wrażliwe są takie gatunki jak gorczyca biała i rzodkiew oleista, gryka i facelia błękitna. Biomasa międzyplonu ścierniskowego powinna zostać na okres zimowy co najwyżej płytko wymieszana z powierzchniową warstwą gleby, by resztki roślinne były obecne na powierzchni pola lub pozostawiona jako okrywa roślinna.

Wzbogacanie zmianowania międzyplonami jest zgodne z regeneratywnym podejściem do płodozmianu – międzyplony chronią glebę przed erozją, wiążą składniki pokarmowe, poprawiają bilans materii organicznej, wspierają życie biologiczne gleby i bioróżnorodność w agroekosystemie, niekiedy wykazują negatywne właściwości allelopatyczne wobec chwastów i mają działanie fitosanitarne. Zdecydowanie w międzyplonach wysiewanych przed jęczmieniem należy stosować mieszanki kilku gatunków, zamiast wysiewania tylko jednego gatunku oraz unikać komponentów zbożowych. Ważna jest również obecność w mieszance międzyplonowej roślin kwitnących, zapewniających pożywienie dla pszczoł miodnych i innych owadów, dla których są źródłem pożytku. Kwitnące łany międzyplonów dostarczają pożytku zapylaczom w okresie, gdy w naturze większość roślin już przekwitła (wrzesień-listopad). Pełnią również niedocenianą rolę krajobrazową (rys. 1).

Rysunek 1. Mieszanki poplonowe różnych gatunków – m. in. facelii, gorczycy białej, gryki, słonecznika, lnu, grochu pastewnego.

Międzyplony ścierniskowe są bardzo dobrym przedplonem dla jęczmienia jarego uprawianego po wcześniej zbieranych przedplonach. Mieszanki gatunkowe w międzyplonie dobrze wykorzystują siedlisko, lepiej działają na glebę i są bardziej niezawodne w zmiennych warunkach środowiska w porównaniu do zasiewów pojedynczych gatunków.

Fot. M. Wijata

Jęczmień ozimy i jary jest również dobrą rośliną ochronną dla wsiewek z uwagi na wczesny zbiór i stosunkowo małą konkurencyjność o światło. Wsiewkę wsiewa się na wiosnę w międzyrzędzia rosnącego już jęczmienia ozimego lub wsiewa w międzyrzędzia wysianego wcześniej jęczmienia jarego. W jęczmień wsiewać można bobowate drobonasienne oraz trawy i mieszanki bobowato-trawiaste, które charakteryzują się wolnym tempem początkowego wzrostu i łatwo ulegają

zachwaszczeniu, przed czym chronić ma roślina jęczmienia. Wsiewki po zbiorze jęczmienia można użytkować w plonie głównym w kolejnych latach (rys. 2 - 5). Wsiewka może mieć również charakter międzyplonu – w tym przypadku biomasa wsiewki rozwijającą się w ściernisku jęczmienia użytkuje się do jesieni jako pastwisko lub wykorzystuje na zielony nawóz. Międzyplon wsiewka nie jest pozostawiany na kolejny rok pełnego użytkowania, lecz wzbogaca zmianowanie krótkotrwale.

Rysunek 2 i 3. Wsiewka koniczyny czerwonej wsiana wiosną w jęczmień jary – faza strzelania w źdźbło jęczmienia.

Fot. A. Perzanowska



Rysunek 4. Wsiewka koniczyny czerwonej wsiana w jęczmień jary – faza dojrzewania jęczmienia.

Fot. A. Perzanowska



Rysunek 5. Wsiewka konicznej czerwonej w ściernisku 2 tygodnie po zbiorze zbóż – tzw. ściernianka.
Fot. A. Perzanowska



Każdy dobrze zaplanowany płodozmian powinien dać się podzielić na tzw. człony zmianowania, których zestawienie umożliwia ułożenie różnych płodozmianów. W prawidłowo ułożonym płodozmianie rośliny zbożowe uprawiane w plonie głównym powinny stanowić maksymalnie 65%, a najlepiej jak ich udział nie prze-

kracza 50%. W planowaniu typowego płodozmianu ze znacznym udziałem zbóż, człony zmianowania zawsze zaczynają się od rośliny poprawiającej stanowisko, którą w praktyce jest zazwyczaj roślina nie zbożowa. Człony zmianowania dopuszczone dla uprawy zbóż w podejściu regeneratywnym są następujące:

A. roślina nie zbożowa – zboże (50% zbóż)

B. roślina nie zbożowa – zboże – zboże/roślina nie zbożowa (maksymalnie 65% zbóż)

C. roślina nie zbożowa – roślina nie zbożowa – zboże – zboże (50% zbóż)

Na przykład płodozmian 4-letni dla danego pola, w którym rośliny zbożowe stanowić będą 50% w struktu-

rze zasiewów, powinien być zaplanowany jako sekwencja roślin oparta na zestawieniu dwóch członów A, czyli:

1 rok - roślina nie zbożowa (pierwszy człon zmianowania), np. rzepak ozimy + międzyplon*

2 rok – zboże (pierwszy człon zmianowania), np. zboże jare + międzyplon*

3 rok – roślina nie zbożowa (drugi człon zmianowania), np. groch

4 rok – zboże (drugi człon zmianowania), np. jęczmień ozimy pastewny

**mieszanka międzyplonowa bez roślin kapustowatych z uwagi na obecność rzepaku w zmianowaniu*

3.2

Dobór odmian

W doborze odmiany na danym obszarze należy kierować się powszechnie dostępnymi listami odmian zalecanych, które tworzone są na podstawie wyników doświadczalnictwa odmianowego prowadzonego w różnych krajach i regionach krajów. Cechy poszczególnych odmian jęczmienia takie jak: typ (pastewny lub browarny), budowa kłosa (wielorzędowy lub dwurzędowy),

plenność, odporność na dane choroby, odporność na wyleganie, termin kłoszenia i dojrzewania, masa 1000 ziaren i wyrównanie ziarna, gęstość ziarna w stanie zsypanym, zawartość białka w ziarnie czy tolerancja na zakwaszenie gleby to ważne informacje, które wskazują na przydatność danej odmiany do uprawy w określonym rejonie, warunkach zmianowania i rodzaju gleby czy

przydatność do kierunków użytkowania. W przypadku uprawy jęczmienia ozimego w klimacie umiarkowanym ważną cechą odmianową jest również zimotrwałość roślin.

Odmiany ozime jęczmienia to zwykle odmiany wielorzędowe typu pastewnego, natomiast oferta odmian dwurzędowych ozimych oraz typu browarnego jest znacznie uboższa. Uprawa odmian ozimych rekomendowana jest dla obszarów o łagodniejszym klimacie i dłuższej jesieni. Pomimo występowania w ostatnich latach zim o znacznie mniejszej liczbie dni z ujemną temperaturą, ciągle do uprawy w warunkach klimatycznych Środkowej Europy należy wybierać odmiany jęczmienia

ozimego o zimotrwałości co najmniej 4 w dziewięciopunktowej skali. Należy pamiętać, że w przypadku jęczmienia ozimego, odmiany o najwyższej zimotrwałości mogą nie przetrwać mrozów $<-20^{\circ}\text{C}$ w sytuacji braku izolującej funkcji okrywy śnieżnej.

Bogactwo odmianowe jęczmienia jarego jest większe, w tym znaczną część stanowią odmiany dwurzędowe (rys. 6) typu browarnego, które z uwagi na lepsze w porównaniu do wielorzędowych wyrównanie ziarniaków w kłosie lepiej nadają się na cele browarniane czy do produkcji kasz. Wśród jarych odmian jęczmienia spotkać można również jęczmień nagi (z nieoplewionymi ziarniakami).

Rysunek 6. Jęczmień dwurzędowy o zwisłym pokroju kłosa.
Fot. A. Perzanowska



W regeneratywnej uprawie jęczmienia kluczowe znaczenie ma dobór odmian do stanowiska, w którym będzie on uprawiany. Dobór odmiany do warunków glebowo-klimatycznych może istotnie wpływać na wigor roślin, ich rozwój i odporność na niekorzystne abiotyczne (np. susze) i biotyczne (presja patogenów i szkodników) warunki środowiska. Szczególnie ostrożnie należy podchodzić do wyboru odmiany w sytuacji pojawiających się w danym stanowisku problemów z chorobami wiruso-

wymi czy grzybowymi – w takim przypadku duża odporność odmian na te choroby może być kluczową kwestią.

W regeneratywnym podejściu do uprawy roślin we współczesnym rolnictwie należy również pamiętać o zmianowaniu odmian na danym polu. Coraz częściej stosowane w uprawie jęczmienia na cele pastewne są także mieszanki odmianowe, których zaletą jest większa odporność na choroby w porównaniu do zasiewów składających się z pojedynczej odmiany.

3.3

Uprawa gleby

W podejściu regeneratywnym do uprawy gleby w jęczmieniu należy kierować się zasadą: uprawiać tak mało, jak jest to możliwe, ale tak dużo, jak jest to konieczne. Dotyczy to zarówno uprawy wykonywanej po zbiorze przedplonu, jak i podstawowej uprawy roli wykonywanej w celu przygotowania pola pod kolejną roślinę. Zasada ta jasno wskazuje, że należy odejść od intensywnej uprawy roli, która ma miejsce zwłaszcza w konwencjonalnym, płużnym systemie uprawy. Jedną z głównych wad systemu płużnego jest całkowite pominięcie ochronnej roli resztek poźniwnych wobec powierzchniowej warstwy gleby oraz niszczenie naturalnego układu gleby, a których odpowiednie zarządzanie leży u podstawy rolnictwa konserwującego, regenerują-

cego. Każda technologia bezorkowej uprawy roli, w której ponad 30% powierzchni pola pokryte jest resztkami roślinnymi zaliczana jest do uprawy konserwującej (ang. conservation tillage). Kolejną wadą orki jest konieczność przeprowadzania tego podstawowego zabiegu uprawowego w warunkach optymalnej wilgotności, gdyż wykonywana w warunkach zbyt małego lub zbyt dużego uwilgotnienia gleby, skutkuje zbyt dużym zbryleniem skib, co wymaga dodatkowych nakładów energetycznych na doprowadzenie łoża siewnego do odpowiedniego stanu. Błąd ten może być szczególnie trudny do naprawienia w przypadku gleb cięższych (rys. 7). Może to opóźnić termin przygotowania roli i siewu roślin.

Rysunek 7. Orka powinna być przeprowadzana w optymalnej wilgotności uprawowej, by uniknąć zbyt dużego zbrylenia roli.
Fot. A. Perzanowska

Wprowadzanie uprawy bezorkowej powinno opierać się na wiedzy i obserwacji pola, odpowiednim jego przygotowaniu, a zabiegi uprawowe powinny być wykonywane świadomie i w określonym celu. Najczęściej spotykanym w praktyce sposobem bezorkowego przygotowania gleby do siewu jest uprawa całopowierzchniowa głęboka lub płytka. W ostatnich latach coraz częściej stosowany przez rolników jest także siew pasowy (ang. strip-till). Efekty tych sposobów uprawy przedstawiono na rys. 8 i 9. W przypadku stosowania bezorkowych systemów uprawy gleba nie jest obracana, jedynie spulchniana na całej powierzchni lub tylko w pasach, dzięki czemu pewna ilość resztek przedplonu jest ciągle obecna na powierzchni gleby. Do uprawy bezorkowej najczęściej wykorzystuje się różnego typu agregaty

na bazie kultywatora wyposażonego w sztywne łapy, sekcję talerzy i wał strunowy. Stosuje się również inne narzędzia i maszyny uprawowe, które spulchniają glebę na różnej głębokości i mieszają ją bez pełnego odwracania uprawianej warstwy oraz takie, które jednocześnie podsiewają nawozy i wysiewają nasiona (agregaty do uprawy pasowej). Pasowy sposób uprawy nadaje powierzchni pola specyficzny wygląd – pomiędzy rzędami roślin znajdują się nieuprawiane pasy, które przykryte są resztkami poźniwnymi przedplonu. Siew pasowy można wykonywać w resztki roślin plonu głównego lub międzyplonu wysianego po plonie głównym. Jeśli na polu pozostawiana jest słoma, należy ją dobrze rozdrobnić i równomiernie rozrzucić na powierzchni pola.

Rysunek 8. Ściernisko po uprawie pasowej (lewa strona) oraz zagospodarowanie ścierniska uprawą całopowierzchniową kultywátorem o sztywnych łapach (prawa strona).
Fot. A. Perzanowska

Najbardziej uproszczoną techniką uprawy jest siew bezpośredni, nazywany też uprawą zerową. Ten sposób uprawy polega na eliminacji wszelkich zabiegów uprawowych, a jedyna ingerencja w układ gleby to nacięcia wykonywane specjalnym siewnikiem w momencie siewu nasion. Nasiona można wsiewać w resztki przedplonu głównego lub w resztki biomasy międzyplonu wsianego po plonie głównym. Do niszczenia biomasy międzyplonu i chwastów w siewie bezpośrednim używa się najczęściej herbicydów. Chwasty i międzyplon można również zniszczyć mechanicznie przy użyciu wałów typu nie nożowego roller and crimper. Z uwagi na całkowite wyeliminowanie uprawy, resztki roślin pokrywają całą powierzchnię pola (rys. 10).

Upraszczanie uprawy sprawdza się w uprawie wielu gatunków roślin. Zboża są tą grupą roślin, które nie reagują znaczną niżką plonów na wyeliminowanie orki i wprowadzanie uproszczeń w uprawie roli. Spadek plonowania roślin w systemach uprawy bezorkowej w po-

równaniu do uprawy płużnej może być często wynikiem pogorszenia głównych składowych plonu, zwłaszcza obsady kłosów na jednostce powierzchni. Wynika to często z gorszej precyzji wysiewu w obecności resztek roślinnych przy powierzchni gleby i w konsekwencji mniejszej ilości kiełkujących ziarniaków. By uniknąć tego zjawiska, warto w utrudnionych warunkach siewu, zwłaszcza w siewie bezpośrednim, nieco zwiększać normę wysiewu oraz wykorzystywać siewniki, których rozwiązania konstrukcyjne dostosowane są do tego sposobu uprawy. Wprowadzenie uproszczeń w uprawie roli może wiązać się również ze wzrostem zachwaszczenia w pierwszych latach. Dlatego siew bezpośredni należy wprowadzać na pola utrzymywane w wysokiej kulturze, nie zachwaszczone, z uregulowanym pH. Przed wprowadzeniem siewu bezpośredniego należy również rozwiązać problem chorób gleby – podeszwy płużnej oraz zagęszczenia podglebia, czyli wykonać głębokie spulchnianie roli z wykorzystaniem głębosza.

Rysunek 9. Jęczmień ozimy wysiany technologią siewu pasowego w ściernisko po rzepaku ozimym pierwsza dekada kwietnia 2022 r.
Fot. A. Perzanowska

Rysunek 10. Powierzchnia pola w siewie bezpośrednim pokryta rozdrobnioną słomą w okresie siewu zbóż jarych.

Fot. A. Perzanowska



Jak wykazały badania Dzieńia i in. (2001), jęczmień można uprawiać również z wykorzystaniem siewu bezpośredniego, przy czym mniej wrażliwy na upraszczanie uprawy jest jęczmień ozimy w porównaniu do jęczmienia jarego. W badaniach polowych plony jęcz-

mienia na glebie lżejszej (kompleks żytni bardzo dobry i dobry) nie zmniejszały się znacznie w systemach bezorkowych w porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy roli (tab. 1).

Tabela 1. Plonowanie jęczmienia ozimego i jarego w zależności od systemów uprawy roli [t·ha⁻¹]

Roślina	Rok	Systemy Uprawy Roli		
		plużny	bezplużny	siew bezpośredni
Jęczmień ozimy	Średnia 1995-1998	4,15	3,99	3,93
	%	100,00	96,14	94,70
Jęczmień jary	Średnia 1994-1998	4,18	3,77	3,89
	%	100,00	90,19	93,06

Źródło: Dzieńia i in., 2001

3.4

Siew

Jakość materiału siewnego jest ciągle niedoceniana w praktyce, pomimo, iż jest to czynnik, który w kluczowy sposób wpływa na rozwój i w konsekwencji plonowanie roślin. Materiał siewny dobrej jakości zapewnia bowiem pełne, szybkie i wyrównane wschody, co w połączeniu z optymalizacją samego procesu wysiewu nasion i innych zabiegów agrotechnicznych jest drogą do uzyskania silnych, dobrze plonujących roślin, bardziej odpornych na wahania warunków glebowo-klimatycznych, czy na agrofagi. Partia wysiewanych nasion powinna być zdrowa oraz wolna od zanieczyszczeń, zwłaszcza nasionami chwastów. Ziarniaki powinny być dobrze wykształcone (najlepiej średnicy powyżej 2,5 mm) oraz nieuszkodzone przez szkodniki.

Termin siewu, gęstość siewu oraz głębokość umieszczenia ziarniaków powinny być oparte na wiedzy dotyczącej biologii wzrostu jęczmienia ozimego i jarego. Termin siewu jęczmienia ozimego jest zmienny dla różnych regionów jego uprawy oraz może podlegać pewnym modyfikacjom w zależności od przebiegu warunków pogodowych. Jednak w warunkach przeciętnej jesieni powinien on przypadać na okres od początku września do początku października – im dalej na północny wschód wysunięty jest rejon uprawy, tym siew powinien być wcześniejszy. Nasiona należy wysiewać w glebę względnie wilgotną, unikając zasiewów w okresie suszy glebowej, nawet jeśli ma ona miejsce w optymalnym terminie siewu roślin w danym regionie. Terminowo wysiany jęczmień ozimy jeszcze przed zimą wykształca pęd główny oraz 2-4 silne pędy boczne, na których znajdują się co najmniej 4 liście, a wiosną szybko wchodzi w fazę strzelania w źdźbło i kłoszenia. W fazie krzewienia się roślin, czyli w okresie jesiennym, zachodzi równolegle również proces niewidoczny gołym okiem – zawiązywanie się kłosek. Następnie w okresie końca krzewienia i początku fazy strzelania w źdźbło zaczynają różnicować się już elementy kłosa, co w kluczowy sposób wpływa na przyszłe plony. Pędy boczne i zawiązki kłosek wykształcone wiosną są z reguły słabsze w porównaniu do jesiennych, a więc termin siewu powinien umożliwić jęczmieniowi wykształcenie większości silnych pędów jeszcze przed zimą. Jednocześnie zbyt intensywnie rozkrzewianie roślin nie jest do końca korzystnym zjawiskiem – istnieje duże prawdopodobieństwo, że przy zbyt dużej liczbie źdźbeł bocznych część z nich ostatecznie nie wytworzy kłosek i do czasu redukcji będzie bezproduktywnie zużywać składniki nawozowe i wodę z siedliska, kosztem źdźbeł kłosonośnych. Należy zatem odpowiednio prowadzić łan już na jesieni, by uniknąć tego zjawiska. Jęczmień ozimy w porównaniu do pozostałych zbóż ozimych cechuje się stosunkowo niską mrozoodpornością, co związane jest ze słabą zdol-

nością jęczmienia do hartowania. Należy zatem już na starcie odpowiednio zaopatrzyć młode rośliny w składniki pokarmowe, które odgrywają istotną rolę w przetrwaniu okresu zimowego.

Jęczmień jary jest rośliną dnia długiego i wymaga wczesnego siewu, jednak nie jest tak wrażliwy na opóźnienie siewu jak owies czy pszenica jara. Termin siewu zbóż jarych przypada w Polsce zwykle na drugą dekadę marca i początek kwietnia, gdy tylko ustąpią silne przymrozki. Do siewu jęczmienia jarego należy przystąpić możliwie jak najwcześniej, gdy tylko możliwe jest wjechanie w pole, a temperatura gleby osiągnie 3-5°C, choć jęczmień może kiełkować już w temperaturze 1-2°C. Dla prawidłowego rozwoju jęczmień jary wymaga jarowizacji (działania niskiej temperatury do 10°C) przez okres 1-5 dni. W przypadku suchej wiosny w rejonach o niewielkiej ilości opadów wczesny siew jęczmienia jeszcze bardziej zyskuje na znaczeniu, tym bardziej, że młody jęczmień jest odporny na występowanie kilkustopniowych przymrozków, których ryzyko wystąpienia wczesną wiosną w Europie Środkowej jest wysokie. Należy pamiętać, że wczesny termin siewu jest sposobem na przedłużenie dni wegetacji jęczmienia jarego i tym samym kluczowych faz wzrostu, zwłaszcza krzewienia oraz rozwoju systemu korzeniowego – zarówno korzeni zarodkowych, jak i korzeni przybyszowych. Korzenie zarodkowe jęczmienia jarego rosną szybko nawet w temperaturze 1-2°C i już w początkowej fazie rozwoju (faza 3-4 liści) mogą sięgać nawet 60 cm w głąb gleby. W fazie 3-4 liści zaczynają wykształcać się również węzły krzewienia, z których wyrastają korzenie przybyszowe i rozwijają się pędy. Wzrost siewek jęczmienia jarego w niskich temperaturach prowadzi do przewagi tempa wzrostu korzeni zarodkowych i przybyszowych w stosunku do masy nadziemnej, co w istotny sposób zabezpiecza rośliny na ewentualność występujących coraz częściej wiosennych susz. Jednak w czasie suszy wzrost korzeni przybyszowych może ulec zahamowaniu. Dlatego też odmiany i rośliny jęczmienia wykształcające więcej korzeni zarodkowych odznaczają się większą wytrzymałością na suszę we wszystkich fazach wzrostu. Z dorodnych ziarniaków wyrasta więcej korzeni zarodkowych niż z ziarniaków słabiej wykształconych, co dodatkowo potwierdza rolę jakości materiału siewnego w powodzeniu upraw jęczmienia jarego.

Plon zbóż jest iloczynem ilości kłosek na jednostce powierzchni, ilością ziaren w kłosie i masą tysiąca ziaren. W praktyce zdecydowanie najłatwiej jest kierować ilością roślin na jednostce powierzchni, czyli gęstością siewu, poprzez odpowiednią normę wysiewu lub rozstaw rzędów. Pozostałe główne składowe plonu ziarna jęczmienia silnie zależą od nawożenia i przebiegu warunków

pogodowych w trakcie wegetacji. Z uwagi na zmienne każdego roku warunki pogodowe, nie ma pewności, że odpowiednie nawożenie pogłównie istotnie korzystnie wpłynie na pozostałe składowe plonu – liczbę ziaren w kłosie i masę tysiąca ziaren, które mogłyby w pewnym stopniu rekompensować mniejszą obsadę kłosów. Odpowiednia gęstość siewu jest zatem gwarantem uzyskania dobrych, stabilnych w latach plonów i ma większe znaczenie dla odmian dwurzędowych w porównaniu do wielorzędowych – odmiany wielorzędowe mają większą zdolność rekompensowania mniejszej obsady kłosów liczbą ziaren w kłosie.

Optymalna gęstość siewu jęczmienia ozimego jak i jarego jest ściśle związana z odmianami – ich zdolnością krzewienia i podatnością na wyleganie oraz jest rekomendowana przez producentów odmian. Odmiany krzewiące się silniej z reguły wysiewa się rzadziej, natomiast większą gęstość siewu stosuje się dla odmian krótkosłomych, odpornych na wyleganie i przy opóźnionym z różnych przyczyn terminie siewu, gdyż opóźnienie terminu siewu zarówno jarego, jak i ozimego jęczmienia skutkuje zmniejszeniem liczby rozkrzewień. Zwiększone normy wysiewu można stosować również jeśli siewy odbywają się w warunkach suchej jesieni czy wiosny z uwagi na ryzyko gorszych wschodów. Nieco większe zagęszczenie

nie roślin jest wskazane w sytuacji uprawy na dobrej klasy glebach odmian o dużym potencjale plonowania, natomiast nie powinno się stosować zbyt gęstych siewów na glebach słabszych. Większe normy wysiewu stosuje się również dla odmian browarnych, aby ograniczyć krzewistość roślin i poprawić wyrównanie ziarna, gdyż ziarno z pędów bocznych jest często mniej dorodne. Należy jednocześnie unikać wysokich norm wysiewu, które często spotyka się w praktyce – zbyt duże zagęszczenie łanu prowadzi do silnej konkurencji pomiędzy roślinami o wodę, składniki pokarmowe i światło, co może skutkować spadkiem plonu w wyniku redukcji ziaren w kłosie czy wylegania roślin oraz koniecznością intensyfikacji stosowania regulatorów wzrostu. Ponadto zbyt gęste zagęszczenie łanu pogarsza jego przewiewność, co zwłaszcza w latach bardziej wilgotnych może nasilić porażenie jęczmienia przez choroby grzybowe. Liczba roślin na metrze kwadratowym powinna wynosić co najmniej 250, czyli norma wysiewu powinna zapewnić co najmniej 250 ziaren na każdy metr kwadratowy. Takie zagęszczenie ziarniaków zapewnia obsadę pędów kłosonośnych w ilości 500-650 sztuk na powierzchni metra kwadratowego.

Wybrane normy dotyczące wysiewu jęczmienia ozimego i jarego przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wybrane normy wysiewu jęczmienia ozimego i jarego

Roślina uprawna	Termin siewu Polska centralna		Obsada roślin (mln sztuk · ha ⁻¹)	Przykładowa norma wysiewu (kg · ha ⁻¹)	Szerokość międzyrzędzi (cm)
	optymalny	dopuszczony			
Jęczmień ozimy	10-20.IX	10-20.IX	2,5-3,5#	130-200* 90 kg albo 2 jednostkisiewne**	9-15
Jęczmień jary	20.III-5.IV	20.III-5.IV	2,5-3,5#	110-170* 90 kg albo 2 jednostkisiewne**	9-15

#odmiany dwurzędowe wysiewa się gęściej, *odmiany populacyjne, **odmiany mieszańcowe

Źródło: Dz.U. 2013 poz. 616; rekomendacje firm nasiennych, ABC wysiewu zbóż IUNG Puławy

Optymalna głębokość siewu dla jęczmienia wynosi około 3 cm, a w warunkach mniejszego uwilgotnienia gleby można ją zwiększyć do 4 cm i zastosować walcowanie posiewne, by poprawić kontakt gleba-ziarniak. Taki zabieg polepsza wschody, gdyż zwiększa zatrzymywanie wody opadowej w strefie wysiewu oraz poprawia podsiąk wody z głębszych warstw gleby. Nie należy jednak wysiewać jęczmienia głębiej, z uwagi na negatywny wpływ na wschody, krzewienie oraz ryzyko większego porażenia roślin chorobami podstawy źdźbła. Opóźnie-

nie wschodów spowalnia również przejście roślin przez kolejne fazy rozwojowe, co jest niekorzystne zarówno dla ozimego jak i jarego jęczmienia i wpływać może na spadek plonów. Z tego też powodu w przypadku opóźnienia z różnych przyczyn terminu siewu jęczmienia, dopuszcza się spłytenie głębokości siewu do 2 cm, by przyspieszyć wschody. Jęczmień wysiewa się w wąskie rzędy od 9 do 15 cm i w zależności od stosowanego sposobu uprawy i zamierzonej gęstości siewu, wielkości te można modyfikować.

3.5

Nawadnianie i gospodarka wodna

Nawadnianie upraw należy rozumieć jako efektywne wykorzystanie dostępnej wody w celu kontrolowania wilgotności gleby oraz osiągnięcia pożądanej reakcji upraw. Na wilgotność gleby można wpływać bezpośrednio, w sposób czynny, poprzez podlewanie (nawadnianie) plantacji ustalonymi dawkami nawodnieniowymi lub pośrednio, poprzez kreowanie w glebie odpowiednich warunków wodno-powietrznych jako wynik stosowanej agrotechniki – czyli poprzez stosowanie technik uprawy, które ograniczają straty wody z gleby oraz poprawiają jej właściwości retencyjne.

Przy konieczności nawadniania jęczmienia, które może być wymuszone brakiem opadów i wystąpieniem suszy glebowej, kluczowe jest przyjęcie odpowiedniej strategii nawadniania. Nawadnianie jęczmienia w uprawach polowych jest uzasadnione tylko w cieplejszych rejonach świata, regularnie nawiedzanych przez susze atmosferyczne i glebowe oraz upały. Na podstawie wyników badań naukowych stwierdzono, że ten termin nawadniania dał dużo lepsze efekty w porównaniu do

zastosowania nawadniania roślin w fazie kłoszenia (poprzedzając kwitnienie) już w warunkach wystąpienia suszy. Wczesne nawadnianie posiewne przyspieszyło istotnie wschody roślin oraz w następstwie tego przyspieszyło również kwitnienie i dojrzewanie, co umożliwiło szybkie przejście kluczowych faz wzrostu jęczmienia, zanim nasiliły się letnie upały i susze. Należy jednocześnie pamiętać, że przy nawadnianiu roślin kluczowe znaczenie ma jakość wykorzystywanej wody – obecność w wodzie nadmiernej ilości rozpuszczonych soli, najczęściej chlorku sodu, może zwiększyć zasolenie gleby i w skrajnych przypadkach doprowadzić do jej degradacji i pogorszenia wzrostu roślin na skutek wystąpienia zjawiska suszy fizjologicznej.

W regeneratywnej uprawie zbóż w klimacie umiarkowanym, w tym w uprawie jęczmienia, stosowanie nawadniania nie jest rekomendowane. W podejściu regeneratywnym należy natomiast bezwzględnie adoptować praktyki rolnicze, które chronią glebowe zasoby wody oraz przyjąć strategię poprawy właściwości retencyjnych gleb pól oraz całego krajobrazu rolniczego.

Do zabiegów agrotechnicznych poprawiających właściwości retencyjne gleb i ograniczających straty wody z gleby pól zaliczyć można:

- **płytkie uprawki gleby sposobem bezorkowym** ograniczające bezproduktywne parowanie, które stanowią element uprawy późniejszej w przypadku jęczmienia ozimego oraz w przypadku jęczmienia jarego również uprawek wiosennych pod rośliny jare (rys. 11);
- **stosowanie technologii uprawy bezorkowej** (spulchnianie całej powierzchni pola, uprawa pasowa gleby) i siewu bezpośredniego, co oszczędza strukturę gleby oraz materię organiczną gleb i zapewnia pozostawienie resztek roślinnych w odpowiedniej ilości przy powierzchni gleby, które spowalniają ewaporację (parowanie z powierzchni gleby);
- **mulczowanie powierzchni gleby** (całego pola lub pasów w przypadku uprawy pasowej), co chroni powierzchnię gleby i ogranicza ewaporację;
- **zabiegi przeciwoerozyjne i sprzyjające infiltracji wody w głąb gleby**. Każdy krok do poprawy infiltracji bez względu na ukształtowanie terenu sprawia, że większa ilość wody pochodzącej z opadów wsiąka w glebę i zasila glebowy magazyn wody, z której będą korzystać rośliny w okresie między opadami. Jednak wymieniona wyżej technika uprawy znajduje szczególne zastosowanie w uprawie jęczmienia na terenach pagórkowatych. W tym przypadku należy prowadzić uprawę gleby w poprzek zbocza, co znacznie poprawia wsiąkanie wody opadowej (infiltrację) i w konsekwencji redukuje spływ powierzchniowy i erozję wodną.
- **fitomelioracje** – czyli uprawę w zmianowaniu w plonie głównym i międzyplonach roślin głęboko korzeniących się, których korzenie dobrze przerastają warstwy gleby i sprzyjają rozwojowi w glebie sieci bioporów do transportu wody i przestrzeni dla głębokiego rozwoju korzeni kolejnych roślin;
- **wszystkie zabiegi mające na celu poprawę bilansu materii organicznej w glebie**: stosowanie nawozów organicznych (w tym słomy i biomasy międzyplonów) i naturalnych (zwłaszcza obornika), dodatków zawierających węgiel, uproszczenia uprawy roli w celu ochrony struktury gleb i spowolnienia mineralizacji i rozkładu biologicznego materii organicznej.



Rysunek 11. Płytka uprawa ścierniska agregatem do uprawy ścierniskowej zaraz po zbiorze roślin jako element uprawy poźniwnej ogranicza bezproduktywne parowanie wody z gleby i jest elementem niechemicznych metod walki z chwastami.

W rolnictwie regeneratywnym we wspomaganiu retencji wody w glebie przede wszystkim dąży się do poprawy bilansu materii organicznej w glebie oraz ochrony naturalnego układu gleby. Zwiększanie w glebie zawartości materii organicznej poprawia jednocześnie zdolność gleb do zatrzymywania wody (właściwości retencyjne). Jest to związane z tym, że materia organiczna sama w sobie ma zdolność zatrzymywania znacznych ilości wody na swojej powierzchni w porównaniu do cząstek mineralnych gleby. Ważne jest również to, że wzbogacanie zasobów glebowej materii organicznej prowadzi do poprawy stabilności struktury i porowatości kapilarnej gleby, które zazwyczaj zachodzą jednocześnie. Układ gleby złożony ze stabilnych agregatów glebowych jest gwarantem obecności w glebie stabilnej sieci porów różnej wielkości – od makroporów umożliwiających swobodne wsiąkanie wody do gleby (infiltracja wody) oraz dostarczanie tlenu do rosnących korzeni i organizmów glebowych, po drobne pory kapilarne, które mają zdolność zatrzymywania

wody wbrew sile grawitacji (retencjonując wodę) na dłuższy czas. Dzięki sieci drobnych porów kapilarnych wewnątrz agregatów możliwy jest także podsiąk wody z nadzalegającego zwykle na głębokości >100 cm lustra wód gruntowych do strefy korzeniowej jęczmienia, co jest kluczowe w zaopatrzeniu roślin w wodę w okresach między opadami. Bardzo ważne jest, aby ten specyficzny, w dużej mierze biologiczny układ gleby nie był niszczonej przez intensywną uprawę roli. Intensywna uprawa gleby zaburza środowisko życia organizmom glebowym odgrywającym ogromną rolę w procesie strukturotwórczym i mechaniczne niszczy agregaty glebowe, które pełnią funkcję ochronną wobec materii organicznej, co może skutkować obniżaniem się poziomu zasobów glebowego węgla i pogorszeniem zdolności strukturotwórczych i retencyjnych gleb.

W dobie zmiany klimatu i pojawiających się coraz częściej susz, znaczenia nabiera również poprawa retencji wody w krajobrazie rolniczym w mikro i makro skali.

Poprawa retencji wody w krajobrazie rolniczym w mikro i makro skali może być realizowana między innymi poprzez:

- **zabiegi ograniczające odpływ wody ze zlewni, w tym z pól:** ten krok może wiązać się z odbudową lub przebudową starych systemów odwadniających, w kierunku odwadniająco-nawadniających;
- **odbudowę/utrzymanie naturalnych zbiorników retencyjnych w krajobrazie rolniczym:** zaliczyć tu należy obecność w krajobrazie oczek wodnych, stawów czy mokradel i torfowisk;
- **budowę sztucznych zbiorników retencyjnych:** mogą one stanowić powierzchniowe zbiorniki wody, która będzie mogła być wykorzystana w okresie niedoborów wody opadowej;
- **obecność zadrzewień śródpolnych, zwłaszcza o charakterze pasowym,** które zmniejszają siłę i wysuszające działanie wiatru na powierzchnię pól.

Odrębną grupą kontrolowania warunków wodnych w siedlisku, która powinna być brana pod uwagę w regeneratywnej uprawie jęczmienia, jest odpowiedni dobór odmian jęczmienia do warunków wodnych siedliska. Bardzo ważne są też termin i głębokość siewu oraz wapnowanie i zbilansowane nawożenie, które w znaczący

sposób wpływają na wigor roślin, w tym rozwój systemu korzeniowego oraz odporność jęczmienia na okresowe niedobory wody w kolejnych fazach rozwojowych. Należy również wyeliminować choroby gleby takie jak podeszwa płuzna czy zagęszczenie podglebia, które utrudniają głębokie zakorzenianie się roślin jęczmienia.

3.6

Nawożenie roślin i gleby

Racjonalne nawożenie jęczmienia powinno opierać się na wiedzy o potrzebach pokarmowych rośliny, spodziewanych plonach, wartości nawozowej stosowanych pod jęczmień, jak i pod przedplon jęczmienia nawozów naturalnych, organicznych oraz mineralnych

i przede wszystkim wiedzy o ilości i jakości składników pokarmowych znajdujących się aktualnie w glebie. W tabeli 3 przedstawiono średnie zapotrzebowanie jęczmienia ozimego i jarego na makroskładniki azot (N), fosfor (P) i potas (K).

Tabela 3. Ilość makroelementów NPK potrzebna do wytworzenia 1 t ziarna (wraz z plonem ubocznym) · ha⁻¹ oraz orientacyjne nawożenie i plon jęczmienia (wartości uśrednione).

Roślina	Pobieranie składników na 1 t plonu (kg)			Średnie nawożenie (kg·ha ⁻¹)			Średni plon (t·ha ⁻¹)	Plon główny: plon uboczny
	Azot (N)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Potas (K ₂ O)	Azot (N)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Potas (K ₂ O)		
Jęczmień ozimy	22,3	9,9	18,7	70-120	70-100	90-110	30-60	0,80
Jęczmień jary	21,0	9,6	16,4	60-100 30-60*	70-100 80-120*	80-120 90-120*	30-60 30-50*	0,80

*odmiany browarne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Jadczyszyn 2013; inne materiały informacyjne

Należy pamiętać, że roślinna powinna być dobrze zaopatrzona w określone składniki pokarmowe już od początkowych faz wzrostu, dlatego nawożenie jęczmienia ozimego i jarego należy rozpatrywać już w roku siewu rośliny przedplonowej. Ta reguła jest zasadna zwłaszcza w przypadku jęczmienia jarego, który na tle innych zbóż ma krótki okres wegetacji, przy jednocześnie stosunkowo wysokim potencjale plonowania. W przypadku jęczmienia ozimego ważne jest zapewnienie młodym roślinom odpowiedniego zaopatrzenia w konkretne składniki pokarmowe jeszcze przed zimą, by niedobory makroskładników takich jak potas, fosfor, magnez i siarka, czy niedobory mikroelementów, nie ograniczały rozwoju młodych roślin i dobrego ich przetrwania.

Ścisłe powiązania pomiędzy zawartością w glebie składników pokarmowych, odczynem gleby, wilgotnością i życiem biologicznym gleby, a dostępnością i pobieraniem określonych jonów przez roślinę jasno wskazują, że do prawidłowego wzrostu roślin kluczowe jest odpowiednie „odżywienie” i pH gleby, dbałość o jakość fizyczną i biologiczną gleb oraz odpowiednie proporcje pomiędzy składnikami pokarmowymi w roztworze glebowym. Dlatego też w rolnictwie regeneratywnym budowanie zasobności gleb w składniki pokarmowe dostępne dla roślin opiera się na szeroko rozumianej budowie jakości gleb i holistycznym nimi zarządzaniu, a także na wiedzy o potrzebach nawozowych wysiewanych roślin i aktualnych właściwościach gleby w oparciu o wykonywane systematycznie kompleksowe analizy glebowe.

Nawożenie naturalne i organiczne

Nawożenie organiczne ma ogromny potencjał w budowaniu żyzności i urodzajności gleb, z czego również czerpie regeneratywne podejście do uprawy roślin. Nawozy naturalne i organiczne, zwłaszcza te, które wnoszą do gleby znaczne ilości materii organicznej, wpływają nie tylko na stężenie w glebie składników pokarmowych, ale także na wiele innych właściwości gleb, budujących ich zdrowie. Do tych właściwości zaliczyć można gęstość gleby, stabilność struktury, zdolności in-

filtracyjne, zdolności retencyjne i właściwości biologiczne gleb.

Rodzaj oraz forma nawozów naturalnych wpływają na zawartość w nich składników pokarmowych. W tabeli 4 przedstawiono uśrednione zawartości wybranych składników pokarmowych dla różnego rodzaju nawozów naturalnych. Rzeczywisty skład stosowanego w gospodarstwie nawozu może być ustalony jedynie na podstawie analizy jego próbki w laboratorium.

Tabela 4. Średnie zawartości składników mineralnych w różnego rodzaju nawozach naturalnych.

Rodzaj nawozu	Zawartość składników mineralnych w nawozach naturalnych					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mg	Na
Obornik:	kg·t⁻¹					
bydło	4,7	2,8	6,5	4,3	1,5	1,0
trzoda	5,1	4,4	6,8	4,4	1,8	1,1
konie	5,4	2,9	9,0	4,3	1,6	0,6
owce	7,5	3,8	11,9	5,8	1,9	1,2
Gnojowica:	kg·m⁻³					
bydło	3,4	2,0	3,7	2,1	0,8	-
trzoda	4,3	3,3	2,3	2,8	0,8	-
Gnojówka:	kg·m⁻³					
bydło	3,2	0,3	8,0	0,6	0,4	-
trzoda	2,8	0,4	4,1	0,8	0,3	-
Pomiot ptasi:	kg·t⁻¹					
kura	16	15	8	24	7	-
kaczki i gęsi	5-10	5-14	6-9	8-16	2-3	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie Maćkowiak i Żebrowski, 2000, Maćkowiak, 2004, Kropisz, 1997

W uprawie jęczmienia z powodzeniem można stosować nawożenie naturalne pod sam jęczmień, jak i jego przedplon (np. rośliny okopowe, rzepak, kukurydza). Należy jednocześnie pamiętać, że tylko część zawartych w nawozach naturalnych składników pokar-

mowych będzie dostępna dla roślin w pierwszym roku po zastosowaniu nawożenia organicznego, a pozostała część będzie uwalniana w kolejnych latach po zastosowaniu nawozu (tab. 5).

Tabela 5. Współczynniki wykorzystania azotu (N), fosforu (P) i potasu (K) z określonych rodzajów nawozów naturalnych (bydło).

Rodzaj nawozu	Współczynnik wykorzystania składników - 1-szy rok po zastosowaniu			Współczynnik wykorzystania składników - 2-gi rok po zastosowaniu		
	N	P	K	N	P	K
Obornik	0,35* - 0,40**	0,4	0,8	0,15	0,3	0,1
Gnojowica	0,50* - 0,60**	0,7	0,8	0,1	0,1	0,1
Gnojówka	0,55* - 0,75**	-	0,8	-	-	0,1

*stosowane jesienią, **stosowane wiosną

Źródło: opracowanie własne na podstawie Maćkowiak, 1999 i Dz.U. 2018 poz. 1339

W płodozmianach z jęczmieniem należy stosować obornik poddany procesowi kompostowania, w trakcie którego nasiona chwastów i patogeny ulegają unieszkodliwieniu. Obowiązkowe jest wymieszanie z glebą obornika zaraz po jego rozrzuconiu na polu oraz stosowanie nawozów naturalnych płynnych (gnojowica i gnojówka) w formie aplikacji dogłębowej (nie rozbrzgowo). Takie postępowanie ogranicza istotnie straty azotu z nawozów (poprzez emisję amoniaku) i rozpraszanie go do środowiska. Przy stosowaniu nawozów naturalnych należy także respektować wytyczne dokumentu „Program ograniczający stosowanie azotanów”. Rozproszony do środowiska azot jest bardzo reaktywny i przechodząc przez kolejne szlaki biogeochemiczne łatwo ulega przemianom. W konsekwencji ten sam atom azotu może powodować sekwencję negatywnych skutków w atmosferze (podtlenek azotu jest bardzo sil-

nym gazem cieplarnianym), w ekosystemach lądowych i wodnych (np. azot w formie azotanowej i amonowej stosowany na polach uprawnych), co określane jest jako kaskada azotowa. Dlatego w podejściu regeneratywnym do uprawy roślin należy prowadzić plany nawożenia azotem oraz przestrzegać zasad dobrej praktyki rolniczej i nieprzekraczania maksymalnych dawek azotu ze wszystkich źródeł dla upraw w plonie głównym.

Mając na uwadze skład chemiczny nawozu oraz współczynniki wykorzystania składników mineralnych w pierwszym i kolejnym roku po aplikacji, można ustalić przybliżoną ilość dostępnej dla roślin formy danego składnika, która jest uwalniana w trakcie przemian nawozów naturalnych w glebie. W tabeli 6 i 7 przedstawiono obliczenia dla azotu działającego z nawozów naturalnych i organicznych.

Tabela 6. Przykładowe obliczenie azotu działającego na podstawie danych z tabel 4 i 5

Rodzaj nawozu	Współczynnik wykorzystania azotu [A]	Dawka nawozu [$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$] [B]	Całkowita zawartość azotu w [$\text{kg N}\cdot\text{t}^{-1}$ naw. organicznego] [C]	Ilość azotu działającego uwzględniającego współczynnik wykorzystania [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$] [A·B·C]
Gnojowica bydlęca zastosowana wiosną	0,60	20	3,4	40,8
Obornik bydlęcy zastosowany jesienią	0,35	25	4,7	41,1

Nawozy organiczne mogą być z powodzeniem stosowanego w każdym gospodarstwie regeneratywnym, jednak szczególne znaczenie odgrywają w gospodarstwach bezinwentarzowych. Bardzo cennym źródłem składników w uprawie jęczmienia w różnego typu gospodarstwach mogą być tzw. nawozy zielone, czyli świeża masa roślinna wprowadzona do gleby w celu podniesienia jej żyzności. Najczęściej rośliny na zielony nawóz uprawiane są w międzyplonach pomiędzy dwiema roślinami plonu głównego i z powodzeniem mogą być wprowadzane w zmianowaniach z jęczmieniem (patrz punkt 3.1). Do najcenniejszych roślin uprawianych na zielony nawóz należą rośliny bobowate i war-

to zadbać o to, by gatunki z tej rodziny znajdowały się w mieszankach międzyplonowych. Z uwagi na symbiozę bobowatych z bakteriami brodawkowatymi mającymi zdolność wiązania azotu atmosferycznego, zielonka tych roślin jest bogata w azot, również resztki roślinne bobowatych uprawianych w plonie głównym mogą być istotnym źródłem azotu dla rośliny następczej. Z tego względu uprawa w przedplonie bobowatych powinna być uwzględniana w planowaniu nawożenia azotowego pod jęczmień, który uprawiany jest po takich roślinach. Ilość azotu działającego pozostającego po uprawie roślin bobowatych przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Ilość azotu działającego pozostającego po uprawie roślin bobowatych i korzeniowych.

Rodzaj przedplonu	Bobowate w czystym siewie		Bobowate w mieszankach z trawami lub zbożami		Wymieszane z glebą liście roślin korzeniowych
	Plon główny	międzyplon	Plon główny	międzyplon	
Wymieszane z glebą resztki poźniwne	30 kg	15 kg	20 kg	10 kg	30 kg
Wymieszane z glebą całe rośliny na zielony nawóz	Łubin żółty – 74 kg Groch – 77 kg Seradela – 65 kg Pozostałe – 60 kg	Koniczyna czerwona – 30 kg Koniczyna biała – 27 kg Seradela – 33 kg Pozostałe – 30 kg	50 kg	20 kg	-

Źródło: Dz.U. 2018 poz. 1339

Dane w tabeli 6 i 7 wskazują jaka może być realna oszczędność w stosowaniu azotu nawozowego po uwzględnieniu jego potencjalnej ilości w glebie po zastosowaniu nawozów naturalnych i organicznych. Jednak dokładnych danych dotyczących ilości azotu mineralnego znajdującego się w glebie przed przystąpieniem do siewu jęczmienia dostarczają analizy gleby.

Do cennych nawozów organicznych należą również produkty uboczne produkcji polowej, takie jak słoma czy liście buraków cukrowych, a także komposty gospodarskie czy poferment. Jęczmień może być nawożony słomą przedplonu, np. rzepakową czy kukurydzianą oraz sam może być źródłem słomy dla rośliny następczej. W tabeli 8 podano skład chemiczny słomy jęczmiennej, kukurydzianej i rzepakowej.

Tabela 8. Skład chemiczny słomy jęczmiennej, kukurydzianej i rzepakowej

Rodzaj słomy	Plon uboczny: plon główny	Stosunek C:N	Zawartość (% suchej masy)					Zawartość (mg·kg ⁻¹ suchej masy)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Jęczmienna	1,0:1	70-100:1	0,6-1,0	0,25	1,61	0,63	0,20	4,40	4,20	45,0	0,35	24,7
Kukurydziana	1,2:1	60-70:1	0,8-1,2	0,46	1,25	0,48	0,46	5,40	6,00	55,0	0,44	33,0
rzepakowa	2,5:1	40-50:1	0,8-1,2	0,30	2,12	2,18	0,21	9,80	3,18	40,3	0,30	32,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie Maćkowiak, 1998 i Grzebisz, 2009

Jak wynika z tabeli, na przykład z każdą toną słomy rzepakowej do gleby wraca średnio 10 kg azotu, 4,0 kg fosforu czy 21,2 kg potasu. Jednak słoma zbóż czy rzepaku charakteryzuje się szerokim stosunkiem C:N, co może powodować trwałe unieruchomienie azo-

tu mineralnego gleby. Dlatego przy nawożeniu słomą należy pamiętać o zastosowaniu jednocześnie azotu dla zawężenia stosunku C:N < 33,3:1. Do obliczenia dawki azotu, która rekompensuje niedobory azotu w słomie stosuje się wzór (Grzebisz 2009):

$$D_{kn} = P_{no} \cdot (12 - N_{no})$$

gdzie: D_{kn} – dawka kompensująca (uzupełniająca) azotu (kg·ha⁻¹) P_{no} – masa słomy (t·ha⁻¹) N_{no} – aktualna zawartość azotu w słomie (kg·t⁻¹)

Obliczanie dawki kompensującej azotu (Dkn) na przykład dla słomy kukurydzianej pozostałej po zbiorze nasion, zawierającej 10 kg azotu w każdej tonie, plonującej na poziomie $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ jest następujące: plon słomy kukurydzianej = $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot 1,2 = 12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. $\text{Dkn} = 12 \cdot (12 - 10) = 12 \cdot 2 = 24 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastosowanie azotu przy nawożeniu słomą zabezpiecza uprawianą aktualnie roślinę (np. jęczmień ozimy po rzepaku czy kukurydzy) przed głodem azotowym, który jest wywołany nadmiernym uwstecznianiem azotu mineralnego gleby.

Do nawożenia roślin uprawnych, w tym jęczmienia, można wykorzystywać również wywary gorzelniarne (żytnie, ziemniaczane, melasowe), osady ściekowe i komposty miejskie pod warunkiem, że spełniają określone normy i nie wpływają negatywnie na dane środowisko glebowe, w tym odczyn gleb. Z materiałów roślinnych wytwarzane są również preparaty zawierające związki humusowe i biowęgla, które również można wykorzystywać jako dodatki glebowe, poprawiające ich jakość.

Powyższe informacje dotyczące nawozów naturalnych i organicznych wskazują, że mogą być one istotnym i tanim źródłem różnych składników pokarmowych w uprawie roślin. Jednak nadrzędną korzyścią z wprowadzania do gleby tego typu nawozów jest pozytywne oddziaływanie wielu z nich na zasoby glebowej materii organicznej, która odgrywa ogromną rolę w kształtowaniu chemicznych, biologicznych i fizycznych właściwości gleb.

W tabeli 9 przedstawiono współczynniki reprodukcji materii organicznej z wybranych nawozów naturalnych i organicznych, czyli możliwą reprodukcję materii organicznej w glebie w kg na powierzchni 1 hektara, przypadającą na każdą tonę świeżej masy zastosowanego nawozu organicznego lub naturalnego. Współczynniki te jasno obrazują, że konsekwentne włączanie nawożenia organicznego do płodozmianu prowadzi do stopniowego zwiększania zasobów glebowego węgla, co niesie za sobą ogromne korzyści produkcyjne i środowiskowe.

Tabela 9. Reprodukacja materii organicznej gleb (MOG) w kg na 1 tonę świeżej masy wybranych nawozów naturalnych i organicznych

Rodzaj nawozu	Zawartość suchej masy (%)	Współczynnik reprodukcji MOG w kg na 1 tonę ś.m. nawozu
Słoma	86	100
Liście buraka, marchwi, międzyplony	10-20	8-16
Obornik świeży	20-30	28-40
Obornik przefermentowany	25-35	40-56
Gnojowica – bydło	4-10	6-12
Gnojowica – trzoda	4-8	4-8

Źródło: VDLUFA 2014

Nawożenie mineralne

Składniki pokarmowe znajdujące się aktualnie w glebie występują w różnych formach organicznych i mineralnych, z których tylko część jest aktualnie dostępna dla roślin i może być przez nie pobrana z roztworu glebowego. Poszczególne gleby różnią się też między sobą właściwościami i zdolnościami do magazynowania składników pokarmowych i wydawania plonów, więc stosowanie jednakowej instrukcji nawożenia mineralnego dla uprawy jęczmienia na różnych glebach jest obciążone dużym błędem.

W podejściu regeneratywnym do nawożenia mineralnego stosuje się precyzyjne jego dawkowanie w oparciu o testy glebowe. Tego typu nawożenie powinno być uzupełnieniem nawożenia organicznego

stosowanego w płodozmianie, które w regeneratywnym zarządzaniu glebą ma ogromne znaczenie. Przydatne są także dane historyczne i mapy plonowania z poszczególnych pól gospodarstwa, które dostarczają informacji o ich potencjale plonotwórczym. Aktualny stan łanu w trakcie wegetacji można ocenić na podstawie wysokiej jakości zdjęć satelitarnych oraz wykorzystać te dane do zaplanowania pogłównego nawożenia.

Jęczmień jary z uwagi na krótki termin wegetacji i szybkie starzenie się systemu korzeniowego, jest bardzo wrażliwy na równowagę jonową w glebie, dlatego szczególną uwagę należy przykładac nie tylko do dawki nawozów, ale także do ich formy i odczynu gleby.

Nawożenie azotowe

Nawożenie azotem wpływa na wzrost roślin, ale także zwiększenie zawartości białka w ziarnie, co jest pożądane w przypadku jęczmienia uprawianego na cele pastewne. Jęczmień browarny wymaga stosowania stosunkowo dużych dawek potasu i fosforu oraz ostrożnego nawożenia azotem, co jest sposobem na uzyskanie dużych plonów ziarna o stosunkowo małej zawartości białka.

Nawożenie azotowe jęczmienia ozimego powinno być prowadzone głównie w okresie wiosennym. Jednak w sytuacji podejrzenia niedoborów tego składnika już na jesieni i słabszej kondycji młodych roślin, warto zastosować dawkę do 30 kg azotu w formie amonowej, wysiewając na przykład siarczan amonu. Taka sytuacja może mieć miejsce, gdy jęczmień ozimy wysiewany jest po przedplonie zbożowym bądź rzepaku, które pozostawiają resztki poźniwne o wąskim stosunku C:N (tabela 8). Stosowanie azotu w formie azotanowej przed zimą może pogorszyć przetrzymywanie roślin. Można dokarmić jęczmień również dolistnie, stosując tą drogą nawet do 10-15 kg azotu. Do roztworu mocznika dodać można siarczan magnezu i siarczan miedzi oraz mikroelementy. Podstawowe nawożenie azotowe jęczmienia ozimego powinno mieć miejsce w okresie wiosennym i ważne jest odpowiednie dożywienie azotem roślin wiosną już na starcie fazy strzelania w źdźbło. W przypadku stosowania wiosną mniejszych dawek azotu (do 60 kg·ha⁻¹), zazwyczaj stosuje

się go jednorazowo w okresie wznowienia wegetacji. Wyższe dawki azotu dzieli się na dwie części – większą z nich stosuje się na początku okresu wegetacji, drugą dawkę w fazie strzelania w źdźbło (BBCH – 33). Należy kierować się zasadą, że wysokość stosowanej dawki N powinna być planowana względem spodziewanych plonów i stwierdzonej zasobności gleby w zmineralizowany azot.

W uprawie jarych odmian browarnych nawożenie azotem stosuje się w jednej dawce przedsiewnej zazwyczaj w wysokości 30-60 kg·ha⁻¹. Odmiany pastewne jęczmienia jarego nawozi się wyższymi dawkami azotu, które mieszczą się zwykle w przedziale 60-110 kg·ha⁻¹. 60% dawki stosuje się przedsiewnie, a pozostałą część od fazy BBCH – 33. W późniejszych fazach można dokarmiać jęczmień dolistnie stosując rekomendowany dla fazy rozróż mocznika z dodatkiem siarczanu magnezu, co jest praktykowane w uprawie odmian pastewnych jęczmienia.

W planowaniu nawożenia jęczmienia azotem mineralnym należy uwzględnić ilość azotu działającego, pochodzącego w znacznej części z rozkładu nawozów naturalnych i organicznych (tabela 5 – 9), które istotnie wpływają na ilość azotu mineralnego w glebie przed siewem jęczmienia. Stosowanie poprawek na znajdujący się w glebie azot mineralny może znacząco obniżyć poziom nawożenia mineralnego tym składnikiem i jego rozpraszanie do środowiska.

Nawożenie potasowe

Potas i fosfor korzystnie wpływają na wigor roślin zarówno ozimego jak i jarego jęczmienia i tym samym poprawiają ich odporność na choroby i zmienne warunki siedliska. Potas wpływa na gospodarowanie wodą i odpowiednie zagęszczenie soku komórkowego przed zimą, co z kolei wpływa na większą odporność na ujemne temperatury. Niedożywienie jęczmienia potasem spowalnia tempo pobierania przez niego azotu, co prowadzi do zahamowania wzrostu roślin i w konsekwencji spadku plonowania.

Stosowane regularnie nawozy potasowe gromadzą się w glebie i mają długotrwałe działanie następne, dlatego w podejściu regeneratywnym nawożenie potasem należy zaplanować już na etapie nawożenia przedplonu oraz całego płodozmianu. Jak przedstawiono w tabeli 10, plon uboczny zagospodarowany na polu w celu nawozowym może być ważnym źródłem potasu

dla rośliny następnej. Podzielenie dawki potasu i wiosenne nawożenie jęczmienia ozimego jak i jarego uzasadnione jest jedynie na glebach lżejszych. Nawożenie potasem mineralnym powinno być oparte o wyniki analizy gleby określające ilość przyswajalnej formy tego pierwiastka w glebie oraz przewidywanego plonowania jęczmienia. Rekomendowane średnie dawki potasu w uprawie jęczmienia w oparciu o zasobność gleby i spodziewany plon przedstawiono w tabeli 10.

W mineralnym nawożeniu jęczmienia potasem powinno stosować się siarczan potasu, a nie chlorek potasu (KCl). Siarczan potasu to łatwo rozpuszczalny rodzaj nawozu wykazuje mniej szkodliwe działanie na organizmy glebowe i rośliny uprawne w porównaniu do formy chlorkowej KCl. Wraz z siarczanem do gleby dostarczana jest również siarka, bardzo ważny makroelement w uprawie roślin zbożowych.

Tabela 10. Dawki potasu (K_2O) w $kg\cdot ha^{-1}$ w uprawie jęczmienia w zależności od spodziewanego plonu i zasobności gleby w ten składnik

Spodziewany plon ziarna jęczmienia	Zawartość składnika w glebie			
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka
wysoki	85-100	65-85	45-65	35-45
średni	65-85	50-65	30-45	25-35
niski	50-65	30-50	20-30	15-25

Źródło: Noworolnik, 2005

Nawożenie potasowe stosuje się jesienią w całości, na słabszych glebach, gdzie istnieje ryzyko wymycia składników pokarmowych w okresie zimy, można

część potasu zastosować wiosną przed ruszeniem wegetacji.

Nawożenie fosforowe

Fosfor natomiast wpływa na dobre wypełnienie ziarna, jest także niezbędny do dobrego rozwoju systemu korzeniowego młodych roślin, co istotnie rzutuje na ich potencjał plonotwórczy i dobry rozwój w różnych warunkach glebowo-klimatycznych. Stosowanie nawożenia fosforowego jęczmienia jarego i ozimego powinno odbywać się przedsięwzięcie, w przypadku jęczmienia jarego już na jesieni. Jedynie na glebach lekkich można przesunąć częściowo nawożenie tym pierwiastkiem z jesieni na okres wczesnowiosenny.

Związki fosforu obecne w glebie tworzą trzy frakcje, a najważniejsza z punktu widzenia odżywiania roślin jest frakcja rozpuszczalnego w wodzie fosforu nieorganicznego (P_i), który jest obecny w roztworze glebowym i dostępny dla roślin. Pozostałe frakcje stanowią rezerwy glebowe fosforu w organicznej i mineralnej fazie

stałej gleby, z których uzupełniany jest fosfor P_i . Materia organiczna ma duży wpływ na ruchliwość fosforu P_i – po w procesie mineralizacji uwalniany jest z niej fosfor dostępny oraz zmniejsza retencję fosforu P_i przez fazę stałą gleby. Po drugie pobudza życie mikrobiologiczne gleby, co również wpływa na zwiększenie dostępności fosforu mineralnego dla roślin. Dodatni wpływ materii organicznej na frakcję P_i rozpuszczalną w wodzie oraz dostępną dla roślin nazywany jest efektem próchnicznym i często jest efektem stosowania nawożenia organicznego.

Podobnie jak w przypadku potasu, nawożenie fosforem mineralnym powinno być oparte o wyniki analizy gleby określające ilość przyswajalnej formy tego pierwiastka w glebie oraz przewidywanego plonowania jęczmienia (tabela 11).

Tabela 11. Dawki fosforu (P_2O_5) w $kg \cdot ha^{-1}$ w uprawie jęczmienia w zależności od spodziewanego plonu i zasobności gleby w ten składnik

Spodziewany plon ziarna jęczmienia	Zawartość składnika w glebie			
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka
wysoki	70-85	50-70	40-50	30-40
średni	55-70	40-55	30-40	20-30
niski	45-55	30-40	20-30	15-20

Źródło: Noworolnik, 2005

Nawożenie siarką oraz magnezem

Niedożywienie roślin siarką czy magnezem również spowalnia tempo pobierania przez nie azotu i zmniejsza efektywność nawożenia azotowego, co negatywnie wpływa na rozwój roślin, plony i ich jakość.

Siarka jest ważnym składnikiem aminokwasów i tłuszczów i bierze udział w ich syntezie, zwiększa odporność roślin na stresy środowiskowe (wahania temperatur, susze, choroby). Na jej pobieranie i funkcjonowanie w roślinie wpływ mają składniki mineralne takie jak fosfor, żelazo czy azot. Głównym zasobem siarki glebowej jest materia organiczna pochodząca z nawozów organicznych i naturalnych, a także resztek organicznych,

w tym martwej biomasy mikroorganizmów biorących udział w przekształcaniu siarczanów. Nawożenie gleb siarką prowadzi się w oparciu o wszystkie nawozy mineralne mające postać siarczków (np. siarczan magnezu, wapnia czy potasu), a także poprzez aplikację siarki elementarnej, która działa wolniej, ma działanie zakwaszające i powinna być stosowana na gleby o odpowiednio wysokim pH. Ważnym źródłem siarki w uprawie roślin są również nawozy naturalne i organiczne. Szybkość uwalniania siarki z nawozów wolniej działających, jak siarka elementarna czy nawozy naturalne i organiczne w dużej mierze zależy od aktywności mikrobiologicznej gleb.

Nawozy siarczanowe, aplikowane pod uprawę jęczmienia ozimego i jarego powinny być włączane do gleby już na etapie uprawy późniejszej po przedplonie i dobrze wymieszane z glebą. Przy uprawie jęczmienia na słabszych glebach, połowę siarki należy zastosować w okresie wiosennym. Możliwe jest również dokarmianie dolistne jęczmienia siarką z wykorzystaniem roztworu siarczanu magnezu.

Magnez jest składnikiem chlorofilu, który odgrywa kluczową rolę w procesie fotosyntezy oraz procesach energetycznych i enzymatycznych w roślinie. Silnie współdziała z fosforem w aspekcie wzrostu systemu korzeniowego młodych roślin oraz dojrzewania nasion, a także wpływa na efektywność pobierania fosforu i azo-

tu przez rośliny, dlatego ważne jest regularne nawożenie tym makroskładnikiem. Źródłem magnezu mogą być nawozy wolnodziałające mineralne, np. węglan magnezu oraz nawozy naturalne takie jak obornik i gnojowica. W uprawie jęczmienia można stosować również szybko działające nawozy mineralne, takie jak siarczan magnezu czy siarczan magnezowo-potasowy. Nawozy szybko działające mają tę przewagę, że za ich pomocą można na bieżąco korygować stężenie dostępnej dla roślin formy magnezu w glebie oraz eliminować zagrożenia wynikające z niedoboru magnezu dla roślin. W tabeli 12 przedstawiono zalecane dawki magnezu w uprawie jęczmienia w zależności od spodziewanych plonów i zasobności gleb w magnez.

Tabela 12. Dawki Magnezu (Mg) w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w uprawie jęczmienia w zależności od spodziewanego plonu i zasobności gleby w ten składnik

Spodziewany plon ziarna jęczmienia	Zawartość składnika w glebie			
	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka
wysoki	55-65	35-55	20-35	10-20
średni	40-55	20-40	10-20	0-10
niski	30-40	15-30	0-10	0

Źródło: Noworolnik, 2005

Nawożenie mikroelementami

Z uwagi na te ważne funkcje, w uprawie regeneratywnej jęczmienia powinno zwracać się uwagę nie tylko na odżywienie roślin makroelementami, ale także na profilaktykę mikroelementową. Na przykład odpowiednie zaopatrzenie jęczmienia ozimego w mikroelementy już jesienią zapobiega nadmiernemu pobieraniu azotanów i zwiększa odporność roślin na choroby i niskie temperatury. Jest to szczególnie istotne w regeneratywnej uprawie jęczmienia, w której chemiczna ochrona łanu powinna być ograniczona do minimum.

Głównym źródłem mikroelementów dla roślin uprawnych w praktyce zaspokajającym potrzeby pokarmowe roślin są nawozy naturalne stosowane systema-

tycznie w płodozmianie. Nawozy naturalne mają także działanie odkwaszające i pobudzają życie mikrobiologiczne gleb, co wpływa na zwiększenie dostępności mikroelementów. Jeżeli testy glebowe wykażą zbyt niskie zasobności gleb w mikroelementy, należy zastosować odpowiednie nawozy mineralne. Należy stosować je głównie doglebowo, uzupełniając dolistnie w formie siarczanów lub chelatów. Dokarmianie dolistne makroelementami należy prowadzić w warunkach wyższych temperatur, co zwiększa efektywność i szybkość ich działania i umożliwia stosowanie roztworów o mniejszym stężeniu.

Regulacja pH oraz rola wapnia w uprawie regeneratywnej jęczmienia

3.7

W praktyce rzadko stwierdza się objawy niedoboru wapnia w roślinach jęczmienia. Zdecydowanie częściej obserwuje się działanie czynników ograniczających zaopatrzenie roślin w wapń i inne składniki pokarmowe wywołane zmniejszeniem ich dostępności i pogorszeniem rozwoju systemu korzeniowego pod wpływem zakwaszenia gleb, które jest związane z niedoborami składników zasadowych takich jak wapń czy magnez oraz kationów zasadowych.

Jęczmień zaliczany jest do roślin uprawnych szczególnie wrażliwych na niskie pH gleby – optymalne pH dla jego wzrostu wynosi 6,5–7,0. Przy niższym pH jęczmień jest bardzo wrażliwy na nadmiar aktywnych jonów glinu i manganu, które konkurują z pobieraniem takich jonów jak Ca^{2+} , Mg^{2+} , powodując utratę K^{+} z korzeni do środowiska zewnętrznego oraz zakłócenia ich metabolizmu.

Ochrona przed chwastami, szkodnikami i chorobami

3.8

Regeneratywne rolnictwo oparte na biologizacji funkcjonalnej nie eliminuje całkowicie i nie zakazuje stosowania syntetycznych środków produkcji, jednak środki ochrony roślin z uwagi na swoje szerokie oddziaływanie na środowisko traktowane są w biologizacji funkcjonalnej jako tzw. „zło konieczne”. Celem biologizacji jest ograniczenie stosowania chemii do absolutnego, koniecznego minimum i koncentrowanie wysiłków na prewencji, znajdowaniu przyczyn problemów, zamiast reagowania na skutki jakie wywołują. W walce z agrofagami należy również wykorzystywać różne dostępne agrotechniczne metody, takie jak odpowiedni dobór przedplonu, zbilansowane nawożenie, optymalizacja i terminowość zabiegów agrotechnicznych. Nie mniej ważne jest wspieranie bioróżnorodności pól uprawnych oraz całego krajobrazu rolniczego.

Do agrofagów zalicza się patogeny, szkodniki i chwasty towarzyszące roślinom uprawnym i przy nasilonym występowaniu obniżające plony roślin uprawnych. Wyróżnia się cztery główne grupy patogenów atakujących rośliny uprawne: grzyby, bakterie, wirusy, nicienie. Grzyby należą do najpowszechniej występujących patogenów roślin. Rozwijają się na żywej bądź martwej materii organicznej. Jednak część grzybów odżywiających się martwą materią organiczną, gdy napotka na swej drodze żywe rośliny będące ich żywicielami, przechodzi w tryb pasożytniczy i wywołuje choroby roślin. Przebieg infekcji osłabia roślinę, gdyż grzyby w trakcie swej życiowej aktywności wydzielają enzymy rozkładające ściany komórkowe i struktury komórek budujących tkanki roślinne oraz wydzielają toksyny. Rozrastające się komórki grzybów tworzą nitkowate strzępki i grzybnie, które wnikają do tkanek i przerastają je. W pewnym okresie zaczynają wytwarzać zarodniki, które rozprzestrzeniają się w siedlisku przez deszcz i wiatr i mogą dać początek nowym pokoleniom. Grzyby zazwyczaj infekują

liście jęczmienia, czasami kłosa. Infekcja liści prowadzi do osłabienia aparatu asymilacyjnego i fotosyntezy, co w konsekwencji prowadzi do osłabienia wzrostu roślin oraz zwiększenia podatności jęczmienia na inne choroby grzybowe oraz niekorzystne warunki środowiskowe. Niektóre grzyby mają cykl rozwojowy przebiegający w glebie i infekują również korzenie, kiełkujące nasiona lub dolne części łodyg jęczmienia. Żywicielami grzybów wywołujących choroby jęczmienia mogą być gatunki roślin uprawnych i chwastów z rodziny traw, ale także niekiedy roślin z grupy dwuliściennych. Spośród nicieni największe szkody w uprawie zbóż, w tym jęczmienia, wywołuje mątwik zbożowy. Ten wewnętrzny osiadły pasożyt roślin bytuje w glebie w postaci cyst i larw. Wyklute z cyst larwy inwazyjne wnikają do korzeni roślin żywicielskich i wywołują deformacje systemu korzeniowego. Porażone rośliny mają osłabiony system korzeniowy i zaburzony wzrost. Cysty mątwika mogą przetrwać w glebie kilka lat i w sprzyjających warunkach wyklute z nich larwy zaatakują roślinę żywicielską. Jęczmień może być również atakowany przez niszczyka zjadliwego. Charakterystycznym objawem szkód wywołanych przez nicienie jest silnie zahamowany wzrost roślin i placyjne ich rozmieszczenie w łanie.

Uprawy jęczmienia podlegają również presji szkodników. Szkodniki oprócz bezpośrednich szkód wyrażanych w łanie w trakcie żerowania, są również wektorem groźnych chorób wirusowych, m.in. wirusa żółtej karłowatości jęczmienia BYDV (mszyce). Najczęściej spotykanymi szkodnikami w jęczmieniu oraz w innych zbożach są mszyce oraz larwy chrząszcza skrzyptonki. Dorosłe chrząszcze skrzyptonki od wczesnej wiosny żerują na roślinach zbożowych oraz chwastach jednoliściennych. W okresie letnim szkody na roślinach wyrządzają głównie larwy, wyklute z jaj złożonych przez owady na liściach. W ostatnich latach obserwuje się nasilenie ich

występowania również w uprawach jęczmienia. Zwłaszcza uszkodzenie liści flagowych może doprowadzić do zmniejszenia masy ziarniaków z kłosa i obniżenia plonów. Przy dużym natężeniu żerowania tego szkodnika larwy mogą uszkodzić nawet do 80% powierzchni asymilacyjnej roślin, co drastycznie redukuje plon jęczmienia. Uszkodzone liście są również bardziej podatne na choroby grzybowe. Rośliny jęczmienia mogą być również atakowane przez larwy chrząszczy drutowców oraz muchówek: śmietki ozimówki, ploniarki zbożówki, niezmiarki paskowanej czy pryszczarek. Natężenie szkód wywoływanych przez drutowce może mieć miejsce, jeśli uprawa jęczmienia jest wprowadzona po roślinach wieloletnich, takich jak trawy czy bobowate w uprawie polowej, lub po trwałym użytku zielonym. Drutowce uszkadzają korzenie, larwy ploniarki żerują na dojrzewających ziarniakach, larwy śmietki ozimówki wwiercają się do pędu i niszczą rośliny wczesną wiosną, natomiast larwy niezmiarki uszkadzają kłosa i dokłósia jęczmienia jarego (1 pokolenie) i młode rośliny jęczmienia ozimego (2 pokolenie). Larwy niezmiarki drążą tunele w dokłosisu, co może nawet doprowadzić do zatrzymania kłosa w pochwie liścia flagowego i zaburzeń fazy kłoszenia jęczmienia. Mszyce mogą wyrządzać szkody w uprawie jęczmienia, jeśli atakują kłosa pomiędzy fazą kwitnienia, a fazą dojrzałości młecznicy ziarna. Najczęściej jęczmień atakowany jest

przez mszycę czeremchowo-zbożową, zbożową oraz różano trawową. Zagrożenie plantacji zależy od liczebności tego szkodnika. Masowy pojaw mszyc jest szczególnie niebezpieczny w fazie kłoszenia jęczmienia. Wytwarzana przez mszyce rosa miodowa jest pokarmem naturalnych wrogów mszyc, ale także doskonałą pożywką dla rozwoju grzybów sadzakowych.

Dużym problemem w uprawie zbóż może być zachwaszczenie łąn głównie chwastami z grupy jednoliściennych, choć chwasty z grupy roślin dwuliściennych są również pospolite w uprawie zbóż. W gospodarstwach, w których w strukturze zasiewów dominowały w przeszłości zboża ozime, problemem mogą stać się chwasty jednoliścienne, takie jak miotła zbożowa, wiechlina roczna czy perz. Natomiast przy wzroście udziału zbóż jarych obserwuje się zwiększoną presję owsa głuchego. Wśród chwastów towarzyszących jęczmieniowi wymieść należy chwasty dwuliścienne: przytulie, gwiazdnice, przetaczniki, jasnoty, chwasty rumianowate, bratek polny, mak polny, komosę białą i inne. W porównaniu do zbóż jarych walka z chwastami metodami niechemicznymi w zbożach ozimych może być trudna z uwagi na brak możliwości stosowania odpowiedniej ilości zabiegów mechanicznych niszczących chwasty w zespole uprawy późniejszej.

Ograniczenie występowania i zwalczanie chorób

W walce z patogenami w uprawie regeneratywnej jęczmienia stosuje się podejście prewencyjne, ściśle związane z umiejscowieniem upraw jęczmienia w płodozmianie. Płodozmian jest skuteczny przeciwko niektórym agrofagom atakującym jęczmień, które mają wąski zakres żywicieli i których chemiczne zwalczanie jest nieskuteczne lub substancje czynne wykorzystywane do zwalczania tych chorób zostały wycofane. Takim przykładem jest zgorzel podstawy źdźbła – grzybowa choroba zbóż wywołana przez gatunki z rodzaju *Gaeumannomyces*. Zazwyczaj przerwa w uprawie jęczmienia 1-2 lata z uprawą pomiędzy roślin fitosanitarnych (dwuliściennych, najlepiej bobowatych) może ograniczyć presję tego patogenu poniżej progu szkodliwości. Innym przykładem jest ostra plamistość oczkowa, zwana także rizoktoniozą zbóż. Jest to choroba wielu roślin zbożowych wywołana przez grzyby *Rhizoctonia solani* i *Ceratobasidium cereale*. Rola płodozmianu i stosowanej agrotechniki w ograniczeniu patogenów grzybowych polega na ograniczeniu możliwości przenoszenia przez gle-

bę inokulum, czyli zarodników grzybów lub fragmentów grzybni, które mogą w sprzyjających warunkach zainicjować chorobę. Źródłem inokulum są najczęściej resztki poźniwne na których bytują grzyby. Dlatego stosowanie zmianowania roślin i przerwy w uprawie roślin żywicielskich sprawia, że resztki w znacznym stopniu ulegają mineralizacji i przy braku dopływu nowych resztek żywiciela populacja grzybów chorobotwórczych może ulec znacznej redukcji.

Płodozmian jest również skuteczny w zmniejszeniu ilości cyst mątwika zbożowego, który oprócz jęczmienia, atakuje również inne gatunki z rodziny traw, w tym owies, pszenicę czy chwasty należące do tej rodziny. W tym przypadku uprawa pomiędzy tymi roślinami gatunków nie będących żywicielami mątwika zbożowego sprawia, że wyklute z cyst osobniki, przy braku żywiciela giną, co zmniejsza presję tego nicienia i porażenie roślin.

Jak opisano wyżej, żywicielami patogenów wywołujących choroby grzybowe są także chwasty z rodziny traw,

a nawet z grupy dwuliściennych, dlatego skuteczna kontrola zachwaszczenia również może pozytywnie wpływać na ograniczenie presji chorób w łanie jęczmienia. Należy przy tym pamiętać, że pozostałości zwalczonych chemicznie chwastów i samosiewów mogą być również mostem dla przenoszenia chorób, zwłaszcza jeśli oprysk chwastobójczy wykonuje się bezpośrednio przed siewem jęczmienia. Osłabione opryskiem chwasty kolonizowane są łatwo przez patogeny i jeśli chwast taki jest żywicielem grzyba wywołującego choroby w jęczmieniu, istnieje duże prawdopodobieństwo infekcji jego zasiewów. Dlatego eliminacja chwastów i samosiewów powinna być zaplanowana odpowiednio wcześniej przed planowanym siewem jęczmienia, by pozostałości chwastów uległy rozkładowi.

Ważnym elementem agrotechniki mającym związek z siłą rozprzestrzeniania się chorób w łanie jest gęstość siewu – zbyt duże zagęszczenie łanu sprzyja rozwojowi chorób grzybowych atakujących jęczmień. Warto również stosować izolację przestrzenną od innych upraw jęczmienia i zbóż porażanych przez te grzyby, które mogą być źródłem ich zarodników.

Uprawa roli i zarządzanie resztkami poźniwnymi mogą być również narzędziem do walki z agrofagami, w tym z ograniczaniem presji grzybów wywołujących choroby jęczmienia. Mechaniczne rozdrabnianie resztek poźniwnych może skutecznie rozrywać strzępki grzybni, przez co spowalnia przepływ aktywności mikrobiologicznej i rozrastanie się grzybni, w konsekwencji ograniczając rozwój chorób, takich jak chociażby rizoktonioza zbóż. Z kolei zaleganie na powierzchni gleby resztek roślinnych zmniejsza ogrzewanie się gleby i zwiększa jej wilgotność, co może sprzyjać namnażaniu się grzybów, które przenoszą – dlatego w rejonach chłodniejszych dobrze wprowadzać technologie uprawy uproszczonej,

które przesuwają resztki przedplonu poza strefę wysiewu nasion. Jeżeli decydujemy się na stosowanie mulczu z poplonów przed uprawą jęczmienia, ważne, aby gatunki wchodzące w skład mieszanki poplonowej miały działanie fitosanitarne dla jęczmienia.

Zrównoważone nawożenie połączone z dbałością o kluczowe fizyczne i biologiczne właściwości gleb są podstawą dla rozwoju zdrowych roślin jęczmienia. Dobrze rozwinięte, silne rośliny cechują się większą odpornością na czynniki chorobotwórcze. Dodatkowo w ocenie odporności jęczmienia na choroby należy brać pod uwagę również różnice odmianowe i stosować w gospodarstwie zmianowanie odmian.

W razie konieczności, część chorób grzybowych w jęczmieniu może być zwalczana przy wykorzystaniu chemicznych środków ochrony roślin, bazujących na określonych substancjach aktywnych aktualnie dopuszczonych do obrotu. Należy jednak pamiętać, że nie ma skutecznych metod chemicznych dla zwalczania wszystkich patogenów i szkodników w uprawie jęczmienia. Chemiczna ochrona roślin w walce z nimi powinna być stosowana w uzasadnionych przypadkach i jako uzupełnienie metod agrotechnicznych.

Jęczmień ozimy może być porażany przez choroby grzybowe już jesienią, dlatego coraz częściej rolnicy stosują również oprysk w fazie T-O (jesienią w jęczmieniu ozimym w fazie krzewienia). Każdy oprysk substancją aktywną przeciw chorobom grzybowym, w tym T-O, powinno stosować się w sytuacji stwierdzenia przekroczenia progu ekonomicznej szkodliwości i wystąpienia w związku z tym stanu zagrożenia plantacji. Oprócz stosowania środków w już rosnącym łanie, stosuje się również zaprawianie nasion, chroniące jęczmień przez chorobami takimi jak głównie czy pasiastość liści jęczmienia.

Ograniczenie występowania i zwalczanie szkodników

W przypadku ograniczania presji szkodników duże znaczenie może mieć termin i gęstość siewu roślin, uprawa gleby, zmianowanie, ale także różnorodność krajobrazu rolniczego i ochrona organizmów pożytecznych (naturalnych wrogów szkodników).

Wczesne wiosenne siewy jęczmienia jarego i nie za wczesne jesienne siewy jęczmienia ozimego mogą w znacznym stopniu ograniczać presję ploniarzy czy niezmiarki. W walce z drutowcami skuteczna jest kilkukrotna uprawa gleby przy ciepłej pogodzie, co

prowadzi do znacznej śmiertelności larw drutowców w spulchnionej i szybko wysychającej glebie. W ograniczaniu presji śmietki ozimówki duże znaczenie ma zarządzanie ścierniskiem, co jest związane z cyklem rozwojowym tego owada. Samice śmietki składają jaja w okresie letnim na odkrytej bądź słabo porośniętej roślinnością glebie, dlatego ściernisko nie powinno być zbyt długo ugorowane. Dobrym rozwiązaniem dla ograniczenia presji śmiatek jest więc szybki wysiew międzyplonów po zbiorze rośliny plonu głównego

w ogniwach przedplon – jęczmień jary.

W podejściu regeneratywnym do ochrony roślin bardzo ważne jest również zadbanie o ochronę organizmów pożytecznych, co wiąże się z odpowiednim kształtowaniem krajobrazu rolniczego. Należy zdawać sobie sprawę, że organizmy pożyteczne rzadko kiedy mają szansę przetrwać na polach uprawnych, dlatego w bliskim sąsiedztwie pól powinny znajdować się biotopy, które są miejscem bytowania i rozrodu tych organizmów. Do elementów takich zaliczyć można różnego typu zadrzewienia śródpolne, niewykaszone przydroża, miedze, bagna i torfowiska, łąki i pastwiska ekstensywnie użytkowane, nieużytki itp. Stwierdzono na przykład, że obecność w bliskim sąsiedztwie pól powierzchni z wcześniej kwitnącą roślinnością, zapewnia nektar dla dorosłych owadów bzygowatych czy złotookowatych oraz warunki do wiosennego rozmnożenia się mszyc, którymi żywią się ich larwy. Wczesnowiosenna kwitnąca roślinność jest niezbędna do wydania kilku pokoleń owadów bzygowatych w ciągu roku i w konsekwencji intensywniejsze ich działanie na pobliskich polach uprawnych. Dorosła samica bzygów składa nawet 1000 jaj w pobliżu kolonii mszyc, z których wylęgają się larwy żywiące się tymi szkodnikami – pojedyncza larwa do chwili przepoczwarczenia może zjeść nawet 700 mszyc. Również larwy złotookowatych są drapieżcami mszyc i innych szkodników – jedna larwa zjada nawet do 100 mszyc oraz poluje na przędziorki. Podobną rolę

w ochronie roślin uprawnych przed mszycami pełnią biedronki czy chrząszcze z rodziny omomiłkowatych – dorosłe owady oraz larwy tych owadów żywią się mszycami. Dzięki temu owady te odwiedzające pola mogą skutecznie zapobiegać szkodom wyrządzanym w uprawach przez mszyce, gdyż naturalnie kontrolują ich populację. Z kolei chrząszcze z rodziny biegaczowatych są skuteczne w niszczeniu jaj i larw muchówek wyrządzających szkody w uprawie jęczmienia. Z tego powodu należy w bliskim sąsiedztwie pól zapewnić miejsca, w których dorosłe owady znajdą dogodne miejsca do przezimowania oraz zdobywania pokarmu i rozmnażania od wczesnych wiosennych miesięcy. Również oszczędna uprawa roli sprzyja bytowaniu pożytecznych owadów na polach uprawnych.

Z kolei bezpośrednio sąsiedztwo upraw na których bytują mszyce może zwiększać ich presję w jęczmieniu – na przykład siew jęczmienia ozimego w sąsiedztwie jeszcze niezebranej plantacji kukurydzy może spowodować przelot mszyc na łan wchodzącego jęczmienia po jej zbiorze i zwiększać ryzyko porażenia jęczmienia przez choroby wirusowe. Dlatego zbyt wczesny siew jęczmienia ozimego nie jest wskazany.

Chemiczne zwalczanie szkodników w jęczmieniu powinno być prowadzone wyłącznie w uzasadnionych przypadkach i po stwierdzeniu przekroczenia progów szkodliwości.

Ograniczenie występowania i zwalczanie szkodników

Odpowiednia organizacja płodozmianu z uwzględnieniem międzyplonów jest ważnym narzędziem zarządzania chwastami w uprawach regeneratywnych.

W regeneratywnym zarządzaniu zachwaszczeniem zdecydowanie stawia się na niechemiczne metody walki z chwastami. Ważnym elementem walki z chwastami są metody mechaniczne, czyli stosowanie uprawek w okresie późniejszym oraz wiosennym, oraz mechaniczna pielęgnacja ładu. W przypadku uprawy jęczmienia jarego po przedplonach wcześniej schodzących z pola, należy wykonać pełen zespół uprawy późniejszej, czyli wykonać co najmniej 2-3 zabiegi płytkiej uprawy roli w odstępach czasowych z użyciem kultywatora, brony talerzowej lub zestawu do uprawy późniejszej. W przypadku siewu jęczmienia po wcześniej schodzących przedplonach należy prowadzić płytkie

uprawy ścierniska w okresie pomiędzy zbiorem przedplonu a siewem oziminy. Długość przerw pomiędzy uprawkami zależy od tempa wschodów siewek chwastów i może być zmienna w zależności od warunków pogodowych. Wiosną, przed siewem jęczmienia jarego należy z kolei wykonać płytką uprawę roli tak wcześnie, jak to tylko możliwe z wykorzystaniem brony, włóki lub zestawów uprawowych. Uprawa bezorkowa rekomendowana dla regeneratywnej uprawy zbóż nie jest uprawą inwersyjną, zatem pojawiające się chwasty kiełkują z banku nasion ograniczonego do powierzchniowej warstwy. Dlatego takie pobudzanie wschodów chwastów z banku nasion znajdującego się w tej warstwie gleby istotnie zmniejsza presję tych agrofagów w przypadku stosowania uprawy bezorkowej. Płytkie uprawy dodatkowo chronią glebową wilgoć w okresie późniejszym i wiosennym, oraz niszczą patogeny i szko-

dniki bytujące na resztkach poźniwnych i przenoszone za ich pośrednictwem.

Mechaniczne zwalczanie chwastów za pomocą płytkich zabiegów spulchniających można prowadzić również w rosnącym łanie jęczmienia jarego i ozimego. Do odchwaszczania wykorzystuje się lekkie brony z ostrymi zębami oraz brony typu chwastownik. Bronowanie jęczmienia jarego wykonuje się kilkukrotnie: pierwsze – po siewie (płytkie na głębokość 1-1,5 cm), drugie – w fazie piórkowania (okres wschodów), kolejne dopiero po wytworzeniu 3-4 liści. Takie podejście do bronowania pielęgnacyjnego wynika z biologii wzrostu jęczmienia – w okresie pomiędzy piórkowaniem a rozwojem 3-4 liści korzenie zarodkowe jęczmienia są wrażliwe na mechaniczne uszkodzenia. W fazie kilku liści jęczmienia tworzą się już węzły krzewienia i rozwijają zaczynają się korzenie przybyszowe, które mocniej zakotwiczą się w glebie, zatem siewki są bardziej odporne na mechaniczne uszkodzenia przez uprawki. W przypadku jęczmienia ozimego zazwyczaj wykonuje się jedynie dwukrotne bronowanie wiosenne z odstępem 10-12 dni, w którym kiełkują nowe siewki chwastów. Odchwaszczające bronowanie w tym okresie może służyć również do wymieszania z glebą zastosowanego wiosną nawozu azotowego. Bronowanie wiosenne zwalcza również łagodne objawy pleśni. Nie należy prowadzić odchwaszczającego bronowania jęczmienia ozimego w okresie jesiennym, z uwagi na ryzyko zbytniego odstąpienia węzłów krzewienia, co może negatywnie wpływać na prezimowanie roślin. Każde bronowanie odchwaszczające powinno wykonywać się ostrożnie i w poprzek lub skośnie do rzędów wysianego jęczmienia. Ważne jest, aby bronować w ciepły, słoneczny dzień w godzinach popołudniowych – w takich warunkach rośliny są bardziej „elastyczne” i odporne na mechaniczne odkształcenia, przez co maleje ryzyko ich uszkodzenia zębami brony. Oczywiście bronowanie wiosenne zalecane jest również w uprawie jęczmienia jarego. Oprócz działania odchwaszczającego wiosenne bronowanie pielęgnacyjne niszczy skorupę glebową, ogranicza straty wilgoci oraz przyspiesza ogrzewanie się gleby.

Metody mechaniczne są również przydatne w zwalczaniu uciążliwego, wieloletniego chwastu zbóż,

jakim jest perz. Skuteczne zwalczanie perzu jest szczególnie ważne na polach, na które planuje się wprowadzenie uprawy bezorkowej w kolejnych latach. Podejście do mechanicznego zwalczania perzu jest nieco inne na glebach lżejszych i cięższych. W przypadku gleb lżejszych ważne jest, aby mechaniczne odperzanie prowadzić w warunkach kilkudniowej słonecznej i ciepłej pogody. Pierwszym krokiem jest podorywka wykonana pługiem na głębokość większą niż rozłogi perzu. Obrócone skiby pozostawia się do przeschnięcia i następnie wykonuje się dwukrotne kultywatorowanie kultywatorrem sprężynowym na krzyż w celu wyciągnięcia rozłogów perzu na powierzchnię gleby. Rozłogi zostawia się na przeschnięcie i usuwa z pola za pomocą kultywatora bądź brony. Następnie wykonuje się głęboką orkę z przedpłużkiem w celu przykrycia pozostałości rozłogów perzu glebą. Głębokie przykrycie fragmentów rozłogów znacząco ogranicza wschody perzu i jego odnowienie. Na cięższych glebach w pierwszej kolejności należy pociąć rozłogi perzu za pomocą brony talerzowej (dwukrotne talerzowanie pola na krzyż). Następnie należy poczekać na wschody perzu, w trakcie których młode rośliny zużywają substancje odżywcze zgromadzone w krótkich odcinkach rozłogów. Po zazielenieniu się pola, zanim rośliny zdążą zgromadzić nowe materiały zapasowe w rozłogach, należy wykonać głęboką orkę z przedpłużkiem – z uwagi na zużycie substancji zapasowych z fragmentów rozłogów bez asymilacji nowych wschody perzu z głębszych warstw gleby będą znacznie ograniczone.

Należy pamiętać, że w podejściu regeneratywnym nie powinno się polegać wyłącznie na chemicznej ochronie roślin przed chwastami. Ochrona chemiczna powinna być stosowana zgodnie z kodeksem dobrej praktyki rolniczej, przy odpowiedniej temperaturze i aury oraz we wczesnych fazach rozwojowych chwastów, co zwiększa jej efektywność. Chemiczne odchwaszczanie powinno być w razie konieczności uzupełnieniem innych metod walki z chwastami. W przypadku jęczmienia ozimego chemiczne odchwaszczanie łanu powinno prowadzić się w okresie jesiennym. Wiosenne traktowanie roślin substancjami aktywnymi może być źródłem stresu i zakłócać ich rozwój.

3.9

Regulacja wzrostu i rozwoju roślin

Podstawą regulacji wzrostu i rozwoju roślin jest zachowanie optymalnych parametrów i terminów agrotechnicznych siewu i nawożenia roślin. Na przykład uprawa jęczmienia pastewnego, zarówno jarego, jak i ozimego w zbyt gęstym siewie i dobrym stanowisku w połączeniu z wysokimi dawkami azotu może doprowadzić do zwiększenia podatności roślin na wyleganie. Również zbyt wczesne siewy jęczmienia ozimego w warunkach ciepłej wydłużającej się jesieni mogą spowodować nadmierny wzrost jęczmienia i większą

jego podatność na choroby grzybowe i gorsze przeziimowanie. W takich sytuacjach, by zapobiec wyleganiu i poprawić kondycję plantacji można zastosować antywylegacze w fazie rozwoju liści (BBCH 12-14) oraz w fazie strzelania w źdźbło do rozwoju liścia flagowego (BBCH 30-49). Przy bardziej intensywnej uprawie jęczmienia przydatne są także odmiany odporne na wyleganie, jednak podstawą mimo wszystko powinno być stosowanie optymalnej agrotechniki i dobór odmian.



Zbiór i przechowanie

3.10

Dbłość o jakość zbioru i przechowywania ziarna ma kluczowe znaczenie w przypadku uprawy jęczmienia browarnego. Ziarno na cele browarne powinno być zdrowe, a także pozbawione uszkodzeń. Uszkodzenia ziarna mogą dotyczyć zarodków, co bezpośrednio wpływa na

zdolność ziarna do kiełkowania. Z uwagi, że przy słodowaniu kluczowym procesem jest podkiełkowanie ziarniaków, ziarno powinno cechować się wysoką energią kiełkowania – powyżej 95%.

Aby zachować wymogi wysokiej energii kiełkowania – powyżej 95%, w czasie zbioru i przechowywania ziarna jęczmienia browarnego należy postępować według następujących zasad:

- zbiór wykonać po osiągnięciu przez łan dojrzałości martwej i przy wilgotności ziarna 14-15%;
- odpowiednio ustawić parametry kombajnu i kontrolować je w trakcie zbioru;
- zbyt wilgotne ziarno należy dosuszyć w temperaturze maksymalnie 40°C;
- w trakcie przechowywania należy regularnie przewietrzać masę ziarna oraz kontrolować pojawianie się szkodników magazynowych uszkadzających zarodki (np. rozkruszk).

Ziarno zbierane w warunkach zbyt wysokiej wilgotności, uszkodzone, niewykształcone prawidłowo czy

niedojrzałe, nie nadaje się dla przemysłu piwowarskiego, jedynie na cele paszowe lub energetyczne.



ZESTAWIENIE PRAKTYK I ANALIZA KORZYŚCI



Jęczmień to gatunek posiadający wiele zalet i dobrze przystosowujący się do zmiennych warunkach siedliska oraz przydatny do różnych kierunków użytkowania.

Zarówno jara, jak i ozima forma jęczmienia należą do upraw wcześniej schodzących z pola, co stwarza dobre warunki do wysiewu wczesnych ozimin, wczesnego wysiewu międzyplonów oraz stosowania wsiewek. W uprawie regeneratywnej jęczmienia powinno się zwracać uwagę na aspekty, które łączą ze sobą produkcję wysokich plonów dobrej jakości oraz dbałość o zdrowie gleb i całego agroekosystemu:

- należy zapewnić jęczmieniowi odpowiednie stanowisko w płodozmianie, które jest nieco odmienne dla form ozimych i jarych oraz jęczmienia uprawianego na cele pastewne i browarniane. Bez względu na formę i kierunek użytkowania, jęczmień powinno uprawiać się po przedplonach niezbożowych, co jest bardzo istotne w ograniczeniu presji agrofagów i w konsekwencji poprawy warunków wzrostu roślin oraz zmniejsza konieczności stosowania pestycydów,
- w ogniwach zmianowania wcześniej schodzący przedplon – jęczmień jary należy uprawiać wielogatunkowe mieszanki międzyplonów ścierniskowych. Rośliny uprawiane przed jęczmieniem powinny mieć na niego korzystny wpływ fitosanitarny,
- stosowanie różnych wariantów uprawy bezorkowej. Uproszczenia uprawowe należy wprowadzać na pola wolne od silnej presji chwastów, zwłaszcza jednoliściennych (w tym wieloletniego perzu) oraz w warunkach prawidłowo ułożonego płodozmiannu. Uprawa bezorkowa sprzyja gromadzeniu materii organicznej w glebach, ochronie struktury gleby i poprawie retencji wody w glebach uprawnych,
- należy dbać o elementy krajobrazu, które wspierają retencję wody glebowej oraz bioróżnorodność pól uprawnych,
- zachowanie optymalnych terminów i parametrów siewu, w tym gęstości i głębokości wysiewanych nasion. Optymalizacja agrotechniki w tym aspekcie w połączeniu

z dobrą jakością materiału siewnego sprzyja rozwojowi silnych roślin z mocno rozwiniętym i głęboko sięgającym systemem korzeniowym, które dobrze wykorzystują stanowisko oraz są odporne na stresy środowiskowe takie jak niedobory wilgoci czy presja agrofagów,

- racjonalne nawożenie jęczmienia powinno opierać się na wiedzy o potrzebach pokarmowych rośliny, spodziewanych plonach, wartości nawozowej stosowanych pod jęczmień, jak i pod przedplon jęczmienia nawozów naturalnych oraz organicznych, które poprawiają bilans materii organicznej oraz zasobność i zdrowie gleb. Nawożenie mineralne powinno być stosowane uzupełniając i opierać się na regulacji odczynu gleb oraz wiedzy o ilości i jakości składników pokarmowych znajdujących się aktualnie w glebie (kompleksowa analiza gleb) i potrzebach pokarmowych jęczmienia w danych warunkach glebowych (potencjalny poziom plonowania i stan plantacji),

- wspieranie zdrowotności roślin oraz walka z agrofagami w pierwszej kolejności powinna opierać się na metodach niechemicznych, takich jak prawidłowo ułożony płodozmian, zabiegi mechaniczne, dobór odmian, wspieranie organizmów pożytecznych poprzez odpowiednie kształtowanie krajobrazu rolniczego. Środki ochrony roślin powinny być stosowane w uzasadnionych przypadkach z dbałością o efektywność ich działania.

Stosowanie zasad uprawy regeneratywnej w praktyce może znacząco poprawić warunki wzrostu roślin przy jednoczesnym spadku nakładów ponoszonych na nawożenie mineralne czy różnego rodzaju środki ochrony roślin, co niesie ze sobą liczne korzyści produkcyjne oraz środowiskowe. Dlatego regeneratywne metody uprawy znajdują zastosowanie w uzyskaniu wysokich i dobrej jakości plonów jęczmienia ozimego i jarego w rolnictwie zrównoważonym.

W uprawie regeneratywnej jęczmienia powinno się zwracać uwagę na aspekty, które łączą ze sobą produkcję wysokich plonów dobrej jakości oraz dbałość o zdrowie gleb i całego agroekosystemu.

Literatura:



1. **Dz.U. 2013 poz. 616.** Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 22 maja 2013 r. w sprawie minimalnej ilości materiału siewnego, jaka powinna być użyta do obsiania lub obsadzenia 1 ha powierzchni gruntów orných.
2. **Dz.U. 2018 poz. 1339.** Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”.
3. **Budzyński W. (2005).** Jęczmień browarny. W: *Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych: praca zbiorowa*. Chotkowski J. red. Wyd. Wieś Jutra.
4. **Dziadowiec H. (1993).** Ekologiczna rola próchnicy glebowej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. z. 411, 270-272.
5. **Dzienia S., Szarek P., Koszarska A. (2001).** Uproszczenia w uprawie roli a plonowanie roślin. *Nauka-Gospodarcze*. AR w Szczecinie, Szczecin.
6. **Dzienia S., Zimny L., Weber R. (2006).** Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.* 23(2), 227–241
7. **Fotyma M., Mercik S. (1995).** *Chemia rolna. Wyd. drugie zmienione*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
8. **Gąsiorowski H. red. (1997).** Jęczmień. *Chemia i technologia*. PWRiL, Poznań.
9. **Grzebisz W. (2009).** Nawozy organiczne. W: *Nawożenie roślin uprawnych, Cz. I. Nawozy i systemy nawożenia*, PWRiL, Poznań.
10. **Grzebisz W. (2009).** Nawozy organiczne. W: *Nawożenie roślin uprawnych, Cz. II. Nawozy i systemy nawożenia*, PWRiL, Poznań.
11. **Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K., Vorlet M. (1998).** *Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej*. PWRiL, Warszawa.
12. **Hołubowicz-Kliza G. (2010).** *Uprawa poplonów. Instrukcja upowszechnieniowa 166*, IUNG-PIB, Puławy.
13. **Hołubowicz-Kliza G. (2023).** *ABC wysiewu zbóż – tablice norm wysiewu. Inst. upowsz. 250*, IUNG-PIB, Puławy.
14. **Horoszkiewicz-Janka J., M. Korbas, M. Mrówczyński red. (2017).** *Metodyka integrowanej ochrony i produkcji jęczmienia ozimego i jarego dla doradców*. IOR Poznań.
15. **IOR-PIB. (2010).** *Ochrona jęczmienia jarego przed szkodnikami, chorobami i chwastami w gospodarstwach ekologicznych*, IOR-PIB Poznań.
16. **Jadczyżyn T. (2013).** *Dobre praktyki w nawożeniu użytków rolnych*. Wyd. CDR, Radom.
17. **Jasińska Z., Kotecki A. red. (2003).** *Szczegółowa uprawa roślin*, Wyd. AR Wrocław.
18. **Kaniuczak Z., Bereś P. K., Tekiel A. Krawczyk R., Nijak K. (2010).** *Ochrona jęczmienia jarego przed szkodnikami, chorobami i chwastami w gospodarstwach ekologicznych*. IOR-PIB, Poznań.
19. **Korbas M., Mrówczyński M. red. (2012).** *Metodyka integrowanej ochrony jęczmienia ozimego i jarego dla producentów*. IOR-PIB Poznań.
20. **Kropisz A. (1997).** *Nawozy. W: Uprawa roli i nawożenie roślin ogrodniczych*. Starck J. R. red. PWRiL, Warszawa.
21. **Kuś. J., Martyniuk S. Duer I., Krasowicz S., Smagacz J., Mróz A. (1998).** *Agrotechniczne metody ograniczenia ujemnych następstw zwiększonego udziału zbóż w płodozmianie. Materiały szkoleniowe 70/98*, Puławy.
22. **Maćkowiak Cz. (1998).** *Słoma jako nawóz w gospodarstwie bezinwentarzowym*. *Wieś Jutra*, 5, 46-48.

23. Maćkowiak Cz. (1999). *Gnojowica - jej właściwości i zasady stosowania z uwzględnieniem ochrony środowiska. Materiały szkoleniowe nr 75/99.* IUNG, Puławy.
24. Maćkowiak Cz., Żebrowski J. (2000). *Skład chemiczny obornika w Polsce. Nawozy i Nawożenie. Rok II, 4(5),* IUNG.
25. Maćkowiak Cz. (2004). *Zasady stosowania nawozów naturalnych i organicznych w świetle aktualnych regulacji przepisów. W: Poprawa efektywności wykorzystania składników nawozowych w gospodarstwach rolnych na Mazowszu.* Rzepiński W. red., Wyd. ODR.
26. *Normatywy Produkcji Rolniczej – Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie.* <https://poznan.cdr.gov.pl/normatywy/>.
27. Noworolnik K. (2005). *Jęczmień jary (pastewny). W: Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych: praca zbiorowa.* Chotkowski J. red. Wyd. Wieś Jutra.
28. Noworolnik K., Leszczyńska D. (2011). *Integrowana uprawa mieszanin odmian jęczmienia ozimego na cele pastewne. Inst. upowsz. 190,* IUNG-PIB, Puławy.
29. Pisulewska E. (2005). *Jęczmień ozimy. W: Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych: praca zbiorowa.* Chotkowski J. red. Wyd. Wieś Jutra.
30. Rayne, N., Aula, L. (2020). *Livestock Manure and the Impacts on Soil Health: A Review. Soil Systems, 4(4), 64.*
31. Rozbicki J. (1994). *Jęczmień. Uprawa na cele browarne, konsumpcyjne i paszowe.* MODR Bartoszewice.
32. Słabński A. (1976). *Jęczmień ozimy i jary.* PWRiL, Warszawa.
33. Szempliński W., Budzyński W., Bielski W. (2020). *Jęczmień. W: Uprawa roślin. Tom II. Red. Kotecki A. Wyd. UP we Wrocławiu.*
34. Ullrich S. E. (2011). *Barley_ Production, Improvement, and Uses (World Agriculture Series),* Wiley-Blackwell.
35. VDLUFA. (2014). *Humusbielanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland.* Wyd. VDLUFA.
26. Walczak J. red. (2019). *Wdrażania Dyrektywy NEC oraz konkluzji BAT w zakresie redukcji emisji amoniaku z rolnictwa.* Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa. Wyd. Naukowe Scholar.
27. Yau, S.-K., Nimah, M., Farran, M. (2011). *Early sowing and irrigation to increase barley yields and water use efficiency in Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, 98(12), 1776–1781.*

Poznań 2023



Co-funded by the
European Union