Zaolejenie nasion rzepaku

Ekspertyza przygotowana dla Polskiego Stowarzyszenia Producentów Oleju

Sfinansowano z Funduszu Promocji Roślin Oleistych

Autorzy

prof. UPP dr hab. Witold Szczepaniak

prof. dr hab. Jerzy Tys

mgr Mariola Chmielewska

Opracowanie redakcyjne

dr Michał Gazdecki

Jolanta Gracz

Korekta tekstu

Paulina Kaczmarek

Sfinansowano z Funduszu Promocji Roślin Oleistych

Spis treści

Streszczenie 4

Wstęp 5

1. Przerób rzepaku i produkcja oleju surowego 6

2. Zawartość tłuszczu w odmianach rzepaku 9

3. Rozwój roślin a kształtowanie plonu i jakości nasion rzepaku 16

4. Wybrane zagadnienia agrotechniki rzepaku 26

5. Wymagania pogodowe i nawozowe rzepaku a poziom zaolejenia 32

6. Termin i technologia zbioru a jakość nasion i zawartość oleju 36

7. Jakość oleju a sposób zbioru rzepaku 51

8. Dorodność nasion a zawartość i jakość oleju 53

9. Wpływ chorób i szkodników występujących w rzepaku na zaolejenie nasion 56

10. Warunki meteorologiczne a wartość technologiczna nasion rzepaku 60

11. Wnioski 67

12. Załączniki 69

12.1. Rola tłuszczu w organizmie człowieka 69

12.2. Struktura tłuszczów roślinnych 70

12.3. Warunki suszenia a jakość nasion 72

12.4. Warunki przechowywania 73

12.5. Przykładowy profil kwasów tłuszczowych zależnie od rodzaju surowca użytego do produkcji 77

13. LITERATURA 78

14. Słowniczek pojęć 81

15. Spis rysunków 82

16. Spis tabel 84

17. Spis fotografii 85

Streszczenie

W Polsce w latach 2015–2020 stwierdzono spadek uzysku oleju z rzepaku w przedsiębiorstwach przetwórczych (z około 44% do około 40%). Przyczyn tego zjawiska można upatrywać w czynnikach zewnętrznych, tj. pogoda (temperatura oraz opady) lub w kwestiach agrotechnicznych związanych z działaniami rolnika (np. nawożeniem czy ochroną). Błędy popełnione w trakcie uprawy rzepaku mogą powodować, że uzyskane nasiona będą charakteryzować się niepełną dojrzałością, czyli słabszym zaolejeniem, małą MTN, wysoką zawartością chlorofilu oraz niekorzystnym dla zdrowia profilem kwasów tłuszczowych. Zaolejenie nasion rzepaku jest złożonym problemem, którego wyjaśnienie wymaga uwzględnienia wielu zmiennych mających wpływ na tę cechę nasion. Biorąc pod uwagę zgromadzony materiał, jako główne przyczyny zmniejszenia zaolejenia rzepaku w Polsce można wskazać: czynniki pogodowe (zwłaszcza suszę w końcowym okresie wegetacji, nieodpowiednią ilość opadów i niekorzystny ich rozkład), cechy odmianowe nasion oraz nawożenie.

Wstęp

Rzepak jest jedną z roślin uprawnych, które w Polsce mają za sobą okres znaczącego rozwoju. Na początku obecnego stulecia powierzchnia jego uprawy wynosiła około 0,5 mln ha i dynamicznie się zwiększała. Po roku 2010 tempo wzrostu powierzchni uprawy spadło, ale w roku 2021 powierzchnia uprawy tej rośliny osiągnęła około 1 mln ha. Tym samym w 2020 r. Polska stała się jednym z wiodących europejskich producentów rzepaku, zajmując trzecią pozycję.

Wraz z rozwojem powierzchni uprawy w Polsce zwiększał się potencjał przerobu nasion rzepaku i produkcji oleju rzepakowego. Można zauważyć, że przez wiele lat tempo wzrostu przerobu rzepaku było wyższe niż tempo wzrostu powierzchni jego uprawy. Potwierdza to znaczące inwestycje, jakie dokonały się w sektorze przerobu nasion oleistych w Polsce. Wskazując również na uzupełnianie bazy surowcowej dla nasionami pochodzącymi z importu.

W tej sytuacji niepokojące są dane dotyczące spadku uzysku oleju przez przedsiębiorstwa branży przetwórczej, który miał miejsce w ostatnich latach. Może to być spowodowane przez różne czynniki, wśród których należy wymienić parametry surowca użytego do przetwórstwa. Rozpoznanie przyczyn malejącego poziomu zaolejenia rzepaku jest szczególnie istotne z punktu widzenia przedsiębiorstw przetwarzających, ale także rolników i podmiotów, które biorą udziału w handlu rzepakiem.

W niniejszym opracowaniu omówiono czynniki, które determinują poziom zaolejenia rzepaku, wraz z opisem zmian tych czynników w latach 2010–2020 w Polsce. Na tej podstawie podjęto próbę wskazania czynników, które w największym stopniu mogą wpływać na obserwowany w Polsce spadek zaolejenia nasion rzepaku.

Opracowanie ma charakter analizy eksperckiej, którą przygotowano na podstawie wieloletnich badań i obserwacji oraz danych wtórnych, gromadzonych i udostępnianych przez jednostki publiczne oraz komercyjne.

W części pierwszej opracowania przedstawiono elementy fizjologii rzepaku, natomiast w części drugiej charakterystykę oraz zmienność czynników, które decydują o zawartości oleju w nasionach. Opisane zostały zarówno czynniki, które mogą być modyfikowane przez rolnika (zabiegi uprawowe, ochrona roślin, nawożenie, zbiór), jak i czynniki pogodowe.

1. Przerób rzepaku i produkcja oleju surowego

Z danych przerobowych firm członkowskich PSPO[1] (tab. 1) jednoznacznie wynika, że produkcja oleju surowego w latach 2010–2020 zależała głównie od ilości przerobionego surowca (rys. 1). Szczegółowa analiza uzyskanych wyników wykazała jednak, że zarówno udział oleju surowego, jak i śruty i makuchu w przerobie były zmienne w omawianych sezonach (rys. 2). Na uwagę zasługuje fakt, że największy udział oleju surowego w przerobionym surowcu uzyskano w sezonie 2014/2015, po czym w kolejnych latach notowano znacząco niższe wartości tego parametru, co obrazuje regresja liniowa (rys. 3).

Przeprowadzona obserwacja danych przerobowych firm członkowskich PSPO wskazuje na to, że w analizowanych latach notowano ujemny trend udziału oleju surowego w przerobionym rzepaku (szczególnie niskie wartości tego parametru odnotowano w sezonie 2019/2020), co pośrednio świadczy o spadku zawartości oleju w nasionach (w produktach ubocznych, śrucie poekstrakcyjnej czy też makuchu pozostaje zawsze pewna ilość tłuszczu). Dlatego w poszczególnych częściach opracowania podjęto próbę wyjaśnienia tego zjawiska.

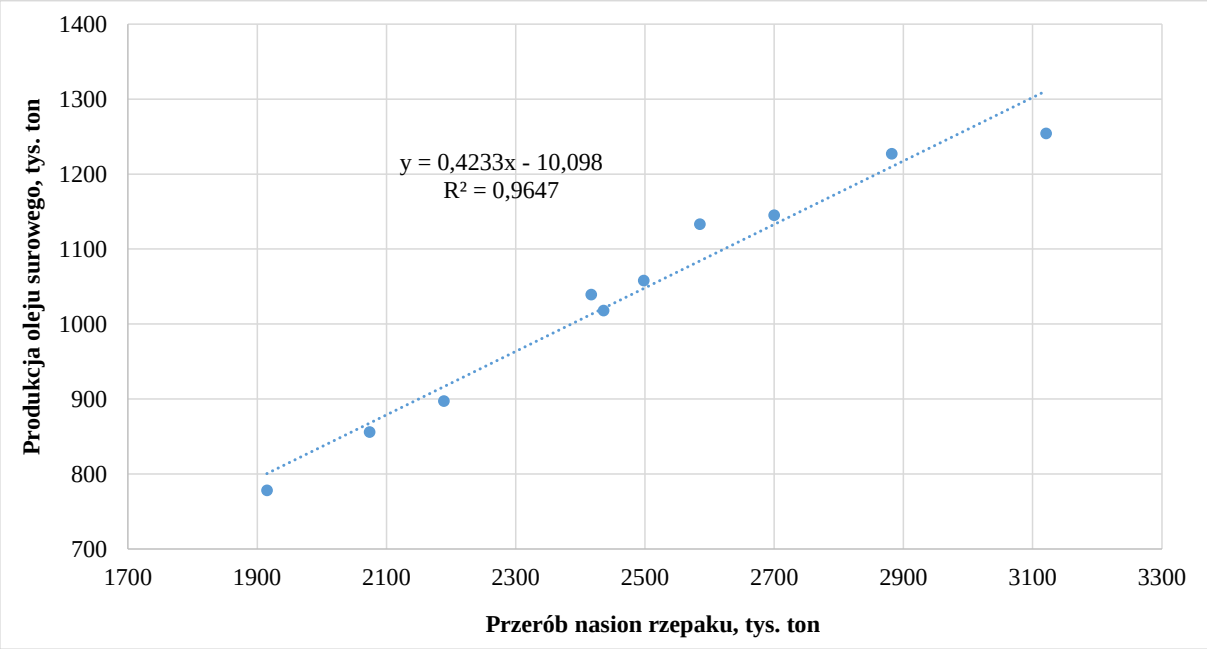
Tabela 1. Dane przerobowe firm członkowskich PSPO (tys. t)

Sezon	Przerób rzepaku	Produkcja oleju surowego	Produkcja oleju rafinowanego	Produkcja śruty	Produkcja makuchu
2010/2011	2189	897	438	1187	90
2011/2012	1915	778	340	1016	81
2012/2013	2074	856	392	1125	74
2013/2014	2436	1018	410	1320	84
2014/2015	2585	1133	424	1405	27
2015/2016	2417	1039	419	1326	25
2016/2017	2498	1058	400	1405	20
2017/2018	2700	1145	436	1500	37
2018/2019	2882	1227	448	1578	64
2019/2020	3121	1254	464	1744	87

Źródło: PSPO.

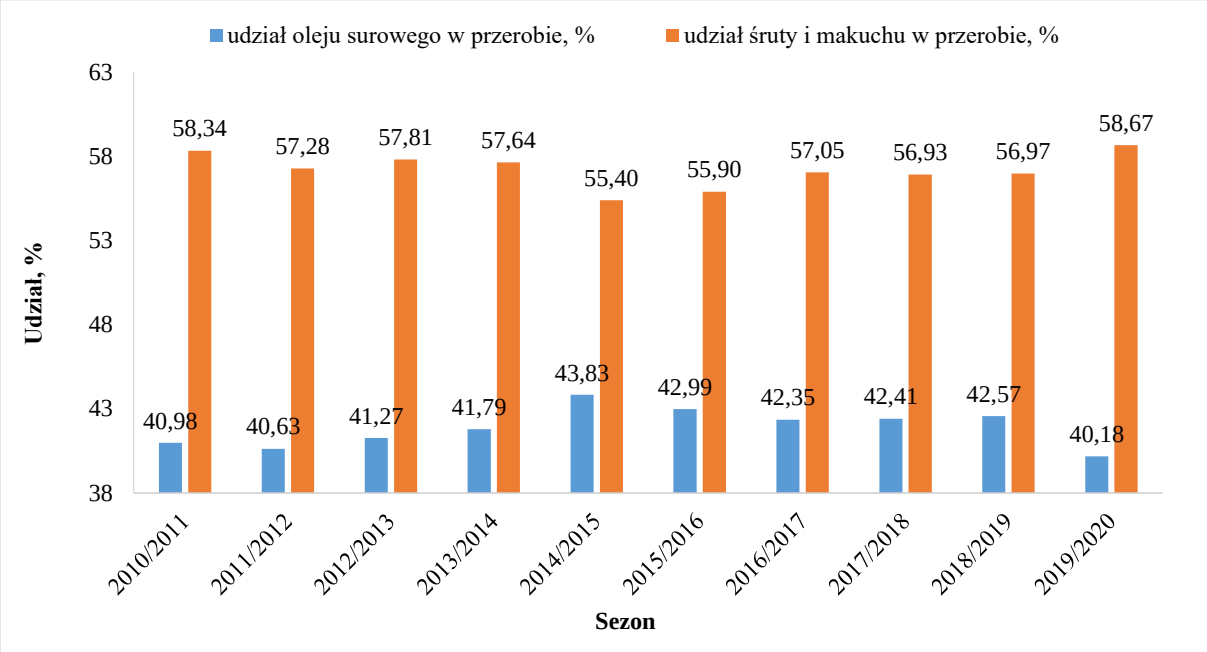
[1] PSPO – Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju.

Rys. 1. Zależność produkcji oleju surowego od przerobu nasion rzepaku (tys. t)



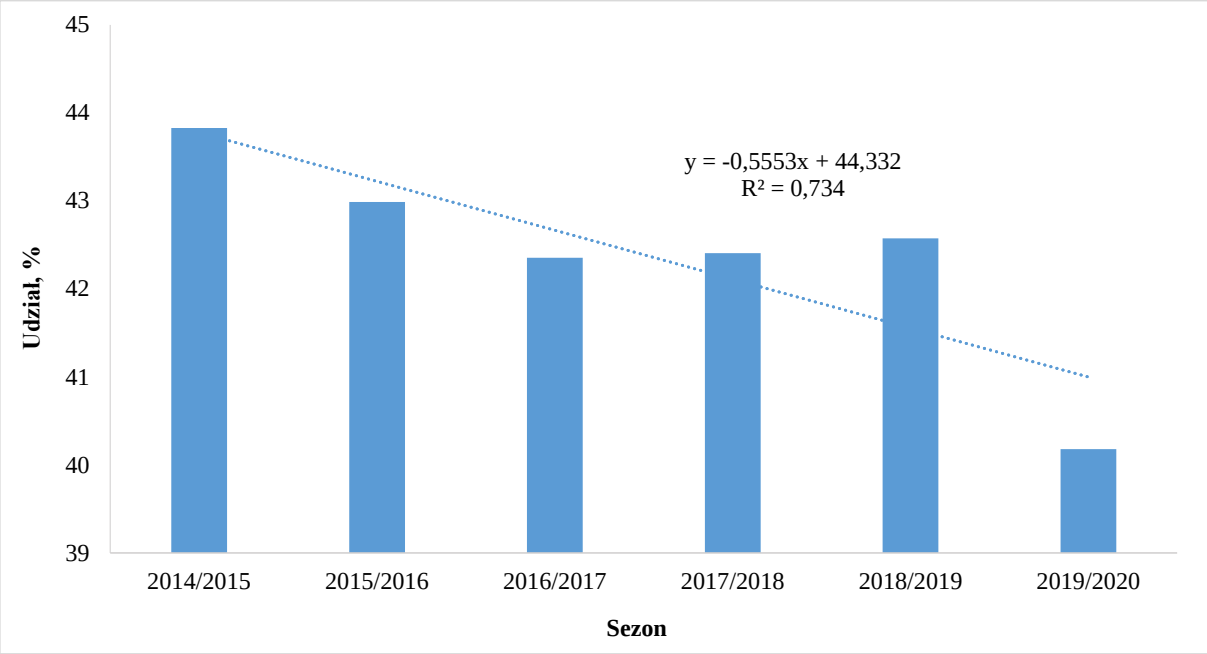
Źródło: PSPO.

Rys. 2. Udział (%) oleju surowego oraz śruty i makuchu w przerobie w sezonach 2010/2011–2019/2020



Źródło: PSPO.

Rys. 3. Udział (%) oleju surowego w przerobie w sezonach 2014/2015–2019/2020



Źródło: PSPO.

2. Zawartość tłuszczu w odmianach rzepaku

Zawartość tłuszczu surowego w nasionach jest cechą gatunkową i odmianową, która tylko w pewnym stopniu podlega działaniu czynników naturalnych i agrotechnicznych. Odgrywają one jednak istotną rolę w kształtowaniu jakości nasion, co wykazano w dalszej części opracowania.

Należy podkreślić, że wybór właściwej odmiany do uprawy nie jest prosty. W krajowym rejestrze co roku przybywa odmian (w 2022 r. znajduje się w nim 148 odmian rzepaku ozimego, 29 populacyjnych i 119 mieszańcowych), a oferta firm hodowlanych i dystrybutorów jest coraz bogatsza. Jednak nie wszystkie odmiany, z których rolnicy mogą skorzystać, są sprawdzone w naszych warunkach glebowo-klimatycznych. Wynika to z braku obowiązku rejestracji odmian w kraju, w którym oferuje się je do sprzedaży. Dlatego też uprawa odmian, których nie ma w krajowym rejestrze, zawsze obarczona jest większym ryzykiem. Jednocześnie trzeba mieć na uwadze, że dobrym źródłem informacji o właściwościach poszczególnych odmian zarejestrowanych w Polsce oraz ich przydatności do konkretnych warunków uprawy są wyniki PDO[2] Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego. COBORU[3] publikuje listy odmian zalecanych do uprawy dla poszczególnych województw oraz szczegółowe wyniki badań każdej odmiany przeprowadzone w lokalnych stacjach badawczych. Dobrym źródłem informacji o odmianach są też organizowane przez hodowców oraz dystrybutorów „dni pola", na których można osobiście przekonać się o potencjale plonotwórczym prezentowanych odmian, a także wzbogacić swoją wiedzę na temat ich uprawy (nawożenie, ochrona itp.).

Dobór odmiany do uprawy w pierwszej kolejności sprowadza się do wyboru jej typu. W ostatnich latach w Polsce znacząco zwiększyła się powierzchnia odmian mieszańcowych oraz spadła odmian populacyjnych (rys. 4). Materiał siewny odmian mieszańcowych powstaje wskutek krzyżowania linii rodzicielskich. Ich potencjał bazuje na szerszym materiale genetycznym, w efekcie mają one większy potencjał regeneracyjny oraz zdolności adaptacyjne niż odmiany populacyjne. W wyniku krzyżowania linii rodzicielskich u mieszańców powstaje efekt heterozji, co prowadzi do wytworzenia przez rośliny silnego systemu korzeniowego oraz dużej biomasy nadziemnej. Uprawiane w optymalnych warunkach plonują średnio o 10–15% wyżej w porównaniu do odmian populacyjnych. Porównanie odmian mieszańcowych

[2] PDO – Porejestrowe Doświadczalnictwo Odmianowe.

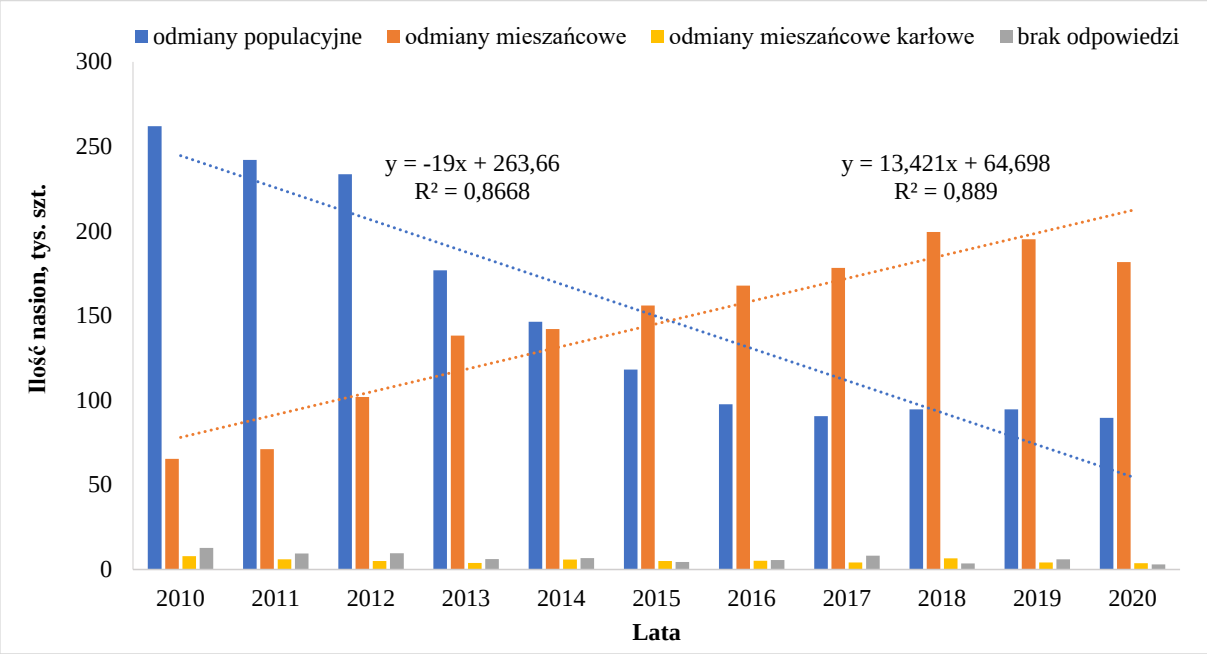
[3] COBORU – Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych.

i populacyjnych przedstawiono w tabeli 2. Jedną z prezentowanych różnic jest norma wysiewu w warunkach Polski (rys. 5). Jednocześnie warto podkreślić, że w ostatnich latach odnotowano spadek ilości nasion wysiewanych na hektar, co odzwierciedlają linie trendu na rysunku (w większym stopniu dotyczył on odmian populacyjnych). W porównaniu przedstawionym w tabeli 2 nie ma informacji o zaolejeniu nasion, ponieważ jest to cecha odmianowa, a nie typu odmian. Zarówno wśród odmian populacyjnych, jak i mieszańcowych notuje się różnice zawartości tłuszczu w nasionach, które dodatkowo są zależne od warunków środowiskowych, mogą więc być zmienne w latach (tab. 3). W tym miejscu warto przypomnieć, że odmianę wpisuje się do KR[4] po przeprowadzeniu wymaganych badań, prowadzonych przez COBORU. Badania dotyczą odrębności, wyrównania i trwałości (OWT) oraz wartości gospodarczej (WGO). Pierwsze są realizowane w dwóch miejscowościach przez okres 2–3 sezonów wegetacyjnych, a ich pozytywny wynik jest warunkiem koniecznym dodania wpisu odmiany do KR. Natomiast wartość gospodarczą odmian (WGO) określa się na podstawie ścisłych doświadczeń polowych, wykonywanych według specjalnie opracowanej metodyki. Doświadczenia polowe prowadzone są w sieci 24 stałych punktów (stacji i zakładów) doświadczalnych COBORU, które są rozmieszczone w całym kraju i reprezentują podstawowe siedliska przyrodniczo-rolnicze występujące w Polsce. Regułą jest badanie nowych odmian na tle odmian wzorcowych wyznaczonych przez COBORU na dany sezon. Zasadniczo przed zarejestrowaniem odmiany stosowany jest dwuletni okres prowadzenia badań. Wydłuża się on do trzech lat, w sytuacji gdy dwuletnie wyniki WGO nie są jednoznaczne, przykładowo zmienne w latach. Uzupełnienie oceny stanowią badania laboratoryjne zawartości tłuszczu, glukozynolanów, a także białka i włókna w nasionach ze zbioru doświadczeń. Wyniki badań polowych i laboratoryjnych stanowią główne kryterium rejestracji danej odmiany. Umożliwiają także opracowanie charakterystyk rolniczo użytkowych nowo rejestrowanych odmian. Generalnie wartość rolniczo-użytkowa odmian rzepaku ozimego w badaniach określana jest na podstawie wielkości i jakości plonu nasion. Zwraca się uwagę również na stabilność plonowania w kolejnych sezonach wegetacyjnych. Natomiast spośród innych cech użytkowych podstawowe znaczenie ma zimotrwałość, a także odporność na patogeny. Ponadto nowe odmiany zgłoszone do KR muszą spełnić warunki progowe dotyczące zawartości kwasu erukowego (poniżej 1% w s.m.) i glukozynolanów (mniej niż 15 µM/1 g s.m. nasion). Jednocześnie zawartość tłuszczu zasadniczo nie powinna być niższa niż średnia dla odmian

[4] KR – Krajowy Rejestr.

wzorcowych. Zatem w ostatnich latach generalnie rejestrowane są nowe odmiany, które plonują powyżej wzorca, a także cechują się pożądanymi właściwościami, przykładowo dużą zawartością tłuszczu czy też większą niż inne odmiany odpornością na podstawowe choroby. W świetle przedstawionych informacji można wykluczyć, że jedną z przyczyn spadku zaolejenia nasion rzepaku notowanego w ostatnich latach jest niska jakość technologiczna odmian z KR. Warto podkreślić, że w badaniach PDO w ostatnich latach (poza rokiem 2021) średnia zawartość tłuszczu w nasionach odmian wzorcowych systematycznie spadała (tab. 4), ale na zaolejenie nasion wpływ mają między innymi także warunki środowiskowe. Najniższą wartość tego parametru odnotowano w 2020 roku, mimo że DK Expiro zastąpiono odmianą Duke (tab. 5), która odznaczała się wyższą zawartością tłuszczu w nasionach w stosunku do wzorca (odmiana DK Expiro w latach 2017–2019 miała o 0,4–1,0% niższą zawartość tłuszczu niż wzorzec, natomiast odmiana Duke w 2020 roku miała o 0,2% wyższą jego zawartość).

Rys. 4. Ilość nasion wysianych typów odmian w latach 2010–2020



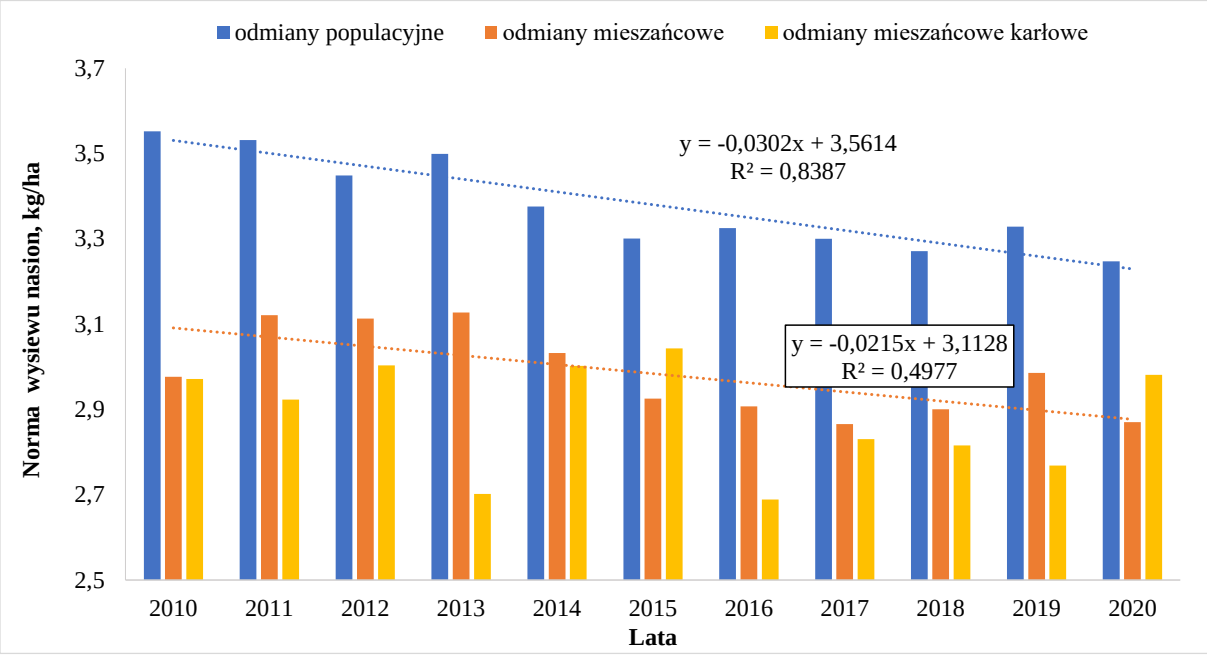
Źródło: Kynetec.

Tabela 2. Porównanie odmian mieszańcowych i populacyjnych rzepaku

Cecha	Odmiany mieszańcowe	Odmiany populacyjne
Stanowisko	Lepsze efekty w intensywnej uprawie	Mniej wymagające
Termin siewu	Większa tolerancja na opóźniony siew	Wskazany optymalny termin siewu
Norma wysiewu	Mniejsza	Większa
Wrażliwość na warunki stresowe	Mniejsza	Większa
Zbiór	Utrudniony ze względu na dużą biomasę	Łatwiejszy
Poziom plonowania	Większy (10–15%)	Mniejszy

Źródło: Korbas i in., 2017.

Rys. 5. Norma wysiewu typów odmian w latach 2010–2020



Źródło: Kynetec.

Tabela 3. Zawartość tłuszczu (%) w dwóch typach odmian rzepaku w latach 2019 i 2020

Typ odmiany	2019	2020
Populacyjna – Valegro	41,02	44,75
Mieszańcowa – Atora	42,22	44,12

Źródło: badania własne.

Tabela 4. Zawartość tłuszczu – wyniki PDO w latach 2016–2021

Lata	Wzorzec (%)	Odchylenia od wzorca – odmiany (%)	Zakres
2016	44,7	- 2,1 do 1,3	42,6 do 46,0
2017	44,4	- 1,5 do 1,8	42,9 do 46,2
2018	43,6	- 1,5 do 1,0	42,1 do 44,6
2019	42,0	- 1,7 do 1,3	40,3 do 43,3
2020	41,6	- 2,8 do 1,3	38,8 do 42,9
2021	43,3	- 2,4 do 1,1	40,9 do 44,4

Przy wilgotności nasion 9%; średnia z lokalizacji rozmieszczonych w całym kraju.
Źródło: COBORU.

Tabela 5. Odmiany stanowiące wzorzec w badaniach PDO w latach 2016–2021

Lata	Odmiany
2016	*ES Valegro, *Monolit, **Arsenal, **Atora
2017	*ES Valegro, *Marcelo, **Atora, **DK Expiro
2018	*ES Valegro, *SY Ilona, **Architect, **DK Expiro
2019	*ES Valegro, *SY Ilona, **Architect, **DK Expiro
2020	*ES Valegro, *SY Ilona, **Architect, **Duke
2021	*Gemini, *SY Ilona, **DK Excited, **Duke

* Odmiany populacyjne. **Odmiany mieszańcowe.
Źródło: COBORU.

Kwalifikowany materiał siewny

Hodowla dostarcza rolnikom nowe wysokoplenne odmiany o dobrych parametrach jakościowych, które odznaczają się większą odpornością na stresy wywołane przez choroby, szkodniki oraz czynniki środowiska. Nie są to jednak cechy stałe. U odmian populacyjnych uprawianych od wielu lat, rozmnażanych z nasion niekwalifikowanych, uzyskiwane plony zwykle maleją, a także pogarsza się jakość nasion (zjawisko to określa się jako „wyradzanie się odmian"). To następstwo interakcji zmian genetycznych oraz przełamywania odporności na stresy abiotyczne i biotyczne (w efekcie dochodzi do silniejszego porażenia roślin przez patogeny). Przyjmuje się zatem, że aby skutecznie korzystać z postępu biologicznego, należy uprawiać „nowe" odmiany, których nośnikiem jest kwalifikowany materiał siewny.

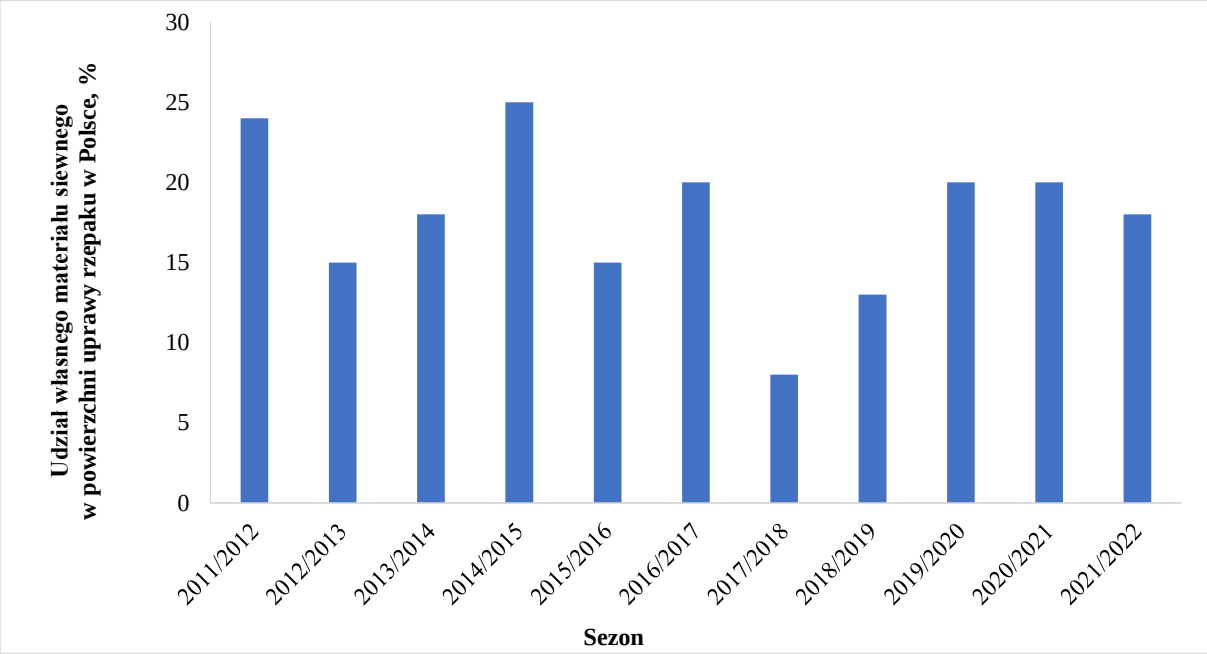
Zalety stosowania kwalifikowanego materiału siewnego to:

- gwarancja jakości użytego materiału siewnego (tylko stosując materiał siewny zaopatrzony w etykietę urzędową, ma się pewność i gwarancję użytych nasion),
- możliwość przeprowadzenia precyzyjnego siewu dostosowanego do odmiany i stanowiska, a tym samym uzyskanie oszczędności z tytułu mniejszej ilości wysiewu,

- większa pewność uzyskania właściwej obsady, szybkich i wyrównanych wschodów a także wyrównanego rozwoju łanu i dojrzewania nasion,
- profesjonalnie zaprawiony materiał siewny, który zapewnia dobrą zdrowotność upraw (ograniczone porażenie roślin chorobami i szkodnikami), a tym samym wpływa korzystnie na ich rozwój i stabilność plonowania,
- lepsza zdrowotność roślin wynikająca z cech genetycznych, a tym samym mniejsze wydatki na ochronę,
- wyższa jakość zbieranych nasion (między innymi lepsze zaolejenie).

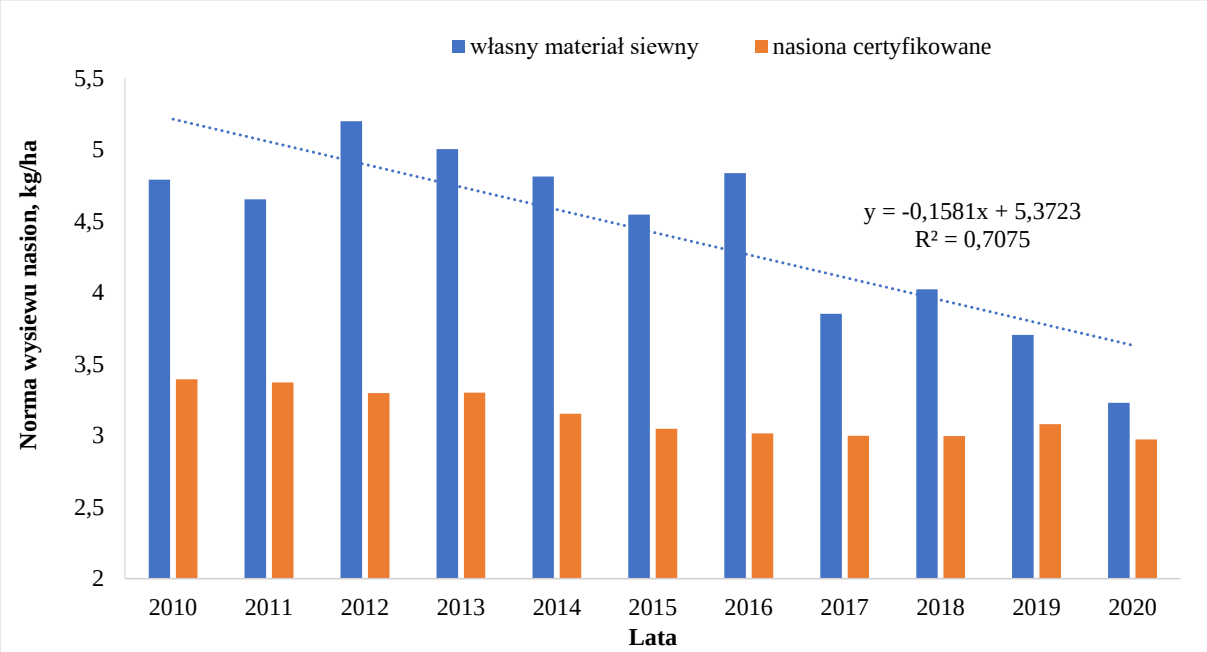
Niestety pomimo ww. korzyści pewna grupa rolników stosuje własny materiał siewny, pochodzący z ich pól lub nabywany od innych rolników. Takie postępowanie – jak wykazano powyżej – może prowadzić zarówno do zmniejszenia potencjału plonotwórczego uprawianych odmian, jak i pogorszenia ich jakości, w tym do spadku zaolejenia nasion. Szacuje się, iż w ostatnich latach około 20% powierzchni uprawianego rzepaku w Polsce zostało obsiane własnym materiałem siewnym (rys. 6). Negatywny wpływ tego zjawiska na poziom plonowania i zawartość tłuszczu w nasionach jest tym większy, że część rolników cały czas namnaża te same odmiany, które z każdym kolejnym rokiem tracą na swojej wartości gospodarczej. Niektórzy sieją kolejne pokolenia odmian mieszańcowych. Takie postępowanie z góry skazane jest na niepowodzenie, gdyż efekt heterozji występuje tylko w pokoleniu F1. W kolejnych odmiany te tracą swoje właściwości, przykładowo zwiększoną odporność na wybrane patogeny. Należy też podkreślić, że własny materiał siewny jest wysiewany znacznie gęściej, co może mieć negatywny wpływ zarówno na plon, jak i jego jakość (rys. 7).

Rys. 6. Udział własnego materiału siewnego (%) w powierzchni uprawy rzepaku w Polsce w sezonach 2011/2012–2021/2022



Źródło: opracowanie własne na podstawie szacunkowych danych hodowców i firm dystrybucyjnych

Rys. 7. Norma wysiewu nasion (%) w zależności od ich pochodzenia w latach 2010–2020



Źródło: Kynetec.

3. Rozwój roślin a kształtowanie plonu i jakości nasion rzepaku

Plon nasion rzepaku ozimego to iloczyn liczby nasion na jednostce powierzchni oraz ich masy. Liczba nasion na jednostce powierzchni zależy od liczby roślin, liczby rozgałęzień na roślinie, liczby łuszczyn na pędzie głównym i pędach bocznych oraz od liczby nasion w łuszczynach na pędzie głównym i na pędach bocznych. W praktyce technologia uprawy rzepaku powinna być nastawiona na zbudowanie przez roślinę optymalnej struktury plonu, tj. przy określonej obsadzie wytworzenie takiej ilości ww. elementów struktury, która zapewni wysoki plon o dobrych parametrach jakościowych. Trzeba pamiętać, że w praktyce nie ma możliwości równoczesnego maksymalizowania wszystkich elementów, gdyż są one od siebie ściśle zależne. Przykładowo zbyt duża obsada roślin na jednostce powierzchni zawsze skutkuje nie tylko słabszym tworzeniem pędów bocznych, ale i zawiązywaniem na nich łuszczyn oraz nasion w łuszczynach. Jednocześnie rośliny rosnące w łanach rzadkich mogą częściowo kompensować niedobór obsady lepszym rozgałęzieniem i większą ilością zawiązanych łuszczyn, a także nasion w łuszczynach.

Jakość nasion, w tym zawartość w nich tłuszczu, kształtuje się od początku, tj. od ich zawiązania. Tak samo jak w przypadku kształtowania plonu, na jego jakość istotny wpływ ma również rozwój i kondycja roślin we wcześniejszych fazach, będące następstwem warunków glebowo-agrotechniczno-pogodowych. Tylko rośliny prawidłowo rozwinięte, odżywione i zdrowe są w stanie w okresie nalewania nasion wytworzyć odpowiednią (wysoką) zawartość tłuszczu. Rozpatrując wartość stanowiska, należy mieć na uwadze, że azot, który jest głównym składnikiem plonotwórczym, korzystnie wpływa na zawartość białka, natomiast ujemnie na zawartość tłuszczu w nasionach. Generalnie cechy te są ujemnie skorelowane, tj. im wyższa zawartość białka w nasionach, tym niższa zawartość tłuszczu (rys. 8). Jednocześnie efektywność nawożenia tym składnikiem zarówno w aspekcie ilościowym, jak i jakościowym jest zależna nie tylko od jego podaży, ale również od zbilansowania pozostałymi makro- i mikroelementami. W tabeli 6 przedstawiono zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku ozimego (a także plon pod względem badanych parametrów) uprawianego w różnych stanowiskach w zależności od wariantu nawozowego. Brak nawożenia azotem (obiekt PK) w każdej miejscowości skutkował najwyższą zawartością tłuszczu i najniższą zawartością białka, przy czym niezależnie od zawartości plon tych składników na danym obiekcie był najmniejszy. Włączenie nawożenia azotem skutkowało co prawda spadkiem zawartości tłuszczu, lecz wzrostem plonu. Natomiast na obiektach, na których do nawożenia NPK dodano

siarkę, wzrosła zawartość tłuszczu w nasionach (w stosunku do obiektów nawożonych tylko NPK), a także odnotowano największe plony obu parametrów jakościowych nasion. Oczywiście zawartość tłuszczu i białka w nasionach należy rozpatrywać w działaniu również innych czynników warunkujących odżywienie roślin azotem (w tym nawozowych), a także czynników kształtujących dynamikę kwitnienia łanu. Jest to pierwotny czynnik określający dynamikę zawiązywania łuszczyn, a tym samym wpływający na długość formowania i dojrzewania nasion. Ogólna prawidłowość jest następująca: im młodsze, z reguły mniejsze nasiona, tym więcej zwierają białka i jednocześnie mniej tłuszczu. Z tej przyczyny niższej zawartości tłuszczu w nasionach należy się spodziewać między innymi w następujących przypadkach:

- zbyt wczesnego zaschnięcia łanu (deficyt opadów lub/i wysokie temperatury),
- zbyt wczesnej desykacji,
- zawiązania przez rośliny dużej ilości nasion, których ze względów fizjologicznych lub/i działania innych czynników nie mogą w pełni wykształcić (niski MTN[5]).

W świetle przedstawionych informacji należy przyjąć, że zarówno plon, jak i jakość nasion rzepaku ozimego tworzą się przez cały okres wegetacji, tj. zarówno jesienią, jak i wiosną. Oczywiście w początkowym okresie wzrostu (jesień, wczesna wiosna) tworzy się potencjał, który następnie jest realizowany w czasie zawiązywania i nalewania nasion. Stąd też przyjmuje się, że prawidłowo rozwinięty rzepak jesienią powinien mieć 10–12 w pełni rozwiniętych liści, grubą szyjkę korzeniową (jej grubość jest skorelowana z liczbą wytworzonych liści) oraz głęboko sięgający palowy system korzeniowy z dużą ilością głęboko penetrujących glebę korzeni bocznych (fot. 1). Taki rozwój rzepaku zapewnia zarówno zbudowanie podstawowej struktury plonu (tj. zawiązków przyszłych liści, rozgałęzień bocznych i kwiatostanów już w okresie jesiennym, co jest warunkiem uzyskania wysokich plonów nasion oraz dużej odporności na wymarzanie, pod warunkiem że rzepak jest prawidłowo odżywiony i w terminie zastosowano regulatory wzrostu), jak i prawidłowej regeneracji roślin po zimie. Jest także dobrym fundamentem do wytworzenia przez rośliny plonu o pożądanych parametrach jakościowych, w tym wysokiej zawartości oleju w nasionach. W przypadku gdy rośliny są za słabo rozwinięte i niedożywione (fot. 2) mają słaby system korzeniowy, a także z opóźnieniem wytwarzają zawiązki rozgałęzień i ograniczone jest zawiązywanie kwiatostanów (na bardzo

[5] MTN – masa tysiąca nasion.

słabo rozwiniętych plantacjach procesy te występują dopiero na wiosnę, co znacznie ogranicza potencjał plonotwórczy roślin, a także może ograniczać zawartość tłuszczu w nasionach – słabo rozwinięty system korzeniowy to z jednej strony ograniczone możliwości pobierania składników z gleby, a z drugiej większa wrażliwość na deficyt opadów).

Fot. 1. Prawidłowo rozwinięty rzepak jesienią

Źródło: materiał własny.

Fot. 2. Rzepak słabo rozwinięty i niedożywiony jesienią

Źródło: materiał własny.

Natomiast rzepak nadmiernie wybujały – poza tym, że jest podatny na wymarzanie, szczególnie gdy ma wyniesiony stożek wzrostu – z reguły wyjaławia glebę z azotu, co prowadzi do spadku koncentracji tego składnika w roślinie. Wpływa to ujemnie na zachodzący w tym czasie proces tworzenia zawiązków kwiatowych, co skutkuje mniejszą liczbą łuszczyn w czasie zbioru, a tym samym spadkiem plonu. Ponadto nadmierny rozwój biomasy nadziemnej prowadzi do zmniejszenia koncentracji azotu w korzeniach, co spowalnia regenerację i zmniejsza tempo wzrostu roślin na początku wiosennej wegetacji. W warunkach sprzyjających nadmiernemu rozwojowi rzepaku w okresie jesiennym z jednej strony nie należy dopuścić do zagłodzenia roślin (w razie konieczności należy przeprowadzić nawożenie doglebowe lub dokarmianie dolistne), a z drugiej nie jest wskazane ich przenawożenie, zwłaszcza azotem, gdyż może to nie tylko zwiększyć ich tempo wzrostu, ale przede wszystkim pogorszyć przezimowanie. Rozwój rzepaku przed zimą obejmuje przede wszystkim fazę wegetatywną, która trwa od kiełkowania do wykształcenia rozety liściowej złożonej z 6–8 liści. Później w stożku wzrostu zachodzą znaczące zmiany, tj. następuje przejście z fazy wegetatywnej w generatywną. Jesienią w stożku wzrostu w pierwszej kolejności rozwijają się zawiązki liści, następnie zawiązki pędów

bocznych, a od stadium 8–10 liści – zawiązki kwiatów. Kończy się wówczas proces zawiązywania liści w roślinie, tj. zostaje ustalona maksymalna liczba liści (ich zawiązków), które mogą się rozwinąć. W zależności od warunków mniejsza lub większa część zawiązków liści rozwija się jesienią, a pozostałe pozostają uśpione do wiosny, przy czym ich liczba jest już ustalona. Warto wiedzieć, że wzrost liści rzepaku na początku jesiennej wegetacji jest stosunkowo słaby. Dopiero od stadium 4–6 liścia zaczyna się ich intensywny wzrost (roślina w tym czasie intensywnie rozbudowuje system korzeniowy, przez co ma do dyspozycji więcej wody i składników pokarmowych). Wielkość rozety liściowej wytworzonej przez rzepak przed zimą zależy przede wszystkim od zwartości łanu, temperatury, zasobności stanowiska w wodę i składniki pokarmowe, a także od terminu siewu oraz długości jesiennego okresu wegetacji. Podstawowe zadanie rolnika polega na podejmowaniu odpowiednich działań z uwzględnieniem powyższych czynników (oczywiście tych, na które mamy wpływ), tak aby rzepak przed zimą wytworzył optymalną rozetę (patrz wyżej). Wielkość rozety rzepaku (liczba liści), która wytworzy się przed zimą, jest bezpośrednio skorelowana z liczbą rozgałęzień, na których rośliny nie tylko zawiązują, ale również są w stanie utrzymać łuszczyny do zbioru. Przy 8 w pełni rozwiniętych liściach roślina rzepaku może wytworzyć średnio 4–5 rozgałęzień na pędzie głównym, na których utrzymuje łuszczyny aż do zbioru, przy 10 liściach 6–7 rozgałęzień, a przy 12 liściach aż 9–10. Ostatecznie liczba rozgałęzień zależy przy tym również od warunków wzrostu w okresie wiosennej wegetacji. Ponadto rzepak dobrze rozwinięty w okresie jesiennym lepiej zawiązuje i utrzymuje organy generatywne (kwiaty, łuszczyny).

W okresie spoczynku zimowego, pomimo niskich temperatur i braku wzrostu organów wegetatywnych (liści), stożek wzrostu różnicuje się dalej. Widoczny staje się rozwój zawiązków kwiatowych. Zwykle już w lutym można wyraźnie zauważyć wyciągnięte szypułki kwiatowe wraz z płatkami kielicha. Zawiązywanie kwiatów w pierwszej kolejności odbywa się na pędzie głównym, a następnie na pędach bocznych w kolejności od góry ku dołowi. Zimą w zależności od przebiegu pogody może dochodzić do zróżnicowanych strat liści, które wynoszą średnio około 50% ich biomasy wytworzonej w okresie jesiennym. Dopóki pąk wierzchołkowy pozostaje nieuszkodzony, wiosną przy prawidłowym odżywieniu roślin można liczyć na ich szybką regenerację i prawidłowy rozwój. Rośliny nic nie tracą zatem na swoim potencjale, który zbudowały jesienią.

Początek wegetacji rzepaku na wiosnę rozpoczyna się zwykle wtedy, gdy średnia temperatura dobowa przez dłuższy czas (kilka dni) utrzymuje się powyżej 5°C. Bywa jednak, że dobrze rozwinięty rzepak rozpoczyna wegetację przy niższych temperaturach. Po rozpoczęciu

wegetacji w pierwszej kolejności rozbudowywany jest aparat liściowy, a jego rozwój zależy między innymi od procesu zawiązywania liści przed zimą. Kontynuowany jest – rozpoczęty jesienią – proces zawiązywania organów plonotwórczych, które po osiągnięciu swego maksimum w późniejszym okresie wegetacji są częściowo redukowane (tym bardziej, im mniej wody i składników pokarmowych roślina ma do dyspozycji). W prawidłowo rozwijających się łanach rośliny muszą mieć odpowiednią powierzchnię liści, gdyż stanowią one źródło asymilatów dla nowo tworzących się organów. Na początku kwitnienia powierzchnia liści osiąga maksimum, po czym liście, oddając asymilaty, stopniowo zasychają i są przez roślinę odrzucane (od dołu ku górze) – fot. 3, tak że w czasie zbioru rośliny praktycznie nie mają już liści (zasada ta z reguły nie dotyczy roślin przenawożonych azotem, chyba że występuje deficyt opadów; w takiej sytuacji należy się liczyć z niższą zawartością tłuszczu w nasionach).

Fot. 3. Liście rzepaku oddające asymilaty

Źródło: materiał własny.

Wielkość wytworzonej do kwitnienia biomasy jest bardzo ważnym wskaźnikiem potencjału plonotwórczego łanu, gdyż zależy od niej prawidłowy rozwój tworzących się organów generatywnych. Bardzo ważne jest, aby już od początku wiosennej wegetacji, kiedy to rośliny odznaczają się szybkim przyrostem biomasy, były one prawidłowo odżywione, zwłaszcza azotem, ponieważ składnik ten dodatnio wpływa na przyrost powierzchni liści, a przez to na potencjał plonotwórczy łanu.

Od początku kwitnienia rozpoczyna się kolejny okres krytyczny w wiosennym rozwoju rzepaku. W fazie tej zachodzą równolegle procesy tworzenia (budowy) i redukcji plonu – rośliny zrzucają stare liście i mimo że na nowych piętrach są zawiązywane nowe, ogólna powierzchnia asymilacyjna liści maleje, co przekłada się na mniejszą wydajność fotosyntezy. Wzrasta wewnętrzna konkurencja o asymilaty (produkty fotosyntezy), tym bardziej że podczas kwitnienia wytwarzane są nowe organy, tj. rozgałęzienia boczne, kwiaty, łuszczyny i nasiona,

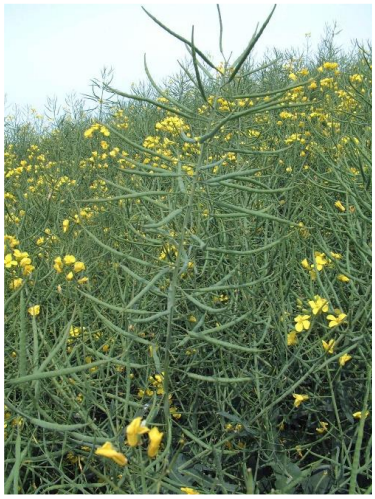
które muszą być „dokarmiane” przez liście. W czasie kwitnienia charakterystyczne jest to, że w obrębie jednej rośliny, gdy na pędzie głównym i górnych rozgałęzieniach występuje rozwój łuszczyn i zawiązywanie w nich nasion – na dolnych rozwijają się i kwitną kolejne pąki kwiatowe (fot. 4).

Rzepak rozpoczyna kwitnienie od pędu głównego, ma on zatem największy potencjał plonotwórczy (dysponuje największą ilością produktów fotosyntezy) – fot. 5. Natomiast rozgałęzienia boczne kwitną później i krócej, co przekłada się na mniejszą ilość zawiązanych na nich łuszczyn, a często także na mniejszą ilość nasion w tych łuszczynach oraz ich masę i zawartość oleju.

Fot. 4. Kwitnący rzepak

Źródło: materiał własny.

Fot. 5. Pęd główny ma największy potencjał plonotwórczy



Źródło: materiał własny.

Przyjmuje się, że im później otworzy się kwiat, tym mniejsze prawdopodobieństwo, że wytworzy się z niego łuszczyna. W początkowej fazie rozwoju łuszczyny, tj. w fazie intensywnego wzrostu na długość, zachodzi w niej znaczna redukcja liczby nasion – tym intensywniejsza, im słabiej są one odżywione. Po upływie około 8 dni wielkość łuszczyny się stabilizuje i z reguły pozostaje stała aż do osiągnięcia dojrzałości. Na to, ile łuszczyn i nasion zostanie ostatecznie wykształconych na roślinie, wpływa przede wszystkim dostępność asymilatów, która – jak przedstawiono powyżej – zależy od rozwoju aparatu liściowego. Po zakończeniu kwitnienia ustala się liczba łuszczyn na roślinie, a następnie po upływie kilku dni liczba nasion w łuszczynie. W niekorzystnych warunkach wegetacji (susza glebowa, upały) w fazie formowania nasion oraz ich dojrzewania często dochodzi do zakłócenia fotosyntezy, co skutkuje zarówno redukcją łuszczyn na roślinie, jak i liczby nasion w łuszczynach, a także

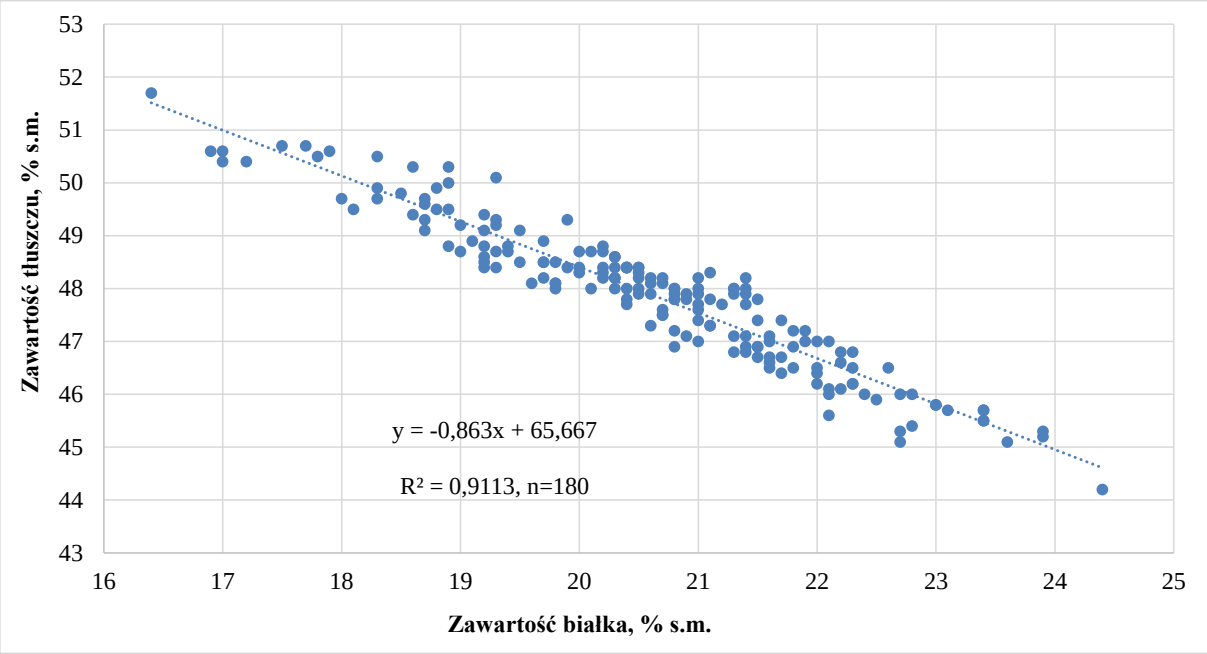
ich masy. Jednocześnie warto zaznaczyć, że po upływie wrażliwego okresu początkowego wzrostu łuszczyny w dużym stopniu odżywiają się same. Produkty fotosyntezy z łuszczyn transportowane są do rozwijających się nasion, co w pewnym stopniu uniezależnia ich rozwój od aparatu liściowego rośliny, który w tym czasie jest już coraz bardziej zaschnięty. Ostatnim elementem struktury plonu, który kształtuje się na roślinie, jest MTN. Parametr ten zależy zarówno od pogody, jak i od liczby nasion w łuszczynie. Niedobór wody w okresie po kwitnieniu skutkuje nie tylko ograniczonym zawiązywaniem łuszczyn i nasion w łuszczynach, lecz także może w znacznym stopniu ograniczyć masę nasion oraz zawartość w nich oleju. Natomiast im większa liczba nasion w łuszczynie, tym mniejsza ich masa i na odwrót. Te elementy struktury są więc ze sobą skorelowane ujemnie. Natomiast zawartość tłuszczu w nasionach generalnie jest dodatnio skorelowana z ich masą. Zatem wszystkie czynniki, które sprzyjają budowaniu przez roślinę wysokiej MTN, sprzyjają również zaolejeniu nasion. Jak wynika z przedstawionej fizjologii plonowania rzepaku ozimego, w okresie kwitnienia i nalewania nasion wysokość plonu oraz jego jakość zależą zarówno od warunków pogodowych, jak i dostępności asymilatów, która – jak przedstawiono – w początkowym okresie rozwoju łuszczyny jest zależna przede wszystkim od rozwoju aparatu liściowego. W końcowym okresie rośliny w dużym stopniu odżywiają się same. Warto podkreślić, że zarówno rozwój liści (powierzchni asymilacyjnej), jak i wydajność fotosyntetyczna łuszczyny zależy głównie od odżywienia roślin azotem. Analiza dynamiki akumulacji i struktury rozdziału azotu między nadziemne organy rzepaku ozimego – prowadzona na wysoko plonujących plantacjach w okresie wiosennym – jednoznacznie wskazuje, że składnik ten powinien być akumulowany w dużych ilościach od samego początku wznowienia wiosennej wegetacji (rys. 9). Przyjmuje się, że do kwitnienia rośliny powinny zakumulować większość potrzebnego azotu (nawet powyżej 70%). Natomiast pozostałą część pobierają do stadium BBCH 79. Niemniej z przeprowadzonych badań wynika, że akumulacja azotu od początku kwitnienia do tego stadium nie powinna być zbyt wysoka, gdyż może prowadzić do spadku plonu oraz pogorszenia jego jakości. Duża podaż azotu w fazie kwitnienia i nalewania zwiększa bowiem podatność roślin na wyleganie, przedłuża kwitnienie, a także powoduje zbyt bujny rozwój wegetatywny, co z kolei powoduje, że niżej położone kwiaty często pozostają niezapylone, a łuszczyny są słabo rozwinięte, ponieważ dociera do nich zbyt mało światła. Poza tym w końcowym okresie nalewania nasion, jak już wspomniano, łuszczyny stają się w pewnym stopniu „samowystarczalne". Intensywny rozwój biomasy wegetatywnej (liści) w tym czasie stanowi zatem konkurencję dla zawiązanych łuszczyn – asymilaty są w większym

stopniu wykorzystywane do budowy nowego aparatu asymilacyjnego, co odbywa się kosztem zawiązanych łuszczyn. W konsekwencji nadmierna podaż azotu w tym czasie prowadzi do spadku plonu i jego jakości (mniejsza zawartość tłuszczu w nasionach), a także znacznie utrudnia zbiór. Dlatego w praktyce przyjmuje się, że dokarmianie łuszczyn azotem, które w ostatnich latach zyskuje na popularności, należy rozważyć, tylko jeśli w okresie kwitnienia/nalewania nasion nie ma nadmiernej podaży azotu z gleby, o czym w sposób pośredni świadczy rozwój aparatu asymilacyjnego. Jeżeli zatem pod koniec kwitnienia większość liści nadal znajduje się na roślinie i są one intensywnie zielone, przeprowadzenie tego zabiegu nie ma sensu, a wręcz może być szkodliwe. Natomiast gdy w tym czasie na roślinie znajdują się już tylko nieliczne liście z objawami niedożywienia azotem (i nie jest to objawem deficytu wody w glebie), wspomaganie łuszczyn może mieć sens. Zabieg ten najlepiej przeprowadzić roztworem mocznika w pierwszym do drugiego tygodnia po zakończeniu kwitnienia rośliny (do dwóch tygodni po kwitnieniu). Przyjmuje się, że w optymalnych warunkach pogodowych bezpieczny jest około 10% roztwór tego nawozu. Z przeprowadzonych badań wynika, że średni przyrost plonu w następstwie tego zabiegu mieści się w granicach 200–400 kg nasion/ha. Zabieg ten może mieć jednak również niekorzystne konsekwencje:

- zwykle prowadzi do spadku zawartości oleju w nasionach (około 1%),
- może zwiększyć podatność roślin na porażenie przez patogeny, zatem wskazany jest tylko w łanach zdrowych (intensywnie chronionych),
- każdy wjazd opryskiwaczem w pole w tym okresie może prowadzić do uszkodzenia roślin, a przez to do częściowej straty plonu (stąd też wskazane jest używanie do tego zabiegu opryskiwaczy samojezdnych).

Jak wykazano, zabieg ten może prowadzić zarówno do wzrostu, jak i do spadku plonu oraz pogorszenia jego jakości. Zanim zatem zdecydujemy się na jego przeprowadzenie, należy w pierwszej kolejności wykonać szczegółową analizę łanu rzepaku, a następnie na tej podstawie przeprowadzić symulację potencjalnych zysków i strat.

Rys. 8. Zależność zawartości tłuszczu od zawartości białka w nasionach rzepaku ozimego



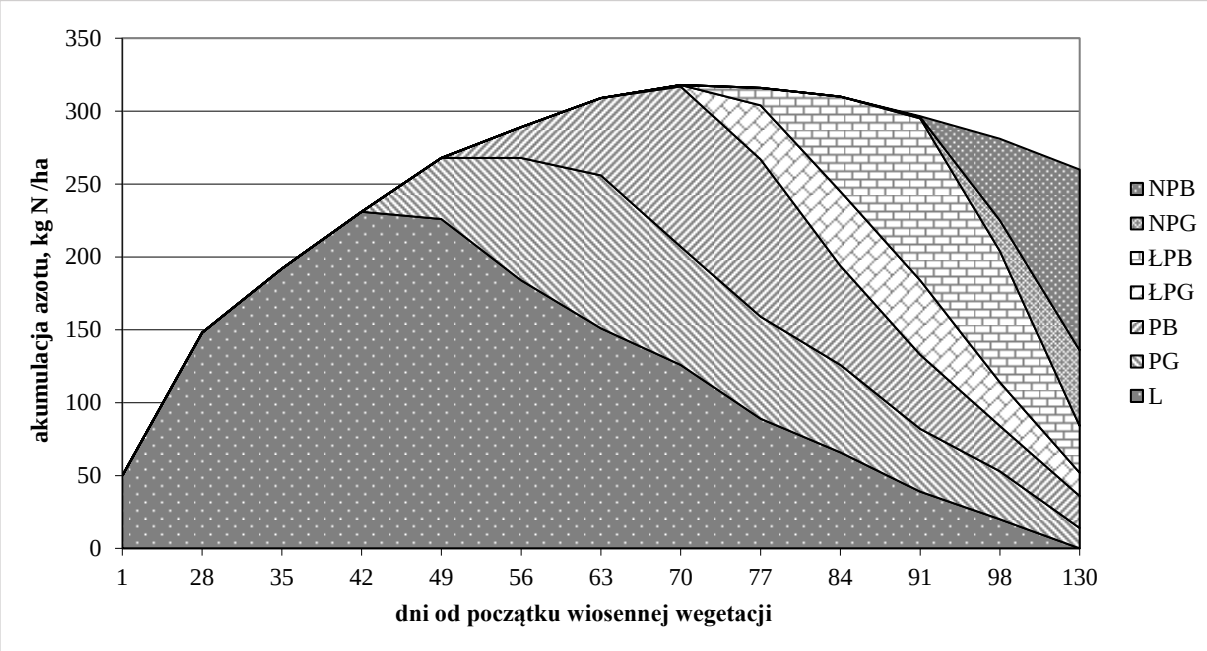
Źródło: doświadczenie (Pępowo 2018), w którym testowano dwa terminy siewu, sześć odmian i pięć poziomów nawożenia azotem.

Tabela 6. Zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego oraz wielkość plonu w zależności od lokalizacji i wariantu nawozowego

Wariant nawozowy	Lokalizacja					
	1		2		2	
	Zawartość (% s.m.)					
	T*	B**	T	B	T	B
PK	47,8	18,4	47,4	19,9	43,9	18,8
PK + N	45,9	19,0	45,7	20,6	40,9	22,4
PK + N + S	47,9	18,6	46,5	19,3	41,3	23,2
	Plon (kg/ha)					
PK	1146	441,2	1137	477,6	1106	473,8
PK + N	1427	590,7	1554	591,8	1914	1048,3
PK + N + S	1604	622,9	1732	718,7	1991	1118,2

*T – tłuszcz surowy. **B – białko ogólne.
Źródło: Grzebisz, 2011.

Rys. 9. Struktura rozdziału azotu między nadziemne organy rzepaku ozimego w okresie wiosennej wegetacji



L – liście; PG – pędy główne; PB – pędy boczne; ŁPG – łuszczyny pędów głównych; ŁPB – łuszczyny pędów bocznych; NPG – nasiona pędów głównych; NPB – nasiona pędów bocznych

Źródło: Grzebisz, 2011.

4. Wybrane zagadnienia agrotechniki rzepaku

Jednym z czynników, który ma wpływ na rozwój roślin, a tym samym na jakość i plon jest właściwe przygotowanie roli przed siewem. Błędów popełnionych w uprawie przedsiewnej nie można naprawić w późniejszym okresie. Co ważne, jesienna uprawa rzepaku nie zaczyna się od prawidłowego przygotowania roli do siewu, ale już od wyboru właściwego stanowiska.

Ogólne pojęcie stanowiska obejmuje kilka omówionych poniżej elementów.

Rodzaj gleby i jej struktura

Na glebach lekkich w pierwszej kolejności można się spodziewać deficytów wody. To szczególnie niebezpieczne, gdy są one na tyle drastyczne, że zakłócają wschody (powoduje to niższą obsadę i nierównomierny rozwój łanu) oraz gdy wystąpią w okresie intensywnego budowania biomasy, kwitnienia i zawiązywania nasion. Gleby cięższe natomiast mają skłonność do zaskorupiania się, co także może ograniczać wschody. W niekorzystnych warunkach wilgotności trudniej na tych glebach przygotować rolę. Struktura gleby ma kluczowe znaczenie, gdyż wpływa między innymi na procesy biochemiczne (np. mineralizację, w tym dostępność N) oraz na warunki wzrostu systemu korzeniowego. Rzepak może (powinien) zbudować silny korzeń palowy, który przykładowo w płodozmianie zbożowym może pełnić rolę meliorującą profil glebowy. Przy nadmiernej wilgotności gleby i jej nieodpowiedniej strukturze nie rozwija się on jednak dostatecznie, co prowadzi do zakłócenia rozwoju wiosną, kiedy roślina ma największe potrzeby wodne i pokarmowe. Wszelkie nieprawidłowości w wyglądzie systemu korzeniowego stanowią wskazówkę, że konieczne są np. głębsze spulchnienie profilu czy też większa dbałość przy przyorywaniu resztek pożniwnych, tak aby nie powstawały słomiaste „maty” uniemożliwiające prawidłowy rozwój korzenia w glebie (fot. 6).

Fot. 6. Nieprawidłowy rozwój korzenia rzepaku

Źródło: materiał własny.

Jednocześnie warto podkreślić, że rzepak jako roślina głęboko korzeniąca się może zaspokoić znaczącą część potrzeb pokarmowych z głębszych poziomów profilu glebowego. Przyjmuje się, że nawet 60% zapotrzebowania na potas może ona pokryć z podglebia. Warunkiem koniecznym jest jednak bogate w potas podglebie i odpowiednio rozwinięty system korzeniowy rzepaku. Jest to o tyle ważne, że największe potrzeby pokarmowe rzepaku dotyczą właśnie potasu (w stanowiskach żyznych średnie pobranie tego składnika wynosi ok. 80 kg K_2O/t nasion + odpowiednia masa słomy). Składnik ten ma korzystny wpływ nie tylko na efektywność plonotwórczą azotu, ale również korzystnie wpływa na zaolejenie nasion (tab. 7).

Odczyn i zasobność gleby w składniki pokarmowe

Nasiona rzepaku powinny być wysiane w glebę o uregulowanym odczynie (lekko kwaśny do obojętnego – pH 6,0–7,0; im gleba cięższa, tym wyższe pH w podanym zakresie). Wapnowanie powinno być przeprowadzone już przed siewem rośliny przedplonowej (przykładowo pszenicy), gdyż odkwaszanie gleby bezpośrednio przed siewem rzepaku może prowadzić do zakłócenia wschodów i wzrostu roślin – szczególnie przy stosowaniu nawozów tlenkowych, a także w przypadku krótkiego okresu od zbioru rośliny przedplonowej do siewu, gdy dodatkowo wystąpi jeszcze susza. W takich warunkach zabiegi uprawowe mające na celu wymieszanie wapna z glebą niepotrzebnie ją przesuszają i opóźniają jej osiadanie, co ma negatywny wpływ na podsiąkanie wody, a przez to na wschody i rozwój roślin. Optymalny efekt wapnowania występuje zwykle w drugim roku od zastosowania nawozów, bo mimo wykonanego zabiegu po zbiorze przedplonu rośliny nie mają optymalnych warunków do

wzrostu. Poza odpowiednim odczynem stanowisko przed siewem rzepaku powinno być bogate w składniki pokarmowe, tj. P, K i Mg (wskazana jest przynajmniej średnia zasobność w te składniki, najlepiej w górnych granicach zasobności średniej lub w dolnych wysokiej). Wynika to z dużych potrzeb pokarmowych rzepaku, do pokrycia których konieczne jest zasobne stanowisko połączone z bieżącym nawożeniem, gdyż nie można polegać jedynie na nawożeniu mineralnym przeprowadzonym bezpośrednio przed siewem. Duże dawki nawozów mineralnych (szczególnie N i K) stosowane przedsiewnie mogą zakłócać wschody rzepaku. Poza tym nawożenie bieżące wzbogaca przede wszystkim górną warstwę gleby, a w optymalnych warunkach rzepak buduje głęboko sięgający system korzeniowy.

Przedplon

Poza siedliskiem – istotnym pod względem wody, struktury gleby i jej żyzności – kluczową rolę ze względu na termin siewu pełni przedplon. Najlepsze są przedplony wcześniej schodzące z pola, gdyż umożliwiają terminowy siew rzepaku (jęczmień ozimy). Niestety, w praktyce są to często inne zboża, przykładowo pszenica ozima czy pszenżyto ozime, pozostaje więc mniej czasu, co może skutkować opóźnieniem siewu. Następstwem spóźnionego siewu jest konieczność doboru odpowiednich odmian i zmiana intensywności nawożenia (szczególnie azotem), co z kolei może negatywnie wpływać na przygotowanie roślin do zimy oraz ich przezimowanie. W niekorzystnych warunkach rośliny zasiane zbyt późno nie są w stanie uzyskać właściwej fazy rozwojowej przed zimą, co – jak wyjaśniono powyżej – może mieć negatywne konsekwencje zarówno pod względem plonu, jak i jego jakości.

Dopiero po rozpoznaniu czynników dotyczących stanowiska, w którym uprawiany jest rzepak, można rozpocząć przygotowanie gleby do siewu. Generalnie przyjmuje się, że uprawa gleby ma na celu stworzenie takich warunków, w których nie tylko można uzyskać szybkie i wyrównane wschody, ale również rośliny będą mogły rozwijać się bez zakłóceń przez cały okres wegetacji. Należy też mieć na uwadze, że zadaniem uprawy przedsiewnej jest ograniczenie parowania wody z gleby i występowania ślimaków, niszczenie chwastów i samosiewów oraz wymieszanie resztek pożniwnych i zastosowanych nawozów z glebą.

W Polsce, podobnie jak w większości krajów Europy, podstawowym systemem uprawy jest tradycyjna uprawa roli oparta na uprawkach pożniwnych, orce i zabiegach doprawiających rolę. W ostatnich latach coraz powszechniej stosowane są też inne technologie, najogólniej zwane bezorkowymi lub uproszczonymi (rys. 10). Powszechnie uważa się, że rzepak generalnie źle reaguje na uproszczenia w uprawie roli i że potencjał plonowania może w pełni wykorzystać tylko po orce. Wyniki badań przeprowadzonych w ostatnich latach jednoznacznie dowiodły

jednak, że wysokie plony rzepaku o pożądanej jakości można uzyskać w różnych systemach roli. Zatem o powodzeniu uprawy decyduje nie tyle system, ile warunki stworzone w glebie do rozwoju roślin w następstwie prowadzonej uprawy.

Tradycyjna płużna uprawa roli pozwala na przygotowanie czystego, głęboko spulchnionego i wyrównanego pola, na którym łatwo przeprowadzić siew rzepaku. Resztki roślinne i większość osypanych nasion przedplonu zostają głęboko przykryte. Odbywa się to kosztem wielu zabiegów uprawowych, które są kosztowne i czasochłonne. Poza tym gleba w czasie ich wykonywania jest intensywnie rozkruszana i wielokrotnie mieszana. Powoduje to obniżenie zawartości próchnicy (procesy mineralizacji przeważają nad procesami humifikacji), przesuszanie oraz rozpylanie roli. Staje się ona skłonna do zaskorupiania i w efekcie w mniej korzystnych warunkach plantacje rzepaku mogą być przerzedzone już na etapie wschodów.

Technologie uproszczone mają z założenia eliminować wady uprawy tradycyjnej. Ograniczenie intensywności uprawy redukuje koszty, przesuszanie i rozpylanie roli oraz skraca czas przygotowania pola do siewu. Ma to szczególne znaczenie w uprawie rzepaku ozimego ze względu na termin siewu przypadający tuż po zbiorze zbóż, zazwyczaj w okresie wysokich temperatur przeplatanych intensywnymi opadami. Uproszczenia mogą mieć (mają) również wady, szczególnie jeśli nie zostaną dostosowane do warunków glebowych. Rzepak wytwarza głęboki system korzeniowy, dzięki któremu potrafi korzystać z większego zapasu wody i składników pokarmowych zgromadzonych w podglebiu, dlatego uproszczenia w uprawie polegające na jej spłyceniu mogą ograniczać rozwój korzeni w głębszych warstwach, zwłaszcza gdy podglebie jest nadmiernie zagęszczone. Znaczne uproszczenia uprawy pogarszają też warunki siewu, przykładowo przez pozostające na powierzchni reszki roślinne. Rzepak ma małe nasiona i wymaga płytkiego siewu, ale jednocześnie dobrego przykrycia i kontaktu z glebą. Dlatego każda niedokładność w umieszczeniu nasion może się skończyć brakiem wschodów spowodowanym niedoborem wody. Mimo to, jak już wspomniano, rzepak jest coraz częściej i z dobrymi efektami uprawiany w technologiach uproszczonych.

W przeciwieństwie do uprawy tradycyjnej, w której orka zawsze jest podstawowym zabiegiem, uprawy uproszczone są bardzo zróżnicowane pod względem używanych narzędzi uprawowych oraz głębokości i liczby wykonywanych uprawek. Najczęściej uproszczenia w uprawie są kojarzone z płytką uprawą całej powierzchni pola wykonaną broną talerzową lub kultywatorem, agregatowanymi z zestawem wałów doprawiających. Takie technologie dominowały w początkowym okresie wprowadzania upraw uproszczonych w Polsce, co wynikało z niewielkiego wyboru dostępnych narzędzi. Brakowało również nowoczesnych

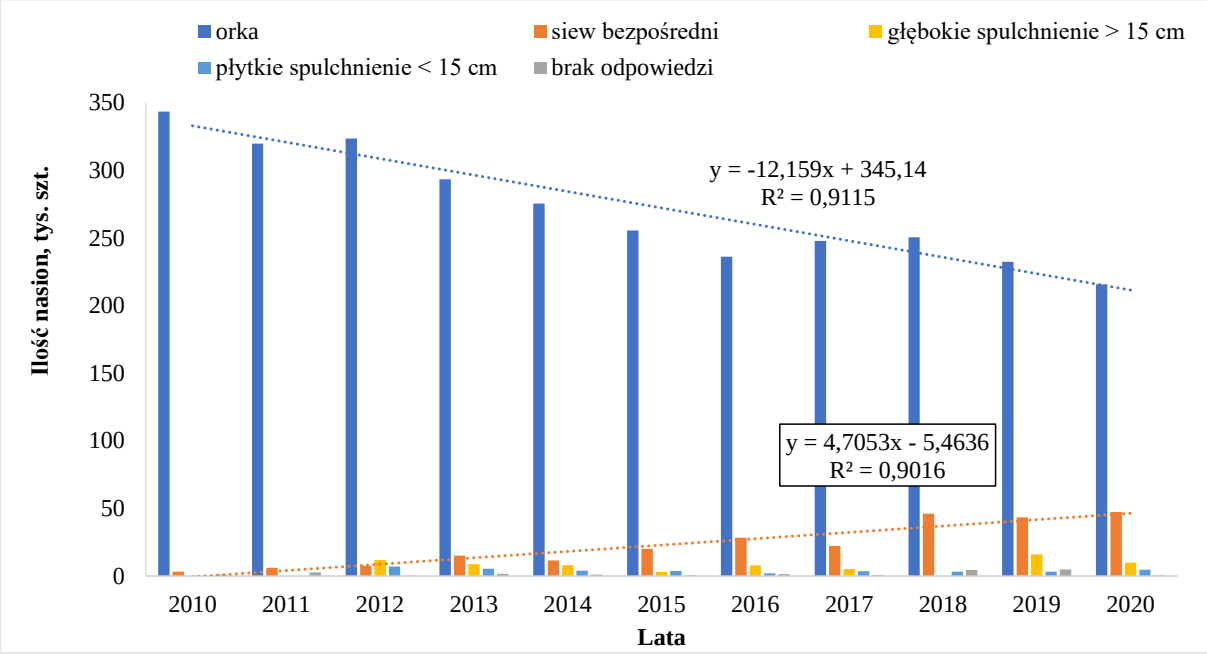
siewników, pozwalających precyzyjnie zasiać rzepak w niezaoraną glebę. Obecnie dostępny jest szeroki asortyment agregatów do uprawy bezorkowej, różniących się głębokością i intensywnością uprawy roli. Na rynku jest dostępnych wiele zestawów uprawowych, w skład których wchodzą zęby ciężkich kultywatorów pracujące nawet do głębokości 35 cm. Takie zestawy korzystnie wpływają na głębokie korzenienie rzepaku. Sukcesywnie rosną również wiedza i doświadczenie związane ze stosowaniem tych technologii. Niektórzy rolnicy w Polsce nie używają pługa już od ponad 20 lat. W praktyce przyjmuje się, że do uprawy uproszczonej trzeba podchodzić elastycznie. Zakres, intensywność oraz liczbę zabiegów należy dobierać do panujących na polu warunków. Generalna zasada brzmi: stosować tak mało zabiegów, jak to możliwe, ale jednocześnie tak dużo, jak jest to konieczne. W im lepszej kondycji będzie gleba, tym mniej uprawek będzie potrzebnych. Rzepak najczęściej przychodzi jednak po zbożach, które nie wpływają korzystnie na stan gleby. Wskazana jest najczęściej uprawa głęboka, choć niezbyt intensywna. Po dobrych przedplonach, przykładowo bobowatych, których niestety jest niewiele, może wystarczyć płytka uprawa. Przyjmuje się, że w najlepszych stanowiskach możliwy jest nawet siew bezpośredni bez uprawy roli. W stanowiskach mniej korzystnych jest on jednak najbardziej zawodny, a jak wykazano na rysunku 10, w ostatnich latach w Polsce coraz więcej rzepaku uprawia się w tym systemie.

Tabela 7. Wpływ nawożenia azotem i potasem na zawartość tłuszczu (%) w nasionach rzepaku ozimego (przy wilgotności nasion 9%)

Nawożenie potasem (kg K_2O/ha)	Nawożenie azotem (kg N/ha)			Średnia
	0	160	240	
0	44,50	42,62	41,55	42,89
80	44,96	42,85	41,95	43,25
160	45,36	42,78	41,57	43,24
Średnia	44,94	42,75	41,69	

* Średnia zasobność gleby w przyswajalny potas.
Źródło: opracowano na podstawie: Szczepaniak, 2004.

Rys. 10. Ilość nasion wysianych w różnych systemach uprawy w latach 2010–2020

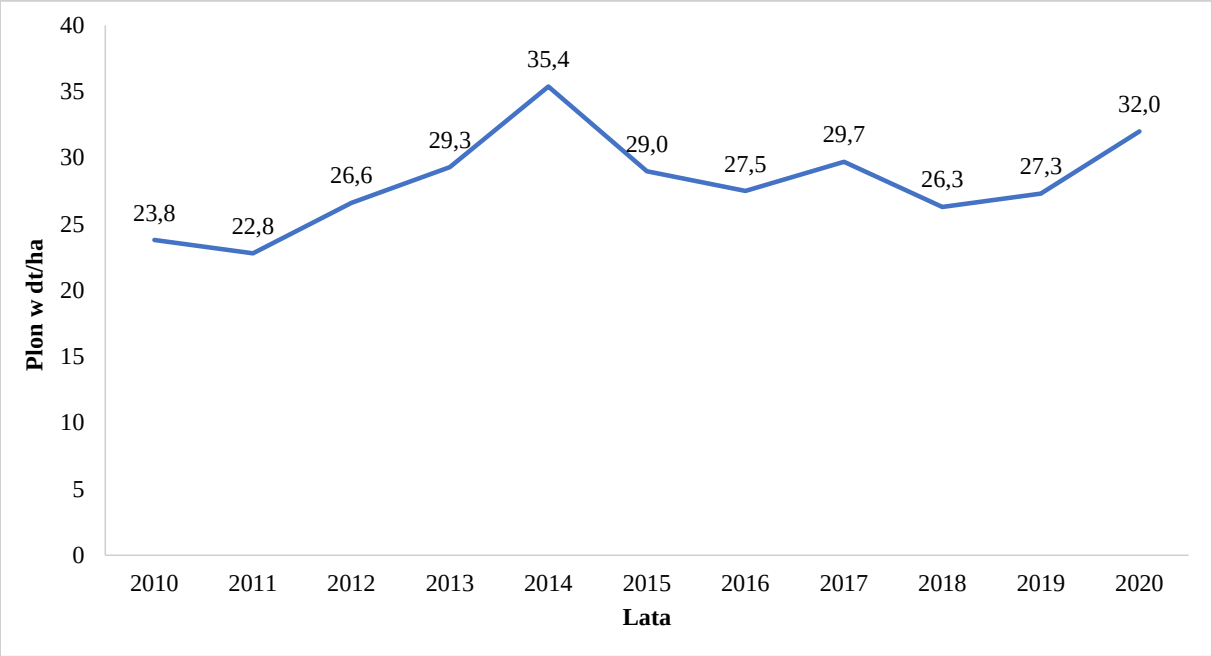


Źródło: Kynetec.

5. Wymagania pogodowe i nawozowe rzepaku a poziom zaolejenia

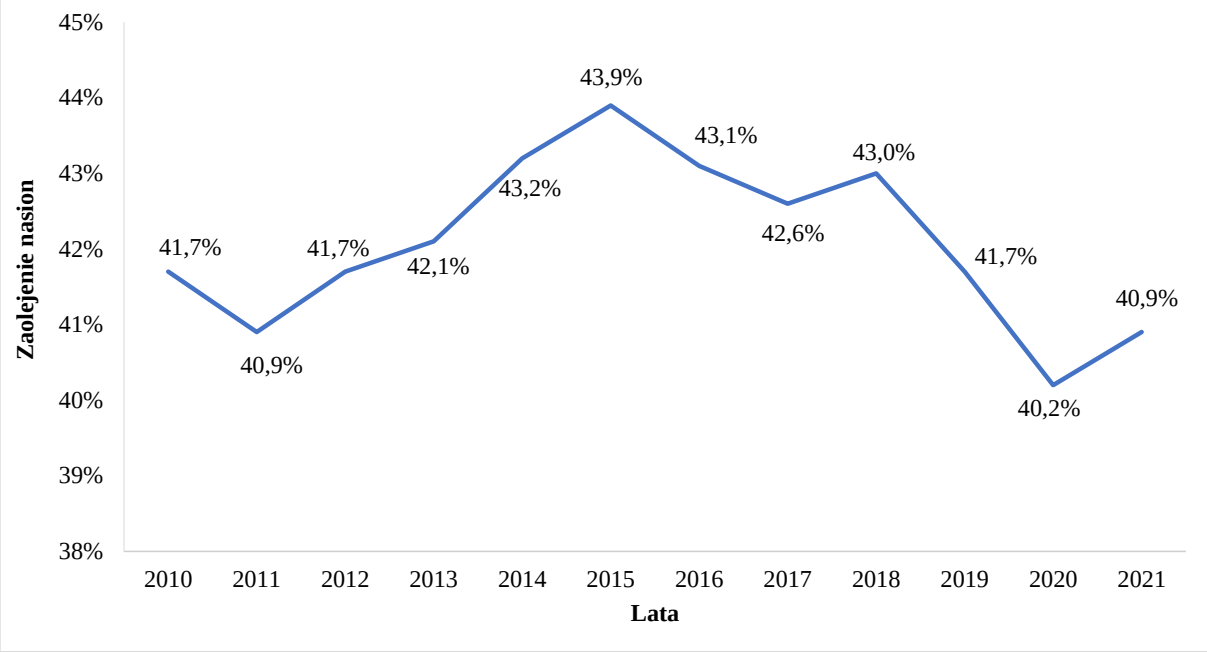
Rzepak jest rośliną bardzo wrażliwą na warunki pogodowe przez cały okres wegetacji (susza w czasie wschodów; długo trwająca ciepła jesień – możliwość zakwitania roślin, podatność na przymrozki; wahania temperatury w zimie – zamarzanie i rozmarzanie gleby, brak okrywy śnieżnej; brak wody w okresie kwitnienia i w czasie wiązania nasion; długość okresu wegetacji; opady w czasie zbioru; gradobicie). Jest więc bardzo wiele zagrożeń dotyczących zarówno wielkości plonu, jak i jakości nasion powodowanych warunkami przyrody. Dodatkowo modyfikacja jakości i wielkości plonu może być spowodowana czynnikami agrotechnicznymi, wynikającymi z błędów popełnianych ze strony rolnika – takich jak niewłaściwie dobrany termin siewu, niewłaściwe zagęszczenie roślin, źle dobrana odmiana, niewłaściwie dobrane i zastosowane środki ochrony roślin, niepotrzebna desykacja, niewłaściwie dobrana technologia zbioru, źle dobrany termin rozpoczęcia zbioru, niewłaściwe parametry maszyn zbierających, zbyt długo trwający zbiór, nasiona zbyt wilgotne w czasie zbioru, źle dobrana temperatura suszenia czy przechowywanie w silosach o nieodpowiednich parametrach temperatury i wilgotności. Każdy z tych czynników może mieć lub ma wpływ na wielkość plonu nasion i tłuszczu, a na pewno determinuje jego jakość. To obrazuje, jak wymagającą rośliną jest rzepak, sprawiając przykre niespodzianki zarówno rolnikom, jak i przetwórcom – zakładom tłuszczowym. Analiza każdego z wymienionych czynników jest często bardzo trudna, niektóre z nich można jednak określić, a nawet znacząco zredukować. Trzeba tylko mieć świadomość, w jaki sposób dany czynnik wpływa zarówno na plon, jak i jakość nasion, i umieć go wyeliminować lub maksymalnie ograniczyć. **Przykładem może być zbyt obfite nawożenie azotem. Trzeba uwzględnić, że w warunkach dobrego nawilgotnienia gleby bardzo wysokie nawożenie N wpływa dodatnio na zawartość białka w nasionach, a jednocześnie ujemnie na zawartość tłuszczu.** Wydawać by się mogło, że właśnie „pogoń” za wysokim plonem mogła być jednym z czynników ograniczających zaolejenie nasion.

Rys. 11. Średni plon rzepaku i rzepiku ozimego w latach 2010–2020



Źródło: dane GUS.

Rys. 12. Średnie zaolejenie nasion rzepaku w Polsce w latach 2010–2021



Na potrzeby wyliczeń przyjęto średnią zawartość oleju w makuchu 8,5%, a w śrucie poekstrakcyjnej 0,38%.
Źródło: dane przerobowe PSPO.

Tabela 8. Ilość zastosowanego azotu na plantacjach rzepaku w latach 2014–2017

Rok	Składnik	Zużycie czystego składnika N [t]	kg/ha
2014	N	113 185,78	149,25
	NPK	11 607,49	20,76
	suma N		170,01
2015	N	110 953,17	155,01
	NPK	11 542,68	20,81
	suma N		175,82
2016	N	101 024,94	158,34
	NPK	10 445,73	19,45
	suma N		177,79
2017	N	123 443,54	165,15
	NPK	11 776,32	20,04
	suma N		185,19

Źródło: Kynetec.

Analiza danych z tabeli 8 wskazuje jednoznacznie, że ilość nawozów azotowych stosowanych na plantacjach rzepaku sukcesywnie rośnie. W roku 2014 wynosiła ona średnio 170 kg/ha, a już w roku 2017 uzyskała wartość 185 kg/ha. W ciągu 4 lat dawka azotu wzrosła więc o 15 kg. Gdyby zanotowana tendencja (wzrost dawek N ok. 4 kg/ha rocznie) utrzymała się do końca dekady, ilość azotu zastosowanego w roku 2020 wynosiłaby ok. 200 kg N/ha. Taka dawka azotu nie jest ewenementem na plantacjach rzepaku, chodzi jednak o dawkę średnią na większości plantacji rzepaku poddanych badaniom. Sytuacja ta nie mogła pozostać bez wpływu na zaolejenie nasion – wnioski z dokładnych badań polowych są jednoznaczne. Wzrost poziomu azotu mógł być jednym z istotniejszych czynników współdecydujących o spadku zaolejenia.

Problemu wysokich dawek nawozów N oraz ich ujemnego wpływu na zaolejenie nie można jednak traktować jako zagrożenia. Oczywiste jest, że wyższy plon nasion to jednocześnie więcej uzyskanego oleju. Rzecz w tym, aby w pogoni za wysokim plonem nasion (i wzrostem opłacalności produkcji rzepaku) uwzględnić rzeczywisty aspekt ekonomiczny – głównym celem uprawy rzepaku nie jest przecież uzyskanie wysokiego plonu nasion, tylko wysokiego plonu oleju. Bardzo ważny i coraz częściej podkreślany jest też aspekt ekologiczny. Produkcja nawozów to przecież poważne zagrożenie dla środowiska.

Mimo wskazanych problemów rzepak jest ważną rośliną w płodozmianie, wymaga tego samego sprzętu do uprawy co zboża, a jego olej zawiera wiele cennych związków

prozdrowotnych i nie bez kozery nazywany jest oliwą północy. Należy tylko propagować jego niekwestionowane zalety oraz stosować takie technologie uprawy i przetwórstwa, aby zachować naturalną wysoką wartość prozdrowotną.

Te fakty dają obraz rośliny cennej tak z rolniczego, jak i żywieniowego punktu widzenia, a jednocześnie bardzo kapryśnej i wymagającej.

Wieloletnie obserwacje dotyczące zawartości tłuszczu w nasionach (tzw. zaolejenie) wskazywały, że cecha ta jest bardzo stabilna i uwarunkowana głównie genetycznie. Zarejestrowane odmiany rzepaku charakteryzują się zawartością tłuszczu w ok. 40–44%. Odmiany rzepaku jarego mają genetycznie mniejszą zawartość tłuszczu, podobnie jak odmiany rzadziej obecnie uprawianego rzepiku. Obserwując warunki pogodowe w ostatnich latach, stwierdzono, że cecha ta jest silnie modyfikowana – i to niestety negatywnie – przez czynniki pogodowo-uprawowe.

Zaolejenie to cecha, która niewątpliwie jest wektorem kilkunastu czynników. Jednak na nagromadzenie tłuszczu w nasionach istotny wpływ (i to zdaniem wielu naukowców) ma zaledwie kilka z nich. Wskazywane są sposoby uprawy, w tym nawożenia (szczególnie azotem) oraz walka ze szkodnikami (przede wszystkim łodyg) oraz termin wykonania zbioru źle dobrany w stosunku do dojrzałości łanu. W badaniach podkreślany jest również znaczny wpływ czynnika genetycznego (odmiany) oraz środowiskowego (pogody). Zaznacza się, że słoneczna i sucha pogoda dodatnio wpływa na zawartość białka, natomiast wilgotna – na zaolejenie nasion. Te dwa główne związki zapasowe nasion są w stosunku do siebie w opozycji. Podkreśla się, że na zawartość tłuszczu w nasionach dodatnio wpływa także długość okresu dojrzewania. Zaolejenie nasion jest więc cechą złożoną i zależy głównie od czynników genetycznych (odmiany), środowiskowych (pogoda) oraz od szeroko rozumianych czynników agrotechnicznych (podana kolejność czynników jest istotna).

6. Termin i technologia zbioru a jakość nasion i zawartość oleju

Końcowy etap dojrzewania łanu (początek lipca) to okres intensywnej fotosyntezy i przemieszczania asymilatów do nasion. Przerwanie tego procesu przy najwyższej sprawności życiowej roślin musi odbić się niekorzystnie zarówno na plonie, jak i jakości nasion. W technologii produkcji rzepaku jest to bardzo newralgiczny okres i właśnie wtedy trzeba podjąć wiele ważnych decyzji. Wymaga to dużej wiedzy i doświadczenia rolnika, ponieważ decyduje zarówno o wielkości plonu nasion, jak i jego walorach jakościowych.

Zmiany związane z jakością nasion w końcowej fazie dojrzewania sprawiają, że zarówno obrana technologia zbioru, jak i termin jego przeprowadzenia decydują o końcowej jakości nasion. Dojrzałość nasion decyduje również o sposobie i parametrach obróbki pozbiorowej, a więc temperaturze oraz sposobie suszenia (przy dużej wilgotności nasion suszenie powinno odbywać się etapami). Wpływa również na czas i sposób przechowywania (znaczna ilość nasion niedojrzałych powoduje szybkie psucie się składowanego materiału).

Istotne będą właściwe terminy rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych elementów procesu technologicznego, np. pokosowania czy zbioru roślin z pokosów (technologia ta stosowana jest marginalnie, dotyczy więc niewielkiej liczby plantacji). Natomiast w przypadku zbioru jednoetapowego jakość nasion będzie zależeć od momentu rozpoczęcia żniw (przestrzegania dojrzałości pełnej roślin), a szczególnie desykacji, którą należy przeprowadzić w terminie określanym jako „późna dojrzałość techniczna", czyli 3–4 dni po stwierdzeniu dojrzałości technicznej. Konieczność ścisłego przestrzegania tych terminów wiąże się z szybkimi zmianami procesów biologicznych i fizycznych zachodzących w czasie dojrzewania roślin i nasion. Rzepak należy do tych roślin, które w ciągu kilku godzin mogą istotnie zmienić nie tylko swoje właściwości biologiczne (stan dojrzałości), lecz zwłaszcza właściwości chemiczne i mechaniczne. W efekcie do przerobu trafiają nasiona z wysoką zawartością chlorofilu, o dużej ilości wolnych kwasów tłuszczowych oraz o silnie zaawansowanych procesach oksydacyjnych. Uzyskanie z takich nasion produktu finalnego (oleju, margaryny) o wysokiej jakości wymaga kosztownych zabiegów (ziemi bielącej, węgla aktywnego itd.), które podrażają produkcję, zmniejszają wydajność i mają ujemny wpływ na jakość.

Poznanie oraz opisanie zmian jakości nasion rzepaku w czasie ich rozwoju może być cenną informacją dla producentów rzepaku, którzy często są zmuszeni (wielkością areału czy małą liczbą maszyn do sprzętu) do wydłużenia żniw rzepakowych. Stosowane jest wtedy albo

wcześniejsze rozpoczęcie, albo ich wydłużenie, ale oba rozwiązania skutkują gorszym plonem zarówno ilościowym, jak i jakościowym. Lepszą wartość technologiczną nasion można uzyskać przez stosowanie odpowiedniej technologii zbioru i przestrzegając właściwego terminu, ponieważ opóźnienie zbioru poza dojrzałość techniczną (w przypadku zbioru dwuetapowego) lub poza dojrzałość pełną (w przypadku zbioru jednoetapowego) prowadzi nieuchronnie do bardzo wysokich strat jakościowych nasion. Choćby częściowe rozwiązanie tego problemu może znacznie zwiększyć ilość tego cennego surowca.

Dobrze przystosowany kombajn, czyli jego adaptacja do zbioru rzepaku (wydłużona podłoga zespołu żniwnego, rozdzielacz łanu), a także odpowiednia regulacja (nagarniacza, obrotów bębna młócącego, wentylatora czy sit) w zależności od stanu plantacji i jej dojrzałości może skutkować zwyżką plonu nawet o 2–4 q/ha (w niektórych sytuacjach więcej). Zwyżka ta nie wymaga żadnych nakładów; niezbędna jest jedynie wiedza rolnika o cechach technologiczno-biologicznych rzepaku (takich jak łatwość pękania łuszczyn i osypywania nasion, łatwość ulegania uszkodzeniom mechanicznym). Proste działania mogą znakomicie zrekompensować stosowanie mniejszych dawek azotu, umożliwiając jednocześnie zachowanie bardzo wysokiej jakości nasion.

Znajomość czynników, które istotnie modyfikują właściwości jakościowe nasion rzepaku, może być podstawą opracowania optymalnych parametrów technologicznych, gwarantujących wysoką jakość zbieranych nasion.

Poznanie tych właściwości nasion w powiązaniu z czynnikami biologicznymi (fazy rozwojowe roślin) oraz chemicznymi (skład chemiczny nasion) to podstawa przy podejmowaniu decyzji o wyborze sposobu zbioru, terminu jego rozpoczęcia i zakończenia, a więc decyduje o optymalizacji technologii zbioru. Rzepak należy do roślin szczególnie wrażliwych na błędy popełniane w poszczególnych ogniwach procesu technologicznego. Wyeliminowanie ich jest niemożliwe bez rzetelnej wiedzy o zmianach walorów jakościowych nasion, zarówno tych chemicznych, biologicznych, biochemicznych, jak i mechanicznych.

Poniżej przedstawiono kilka wskazówek, jak uzyskać wysoki plon nasion (nie marnując nakładów na jego nawożenie i środki chemiczne) oraz zapewnić wysoką wartość technologiczno-zdrowotną.

1. Wybór prawidłowej technologii zbioru. W przypadku technologii dwuetapowej będzie to termin rozpoczęcia pokosowania roślin, natomiast przy jednoetapowej – właściwe określenie dojrzałości pełnej oraz taka organizacja prac, aby trwały nie dłużej niż maks.

7 dni (jeżeli areał obsiano jedną odmianą dojrzewającą w tym samym terminie). Dłuższe żniwa to ryzyko znacznych strat (osypywanie nasion), a także porośnięcia nasion w przypadku złej pogody (opady deszczu).

2. Podjęcie decyzji, czy dana plantacja wymagać będzie desykacji – w przypadku gdy łan jest zachwaszczony bądź niewyrównany.
3. Prawidłowe określenie momentu desykacji roślin (jeżeli ten zabieg jest konieczny).
4. Odpowiednie przygotowanie kombajnu do zbioru rzepaku (adaptacja i regulacja).

Technologia zbioru rzepaku

Zbiór rzepaku można prowadzić dwoma sposobami.

1. Technologia jednoetapowa – gdy łan uzyska dojrzałość pełną. Do zbioru stosuje się odpowiednio adaptowany kombajn zbożowy. Od sposobu jego przystosowania zależeć będzie czystość nasion oraz wielkość strat ilościowych i jakościowych (uszkodzeń mechanicznych). Ze względu na postęp techniczny praca kombajnów w znaczącym stopniu spełnia wymagania dotyczące zbioru rzepaku. Aby zbiór odbył się przy niskich stratach ilościowych i jakościowych nasion, muszą być spełnione podstawowe warunki:
   - czystość łanu (brak znaczącego zachwaszczenia),
   - wyrównanie łanu pod względem dojrzałości,
   - niska wilgotność roślin i nasion.

W przypadku niespełniania tych warunków zalecany jest zbiór dwuetapowy.

2. Zbiór dwuetapowy realizowany jest przy użyciu kosiarki pokosującej, która ścina zielone rośliny na pokosy, oraz kombajnu, który służy do ich omłotu. Technologia ta stosowana jest sporadycznie. Przy zbiorze dwuetapowym najistotniejsze jest właściwe określenie momentu rozpoczęcia pokosowania. Optymalna dojrzałość, przy której rzepak powinien być pokosowany, gwarantująca wysoki plon (dobre wypełnienie nasion, wysoka MTN) oraz dobrą wartość technologiczną nasion (niska zawartość chlorofilu, odpowiednia liczba kwasowa oraz nadtlenkowa) – to dojrzałość techniczna. Dojrzałość techniczną i pełną łanu łatwiej określić, gdy plantacja jest zadbana zarówno, jeżeli chodzi o ochronę przed chorobami i szkodnikami, jak i w sensie agrotechnicznym (właściwa gęstość łanu, wyrównanie czy pokrój roślin). Znacznie trudniej określić właściwą dojrzałość łanu na plantacji zachwaszczonej i porażonej przez choroby i szkodniki.

Określenie prawidłowej dojrzałości technicznej jest konieczne również przy stosowaniu na plantacji środków zapobiegających osypywaniu nasion (sklejaczy łuszczyn) czy desykantów.

Zbiór jednoetapowy

Termin rozpoczęcia zbioru winna wyznaczać wilgotność nasion. Cecha ta informuje o ich dojrzałości oraz o koniecznym zakresie regulacji podzespołów roboczych kombajnu, którym będzie dany łan koszony. Parametr ten można w prosty sposób określić za pomocą niezbyt drogich aparatów. Łan rzepaku w fazie dojrzałości pełnej przybiera charakterystyczny rudawy kolor (fot. 7).

Fot. 7. Łan rzepaku w dojrzałości pełnej

Źródło: materiał własny.

Jako początek zbioru należy przyjąć fazę dojrzałości, gdy nasiona osiągną wilgotność poniżej 17%, czyli górnej wartości granicznej. Wskazane jest, aby wynosiła ona 12%, a najlepiej 7% – wtedy można uniknąć kosztownego procesu dosuszania. Jednak z fizjologicznego punktu widzenia spadek wilgotności poniżej 17% sprawia, że nasiona uzyskują prawidłową wartość technologiczną. Należy zaznaczyć, że nasiona koszone kombajnem bardzo szybko ulegają wtórnemu nawilgoceniu pod wpływem zanieczyszczeń (np. resztek słomy, której wilgotność w czasie zbioru wynosi ok. 70%, oraz nasion chwastów, również o znacznej wilgotności). Przy pomiarze wilgotności nasion zebranych z pojedynczych roślin musimy uwzględnić fakt, że tuż po zbiorze ich wilgotność (w masie) natychmiast wzrośnie o 1,5–2%. Przy tej metodzie zbioru trzeba zatem zabiegać o jak najniższą możliwą wilgotność nasion. W przeciwnym razie musimy mieć zapewniony dostęp do suszarni o stosunkowo dużej wydajności. Szczególnego traktowania wymagają plantacje o znaczącym zachwaszczeniu (fot. 8). Takie partie nasion stwarzają problem związany nie tylko z ich oczyszczeniem i osuszeniem, lecz także

z przechowywaniem. Nasiona chwastów są bowiem ogniskami pleśnienia i przyczyną zbrylania całej partii nasion.

Fot. 8. Zachwaszczona plantacja rzepaku

Źródło: materiał własny.

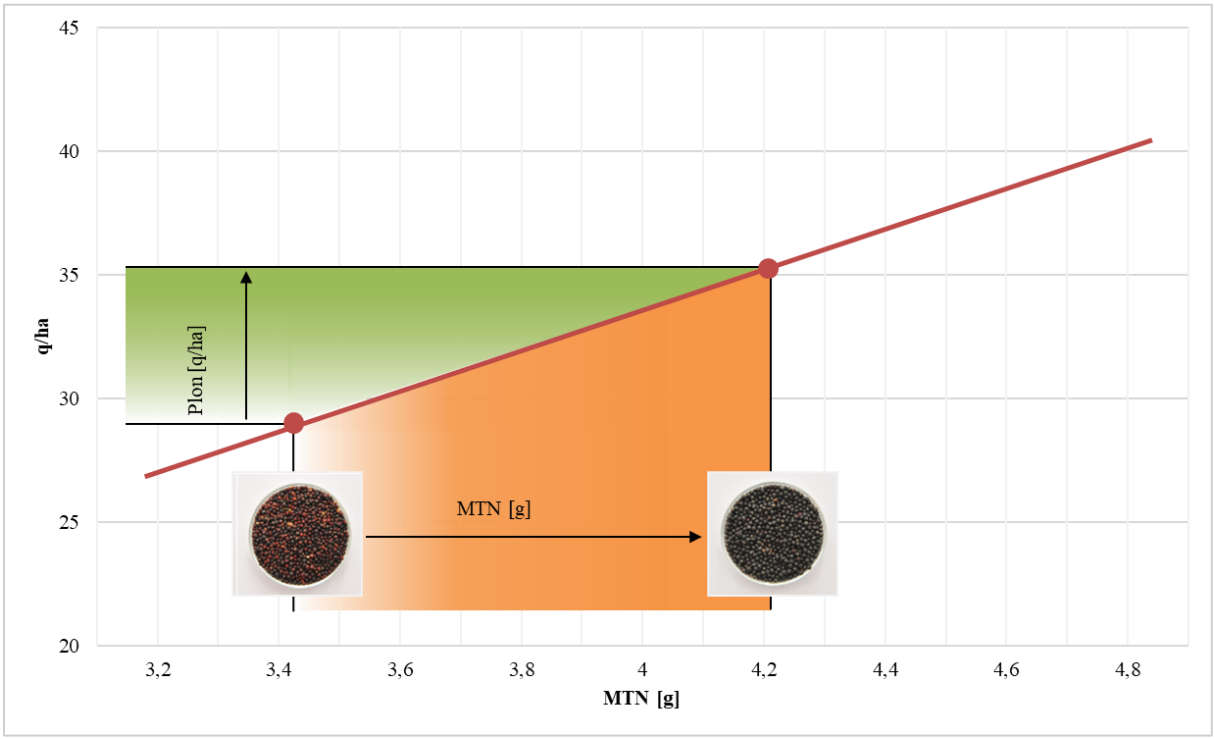
Fot. 9. Nasiona rzepaku pochodzące z łanu zachwaszczonego

Źródło: materiał własny.

Sposobem na uniknięcie silnego zanieczyszczenia nasion w czasie zbioru, a także poprawiającym pracę kombajnu jest zabieg desykacji. Właściwe jego przeprowadzenie (bez uszczerbku na plonie nasion i jego jakości) wymaga prawidłowego określenia dojrzałości technicznej.

Na podstawie licznych badań stwierdzono, że zbyt wczesne stosowanie desykantów (lub pokosowanie roślin) może doprowadzić do spadku masy 1000 nasion nawet o 0,5–0,7 g. Skutkuje to nie tylko spadkiem plonu o 500–700 kg/ha, lecz również niekorzystnie wpływa na jakość nasion.

Rys. 13. Zależność plonu od masy 1000 nasion



Przyrost MTN z 3,4 g (desykacja 5 dni przed dojrzałością pełną) do 4,2 g (desykacja w dojrzałości pełnej) skutkuje wzrostem plonu z 2,8 t/ha do 3,5 t/ha (+ 0,7 t/ha).
Źródło: badania własne.

Fot. 10. Masa 1000 nasion z plantacji desykowanych w różnych terminach dojrzałości

Plantacja desykowana w dojrzałości pełnej

MTN – 5,01 g

Desykacja plantacji 5 dni przed dojrzałością pełną

MTN – 3,40 g

Białko: o 3 – 4 % więcej
Woda: o 1,5 – 2 % więcej

Źródło: materiał własny.

Ten przykład powinien być analizowany w momencie podejmowania decyzji o terminie desykacji roślin rzepaku i być przestrogą przed niewłaściwym wykonywaniem tego zabiegu.

Należy również bardzo precyzyjnie przestrzegać dawek zalecanych przez producenta desykantów. Istnieje niebezpieczeństwo groźnych dla zdrowia pozostałości środka na nasionach, przed czym przestrzega również **Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej**. Należy jednak zaznaczyć, że producenci są często pod presją: wyższych cen nasion w pierwszych dniach skupu, prognoz pogody, braku dostępu do suszarni, żniw jęczmienia (które mogą się nakładać na żniwa rzepakowe) czy zbyt wydłużonych żniw rzepaku, co może skutkować wysokimi stratami przez samoosypywanie nasion (przy niewystarczającym dostępie do kombajnu) itp. Jak widać, przy uprawie rzepaku producenci napotykają wiele problemów.

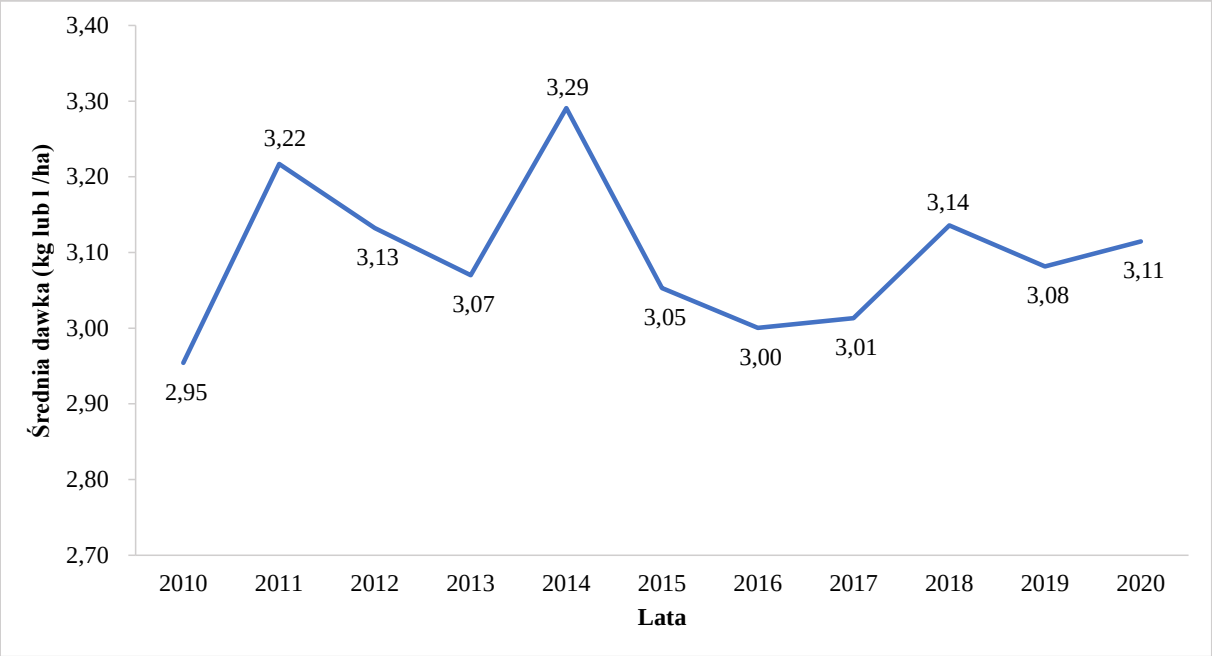
Fot. 11. Łan rzepaku w dojrzałości technicznej z popękanymi łuszczynami jako efektem nierównomiernego dojrzewania

Źródło: materiał własny.

Desykacja plantacji rzepaku

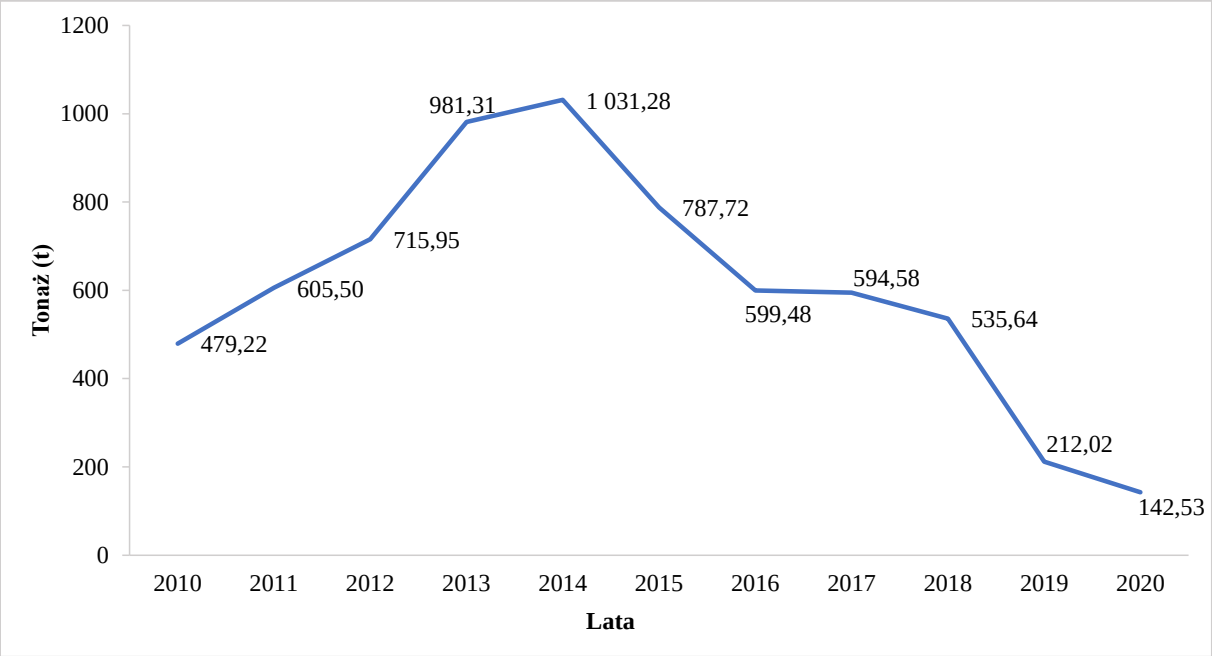
Zbiór jednoetapowy jest coraz częściej nierozerwalnie związany z desykacją plantacji. Szczegółowe badania tyczące zastosowania desykantów przeprowadzone przez firmę Kynetec wskazują, że dawki desykantów są stosowane zgodnie z zaleceniami producentów. Należy podkreślić ważność tego zagadnienia, ponieważ z badań wynika, że dawki niezgodne z zaleceniami mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie. Desykanty stosuje się pod koniec dojrzewania rzepaku i część pozostaje na nasionach oraz w glebie. Badania przeprowadzone przez Kynetec wskazują, że plantatorzy rzepaku na szczęście w większości przestrzegają tych zaleceń.

Rys. 14. Średnie dawki desykantów zastosowane na plantacjach rzepaku w latach 2010–2020



Źródło: Kynetec.

Rys. 15. Ilość (t) desykantów zastosowanych w poszczególnch latach w okresie 2010–2020

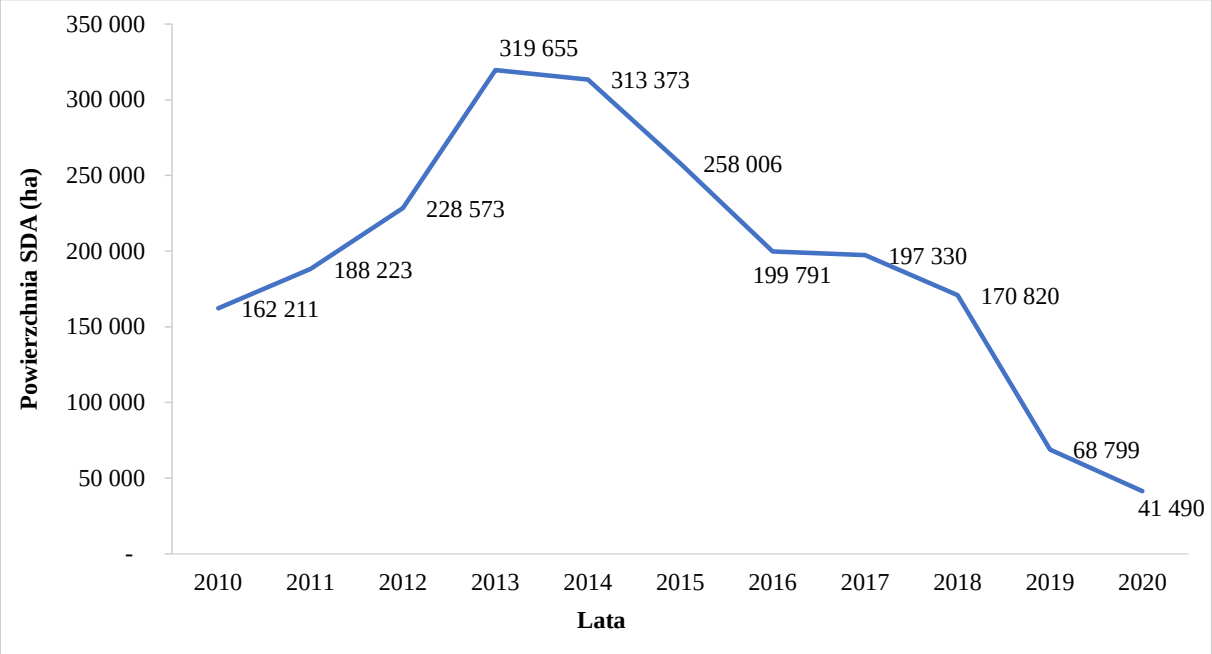


Źródło: Kynetec.

Użycie desykantów (rys. 15) jest informacją bardzo cenną szczególnie dla producentów. Wiadomo jednak, że stosowanie ich jest „złem koniecznym” i że należy to robić tylko w wyjątkowych sytuacjach – najczęściej wtedy, gdy plantacja jest niewłaściwie przygotowana

do zbioru (zachwaszczenie, nierównomierne dojrzewanie). Po ilości desykantów zużytych w ostatnich latach można wnioskować, że świadomość producentów, a także ich wiedza znacząco wzrosły. To dobrze świadczy o jakości zdrowotnej nasion dostarczanych do ZT.

Rys. 16. Powierzchnia traktowana rzepaku (SDA[6] ha), na której zastosowano desykację w latach 2010–2020

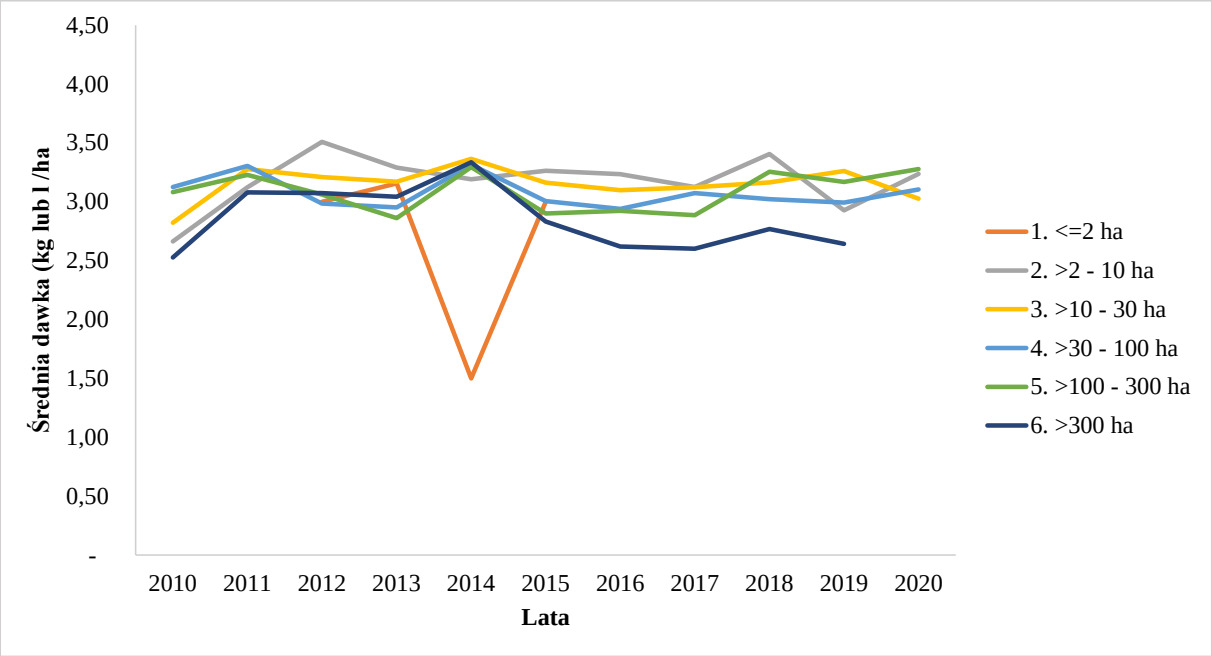


Źródło: Kynetec.

Dane zawarte na rysunku 16 wynikają z informacji uwzględnionych na rysunku 15.

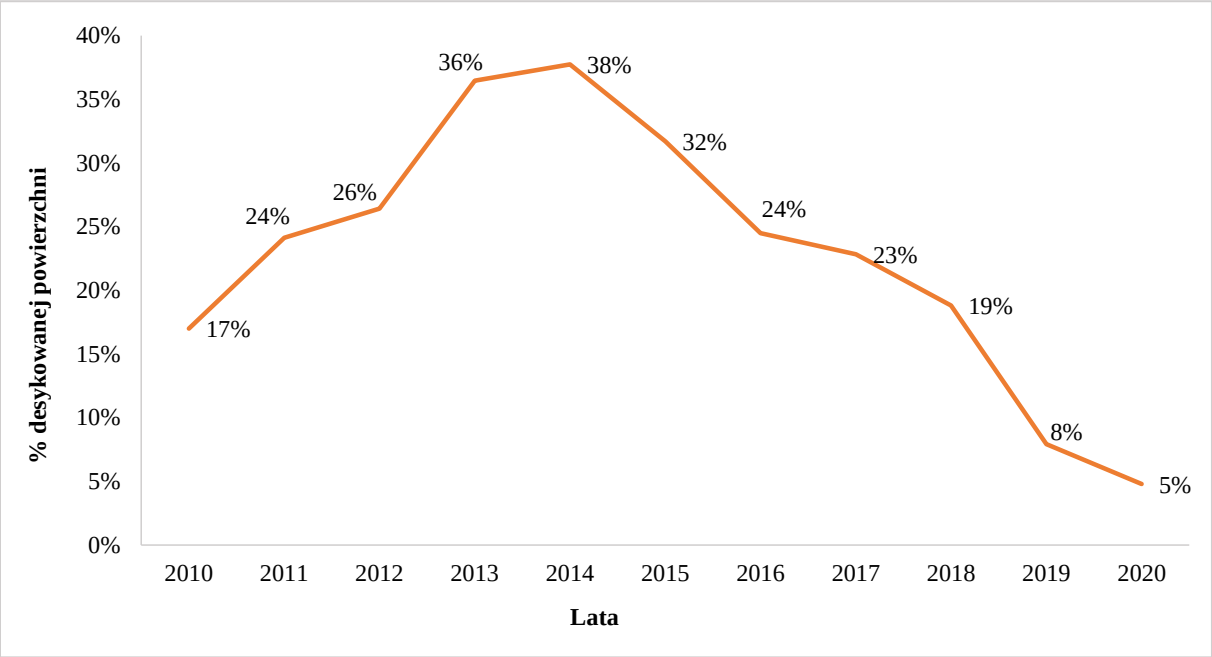
[6] SDA – powierzchnia SDA jest sumą powierzchni netto pomnożonej przez liczbę użytych produktów i liczbę przejazdów ciągnika/opryskiwacza na powierzchni netto.

Rys. 17. Średnia dawka desykantów (kg/ha) zależnie od powierzchni rzepaku, na której były stosowane w latach 2010–2020



Źródło: Kynetec.

Rys. 18. Udział powierzchni desykowanej w stosunku do całkowitej powierzchni uprawy rzepaku ozimego w latach 2010–2020



Źródło: Kynetec.

Z przeprowadzonych badań (rys. 18) wynika, że procentowy udział powierzchni desykowanej w stosunku do całkowitej powierzchni uprawy rzepaku ozimego w ostatnim 10-leciu znacząco

się zmienił – z 38% desykowanego areału uprawianego rzepaku w roku 2015 do 5% w roku 2020. Największy areał rzepaku poddano desykacji w latach 2013–2015. Od tego czasu ilość ta znacząco spada, aby w latach 2019–2020 uzyskać wartości 5–8% desykowanego areału. Należy zwrócić uwagę, że są to lata o najsłabszym zaolejeniu. Odpada więc przypuszczenie, że to desykacja plantacji mogła mieć wpływ na tę cechę.

Wielkość zdesykowanej powierzchni rzepaku należy skonfrontować z przebiegiem pogody w latach 2013 i 2014 (rys. 23). Zauważymy wtedy, że było to konsekwencją dużej ilości opadów na przełomie czerwca – lipca. Warunki pogodowe zmusiły producentów rzepaku do ratowania plonu przez zastosowanie desykacji.

Bardzo niewielka ilość plantacji zdesykowanych w ostatnich latach badanej dekady również ma związek z przebiegiem pogody. Od roku 2015 obserwowane są bowiem bardzo suche lata. Ta różnica jest doskonale widoczna przy porównaniu z warunkami pogodowymi w początkowych latach dekady.

Wieloletnia analiza prób nasion dostarczanych do punktów skupu wykazała, że szczególnie w początkowym okresie dostarczane są nasiona o niskiej wartości technologicznej. Badania wytrzymałości łuszczyn wykazały, że desykacja roślin rzepaku w latach wilgotnych jest uzasadniona, bo istotnie podnosi wytrzymałość łuszczyn i obniża straty nasion. Sprawia też, że zebrane nasiona charakteryzują się wilgotnością niższą o 1,5–2%. Nie bez znaczenia jest również większa wydajność kombajnu. Natomiast desykacja przeprowadzona w latach suchych powoduje łatwiejsze pękanie łuszczyn i większe straty. Analiza cech jakościowych nasion pochodzących z partii dostarczonych w pierwszych dniach kampanii do punktów skupu wykazała ich niekorzystne parametry: bardzo małą masę 1000 nasion (MTN), wysoki poziom chlorofilu i gorszy profil kwasów tłuszczowych. Zbiór nie w pełni dojrzałych nasion przekłada się na podwyższoną ilość szkodliwych dla zdrowia kwasów nasyconych kosztem bardzo cennego kwasu oleinowego.

Zbiór dwuetapowy. Prawidłowe określenie dojrzałości technicznej

Zbiór dwuetapowy realizowany jest przy użyciu kosiarki pokosującej, która ścina zielone rośliny na pokosy oraz kombajnu, który służy do ich omłotu. Najistotniejsze jest właściwe określenie momentu rozpoczęcia pokosowania. Optymalną dojrzałością, przy której rzepak powinien być pokosowany, gwarantującą wysoki plon (dobre wypełnienie nasion, wysoka

MTN) oraz dobrą wartość technologiczną nasion (niska zawartość chlorofilu, odpowiednia liczba kwasowa oraz nadtlenkowa), jest dojrzałość techniczna.

Prawidłowe określenie optymalnego terminu stosowania środków chemicznych (desykantów, środków wyrównujących dojrzewanie łanu, środków zapobiegających pękaniu łuszczyn i osypywaniu nasion) jest bardzo trudne nawet dla rolnika z dużym doświadczeniem w uprawie rzepaku. Wynika to z nierównomiernego dojrzewania roślin, porażenia przez choroby i szkodniki, ze zmienności glebowej itp. Prawidłowym terminem stosowania tych środków jest najczęściej dojrzałość techniczna roślin (fot. 12). Łan w fazie dojrzałości technicznej zachowuje typową barwę seledynową, czyli przechodzącą z koloru soczystozielonego do jasnozielonego.

Fot. 12. Łan rzepaku w fazie dojrzałości technicznej

Źródło: materiał własny.

Prostą i skuteczną metodą wyznaczania dojrzałości technicznej jest testowanie wytrzymałości łuszczyn przez zginanie ich w palcach na kształt litery „U” (fot. 13). Łan o tej dojrzałości zachowuje typową barwę przechodzącą z koloru soczystozielonego do jasnozielonego. Zginane w tym terminie łuszczyny lekko pękają na zgięciach, ukazując brunatniejące po bokach nasiona (fot. 13A). Łan powinien zawierać około 60–70% takich łuszczyn.

Fot. 13. Określenie dojrzałości technicznej rzepaku na podstawie zginania łuszczyn w kształt litery „U”

A – różne stadia dojrzałości łuszczyn (pełna, techniczna, zielona)

B – łany w dojrzałości technicznej

C – łany w fazie późnej dojrzałości technicznej

D – łuszczyny w dojrzałości pełnej

Źródło: materiał własny.

7. Jakość oleju a sposób zbioru rzepaku

Jakość oleju zależy od wielu czynników. Niektóre z nich są uwarunkowane genetycznie, jak profil kwasów tłuszczowych czy zawartość niektórych związków bioaktywnych. Czynniki te są jednak modyfikowane warunkami agrometeorologicznymi. Większość parametrów jakości oleju ściśle zależy od technologii pozyskiwania nasion oraz od dojrzałości nasion w czasie zbioru.

Tabela 9. Profil kwasów tłuszczowych w zależności od terminu zbioru jednoetapowego

Rodzaj kwasów tłuszczowych	Termin zbioru		
	04 lipca	08 lipca	12 lipca
Σ nasyconych SFA	9,5	6,6	3,8
$C_{18:1}$	59,2	65,6	68,6
$C_{18:2}$	19,2	18,3	18,5
$C_{18:3}$	9,6	7,8	7,5
Σ nienasyconych UFA	90,5	93,4	96,2
Jednonienasycone MUFA	60,6	66,2	69,1
Wielonienasycone PUFA	29,8	27,2	27,1

Źródło: badania własne.

Analizując skład kwasów tłuszczowych w oleju w zależności od różnych terminów zbioru, stwierdzono, że w terminie najwcześniejszym poziom kwasów nasyconych był wyższy. Wczesny zbiór wpływał więc szczególnie niekorzystnie na jakość oleju w stosunku do terminu najpóźniejszego.

Wartość spożywcza i zdrowotna oleju zależy również od czasu oraz warunków jego przechowywania (jełczenie oleju). Widać więc wyraźnie, że zarówno produkcja nasion, jak i procesy związane z pozyskiwaniem oleju bezpośrednio i istotnie wpływają na jego jakość. Stosowanych jest wiele różnych parametrów oceny jakości oleju. W niniejszym opracowaniu omówiono tylko najważniejsze z nich.

Oceniając stosowane technologie zbioru na podstawie cech jakościowych nasion istotnych w procesach przetwórstwa, należy wskazać, że tak poszczególne odmiany, jak i lata znacznie wpływały na skład chemiczny nasion. Co ciekawe, w latach gdy nasiona miały najwyższą zawartość tłuszczu, jednocześnie nie wykazywały optymalnych parametrów badanych wyróżników jakościowych oleju (liczba kwasowa – LK, liczba nadtlenkowa – LN, zawartość

chlorofilu – ZCH) niezależnie od technologii zbioru. Natomiast w tych latach, gdy w nasionach stwierdzono znacznie mniej tłuszczu, badane wyróżniki jakościowe oleju cechowały się bardzo dobrymi parametrami. Porównując obie technologie zbioru, należy stwierdzić, że jedynie zawartość chlorofilu w nasionach przemawia na niekorzyść zbioru dwuetapowego. Nasiona pozyskane tą technologią będą wymagały większej staranności podczas procesu rafinacji oleju.

Wczesny zbiór jednoetapowy powoduje spadek tak zawartości tłuszczu w nasionach (o ponad 2%), jak i większą ilość chlorofilu oraz mniejszą liczbę kwasową i nadtlenkową tłuszczu. Wartość technologiczna nasion ogólnie się pogarsza. Również zbyt wczesne koszenie roślin na pokosy czy zbyt wczesne ich młócenie ujemnie wpływa na dorodność uzyskanych nasion, a różnice w MTN mogą w skrajnych przypadkach wynosić 0,5 g. Podobna tendencja dotyczy również pozostałych wyróżników oleju, tzn. liczby kwasowej i liczby nadtlenkowej. Oba te parametry wykazują zdecydowanie gorszą jakość w odniesieniu do nasion zbieranych w przyspieszonym terminie.

8. Dorodność nasion a zawartość i jakość oleju

Wieloletnie badania wykazały bardzo wysoką dodatnią korelację między zawartością tłuszczu w nasionach a ich dorodnością. Nasiona dobrze wykształcone, dorodne, dobrze wybarwione, o wysokiej MTN charakteryzują się nie tylko wysokim zaolejeniem, lecz jednocześnie bardzo korzystnym (ze względów zdrowotnych) profilem kwasów tłuszczowych. Jest wiele przyczyn złego wykształcenia nasion (małej MTN) i zarazem gorszej ich jakości. Dane literaturowe wskazują, że przyrost MTN uzależniony jest od długości okresu wegetacji oraz czasu nasłonecznienia. Ujemnie wpływają na ten parametr niskie średnie dobowe temperatury oraz częste opady. Przeprowadzona ocena MTN wykazała także zależność tego wskaźnika od terminów zbioru. Stwierdzono, że w każdym przypadku nasiona zebrane zbyt wcześnie charakteryzowały się mniejszą masą w porównaniu z nasionami zebranymi w dojrzałości optymalnej.

Rys. 19. Wpływ terminów zbioru na MTN (0 – to dojrzałość pełna nasion)

Źródło: badania własne.

Spadek MTN we wczesnym terminie dojrzałości jest związany z przerwaniem procesu dojrzewania roślin i przemieszczeniem asymilatów do nasion. Ujemny wpływ ma także zbyt

wczesne (przed dojrzałością techniczną) stosowanie desykantów. Skutkuje to znaczącym obniżeniem MTN (fot. 14).

Fot. 14. Nasiona rzepaku o MTN 4,2 g (zbiór w dojrzałości pełnej). Plon 36 dt/ha

Źródło: materiał własny.

Fot. 15. Nasiona rzepaku o MTN 3,4 g (desykacja 8 dni przed dojrzałością pełną). Plon 28 dt/ha

Źródło: materiał własny.

Końcowy etap dojrzewania łanu (lipiec) to okres intensywnej fotosyntezy, a jej przerwanie musi odbić się niekorzystnie zarówno na plonie, jak i na jakości nasion. Nasiona niedojrzałe charakteryzują się większą o 3-5% ilością białka i wyższą zawartością chlorofilu oraz większą

o 1,5% zawartością wody od nasion dorodnych. Dlatego, jeżeli łan nie wymaga desykacji (łan jest wyrównany pod względem dojrzałości i nie jest zachwaszczony), należy jej unikać.

Przyczyny małej masy 1000 nasion

1. Źle dobrana technologia zbioru. Nasiona małe to najczęściej nasiona nie w pełni dojrzałe.
2. Zbyt wcześnie rozpoczęty zbiór jednoetapowy.
3. Niewłaściwie dobrany (we wczesnej dojrzałości technicznej) termin stosowania desykantów.
4. Wykazano również, że przyrost MTN zależy od długości okresu wegetacji oraz czasu nasłonecznienia.

Stwierdzono, że wielkość nasion ma wpływ na ilość i jakość oleju.

1. W nasionach małych większy jest udział okrywy nasiennej. Liczne badania wykazały, że w nasionach większych (ϕ powyżej 2 mm) udział okrywy nasiennej wynosi ok. 13,8%, natomiast w mniejszych (ϕ ok. 1,6 mm) ten udział jest znacząco większy – o 14,5% nawet do 17%. Uzysk oleju z nasion małych (niedorodnych) będzie więc zdecydowanie niższy w porównaniu do nasion o wysokiej MTN.
2. Nasiona o średnicy 2,0 mm i więcej charakteryzują się najwyższą jakością jako surowiec olejarski. Natomiast partie rzepaku o nasionach małych (poniżej 1,6 mm) w ogóle nie powinny być wykorzystywane do produkcji olejów jadalnych.
3. Zawartość tłuszczu we frakcji największej, powyżej 2 mm, była zdecydowanie wyższa (prawie o 5%) w porównaniu do frakcji najdrobniejszej.
4. Najdrobniejsze nasiona rzepaku wykazują także zdecydowanie gorszą wartość technologiczną. Mają więcej chlorofilu i charakteryzują się zdecydowanie gorszym profilem kwasów tłuszczowych (dużo kwasów nasyconych).

9. Wpływ chorób i szkodników występujących w rzepaku na zaolejenie nasion

Intensywność występowania chorób i szkodników zależy w znacznym stopniu od przebiegu pogody. Lata ciepłe i wilgotne sprzyjają rozwojowi chorób grzybowych, z których najgroźniejsza jest czerń rzepakowa (*Alternaria brassicae*). Porażone nią łuszczyny pękają i osypują nasiona, a przy nasilonym występowaniu patogena straty w plonie rzepaku mogą sięgać 70-80%. Zagrożone są szczególnie plantacje ze skłonnością do wylegania, powstaje bowiem wtedy specyficzny mikroklimat, korzystny dla rozwoju szkodliwych grzybów. Niektórzy podają, że brak ochrony plantacji środkami chemicznymi może przyczynić się do znacznego porażenia plantacji przez grzyby patogeniczne, głównie przez *Verticillium* (66%) oraz Sclerotinia (20%), co może wpłynąć na 19% zniżkę plonu.

Znaczne straty powodują także szkodniki występujące w dużym nasileniu. Mogą one porażać bezpośrednio łuszczyny, które wcześniej żółkną, zasychają i przedwcześnie osypują nasiona. Szczególnie szkodliwe są chowacze, których larwy mogą niszczyć nie tylko łuszczyny, lecz także łodygi, powodując przedwczesne dojrzewanie porażonych roślin. Uzyskane z nich nasiona są małe, brązowe i osypują się przed osiągnięciem przez łan właściwej fazy dojrzałości. Powstałe w ten sposób straty w plonie mogą sięgać kilku procent. Efektem uszkodzeń powodowanych przez wiosenne szkodniki może być mniejszy plon nasion rzepaku (o 15–60%). Tak znaczne zagrożenie opłacalności plonowania wymaga stałej kontroli plantacji. Gdy zagrożenie chorobą jest na tyle duże, że przekroczony został próg szkodliwości, należy niezwłocznie wykonać konieczne zabiegi. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że łuszczyny roślin chorych są 15–35% bardziej podatne na pękanie w porównaniu do roślin zdrowych. Znacznie zmniejsza się też wytrzymałość łodyg (ponad 40%), szczególnie w dolnej strefie, co powoduje wyleganie roślin (fot. 16).

Fot. 16. Rośliny zdrowe oraz porażone przez chowacze łodygowe

Źródło: materiał własny.

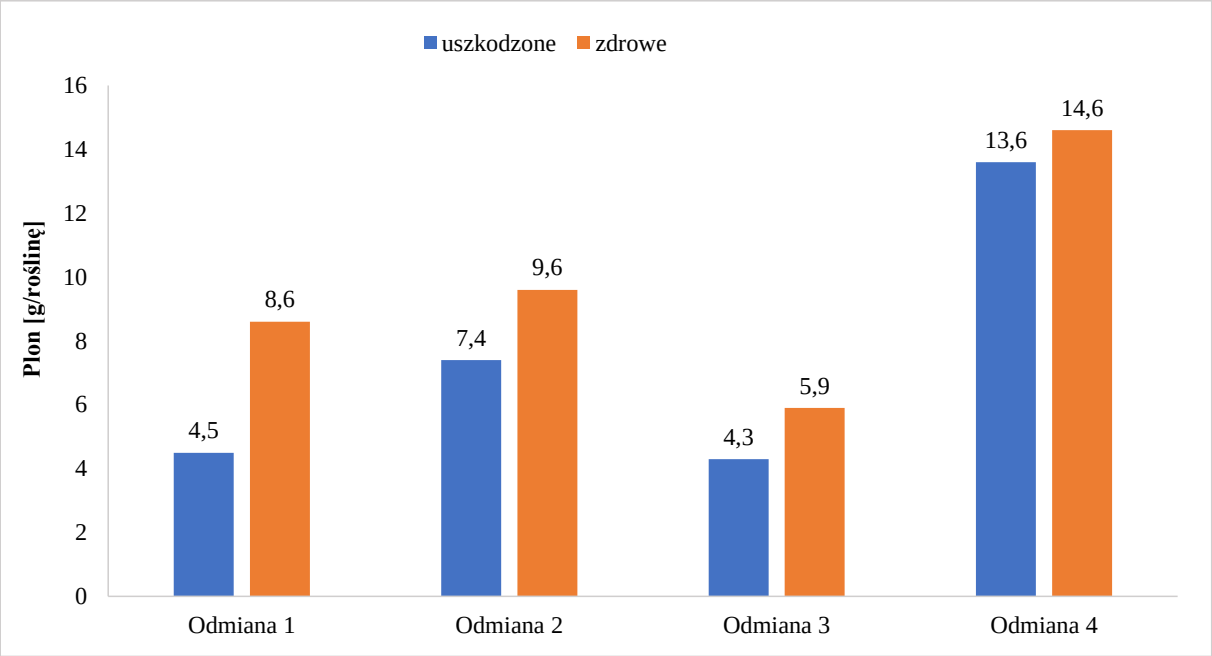
Na fotografii powyżej przedstawiono rośliny zdrowe oraz porażone przez chowacze. te drugie znacznie wcześniej osiągały pełną dojrzałość (średnio ok. 3–4 dni), miały mniej wykształconych łuszczyn, a także znacznie obniżone wartości parametrów odpowiedzialnych za plonowanie, np. MTN (tab. 10, rys. 20). Szczególnie wyraźne różnice stwierdzono w odmianie 1. MTN obliczona dla roślin zdrowych różniła się w porównaniu do roślin chorych o 1,27 g. Przyjmując, że na jednej plantacji wszystkie rośliny są porażone, a na drugiej zdrowe, różnica w plonie wyniesie 12,7 q/ha. Są to więc bardzo znaczące wielkości, które mogą zadecydować o opłacalności produkcji. Przy 20% porażeniu roślin uzyskany plon zmalał około 2,5 q. Nie wzięto przy tym pod uwagę zdecydowanie łatwiejszego osypywania się nasion roślin chorych w czasie dojrzewania oraz podczas zbioru (agresywna praca zespołu żniwnego – listwa tnąca, nagarniacz i rozdzielacz). W efekcie plon pochodzący z roślin chorych może ulec zmniejszeniu o ponad 35%. Efekty intensywnej walki ze szkodnikami są tym istotniejsze, że jej koszty stanowią zaledwie 5,2% kosztów bezpośrednich poniesionych na produkcję rzepaku.

Tabela 10. Dorodność nasion pochodzących z roślin zdrowych oraz z roślin porażonych przez chowacze łodygowe określana na 5 podstawowych odmianach rzepaku

Odmiana	Masa 1000 nasion [g]	
	rośliny porażone	rośliny zdrowe
A	3,57	4,70
B	3,92	3,96
C	3,97	4,33
D	3,37	4,08
E	3,89	4,10
$\overline{X}$	3,74	4,27

Źródło: badanie własne.

Rys. 20. Plon nasion z roślin porażonych chowaczami łodygowymi oraz z roślin zdrowych



Źródło: badania własne.

Fot. 17. Nierównomierne dojrzewanie roślin spowodowane chorobami (czerń krzyżowych) i szkodnikami roślin

Źródło: materiał własny.

Brak skutecznej ochrony plantacji przed chorobami i szkodnikami sprawi, że uzyskamy nasiona o niepełnej dojrzałości, czyli: nasiona o gorszym zaolejeniu, małej MTN, wysokiej zawartości chlorofilu oraz niekorzystnym dla zdrowia profilu kwasów tłuszczowych. Przełoży się to bezpośrednio zarówno na ilość uzyskanego oleju (większe ubytki w procesach rafinacji), jak i gorszą jego jakość. Utrzymanie plantacji w optymalnym stanie (zarówno pod względem kondycji roślin uwarunkowanej prawidłową uprawą i nawożeniem, jak i ochrony przed chorobami i szkodnikami) jest warunkiem koniecznym w walce o wysokie zaolejenie nasion. Tylko zadbana plantacja może zminimalizować ewentualne straty w plonie nasion i oleju wywołane warunkami atmosferycznymi (suszą).

10. Warunki meteorologiczne a wartość technologiczna nasion rzepaku

Warunki atmosferyczne odgrywają zasadniczą rolę w przypadku uprawy rzepaku. W zasadzie przebieg pogody w całym okresie wegetacji może bardzo skomplikować zarówno obraną technologię uprawy, jak i wywierać istotny wpływ na plon i jego wartość technologiczną.

Osypane nasiona to nie tylko problem plonu, lecz także jakości. Osypane nasiona rzepaku mogą przeleżeć w stanie uśpienia nawet do 5 lat. Każdego roku część z nich kiełkuje i podczas kwitnienia produkują pyłek, który zapyla kwiaty odmian szlachetnych. Powstaje krzyżówka nasion o cechach odmiany szlachetnej, ale z cechami odmiany wysianej kilka lat wcześniej. Mówi się wówczas o zaśmiecaniu genetycznym odmian uprawnych. Nasiona pochodzące z przepylenia pyłkiem pochodzącym z roślin dzikich charakteryzują się zmienionym składem chemicznym (szczególnie profilem kwasów tłuszczowych, w tym wzrostem kwasu erukowego). Stąd zalecenia, aby tak skonstruować płodozmian, by rzepak trafiał na to samo pole nie częściej niż co 4–5 lat.

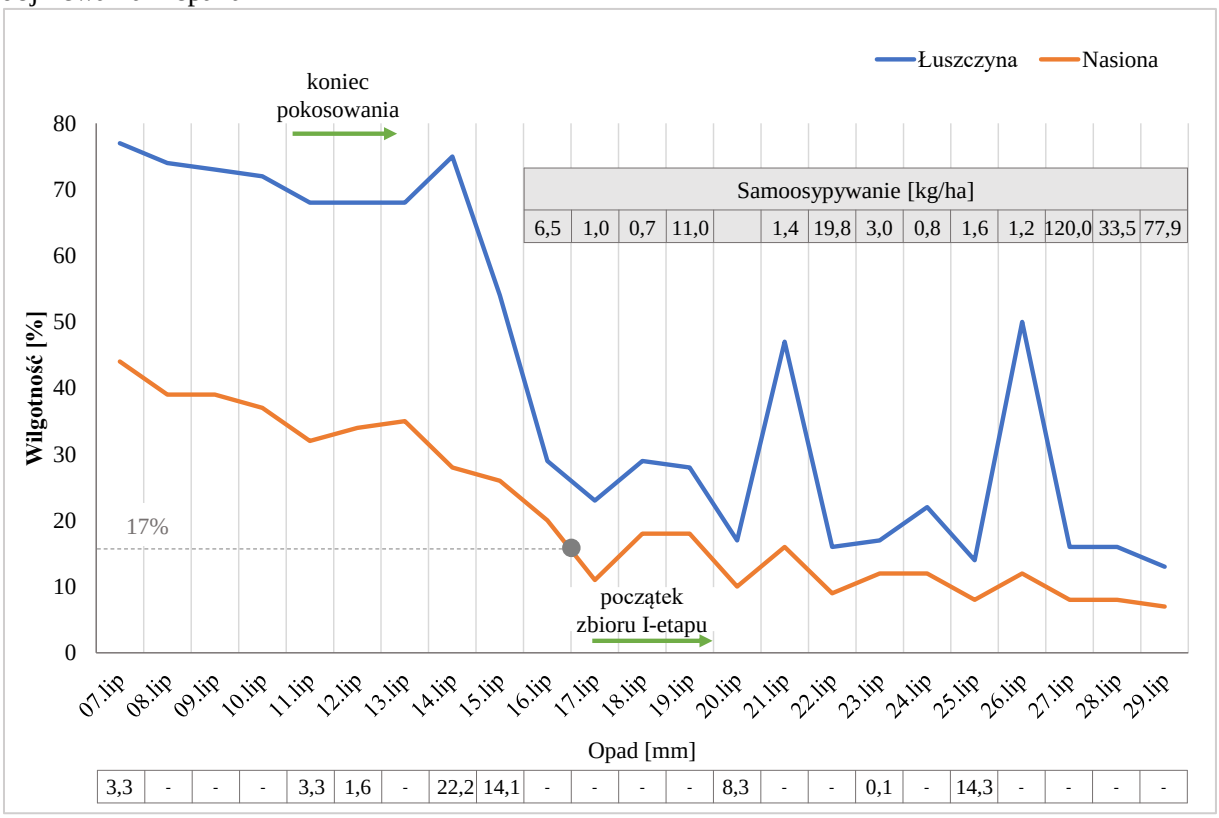
Na podstawie obserwacji dynamiki schnięcia nasion w trakcie ich dojrzewania można łatwo określić zarówno moment uzyskania dojrzałości technicznej, jak i pełnej. Na załączonych rysunkach 21 i 22 zaznaczono również wielkość samoosypanych nasion w końcowej fazie dojrzewania łanu. Można odczytać z nich również, jak warunki pogodowe (zmiana wilgotności łuszczyn) oraz dojrzałość łanu wpływają na wielkość samoosypanych nasion.

Wilgotna pogoda w momencie uzyskania dojrzałości pełnej jest niebezpieczna również z powodu możliwości porastania nasion w łuszczynach. Porastanie to nie tylko widoczny kiełek na nasionach – to już końcowy etap porastania. Wcześniej w nasionach wilgotnych dochodzi do wzmożonej aktywności enzymów rozkładających trójglicerydy na proste kwasy tłuszczowe. Jest to bardzo niepożądany proces. Wolne kwasy tłuszczowe muszą być bowiem usunięte w procesie rafinacji oleju. Ma to istotny wpływ na uzysk oleju z nasion. Rozpoczęte procesy porastania nasion można określić wyższą LK[7]. Jej optymalna wielkość dla nasion w dobrej kondycji wynosi ok. 1. Podczas długotrwałego przechowywania wartość ta rośnie do 2. Gdy LK wzrasta do ponad 3, świadczy to o zaawansowanych procesach rozkładu trójglicerydów, które są efektem porastania nasion bądź silnego porażenia nasion przez mikroflorę

[7] LK – liczba kwasowa

przechowalniczą (enzymy grzybów i bakterii również wytwarzają enzymy rozkładające trójglicerydy na tłuszcze proste).

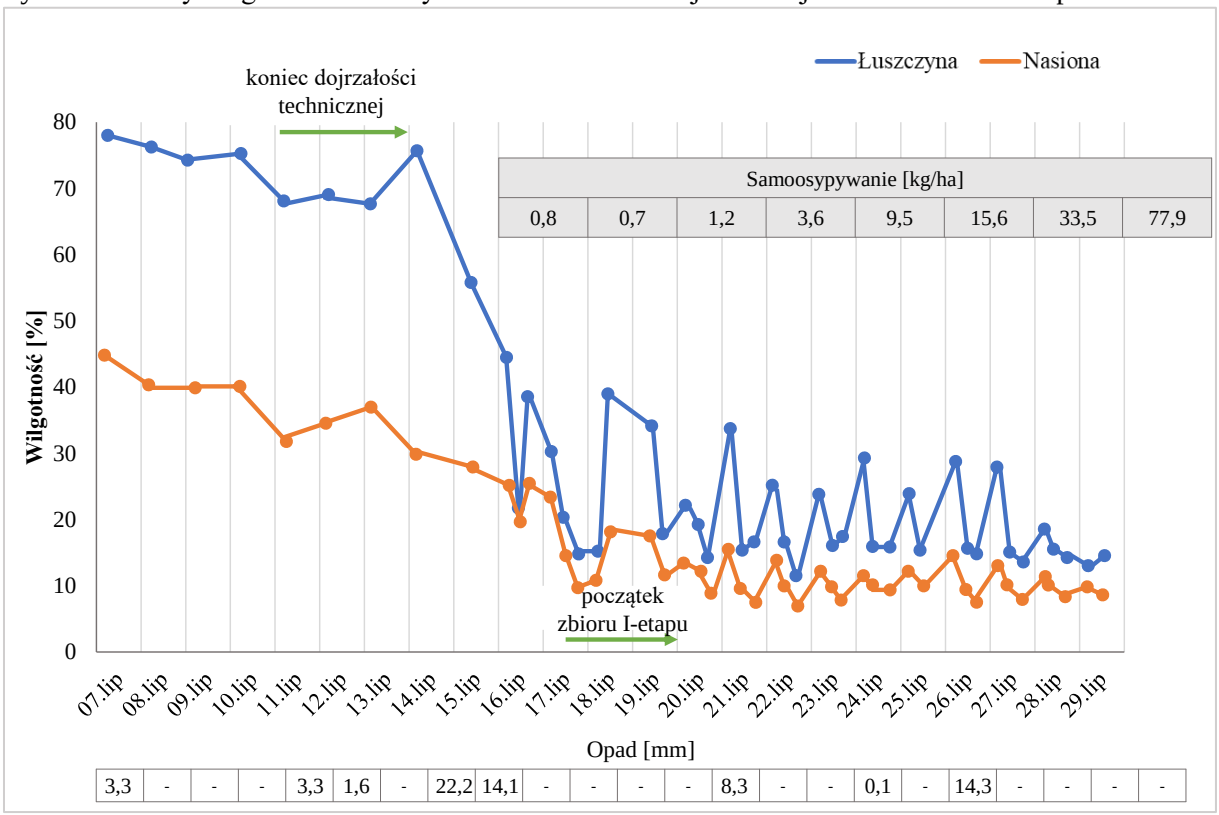
Rys. 21. Zmiany wilgotności łuszczyn i nasion oraz wielkość samoosypanych nasion w końcowej fazie dojrzewania rzepaku



Na rysunku zaznaczono również końcowy termin pokosowania (kiedy następuje gwałtowny spadek wilgotności łuszczyn) oraz moment możliwości rozpoczęcia zbioru jednoetapowego (gdy nasiona uzyskają wilgotność niższą niż 17%).

Źródło: badanie własne.

Rys. 22. Zmiany wilgotności łuszczyn i nasion w końcowej fazie dojrzewania i zbioru rzepaku

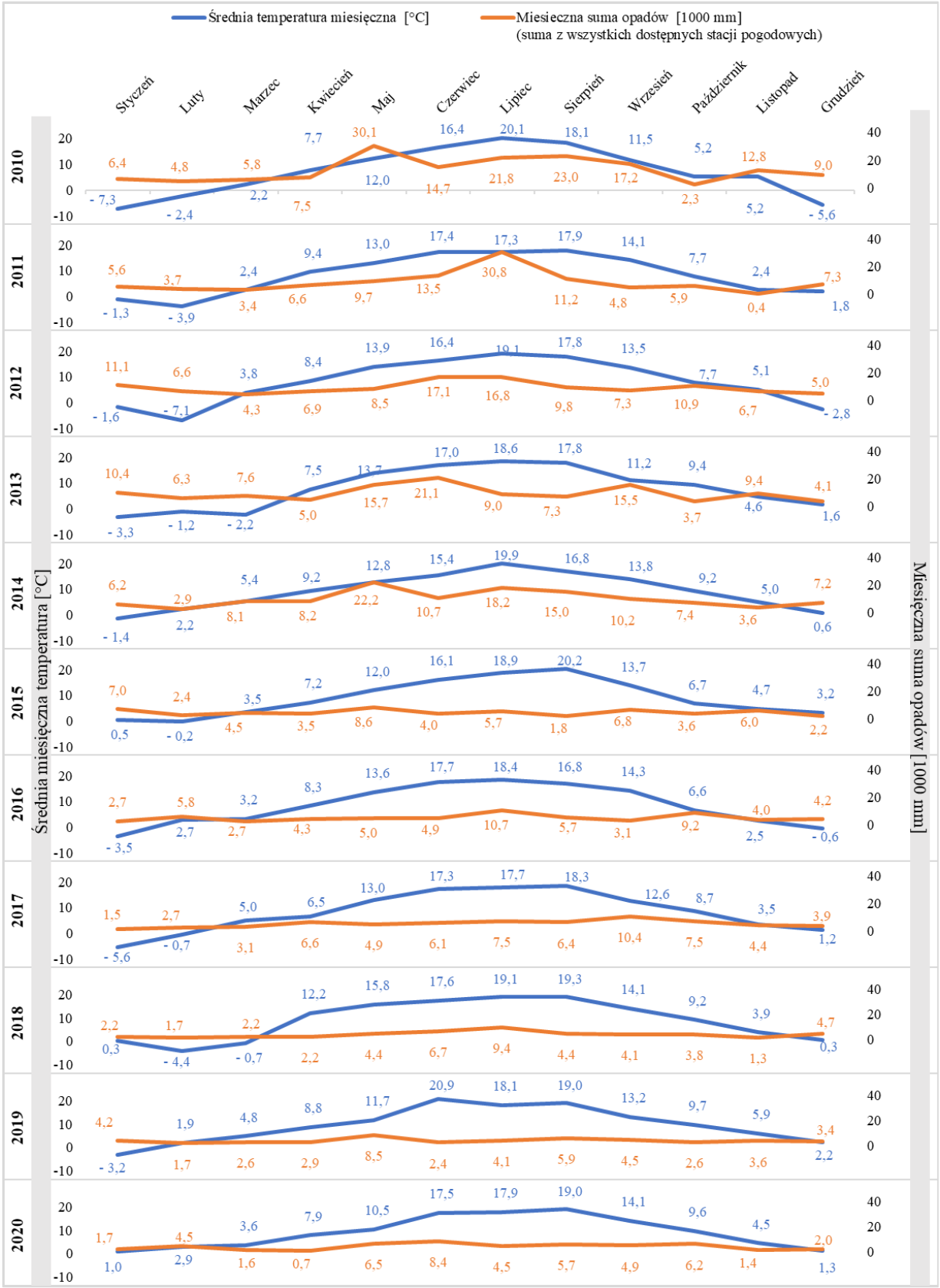


Źródło: badanie własne.

Przebieg pogody w czasie wegetacji rzepaku to także jedno z głównych uwarunkowań wartości technologicznej nasion i jakości oleju. Warunki meteorologiczne wpływają modyfikująco także na jakość plonu i jest to niestety najczęściej modyfikacja bardzo niekorzystna dla wartości technologiczno-zdrowotnej nasion i oleju.

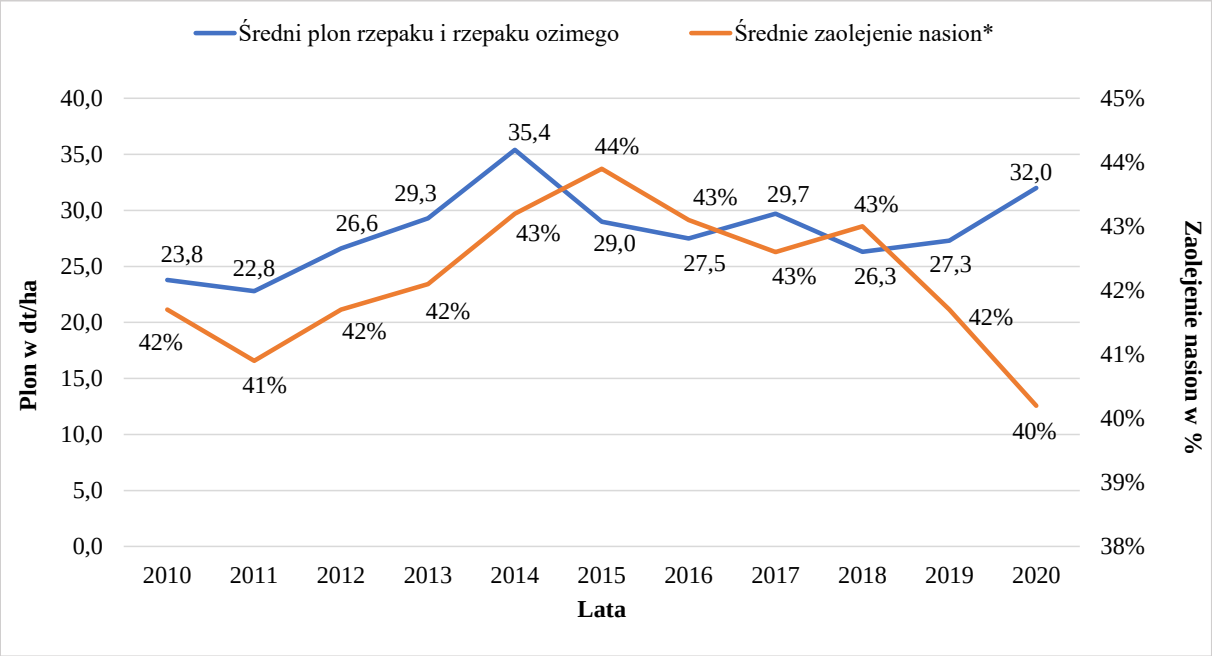
Na podstawie dotychczasowych badań i obserwacji sądzono, że przyrost MTN zależy głównie od długości okresu wegetacji oraz czasu nasłonecznienia. Ujemnie wpływają na ten parametr niskie średnie dobowe temperatury oraz częste opady. Niestety nie zawsze ta zasada się sprawdza.

Rys. 23. Średnie temperatury miesięczne oraz miesięczne sumy opadów w latach 2010–2020 w Polsce



Źródło: opracowanie włane na podstawie danych IMiGW.

Rys. 24. Średni plon rzepaku i rzepiku ozimego oraz zaolejenie nasion rzepaku w Polsce w latach 2010–2020



Na potrzeby wyliczeń przyjęto średnią zawartość oleju w makuchu 8,5% oraz w śrucie poekstrakcyjnej 0,38%.
Źródło: PSPO, GUS.

Porównując plony z ostatnich 10 lat, można również zauważyć, że w początkach dekady oscylowały one w granicach 23–26 dt/ha mimo wyraźnie korzystnie przebiegającej pogody (wysokie opady zarówno wiosną, jak i w okresie kwitnienia, czyli wtedy, gdy dla rzepaku jest to szczególnie korzystne). Zdecydowany wzrost plonu obserwuje się w trzyleciu (2013–2015). Przebiegiem pogody trudno natomiast uzasadnić bardzo wysoki plony nasion uzyskane pod koniec dekady (rok 2020) przy jednoczesnym bardzo niskim zaolejeniu. W roku 2020 obserwuje się zdecydowanie gorsze warunki pogodowe: opadów bardzo mało, a plony bardzo wysokie, natomiast zaolejenie wyjątkowo niskie. Natomiast przebieg pogody w całej dekadzie warunkował prawie równoległy przebieg zarówno plonu nasion, jak i jego zaolejenia. Analizując te dane, nasuwają się pytania: Skąd tak wysoki plon? Może należy zwrócić uwagę na fakt, że w żadnym miesiącu zimowym tego roku nie zanotowano nigdy średniej temperatury poniżej zera. I drugie: Dlaczego tak mało oleju w nasionach? Wydaje się, że aby uzyskać odpowiedzi, trzeba dalej zgłębiać te zagadnienia, uwzględniając jak najwięcej różnych czynników, co oczywiście bardzo komplikuje analizę i sprawia, że badany problem nie będzie łatwy do wyjaśnienia.

Oceniając wpływ pogody na plonowanie i zaolejenie, porównano dwa zestawy lat: A i B.

A) Plon i zaolejenie w latach 2011 i 2014
   - W 2011 r. średni plon wynosił 2,28 dt/ha, a średnie zaolejenie nasion 40,9%.
   - W 2014 r. średni plon wynosił 3,54 dt/ha, a średnie zaolejenie nasion 43,2%.

A więc lata diametralnie różne.

B) Plon i zaolejenie w latach 2018 i 2020.
   - W 2018 r. średni plon wynosił 2,63 dt/ha, a średnie zaolejenie nasion 43,0%.
   - W 2020 r. średni plon wynosił 3,20 dt/ha, a średnie zaolejenie nasion 40,2%.

To znowu zdecydowanie różne lata.

Takie zestawy lat wybrano jako wyraźnie przeciwstawne zarówno pod względem zaolejenia, jak i plonu. Do porównań wybrano lata nie tylko o zdecydowanie różnych badanych parametrach, ale również najbliższe, można bowiem sądzić, że w przypadku A rolnicy w większości stosowali te same odmiany, podobnie jak w przypadku B (oczywiście inny był zestaw uprawianych odmian w przedziale czasowym A, a zupełnie inny w B). Założenie takie przyjęto, aby maksymalnie ograniczyć wpływ odmian, a skupić się na klimacie.

Analizując przypadek A (czyli lata 2011 i 2014), można zauważyć, że przebieg pogody – szczególnie w okresie ruszania wegetacji – był zdecydowanie różny.

W 2011 r. zanotowano bardzo późną wiosnę; śr. temp. w lutym wynosiła -3,9^{o}C, a w marcu +2,4^{o}C, ale to wciąż za mało, aby ruszyła wegetacja.

Rok 2014 to bardzo wczesna wiosna (długi okres wegetacji); śr. temp. w lutym to +2,2^{o}C, a w marcu +5,4^{o}C.

Być może właśnie taki rozkład temperatur (opady w obu przypadkach były podobne) zadecydował, że rok 2014 był dla rzepaku korzystny, a rok 2011 nie.

Porównując drugi zestaw lat, czyli przypadek B, od razu łatwo zauważyć, że w tych latach było zdecydowanie mniej opadów, były to więc lata suchsze, podobnie jak wszystkie po roku 2015.

W 2018 r. zanotowano bardzo niski plon na poziomie 2,63 dt/ha, ale dobre zaolejenie nasion 43,0%. Temperatury: luty -4,4^{o}C; marzec -0,7^{o}C, ale już w kwietniu temp. wynosiła aż 12,2^{o}C. W żadnym roku badanej dekady nie zanotowano takiego skoku temperatury. Również w maju temperatura +15,8^{o}C należała do najwyższych w badanej dekadzie. Taki przebieg pogody

musiał mieć wpływ na rośliny rzepaku. Należy sądzić, że właśnie to zadecydowało o stosunkowo niskim plonie (bardzo krótki okres wegetacji, bo lato było gorące, co przyspieszyło zbiór). Jednak warunki te były sprzyjające do „nalewania" nasion rzepaku olejem (chociaż literatura mówi, że zaolejeniu nasion sprzyja pogoda przekropna, wilgotna).

Porównywalny rok 2020. Ciepła, wczesna wiosna, styczeń +1°C, luty +2,9^{o}C, długi okres wegetacji. To mogło sprzyjać bardzo wysokiemu plonowi nasion 3,20 t/ha i niestety bardzo złemu zaolejeni nasion – 40,2%.

Analizując te dwa zestawy lat, próbowano znaleźć odpowiedź na pytanie: **co ma decydujący wpływ na zaolejenie nasion rzepaku?**

Według wiedzy autora to pytanie wciąż pozostaje bez konkretnej odpowiedzi. Opracowanie niniejsze jest jednak ważnym krokiem, aby taką odpowiedz uzyskać. Informacja, że jest to problem złożony, wielowątkowy i że na zaolejenie wpływa kilka czynników, wydaje się oczywista. Według wstępnych przypuszczeń „obwiniano" głównie pogodę (tzn. suszę), wydaje się jednak, że może ona być jednym z przynajmniej trzech czynników, które będą wpływały na tę cechę. Potrzebny jest jednak większy zestaw szczegółowych danych, takich jak: zawartość białka w nasionach, użycie nawozów azotowych (jaka jest tendencja) czy wreszcie szczegółowy opis zachowania odmian w czasie suszy. Te dane mogłyby dać więcej wiarygodnych informacji, umożliwiających odpowiedź na postawione pytanie.

11. Wnioski

1. W latach 2015–2020 wystąpił w Polsce spadek uzysku oleju z przerobu rzepaku w przedsiębiorstwach przetwórczych. Przyczyny tego zjawiska mogą leżeć po stronie zmian parametrów jakościowych przerabianego surowca, tj. zawartości oleju w nasionach.
2. Zaolejenie nasion jest problemem złożonym i wielowątkowym, dlatego próba wyjaśnienia tego zjawiska jest wyzwaniem niełatwym do rozwiązania ze względu na wielość zmiennych mających wpływ na tę cechę nasion.
3. Czynniki, które determinują poziom zawartości oleju w nasionach rzepaku, dotyczą technologii (są więc zależne od rolnika), ale wynikają również z czynników, na które rolnicy nie mają wpływu, jak przebieg pogody czy cechy odmianowe.
4. Przebieg pogody, a szczególnie długość okresu wegetacji (zależna zarówno od wczesnej ciepłej wiosny, jak i względnie dużej ilości opadów, szczególnie w okresie nalewania nasion tłuszczem) jest jednym z ważniejszych czynników.
5. Analiza zgromadzonych danych wykazała, że wszelkie działania wpływające na dorodność nasion wpływają jednocześnie na zawartość tłuszczu w nasionach oraz wartość technologiczną oleju.
6. Wysokie i stabilne plony nasion o odpowiedniej jakości można uzyskać tylko przy wykorzystaniu do uprawy kwalifikowanego materiału siewnego.
7. Zaolejenie nasion rzepaku generalnie jest dodatnio skorelowane z ich masą. Uprawę rzepaku należy zatem zaplanować w taki sposób, aby w miarę możliwości kontrolować działanie czynników sprzyjających budowaniu przez roślinę wysokiej MTN.
8. Nawożenie azotem (tj. głównym składnikiem plonotwórczym) w odniesieniu do cech jakościowych korzystnie wpływa na zawartość białka, natomiast ujemnie na zawartość tłuszczu w nasionach. W praktyce nie jest więc wskazane przenawożenie rzepaku azotem.
9. Efektywność plonotwórcza i jakościowa nawożenia azotem zależą nie tylko od jego podaży, ale również od zbilansowania pozostałymi makro- i mikroelementami. Szczególnie korzystny wpływ na zaolejenie nasion ma prawidłowe odżywienie roślin fosforem, potasem, magnezem, wapniem, siarką i manganem.
10. Zabieg desykacji (wpływający niekorzystnie na plon nasion i tłuszczu w przypadku niewłaściwego jego stosowania) może mieć zdecydowanie mniejsze znaczenie (niż początkowo sądzono) na globalne zaolejenie nasion ze względu na spadek wielkości areału, na którym jest stosowny (wg badań Kynetec).

11. Brak jednej konkretnej przyczyny spadku zaolejenia może sugerować pytanie, czy przyczyny zjawiska nie leżą po stronie odmian (ich cech genetycznych), np. czy odmiany nie reagują zbyt silnym spadkiem zaolejenia na występującą suszę.
12. Przeprowadzona analiza powinna być kontynuowana po uwzględnieniu dodatkowych cech (zawartość białka, zużycie N, MTN), które mogą wnieść więcej informacji koniecznych do poszukiwania przyczyn spadku zaolejenia nasion w ostatnich latach.
13. Biorąc pod uwagę zgromadzony materiał, jako główne przyczyny spadku zaolejenia rzepaku w Polsce można wskazać:
    - suszę występującą w końcowym okresie dojrzewania rzepaku (skrócenia wegetacja – brak opadów w okresie „nalewania nasion olejem" – koniec czerwca początek lipca),
    - przenawożenie rzepaku azotem (dążenie do maksymalizacji plonu),
    - brak zbilansowanego nawożenia,
    - brak dbałości o czystość plantacji (zarówno pod względem zachwaszczenia, jak i występowania chorób oraz szkodników),
    - nieprawidłowo przeprowadzony zabieg desykacji (zbyt wczesny oprysk w stosunku do rozwoju roślin),
    - zbyt wczesny termin zbioru przed osiągnięciem dojrzałości pełnej.

12. Załączniki

12.1. Rola tłuszczu w organizmie człowieka

Rola tłuszczu w organizmie jest bardzo ważna i złożona: jest on głównym źródłem skoncentrowanej energii, wpływa na procesy trawienne, jest budulcem błon komórkowych, jako tłuszcz podskórny chroni przed utratą ciepła, a jako tłuszcz okołonarządowy stabilizuje narządy wewnątrz ciała; jest nośnikiem wielu witamin, w tym witaminy A, D, E i K. Szczególną rolę przypisuje się tłuszczom roślinnym, które są źródłem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, niesyntetyzowanych przez organizm człowieka. To one są odpowiedzialne za prawidłowe funkcjonowanie między innymi układu nerwowego, mięśnia sercowego czy siatkówki oka. Mają również zdolność do zapobiegania zakrzepom i obniżania cholesterolu oraz innych wskaźników lipidowych krwi. Wartość zdrowotna tłuszczów roślinnych zależy głównie od sposobu ich pozyskiwania.

Zagadnienia te są szczególnie istotne obecnie, w związku ze spożywaniem znacznej ilości produktów przetworzonych. Zawarte w olejach antyoksydanty (tokoferole, fosfolipidy, karotenoidy, sterole, polifenole) pełnią funkcję oczyszczania organizmu z niebezpiecznych dla zdrowia rodników. Oleje bogate w te składniki określane są mianem nutraceutyków. Pełnią ważną rolę, zapobiegając coraz liczniejszym chorobom określanym mianem „chorób cywilizacyjnych”, takim jak: miażdżyca, nadciśnienie, otyłość i nowotwory. Odpowiednio dobrana dieta może mieć wpływ na:

- obniżenie cholesterolu LDL w surowicy krwi,
- redukcję wolnych rodników tlenowych,
- ograniczenie syntezy związków o silnym działaniu prozapalnym.

Pożywienie powinno więc zawierać małe ilości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), obfitować w jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA), a także zawierać kwasy tłuszczowe omega-3 i omega-6 w odpowiednich proporcjach. Niezbędna jest też w diecie obecność antyutleniaczy i fitosteroli. Dieta śródziemnomorska, której głównymi składnikami są oliwa z oliwek, ryby i owoce morza, a także warzywa i owoce, obfituje w te związki. Kraje, gdzie naturalne występowanie tych składników jest ograniczone, powinny promować dietę opartą na wykorzystaniu równie cennych związków obecnych w oleju rzepakowym, zwanym nie bez powodu „oliwką północy”.

12.2. Struktura tłuszczów roślinnych

Tłuszcze roślinne stanowią ważny składnik pożywienia ze względu na zawartość kwasów tłuszczowych nienasyconych. W licznych opracowaniach udowodniono pozytywny wpływ na zdrowie diety bogatej w nieprzetworzone oleje, które charakteryzują się w obecnością także innych składników prozdrowotnych: antyutleniaczy, polifenoli i steroli, które odgrywają istotną rolę w neutralizacji wolnych rodników, produktów przemiany materii.

Ze względu na rodzaj oraz liczbę wiązań podwójnych w cząsteczce kwasy tłuszczowe dzieli się na kwasy tłuszczowe nasycone (czyli takie, w których wszystkie wiązania są pojedyncze) oraz kwasy tłuszczowe nienasycone (w których przynajmniej jedno wiązanie jest wiązaniem podwójnym). Natomiast nienasycone kwasy tłuszczowe dzieli się na kwasy jednonienasycone oraz wielonienasycone.

Kwasy tłuszczowe nasycone (SFA). Liczne badania potwierdziły fakt występowania podwyższonego ryzyka chorób serca, zwłaszcza choroby wieńcowej, u osób spożywających tłuszcze bogate w kwasy tłuszczowe nasycone.

Kwasy tłuszczowe nienasycone (UFA). Szczególnie pożądana jest obecność w olejach nienasyconych kwasów tłuszczowych osiemnastowęglowych, głównie z grupy NNKT, z uwagi na ważne funkcje w organizmie.

Kwasy tłuszczowe jednonienasycone (MUFA). Dominującym w pożywieniu kwasem jednonienasyconym jest kwas oleinowy. Stanowi on główny składnik wszystkich olejów, a w szczególnie w dużych ilościach można go znaleźć w oliwie z oliwek i oleju rzepakowym. Kwasy jednonienasycone obniżają poziom frakcji cholesterolu LDL, nie wpływając jednocześnie na poziom cholesterolu HDL. Zmniejszają także ryzyko peroksydacji lipidów we frakcjach HDL i LDL, a tym samym zapobiegają odkładaniu się blaszek miażdżycowych, działają więc antymiażdżycowo. Ten kwas tłuszczowy jest szczególnie preferowany w korzystnej dla zdrowia diecie śródziemnomorskiej. Jednonienasycone kwasy tłuszczowe pełnią funkcję ochronną w prewencji miażdżycy i chorób kardiologicznych.

NNKT (niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe) to najistotniejsza dla zdrowia grupa kwasów tłuszczowych. Do NNKT należą kwasy z rodziny omega-6 i omega-3. Do tej grupy zalicza się kwas linolowy, zawierający 2 wiązania podwójne i kwas linolenowy, zawierający 3 wiązania podwójne.

Kwasy z grupy omega-3 spełniają istotną rolę w pracy mózgu oraz w procesie metabolizmu błony komórkowej neuronów, a niedobory mogą przyczynić się do zaburzeń neurodegeneracyjnych. Oleje bogate w kwasy omega-3 to głównie olej lniany, rzepakowy także oleje rybne.

Kwasy z grupy omega-6 mają właściwości wspomagające leczenie choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy, chorób skórnych, a także otyłości oraz cukrzycy. Kwasy omega-6 zawarte są w dużych ilościach w olejach kukurydzianym, rzepakowym, sojowym i słonecznikowym. Ważne jest, aby spożywane oleje w swoim profilu zachowywały odpowiednie ilości kwasów z grupy omega-3 do tych omega-6. Ten stosunek powinien być jak najbliższy ich równowagi, czyli jak 1 : 1. Oleje charakteryzujące się zbyt wysoką ilością kwasów omega-6 mogą generować powstanie otyłości oraz chorób nowotworowych. Dlatego zachowanie odpowiedniej równowagi w spożyciu kwasów omega-6 i omega-3 jest bardzo istotne dla zdrowia.

Kwasy tłuszczowe o konfiguracji *trans* są bardziej szkodliwe od kwasów nasyconych, ponieważ zwiększają stężenie frakcji cholesterolu LDL i jednocześnie obniżają zawartość cholesterolu HDL w surowicy krwi. Szczególnie dużo izomerów kwasów tłuszczowych *trans* występuje w wyrobach cukierniczych i utwardzanych margarynach. Duże ilości trans-kwasów tłuszczowych w diecie mogą prowadzić do wzrostu insulinooporności, zwłaszcza wśród osób podatnych na rozwój cukrzycy – z otyłością brzuszną, już występującą opornością na insulinę lub u osób o mniejszej aktywności fizycznej.

Przeciwieństwem złej jakości zdrowotnej kwasów będących w konfiguracji *trans* są kwasy tłuszczowe o konfiguracji *cis*. Ta konfiguracja kwasów nienasyconych jest naturalna i występuje we wszystkich olejach niepoddanych obróbkom termicznym, działaniu światła i tlenu.

Omówione właściwości związków obecnych w oleju rzepakowym potwierdzają, jak ważną i pozytywną rolę odgrywają w organizmie człowieka. Jednak są one również przyczyną wielu groźnych chorób, takich jak otyłość czy choroby serca. To zróżnicowanie funkcji tłuszczów wynika z profilu tworzących je kwasów tłuszczowych. Procentowy udział poszczególnych kwasów tłuszczowych decyduje o jego roli, pozytywnej bądź negatywnej, jaką pełni w organizmie człowieka.

12.3. Warunki suszenia a jakość nasion

Suszenie nasion rzepaku to jeden istotnych elementów w kompleksie zabiegów określanych jako obróbka pozbiorowa. Efektywność tego procesu będzie miała wpływ zarówno na poniesione koszty, jak i jakość uzyskiwanego oleju oraz śruty poekstrakcyjnej. Błędy w czasie suszenia mogą wynikać z niewłaściwego obchodzenia się z bardzo wrażliwym materiałem, jakim są nasiona rzepaku bogate w składniki pokarmowe (tłuszcz, białko i węglowodany) podatne na zmiany temperatury w czasie suszenia. Dodatkowym czynnikiem zagrażającym technologicznej wartości nasion rzepaku jest konieczność stosowania innych parametrów suszenia niż dla ziarna zbóż. Niewłaściwa temperatura suszenia rzutuje bowiem bezpośrednio na wartość technologiczną nasion, szczególnie liczbę kwasową i nadtlenową. Te wyróżniki jakości oleju są szczególnie ważne dla oleju tłoczonego na zimno, to one bowiem decydują (oprócz zawartości mikroorganizmów) o jego przydatności do spożycia.

Stan suszarń oraz zastosowane parametry suszenia będą decydować o bezpiecznym czasie ich przechowywania z zachowaniem wysokiej wartości technologicznej – jakości oleju. Zastosowana temperatura suszenia zależy ściśle od wilgotności nasion. Zbyt wysoka, powyżej 100°C, wpływa zarówno na produkowany olej, jak i śrutę czy wytłok. Zmniejsza bowiem zawartość i dostępność lizyny – aminokwasu szczególnie cennego w żywieniu zwierząt.

Zmiana odporności mechanicznej nasion rzepaku jest jednym z najistotniejszych następstw niewłaściwego suszenia. Stąd po suszeniu sam transport nasion może powodować aż 50% ogólnej ilości uszkodzeń powstających w procesie zbioru i obróbki pozbiorowej. Przechowywanie nasion o znacznej ilości uszkodzeń obniża wydajność procesu ekstrakcji i znacznie pogarsza jakość oleju mierzoną wartościami liczb kwasowej i nadtlenkowej. Wynika to z zastosowania zbyt wysokiej temperatury suszenia lub zbyt długiego czasu suszenia. Dochodzi wtedy do przesuszenia nasion, gdy ich wilgotność spada poniżej 6%. W efekcie wzrasta poziom uszkodzeń nasion, który jest następstwem spadku ich wytrzymałości mechanicznej. Nasiona takie w czasie przerobu cechują się również nadmierną kruchością i pylistością, co wpływa na wzrost zawartości oleju w śrucie poekstrakcyjnej lub wydłuża czas ekstrakcji niektórych partii nasion (zła perkolacja rozpuszczalnika podczas ekstrakcji oleju). Rośnie również ilość wolnych kwasów tłuszczowych oraz nasilają się procesy oksydacyjne w tłuszczu.

12.4. Warunki przechowywania

Stan jakościowy przechowywanych nasion zależy głównie od ich stanu mikrobiologicznego i w zasadzie pokrywa się z jego złą jakością i obniżoną wartością technologiczną. Dotychczas nie opracowano jednak dopuszczalnej granicy porażenia nasion. Przeprowadzone szczegółowe badania wskazują jednoznacznie, że problem ten dotyczy głównie nasion o wilgotności w czasie zbioru powyżej 17% (nawet szybkie ich suszenie nie daje gwarancji usunięcia groźnych przetrwalników) oraz nasion o wilgotności powyżej 8% przechowywanych w niekontrolowanych warunkach (silosy bez wskaźników temperatury i wilgotności). Przedstawione w tabeli 11 wyniki jednoznacznie świadczą o zagrożeniach wynikających z przechowywania takich nasion. Dodatkowym zagrożeniem są nasiona porośnięte, niedokładnie oczyszczone z chwastów i resztek pożniwnych oraz występowanie dużej ilości nasion uszkodzonych (połówkowanych).

Tabela 11. Aktywość mikrobiologiczna nasion rzepaku zależnie od ich wilgotności w trakcie zbioru oraz podczas przechowywania

Wilgotność nasion w czasie zbioru (%)	Wilgotność nasion w czasie przechowywania (%)	Grzyby. Ilość kolonii (x 1000)
9	7	18,2
9	9	75,4
17	7	3 240
17	9	41 800
Nasiona porośnięte 9	7	2 710
Nasiona porośnięte 9	9	76 500
7	7	5,3

Źródło: badania własne

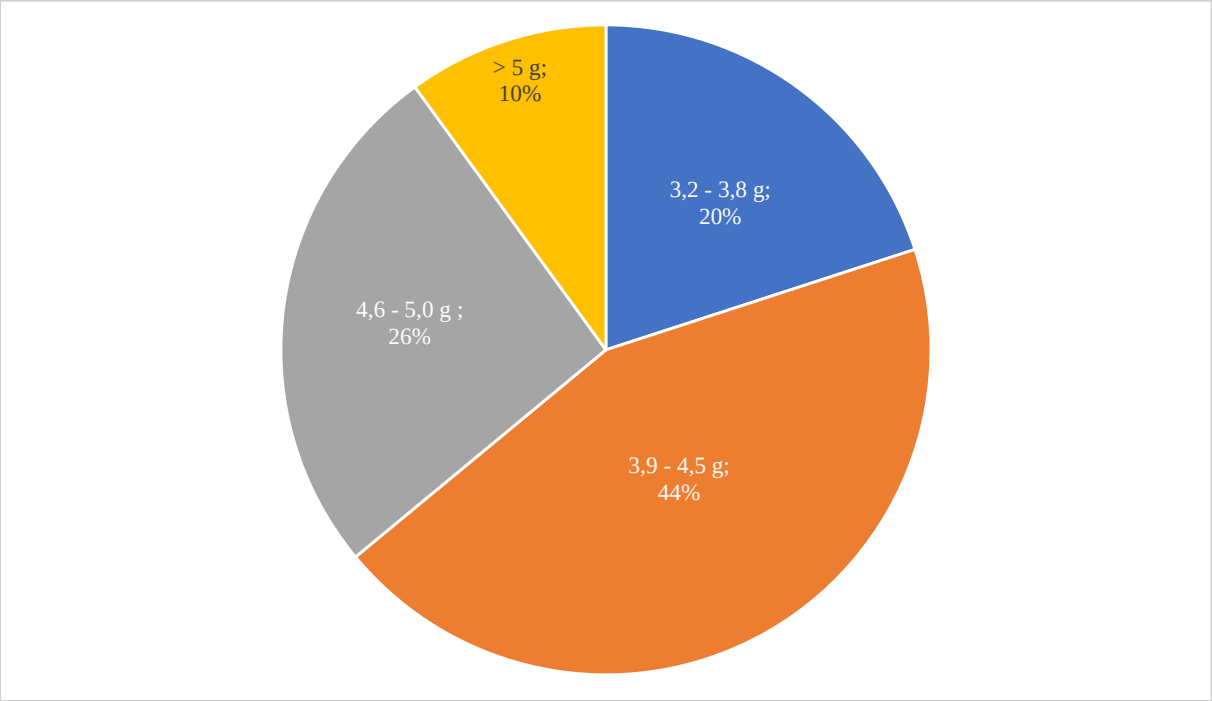
Dane zawarte w tabeli 11 wskazują jednoznacznie, że zarówno wilgotność nasion w trakcie zbioru, jak i wilgotność przechowywanych nasion znacząco wpływają na rozwój mikroflory zasiedlającej nasiona. Jednak zdecydowany wpływ na czystość mikrobiologiczną nasion ma ich wilgotność podczas zbioru. Ta informacja jest zdecydowanie niedoceniana przez producentów surowca. Ma to późniejsze reperkusje dla firm przechowujących nasiona. Podczas przechowywania ich w silasach dochodzi do gwałtownego namnażania grzybów przechowalniczych, co skutkuje samozagrzewaniem i samozbrylaniem złoża. Skutki wysokiej

wilgotności nasion bezpośrednio po zbiorze nie są w pełni niwelowane nawet przez ich szybkie dosuszanie.

Na uwagę zasługuje wysoka aktywność mikrobiologiczna nasion porośniętych. Przechowywanie takich nasion jest zawsze związane w wysokim ryzykiem zepsucia.

O wielkości problemu niech świadczą badania wykonane na ok. 1500 próbach nasion pobranych z partii nasion dostarczonych do skupu (rys. 25). Wynika z nich, że aż 20% producentów dostarczyło nasiona, których MTN był bardzo mała i wynosiła 3,2–3,8 g. Tak niska MTN sugeruje, że mogło to być efektem błędów popełnianych w czasie zbioru (zbyt wczesne koszenie, niewłaściwy termin desykacji). Nasiona takie będą charakteryzować się również większą ilością chlorofilu i gorszym profilem kwasów tłuszczowych. Przechowywanie takich nasion będzie stanowiło zagrożenie dla całego złoża, ponieważ będą one inicjowały zbrylanie i samozagrzewanie.

Rys. 25. Rozkład MTN dla prób pochodzących z partii przemysłowych



Źródło: badanie własne.

Należy zauważyć, że tylko 30% partii nasion miała MTN powyżej 4,6 g. Te nasiona można określić jako najlepsze pod względem technologicznym. Będą one również charakteryzowały się większym zaolejeniem.

Nasiona niedojrzałe cechują się również zdecydowanie gorszym przystosowaniem do długotrwałego przechowywania. O zmianach zachodzących w składowanych nasionach decyduje przede wszystkim wilgotność początkowa próbki, a także temperatura, w jakiej nasiona są przechowywane. Innym czynnikiem, który istotnie wpływał na przechowywanie, jest ich znacznie mniejsza wytrzymałość na obciążenia (fot. 18 i fot. 19). Obecność w masie nasion niedojrzałych inicjuje stopniowy proces zbrylania, a także rozwój szkodliwych mikroorganizmów.

Fot. 18. Wpływ dojrzałości nasion i warunków przechowywania na deformację nasion rzepaku

Źródło: materiał własny.

Fot. 19. Skutki przechowywania nasion w niewłaściwych warunkach

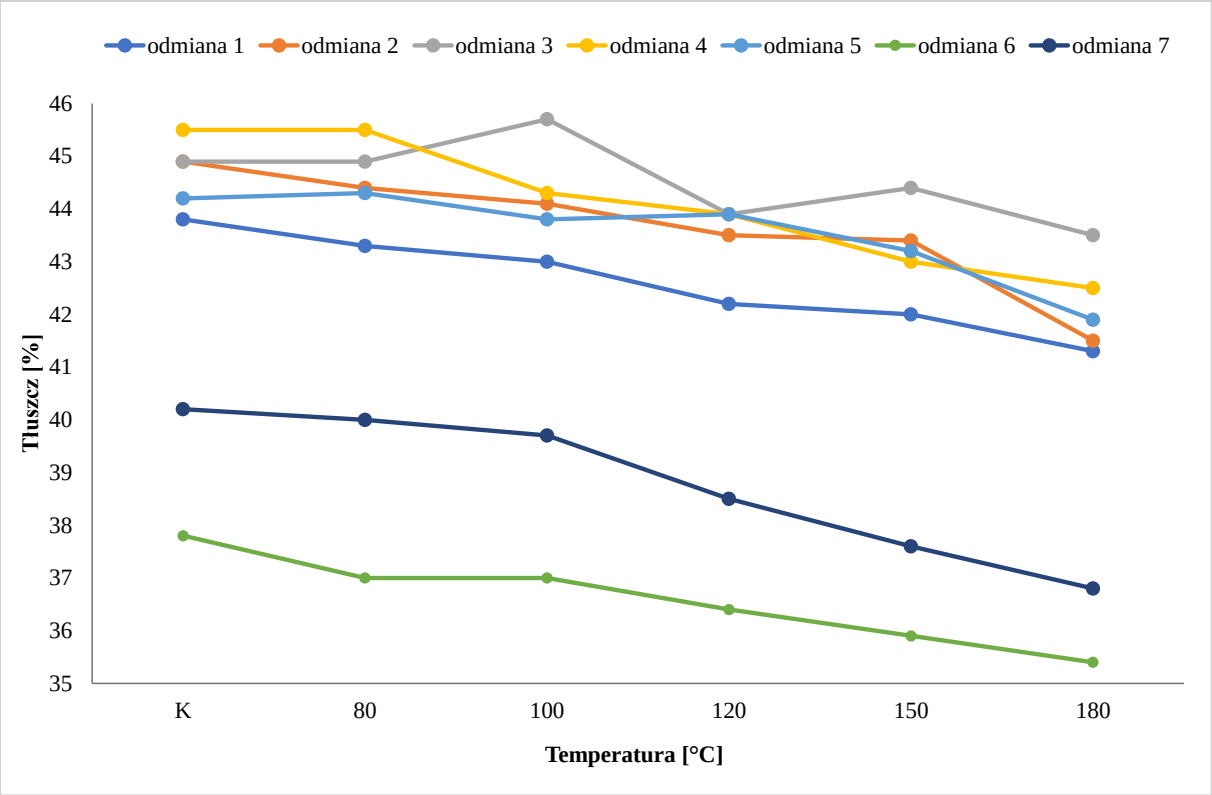
Źródło: materiał własny.

Takie nasiona nie tylko zagrażają jakości oleju (wyższa liczba kwasowa, czyli duża ilość wolnych kwasów tłuszczowych), lecz uzyskuje się z nich znacznie mniej oleju. Wolne kwasy tłuszczowe wymagają bowiem usunięcia (w procesie rafinacji), co oczywiście wpływa na straty oleju. Nasiona niedojrzałe, zainfekowane chorobami grzybowymi wywołują w silosach ogniska samozagrzewania i zbrylania, co niejednokrotnie doprowadzało do samowyolejenia

i wycieku oleju z uszkodzonych nasion. Silosy wypełnione takimi nasionami stanowią istotne zagrożenie zarówno pożarowe, jak i budowlane.

Spadek zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku w zależności od badanych odmian oraz temperatury ich suszenia przedstawiono na rysunku 26.

Rys. 26. Zmiany zawartości tłuszczu w nasionach suszonych w zróżnicowanej temperaturze



Źródło: badania własne.

12.5. Przykładowy profil kwasów tłuszczowych zależnie od rodzaju surowca użytego do produkcji

Tabela 12. Zawartość kwasów tłuszczowych [%] wg rodzaju użytego surowca

Olej	Zawartość kwasów tłuszczowych (%)				Stosunek omega-6 do omega-3
	nasycone	oleinowy (omega-9) $C_{18:1}$	linolowy (omega-6) $C_{18:2}$	linolenowy (omega-3) $C_{18:3}$	
Lniankowy	9	14,5	15,2	36,8	1:2,4
Lniany	10	19	69	2	34,5:1
Kropla Zdrowia®*	2	80	7,1	6,5	1,2:1
Rzepakowy 00	7	62	20	10	2:1
Sojowy	13	37	41	9	4,6:1
Oliwa z oliwek	15	75	9	1	9:1
Kukurydziany	13	27	59	1	59:1
Słonecznikowy	14	18	68	Śl.	>136;1
Krokoszowy	13	7	80	Śl.	>160:1
Makowy	9	19	72	Śl.	>144:1
Z pestek winogron	12	23	65	Śl.	>130:1
Sezamowy	13	45	42	Śl.	>84:1

Źródło: badanie własne.

Tabela 13. Zawartość antyoksydantów w KROPLI ZDROWIA®

Antyoksydanty	mg/100g oleju
Fitosterole ogółem	7,8
Związki fenolowe ogółem	4,9
Tokoferole suma	107,3
PC-8	15,1
Beta karoten	0,12
Luteina/zeaksantyna	0,33

Źródło: Tys, 2007.

13. LITERATURA

1. Bartkowiak-Broda I., Krzymański J. (1981). Zmiany w składzie chemicznym nasion ozimego rzepaku bezerukowego K-2040 w czasie formowania i dojrzewania. *Biuletyn IHAR – Radzików*, 146, 25–33.
2. Bielecka M., Biedrzycka E., Śmieszek M. (1994). Warunki zbioru i przechowywania a jakość nasion rzepaku. Cz. II. Jakość mikrobiologiczna. *Rośliny Oleiste*, 135–143.
3. Bielecka M., Biedrzycka E., Śmieszek M. (1992). Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu Cz. II. Wpływ uszkodzeń i wilgotności nasion rzepaku na ich jakość mikrobiologiczną. *Rośliny Oleiste*, 134–140.
4. COBORU (2016–2020). Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych.
5. COBORU (2021). Lista opisowa odmian roślin rolniczych.
6. Daun J.K. (1987). Chlorophyll in Canadian Canda and Rapeseed and its role in grading. *7th International Rapeseed Congress, Poland*, 1451–1456.
7. Fornal J., Sadowska J., Jaroch R., Szot B. (1992). Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu. Cz. I. Wpływ uszkodzeń oraz przechowywania nasion rzepaku na jakość tłuszczu. *Rośliny Oleiste*, XIV, 123–133.
8. Fornal J., Winnicki T., Jaroch R., Sadowska J., Zadernowski R., Górski T. (1992). Wpływ uszkodzeń nasion rzepaku na jakość białka i tłuszczu. *Zeszyty Problemowe IHAR, XIV(1)*, 165–173.
9. Grabska J., Piskuła M., Kubicka E., Waszczuk K. (1994). Warunki zbioru i przechowywania a jakość nasion rzepaku. Cz. I. Aktywność enzymów lipolitycznych i liczby charakterystyczne oleju. *Rośliny Oleiste*, XV (2), 125–134.
10. Grzebisz W. (2004). Pierwiastki w środowisku: Potas. *Journal of Elementology*, 9(4), 57–67.
11. Grzebisz W. (2011). Technologie nawożenia roślin uprawnych - fizjologia plonowania. Tom 1. Oleiste, okopowe i strączkowe. *Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne*.
12. Grzebisz W., Korbas M., Kierzek R., Przygocka-Cyna K., Sawińska Z., Szczepaniak W., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Łukowiak R., Nijak K., Piechota T., Pruszyński G., Skudlarski J., Strażyński P., Broniarz J., Danielewicz J., Grzeszczyk K., Strzelińska J., Szychowiak P. (2019). Rzepak. Uprawa, odmiany, nawożenie, ochrona, zbiór. Publikacja specjalna. *Agro Profil Magazyn Rolniczy*, 112.

13. Korbas M., Grzebisz W., Kierzek R., Szczepaniak W., Jajor E., Horoszkiewicz-Janka J., Pruszyński G., Przygocka-Cyna K., Sawińska Z., Piechota T., Łukowiak R., Paradowski A., Skudlarski J., Danielewicz J., Strzelińska J., Broniarz J., Grzeszczyk K., Szychowiak P., Żurawski P., Andrzejewska A., Wachowski A. (2017). Rzepak. Publikacja specjalna. *Agro Profil Magazyn Rolniczy*, 98.
14. Korniłowicz-Kowalska T., Szwed A., Szwed G. (2000). Charakterystyka mykologiczna nasion rzepaku w zależności od warunków ich przechowywania. *Acta Agrophysica*, 37, 83–94.
15. Krasucki W., Tys J., Szafran K., Rybacki R., Orlicki Ł. (2002). Wpływ suszenia na skład chemiczny nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste IHAR*, XXIII, 427–438.
16. Krygier K., Obiedziński M., Ratusz K. (1996). Wpływ procesu bielenia na jakość oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste*, 455–459.
17. Krygier K., Wroniak M., Grześkiewicz S. (2000): Badania wpływu zawartości nasion uszkodzonych na jakość oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste IHAR*, 21 (2), 587–596.
18. Lipiec A. (1990). Badania nad oceną zawartości włókna całkowitego i jego frakcji przy zastosowaniu różnych metod oznaczania oraz wykorzystaniem frakcji włókna do szacowania wartości energetycznej pasz dla przeżuwaczy. *Rozprawy Naukowe. Akademia Rolnicza w Lublinie*, 124.
19. Łaniewska-Moroz Ł., Warmińska-Radyko I., Nowak-Polakowska H., Zdernowski R. (1995). Mikroflora oleju rzepakowego tłoczonego na zimno. *Rośliny Oleiste*, 16, 267–273.
20. Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. (1999). Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na jakość plonu rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*, XX, 459–469.
21. Rotkiewicz D., Konopka I., Sobieski G. (1995). Stabilność olejów rzepakowych tłoczonych na zimno. *Rośliny Oleiste*, 16, 193–300.
22. Rotkiewicz D., Konopka I., Tańska M. (2002). Barwiki karotenoidowe i chlorofilowe olejów roślinnych oraz ich funkcje. *Rośliny Oleiste*, XXIII, 561–579.
23. Rybacki R. (2003). Czynniki kształtujące cechy jakościowe nasion rzepaku. *Praca doktorska. IA PAN Lublin*.
24. Szczepaniak W. (2004). Reakcja roślin uprawnych na nawożenie potasem. *Journal of Elementology*, 09 (4).

25. , 09 Tys J. (1995). Influence of various terms of harvest on quality of rape seeds. *Zeszyty Problemowe PNR*, 427, 65–69.
26. Tys J. (1997). Czynniki kształtujące właściwości agrofizyczne rzepaku. *Acta Agrophysica*, 6.
27. Tys J. (2006). Rzepak – zbiór, suszenie, przechowywanie. IA PAN, Lublin.
28. Tys J. (2007). Method of producing edible oil from rapeseed. EP2222826B1 European Patent Office.
29. Tys J., Jankowski K. (2002). Wpływ technologii uprawy i zbioru na jakość nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste IHAR*, 23 (1), 85–94.
30. Tys J., Rybacki R. (2001). Rzepak – jakość nasion. Procesy zbioru, suszenia, przechowywania. *Acta Agrophysica*, 44.
31. Tys J., Sujak A. Rybacki R. (2002). Wpływ temperatury suszenia na zawartości barwników w nasionach rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*, 1, 95–102.
32. Tys J., Rybacki R. (2001). Rzepak – jakość nasion. Instrukcja wdrożeniowa. *Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie*, 81.

14. Słowniczek pojęć

COBORU – Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych

GUS – Główny Urząd Statystyczny

KR – Krajowy Rejestr Odmian

LK – liczba kwasowa

MTN – masa tysiąca nas

PDO – Porejestrowe Doświadczalnictwo Odmianowe

PSPO – Polskie Stowarzyszenie Producentów Oleju

SDA – powierzchnia SDA jest sumą powierzchni netto pomnożonej przez liczbę użytych produktów i liczbę przejazdów ciągnika/opryskiwacza na powierzchni netto

15. Spis rysunków

Rys. 1. Zależność produkcji oleju surowego od przerobu nasion rzepaku (tys. t) 7

Rys. 2. Udział (%) oleju surowego oraz śruty i makuchu w przerobie w sezonach 2010/2011–2019/2020 7

Rys. 3. Udział (%) oleju surowego w przerobie w sezonach 2014/2015–2019/2020 8

Rys. 4. Ilość nasion wysianych typów odmian w latach 2010–2020 11

Rys. 5. Norma wysiewu typów odmian w latach 2010–2020 12

Rys. 6. Udział własnego materiału siewnego (%) w powierzchni uprawy rzepaku w Polsce w sezonach 2011/2012–2021/2022 15

Rys. 7. Norma wysiewu nasion (%) w zależności od ich pochodzenia w latach 2010–2020 .. 15

Rys. 8. Zależność zawartości tłuszczu od zawartości białka w nasionach rzepaku ozimego .. 24

Rys. 9. Struktura rozdziału azotu między nadziemne organy rzepaku ozimego w okresie wiosennej wegetacji 25

Rys. 10. Ilość nasion wysianych w różnych systemach uprawy w latach 2010–2020 31

Rys. 11. Średni plon rzepaku i rzepiku ozimego w latach 2010–2020 33

Rys. 12. Średnie zaolejenie nasion rzepaku w Polsce w latach 2010–2021 33

Rys. 13. Zależność plonu od masy 1000 nasion 42

Rys. 14. Średnie dawki desykantów zastosowane na plantacjach rzepaku w latach 2010–2020 45

Rys. 15. Ilość (t) desykantów zastosowanych w poszczególnch latach w okresie 2010–2020 45

Rys. 16. Powierzchnia traktowana rzepaku (SDA ha), na której zastosowano desykację w latach 2010–2020 46

Rys. 17. Średnia dawka desykantów (kg/ha) zależnie od powierzchni rzepaku, na której były stosowane w latach 2010–2020 47

Rys. 18. Udział powierzchni desykowanej w stosunku do całkowitej powierzchni uprawy rzepaku ozimego w latach 2010–2020 47

Rys. 19. Wpływ terminów zbioru na MTN (0 – to dojrzałość pełna nasion) 53

Rys. 20. Plon nasion z roślin porażonych chowaczami łodygowymi oraz z roślin zdrowych. 58

Rys. 21. Zmiany wilgotności łuszczyn i nasion oraz wielkość samoosypanych nasion w końcowej fazie dojrzewania rzepaku 61

Rys. 22. Zmiany wilgotności łuszczyn i nasion w końcowej fazie dojrzewania i zbioru rzepaku 62

Rys. 23. Średnie temperatury miesięczne oraz miesięczne sumy opadów w latach 2010–2020 w Polsce 63

Rys. 24. Średni plon rzepaku i rzepiku ozimego oraz zaolejenie nasion rzepaku w Polsce w latach 2010–2020 64

Rys. 25. Rozkład MTN dla prób pochodzących z partii przemysłowych 74

Rys. 26. Zmiany zawartości tłuszczu w nasionach suszonych w zróżnicowanej temperaturze 76

16. Spis tabel

Tabela 1. Dane przerobowe firm członkowskich PSPO (tys. t) 6

Tabela 2. Porównanie odmian mieszańcowych i populacyjnych rzepaku 12

Tabela 3. Zawartość tłuszczu (%) w dwóch typach odmian rzepaku w latach 2019 i 2020 12

Tabela 4. Zawartość tłuszczu – wyniki PDO w latach 2016–2021 13

Tabela 5. Odmiany stanowiące wzorzec w badaniach PDO w latach 2016–2021 13

Tabela 6. Zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego oraz wielkość plonu w zależności od lokalizacji i wariantu nawozowego 24

Tabela 7. Wpływ nawożenia azotem i potasem na zawartość tłuszczu (%) w nasionach rzepaku ozimego (przy wilgotności nasion 9%) 31

Tabela 8. Ilość zastosowanego azotu na plantacjach rzepaku w latach 2014–2017 34

Tabela 9. Profil kwasów tłuszczowych w zależności od terminu zbioru jednoetapowego 51

Tabela 10. Dorodność nasion pochodzących z roślin zdrowych oraz z roślin porażonych przez chowacze łodygowe określana na 5 podstawowych odmianach rzepaku 58

Tabela 11. Aktywość mikrobiologiczna nasion rzepaku zależnie od ich wilgotności w trakcie zbioru oraz podczas przechowywania 73

Tabela 12. Zawartość kwasów tłuszczowych [%] wg rodzaju użytego surowca 77

Tabela 13. Zawartość antyoksydantów w KROPLI ZDROWIA® 77

17. Spis fotografii

Fot. 1. Prawidłowo rozwinięty rzepak jesienią 18

Fot. 2. Rzepak słabo rozwinięty i niedożywiony jesienią 18

Fot. 3. Liście rzepaku oddające asymilaty 20

Fot. 4. Kwitnący rzepak 21

Fot. 5. Pęd główny ma największy potencjał plonotwórczy 21

Fot. 6. Nieprawidłowy rozwój korzenia rzepaku 27

Fot. 7. Łan rzepaku w dojrzałości pełnej 39

Fot. 8. Zachwaszczona plantacja rzepaku 40

Fot. 9. Nasiona rzepaku pochodzące z łanu zachwaszczonego 41

Fot. 10. Masa 1000 nasion z plantacji desykowanych w różnych terminach dojrzałości 42

Fot. 11. Łan rzepaku w dojrzałości technicznej z popękanymi łuszczynami jako efektem nierównomiernego dojrzewania 44

Fot. 12. Łan rzepaku w fazie dojrzałości technicznej 49

Fot. 13. Określenie dojrzałości technicznej rzepaku na podstawie zginania łuszczyn w kształt litery „U” 50

Fot. 14. Nasiona rzepaku o MTN 4,2 g (zbiór w dojrzałości pełnej). Plon 36 dt/ha 54

Fot. 15. Nasiona rzepaku o MTN 3,4 g (desykacja 8 dni przed dojrzałością pełną). Plon 28 dt/ha 54

Fot. 16. Rośliny zdrowe oraz porażone przez chowacze łodygowe 57

Fot. 17. Nierównomierne dojrzewanie roślin spowodowane chorobami (czerń krzyżowych) i szkodnikami roślin 59

Fot. 18. Wpływ dojrzałości nasion i warunków przechowywania na deformację nasion rzepaku 75

Fot. 19. Skutki przechowywania nasion w niewłaściwych warunkach 75