



SPRAWOZDANIE

*z przeprowadzonych w 2023 r. badań podstawowych
na rzecz rolnictwa ekologicznego, pt.:*

„Badania w zakresie planowania upraw roślin paszowych i optymalizacja produkcji ekologicznej pasz, z uwzględnieniem wykorzystania odpadów z przetwórstwa ekologicznego, w tym zasady ich przygotowania na poziomie gospodarstwa. Opracowanie przewodnika dobrych praktyk”
(Soja)

Realizowanych przez:

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

w związku z decyzją Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi nr DEJ.re.027.6.2023, z dnia 17.04.2023 r., wydaną na podstawie § 8 ust. 1 pkt 1, ust. 2 i ust. 10 rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 lipca 2015 r. w sprawie stawek dotacji przedmiotowych dla różnych podmiotów wykonujących zadania na rzecz rolnictwa (Dz. U. poz. 1170, z 2016 r. poz. 1614 oraz z 2017r. poz. 1470).

Kierownik tematu: *dr hab. Józef Tyburski, prof. UWM*

Główni wykonawcy:

- *dr hab. Józef Tyburski, prof. UWM*
 - *dr hab. Kazimierz Obremski, prof. UWM*
 - *dr Paweł Wojtacha*
- Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

OLSZTYN, 2023 r.

SPIS TREŚCI

1.	WPROWADZENIE	3
2.	METODYKA BADAŃ POLOWYCH	5
2.1.	Doświadczenia w gospodarstwach ekologicznych Jacka Plotty i Bartłomieja Piskorskiego	5
2.2.	Doświadczenie w Zakładzie Produkcyjno–Doświadczalnym UWM w Olsztynie w Bałcynach k/ Ostródy	6
2.3.	Zakres i metody badań gleby i nawozów	8
2.4.	Właściwości chemiczne gleby	8
2.5.	Elementy agrotechniki i przebieg wegetacji soi	9
3.	WYNIKI BADAŃ	10
3.1.	Zachwaszczenie soi	10
3.2.	Brodawkowanie	12
3.3.	Elementy plonowania soi w uprawie na glebie piaszczystej w Trzcińsku i średniej w Kołodziejewie	15
3.4.	Elementy plonowania soi w uprawie na glebie średniozwięzłej w Bałcynach	16
3.5.	Plonowanie soi w uprawie na glebie lekkiej i średniozwięzłej	17
3.6.	Jakość żywieniowa nasion soi	18
3.7.	Zanieczyszczenie nasion soi mikotoksynami	21
4.	PODSUMOWANIE I WNIOSKI	26
PIŚMIENNICTWO		26

1. WPROWADZENIE

W ramach zadania „*Badania w zakresie planowania upraw roślin paszowych i optymalizacja produkcji ekologicznej pasz, z uwzględnieniem wykorzystania odpadów z przetwórstwa ekologicznego, w tym zasady ich przygotowania na poziomie gospodarstwa. Opracowanie przewodnika dobrych praktyk*”, zespół badawczy złożony z pracowników Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie przeprowadził *badania nad doskonaleniem ekologicznej uprawy soi*.

Jednym z najważniejszych elementów wytwarzania żywności ekologicznej pochodzenia zwierzęcego są pasze. W myśl regulacji prawnych obowiązujących w rolnictwie ekologicznym, większość pasz skarmianych w danym gospodarstwie winna pochodzić z jego własnych pól [Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego Rady (UE) nr 2018/848 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych]. Stąd też bardzo ważna jest umiejętność uprawy roślin paszowych, w szczególności tych, które służą do wytwarzania pasz treściwych. W tej grupie pasz najtrudniejszym zadaniem jest zapewnienie odpowiednio wysokiej koncentracji białka.

Soja jest najwartościowszą rośliną strączkową, której nasiona łączą w sobie szereg cech ważnych w żywieniu zwierząt, a w szczególności w żywieniu drobiu i świń. Najważniejszą zaletą soi jest wysoka koncentracja białka oraz tłuszczu, dzięki czemu jej nasiona najlepiej nadają się do bilansowania pasz pod względem energetycznym i białkowym. Dzięki nowym odmianom soi, a także ociepleniu klimatu, od kilkunastu lat możliwa i opłacalna jest jej uprawa w Polsce. Jest to szczególnie ważne dla rolników ekologicznych, gdyż mogą oni uprawiać tradycyjne odmiany soi, chociaż znakomitą większość powierzchni soi uprawianej na świecie zajmują odmiany transgeniczne (GMO), nie akceptowane w rolnictwie ekologicznym. Soja obok walorów żywieniowych ma dodatkowe zalety, w tym korzystne oddziaływanie na glebę. Będąc rośliną motylkowatą wiąże azot, a uprawiana w szerokie rzędy (z zastosowaniem intensywnej pielęgnacji międzyrzędowej), przyczynia się do odchwaszczania pól i poprawy ich kultury. Ponadto, w przeciwieństwie do łubinów, uprawianych w Polsce, jak dotychczas cechuje się dobrą zdrowotnością.

Z żywieniowego punktu widzenia istotnym jest, że nasiona soi zawierają ok. 40% białka, o bardzo dobrym składzie aminokwasowym oraz ok. 20% tłuszczu, o wysokiej zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Ze względów agrotechnicznych jest cenną rośliną przedplonową. Korzenie soi rozluźniają glebę i posiadają zdolność pobierania trudno przyswajalnych składników pokarmowych. Soja jest rośliną dnia krótkiego, więc

opóźnianie jej siewu może wpłynąć na osłabienie kwitnienia, co nie pozostaje bez wpływu na plon. Wczesny siew nie jest łatwo zapewnić, gdyż soja jest ciepłolubna i preferuje ogrzaną glebę, a siew w zimną glebę może nasilić problemy ze zgorzelą siewek i występowaniem śmietki. Optymalne warunki siewu soi, wyznacza temperatura gleby przekraczająca 10°C (mierzona na głębokości 4 cm). Soja znosi przymrozki do -3°C, ale przy niższej temperaturze siewki chorują (czasem łodyżki na poziomie gruntu pękają, tworząc wrota infekcji). Co więcej, przymrozki poniżej -5°C mogą zniszczyć plantację. Zwykle optymalny termin siewu soi przypada na okres ostatniej dekady kwietnia i pierwszej dekady maja. Uważa się, że fenologicznym wyznacznikiem terminu siewu soi jest kwitnienie klonu zwyczajnego (choć z obserwacji przeprowadzonych na północy Polski wynika, że jest to zbyt wcześnie) lub koniec kwitnienia wiśni. Niekorzystną cechą większości odmian soi jest niskie osadzenie dolnych strąków, co powoduje duże straty nasion podczas zbioru. Wczesny termin siewu wpływa korzystnie na wysokość osadzenia dolnych strąków.

Wpływ na wydajność i jakość nasion soi ma wiele czynników. Wśród nich ważną przyczyną niskiej wydajności soi jest słabe brodawkowanie, stąd tak duże znaczenie ma skuteczne zaprawianie nasion bakteriami *Bradyrhizobium* oraz startowe nawożenie azotem. Istotą tych działań jest przyspieszenie początkowego rozwoju soi poprzez dobre zaopatrzenie w azot młodych roślin soi, będących we wczesnym etapie wzrostu, tzn. dopóki same nie nawiążą symbiozy z bakteriami *Bradyrhizobium* i nie zaczną za ich pośrednictwem czerpać azotu z atmosfery. Trzeba podkreślić, że z uwagi na długi okres nawiązywania symbiotycznej współpracy z tymi bakteriami (do 8 tygodni od dnia siewu), rośliny strączkowe w tym okresie doznają zahamowania wzrostu. Brak dynamicznego przyrostu masy roślin strączkowych daje ogromną przewagę konkurencyjną chwastom. Przyczynia się to w konsekwencji do silnego zachwaszczenia plantacji i obniżenia wydajności nasion oraz opóźnienia terminu zbioru.

W przypadku soi doprowadzenie do symbiozy z bakteriami *Bradyrhizobium japonicum* jest trudnym zadaniem. Soja pochodzi z Chin, a jej bakterie symbiotyczne nie występowały nigdy na naszych polach, musimy je więc wprowadzać ze szczepionką bakteryjną. Często, pomimo szczepienia, trudno jest uzyskać dobre brodawkowanie roślin soi, co jest warunkiem wysokich plonów.

W rolnictwie ekologicznym rośliny można zaopatrzyć w azot stosując gospodarskie nawozy naturalne (obornik, gnojowicę, gnojówkę) lub nawozy organiczne (kompost), a także oferowane w handlu organiczne nawozy azotowe o dosyć wysokiej koncentracji azotu, dozwolone do stosowania w rolnictwie ekologicznym. Do tej ostatniej grupy należy m.in. nawóz z poddanych obróbce enzymatycznej odpadów rzeźnych, głównie szczeciny,

oferowany pod nazwą handlową Bioilsa, zastosowany w niniejszych badaniach.

Dla ekologicznych wytwórni pasz treściwych bardzo ważna jest jakość nasion soi: zawartość białka i tłuszczu, ale także jak najmniejszy stopień obciążenia mikotoksynami. Na to ostatnie mogą mieć wpływ zarówno przebieg wegetacji, dobór odmian, termin siewu oraz zbioru. Podobnie jak inne rośliny uprawne, soja podczas wegetacji narażona jest na porażenie grzybami pleśniowymi i tworzenie przez nie mikotoksyn. Mikotoksyny są toksycznymi wtórnymi metabolitami produkowanymi przez pleśnie, szkodliwymi zarówno dla ludzi jak i zwierząt, ponieważ, wywołują toksyczną odpowiedź, kiedy wprowadzone są naturalną drogą, w niskich koncentracjach, do ich organizmów.

Zainteresowanie uprawą soi wzrosło w ostatnich latach, tak w Europie jak i w Polsce. W ubiegłym roku w naszym kraju uprawiano ok. 48 tys. ha soi, a w obecnym 2023 roku, ok. 44 tys. ha. Z każdym rokiem rośnie liczba zarejestrowanych odmian soi. Obecnie w krajowym rejestrze przekroczyła ona 60, a w unijnej bazie danych 500 odmian tej rośliny. W ostatnich latach upowszechniła się uprawa roślin strączkowych, a zwłaszcza soi paszowej NON-GMO na paszę w Polsce i w Europie [3].

Podsumowując: celem badań jest sprawdzenie na ile uprawa soi z zastosowaniem różnych odmian, terminów siewu i startowego nawożenia azotem, wpływa na dynamikę wzrostu, zachwaszczenie plantacji oraz termin zbioru i jakość nasion.

2. METODYKA BADAŃ POLOWYCH

W ramach realizacji wyżej określonych celów przeprowadzono trzy ściśle doświadczenia polowe z uprawą soi. Pierwsze z nich wykonano w gospodarstwie ekologicznym Jacka Plotty w miejscowości Trzcianka k/ Starogardu Gdańskiego, drugie w gospodarstwie ekologicznym Bartłomieja Piskorskiego w Kołodziejewie k/Inowrocławia, a trzecie w Zakładzie Producyjno-Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy, należącym do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Z powierzchni doświadczalnych pobrano próbki gleby i poddano analizom chemicznym.

2.1. Doświadczenia z soją wykonane w gospodarstwach ekologicznych Jacka Plotty i Bartłomieja Piskorskiego

I. Czynniki doświadczalne – dobór odmian

Uprawiano następujące odmiany:

- Abaca
- Abelina
- Adelfia
- Adessa
- Erica
- Magnolia

II. Czynniki doświadczalne - startowe nawożenie azotem

A – obiekt kontrolny, nienawożony

B – nawożenie organicznym nawozem azotowym (Bioilsą), w dawce 400 kg na 1 ha

2.2. Doświadczenie z soją wykonane w Bałcynach k. Ostródy (Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym UWM w Olsztynie)

I. Czynniki doświadczalne – dobór odmian

Uprawiano następujące odmiany:

- Abaca
- Abelina
- Adelfia
- Adessa
- Ambella
- Anser
- Erica
- Magnolia
- Sussex

II. Czynniki doświadczalne – termin siewu

- wczesny – 6. maja
- fenologiczny – 13. maja

III. Czynniki doświadczalne – startowe nawożenie azotem

A – obiekt kontrolny, nienawożony

B – nawożenie obornikiem bydlęcym, w dawce 20 t na 1 ha

C - nawożenie gnojowicą, w dawce 20 m³ na 1 ha

D – nawożenie organicznym nawozem azotowym (Bioilsą), w dawce 400 kg na 1 ha

Charakterystyka uprawianych odmian soi:

Abaca. Odmiana wczesna (129-143 dni wegetacji). Rekordowy potencjał plonowania połączony z wysoką wczesnością – 117% wzorca 2019 i 110% wzorca 2020. Jasne znamię. Dobra odporność na wyleganie. Bardzo wysoka MTZ – ok. 230 g. Bardzo mocny wczesny wigor i bardzo dobra odporność na pęknięcie strąków.

Adelfia. Odmiana średniopóźna, zarejestrowana w Polsce w 2022 roku. Bardzo wysoki potencjalny plon nasion i białka. Termin dojrzałości technicznej dość późny. Rośliny niskie, a najniższe strąki osadzone dość nisko. Jasne znamię. Odporność na pęknięcie strąków średnia. Masa 1000 nasion średnia. Zawartość białka ogólnego, tłuszczu oraz włókna surowego w nasionach średnia.

Adessa. Odmiana wczesna (131-139 dni wegetacji). Bardzo wysoki potencjał plonowania połączony z wysoką wczesnością. Jasne znamię. Bardzo dobra odporność na pęknięcie strąków. Dobra odporność na wyleganie. Bardzo mocny wczesny wigor.

Abelina. Odmiana średnio wczesna (135-144 dni wegetacji). Zalecana do uprawy w całej Polsce za wyjątkiem rejonów o najtrudniejszych warunkach termicznych. Wybitny wczesny wigor – szybkie zwanie łanu. Wysoka zawartość tłuszczu oraz białka. Wysoko osadzone najniższe strąki – łatwiejsze zbiór kombajnem.

Ambella. Jedna z najwcześniej dojrzewających odmian w Polsce (127-133 dni wegetacji). Niskie rośliny o bardzo wysokiej odporności na wyleganie. Wysoka MTN, znamię jasnobrązowe. Bardzo dobra odporność na pęknięcie strąków. Bardzo mocny wczesny wigor i tolerancja na chłody. Przydatna do uprawy we wszystkich rejonach kraju.

Anser. Odmiana średnio wczesna zarejestrowana w 2015 roku. Polecana do uprawy w całej Polsce, za wyjątkiem rejonów północnych i północno-wschodnich. Bardzo dobra korelacja wczesności i wysokiej MTN. Wysokie rośliny i bardzo wysoko osadzone pierwsze strąki – łatwiejszy zbiór kombajnem. Wysoka zawartość białka i tłuszczu. Rekomendowana do produkcji spożywczej.

Erica. Odmiana wczesna, której krótki okres dojrzewania (ok. 125 dni od siewu) czyni ją szczególnie przydatną w rejonach północnych Polski. Termin zbioru to przełom sierpnia i września. Rośliny średniej wysokości (ok. 77 cm), wysokość osadzenia najniższego strąka ok. 10 cm. Zawartość białka w nasionach wysoka (ok. 39% s.m.).

Magnolia. Odmiana zaliczana do bardzo wczesnych i wczesnych, zarejestrowana w 2021 roku w Polsce. W badaniach rejestrowych w swojej grupie wczesności osiągnęła największy plon w rejonie centralnym – na poziomie 115% wzorca. Korzystną cechą tej odmiany jest najwyżej osadzony najniższy strąk w tej grupie wczesności (+1 cm w stosunku do wzorca).

Sussex. Odmiana średnio wczesna zalecana do uprawy na terenie całego kraju. W COBORU zaliczana do grupy późnej, jednak w doświadczeniach poletkowych w Golubiu-Dobrzyniu w 2021 roku dojrzewała w tym samym terminie co inne odmiany średnio wczesne, jak Abaca.

2.3. Zakres i metody badań gleby i nawozów

W trakcie agrochemicznej analizy gleby określono jej odczyn (pH) oraz zasobność w przyswajalne makroelementy:

- pH i zasolenie - potencjometrycznie,
- N-NO₃ z zastosowaniem elektrody jonoselektywnej,
- P kolorymetrycznie,
- K, Na, Mg i Ca z zastosowaniem AAS.

2.4. Właściwości chemiczne gleby

Chcąc dokładnie poznać właściwości powierzchni doświadczalnych, próbki gleb analizowano metodą ogrodniczą. W Bałcynach i w Trzcińsku odczyn gleby na powierzchniach doświadczalnych był kwaśny (tab. 1), a zasolenie było niskie. Tymczasem w Kołodziejewie odczyn gleby był obojętny, a zasolenie średnie. Zasobność gleby w N azotanowy w Bałcynach i w Kołodziejewie była średnia, a w Trzcińsku wysoka. Zasobność gleb w przyswajalny P była niska, natomiast w K w Bałcynach i w Kołodziejewie niska, a w Trzcińsku zbliżona do średniej. Ponadto w glebach tych stwierdzono średnią zasobność w Na i niską w Mg. Generalnie badane próbki gleb potwierdzały ich przydatność do uprawy soi.

Tabela 1. Wyniki chemicznej analizy gleby, Bałcyny, Kołodziejewo, Trzcińsk, 2023 r.

Miejsce badań	Odczyn i zasobność gleby							
	pH w KCl	zasolenie, g/dm ³	N-NO ₃ , mg/dm ³	P, mg/dm ³	K, mg/dm ³	Na, mg/dm ³	Ca, mg/dm	Mg, mg/dm ³
Bałcyny	5,68	0,23	27,0	32	76	34	543	29
Kołodziejewo	7,20	0,54	18,5	28	69	56	688	27
Trzcińsk	5,43	0,25	30,4	29	53	32	835	23

Wyniki chemicznej analizy nawozów użytych w doświadczeniach polowych wskazują na ich duże zróżnicowanie (tab. 2). Obornik cechowała dosyć niska zawartość suchej substancji, ale wysoka koncentracja azotu – był to więc nawóz o wysokiej jakości. Dosyć dobrą jakość miała też gnojowica.

Tabela 2. Wyniki chemicznej analizy nawozów naturalnych, Bałcyny, 2023 r.

Nawóz	Zawartość składników pokarmowych						
	s.s. %	N, %	P, %	K, %	Na, %	Ca, %	Mg, %
Obornik	19,1	2,21	2,03	1,11	0,27	0,33	0,26
Gnojowica	4,6	0,43	0,22	1,14	0,15	0,46	0,15

2.5. Elementy agrotechniki i przebieg wegetacji soi

W Trzcíńsku doświadczenie prowadzono na glebie lekkiej kl. V, a w Kołodziejewie na glebie średniej z pogranicza z glebą lekką, klasy IV b. Każda z odmian soi była wysiewana w szerokie rzędy. Siew w szerokie rzędy umożliwił przeprowadzenie zabiegów odchwaszczających, poprzez bronowanie i w formie pielnikowania, dzięki czemu odchwaszczanie i spulchnianie gleby prowadzone jest o ok. 3 tygodnie dłużej (wysiewając soję w wąskie rzędy, mechaniczne odchwaszczanie plantacji ogranicza się do bronowania i kończy, gdy rośliny soi osiągną wysokość ok. 15 cm). Odchwaszczanie plantacji soi w Trzcíńsku i Kołodziejewie prowadzono poprzez wielokrotne bronowanie broną chwastownikiem, jak również pielnikowanie międzyrzędzi. W Trzcíńsku nie udało się w wystarczającym stopniu wyeliminować perzu, a także chwastnicy jednostronnej i ostrożeńki polnej, bardzo groźnych dla soi. W Kołodziejewie wskutek zastosowania nowoczesnych maszyn (brona obrotowa, pielnik precyzyjny) generalnie zachwaszczenie było bardzo małe, jednak na części pola nie udało się w wystarczającym stopniu zwalczyć chwastów wieloletnich – chodzi o ostrożeńkę polną.

W Bałcynach soję uprawiano na glebie średnio zwięzłej kl. III b, kompleksu pszenno-dobrego. Wysiano ją w rzędy co 25 cm. Odchwaszczanie prowadzono stosując dwukrotne bronowanie i dwukrotne pielnikowanie, uzupełnione o pielenie ręczne.

Ocena zachwaszczenia

Ocenę zachwaszczenia plantacji soi przeprowadzono przed jej zbiorem. Losowo, ramką o powierzchni 0,25m², pobierano po 4 próbki biomasy nadziemnej (wszystkie rośliny soi oraz wszystkie chwasty). Następnie dokonywano podziału chwastów na gatunki i oznaczano ich masę. Ustalono skład botaniczny i biomasę chwastów, a także procentowy ich udział w biomasie łąnu.

Struktura plonu oraz morfometria soi

Przed zbiorem pobrano próbki materiału roślinnego (po cztery próby dla każdej z odmian, z powierzchni po 0,25m²), na których określono strukturę plonu oraz morfometrię soi. Posługując się materiałem z próbek określono: obsadę, wysokość roślin, osadzenie pierwszego strąka, masę tysiąca nasion, plon soi.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Zachwaszczenie soi

Zachwaszczenie soi jest wypadkową wielu czynników, w tym kultury roli, potencjału konkurencyjnego danej odmiany rośliny uprawnej wobec chwastów, warunków pogodowych, pielęgnacji. Na glebie lekkiej kompleksu żytńskiego dobrego, o dosyć niskiej kulturze roli (duże zachwaszczenie), prowadzono uprawę soi w szerokie rzędy, co 47cm. Plantację odchwaszczano broną chwastownikiem oraz tradycyjnym pielnikiem. Generalnie, nie udało się skutecznie ochronić soi przed zachwaszczeniem (tab. 3a). Stopień zachwaszczenia uprawianych odmian był prawie taki sam.

Tabela 3a. Zachwaszczenie soi wyrażone biomasą chwastów [g · m⁻²], w uprawie na glebie lekkiej, Trzcina 2023

Gatunki chwastów	Odmiana soi:			
	Abelina	Adelfia	Erica	Magnolia
Bez nawożenia				
Perz właściwy	32,8	42,1	36,4	33,8
Chwastnica jednost.	15,2	19,2	17,4	15,9
Ostrożeń polny	4,4	5,1	5,5	4,1
Rdest kolankowy	3,4	4,7	4,0	3,6
Biomasa chwastów	55,8	71,1	63,3	57,4
Nawożenie Bioilsą, 400 kg na 1 ha				
Perz właściwy	28,6	37,4	33,6	25,3
Chwastnica jednost.	14,8	17,6	16,4	17,1
Ostrożeń polny	5,0	4,8	5,0	4,4
Rdest kolankowy	3,1	3,9	3,3	2,6
Biomasa chwastów	52,2	63,7	58,3	49,4

W Trzcina w składzie botanicznym chwastów uwagę zwraca dominująca pozycja

perzu. Dostyc duża biomasa tego gatunku wynika z zasiedlenia pola perzem, tudziez braku skutecznego jego zwalczania jeszcze przed siewem soi. Chwast ten wyjątkowo niekorzystnie wpływa na rozwój roślin soi. Ponadto dużą biomasą odznaczyła się chwastnica jednostronna. Nawożenie Bioilsą zaowocowało tendencją do zmniejszenia zachwaszczenia soi, podobnie jak uprawa odmian o zwiększonej długości łodyg.

Tabela 3b. Zachwaszczenie soi wyrażone biomasą chwastów [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$], w uprawie na glebie lekkiej, Kołodziejewo 2023

Gatunki chwastów	Odmiana soi:						
	Abaca	Abelina	Adelfia	Adessa	Ambella	Erica	Magnolia
Bez nawożenia							
Ostrożeń polny	2,6	2,5	2,8	2,4	2,2	2,5	2,3
Skrzyp polny	1,3	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,2
Chwastnica jed.	1,0	0,8	0,9	0,7	1,1	0,9	0,8
Perz właściwy	0,7	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
Pozostałe	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2
Biomasa chwastów	6,0	5,2	6,0	5,5	5,8	5,3	5,0
Nawożenie Bioilsą, 400 kg na 1 ha							
Ostrożeń polny	2,3	2,2	2,5	2,4	2,6	2,4	2,1
Skrzyp polny	1,3	1,4	0,8	1,1	1,0	1,2	1,3
Chwastnica jed.	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	0,9
Perz właściwy	0,6	0,3	1,0	0,5	0,7	0,8	0,4
Pozostałe	0,5	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	0,1
Biomasa chwastów	5,8	5,4	5,7	5,2	5,9	5,9	4,8

Soja w Kołodziejewie była odchwaszczana nowoczesnym zestawem maszyn i generalnie odznaczała się wysokim stopniem czystości łanu. Maszyny te nie dawały sobie rady głównie z gatunkami wieloletnimi, tj. ostrożeniem polnym i skrzypem polnym. W tym przypadku gatunkiem dominującym nie był perz, lecz ostrożeń polny (tab. 3b). Gatunki te występowały placowo, głównie w obniżeniach terenu.

Soja uprawiana w Bałcynach koło Ostródy, na glebie średniej kompleksu pszennego dobrego, miała do dyspozycji glebę dużo wyższej klasy i stąd lepsze warunki rozwoju niż w Trzeńsku, szczególnie w okresie letniej suszy. Jednak pod koniec wegetacji, gdy pojawiły się częste deszcze (choć niezbyt obfite), w glebie tej wskutek dużego udziału części pylistych, utrzymywała się wysoka wilgotność. To oddziaływało niekorzystnie na zdrowotność korzeni,

często przy tym powodując utratę brodawek, co niekorzystnie wpłynęło na wydajność soi. W Bałczynach dzięki intensywnemu odchwaszczaniu, wielkość zachwaszczenia mierzona biomasa chwastów była dosyć niska i nie miała wpływu na rozwój soi (tab. 3c). Wśród gatunków zasiedlających łąn soi w Bałczynach dominowała chwastnica jednostronna. Ani termin siewu, ani nawożenie nie różnicowały wielkości zachwaszczenia łąnu. Nie stwierdzono znaczących różnic w zachwaszczeniu wśród uprawianych odmian.

Tabela 3c. Średnie zachwaszczenie odmian soi wyrażone biomasa chwastów [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$], w uprawie na glebie średniozwięzłej, Bałczyny 2023

Gatunki chwastów	Nawożenie			
	Bez nawożenia	Obornik 20 t / ha	Gnojowica 20 m ³ / ha	Biolsa 400 kg / ha
I termin siewu				
Chwastnica jednostronna	2,1	2,3	2,2	1,9
Rdest ptasi	0,8	0,6	0,7	0,8
Żółtlica drobnokwiatowa	0,5	0,4	0,6	0,6
Perz właściwy	0,3	0,2	0,4	0,2
Przetacznik polny	0,1	0,0	0,1	0,1
Biomasa chwastów	3,8	3,5	4,0	3,6
II termin siewu				
Chwastnica jednostronna	2,3	2,2	2,4	2,5
Rdest ptasi	0,7	0,8	0,7	0,4
Żółtlica drobnokwiatowa	0,6	0,5	0,5	0,4
Perz właściwy	0,3	0,2	0,4	0,2
Przetacznik polny	0,1	0,1	0,2	0,0
Biomasa chwastów	4,0	3,8	4,2	3,5

3.2. Brodawkowanie

Obserwacje stopnia brodawkowania korzeni soi prowadzono poczynając miesiąc po wschodach. W doświadczeniu na glebie lekkiej w Trzciesku oraz w Kołodziejewie już wówczas stwierdzono liczne występowanie brodawek. Natomiast w Bałczynach na glebie średnio zwięzłej, brodawkowanie stwierdzono nieco później. Oprócz warunków glebowo-termicznych na brodawkowanie wpływ ma rodzaj zaprawy bakteryjnej. We wszystkich doświadczeniach soję zaprawiono zaprawą Turbosoy. Zaprawa ta wykazała dobrą skuteczność (tab. 4a, 4b i 4c).

Tabela 4 a. Liczba i masa brodawek na 1 roślinie soi w zależności od odmiany i nawożenia, Trzcina 2023

Odmiana	Brodawki na korzeniu głównym		Brodawki na korzeniach bocznych	
	sztuk	gram	sztuk	gram
Bez nawożenia				
Abelina	16	1,61	103	2,22
Adelfia	14	1,50	104	2,30
Erica	13	1,42	98	2,05
Magnolia	15	1,54	108	2,33
Bioilsa, 400 kg / ha				
Abelina	15	1,55	105	2,12
Adelfia	14	1,48	100	2,10
Erica	15	1,52	104	2,25
Magnolia	16	1,63	103	2,28

Tabela 4 b. Liczba i masa brodawek na 1 roślinie soi w zależności od odmiany i nawożenia, Kołodziejewo 2023

Odmiana	Brodawki na korzeniu głównym		Brodawki na korzeniach bocznych	
	sztuk	gram	sztuk	gram
Bez nawożenia				
Abaca	13	1,14	78	1,84
Abelina	12	1,06	80	1,93
Adelfia	12	1,02	69	1,79
Adessa	13	1,23	86	2,00
Ambella	14	1,20	84	1,92
Erica	13	1,07	76	1,78
Magnolia	14	1,13	79	2,02
Bioilsa, 400 kg / ha				
Abaca	13	1,10	81	1,78
Abelina	13	1,12	83	1,90
Adelfia	11	0,92	72	1,77
Adessa	14	1,16	82	1,93
Ambella	13	1,22	85	1,81
Erica	12	1,04	79	1,80
Magnolia	13	1,18	85	1,97

W przeprowadzonych eksperymentach polowych w Trzcińsku stwierdzono dobre obrodawkowanie korzeni soi, w Kołodziejewie niewiele gorsze, a w Bałcynach słabsze. Wobec powyższego w tych dwu pierwszych lokalizacjach rośliny soi rozwijały się w warunkach dobrego zaopatrzenia w azot, z wyjątkiem okresu początkowego rozwoju i wzrostu, gdy brodawki jeszcze się nie wytworzyły.

Warto przypomnieć, że uzyskanie dobrego obrodawkowania soi wcale nie jest łatwe. Ważne są tu warunki glebowe (w tym odpowiedni odczyn gleby), a także wysokiej jakości zaprawa bakteryjna. Duże znaczenie ma też przebieg pogody – m.in. susza w czasie brodawkowania może silnie ograniczyć wytwarzanie brodawek.

Tabela 4 b. Liczba i masa brodawek na 1 roślinie soi w zależności od odmiany i terminu siewu, Bałcyny 2023 r.

Odmiany	Brodawki na korzeniu głównym		Brodawki na korzeniach bocznych	
	sztuk	g	sztuk	g
I termin siewu				
Abaca	7	0,74	38	0,70
Abelina	10	0,95	43	0,91
Adessa	6	0,62	35	0,54
Adelfia	8	0,87	40	0,82
Ambella	5	0,51	34	0,43
Anser	11	0,91	40	0,95
Erica	7	0,68	36	0,71
Magnolia	10	0,85	37	0,86
Sussex	8	0,68	32	0,50
II termin siewu				
Abaca	8	0,84	40	0,78
Abelina	9	0,90	38	0,86
Adessa	7	0,71	38	0,63
Adelfia	7	0,80	36	0,72
Ambella	6	0,62	35	0,48
Anser	12	0,94	42	0,97
Erica	8	0,73	38	0,78
Magnolia	11	0,88	39	0,85
Sussex	9	0,80	37	0,60

3.3. Elementy plonowania soi w uprawie na glebie piaszczystej w Trzcińsku i średniej w Kołodziejewie

Soja w uprawie na glebie piaszczystej i próchnicznej miała korzystne warunki rozwoju z uwagi na szybsze ogrzewanie się takich gleb. Dynamika rozwoju roślin była dobra, a obsada dosyć wyrównana (tab. 5a). Wszystkie odmiany rozwijały się w warunkach dosyć dużego zachwaszczenia perzem (jest to chwast o wysokiej szkodliwości wobec soi) i chwastnicą jednostronną, a pomimo to dobrze poradziły sobie z presją chwastów i wydały całkiem zadowalające plony. Największa była wydajność odmiany Magnolia, przekraczając 3 t nasion z ha, a najslabsza odmiany Adelfia (tab. 5a). Nawożenie startowe Bioilsą nie różnicowało wydajności soi, co najprawdopodobniej wyniknęło z dobrego brodawkowania wszystkich odmian uprawianych w Trzcińsku.

Tabela 5a. Elementy plonowania soi w uprawie na glebie piaszczystej, Trzcińsk 2023

Gatunki chwastów	Odmiana soi:			
	Abelina	Adelfia	Erica	Magnolia
Bez nawożenia				
Obsada, szt. \cdot m ⁻²	52	54	56	57
Wysokość roślin, cm	114	79	94	112
Pierwszy strąk, cm	26	17	19	23
Strąki na 1 roślinie, szt.	11,9	10,8	12,7	13,6
Masa 1000 nasion, g	221	220	198	219
Plon soi, t z ha	2,54	2,28	2,84	3,22
Nawożenie Bioilsą, 400 kg na 1 ha				
Obsada, szt. \cdot m ⁻²	51	56	55	59
Wysokość roślin, cm	115	80	93	110
Pierwszy strąk, cm	25	18	20	22
Strąki na 1 roślinie, szt.	12,0	11,0	12,5	13,5
Masa 1000 nasion, g	220	222	196	218
Plon soi, t z ha	2,58	2,22	2,86	3,20

W tabeli powyżej podano biologiczny plon soi, tj. cały plon wytworzony przez rośliny, w odróżnieniu od plonu zebranego kombajnem, który pomniejszony jest o nasiona z najniżej osadzonych strąków. Chociaż porównywane odmiany różniły się osadzeniem pierwszego strąka, nie miało to wpływu na straty podczas zbioru, gdyż ich najniższe strąki były osadzone bardzo wysoko. Nasiona wszystkich porównywanych odmian cechowały się

wysoką dorodnością.

W Kołodziejewie soja niewiele niżej plonowała niż w Trzcińsku, głównie za sprawą trochę słabszego brodawkowania. Wśród porównywanych odmian wręcz rewelacyjnie wypadły odmiany Ambella i Adessa, przewyższając wydajnością pozostałe odmiany, które (z wyjątkiem najniżej plonującej Adelfi), plonowały na zbliżonym poziomie (tab. 5b). Nawożenie Bioilsą nie wpłynęło na rozwój roślin soi i w końcowym efekcie spodziewanego wzrostu wydajności nasion nie stwierdzono.

Tabela 5b. Elementy plonowania soi w uprawie na glebie piaszczystej, Kołodziejewo 2023

Gatunki chwastów	Odmiana soi:						
	Abaca	Abelina	Adelfia	Adessa	Ambella	Erica	Magnolia
Bez nawożenia							
Obsada, szt. \cdot m ⁻²	92	60	54	56	60	65	50
Wysokość roślin, cm	51	81	39	62	58	57	62
Pierwszy strąk, cm	6,7	7,4	3,6	5,3	3,0	6,5	5,3
Strąki na roślinie, szt.	14,7	14,1	13,1	15,1	15,4	14,6	26,1
Masa 1000 nasion, g	195	173	205	190	206	179	144
Plon soi, t z ha	2,20	2,26	1,97	2,94	2,89	2,22	2,36
Nawożenie Bioilsą, 400 kg na 1 ha							
Obsada, szt. \cdot m ⁻²	92	61	53	58	59	63	54
Wysokość roślin, cm	52	80	38	60	59	59	61
Pierwszy strąk, cm	6,8	7,2	3,7	5,3	3,1	6,4	5,2
Strąki na roślinie, szt.	14,8	14,0	13,2	15,2	15,2	14,2	26,0
Masa 1000 nasion, g	196	175	203	192	203	177	148
Plon soi, t z ha	2,22	2,21	1,89	2,94	2,80	2,20	2,32

3.4. Elementy plonowania soi w uprawie na glebie średniozwięzłej w Bałczynach

Porównanie morfometrii soi na glebie średnio zwięzłej w Bałczynach oraz na glebach lekkich w Trzcińsku i średniej w Kołodziejewie wskazuje na istotny wpływ warunków siedliskowych na rozwój i pokrój roślin. Różnice dotyczą praktycznie wszystkich porównywanych cech: obsady, wysokości roślin, osadzenia pierwszego strąka, masy tysiąca nasion, kończąc na wydajności i parametrach jakościowych nasion.

Osadzenie pierwszego strąka

Osadzenie pierwszego strąka decyduje o wielkości strat podczas zbioru. W 2023 roku uprawa soi na mocniejszych, ale zimnych glebach, skutkowałą bardzo dużym obniżeniem posadowienia pierwszego strąka – w porównaniu do roślin soi z roku ubiegłego. Najgorzej

Tabela 6. Osadzenie pierwszego strąka [cm], na roślinach soi w zależności od odmiany, nawożenia i terminu siewu, Bałcyny 2023 r.

Wyszczególnienie	Odmiana								
	Abaca	Abelina	Adessa	Adelfia	Ambella	Anser	Erica	Magnolia	Sussex
Pierwszy i drugi termin siewu, bez nawożenia startowego									
Pierwszy termin siewu	7,5	8,7	6,5	6,1	4,7	9,1	5,2	7,0	8,2
Drugi termin siewu	7,3	8,2	6,4	6,1	4,5	8,8	5,0	6,8	8,0
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe gnojowicą									
Pierwszy termin siewu	7,4	7,9	6,5				5,5	7,0	
Drugi termin siewu	7,0	7,8	6,6				5,3	6,8	
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe Bioilsą									
Pierwszy termin siewu	7,4	8,2	6,5				4,9	6,7	
Drugi termin siewu	7,3	8,0	6,7				5,0	6,5	
Pierwszy termin siewu, nawożenie startowe obornikiem									
Pierwszy termin siewu	7,8	8,5	6,7				5,5	7,1	

wypadła pod względem posadowienia pierwszego strąka odmiana Ambella, które wiązała niemal o połowę niżej od takich odmian jak Abelina, Anser, czy Sussex (tab. 6). Opóźnienie terminu siewu nie przyczyniło się do niższego wiązania pierwszego strąka.

3.5. Plonowanie soi w uprawie na glebie lekkiej i średniozwięzłej

W uprawie na glebie lekkiej, uzyskano wysokie plony soi na glebie lekkiej w Trzciesku (mimo dosyć dużego zachwaszczenia) oraz przeciętną wydajność na glebie średniej w Kołodziejewie. W Kołodziejewie mimo dużo skuteczniejszego odchwaszczenia plantacji niż w Trzciesku, wydajność nasion soi nie była większa.

W uprawie na glebie średniozwięzłej w Bałcynach uzyskano niską wydajność większości odmian, dużo mniejszą niż w roku poprzednim. Zdecydowanie najslabiej wypadła nienawożona odmiana Abaca, chociaż w obiektach nawożonych Bioilsą i gnojowicą należała

do najlepszych (tab. 7).

Generalnie wczesny termin siewu zwiększał wydajność nasion, aczkolwiek niektóre odmiany (Erica) nie reagowały korzystnie na wcześniejszy termin siewu. Rośliny soi korzystniej zareagowały na nawożenie startowe Bioilsą i gnojowicą, natomiast niekorzystnie wpłynęło na ich rozwój i wydajność nawożenie obornikiem. Wiosenne nawożenie obornikiem nadmiernie przesuszyło glebę, co wydaje się być ważniejszym czynnikiem plonotwórczym od wartości nawozowej obornika.

Tabela 7. Plon soi w zależności od odmiany, nawożenia i terminu siewu [t z ha],
Bałcyny, 2023 r.

Wyszczególnienie	Odmiana								
	Abaca	Abelina	Adessa	Adelfia	Ambella	Anser	Erica	Magnolia	Sussex
Pierwszy i drugi termin siewu, bez nawożenia startowego									
Pierwszy termin siewu	1,88	2,68	2,52		2,04	2,08	1,84	2,36	3,10
Drugi termin siewu	1,71	2,34	2,26		2,02	2,04	1,92	2,18	2,55
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe gnojowicą									
Pierwszy termin siewu	2,88	2,95	2,56				2,13	3,15	
Drugi termin siewu	2,56	2,75	2,48				1,92	2,48	
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe Bioilsą									
Pierwszy termin siewu	3,17	2,87	2,70				2,83	2,74	
Drugi termin siewu	3,00	2,38	2,58				2,86	2,65	
Pierwszy termin siewu, nawożenie startowe obornikiem									
Pierwszy termin siewu	2,10	1,74	1,32				1,81	1,47	

3.6. Jakość żywieniowa nasion soi

Wyjątkową pozycję wśród roślin strączkowych soja zawdzięcza wysokiej zawartości białka oraz tłuszczu. Dzięki temu jest najwartościowszym komponentem paszowym. W rolnictwie ekologicznym rozwój uprawy soi w Polsce podyktowany jest koniecznością zagwarantowania surowca paszowego wolnego od GMO.

Białko ogólne i tłuszcz surowy

Zawartość białka w nasionach soi była różnicowana przez warunki siedliskowe oraz

dobór odmian. Generalnie była ona bardzo wysoka, u większości odmian przekraczająca 40%, szczególnie na glebie lekkiej, gdzie wystąpiło najlepsze brodawkowanie roślin, gwarantujące bardzo dobre zaopatrzenie ich w azot (tab. 8 a). Zdecydowanie mniej białka zgromadziły rośliny w Kołodziejewie, gdzie tylko odmiana Adelfia uzyskała poziom 40% białka.

Dobre wyniki pod względem zawartości białka (lepsze niż w Kołodziejewie) uzyskano na glebie średniej w Bałczynach. Warto zwrócić uwagę na duże zróżnicowanie odmianowe, a także niewielki wpływ nawożenia startowego azotem, zarówno w postaci Bioilsy jak i obornika na tę cechę (tab. 8c). Tak słabą reakcję na nawożenie azotem odnotowano pomimo nie najlepszego obrodawkowania roślin i samozaopatrzenia ich w azot, oczekiwano więc, że dodatkowe źródło N (nawożenie), chociaż w większym stopniu zaznaczy swój wpływ na gromadzenie białka w nasionach soi.

Tabela 8a. Zawartość białka ogólnego i tłuszczu surowego w nasionach odmian soi [%], w zależności od odmiany i nawożenia, Trzcina, 2023 r.

Nawożenie	Odmiana soi:			
	Abelina	Adelfia	Erica	Magnolia
Zawartość białka, %				
Bez nawożenia	41,7	42,1	44,0	42,4
Bioilsą, 400 kg / ha	41,5	42,3	43,8	42,5
Zawartość tłuszczu surowego, %				
Bez nawożenia	20,1	19,6	17,9	19,7
Bioilsą, 400 kg / ha	20,2	19,4	18,1	19,5

Tabela 8b. Zawartość białka ogólnego i tłuszczu surowego w nasionach odmian soi [%], w zależności od odmiany i nawożenia, Kołodziejewo 2023 r.

Nawożenie	Odmiana soi:						
	Abaca	Abelina	Adelfia	Adessa	Ambella	Erica	Magnolia
Zawartość białka, %							
Bez nawożenia	35,5	34,8	40,0	35,2	37,1	37,8	38,5
Bioilsą, 400 kg / ha	38,0	37,8	40,4	38,5	31,7	37,8	39,2
Zawartość tłuszczu surowego, %							
Bez nawożenia	22,8	23,5	21,6	23,3	22,9	21,1	22,5
Bioilsą, 400 kg / ha	22,6	23,2	21,3	22,4	23,1	21,6	22,1

W doświadczeniach na glebach średnich (Kołodziejewo, Bałcyny) zdecydowanie najmniej białka zgromadziła odmiana Abaca, a w Kołodziejewie również Abelina i Adessa (tab. 8b, 8c).

Generalnie opóźniony termin siewu zastosowany w Bałcynach nie wpłynął niekorzystnie na zawartość białka, jak to miało miejsce w roku ubiegłym (tab. 8c).

Tabela 8c. Zawartość białka ogólnego w nasionach odmian soi [%], w zależności od odmiany, nawożenia i terminu siewu, Bałcyny 2023 r.

Wyszczególnienie	Odmiana								
	Abaca	Abelina	Adessa	Adelfia	Ambella	Anser	Erica	Magnolia	Sussex
Pierwszy i drugi termin siewu, bez nawożenia startowego									
Pierwszy termin siewu	38,4	40,5	41,7	40,8	40,9	39,5	42,3	43,1	43,3
Drugi termin siewu	38,4	39,9	42,0	40,3	40,9	39,1	40,9	41,2	43,0
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe gnojowicą									
Pierwszy termin siewu	39,2	40,5	42,0				42,1	42,9	
Drugi termin siewu	39,3	39,6	41,7				41,4	41,8	
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe Bioilsą									
Pierwszy termin siewu	40,9	41,3	42,8				43,7	44,1	
Drugi termin siewu	40,9	41,5	42,6				43,6	42,5	
Pierwszy termin siewu, nawożenie startowe obornikiem									
Pierwszy termin siewu	41,3	42,5	43,7				43,5	44,2	

Tłuszcz surowy

Ważnym składnikiem nasion soi jest również tłuszcz, którego koncentracja rzędu 20% sprawia, że soja nie tylko dostarcza białka, ale należy również do najważniejszych roślin oleistych na świecie. Generalnie oznaczona zawartość tłuszczu w nasionach soi była typowa dla gatunku (w przypadku białka często przewyższała zawartości standardowe). W badaniach własnych koncentracja tłuszczu w nasionach zależała zarówno od warunków siedliskowych jak i odmiany.

W Bałcynach najmniej tłuszczu zgromadziła najbogatsza w białko odmiana Erica. Startowe nawożenie azotem miało wpływ na koncentrację tłuszczu w nasionach soi wówczas, gdy różnicowało zawartość białka.

Tabela 9. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach odmian soi [%], w zależności od odmiany, nawożenia i terminu siewu, Bałcyny 2023 r.

Wyszczególnienie	Odmiana								
	Abaca	Abelina	Adessa	Adelfia	Ambella	Anser	Erica	Magnolia	Sussex
Pierwszy i drugi termin siewu, bez nawożenia startowego									
Pierwszy termin siewu	22,5	22,5	21,5	21,7	21,7	22,3	20,5	21,3	21,1
Drugi termin siewu	22,9	22,6	21,1	21,9	21,9	22,5	20,8	21,7	21,3
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe gnojowicą									
Pierwszy termin siewu	22,3	22,1	21,3				20,4	21,0	
Drugi termin siewu	22,6	22,8	21,0				20,8	22,0	
Pierwszy i drugi termin siewu, nawożenie startowe Bioilsą									
Pierwszy termin siewu	21,7	21,9	20,8				19,7	20,7	
Drugi termin siewu	21,7	21,6	21,1				19,8	20,8	
Pierwszy termin siewu, nawożenie startowe obornikiem									
Pierwszy termin siewu	21,5	20,9	19,8				19,7	20,3	

3.7. Zanieczyszczenie nasion soi mikotoksynami

Mikotoksyny są wtórnymi metabolitami wytwarzanymi przez kilka gatunków grzybów, głównie należących do rodzajów *Fusarium*, *Aspergillus* i *Penicillium*. Ich globalne występowanie uważa się za główny czynnik ryzyka mający wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt. Szacuje się, że aż 25% światowej produkcji roślinnej jest w pewnym stopniu zanieczyszczona mikotoksynami [D’Mello i wsp., 1999, Larsen i wsp., 2004]. Zanieczyszczenie mikotoksynami może wystąpić na polu przed zbiorami, w trakcie zbiorów lub podczas przechowywania i przetwarzania. Czynniki środowiskowe, takie jak skład podłoża, wilgotność i temperatura, wpływają na produkcję mikotoksyn, a tym samym na stopień skażenia materiałów paszowych i pasz. Ze względu na różnorodną budowę chemiczną mikotoksyny mają szerokie spektrum działania toksykologicznego. Charakter i intensywność tych skutków jest powiązana z dawką i czasem trwania ekspozycji [Fink-Gremmels, 1999]. Głównym problemem jest chroniczne zanieczyszczenie małymi dawkami, które może nawet pozostać niewykryte, ale mimo to skutkować zmniejszonym przyrostem masy ciała, zmniejszoną reprodukcją i zwiększoną podatnością na infekcje [Kuiper-Goodman, 1995].

Duża liczba dominujących mikotoksyn jest wytwarzana przez grzyby *Fusarium*, stanowiące prawdopodobnie najbardziej rozpowszechnione grzyby wytwarzające toksyny występujące na zbożach w północnych regionach Europy, Ameryki i Azji o umiarkowanym klimacie. Istnieją przekonujące dowody na wpływ fusariotoksyn na choroby zwierząt gospodarskich w różnych częściach świata. Ogniska fuzariotoksyn odnotowano w Europie, Azji, Nowej Zelandii i Ameryce Południowej. Ponadto regularnie i coraz powszechniej odnotowuje się przewlekłe spożycie tych mikotoksyn w związku z utrzymującym się globalnym zanieczyszczeniem ziaren zbóż i paszy dla zwierząt [D'Mello i wsp., 1999].

Na wzrost grzybów wpływa złożona interakcja różnych czynników środowiskowych, takich jak temperatura, pH, wilgotność, aktywność wody, napowietrzanie, dostępność składników odżywczych, uszkodzenia mechaniczne, interakcja mikrobiologiczna lub obecność związków przeciwdrobnoustrojowych. Niska higiena, nieodpowiednia temperatura i wilgotność podczas przechowywania, przetwarzania i obsługi, mogą przyczynić się do zwiększonego stopnia skażenia.

Obecność mikotoksyn w paszach lub żywności niesie duże zagrożenie zdrowotne zarówno dla ludzi, jak i dla zwierząt. Po przedostaniu się do organizmu mikotoksyny mogą wywoływać zespół objawów klinicznych i zmian patologicznych, które nazwano mikotoksykozami. Związki te mogą wykazywać działanie kancerogenne, estrogenne, mutagenne, teratogenne i immunotoksyczne. Dodatkowy problem nastęrcza trudność w ich dezaktywacji, ponieważ są odporne na czynniki fizyczne, chemiczne i nie ulegają rozkładowi nawet podczas obróbki w procesach technologicznych, którym towarzyszy podwyższona temperatura i ciśnienie. Mikotoksyny od lat są uważane za istotny problem w toksykologii weterynaryjnej. Pomimo tego, że rzadko dochodzi do ostrych zatruc mikotoksynami, to ich obecność w paszach w niskich stężeniach i wzajemna interakcja ma negatywny wpływ na status zdrowotny zwierzęcia. W konsekwencji prowadzi to do obniżenia produktywności zwierząt, powstania poważnych chorób i z tym związanych strat ekonomicznych, a również zagraża konsumentom w związku z przenoszeniem mikotoksyn i ich metabolitów w produktach pochodzenia zwierzęcego.

Spośród znanych ponad 300 mikotoksyn najbardziej rozpowszechnioną mikotoksyną jest deoksynivalenol (DON), wytwarzany głównie przez *F. graminearum* (*Gibberella zeae*) i *F. culmorum* [Sudakin, 2003]. Oba są ważnymi patogenami roślin, które powodują fuzariozę kłosów pszenicy (*Gibberella*) lub (*Fusarium*) kłosów kukurydzy [Miller, 1995]. Zanieczyszczenie różnych zbóż i soi powyższymi pleśniami występuje częściej w rejonach świata o wyższych temperaturach, a także w Europie [IARC, 1993]. Infekcje są częstsze w

okresach chłodniejszych i przy obfitszych opadach [CAST, 2003], co przypada na okres od września do października, kiedy to rolnicy pozostawiają soję na polach licząc na spadek jej wilgotności. Oprócz DON w ziarnach zbóż i w nasionach soi obserwuje się występowanie przedstawicieli grupy trichotecenów, a mianowicie toksyny HT-2 i toksyny T-2. Zearalenon (ZEN) reprezentuje również ważną mikotoksynę *Fusarium sp.* bardzo często spotykaną w bardzo wysokich stężeniach, zwłaszcza w kukurydzy. ZEN jest szeroko rozpowszechniony w materiałach paszowych pochodzących z różnych środowisk rolniczych i sprzyjają mu warunki klimatyczne podobne do tych, które sprzyjają obecności DON. ZEN to fenolowy lakton kwasu rezorcyklicznego o silnych właściwościach estrogennych, wytwarzany głównie przez *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. verticillioides* i *F. incarnatum* [Hueza i wsp., 2014]. Częstość izolacji grzybów z nasion i strąków różnych odmian soi zmienia się corocznie, po części ze względu na pewne różnice w warunkach środowiskowych (temperatura, czy opady deszczu) [Miller i Roy, 1982].

Komisja Europejska w Rekomendacjach No 1881/2006 [Commission Recommendation 2006], z późniejszymi zmianami, ustaliła najwyższe dopuszczalne poziomy (ang. maximum residue levels, MRLs) dla 13 mikotoksyn w środkach spożywczych przeznaczonych dla ludzi, a w zaleceniu 576 z sierpnia 2006 roku określiła wartości tolerancyjne w paszach. Poziomy mikotoksyn są monitorowane w żywności i paszach w wielu krajach (również w Polsce), jednak badania, z uwagi na wysokie koszty nie obejmują zbyt szerokiego zakresu kontrolowanych toksyn. Spośród około 300 wykrytych mikotoksyn, badanych jest 8 najlepiej poznanych i najbardziej toksycznych (aflatoksyna B1, B2, G1, G2, ochratoksyna A, toksyna T-2, toksyna HT-2, fumonizyna B1 i B2, DON i ZEN).

W badaniach własnych nasiona poddane ocenie toksykologicznej pozyskano z trzech miejsc, a mianowicie z Bałcyn, wsi położonej w województwie warmińsko-mazurskim, w powiecie ostródzkim, w gminie Ostróda (9 próbek), z Trzcieńska, wsi położonej w województwie pomorskim, w powiecie starogardzkim, w gminie Starogard Gdański (4 próbki), z Kołodziejewa wsi położonej w województwie kujawsko-pomorskim, w powiecie inowrocławskim, w gminie Janikowo (7 próbek).

Oznaczenia aflatoksyny B1 (AB1), deoksyniwalenolu (DON) fumonizyn B1 i B2 (FB1 i FB2), toksyny T-2 i toksyny HT-2, ochratoksyny A (OTA) oraz zearalenonu (ZEN) przeprowadzono w próbkach nasion soi z zastosowaniem metody HPLC-MS/MS (metoda wysokociśnieniowej chromatografii z detekcją masową) na zestawie Agilent 1200 Series

LC/MSD G1956A, przy limicie detekcji powyżej 2 µg/kg (LOD > 2 µg/kg) i limicie oznaczalności 5 µg/kg (LOQ > 5 µg/kg)

Tabela 10. Zawartość mikotoksyn w próbkach nasion soi [µg/kg]

Nr próbki	Odmiana	Lokalizacja	AFB1	DON	FB1	FB2	HT-2	OTA	T-2	ZEN
1	ABACA	Bałcyny	ns	ns	ns	ns	86,76	ns	11,70	11,91
2	ABELINA	Bałcyny	ns	wś	ns	ns	13,73	ns	14,72	14,46
3	ADELFIGA	Bałcyny	ns	wś	ns	ns	126,70	ns	12,91	6,79
4	ADESSA	Bałcyny	ns	ns	ns	ns	107,01	ns	13,28	10,67
5	AMBELLA	Bałcyny	ns	wś	ns	ns	118,55	ns	15,01	11,22
6	ANSER	Bałcyny	ns	ns	wś	ns	127,72	ns	11,36	12,38
7	ERICA	Bałcyny	ns	ns	ns	ns	98,76	ns	8,92	12,96
8	MAGNOLIA	Bałcyny	ns	ns	6,22	ns	102,67	ns	15,28	11,82
9	SUSSEX	Bałcyny	ns	wś	ns	ns	123,19	ns	11,53	13,04
10	ABELINA	Trzcina	ns	wś	ns	wś	78,58	ns	17,41	11,99
11	ADELFIGA	Trzcina	ns	wś	wś	ns	200,76	ns	11,58	12,07
12	ERICA	Trzcina	ns	wś	ns	ns	134,74	ns	15,60	9,19
13	MAGNOLIA	Trzcina	ns	wś	wś	ns	130,00	ns	16,31	10,69
14	ABACA	Kołodziejewo	ns	wś	7,23	5,24	86,17	ns	11,36	10,15
15	ABELINA	Kołodziejewo	ns	wś	ns	ns	86,76	ns	8,97	14,43
16	ADELFIGA	Kołodziejewo	ns	wś	ns	wś	14,03	ns	10,48	10,98
17	ADESSA	Kołodziejewo	ns	wś	wś	wś	109,57	ns	17,03	15,04
18	AMBELLA	Kołodziejewo	ns	wś	ns	wś	64,97	ns	16,76	13,70
19	EICA	Kołodziejewo	ns	ns	ns	ns	88,93	ns	13,09	14,88
20	MAGNOLIA	Kołodziejewo	ns	wś	wś	ns	122,78	ns	9,40	8,94

ns – nie stwierdzono powyżej progu detekcji (LOD > 2 µg/kg)

wś – wartość śladowa – wartość poniżej progu oznaczalności (LOQ > 5 µg/kg)

Oznaczone ilości mikotoksyn zamieszczono w tabeli 10. W przypadku AFB1 nie stwierdzono jej występowania w żadnej próbce soi. Jeśli chodzi o DON 18 próbek dało wynik pozytywny na poziomie LOD > 2 µg/kg. W przypadku FB1 6 próbek wykazało wartości śladowe, a w dwóch przypadkach odnotowano stężenie na poziomie 6,22 µg/kg i 7,23 µg/kg (odpowiednio Bałcyny, Magnolia i Kołodziejewo, Abaca). W tej samej próbce pochodzącej z Kołodziejewa (Abaca) oznaczono FB2 w ilości 5,24 µg/kg, w przypadku 5 próbek

odnotowano wartości śladowe. Zarówno toksyna T-2, jak i HT-2 była obecna w wszystkich poddanych analizie sojach. Dla toksyny T-2 w przedziale od 8,92 µg/kg do 19,79 µg/kg (Bałcyny, Erica) i toksyny HT-2 w przedziale od 12,83 µg/kg do 200,76 µg/kg (Trzcińsk, Adelfia). W żadnej z badanych próbek nie wykazano obecności OTA. ZEN był obecny we wszystkich badanych próbkach w przedziale od 6,79 µg/kg (Bałcyny, Adelfia) do 59,30 µg/kg.

Wytwarzanie przez pleśnie mikotoksyn jest uwarunkowane zdolnościami genetycznymi związanymi ze szczepem i czynnikami środowiskowymi, w tym substratem (gatunek ziarna lub nasion) i jego wartością odżywczą. Produkcja mikotoksyn zależy od czynników fizycznych (temperatura, wilgotność, światło), chemicznych (wartość pH, składniki odżywcze, zawartość tlenu, konserwanty) i biologicznych (mikrobiota konkurencyjna). Każdy grzyb wymaga specjalnych warunków do swojego wzrostu i innych warunków do produkcji toksyn.

Mikroflora grzybowa zmienia się podczas suszenia i przechowywania po zbiorach. Grzyby polne są przystosowane do wzrostu przy wysokiej aktywności wody i giną podczas suszenia i przechowywania, aby zostać zastąpione przez grzyby przechowalnicze zdolne do wzrostu przy niższych zawartościach wody (aktywność wodna). Dla większości zbóż zalecana jest wilgotność przechowywania w zakresie od 10% do 14%, w zależności od rodzaju ziarna i pożądanego okresu przechowywania [Legan, 2000].

Zalecenie Komisji z dnia 17 sierpnia 2006 r. w sprawie obecności deoksyniwalenolu, zearalenonu, ochratoksyny A, T-2 i HT-2 oraz fumonizyn w produktach przeznaczonych do żywienia zwierząt (Commission Recommendation 2006) precyzuje dopuszczalne poziomy sumy Fumonizyny B1 + B2 na 600 µg/kg, ZEN na 2000 µg/kg, a DON na 8000 µg/kg.

Uzyskane w badaniach własnych zawartości mikotoksyn nie należą do wysokich. *Recommendations commission recommendation of 27 March 2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products (Commission Recommendation 2013)* ustaliło dopuszczalny poziom sumy toksyny T-2 i H-T na 500 µg/kg. W świetle tych zaleceń oznaczone poziomy mikotoksy w badanych próbkach soi nie stanowią zagrożenia ani dla ludzi ani dla zwierząt gospodarskich.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania nad ekologicznej uprawą soi na cele paszowe pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1/ Pomimo dosyć dużego zachwaszczenia gleby lekkiej w Trzcińsku i letniej suszy, uzyskano tam dobrą wydajność soi. Dzięki intensywnej pielęgnacji zachwaszczenie plantacji soi w doświadczeniach w Kołodziejewie i w Bałcynach było bardzo niskie, nie wywierając istotnego wpływu na plonowanie nasion;

2/ Dobór odmian miał istotne znaczenie dla wydajności i jakości nasion (zawartość białka i tłuszczu), zarówno na glebie lekkiej jak i na glebach średniozwięzłych;

3/ Na glebie średniozwięzłej w Bałcynach opóźniony termin siewu zmniejszał wydajność niektórych z uprawianych odmian soi;

4/ Nawożenie startowe soi azotem (gnojowica, Bioilsa) nie wykazało wysokiej skuteczności glebie lekkiej w Trzcińsku i średniej w Kołodziejewie, natomiast na glebie średniej w Bałcynach jego efektywność zależała od odmiany i formy nawozu azotowego i była wysoka w przypadku odmian Abaca, Erica i Magnolia (korzystniejszym okazało się nawożenie Bioilsą);

5/ Brodawkowanie soi było bardzo dobre na glebie lekkiej w Trzcińsku, dosyć dobre na glebie suchej średniej w Kołodziejewie, a najslabsze na zimnej i okresowo zbyt wilgotnej glebie średniej w Bałcynach;

6/ W okresie dojrzewania warunki pogodowe w Trzcińsku i Bałcynach sprzyjały rozwojowi pleśni z rodzaju *Fusarium* sp. i syntezie przez nie mikotoksyn, jednak zarówno w w/w lokalizacjach jak i w suchym środowisku Kołodziejewa, nie doszło do znaczącego zanieczyszczenia nasion mikotoksynami.

PIŚMIENNICTWO

Boczar P. 2016. The economic importance of soybean and possibility of expanding its production in Poland. *Probl. World Agric.*, 16: 35–48.

CAST (Council for Agriculture Science and Technology) (2003) *Mycotoxins Risks in Plant, Animal, and Human Systems. Task Force Report 139*, CAST, Ames.

Commission Recommendation 2006/57676/EC of 17 August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding. *Official J Eur Union L 229/7*

Commission recommendations of 27 March 2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products.

D'Mello J.P.F., Placinta C.M., MacDonald A.M.C. 1999. Fusarium mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity, *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 183–205.

Fink-Gremmels J. 1999. Mycotoxins: their implications for human and animal health, *Vet. Q.* 21, 115–120.

Hueza I.M., Raspantini P.C.F., Raspantini L.E.R., Latorre A.O., Górniak S.L. 2014. Zearalenone, an estrogenic mycotoxin, is an immunotoxic compound. *Toxins.* 6:1080-1095.

International Agency for Research on Cancer. 1993. Some Naturally Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. IARC Monogr Eval Carcinogen Risk Hum. IARC, Lyon. Vol. 56

Kuiper-Goodman T. 1995. Mycotoxins: risk assessment and legislation, *Toxicol. Lett.* 82–83, 853–859.

Larsen J.C., Hunt J., Perrin I., Ruckebauer P. 2004. Workshop on trichothecenes with a focus on DON: summary report, *Toxicol. Lett.* 153, 1–22.

Legan J.D. Cereals and cereal products. In: Lund BM, Baird-Parker TC, Gould GW. (eds.) *The microbiological safety and quality of food.* Gaithersburg: Aspen Publishers Inc; 2000. p. 759-783.

Miller A., Roy K.W. 1982. Mycoflora of soybean leaves, pods, and seeds in Mississippi. *Canadian Journal of Botany* 60(12) 2716-2723.

Miller J.D. 1995. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored products research. *J Stored Prod Res.* 31:1-16.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 27 czerwca 2007 r. w sprawie metodyki postępowania analitycznego w zakresie określania zawartości składników pokarmowych i dodatków paszowych w materiałach paszowych, premiksach, mieszankach paszowych i paszach leczniczych.

Sudakin D.L. 2003. Trichothecenes in the environment: Relevance to human health. *Toxicol Lett.* 143:97–107.

Tyburski J., Żakowska-Biemans S. 2007. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. Podręcznik akademicki. Wydawnictwo SGGW, ss. 280.

Tyburski J., Godden B., Pennickx M.J. 2013. Aktywność mikrobiologiczna gleb a ich urodzajność. UWM w Olsztynie, ss. 148

Tyburski J., Sienkiewicz S. (red.) 2013. Chemiczne uwarunkowania żyzności gleby w rolnictwie ekologicznym. UWM w Olsztynie, ss. 174.

Zaworska-Zakrzewska A., Kasproicz-Potocka M, Twarużek M., Kosicki R, Grajewski J., Wiśniewska Z., Rutkowski A. Comparison of the Composition and Contamination of Soybean Cultivated in Europe and Limitation of Raw Soy Seed Content in Weaned Pigs' Diets. *Animals* 2020, 10, 1972; doi:10.3390/ani10111972