



Mariola Staniak
Małgorzata Świątkiewicz

SOJA W UPRAWIE I ŻYWIENIU ZWIERZĄT

Instrukcja upowszechnieniowa
nr 252

Puławy 2024

DOI: 10.26114/iu.iung.2024.08.252

prof. dr hab. Mariola Staniak
prof. dr hab. Małgorzata Świątkiewicz

SOJA W UPRAWIE I ŻYWIENIU ZWIERZĄT

Instrukcja upowszechnieniowa
nr 252

Puławy 2024



Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 814786700
e-mail: iung@iung.pulawy.pl, www.iung.pl
Dyrektor: prof. dr hab. Mariusz Matyka



Instytut Zootechniki
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Sarego 2, 31-047 Kraków
tel.: 123572700, 666081111
e-mail: sekretariat@iz.edu.pl, www.iz.edu.pl
Dyrektor: dr inż. Tomasz Jacek

Opracowanie redakcyjne i techniczne: mgr Ewa Decka-Cywińska
Fotografie na okładce: <https://stock.adobe.com/pl/>; Katarzyna Czopek

e-ISBN 978-83-7562-416-8

DOI: 10.26114/iu.iung.2024.08.252

1. Znaczenie gospodarcze

Soja jest jednym z najcenniejszych gatunków roślin uprawnych na świecie. Jej nasiona zawierają od **33 do 42% białka**, które charakteryzuje się korzystnym składem aminokwasowym i od **18 do 22% tłuszczu**, z którego połowę stanowią nienasycone kwasy tłuszczowe. Są też źródłem wielu innych, cennych związków, takich jak: **błonnik, lecytyna, witaminy, sole mineralne, antyoksydanty**. Nasiona soi stanowią cenny surowiec spożywczy, paszowy oraz przemysłowy.

Soja w prawie 30% pokrywa światowego zapotrzebowania na konsumpcyjny olej roślinny. W Polsce olej sojowy nie jest zbyt popularny, ale na świecie zajmuje drugie miejsce po palmowym, a wyprzedza rzepakowy i słonecznikowy. **Olej z nasion soi** nadaje się do bezpośredniego spożycia, ale także do uszlachetniania innych tłuszczów roślinnych (głównie margaryn). Ponadto, produkuje się z niego lecytynę, wykorzystywaną między innymi jako substancję emulgującą przy wyrobach cukierniczych. Zawartość białka w nasionach soi jest większa niż w popularnych produktach żywnościowych, które są podstawowym źródłem tego składnika, takich jak mięso, ryby, ser, jaja czy ryż. Ponadto, **białko sojowe** charakteryzuje się dużą wartością żywieniową i jest dobrze trawione. Szereg znanych produktów spożywczych opartych jest na przetworzonym białku sojowym, np. mleko sojowe, które jest podstawą do produkcji różnych serów (m. in. tofu). Pełnotłusta mąka sojowa jest wykorzystywana do wyrobów piekarniczych, cukierniczych, sosów i zup, a inne preparaty z soi dodawane są, między innymi, do wędlin i konserw mięsnych. W wielu krajach z nasion soi produkuje się **substytuty mięsa**, ponieważ białko zawiera komplet aminokwasów w proporcjach zbliżonych do białka wzorcowego (jajo kurze), co sprawia, że może być stosowane zamiennie z białkiem pochodzącym z mięsa.

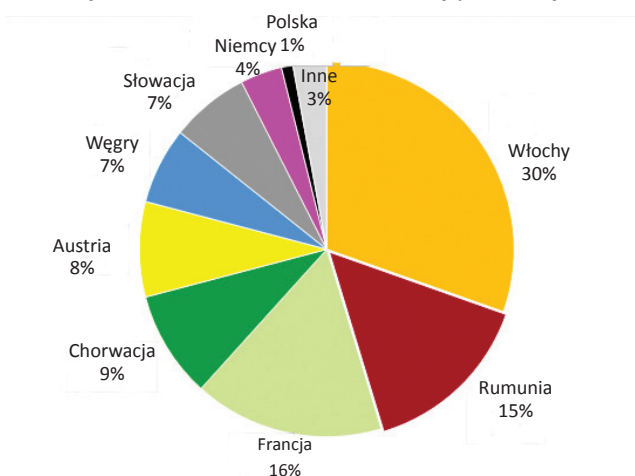
Śruta sojowa, powstała po ekstrakcji oleju, jest **najważniejszym źródłem białka paszowego w żywieniu zwierząt monogastrycznych i przeżuwaczy**. Głównym powodem jej dużej popularności jest unikatowa kompozycja aminokwasów, która uzupełnia skład aminokwasowy pasz zbożowych. Jest to szczególnie ważne w przypadku skarmiania drobiu i trzody chlewnej, gdzie czynnikiem limitującym wzrost i rozwój zwierząt jest niedobór lizyny w niektórych mieszankach paszowych. Białko soi zawiera również dużo argininy, co ma istotne znaczenie w przypadku żywienia drobiu oraz tryptofanu, który jest ważny z punktu widzenia paszowego trzody chlewnej. Nasiona soi dostarczają również witamin, zwłaszcza z grupy B, oraz składników mineralnych, ale podobnie jak inne bobowate zawierają substancje antyżywniowe, takie jak inhibitory tripsyny, dlatego w stanie surowym nie powinny być stosowane jako pasza dla zwierząt.

Soja wykorzystywana jest także w **przemśle farmaceutycznym i chemicznym**, a olej uzyskiwany z nasion tego gatunku stanowi jeden z podstawowych surowców do produkcji biodiesla. Nasiona soi są źródłem bioaktywnych białek i izoflawonów o **właściwościach prozdrowotnych i antyoksydacyjnych** (chronią przed szkodliwym działaniem wolnych rodników). Ponadto, tłuszcz zawarty w nasionach charakteryzuje się wysokim udziałem nienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie kwasu linolowego (omega-6) i linolenowego (omega-3), które są niezbędne dla człowieka i korzystne dla zdrowia, ponieważ obniżają poziom cholesterolu LDL we krwi oraz ograniczają ryzyko

chorób serca. Preparaty zawierające soję stosowane są w zapobieganiu chorobom cywilizacyjnym, jak choroby układu krążenia, otyłość, choroby nowotworowe, zaburzenia funkcji immunologicznych. Znane są także właściwości soi związane z łagodzeniem objawów menopauzy, dzięki obecności fitoestrogenów.

Soja jako gatunek z rodziny bobowatych wiąże azot atmosferyczny dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowymi *Bradyrhizobium japonicum*. W sprzyjających warunkach może związać od 50 do nawet 100 kg N/ha, co pozwala na pokrycie zapotrzebowania na azot w 30-60%. Dzięki temu można znacząco zredukować nawożenie azotem mineralnym, co ma duże znaczenie dla ochrony środowiska przyrodniczego i przynosi korzyści finansowe. Dodatkowo resztki poźniwne **wzbogacają glebę w materię organiczną bogatą w składniki pokarmowe**, zwiększając tym samym plon gatunków uprawianych w następstwie, np. zbóż. Soja może być doskonałym elementem zmianowania, przerywającym następstwo zbóż po sobie. Oprócz tego, że wzbogaca glebę w azot, resztki poźniwne dostarczają też innych składników pokarmowych, a mocny, palowy system korzeniowy poprawia właściwości fizyczne gleby. Badania i praktyka rolnicza pokazują, że pszenica ozima uprawiana po soi plonuje co najmniej 5 dt z ha wyżej niż po innych przedplonach, np. kukurydzy czy buraku cukrowym.

Dzięki swojemu wszechstronnemu wykorzystaniu soja obecnie zajmuje największą powierzchnię zasiewów na świecie spośród roślin bobowatych. **W ciągu ostatnich 20 lat światowa produkcja nasion soi wzrosła ponad 2-krotnie** i w 2021 roku przekroczyła 370 mln ton. Głównymi producentami nasion soi są Brazylia, USA i Argentyna, które zapewniają 82% światowej produkcji soi. Prawie dwukrotnie wzrosła też powierzchnia uprawy soi na świecie i obecnie wynosi niemal 130 mln ha. W Europie soję uprawia się głównie w Rosji i Ukrainie, ale zwiększa się zainteresowanie tym gatunkiem także w krajach UE. **W przeciągu ostatnich 20 lat areał uprawy tego gatunku wzrósł w Europie ponad 5-krotnie** (z 1,0 mln ha w 2001 r. do 5,5 mln w 2021 r.), a w krajach UE, pomimo mało sprzyjających warunków klimatycznych, prawie dwukrotnie i w 2021 r. wynosił niemal milion ha, z produkcją na poziomie 2,7 mln ton. Nadal stanowi to jednak zaledwie 3% światowej produkcji.



Rys. 1. Powierzchnia uprawy soi w krajach UE w 2021 r.

Źródło: M. Staniak na podstawie danych FAOSTAT 2023

Wśród krajów europejskich **Polska jest jednym z największych rynków zbytu dla soi i jej produktów**. Należy do nich głównie poekstrakcyjna śruta sojowa, której import zabezpiecza około 70% krajowych potrzeb na białko paszowe. Postęp w hodowli soi i wzrost liczby nowych odmian przystosowanych do uprawy w warunkach naszego kraju, może przyczynić się do rozpowszechnienia uprawy tego gatunku w Polsce oraz wzrostu opłacalności produkcji zwierzęcej poprzez obniżenie kosztów produkcji. Jednocześnie pozwoli to na większe uniezależnienie się naszego kraju od importowanej, w większości genetycznie modyfikowanej, śruty sojowej.

2. Wymagania siedliskowe

2.1. Wymagania termiczne

Soja pochodzi z Chin (z Mandzurii), gdzie została udomowiona 6000-9000 lat temu. Stamtąd przywędrowała do Korei, a następnie do Japonii. W Ameryce Północnej pojawiła się dopiero w XVIII w., a początki uprawy w Polsce datuje się na koniec XIX wieku (1878 r.).

Soja jest gatunkiem dnia krótkiego, o dużych wymaganiach cieplnych. Fotoperiod i temperatura to jedne z najważniejszych czynników wpływających na wzrost i rozwój, a w konsekwencji na plonowanie soi. W USA uprawa soi skoncentrowana jest pomiędzy 43 a 45° szerokości geograficznej północnej, a Polska położona jest między 49 a 54 równoleżnikiem, co wiąże się z gorszymi warunkami klimatycznymi do uprawy tego gatunku. W warunkach długiego dnia (powyżej 16 godzin na początku kwitnienia) soja przedłuża kwitnienie i opóźnia występowanie kolejnych faz rozwojowych, co wydłuża wegetację i może prowadzić do problemów z osiągnięciem dojrzałości przed nastaniem jesiennych przymrozków lub ze zbyt dużą wilgotnością nasion podczas zbioru.

W trakcie wegetacji średnia temperatura dobową nie powinna być niższa niż 15°C, ponieważ spowalnia to wzrost roślin, zakłóca wytwarzanie nowych liści i pędów oraz ogranicza kwitnienie. U soi występują dwa tzw. **okresy krytyczne**, związane ze szczególną **wrażliwością roślin na niskie temperatury** – okres **wschodów** (BBCH 00-10) i **faza kwitnienia** (BBCH 60-69). Wiosna w Polsce na ogół jest stosunkowo chłodna, co ma duże znaczenie z punktu widzenia wymagań ciepłolubnej soi, bo siew powinien być przeprowadzony dopiero wtedy, gdy gleba zostanie ogrzana do temperatury co najmniej 8°C. Niska temperatura gleby, zwłaszcza przy dużej jej wilgotności, przedłuża okres kielkowania i zwiększa presję patogenów porażających nasiona, dlatego część z nich obumiera, zwłaszcza te, które są uszkodzone i w konsekwencji wschody mogą być przerzedzone. Z drugiej strony, zbyt długie opóźnianie siewu w oczekiwaniu na wyższe temperatury też nie jest korzystne, ze względu na długi okres wegetacji soi (130-145 dni) i zagrożenie związane z późnym dojrzewaniem roślin i zbiorem przed jesiennymi przymrozkami, zwłaszcza odmian późniejszych.

Nasiona soi mogą kielkować w temperaturze od 5 do 40°C, ale optymalne warunki są przy temperaturze powietrza 10-15°C. Badania przeprowadzone w IUNG w Puławach wykazały, że niskie temperatury w nocy po wysiewie (6°C), trwające ponad tydzień, zahamowały wschody roślin, ale po wzroście temperatury do 15°C znacząco je przyspieszyły, a wschody były mniejsze tylko o 5% (średnia dla 14 odmian); (Fot. 1).



Fot. 1. Dwutygodniowe siewki soi po wschodach w temperaturze 15°C (po lewej) i po 9 dniowym stresie chłodu w temperaturze 6°C (po prawej) (zdj. M. Staniak)

Trzeba jednak zaznaczyć, że zastosowano zdrowy, kwalifikowany materiał siewny, zaprawiony przeciwko chorobom grzybowym i zaszczepiony nitraginą. Oznacza to, że kilkudniowe, niewielkie spadki temperatury nie wpływają negatywnie na kiełkowanie nasion. W badaniach nie zaobserwowano także niekorzystnego wpływu wiosennego przechłodzenia nasion na plonowanie soi. Po kilkudniowych spadkach temperatury różnice w plonach nie były widoczne, natomiast dłuższy stres (9 dni) korzystnie wpłynął na wigor roślin i u 13 z 16 badanych odmian przyczynił się do wzrostu plonu. Także badania amerykańskich naukowców pokazują, że wcześniejszy siew soi (w niższej temperaturze) przyczynił się do wykształcania większej liczby strąków i nasion, a w konsekwencji większego plonu nasion, w porównaniu z opóźnionym siewem. To wskazuje, że w korzystnych warunkach polowych (ciepła wiosna, optymalne opady) i przy poprawnej agrotechnice (m.in. właściwa odmiana, zdrowy materiał siewny, zaprawione i zaszczepione nasiona, dobrze przygotowane stanowisko) wcześniejszy siew soi może korzystnie wpływać na plon nasion. Powinna to być jednak ostrożna praktyka, zwłaszcza w chłodniejszych rejonach, ponieważ można narazić soję na wiosenne przymrozki, a wtedy konieczne może być przesiewanie. Soja wykazuje znaczną **tolerancję na wiosenne przymrozki** (wytrzymuje od -2°C do nawet -6°C), ale w dużej mierze zależy to od stopnia rozwoju siewki. Im bardziej zaawansowana faza tym większa wrażliwość na mróz (Tabela 1).

Tabela 1. Procent przeżycia siewek w zależności od temperatury i fazy rozwoju siewki

Temperatura (°C)	Łuk hipokotylowy (ok. 1 tydzień po siewie) BBCH 08	W pełni rozwinięte liście (ok. 2 tygodnie po siewie) BBCH 10	Pierwszy liść trójdzielnny (ok. 3 tygodnie po siewie) BBCH 11	Drugi liść trójdzielnny (ok. 4 tygodnie po siewie) BBCH 12
- 2	100	94	94	87
- 4	81	56	63	44
- 6	75	19	0	13
- 8	0	0	0	0

Źródło: Badaruddin i Meyer, 2001

Drugim okresem krytycznym związanym ze szczególną wrażliwością soi na niskie temperatury jest **faza kwitnienia**. Badania pokazują, że przebieg temperatury w okresie tworzenia kwiatostanów mocno wpływa na liczbę kwiatów i zawiązanych strąków na roślinie. W czasie kwitnienia za minimalną uznaje się temperaturę około 17-18°C, zaś za optymalną około 24-25°C. Spadki temperatury przed kwitnieniem (poniżej 15°C) powodują spowolnienie wzrostu roślin oraz zahamowanie wytwarzania nowych liści, a spadek poniżej 10°C może nawet spowodować, że rośliny nie wejdą w fazę kwitnienia. Niska temperatura w fazie generatywnej może powodować zniekształcenia strąków lub wykształcanie strąków pozbawionych nasion, zwykle w szczytowej części łodygi, co wywołane jest nieotwieraniem się kwiatów podczas chłodnej pogody i brakiem zapylenia. **Mniejsze wymagania cieplne soja wykazuje w okresie dojrzewania**, gdzie za minimum przyjmuje się granicę 8-14°C, zaś optimum – 14-19°C. Soja, jako roślina ciepłolubna, korzystnie reaguje natomiast na wysokie temperatury w ciągu okresu wegetacyjnego, ale tylko do wysokości 35-38°C. Wyższe temperatury w fazie kwitnienia również są niekorzystne i mogą skutkować zmniejszeniem liczby i masy nasion z rośliny, a w konsekwencji ograniczają plonowanie.

Temperatura wpływa także na jakość plonu, a zwłaszcza na gromadzenie podstawowych składników odżywczych. Przy wyższych średnich temperaturach nasiona soi gromadzą więcej białka, podobnie jak przy niższych opadach. Odwrotne zależności występują w przypadku tłuszczu. Niższa temperatura i większa ilość wody sprzyjają gromadzeniu tego składnika.

2.2. Potrzeby wodne

Soja ma umiarkowane wymagania wodne i lepiej znosi okresy posuszne w porównaniu do krajowych gatunków roślin strączkowych, takich jak bobik czy groch, co objawia się mniejszą redukcją plonu. Dużą rolę odgrywają genetyczne przystosowania soi do przetrwania niekorzystnych warunków, między innymi owłosienie na liściach, łodygach i strąkach (Fot. 2), które ogranicza nadmierną transpirację oraz dobrze rozwinięty, palowy system korzeniowy, umożliwiający pobieranie wody i składników pokarmowych z głębszych warstw gleby. Dodatkowo u soi możemy zaobserwować zjawisko heliotropizmu, które polega na zdolności roślin do ustawienia blaszek liściowych równoległe do padających promieni słonecznych w czasie dużego nasłonecznienia. Dzięki temu roślina mniej się nagrzewa oraz ogranicza intensywność transpiracji, aby w jak najlepszym stanie przetrwać okresowe niedobory wody.



Fot. 2. Owłosienie na organach soi ogranicza nadmierną transpirację (zdj. K. Czopek)



Fot. 3. Soja w fazie kwitnienia (zdj. K. Czopek)

W warunkach długotrwałej suszy natomiast soja mocno reaguje na brak wody, podobnie jak inne rośliny uprawne, zwłaszcza na glebach lekkich, o niskiej pojemności wodnej.

Ograniczenie produktywności soi na skutek deficytu wody zależy od fazy fenologicznej, czasu trwania i nasilenia stresu. W uprawie soi można wyróżnić **okresy krytyczne** związane ze zwiększonym zapotrzebowaniem na wilgoć. Pierwszym z nich jest **kiełkowanie nasion**, które zachodzi przy dostępności wody w glebie na poziomie około **1-2,5 mm/dzień**. W czasie kiełkowania nasiona pobierają wodę i w ten sposób zwiększają swoją masę (woda stanowi około 120% masy nasion). Następnie rozwijają się liścienie, które rozpoczynają proces fotosyntezy. Rezerwy składników pokarmowych w nasieniu i fotosynteza liścieni wystarczają na około 7-10 dni wegetacji. W tym czasie liścienie tracą około 70% swojej masy. Po tym czasie następuje **faza wzrostu wegetatywnego**. W zależności od temperatury, promieniowania słonecznego oraz dostępności wody i składników pokarmowych następuje gromadzenie biomasy i wzrost roślin. Zapotrzebowanie soi na wodę w tym okresie wynosi około **2,5-5 mm/dobę**. Czas trwania fazy wzrostu wegetatywnego zależy od grupy dojrzałości odmian. Później dojrzewające odmiany wykazują większą produkcję biomasy niż odmiany wcześniejsze, ze względu na ich dłuższy okres wegetacji. Susza w okresie wzrostu wegetatywnego może powodować skrócenie todyg, co przekłada się na mniejszą liczbę wytwarzanych kwiatów i strąków. Ponadto, stopień uwilgotnienia gleby w tym okresie wpływa na wysokość osadzenia pierwszych strąków. Im więcej wilgoci, tym wyżej osadzone dolne strąki.

Pojawienie się pierwszych kwiatów wyznacza początek **fazy generatywnej** (Fot. 3). Faza kwitnienia u soi trwa stosunkowo długo, około 20-40 dni, ale ponad 70% kwiatów formuje się w ciągu pierwszych 2 tygodni. W tym okresie bardzo intensywnie wzrasta

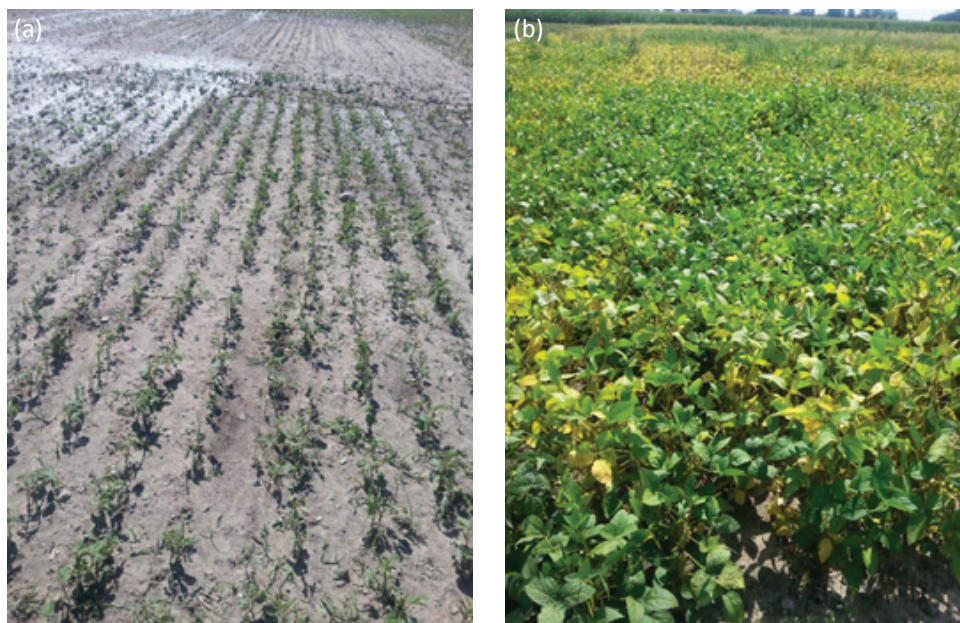
też korzeń oraz tworzą się pędy boczne. W **fazie kwitnienia i zawiązywania strąków** zapotrzebowanie na wodę wzrasta i wynosi około **5-6 mm/dobę**. Niedobór wody w tym okresie powoduje odrzucanie kwiatów i młodych strąków, ale proces kwitnienia trwa stosunkowo długo i jeśli warunki wilgotnościowe się poprawią, roślina może to zrekompensować poprzez tworzenie nowych kwiatów i zawiązywanie strąków w szczytowej części łodygi. Liczba nasion w strąkach i liczba strąków ściśle zależą od tempa fotosyntezy w tym okresie oraz czynników, które ją warunkują, czyli dostępności wody, światła i CO₂. W naszych warunkach klimatycznych strąki zawierają od 1 do 3 nasion, ale w najlepszych stanowiskach i przy korzystnym rozkładzie opadów mogą wykształcić nawet 4 nasiona.

W **fazie wypełniania strąków** wzrost korzenia i pędu zwalnia. Korzeń jest w pełni rozwinięty i rośliny osiągają maksymalną wysokość, liczbę węzłów i powierzchnię liści. Faza ta trwa zwykle 30-40 dni, co stanowi niespełna 40% całkowitego cyklu wzrostu roślin. Oprócz bieżących produktów fotosyntezy, do nasion przemieszczane są także zmagazynowane wcześniej węglowodany, które stanowią około 15% masy nasion. Zapotrzebowanie na wodę na tym etapie rozwoju roślin jest największe i wynosi około **5-8 mm/dobę**. Niedobór wody w tym okresie bezpośrednio wpływa na plon, bo ogranicza masę nasion i przyczynia się do ich wcześniejszego dojrzewania, co w konsekwencji zmniejsza wydajność. Ponadto, niedostateczne zaopatrzenie w wodę skraca fazę wypełniania strąków poprzez przyspieszenie opadania liści, co jest procesem nieodwracalnym, nawet jeśli w późniejszym okresie dostępność wody będzie wystarczająca. Badania wskazują, że strata plonu nasion spowodowana suszą w tym okresie może wynieść od 15 do nawet 50%, w zależności od długości i nasilenia stresu oraz temperatury powietrza.

Faza **dojrzewania strąków** rozpoczyna proces tworzenia plonu. W tym okresie potrzeby wodne soi są mniejsze i wynoszą **1-3 mm/dobę**, przy czym im więcej wody, tym dłużej soja dojrzewa. Ponadto, mokre lato może sprzyjać wyleganiu soi, co utrudnia zbiór i powoduje straty. Z kolei niedobór wody w miesiącach letnich może powodować pęknięcie dolnych strąków i osypywanie się nasion, zwłaszcza u odmian bardzo wczesnych, co również generuje straty plonu. Dlatego zbioru nie należy opóźniać bez wyraźniej przyczyny.

Poziom uwilgotnienia gleby wpływa na skład chemiczny nasion. W latach chłodnych i wilgotnych zebrane nasiona na ogół charakteryzują się mniejszą zawartością białka ogólnego i większą tłuszczu surowego, w porównaniu do lat o cieplejszym i bardziej suchym przebiegu, chociaż nie wszystkie badania to jednoznacznie potwierdzają. Może to świadczyć o bardziej złożonym wpływie różnych czynników na jakość nasion.

Obserwacje pokazują, że soja dobrze znosi niekorzystne warunki pogodowe, takie jak kilkudniowe podtopienia po gwałtownych deszczach czy opady gradu. Wykazuje przy tym **duże zdolności regeneracyjne**. Obserwacje prowadzone na polu Rolniczego Zakładu Doświadczalnego IUNG-PIB w Grabowie (woj. mazowieckie) wykazały, że soja uszkodzona po gradobicie we wczesnej fazie wegetatywnej dość dobrze zregenerowała się i szybko zaczęła wypuszczać nowe pędy i liście (Fot. 4). Podobną reakcję zaobserwowano także na innych polach po gradobicie w fazie kwitnienia. Wówczas rośliny częściowo zregenerowały ubytki.



Fot. 4. Soja po gradobiciu 24.05.2018 r. (a) i stan plantacji 17.08.2018 r. (b)
 – Rolniczy Zakład Doświadczalny w Grabowie
 (zdj. M. Staniak)

2. 3. Wymagania glebowe i przedplonowe

W zmianowaniu soja najczęściej uprawiana jest po roślinach zbożowych, które pozostawiają pole wolne od chwastów. Soja jest mało konkurencyjna w stosunku do chwastów, zwłaszcza we wczesnych fazach rozwojowych, dlatego wybór stanowiska o niskim potencjale zachwaszczenia ma duże znaczenie. Poza tym zboża pozostawiają w glebie mniej azotu, co z punktu widzenia soi jest korzystne, ponieważ nadmiar tego pierwiastka może prowadzić do słabszego zawiązywania brodawek korzeniowych oraz do wylegania roślin. Z tego też względu soję można uprawiać dopiero w trzecim roku po nawożeniu obornikiem na glebach cięższych lub w drugim roku – na glebach słabszych. Przedplonem dla soi może być także kukurydza uprawiana na ziarno, ale należy uważać na herbicydy, którymi była odchwaszczana, ponieważ siewki są wrażliwe na pozostałości niektórych substancji czynnych (między innymi mezotrion i tienkarbazon metylu). Z tego samego powodu należy unikać uprawy soi po rzepaku i zbożach, w których stosowano herbicydy zawierające aminopyralid. Niekorzystne jest także stanowisko po innych bobowatych, ze względu na dużą zawartość azotu w glebie, ale także zwiększone ryzyko porażenia przez patogeny związane z tą grupą roślin.

Soja udaje się na różnych glebach, ale powinny być one **żyźne, w dobrej kulturze, przewiewne, szybko nagrzewające się i o uregulowanych stosunkach wodnych**. Można ją uprawiać na glebach kompleksów: pszennym bardzo dobrym, pszennym dobrym, pszennym wadliwym oraz żytnim bardzo dobrym, klasy od I do IVa (klasy IIIb-IVa pod warunkiem uregulowanego odczynu gleby i odpowiednich zasobów wody w glebie). Pod uprawę soi nieprzydatne są gleby mocno zwięzłe, zlewne, podmokłe, zimne, przejawiające tendencje do zaskorupiania się. Na takich stanowiskach mogą

wystąpić problemy z kiełkowaniem nasion i wschodami roślin, zwłaszcza po obfitych, gwałtownych opadach i dużym usłonecznieniem w kolejnych dniach. Nie wskazane są również gleby piaszczyste, podatne na nadmierne przesuszenie i zakwaszone. **Soja ma duże wymagania odnośnie odczynu gleby.** Optymalne pH mieści się w granicach **6,0-7,2**. W glebach zakwaszonych zaburzony jest proces symbiozy z bakteriami brodawkowymi, nie tworzą się prawidłowe brodawki korzeniowe i ograniczony jest proces biologicznego wiązania azotu atmosferycznego (Tabela 2). Najbardziej efektywne wiązanie azotu zachodzi, gdy brodawki są duże i czerwone w przekroju. Ponadto, w kwaśnych glebach ograniczone jest pobieranie składników pokarmowych przez rośliny oraz występuje nadmierna koncentracja jonów glinu i manganu, które są toksyczne dla bakterii brodawkowych, a rośliny odczuwają deficyt wapnia, fosforu i molibdenu.

Tabela 2. Wpływ pH gleby na liczbę i aktywność brodawek korzeniowych w zależności od odczynu gleby

pH gleby						
4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Brak nodulacji na korzeniach	Połowa roślin posiada małe brodawki	Większość roślin ma małe i czerwone brodawki	Wszystkie rośliny mają brodawki, w tym 50% duże	Wszystkie rośliny mają duże i czerwone brodawki	Wszystkie rośliny mają duże i czerwone brodawki	Wszystkie rośliny mają duże i czerwone brodawki

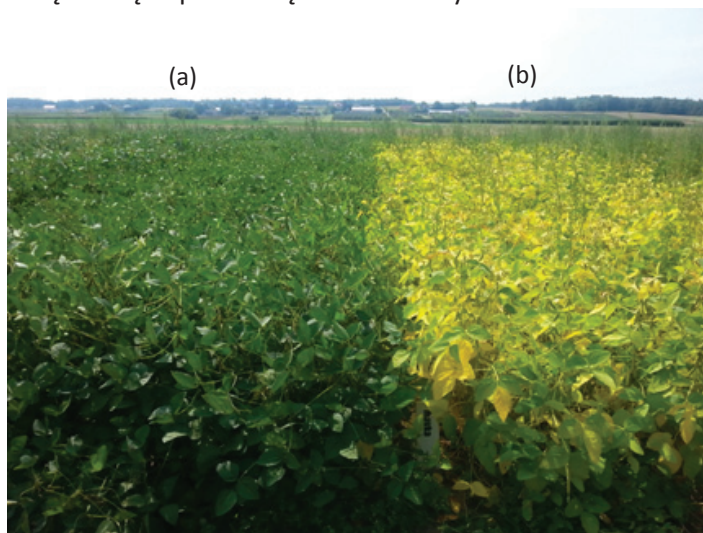
Źródło: Strażyński P. (red.), *Atlas strączkowe – chwasty, choroby, szkodniki, niedobory*; 2023

Soja pozostawia stanowisko wzbogacone w azot w ilości 40-80 kg/ha, w zależności od tego jak udana była plantacja. Gleba po soi jest zdrenowana i rozluźniona, a stanowisko mniej zachwaszczone i porażone przez patogeny grzybowe. Korzystna jest zwłaszcza uprawa soi przerywająca następstwo roślin zbożowych i kukurydzy po sobie. Ponadto, nawet w warunkach niedoboru wody w glebie, stanowisko po soi jest bardziej zasobne w wilgoć, w porównaniu do stanowiska po kukurydzy, buraku cukrowym czy rzepaku, które bardziej wyczerpują wodę z gleby. Soja jest bardzo dobrym przedplonem dla pszenicy ozimej, która na takim stanowisku daje plon o kilka dt z ha większy niż po kukurydzy i buraku cukrowym (w Top Farms Głębocze było to około 5 dt/ha).

3. Dobór i charakterystyka odmian

Ważnym czynnikiem produkcji, który poprawia wartość technologiczno-użytkową roślin jest **postęp biologiczny**. Nowe odmiany są bardziej plenne, mają lepsze cechy jakościowe, co korzystnie wpływa na wielkość i jakość produkcji roślinnej. Często są też lepiej przystosowane do zmian w środowisku naturalnym i bardziej odporne na stresy środowiskowe. W przypadku soi główne **prace hodowlane skupiają się na tworzeniu odmian o względnie krótkim okresie wegetacji (nie przekraczającym 140 dni)**, które mogą być uprawiane w całym kraju. Ważna jest także poprawa takich cech użytkowych, jak: **pleność, zawartość białka w nasionach, wysokość osadzenia pierwszego strąka oraz pęknięcie strąków podczas zbioru**.

Zróznicowanie warunków klimatycznych w Polsce, związane z różną długością okresu wegetacyjnego (różnica pomiędzy Polską południowo-zachodnią i północno-wschodnią sięga 30-40 dni) sprawia, że **właściwe dopasowanie odmian do rejonu uprawy ma kluczowe znaczenie** (Rys. 2). W warunkach Polski południowo-zachodniej wcześniej następują dobre warunki pogodowe wiosną, które pozwalają na siew soi. Dzięki temu wegetacja wydłuża się i przy korzystnym przebiegu pogody odmiany o różnej wczesności dojrzewają w przybliżonym terminie. Dlatego przy doborze odmian w tym regionie rolnicy mogą kierować się przede wszystkim potencjałem plonowania, a nie wczesnością. Biorąc pod uwagę, że w miarę wydłużania okresu wegetacji plony soi wzrastają średnio o 30 kg/ha dziennie, uprawa odmian późniejszych w tym regionie jest zasadna. Z kolei uprawa takich odmian w północnej czy północno-wschodniej części Polski może być ryzykowna, ze względu na krótszy okres wegetacji i problemy z osiągnięciem technicznej dojrzałości roślin do zbioru (Fot. 5). W tym regionie powinny być zatem uprawiane odmiany wczesne i bardzo wczesne, które gwarantują dojrzewanie w terminie wrzesniowym i na ogół nie wymagają dosuszania nasion. Z kolei w środkowym pasie Polski najlepiej sprawdzają się odmiany średniowczesne i średniopóźne. W tych regionach, poza długością okresu wegetacji, o wielkości plonu nasion soi w dużym stopniu decydują warunki wilgotnościowe, ponieważ w tej części kraju często notuje się okresowe niedobory wody związane z niskimi i nieregularnymi opadami. Dobór odmiany powinien więc uwzględniać także cechę związaną ze zwiększoną odpornością na stres suszy.



Fot. 5. Porównanie odmian różniących się długością okresu wegetacji; (a) – odmiana późna, (b) – wczesna. (zdj. M. Staniak)

Aktualnie (2024 r.) w Krajowym Rejestrze (KR) znajdują się 42 odmiany soi, ale w Polsce mogą być uprawiane także odmiany wpisane do Wspólnotowego Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA), w którym jest ponad 560 odmian, co świadczy o dużym postępie hodowlanym tego gatunku w Europie. Są one bardzo zróżnicowane pod względem długości okresu wegetacyjnego, poziomu plonowania oraz innych cech użytkowych. Uprawa w Polsce odmian pochodzących z innych

krajów, zwłaszcza cieplejszych, niesie ze sobą pewne ryzyko, ponieważ przeniesione w nasze warunki klimatyczne mogą zmieniać przebieg faz rozwojowych, w tym związanych z kwitnieniem i zawiązywaniem strąków. Jest to także związane z reakcją na długość dnia. Odmiany wyhodowane w cieplejszych krajach (południowych) zazwyczaj mocniej reagują na krótsze dni niż odmiany przystosowane do regionów chłodniejszych (północnych), dlatego genotypy pochodzące z południa mogą kwitnąć zbyt późno w rejonach północnych, a północne zbyt wcześnie na południu. Z tego względu, termin dojrzewania niektórych zagranicznych odmian uprawianych w Polsce i przynależność do danej grupy wczesności mogą różnić się od podawanych przez hodowcę, w porównaniu do krajowych odmian bądź odmian wyhodowanych w podobnych warunkach klimatycznych, należących do tej samej grupy.



Rys. 2. Podział Polski na makroregiony i dobór odmian związany z długością okresu wegetacji

PN – województwa północne, CN – województwa pasa środkowego kraju, PD – województwa południowe

Odmiany oferowane przez przedstawicieli zagranicznych firm hodowlanych powinny być przetestowane w polskich warunkach klimatycznych pod względem długości okresu wegetacyjnego, ponieważ może on różnić się w Polsce i w kraju hodowcy skąd pochodzą nasiona.

Odmiany soi kwalifikowane są do grup wczesności na podstawie długości okresu wegetacji (od wysiewu do osiągnięcia dojrzałości żniwnej).

W 2023 r. w COBORU wprowadzono 9-stopniową skalę klasyfikacji wczesności odmian:

- 1 – bardzo wczesne,**
- 1-2 i 2 – bardzo wczesne do wczesnych,**
- 2-3 i 3 – wczesne,**
- 3-4 i 4 – wczesne do średnio wczesnych,**
- 4-5 i 5 – średnio wczesne,**
- 5-6 i 6 – średnio wczesne do późnych,**
- 6-7 i 7 – późne,**
- 7- 8 i 8 – późne do bardzo późnych,**
- 8-9 i 9 – bardzo późne.**

Badania odmian soi pochodzących z KR oraz CCA w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) prowadzone są przez COBORU od szeregu lat, w kilkudziesięciu punktach badawczych rozlokowanych w całym kraju, a wyniki corocznie prezentowane są na stronie internetowej COBORU (<https://coboru.gov.pl/pl/publikacje>). Wysokość uzyskiwanych plonów soi zależy od odmiany, warunków pogodowych oraz zastosowanej agrotechniki. Porównując dane COBORU z różnych lat można wnioskować w jakim stopniu przebieg pogody wpłynął na termin dojrzewania i plon danej odmiany.

Wyniki przedstawione w Tabeli 3 wskazują, że odmiany bardzo wczesne i wczesne w latach 2021-2023 plonowały na poziomie średnio 30,6 dt/ha. Spośród nich cztery: Adessa, Lajma, Marzena i Vinieta PZO wykazały się większą wydajnością w porównaniu do średniej, zarówno w wieloleciu 2021-2023, jak również w poszczególnych makroregionach Polski (PN, CN, PD). Średni plon nasion odmian średnio wczesnych i średnio późnych wynosił 35,9 dt/ha (Tabela 4). W tej grupie szczególnie wyróżniały się odmiany Adelfia, Arnold i Amiata, które plonowały wyżej o około 10% w porównaniu do średniej z lat 2021-2023. Odmiany te charakteryzowały się także najwyższym plonem nasion i białka w makroregionie środkowego (CN) oraz południowego (PD) pasa Polski. Z kolei w grupie odmian późnych i bardzo późnych na wyróżnienie zasługują: Acardia, Achillea i Sahara, które w wieloleciu plonowały wyżej o 5-10% w porównaniu do średniej, która wynosiła 36,5 dt/ha (Tabela 5). Odmiany późniejsze naj słabiej plonowały w północnym makroregionie Polski (średnio 23,3 t/ha), przy czym niektóre odmiany nie dojrzały we wszystkich punktach badawczych (np. Pompei). Z kolei najwyższy plon ta grupa odmian dała w południowym makroregionie Polski (średnio 39,1 dt/ha), przy czym 7 z 13 badanych odmian plonowało na poziomie 40 i więcej dt ha⁻¹.

Tabela 3. Plon nasion i białka bardzo wczesnych i wczesnych odmian soi na podstawie doświadczeń PDO COBORU (lata 2021-2023)

Odmiana	Rok wpisu do KR/CCA	Wczesność	Plon nasion (dt/ha)							Plon białka (kg/ha)
			wielolecie 2021-2023	2021	2022	2023	w rejonach* w latach 2021-2022			
							PN	CN	PD	
Adessa	2019	2-3	32,6	34,1	29,8	33,9	26,1	32,2	34,9	914
Antaria	2023	2	30,2	30,2	28,5	32,0	25,0	30,5	30,6	920
Antigua	2019	3	29,6	32,8	26,3	-	24,7	29,5	32,4	993
Ambella	CCA	1	27,4	28,4	26,4	27,5	23,9	26,8	29,8	852
Erica	2017	2	28,6	30,2	26,5	29,1	24,7	28,1	30,6	923
Lajma	CCA	2	31,7	32,3	29,7	33,0	27,2	30,5	33,5	894
Marzena	2020	2-3	31,5	30,9	30,3	33,3	25,6	31,5	32,4	932
Mayrika	CCA	3	29,1	30,7	27,5	-	25,3	28,5	32,0	904
Vinieta PZO	2023	3	33,2	33,9	30,3	35,5	29,6	32,5	32,8	987
Średnio			30,6	31,5	28,4	32,0	25,8	30,0	32,1	924

*rejon: PN – województwa północne, CN – województwa pasa środkowego kraju, PD – województwa południowe

Tabela 4. Plon nasion i białka średnio wczesnych i średnio późnych odmian soi na podstawie doświadczeń PDO COBORU (lata 2021-2023)

Odmiana	Rok wpisu do KR/CCA	Wczesność	Plon nasion (dt/ha)							Plon białka (kg/ha)
			wielolecie 2021-2023	2021	2022	2023	w rejonach* w latach 2021-2022			
							PN	CN	PD	
Abaca	2021	4	37,7	39,6	34,1	39,4	31,2	36,3	40,8	1120
Abelina	2016	4	34,6	35,3	32,3	36,2	27,7	34,6	36,4	1069
Acassa	2023	4	37,4	34,7	36,5	41,0	27,7	37,3	38,2	1069
Adelfia	2022	6	39,8	42,1	34,8	42,6	28,0	40,0	42,6	1216
Amiata	CCA	6	39,2	40,0	36,1	41,4	26,6	40,0	41,5	1223
Arnold	2023	5	39,7	40,4	36,4	42,2	31,5	37,6	42,6	1205
Asterix	2022	5	37,3	36,9	34,3	40,6	27,4	35,9	39,3	1144
Aurelina	2019	6	36,4	36,5	32,4	40,2	25,3	35,6	37,9	1138
Ceres PZO	2021	5	32,7	28,9	33,3	35,8	28,0	36,6	39,7	1158
ES Comandor	2018	6	36,1	37,0	33,0	38,2	27,2	36,6	37,5	1142
Karok	2021	5	34,8	35,0	31,7	37,8	27,7	33,6	36,0	1092
Magnolia PZO	2021	3-4	35,3	36,2	30,7	39,0	25,8	33,9	36,8	1098
Moravians	CCA	6	35,0	35,2	31,6	38,2	24,5	33,9	37,5	1077
Nessie PZO	CCA	5	36,5	36,1	34,0	39,4	25,8	36,3	38,6	1126
Obelix	CCA	5	35,3	36,4	31,6	37,8	26,6	34,6	37,1	1088
Pamela	2022	3-4	34,2	37,1	31,3	-	26,9	34,9	37,5	1065
RGT Sigma	CCA	5	33,9	35,1	32,6	-	26,6	34,9	36,0	1075
RGT Stepa	CCA	5	35,0	36,0	31,3	37,8	27,4	34,2	36,0	1107
Sirelia	CCA	5	36,3	34,8	33,9	40,2	27,7	34,9	37,1	1065
Sussex	CCA	4-5	36,0	36,0	33,5	38,6	26,6	36,3	37,1	1139

Odmiana	Rok wpisu do KR/CCA	Wczesność	Plon nasion (dt/ha)							Plon białka (kg/ha)
			wielolecie 2021-2023	2021	2022	2023	w rejonach* w latach 2021-2022			
							PN	CN	PD	
Wojtek	2022	4-5	34,9	33,5	32,7	38,6	22,6	34,2	37,9	1082
Viola	2018	6	34,7	32,4	32,6	39,0	23,7	33,6	35,7	1066
Viscount	CCA	3-4	27,4	28,8	26,0	-	23,7	27,1	29,5	900
Średnio			35,9	35,8	32,5	39,4	26,8	35,3	37,8	1107

*rejon: PN województwa północne, CN województwa pasa środkowego kraju, PD województwa południowe

Tabela 5. Plon nasion i białka późnych i bardzo późnych odmian soi na podstawie doświadczeń PDO COBORU (lata 2021-2023)

Odmiana	Rok wpisu do KR/CCA	Wczesność	Plon nasion (dt ha ⁻¹)							Plon białka (kg/ha)
			wielolecie 2021-2023	2021	2022	2023	w rejonach* w latach 2021-2022			
							PN	CN	PD	
Acardia	CCA	6-7	40,1	40,0	37,5	42,9	29,9	40,0	41,9	1115
Achillea	CCA	7	38,5	38,9	34,1	42,5	23,1	39,3	39,7	1170
Albiensis	CCA	7	36,2	38,3	34,1	-	24,7	38,0	40,0	1135
ES Chancellor	2021	7-8	33,3	35,0	31,5	-	22,9	32,2	40,0	1056
ES Governor	2020	6-7	37,1	37,5	33,8	40,1	25,0	37,6	38,2	1131
Favorit	CCA	6-7	34,0	35,4	29,8	36,9	23,7	33,9	35,7	1051
Kofu	CCA	7-8	37,3	36,2	33,7	42,1	22,9	35,9	40,4	1067
Orpheus	2020	7	34,4	35,0	30,4	37,7	23,1	33,6	36,8	1072
Petrina	2017	7	33,4	34,8	31,9	-	23,7	34,6	37,1	983
Pompei	CCA	9	32,9	29,1	29,4	40,1	8,9	29,2	40,0	880
Sahara	CCA	7	38,4	39,7	35,7	39,7	27,4	40,0	40,0	1204
Sully	2021	6-7	35,9	36,2	32,3	39,3	24,5	35,9	37,5	1148
Tertia	CCA	8	37,4	35,6	32,8	43,7	22,9	33,2	41,5	1108
Średnio			36,5	36,3	32,8	40,5	23,3	35,6	39,1	1086

*rejon: PN województwa północne, CN województwa pasa środkowego kraju, PD województwa południowe

Przyjęty dla soi system badań w ramach PDO pozwala na testowanie dużej liczby odmian, zarówno z KR jak i z CCA, co wynika z konieczności sprawdzania odmian oferowanych przez zagraniczne firmy nasienne. Polska hodowla twórcza jest mocno ograniczona, a liczba oferowanych odmian jest bardzo mała, więc zarówno w badaniach urzędowych, jak i w doświadczeniach PDO uczestniczą głównie odmiany zagraniczne. W Tabelach 6-8 przedstawione są najważniejsze cechy rolniczo-użytkowe odmian soi scharakteryzowane na podstawie badań PDO przeprowadzonych w latach 2020-2022.

Tabela 6. Cechy rolniczo-użytkowe wybranych bardzo wczesnych i wczesnych odmian soi (lata badań 2020-2022)

Odmian	Długość wegetacji [dni]	Wysokość Roślin [cm]	Wysokość osadzenia najniższych strąków [cm]	Wyleganie [skala 9°]	Równomierność dojrzewania [skala 9°]	Masa 1000 nasion [g]	Zawartość białka ogólnego [% sm]	Zawartość tłuszczu surowego [% sm]
Adessa	136	84	10,1	8,1	8,1	182	36,5	23,2
Antigua	138	88	10,3	8,3	7,9	197	36,8	22,1
Mayrika	137	95	12,8	6,9	7,8	162	36,5	22,2
Erica	134	85	10,7	7,5	8,1	179	37,8	21,8
Ambella	131	77	9,3	8,1	8,4	184	35,7	23,9
Vineta PZO	137	91	11,1	7,8	8,1	164	36,7	23,0
Lajma	134	82	10,0	7,8	8,0	170	34,3	24,0
Marzena	135	89	10,4	8,1	7,9	175	36,2	22,2
Antaria	133	89	10,3	7,5	8,1	191	37,3	22,4

Źródło: COBORU 2023

Tabela 7. Cechy rolniczo-użytkowe wybranych średnio wczesnych i średnio późnych odmian soi (lata badań 2020-2022)

Odmiana	Długość wegetacji [dni]	Wysokość Roślin [cm]	Wysokość osadzenia najniższych strąków [cm]	Wyleganie [skala 9°]	Równomierność dojrzewania [skala 9°]	Masa 1000 nasion [g]	Zawartość białka ogólnego [% sm]	Zawartość tłuszczu surowego [% sm]
Adelfia	150	80	11,3	7,9	7,7	191	37,3	22,3
Amiata	148	89	13,2	7,9	7,7	193	37,6	21,7
Abaca	140	87	11,9	7,9	7,8	196	36,2	22,7
Ceres PZO	146	93	12,2	8,0	7,9	213	37,4	22,5
Asterix	143	90	11,6	8,0	7,8	181	37,9	21,8
Nessie PZO	145	92	12,3	7,3	7,9	181	37,6	22,0
ES Comandor	147	90	12,6	7,5	8,0	198	38,3	21,3
Obelix	144	90	11,8	7,5	7,9	222	36,9	22,7
Sirella	145	90	11,6	7,5	7,9	196	36,3	23,2
Aurelina	148	89	12,9	8,1	7,9	201	39,1	21,9
Pamela	139	85	11,8	8,0	8,0	206	36,6	21,6
Magnolia PZO	138	86	12,2	7,9	7,9	177	37,9	22,2
Abelina	141	98	12,9	7,0	7,9	176	37,2	23,2
Wojtek	144	95	12,5	6,9	8,0	195	38,1	22,3
Karok	145	88	12,4	7,4	8,0	199	39,0	21,8
Moravians	148	93	12,1	7,7	7,8	197	38,5	21,2
Viola	149	89	11,3	7,6	7,8	174	38,4	21,9
Arnold	144	91	12,0	7,8	8,0	174	37,2	22,7
Acassa	140	87	11,8	8,2	7,8	172	35,7	22,9
Sassex	144	87	12,6	7,8	8,0	184	38,9	21,7
RGT Sigma	144	92	12,3	6,3	8,0	182	37,7	22,2
RGT Stepa	144	86	11,7	7,9	8,0	182	39,0	21,7
Viscount	141	85	10,2	7,1	8,0	181	39,0	22,0
Brunensis	148	94	12,2	7,7	7,8	193	38,2	21,1
Maja	144	94	13,5	6,0	7,5	192	39,3	21,8

Odmiana	Długość wegetacji [dni]	Wysokość Roślin [cm]	Wysokość osadzenia najniższych strąków [cm]	Wyleganie [skala 9 ^o]	Równomierność dojrzewania [skala 9 ^o]	Masa 1000 nasion [g]	Zawartość białka ogólnego [% sm]	Zawartość tłuszczu surowego [% sm]
Pula	150	95	12,2	7,9	7,5	181	38,7	21,7
ES Bachelor	150	86	11,8	8,4	7,5	183	41,8	19,6
Aligator	149	88	11,9	8,1	7,6	204	35,7	23,3
Mavka	146	95	12,7	6,6	7,5	190	36,8	22,5

Źródło: COBORU 2023

Tabela 8. Cechy rolniczo-użytkowe wybranych późnych i bardzo późnych odmian soi (lata badań 2020-2022)

Odmiana	Długość wegetacji [dni]	Wysokość Roślin [cm]	Wysokość osadzenia najniższych strąków [cm]	Wyleganie [skala 9 ^o]	Równomierność dojrzewania [skala 9 ^o]	Masa 1000 nasion [g]	Zawartość białka ogólnego [% sm]	Zawartość tłuszczu surowego [% sm]
Acardia	151	90	12,7	7,7	7,7	194	35,2	22,9
Achillea	152	81	12,2	8,2	7,7	207	37,9	22,1
Albiensis	152	95	13,1	7,7	7,6	232	37,0	21,7
Kofu	154	92	11,8	7,7	7,7	200	35,7	22,1
ES Governor	150	82	11,5	8,0	7,8	188	38,0	22,3
Tertia	157	89	12,6	7,9	7,6	208	37,9	21,7
Sully	152	94	12,3	7,7	7,7	190	40,7	21,5
ES Chancellor	155	91	13,1	7,8	7,8	196	37,5	22,0
Favorit	150	93	12,7	7,5	7,7	192	38,9	21,4
Petrina	152	87	11,4	7,2	7,6	183	36,5	22,5
Pompei	164	93	14,2	7,4	7,4	179	37,2	21,4
Sahara	150	93	13,4	7,7	7,9	180	37,9	21,4
Orpheus	148	87	12,0	8,1	7,9	208	38,9	21,5
RGT Salsa	152	95	12,8	6,9	7,6	196	38,8	21,5
RGT Sphinx	153	83	11,7	8,2	7,5	209	39,9	20,8
GL Susanna	154	102	13,8	6,5	7,7	180	37,4	22,1
ES Conductor	156	95	12,9	7,4	7,6	187	37,6	22,3

Źródło: COBORU 2023

Na podstawie wyników badań z doświadczeń prowadzonych w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego COBORU co roku aktualizuje i publikuje Listy odmian zalecanych do uprawy na obszarze poszczególnych województw (Tabela 9). Odmianami najczęściej polecanymi są: Abaca (12 woj.), Acardia (9 woj.), Adessa (w 8 woj.) i Ceres PZO (8 woj.). Natomiast wśród województw dominuje kujawsko-pomorskie (14 odmian), lubuskie (11 odmian) i wielkopolskie (11 odmian).

Nowe odmiany lepiej odpowiadają współczesnej praktyce rolniczej i wymaganiom rynku. Pozwalają na intensyfikację produkcji rolniczej, która jest przyjazna dla środowiska. Dla rolnika jest też najtańszym sposobem zwiększenia produkcji rolnej, dlatego aby w pełni wykorzystać postęp biologiczny, należy stosować kwalifikowany

materiał siewny o wysokiej jakości i zdrowotności. W 2022 roku według PIORiN powierzchnia zakwalifikowanych plantacji nasiennych soi wynosiła 1319 ha, co stanowi 10% wszystkich plantacji nasiennych bobowatych grubonasiennych. Uprawiano na nich 33 odmiany soi, co oznacza, że oferta nasion jest duża i zróżnicowana.

Tabela 9. Lista odmian zalecanych do uprawy na obszarze województw w 2023 r.

Odmiana	Wczesność	Dolnośląskie	Kujaw-Pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warm.-Mazur.	Wielkopolskie	Zach.-Pomorskie	RAZEM
Abaca	4	X	X		X	X		X	X	X	X		X		X	X	X	12
Abelina	4	X	X		X		X				X					X	X	7
Achillea	7			X	X	X			X	X						X		6
Acardia	6-7	X	X	X	X	X	X		X				X			X		9
Adelfia	6		X*										X*					2
Adessa	2-3	X	X			X		X				X	X		X		X	8
Albiensis	7	X		X					X	X						X		5
Ambella	1														X*			1
Amiata	6	X	X	X	X				X	X						X		7
Antigua	3							X			X							2
Asterix	5												X*					1
Aurelina	6			X														1
Ceres PZO	5	X	X		X	X							X	X		X	X	8
Erica	2										X	X			X		X	4
ES Chancellor	7-8								X									1
ES Comandor	6		X	X			X			X				X		X		6
ES Governor	6-7			X	X				X							X		4
Karok	5										X		X					2
Kofu	7-8	X							X					X				3
Lajma	2														X			1
Magnolia PZO	3-4				X	X				X						X	X	5
Marzena	2-3		X				X					X						3
Mayrika	3		X															1
Moravians	6						X											1
Nessie PZO	5		X		X			X	X*					X		X		6
Obelix	5		X		X	X		X			X			X				6
Pompei	9													X				1
Sahara	7					X				X*								2
Sussex	4-5		X*															1
Sirelia	5		X	X	X*	X		X			X							6
Viola	6													X				1
Tertia	8	X							X									2
		9	14	8	11	9	5	6	9	8	7	3	6	8	5	11	6	

X* - odmiana wstępnie rekomendowana w 2023 r.

Źródło: COBORU 2023

4. Uprawa roli

Zabiegi uprawowe pod zasiew soi powinny być przeprowadzone bardzo starannie, z uwzględnieniem zabiegów odchwaszczających, ponieważ w początkowych fazach wzrostu soja jest mało konkurencyjna w stosunku do chwastów. Po zbiorze przedplonu (np. zbożowego) należy wykonać zespół uprawek poźniwnych ograniczających straty wody. Można zastosować talerzówkę lub kultywator na głębokość 5-8 cm. Resztki poźniwne zostają rozdrobnione i wymieszane z glebą, dzięki czemu szybciej ulegają rozkładowi. Zabieg ten pobudza jednocześnie nasiona chwastów do kiełkowania, które należy systematycznie niszczyć, najlepiej mechanicznie. Jesienią należy wykonać orkę przedzimową na głębokość 25-30 cm. W przypadku uprawy bezorkowej, jesienią należy wykonać głęboką uprawę gruberem.

Uprawki wiosenne należy ograniczyć, aby zminimalizować straty wilgoci.

Wczesną wiosną zalecane jest stosowanie włóki (gleby cięższe) lub brony (gleby lżejsze), aby przerwać parowanie wody, zniszczyć skorupę i kiełkujące chwasty. Pole pod zasiew soi musi być wyrównane i niezakamienione, ze względu na niskie koszenie (pierwsze, najbardziej dorodne strąki soi zawiązuje na wysokości około 10 cm). Przed samym siewem glebę należy doprawić agregatem uprawowym na głębokość 5-6 cm. Na glebach lekkich po siewie można zastosować wał gładki, który wyrówna pole, ograniczy parowanie i poprawi podsiąk kapilarny. **Na glebach cięższych wałowanie nie jest zalecane**, ponieważ może dojść do zaskorupienia gleby i problemów ze wschodami.

5. Siew

Planując uprawę soi należy zaopatrzyć się w kwalifikowany materiał siewny, o wysokiej wartości użytkowej, najlepiej odmian przystosowanych do uprawy w konkretnych warunkach siedliskowych. **Termin siewu soi przypada na okres od 20 kwietnia do 5 maja**, w zależności od regionu i warunków pogodowych. Fenologiczny wskaźnik to okres kwitnienia klonu zwyczajnego lub koniec kwitnienia wiśni. **Gleba na głębokości siewu powinna być ogrzana do temperatury 8-10°C**. Przy korzystnych warunkach termicznych i wilgotnościowych można wysiać soję trochę wcześniej, co korzystnie wpływa na wysokość osadzenia pierwszych strąków oraz plonowanie. Należy jednak uwzględnić ryzyko wystąpienia wiosennych przymrozków, które mogą negatywnie wpłynąć na stan plantacji. Jednocześnie należy pamiętać, że zbytne opóźnianie siewu przedłuża okres wegetacji, co może niekorzystnie wpływać na dojrzewanie odmian późniejszych.

Soja kiełkuje epigeicznie (wynosi liścienie nad powierzchnię gleby), co czasem może generować problemy ze wschodami na glebach ciężkich, ponieważ mogą one ulegać zaskorupieniu. Jeśli po siewach wystąpią ulewne deszcze, obsada może być niepełna, a w skrajnych przypadkach może nawet zachodzić konieczność przesiewania soi. Przy prognozach zapowiadających obfite opady deszczu na takich stanowiskach lepiej opóźnić siew nasion o kilka dni.

Soję wysiewa się na głębokość około 3-4 cm, w rozstawie rzędów 15-25 cm (przy wykorzystaniu siewnika zbożowego). Obsada powinna liczyć około 60-70 roślin na 1 m², chociaż obserwacje prowadzone w ostatnich latach wskazują, że przy mniejszej obsadzie (45-50 sztuk na 1 m²) plon jest zbliżony, a koszt nasion mniejszy. Obliczając

normę wysiewu należy uwzględnić masę tysiąca nasion MTN odmiany, która waha się w zakresie od 120 do 270 g i wartość użytkową nasion, która w przypadku kwalifikowanego materiału siewnego może wynosić 80-95%. Dla określenia normy wysiewu należy skorzystać ze wzoru:

$$\text{Norma wysiewu} = \frac{\text{Obsada roślin na m}^2 \times \text{Masa tysiąca nasion [g]}}{\text{Wartość użytkowa nasion [%]}}$$

Soję można wysiewać także siewnikiem punktowym np. do buraków. Rozstawa rzędów wynosi wówczas 45 cm, a nasiona umieszcza się w rzędzie co 4-5 cm. W takim przypadku zmniejsza się obsada roślin do ok. 45 sztuk na 1 m². Taki rodzaj zasiewu niesie ze sobą ryzyko większego zachwaszczenia plantacji, ponieważ soja jest mało konkurencyjna w stosunku do chwastów i późno zwiera łan, przez co chwasty przez długi okres mają łatwy dostęp do wody i światła.

Przed siewem nasiona trzeba zaszczepić preparatami zawierającymi bakterie symbiotyczne np. Nitraginą dla soi, ponieważ w naszych glebach nie występują bakterie *Bradyrhizobium japonicum* tworzące aktywne układy symbiotyczne z tym gatunkiem. Zalecenie szczepienia nasion jest także na polach, gdzie soja uprawiana była już wcześniej, ze względu na bardziej intensywne brodawkowanie i wyższe plonowanie (o około 10%); (Fot. 6). Szczepienie nasion najlepiej wykonać bezpośrednio przed siewem, w ciemnym pomieszczeniu, ponieważ promienie słoneczne niszczą bakterie. Kilka dni wcześniej dobrze jest zaprawić nasiona przeciwko chorobom grzybowym, ponieważ soja jest wrażliwa na patogeny występujące w glebie. **Nie zaleca się stosowania szczepionek łącznie z nawozami i środkami ochrony roślin (zaprawami nasiennymi)**. Warto pamiętać, że w ofercie niektórych firm nasiennych dostępne są gotowe nasiona przemysłowo zaszczepione bakteriami brodawkowymi. Są one odporne na ścieranie i niekorzystne działanie słońca, a ich trwałość wynosi około 3 miesiące od chwili zaszczepiania.

6. Nawożenie

Soja do wytworzenia 1 dt nasion wraz z plonem ubocznym potrzebuje 6,8 kg N, 1,7 kg P₂O₅ oraz 3,3 kg K₂O. Przy średnim zaopatrzeniu gleby w makroskładniki jesienią zaleca się wysiać około 40-50 kg/ha P₂O₅ i 60-80 kg/ha K₂O. W przypadku, kiedy gleba charakteryzuje się wysoką zasobnością w te składniki można zrezygnować z nawożenia, natomiast jeśli bardzo niską, dawki należy zwiększyć do 70 kg/ha P₂O₅ i 120 kg/ha K₂O. Jeśli proces symbiozy przebiega sprawnie, **soja nie potrzebuje nawożenia azotem, poza dawką startową w ilości 30 kg/ha** w formie łatwo przyswajalnej (np. saletra amonowa). Zapewnia to dobry start roślinom zwiększając wigor i konkurencyjność roślin. **Symbioza może pokrywać nawet do 60% zapotrzebowania na azot**, pozostała część pobierana jest z zasobów glebowych, czyli bieżącej mineralizacji materii organicznej. Jeśli brodawki korzeniowe wiążą się słabo, w fazie początku kwitnienia zalecana jest pogłówna dawka azotu w ilości 30 kg N/ha. Przy nawożeniu azotem należy pamiętać, że zbyt obfite dawki N ograniczają proces symbiozy, przedłużają wegetację roślin oraz mogą powodować wyleganie roślin.



Fot. 6. Brodawki na korzeniu soi
(zdj. M. Staniak, K. Czopek)

Na glebach o niskiej zawartości siarki i magnezu wskazane jest zasilenie roślin tymi makroelementami, np. w formie dolistnego dokarmiania siarczanem magnezu. Soja dobrze reaguje na niektóre mikrośladniki: cynk, molibden i bor, które korzystnie wpływają na proces symbiozy i wiązanie azotu atmosferycznego. Niedobory tych mikrośladników można uzupełniać nawozami dolistnymi (od fazy 2-3 pary trójlistków). Nie należy natomiast dokarmiać roślin miedzią i manganem, ponieważ mikroelementy te zaburzają proces symbiozy (pierwszy ogranicza tworzenie brodawek, a drugi jest toksyczny dla bakterii symbiotycznych).

W przypadku niskiego pH odczyn gleby należy uregulować. Wapnowanie najlepiej jest przeprowadzić pod przedplon, ponieważ zabieg wykonany bezpośrednio przed uprawą soi może podnieść odczyn gleby z opóźnieniem, ze względu na słabsze wymieszanie i krótszy czas na reakcje w glebie. Na ogół jesienią stosuje się 1-1,5 t/ha wapna magnezowego.

7. Pielęgnacja zasiewów

Soja w początkowych fazach wzrostu jest mocno narażona na zachwaszczenie, ze względu na późny siew i szeroką rozstawę rzędów. Pierwsze 3-4 tygodnie po wschodach są więc krytycznym okresem wymagającym szczególnej uwagi. W uprawie tego gatunku najczęściej pojawiają się: komosa biała, chwastnica jednostronna, rdesty, szarłat szorstki, ostrożeń polny, samosiewy rzepaku i perz właściwy (Fot. 7a). Podstawą integrowanej ochrony roślin jest ustalenie progów ekonomicznej szkodliwości dla konkretnych gatunków chwastów w danej uprawie, ale w przypadku soi takie progi nie zostały jak dotąd określone. Badania przeprowadzone w USA wykazały, że zachwaszczenie w ilości powyżej 10-20 roślin na 10 m² plantacji soi (w zależności

od gatunku) powoduje znaczące straty w plonie. **W ograniczaniu zachwaszczenia ważne są działania zapobiegawcze**, które polegają, między innymi na wyborze pola o względnie niskim potencjale zachwaszczenia, stosowaniu poprawnej agrotechniki oraz kwalifikowanego materiału siewnego. Ponadto, szereg **czynników agrotechnicznych** ogranicza występowanie patogenów (poprawne zmianowanie, terminowa i staranna uprawa gleby, właściwe nawożenie, optymalny termin i warunki siewu, stosowanie międzyplonów). W przypadku soi sprawdzają się **mechaniczne metody** regulacji zachwaszczenia, które polegają na bronowaniu zasiewów po wschodach roślin (od fazy 3. liścia właściwego do wysokości około 15 cm) oraz stosowaniu opielaczy (przy uprawie w szerokich międzyrzędziach). Jeśli zachwaszczenie jest bardzo duże, konieczne jest stosowanie herbicydów.

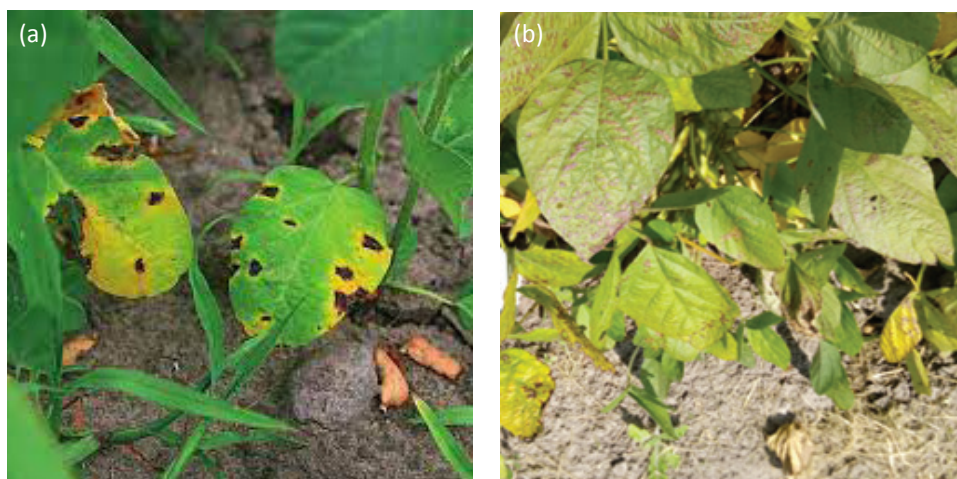
Ze względu na niewielką powierzchnię uprawy soi w Polsce **choroby i szkodniki nie mają na razie istotnego znaczenia gospodarczego**, ale zagrożenie z ich strony może się nasilać wraz ze wzrostem areału uprawy, ponieważ wiele gatunków bobowatych jest atakowanych przez te same patogeny. Spośród szkodników, potencjalne zagrożenie dla soi sprawiają: **gąsienice rusałki osetnika, mszyce, oprzędziki, rolnice, wieczernica szczawiówka, strąkowiec sojowy, omacnica prosowianka, wciornastek sojowy oraz zmieniki** (Fot. 7 b). Prawidłowa ochrona roślin powinna zakładać wykorzystanie w pierwszej kolejności dostępnych metod agrotechnicznych, które mają na celu stworzenie optymalnych warunków wzrostu i rozwoju roślin i konkurencyjnego ładu. W przypadku soi bardzo duże znaczenie ma też prawidłowy płodozmiian, który przerywa cykle rozwojowe szkodników zimujących w glebie lub na pozostawionych resztkach poźniwnych. Wskazane jest częste prowadzenie obserwacji, czy na plantacji pojawiają się szkodniki i uszkodzenia, które mogą one powodować. Ryzyko większego pojawu szkodników wzrasta w latach o suchej, słonecznej pogodzie.



Fot. 7. Zachwaszczona komosą plantacja soi (a) i kolonia mszycy burakowej na liściu (b) (zdj. M. Staniak, K. Czopek)

Podstawą racjonalnej ochrony jest określenie progów ekonomicznej szkodliwości agrofagów, które są szczegółowo opracowane dla niektórych szkodników. Ułatwieniem jest korzystanie z systemów wspomaganie decyzji, które pomagają potwierdzić konieczność ewentualnego wykonania zabiegu chemicznej ochrony.

Spośród chorób mogą pojawiać się: **zgorzel siewek, antraknoza, askochytoza, septorioza, cercosporoza, zgnilizna twardzikowa, chwościk, mączniak rzekomy, czarna zgnilizna, rdza** oraz **fuzariozy** (Fot. 8). Choroby występują w niewielkim nasileniu i nie powodują znaczących strat w plonach, w związku z tym na ogół nie wymagają zabiegów fungicydowych, choć czasem lokalnie zdarzają się także masowe pojawy patogenów. Występowanie chorób uzależnione jest od szeregu czynników, takich jak: przebieg pogody, faza rozwojowa roślin, odmiana, jakość materiału siewnego, sposób uprawy i ochrony czy przedplon. Najczęściej stosuje się metody agrotechniczne, które polegają na prawidłowym i terminowym wykonywaniu wszystkich zabiegów związanych z uprawą soi, począwszy od wyboru stanowiska po terminowy zasiew, racjonalne nawożenie i pielęgnację plantacji. Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu środków chemicznych należy właściwie ocenić zagrożenie i jego nasilenie, czyli określić czy przekroczony został próg ekonomicznej szkodliwości agrofaga, zgodnie z zasadami Integrowanej Ochrony Roślin.



Fot. 8. Objawy septoriozy – brunatna plamistość liści (a) i purpurowej cercosporiozy liści (b)
(zdj. F. Giloda, M. Staniak)

Aktualny wykaz dopuszczonych w Polsce środków ochrony roślin publikowany jest na stronach MRiRW pod adresem <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/ochrona-roslin>. Wykaz środków chemicznych dopuszczonych do stosowania w integrowanej produkcji dostępny jest także na Platformie Sygnalizacji Agrofagów pod adresem <https://www.agrofagi.com.pl/143,wyzkaz-srodkowochrony-roslin-dla-integrowanej-produkcji.html>.

Uprawa soi w rejonach bytowania dużej populacji ptactwa (głównie dzikich gołębi), niesie ryzyko uszkodzeń zasiewów podczas kiełkowania i wschodów, a po wschodach rośliny są atrakcyjnym pożywieniem dla zajęcy i jeleniowatych. Dotyczy to szczególnie plantacji na małym obszarze i zlokalizowanych w pobliżu większych zadrzewień.

8. Zbiór

Termin zbioru soi zależy od wczesności odmian i regionu, ale na ogół przypada od końca sierpnia do połowy września. U dojrzałych roślin liście opadają, łodygi są suche, a po potrząśnięciu strąków nasiona stukają, ale strąk nie pęka (Fot. 9). Wilgotność nasion w czasie zbioru powinna wynosić 14-16%. Zbiór zbyt wilgotnych nasion wymaga dosuszania w suszarniach, co generuje dodatkowe koszty. Z kolei zbyt późny zbiór może powodować straty związane z pękaniem strąków i osypywaniem się nasion (Fot. 10). Zbiór przeprowadza się jednoetapowo, kombajnem zbożowym z odpowiednio dobranym, nisko umieszczonym hederem, przy zredukowanych co najmniej o 1/3 obrotach bębna podającego. Trzeba pamiętać, że najbardziej dorodne strąki osadzone są bardzo nisko i pozostawienie ich na polu generuje duże straty, rzędu nawet 20-30%. Soja jest wrażliwa na obijanie nasion, więc aby uniknąć ich uszkodzenia trzeba postępować ostrożnie podczas transportu, czyszczenia i magazynowania.



Fot. 9. Soja w fazie dojrzałości (a) i zbiór (b)
(zdj. M. Staniak)



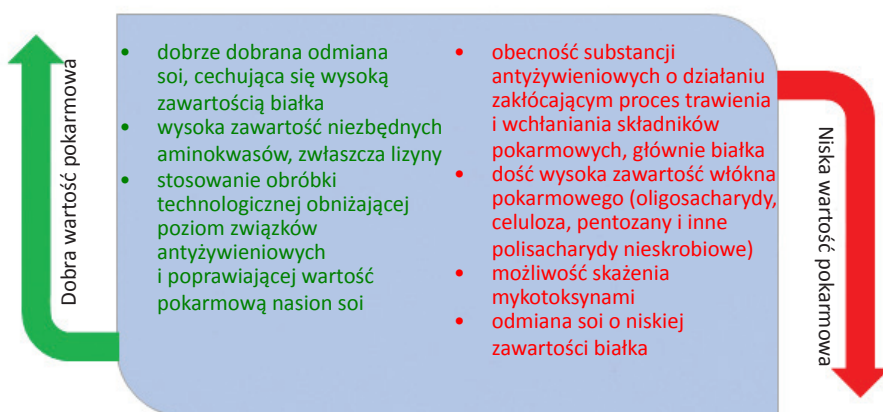
Fot. 10. Ściernisko po zbyt późnym zbiorze soi
(zdj. M. Staniak)

9. Wykorzystanie nasion soi w żywieniu zwierząt gospodarskich

Zwiększające się zapotrzebowanie na żywność, zmusza do intensyfikacji produkcji zwierzęcej i zapewnienia odpowiedniej ilości mięsa, mleka, jaj i innych produktów pochodzenia zwierzęcego. Według danych GUS (2022) w ostatnich latach krajowa produkcja mięsa ogółem, w przeliczeniu na 1 mieszkańca zwiększyła się, a różnica między rokiem 2010 i 2021 wynosi około 39%. W tym okresie produkcja mięsa drobiowego wzrosła o 92%, wołowiny o 44%, wieprzowiny o niecałe 2%, a mleka o 23%. W konsekwencji, zwiększa się krajowe zużycie pasz białkowych, niezbędnych do pokrycia zapotrzebowania zwierząt gospodarskich na ten składnik pokarmowy. Średnia roczna produkcja mieszanek paszowych w Polsce wynosi około 11 mln ton, a zakładając średnią zawartość w nich białka na 17-20%, łącznie daje to zapotrzebowanie na 1,9-2,2 mln ton białka rocznie. Od lat głównym komponentem wysokobiałkowym mieszanek paszowych dla drobiu, świń i bydła jest poekstrakcyjna śruta sojowa. Jest to pasza importowana najczęściej z Brazylii, Argentyny czy Kanady. W dużej mierze poekstrakcyjna śruta sojowa pochodzi z upraw roślin genetycznie modyfikowanych (GMO), które wzbudzają zaniepokojenie czy niechęć części konsumentów. Badania opinii publicznej przeprowadzone przez COBOS wskazują, że mimo iż 66% społeczeństwa uważa rośliny genetycznie zmodyfikowane za ważne osiągnięcie nauki, to jednak większość Polaków (72%) wolałaby kupować żywność niemodyfikowaną genetycznie, nawet jeżeli byłaby ona droższa. Ponadto, 42% konsumentów zdecydowanie, a 23% umiarkowanie popiera wprowadzenie zakazu uprawy roślin genetycznie modyfikowanych. Pokazuje to, jak ważna jest dywersyfikacja materiałów paszowych i możliwość zapewnienia niemodyfikowanych źródeł białka. Sytuacja ostatnich kilku lat, która przyniosła ograniczenia w handlu międzynarodowym wynikające z pandemii i/lub wojny w najbliższym rejonie, także zmuszają do podjęcia zdecydowanych działań w kierunku poszerzenia i ochrony krajowego rynku paszowego.

Alternatywą dla poekstrakcyjnej śrutki sojowej GMO są pasze uzyskane z nasion roślin bobowatych uprawianych w Polsce, w tym z odmian soi niemodyfikowanej genetycznie. Jak dotąd krajowa produkcja nasion bobowatych pokrywa zapotrzebowanie na białko paszowe jedynie w kilkunastu procentach, ale areał uprawy soi zwiększa się intensywnie. W 2010 roku obszar uprawy soi zajmował zaledwie 0,2 tys. ha, w 2021 r. soję uprawiano już na 25 tys. ha, a w 2022r. na ponad 48 tys. ha (wg danych ARiMR). Powstaje coraz więcej odmian, ulepszonych pod względem składu chemicznego, czyli cechujących się wysoką zawartością białka ogólnego, a obniżoną zawartością substancji antyżywniowych. Według danych COBORU zawartość białka ogólnego w nasionach soi waha się od 34 do 42%, zawartość tłuszczu 20-24%, a włókna 6,8-8,7% w suchej masie. Poziom tych składników pokarmowych jest wyraźnie zróżnicowany pomiędzy odmianami. Obserwuje się także znaczne zróżnicowanie składu nasion w poszczególnych latach, przy czym w największym stopniu zmienia się zawartość białka i tłuszczu (nawet o 6 do 10%). Wyznacznikiem jakości białka jest skład aminokwasowy. W 100 g białka nasion krajowych odmian soi zawartość lizyny wynosi około 6,5 g, metioniny i cystyny 3,6 g, a treoniny 4,3 g. Jeśli chodzi o poziom substancji antyodżywczych, to stwierdza się obecność inhibitorów trypsyny w ilości 20,4 mg/g sm, oligosacharydów 4,8% sm, a aktywność ureazy na poziomie 5,1 mg N/g. Istotny wpływ na wartość soi jako materiału paszowego mogą mieć także warunki siedliskowo-pogodowe w czasie okresu wegetacyjnego.

Skład chemiczny nasion soi, a tym samym ich wartość w żywieniu zwierząt, w dużym stopniu zależy od wyboru odmiany optymalnej pod względem zawartości białka i włókna. Jednakże, mimo wysokiej zawartości białka ogólnego i dobrego składu aminokwasowego, w tym dużej ilości aminokwasów niezbędnych (zwłaszcza lizyny), wykorzystanie surowych nasion soi w żywieniu zwierząt ograniczają związki antyżywniowe występujące w nadmiernej ilości. Przed skarmianiem nasiona soi należy więc poddać obróbce technologicznej, celem unieszkodliwienia lub obniżenia poziomu związków antyżywniowych.



Czynniki decydujące o możliwości wykorzystania nasion soi w żywieniu zwierząt

Źródło: M. Świątkiewicz

9. 1. Substancje antyżywniowe występujące w surowych nasionach soi

Nasiona soi zawierają substancje niepożądane, o działaniu antyodżywczym, a są to przede wszystkim inhibitory enzymów trawiennych (trypsyny i chymotrypsyny), oligosacharydy, polisacharydy, białka uczulające oraz fitinyiany, które uniemożliwiają żywienie większości zwierząt gospodarskich (zwłaszcza monogastrycznych) surowymi nasionami.

Inhibitory trypsyny i chymotrypsyny występują w nasionach soi w znacznie większej ilości niż w nasionach pozostających gatunków roślin bobowatych. W nasionach soi zawartość inhibitorów trypsyny wynosi około 20 mg/g sm. Związki te blokują działanie enzymów trzustkowych trawiących białko, wiążąc je w formie nieaktywnych kompleksów, co ogranicza strawność i wykorzystanie białka paszy. W konsekwencji tempo przyrostów masy ciała zwierząt i wykorzystanie paszy pogarszają się wyraźnie. Na działanie tych substancji antyżywniowych szczególnie wrażliwe są zwierzęta młode i rozplodowe, przy czym świnię są bardziej wrażliwe niż drób. W przypadku dorosłych przeżuwaczy, z w pełni wykształconymi przedżołądkami, inhibitory trypsyny nie mają tak znaczącego wpływu na wykorzystanie białka paszy, ze względu na specyfikę mikrobiologicznego trawienia zachodzącego w żwaczu, gdzie w pewnym stopniu możliwe jest dezaktywowanie substancji antyżywniowych.

Drugą grupą związków antyżywniowych charakterystycznych dla surowych nasion soi są glicynina i beta-konglicynina, czyli **białka uczulające**, na które szczególnie wrażliwe są zwierzęta bardzo młode, jak prosięta czy cielęta poniżej 3 miesiąca życia. Białka te wywołują stany zapalne w obrębie jelit, atrofię kosmków jelitowych i pogorszenie wchłaniania składników pokarmowych, utratę masy ciała i biegunki. Reakcja alergiczna nie trwa długo (3-4 dni) i zwykle mija po około 7-10 dniach, gdy organizm prosiąt przyzwyczai się do nowego białka. Jednak osłabienie organizmu i nieprawidłowe funkcjonowanie przewodu pokarmowego utrzymują się jeszcze dłużej czas, co skutkuje spadkiem produktywności zwierząt.

Surowe nasiona soi zawierają również **ureazę**, enzym odpowiedzialny za uwalnianie amoniaku z mocznika (hydrolizuje mocznik do amoniaku). W naturalny sposób enzym ten jest aktywowany w procesie kiełkowania, ale rozdrobnienie nasion przed włączeniem do mieszanki paszowej również powoduje aktywowanie działania ureazy. Duża ilość tego enzymu w paszy może być toksyczna dla mikroorganizmów w żwaczu krów, co z kolei powoduje dysfunkcję działania żwacza, negatywnie wpływając na stan zwierząt. Nagłe pojawienie się dużej ilości amoniaku w przewodzie pokarmowym obniża dowolne pobranie suchej masy dawki pokarmowej, może prowadzić do uszkodzenia funkcji wątroby, a w skrajnych przypadkach może być przyczyną poważnych zatruc. Aktywność ureazy w krajowych surowych nasionach soi wynosi średnio 5,14 mg N/g, podczas gdy zalecany maksymalny poziom aktywności ureazy w paszy wynosi <0,4 mg N/g.

Polisacharydy nieskrobiowe są obecne w różnym stopniu we wszystkich paszach roślinnych. Należą do nich polisacharydy strukturalne komórek roślinnych, jak celuloza i hemiceluloza, ale również pektyny czy oligosacharydy, które stanowią około 5% suchej masy nasion soi. Dla zwierząt monogastrycznych, jak świnię i drób, większym problemem są frakcje polisacharydów rozpuszczalnych w wodzie, gdyż nie są one trawione enzymatycznie, pęcznią w jelicie, zwiększając lepkość treści pokarmowej, co utrudnia wchłanianie składników pokarmowych. Tworzą też kompleksy białkowe

(mogą związać do 40% białka ogólnego paszy) w niewielkim stopniu dostępne dla enzymów proteolitycznych. Ponadto, duża ilość zalegającej w jelitach niestrawionej treści pokarmowej jest pożywką dla bakterii chorobotwórczych i przyczyną biegunek.

Kolejnym rodzajem związków antyżywniowych obecnych w nasionach soi są **saponiny**, których ilość sięga od 0,6 do 6,2%. Saponiny zmniejszają napięcie powierzchniowe roztworów wodnych, powodując ich pienienie się, wywołują wymioty, a spożywane w dużych ilościach mogą być przyczyną hemolizy krwinek czerwonych. U przeżuwaczy saponiny zmieniają skład mikroflory żwacza, ograniczając liczebność pierwotniaków, a zwiększając liczebność bakterii celulolitycznych. Skutkiem tego jest intensywny rozkład białka paszowego w żwaczu, ale równocześnie zwiększona produkcja białka pochodzenia mikrobiologicznego.

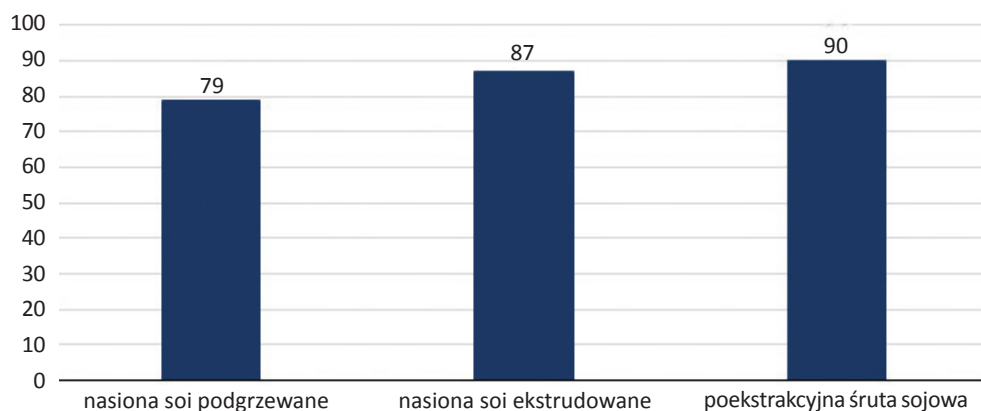
We wszystkich gatunkach roślin, także w nasionach soi, występują **fityniany**, czyli sole kwasu fitynowego. Są to kompleksy utrzymujące w roślinach 60-80% fosforu, w wiązaniach niedostępnych dla zwierząt monogastrycznych z uwagi na brak enzymów rozkładających te wiązania. Z tego względu przyswajalność fosforu z roślin jest raczej niska, co wymusza stosowanie w dawkach pokarmowych fosforanów paszowych. Oprócz fosforu, w wiązaniach fitynowych związane mogą być także inne pierwiastki, jak Ca, Mg, Mn, K, Zn, Fe.

Na każdym etapie produkcji, najczęściej podczas wzrostu na polu oraz w czasie magazynowania, nasiona soi mogą zostać zakażone grzybami pleśniowymi. W przypadku soi zagrożenie pleśnieniem może być większe niż w przypadku zbóż, ze względu na późniejszy termin zbioru, większy rozmiar nasion i obecność okrywy nasiennej, co utrudnia proces jednorodnego wysuszenia nasion. Toksyczne metabolity wytwarzane przez grzyby pleśniowe to tzw. **mykotoksyny**, uznawane za związki antyżywniowe, trujące, nawet kancerogenne. Mykotoksyny są odporne na działanie podwyższonej temperatury, co uniemożliwia ich wyeliminowanie podczas obróbki barotermicznej nasion soi. Do mykotoksyn najczęściej spotykanych w nasionach soi zaliczyć można deoksyniwalenol (DON) i zearalenon (ZEA), a w dalszej kolejności toksyny T2 i HT2. Mykotoksyny powodującą szereg zaburzeń w rozrodzie, szczególnie u świń, są przyczyną problemów trawiennych, hamują działanie enzymów trawiennych, uszkadzają śluzówkę jelit ograniczając wchłanianie składników pokarmowych, powodują wymioty. Skutkiem takich problemów zdrowotnych jest pogorszenie wskaźników odchowu zwierząt i spadek opłacalności produkcji. Ich szkodliwe działanie nie ogranicza się jedynie do zwierząt karmionych skażoną paszą, gdyż mogą pozostawać w mięsie, mleku czy innych produktach odzwierzęcych i zostać spożyte przez człowieka.

9. 2. Możliwości poprawy wartości pokarmowej nasion soi

Dla większości zwierząt gospodarskich surowe nasiona soi, ze względu na wysoką zawartość związków antyżywniowych (szczególnie inhibitorów trypsyny), nie powinny być dodawane bezpośrednio do paszy, np. po ześrutowaniu, jak to jest praktykowane w przypadku nasion innych roślin bobowatych (fubin, groch, bobik). Jedynie dorosłe przeżuwacze, dzięki rozwiniętemu trawieniu mikrobiologicznemu w żwaczu, są w stanie zneutralizować niekorzystne działanie większości związków antyżywniowych. Stosowanie nasion soi w żywieniu zwierząt monogastrycznych (świń i drobiu) oraz bardzo młodych przeżuwaczy wymaga skutecznej dezaktywacji związków antyżywniowych i podniesienia wartości pokarmowej nasion.

Najsukuteczniejszą metodą jest **barotermiczna obróbka nasion**, w czasie której działanie wysoką temperaturą prowadzi do inaktywacji większości związków antyżywnościowych, w tym inhibitorów trypsyny, o 85-90%, a aktywności ureazy o około 98-99%. Skuteczność wysokiej temperatury w podnoszeniu wartości pokarmowej nasion znacząco wzrasta, jeżeli zastosowany zostanie dodatek wody (nawilżanie parą wodną) oraz ciśnienie. Para wodna zwiększa ciśnienie w komórkach, powodując rozpuszczanie skrobi i rozerwanie ścian komórkowych, co poprawia dostęp enzymów trawiennych do składników pokarmowych we wnętrzu komórki i polepsza wykorzystanie paszy. Strawność białka i lizyny, najważniejszego z aminokwasów, w ekstrudowanych nasionach soi wynosi około 77%, podczas gdy w nasionach poddanych działaniu jedynie wysokiej temperatury około 70% (wykres 1). Jeśli chodzi o przeżuwacze, to proces obróbki nasion wysoką temperaturą skutecznie zmniejsza rozpuszczalność białka paszowego w zwacu, dzięki czemu zwiększa się ilość tego składnika w jelicie cienkim, w którym jest wchłaniany do organizmu.

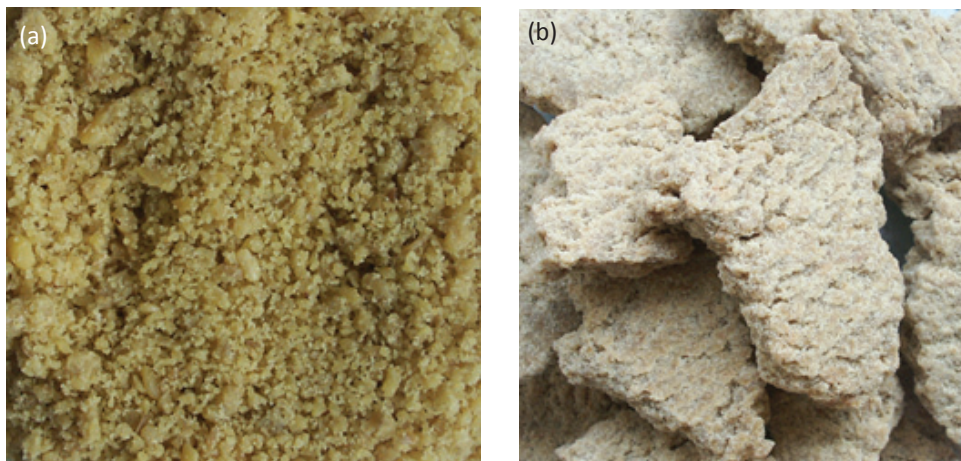


Wykres 1. Współczynnik strawności (%) białka i lizyny w nasionach soi ogrzewanych na sucho oraz ekstrudowanych, w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty sojowej

Źródło: dane z INRAE-CIRAD-AFZ Feed Tables

W praktyce stosowanych jest kilka metod barotermicznych podnoszących wartość pokarmową materiałów paszowych, np. toastowanie, ekstrudowanie, ekspandowanie, granulowanie (Fot. 11, 12, 13). Wszystkie procesy baro-termiczne wymagają bardzo precyzyjnego ustawienia wskaźników technologicznych oraz stałego ich monitorowania, gdyż zbyt wysoka temperatura lub zbyt długi czas jej działania, może doprowadzić do pogorszenia jakości paszy. W przegrzanych materiałach paszowych można stwierdzić występowanie tzw. zablokowanej/zwiazanej lizyny, czyli lizyny połączonej z cząsteczką cukru, której organizm zwierząt nie wykorzystuje. Ponadto, nadmierne ogrzewanie materiału paszowego jest przyczyną utleniania tłuszczu, powstawania dioksyn (pochodne związków aromatycznych), następuje także rozkład witamin. W badaniach przeprowadzonych w IZ-PIB w Krakowie obserwowano, że działanie wysokiej temperatury w czasie procesu ekstruzji, jak i później w czasie tłoczenia oleju, unieczynniło tylko niewielką część lizyny i niezależnie od przyjętej technologii obróbki nasion (ekstrudat, makuch), 91-92% lizyny całkowitej pozostało dostępne do wykorzystania przez

zwierzęta. Wynik ten można uznać za zadowalający, gdyż ilość lizyny dostępnej w poekstrakcyjnej śrucie sojowej, stosowanej w naszych badaniach jako pasza kontrolna, była bardzo zbliżona i wynosiła 93%.



Fot. 11. Ekstrudat – pełnotłuste ekstrudowane nasiona soi (a) i makuch z prasy, po wytlóczeniu oleju (b)
(zdj. M. Świątkiewicz)

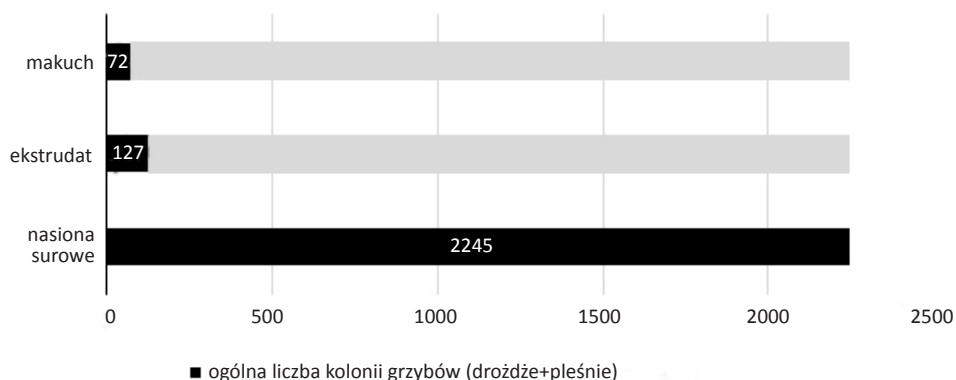


Fot. 12. Ekstrudowanie nasion soi
(zdj. K. Czopek)



Fot 13. Ekstruder do nasion soi
(zdj. M. Staniak)

Trzeba dodać, że odpowiednio dobrana podwyższona temperatura i optymalny czas jej działania mogą znacząco poprawić czystość mikrobiologiczną danego materiału paszowego. W badaniach przeprowadzonych w IZ-PIB w Krakowie stwierdzono, że po procesie ekstruzji ilości kolonii żywych pleśni i drożdży w nasionach soi spadła o 94,3%, a poddanie ekstrudatu dalszemu tłoczeniu oleju za pomocą prasy, obniżyło ilość tych niepożądanych mikroorganizmów o 97%, w porównaniu do surowych nasion (wykres 2).



Wykres 2. Ogólna ilość kolonii grzybów pleśniowych i drożdży w surowych nasionach soi oraz w materiałach paszowych wyprodukowanych z tych nasion

Źródło: M. Świątkiewicz

Ważnym elementem strategii poprawy wartości pokarmowej nasion soi jest dodawanie do paszy enzymów paszowych. Niekorzystny wpływ polisacharydów nieskrobiowych (NSP) oraz włókna strukturalnego komórek roślinnych na strawność składników pokarmowych u świń i drobiu można ograniczyć poprzez dodatek **enzymów hydrolizujących NSP**. Podstawą skutecznego działania enzymów jest odpowiednie dopasowanie enzymu do komponentów roślinnych znajdujących się w mieszance paszowej. Dodatki te obniżają lepkość treści pokarmowej, zwiększają dostępność enzymów trawiennych, poprawiają wchłanianie składników mineralnych i pokarmowych, zmniejszają ilość niestrawionych resztek będących pożywką dla bakterii i przyczyną biegunki. Do materiałów paszowych zawierających związki antyżywniowe ograniczające strawność białka, jak to ma miejsce w przypadku nasion soi, zaleca się stosowanie **enzymu proteazy**, który skutecznie zwiększa wykorzystanie tego ważnego składnika pokarmowego. Dodatek proteazy jest szczególnie ważny dla bardzo młodych zwierząt monogastrycznych (prosięta, kurczęta). Dodatek **enzymu fitazy** to już standardowy dodatek do pasz roślinnych, więc nie należy zapominać o tym enzymie także w przypadku pasz sojowych, gdyż zwiększa on dostępność fosforu z połączeń fitynowych o 30-50%. Dzięki temu lepsze jest wykorzystanie fosforu z roślin, a dodatek fosforu mineralnego może być zmniejszony. Stosowanie fitazy to znany i skuteczny sposób na redukcję wydalania niewykorzystanego fosforu z kałem do środowiska. Wyniki wielu badań naukowych wykazały, że wyższa jest skuteczność preparatów złożonych z wielu enzymów, o szerokim spektrum działania, w porównaniu do stosowania pojedynczych enzymów. Zaznaczyć trzeba, że enzymy paszowe to dodatki bezpieczne, gdyż jako białka zostają rozłożone w przewodzie pokarmowym, nie przenikają do produktów zwierzęcych, nie wymagają okresu karencji.

Kolejną grupą dodatków paszowych poprawiających jakość paszy w sytuacji skażenia grzybami pleśniowymi są **detoksykanty i sorbenty**. Są to preparaty, które w przewodzie pokarmowym wiążą toksyny pleśniowe (mykotoksyny) na swojej powierzchni (glinokrzemiany, węgiel aktywowany, ziemia okrzemkowa, cholestyramina, bentonit, polimery syntetyczne). Dzięki temu mniej mykotoksyn zostaje wchłoniętych do organizmu, a ich negatywne działanie jest ograniczone. Sorbenty, wraz z przyłączonymi toksynami, przechodzą do końca przewodu pokarmowego i zostają wydalane z organizmu wraz z kałem. Pamiętać należy, że skuteczność detoksykantów jest ograniczona, zależy od pH i stężenia enzymów trawiennych w jelitach oraz od rodzaju toksyny (np. skuteczność w przypadku mykotoksyny DON i T2 to tylko 2-3%), dlatego najlepszym sposobem jest prewencja, czyli stosowanie paszy wolnej od pleśni i ich toksycznych metabolitów.

9.3. Materiały paszowe wytwarzane z nasion soi

Alternatywą dla poekstrakcyjnej śrutu sojowej GMO mogą być materiały paszowe wyprodukowane z nasion soi niemodyfikowanej, uprawianej w kraju. Są to na przykład pełnotłuste nasiona soi poddane procesowi ekstruzji (**ekstrudat**) oraz **makuch**, czyli materiał uzyskany po wytlóczeniu oleju za pomocą prasy ślimakowej oraz rozdrobieniu kawałków makuchu za pomocą śrutownika walcowego (Fot. 14).



Fot. 14. Makuch rozdrobniony. Forma sypka, dogodna do włączenia do mieszanki paszowej (zdj. M. Świątkiewicz)

Produkty wytworzone z nasion soi należą do grupy pasz białkowych, których skład chemiczny i wartość pokarmową należy porównać z głównym źródłem białka w naszym kraju, tj. z poekstrakcyjną śrutą sojową (Tabela 10). Ekstrudowane nasiona charakteryzują się wielokrotnie wyższą zawartością tłuszczu i niższą o około 20% zawartością białka ogólnego. Makuch sojowy, na skutek wytlóczenia oleju, zawiera od kilku do kilkunastu procent tłuszczu (śruta poekstrakcyjna około 1,5%), natomiast zawartość białka w tym materiale paszowym jest jedynie o kilka procent niższa niż w śrucie poekstrakcyjnej. W przypadku żywienia rosnących świń i drobiu obecność tłuszczu jest czynnikiem podnoszącym wartość energetyczną paszy, ale w przypadku przeżuwaczy tłuszcz zawarty w pełnotłustych nasionach soi podlega przemianom w środowisku żwacza, w wyniku których następuje uwolnienie kwasów tłuszczowych i biohydrogenacja kwasów nienasyconych. Przy zbyt dużej ilości tłuszczu w dawce przemiany te zakłócają przebieg fermentacji w żwaczku. We wszystkich tych materiałach sojowych poziom włókna surowego oraz NDF, ADF i ADL, jak również skrobi, jest zbliżony. Natomiast zawartość białka ogólnego i poszczególnych aminokwasów jest najniższa w nasionach ekstrudowanych (ekstrudat), wyższa w makuchu i najwyższa w śrucie poekstrakcyjnej (Tabela 10), natomiast zawartość składników mineralnych jest zbliżona.

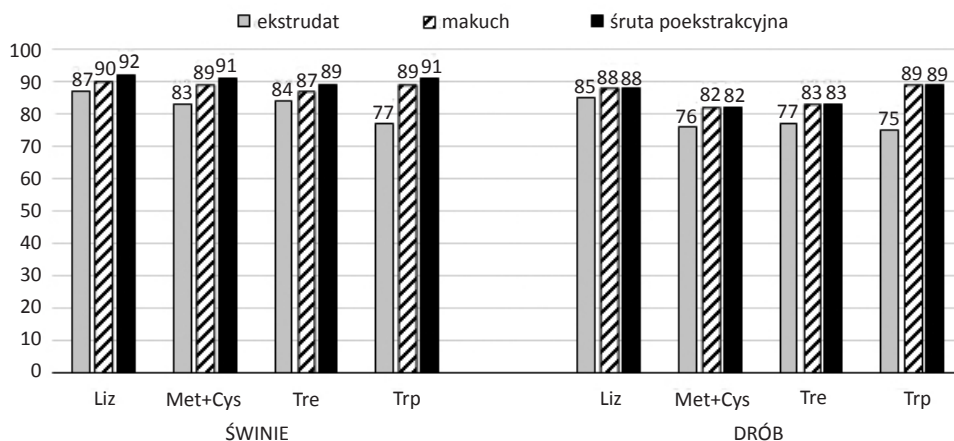
Tabela 10. Zawartość składników pokarmowych w materiałach paszowych z nasion soi, w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty sojowej

Wyszczególnienie	Nasiona soi ekstrudowane (ekstrudat)	Makuch sojowy	Poekstrakcyjna śruta sojowa
Sucha masa (g)	895	932	880
Białko ogólne (g)	360	438	462
Tłuszcz surowy (g)	184	89	15
Włókno surowe (g)	56	60	60
Popiół surowy (g)	51	61	62
Związki bezazotowe wyciągowe (g)	244	284	281
Skrobia (g)	53	47	50
NDF (%)	12,0	12,7	12,5
ADF (%)	7,0	7,4	7,4
ADL (%)	0,9	0,7	0,6
Aminokwasy niezbędne (g):			
- lizyna	22,4	27,1	28,8
- metionina	5,2	6,3	6,6
- cystyna	5,3	6,7	7,3
- treonina	14,6	17,1	17,7
- tryptofan	4,6	5,9	6,4
- izoleucyna	16,8	20,1	21,1
- leucyna	27,2	33,3	35,3
- walina	17,3	21,1	22,3
- histydyna	9,8	11,8	12,4
- arginina	26,3	32,0	33,8
- fenyloalanina	18,2	22,1	23,4
- tyrozyna	12,8	15,5	16,3
suma aminokwasów niezbędnych	180,5	219,0	231,4
Składniki mineralne (g/kg):			
- wapń	3,0	3,4	3,4
- fosfor ogólny	5,6	6,5	6,2
- fosfor strawny	1,8	2,1	2,0
- magnez	2,3	2,7	2,8
- sód	0,05	0,1	0,14
- chlor	0,3	0,3	0,3
- potas	18,1	20,9	20,9

Źródło: M. Świątkiewicz

Proces obróbki barotermicznej nasion soi nie wpływa istotnie na skład aminokwasowy białka wyprodukowanych materiałów paszowych. W 100 gramach białka, zarówno surowych pełnotłustych nasion, jak i ekstrudowanych czy makuchu, stwierdza się zbliżoną zawartość poszczególnych aminokwasów. Wśród aminokwasów niezbędnych (*Essential Amino Acids* – EAA), ograniczającymi są aminokwasy siarkowe – metionina i cystyna, dla których wskaźnik CS (wskaźnik aminokwasu ograniczającego) wynosi 42% w nasionach i 41-45% w materiałach paszowych. Zabiegi barotermiczne stosowane w czasie produkcji makuchu sojowego służą poprawie strawności białka ogólnego i aminokwasów. W przypadku aminokwasów szczególnie istotna jest tzw.

jelitowa strawność, czyli badana na końcu jelita cienkiego, w którym u zwierząt monogastrycznych zachodzi zdecydowana większość procesów trawienia i wchłaniania składników pokarmowych paszy. Na podstawie wyników badań dostępnych w literaturze, strawność aminokwasów niezbędnych w makuchu sojowym można określić jako porównywalną ze strawnością aminokwasów w poekstrakcyjnej śrucie sojowej, natomiast ekstrudowane nasiona soi cechują się strawnością niższą o kilka punktów procentowych (wykres 3).



Wykres 3. Współczynniki strawności jelitowej najważniejszych aminokwasów

Źródło: dane z INRAE-CIRAD-AFZ Feed Tables

Wartość pokarmową pasz sojowych dla zwierząt monogastrycznych i przeżuwaczy przedstawiono w Tabeli 11. Dla świń, drobiu i królików wartość energetyczna nasion soi ekstrudowanych i makuchu jest wyższa niż poekstrakcyjnej śruty sojowej, natomiast strawność białka makuchu jest zbliżona do strawności białka poekstrakcyjnej śruty sojowej. Jeśli chodzi o przeżuwacze, to wskaźniki określające wartość energetyczną oraz stopień degradacji białka w żwaczu są korzystniejsze w nasionach ekstrudowanych (ekstrudacie) i makuchu, w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty sojowej. Wartość wypełnieniowa ekstrudatu i makuchu jest nieznacznie wyższa niż w śrucie poekstrakcyjnej.

Tabela 11. Wartość pokarmowa materiałów paszowych z nasion soi, w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty sojowej

Wyszczególnienie (w świeżej paszy)	Nasiona soi ekstrudowane (ekstrudat)		Makuch sojowy		Poekstrakcyjna śruta sojowa	
	Rosnące (warchlaki, tuczniaki)	Dorośle (lochy, knury)	Rosnące (warchlaki, tuczniaki)	Dorośle (lochy, knury)	Rosnące (warchlaki, tuczniaki)	Dorośle (lochy, knury)
ŚWINIE						
Energia metaboliczna (MJ/kg)	15,0	16,3	15,6	16,3	13,5	14,2
Strawność energii (%)	76	84	85	90	85	90
Strawność białka (%)	85	91	87	90	87	90
DRÓB (brojlery)						
Energia metaboliczna (MJ/kg)	13,4		11,4		9,4	
Strawność białka (%)	85		87		87	
KRÓLIKI						
Energia metaboliczna (MJ/kg)	14,9		13,9		12,5	
Strawność energii (%)	79		80		83	
Strawność białka (%)	87		85		83	
BYDŁO						
Energia netto produkcji mleka, JPM (MJ/kg)	9,9		9,3		8,2	
Energia netto produkcji mięsa, JPŻ (MJ/kg)	10,1		9,5		8,3	
Białko niezdegradowane w żwaczu strawne w jelicie cienkim (g/kg)	158		143		142	
Jednostka wypełnieniowa, JWB (na kg)	0,292		0,236		0,223	

Źródło: dane z INRAE-CIRAD-AFZ Feed Tables

9. 4. Materiały paszowe z nasion soi w żywieniu zwierząt gospodarskich

Surowe nasiona soi, mimo sporej ilości składników antyżywniowych, mogą być dobrym źródłem białka jedynie dla dorosłych przeżuwaczy, z w pełni rozwiniętym żwaczem, a ich udział w dawce pokarmowej może wynosić kilkanaście procent. Nie zaleca się jednak zbyt dużego rozdrobnienia nasion, gdyż jest to przyczyną nadmiernego rozkładu białka w żwaczu oraz aktywacji ureazy. Ze względu na obecność w nasionach enzymu ureazy, nie powinno się łączyć w mieszance surowych nasion soi z mocznikiem. Natomiast stosowanie surowych nasion w żywieniu zwierząt monogastrycznych jest mocno ograniczone ze względu na obecność substancji antyżywniowych, dlatego ich udział w mieszance nie powinien przekraczać 5%.

W celu uniknięcia problemów zdrowotnych, biegunek, spadku pobrania paszy i przyrostów masy ciała oraz wzrostu zużycia paszy, zaleca się włączanie do dawek pokarmowych nasion soi poddanych zabiegom barotermicznym. Zarówno makuch sojowy jak i ekstrudat, pozbawione aktywnych związków antyżywniowych, stanowią cenne źródło białka. Ich ilość w mieszance paszowej może być zbliżona do udziału poekstrakcyjnej śruty sojowej, a ograniczona jest głównie wyższą niż w poekstrakcyjnej śrucie sojowej, zawartością tłuszczu oraz włókna surowego. Makuch sojowy, mimo

iz zawiera więcej tłuszczu niż poekstrakcyjna śruta sojowa, może być przydatny w żywieniu zwierząt młodych szybko rosnących, które mają wysokie zapotrzebowanie na energię. W takim przypadku tłuszcz obecny w makuchu może zastąpić natłuszczenie mieszanki paszowej za pomocą dodatku oleju. Natomiast duża ilość tłuszczu może być problemem przy bilansowaniu mieszanek dla zwierząt niewymagających wysokiej koncentracji energii w dawce pokarmowej, np. kury nioski czy lochy niskoprosne. W Tabelach 12-17 zamieszczono przykładowe mieszanki paszowe dla zwierząt gospodarskich, będące wynikiem badań dostępnych w literaturze naukowej.

Tabela 12. Przykładowe receptury mieszanek pełnoporcjowych dla świń rosnących

Komponenty mieszanki (%)	Warchlaki po odsadzeniu		Tuczniaki		Tuczniaki	
			grower	finisz	grower	finisz
Ekstrudowane nasiona soi (ekstrudat) lub ekspandowane nasiona soi	24,5	22,0	5,0	4,5	5,0	4,5
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa			12,0	8,5		
Groch		12,0			9,0	6,0
Bobik					19,0	12,0
Pszenica	40,0	40,0				
Pszenżyto	31,9	21,85	78,73	84,28	62,93	75,0
Olej rzepakowy		0,5	1,5	0,5	1,0	
Sól	0,36	0,36	0,23	0,23	0,23	0,23
Kreda pastewna	0,96	0,95	0,93	0,9	0,92	0,90
Fosforan paszowy 1-Ca	1,0	1,06	0,46	0,12	0,73	0,31
Premiks min.-wit.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-lizyna	0,33	0,3	0,3	0,21	0,25	0,19
DL-metionina	0,14	0,15	0,06	0,02	0,14	0,08
L-treonina	0,27	0,26	0,29	0,24	0,30	0,29
L-tryptofan	0,04	0,07				

Źródło: Zaworska-Zakrzewska i Rutkowski 2020

Tabela 13. Przykładowe receptury mieszanek pełnoporcjowych dla loch

Komponenty mieszanki (%)	Lochy niskoprosne (do 90 dnia ciąży)	Lochy wysokoprosne i karmiące
Ekstrudowane nasiona soi (ekstrudat) lub ekspandowane nasiona soi	6,0	16,0
Makuch rzepakowy		5,0
Kukurydza		20,0
Bobik		8,0
Jęczmień	34,78	27,42
Pszenica		13,0
Pszenżyto	22,0	
Susz z lucerny	5,0	3,0
Wysłodki buraczane suche	15,0	
Otręby pszenne	15,0	3,0
Olej rzepakowy		1,5
Sól	0,3	0,43
Kreda pastewna	1,1	1,5

Komponenty mieszanki (%)	Lochy niskoprosne (do 90 dnia ciąży)	Lochy wysokoprosne i karmiące
Fosforan paszowy 1-Ca	0,3	0,5
Premiks min.-wit.	0,5	0,5
L-lizyna	0,02	0,12
DL-metionina		0,03

Źródło: M. Świątkiewicz

Tabela 14. Przykładowe receptury mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt rzeźnych

Komponenty mieszanki (%)	Brojlery odchów 42 dni (dwie fazy odchovu)		Brojlery odchów 42 dni (dwie fazy odchovu)		Brojlery odchów 42 dni (trzy fazy odchovu)		
	mieszanka starter (1-21 dzień życia)	mieszanka grower (22-42 dzień życia)	mieszanka starter (1-14 dzień życia)	mieszanka grower (15-42 dzień życia)	mieszanka starter (1-14 dzień życia)	mieszanka grower (15-28 dzień życia)	mieszanka finisz (29-42 dzień życia)
Poekstrakcyjna śruta sojowa					27,89	25,41	21,36
Ekstrudowane nasiona soi (ekstrudat) lub ekspandowane nasiona soi	41,94	39,00	38,0	40,0	15,0	15,0	15,0
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa			10,0	10,0			
Kukurydza			41,41	40,50	51,82	53,99	58,02
Pszenica	54,00	57,11					
Koncentrat białka ziemniaczanego			4,0	2,0			
Olej			2,2	3,5	1,0	1,7	1,76
Sól	0,36	0,37	0,09	0,11	0,39	0,39	0,39
Kreda pastewna	1,26	1,32	0,22	0,12	1,23	1,12	1,13
Fosforan paszowy 2-Ca	1,60	1,40			1,83	1,59	1,63
Fosforan paszowy 1-Ca			1,9	1,7			
Węglan sodu			0,45	0,44			
Premiks min.-wit.	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5
L-lizyna	0,11	0,09	0,39	0,33	0,19	0,03	
DL-metionina	0,23	0,21	0,2	0,19	0,15	0,27	0,21
L-treonina			0,14	0,11			

Źródło: Janocha i in. 2022; Banaszak i in. 2021; Mirghelenj i in. 2013

Tabela 15. Przykładowe receptury mieszanek pełnoporcjowych dla kur niosek

Komponenty mieszanki (%)	Kury nioški	
	Makuch sojowy	36,0
Pszenica		30,0
Kukurydza	35,0	18,0
Otręby pszenne	5,2	8,5
Makuch słonecznikowy	2,6	7,3
Ziarno zbóż	4,1	5,2
Susz z lucerny	3,1	
Susz z traw	2,1	
Olej		3,0
Dodatek mineralno-witaminowy	11,9	13,0

Źródło: Senkoylu i in. 2005; Han i in. 1988; Maharjan i in. 2023

Tabela 16. Przykładowe receptury mieszanek pełnoporcjowych dla kaczek rzeźnych

Komponenty mieszanki (%)	Kaczki rzeźne odchów 49 dni (dwie fazy odchovu)	
	mieszanka starter (1-28 dzień życia)	mieszanka grower (29-49 dzień życia)
Ekstrudowane nasiona soi (ekstrudat) lub ekspandowane nasiona soi	37,17	29,0
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa	10,0	9,0
Kukurydza	22,0	
Pszenżyto	25,0	57,25
Koncentrat białka ziemniaczanego	1,5	
Olej	0,5	1,6
Sól	0,19	0,2
Kreda pastewna	1,3	1,2
Fosforan paszowy 1-Ca	1,4	0,86
Węglan sodu	0,26	0,26
Premiks mineralno-witaminowy	0,5	0,5
DL-metionina	0,18	0,13

Źródło: Biesek i in. 2021

Tabela 17. Przykładowe receptury dawek pokarmowych dla krów mlecznych

Komponenty mieszanki (% suchej masy)	Krowy po porodzie	Krowy w laktacji	Krowy w późnej laktacji
Poekstrakcyjna śruta sojowa	12,0		7,0
Ekstrudowane nasiona soi (ekstrudat)		13,0	
Surowe nasiona soi	12,0		12,0
Kiszonka z kukurydzy	50,0	40,0	64,8
Sianokiszonka z lucerny		20,0	
Siano z lucerny			
Siano z traw		5,0	
Łuska słonecznikowa		5,0	
Kukurydza	23,4	8,65	13,6
Jęczmień			
Mocznik		0,35	0,3
Melasa		5,0	
Tłuszcz			
Premiks min.-wit.	2,3	2,8	2,1
Kreda paszowa	0,3		
Fosforan 2-Ca			
Wodorowęglan sodu			
Sól		0,2	0,2

Źródło: Gardinal i in. 2018; Giallongo i in. 2015

Materiały paszowe z nasion krajowej soi są doskonałym źródłem białka. Ich skład aminokwasowy charakteryzuje się wysoką zawartością lizyny, a aminokwasami ograniczającymi są metionina i cystyna. Wysoka zawartość lizyny sprawia, że białko sojowe dobrze uzupełnia się z białkiem zbóż, w których tego aminokwasu jest znacznie mniej. Białko sojowe jest dobrze trawione, co powoduje, że mniej azotu jest wydalane do środowiska w oborniku zwierząt karmionych paszą zawierającą materiały sojowe. Jednak ze względu na obecność związków antyżywniowych nasiona soi powinny zostać poddane obróbce barotermicznej, która dezaktywuje związki antyżywniowe oraz znacznie poprawia strawność składników pokarmowych i energii. Dzięki takiemu procesowi technologicznemu nasiona soi, a właściwie materiały paszowe z nasion soi, mogą być stosowane w żywieniu zwierząt monogastrycznych i przeżuwających. Należy mieć jednak na uwadze wyższą zawartość tłuszczu w nasionach ekstrudowanych czy makuchu sojowym, w porównaniu do poekstrakcyjnej śruty sojowej, szczególnie w czasie bilansowania mieszanek dla zwierząt, które nie wymagają wysokiej koncentracji energii w paszy. Materiały z nasion soi nie są tak ujednolicone pod względem składu chemicznego jak poekstrakcyjna śruta sojowa, gdyż zawartość białka, tłuszczu czy włókna może znacznie różnić się pomiędzy odmianami soi oraz na skutek stosowania procesów barotermicznych o różnych parametrach technologicznych. Z tego względu zaleca się, aby w każdej partii materiałów sojowych przeznaczonych do skarmiania oznaczyć poziom podstawowych składników pokarmowych. W przypadku ekstrudowania pełnotłustych nasion soi czy produkowania makuchu sojowego we własnym gospodarstwie warto oznaczyć także poziom lizyny dostępnej, aby upewnić

się, że parametry technologiczne są optymalnie dobrane i nie powodują przegrzania białka.

Przeprowadzone w wielu ośrodkach badania potwierdzają dobrą jakość i wartość pokarmową materiałów paszowych z krajowych nasion soi oraz wskazują, że materiały te mogą stanowić bezpieczną i cenną alternatywę dla poekstrakcyjnej śrutki sojowej w żywieniu zwierząt gospodarskich.

LITERATURA

Bachteler K.: Soybean growth stages and requirements. In: Taifun Soy Info. Specialist information for soy producers and processors. 2018, 51: 1-6.

Badarruddin M., Meyer D. W.: Factors modifying frost tolerance of legume species. Crop Science, 2001, **41**(6): 1911-1916.

Banaszak M., Biesek J., Kuźniacka J., Grabowicz M., Adamski M.: Slaughter yield, quality of meat from broiler chickens of different origin and age on diet with extruded or meal soybean, Journal of Applied Animal Research, 2021, **49**(1): 357-365.

Biesek J., Banaszak M., Kuźniacka J., Adamski M.: Characteristics of carcass and physicochemical traits of meat from male and female ducks fed a diet based on extruded soybean. Poultry Science, 2021, **100**: 101170.

Binkowski M., Niedziela J., Osiecka A.: Lista opisowa odmian roślin rolniczych: bobowate, soja, wiechlinowate, inne pastewne. COBORU Słupia Wielka, 2023, s. 61-80.

Bobrecka-Jamro D., Piźło H.: Wpływ czynników agrotechnicznych na plonowanie soi w warunkach Polski południowo-wschodniej. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 1996, **198**: 31-44.

COBORU, 2023. Dostępne online: <http://www.coboru.gov.pl>

COBOS. 2013. Polacy o bezpieczeństwie żywności i GMO.

Czopek K., Staniak M.: Możliwości wykorzystania postępu biologicznego w uprawie soi w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2020, **61**(15): 65-77.

10. Dreczka M. (Red.): Tajniki uprawy soi. Poradnik Agrotechniczny. Stowarzyszenie Polska Soja, 2022, ss. 106.

FAOSTAT 2023. Dostępne online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Filoda G., Mróczyński M. (Red.): Metodyka integrowanej ochrony i produkcji soi dla doradców. IOR PIB Poznań, 2016, ss. 135.

Gardinal R., Calomeni G. D., Zanferari F., Vendramini T. H. A., Takiya C. S., Del Valle T. A., Renno F. P.: Different durations of whole raw soybean supplementation during the prepartum period: Milk fatty acid profile and oocyte and embryo quality of early-lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, 2018, **101**: 675-689.

Giallongo F., Oh J., Frederick T., Isenberg B., Kniffen D. M., Fabin R.A., Hristov A. N.: Extruded soybean meal increased feed intake and milk production in dairy cows. Journal of Dairy Science, 2015, **98**: 6471-6485.

Grela E. R., Czech A.: Pasze alternatywne w odniesieniu do soi genetycznie modyfikowanej w żywieniu zwierząt. Wiadomości Zootechniczne, 2019, R. LVII, **2**: 66-77.

Han I. K., Choi Y. J., Chu K. S., Park H. S.: The utilization of full fat soybean for egg production and egg quality in the laying hens. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 1988, **1**(3): 173-178.

Janocha A., Milczarek A., Pietrusiak D., Łaski K., Saleh M.: Efficiency of soybean products in broiler chicken nutrition. Animals, 2022, **12**, **294**: 1-16.

Jarecki W., Bobrecka-Jamro D.: Wpływ terminu siewu na plon i jakość nasion dwóch odmian soi zwyczajnej. Agronomy Science, 2021, **76**(1): 39-48.

Kotecki A. (Red.): Uprawa roślin. Tom III, UP Wrocław, 2020, s. 161-206.

Kotecki A., Lewandowska S.: Studia nad uprawą soi zwyczajnej (*Glycine max* (L.) Merrill) w południowo-zachodniej Polsce. UP Wrocław, 2020, ss. 226.

- Księżak J., Bojarszczuk J.: Ocena efektów produkcyjnych uprawy soi [*Glycine max* (L.) Merr.] w zależności od sposobu przygotowania roli do siewu. *Agronomy Science*, 2023, **78(2)**: 99-112.
- Księżak J., Krasowicz S., Bojarszczuk J.: Efekty produkcyjne i podstawowe problemy agrotechniczne roślin bobrowatych grubonasiennych uprawianych w gospodarstwach ekologicznych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2023, **70(24)**: 99-116.
- Księżak J., Szukała J.: Ważniejsze elementy agrotechniki roślin strączkowych. Wybrane zagadnienia uprawy roślin strączkowych, Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa FAPA, Warszawa, 2015, s. 17-27.
- Maharjan P., Rahimi A., Harding K.L., Chuong Vu T., Malheiros R., Oviado-Rondon E. O., Mian R., Joseph M., Dean L., Anderson K. E., Toomer O.: Effects of full-fat high-oleic soybean meal in layer diets on nutrient digestibility and egg quality parameters of a white laying hen strain. *Poultry Science*, 2023, **102**: 102-486.
- Mirghelenj S. A., Golian A., Kermanshahi H., Raji A. R.: Nutritional value of wet extruded full-fat soybean and its effects on broiler chicken performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 2013, **22**: 410-422.
- Nawracała J., Barłóg P., Wieremczuk A., Ryńska B., i in.: Soja i inne rośliny strączkowe. Agro Wydawnictwo, 2022, ss. 84.
- Niwińska B., Witaszek K., Niedbała G., Pilarski K.: Seeds of n-GM soybean varieties cultivated in Poland and their processing products as high-protein feeds in cattle nutrition. *Agriculture*, 2020, **10**, **174**: 1-13.
- Podleśny J.: Rośliny strączkowe w Polsce – perspektywy uprawy i wykorzystania nasion. *Acta Agrophysica*, 2005, **6(1)**: 213-224.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa. GUS, Warszawa, 2022
- Senkoylu N., Samli H. E., Akyurek H., Agamma A., Yasar S.: Use of high levels of full-fat soybeans in laying hen diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 2005, **14**: 32-37.
- Staniak M., Czopek K., Stępień-Warda A., Kocira A., Przybyś M.: Cold stress during flowering alters plant structure, yield and seed quality of different soybean genotypes. *Agronomy*, 2021, **11(10)**: 2059.
- Staniak M., Stępień A., Czopek K.: Reakcja soi zwyczajnej (*Glycine max* (L.) Merr.) na wybrane stresy abiotyczne. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2018, **57(11)**: 63-74.
- Staniak M., Stępień-Warda A., Czopek K., Kocira A., Baca E.: Seeds quality and quantity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars in response to cold stress. *Agronomy*, 2021, **11**: 520.
- Staniak M., Szpunar-Krok E., Kocira A.: Responses of soybean to selected abiotic stresses – photoperiod, temperature and water. *Agriculture*, 2023, **13(1)**: 146.
- Strzyński P. (Red.): Atlas Strączkowe – identyfikacja agrofagów i niedoborów pokarmowych oraz inne wybrane czynniki. Agro Wydawnictwo, 2023, ss. 224.
- Strzyński P., Kardasz P., Mrówczyński M. (Red.): *Metodyka Integrowanej Produkcji Soi*. IOR PIB Poznań, 2023, ss. 73.
- SoyStats 2023. Dostępne online: <http://www.soystats.com>
- Tacker P., Vories E.: *Arkansas Soybean*. Podręcznik, Chapter 8, Irrigation, 2017. www.uaex.edu.
- The INRAE-CIRAD-AFZ Feed Tables (<https://www.feedtables.com/>)
- Wstępne wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porejestrowych. SOJA 2023, 2022, 2021. COBORU Słupia Wielka.
- Zaworska-Zakrzewska A., Rutkowski A. (Red.): *Zalecenia dotyczące stosowania krajowych pasz białkowych pochodzenia roślinnego w żywieniu świń oraz drobiu*. UP Poznań, 2020.

SPIS TREŚCI

1. Znaczenie gospodarcze	3
2. Wymagania siedliskowe	5
2.1. Wymagania termiczne	5
2.2. Potrzeby wodne	7
2.3. Wymagania glebowe i przedplonowe	10
3. Dobór i charakterystyka odmian.....	11
4. Uprawa roli	20
5. Siew	20
6. Nawożenie	21
7. Pielęgnacja zasiewów	22
8. Zbiór.....	25
9. Wykorzystanie nasion soi w żywieniu zwierząt gospodarskich.....	26
9.1. Substancje antyżywniowe występujące w surowych nasionach soi	28
9.2. Możliwości poprawy wartości pokarmowej nasion soi	29
9.3. Materiały paszowe wytwarzane z nasion soi	33
9.4. Materiały paszowe z nasion soi w żywieniu zwierząt gospodarskich	37
Literatura	42