„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie".

Operacja „Opracowanie innowacyjnej produkcji słomek ze słomy do różnych napojów" współfinansowana jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Działania 16 "Współpraca" Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.

Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Sprawozdanie z badań realizowanych w ramach operacji „Opracowanie innowacyjnej produkcji słomek ze słomy do różnych napojów"

Projekt o nazwie „Opracowanie innowacyjnej produkcji słomek ze słomy do różnych napojów" miał na celu uzyskanie produktu rolnego, jakim jest słoma o ulepszonej przydatności użytkowej, występująca w postaci słomek do picia. Istotnym elementem realizacji przedsięwzięcia było stworzenie, czyli opracowanie i wdrożenie, odpowiednich warunków technicznych, technologicznych oraz organizacyjnych niezbędnych do produkcji słomek ze słomy przeznaczonych do picia różnych napojów. Projekt realizowany był przez grupę składającą się z Lidera – Świętokrzyskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Modliszewicach, rolnika Zdzisława Wiklaka, jednostek naukowych – Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego z siedzibą w Falentach oraz Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego, a także przedsiębiorcy AGROFOREST Roman Kędzior. Realizacja projektu była finansowana w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 w ramach działania M16 „Współpraca".

Sporządził
Mariusz Porębski
Broker ds. sieci na rzecz innowacji w rolnictwie
Świętokrzyski Ośrodek Doradztwa Rolniczego
w Modliszewicach

Zatwierdził

Signed by / Podpisano przez: Agnieszka Janina Pietrzak

Date / Data: 2025-02-27 12:34

Wprowadzenie

Badania przeprowadzone przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy (IHAR-PIB) oraz Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy (ITP-PIB) miały na celu opracowanie technologii produkcji słomek do napojów wykonanych ze słomy. W ramach projektu „Słomka ze Słomy" analizowano zarówno aspekty biologiczne surowca, jak i techniczne możliwości jego przetwarzania.

Badania prowadzone przez IHAR-PIB skupiły się na identyfikacji odmian zbóż i traw wieloletnich, które najlepiej nadają się do produkcji słomek do napojów. W ramach badań oceniano takie parametry jak długość międzywęźli, średnica źdźbeł oraz struktura słomy. Szczególnie wartościowe okazały się odmiany owsa ozimego 'RADZIO', pszenicy ozimej 'DAŃKOWSKA GRANIATKA' oraz gatunki traw wieloletnich, w tym spartina preriowa i proso rózgowate 'MARDAN'. Ponadto przeprowadzono testy wpływu biostymulatorów na jakość słomy, które wykazały, że stosowanie preparatów zawierających krzem przyczynia się do zwiększenia długości i średnicy źdźbeł, co bezpośrednio przekłada się na lepszą jakość finalnego produktu.

Równolegle, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy skupił się na aspektach technicznych procesu produkcji. Kluczowym celem było opracowanie maszyny do zbioru słomy, która minimalizowałaby uszkodzenia źdźbeł, oraz stworzenie technologii umożliwiającej ich skuteczne przechowywanie i dalszą obróbkę. Dzięki opracowanej automatycznej linii produkcyjnej możliwe stało się precyzyjne cięcie, czyszczenie, dezynfekcja i pakowanie słomek, co gwarantuje wysoką jakość finalnego produktu. Badania mechaniczne słomy pozwoliły na określenie kluczowych wymiarów źdźbeł, które najlepiej sprawdzają się w produkcji słomek do napojów.

Istotnym elementem projektu były inwestycje dokonane przez rolnika Zdzisława Wiklaka, które umożliwiły sprawną realizację badań oraz optymalizację procesu produkcyjnego. Kluczowym krokiem było wybudowanie specjalistycznego budynku magazynowego, który zapewnia odpowiednie warunki przechowywania słomy, oraz zakup skrzyniopalet dostosowanych do transportu i magazynowania materiału. Aby usprawnić organizację prac, rolnik nabył ładowarkę teleskopową, która pozwoliła na efektywny załadunek skrzyniopalet na polu oraz ułatwiła utrzymanie czystości w hali łukowej, gdzie magazynowany jest surowiec.

Kolejną istotną inwestycją było nabycie zestawu uprawowo-siewnego o szerokości roboczej 3 metry. Dzięki możliwości regulacji rozstawu rzędów oraz zmniejszonej liczbie rzędów siewnych, maszyna pozwoliła na precyzyjne dozowanie nawozów i środków ochrony roślin, co wpłynęło na uzyskanie słomy o pożądanych parametrach. Dodatkowo zakupiono opryski-

wacz polowy zawieszany o pojemności 1000 litrów, który pozwolił na stosowanie środków poprawiających jakość roślin już w fazie wczesnego wzrostu, co wpłynęło na poprawę właściwości mechanicznych źdźbeł. W ramach usprawnień rolnik zakupił także nowy ciągnik rolniczy do realizacji prac polowych oraz agregat prądotwórczy, który zapewnił stabilne źródło zasilania dla prototypu maszyny do cięcia słomek.

Wszystkie kluczowe komponenty i materiały niezbędne do budowy obu prototypów zostały dostarczone oraz zamontowane dzięki współpracy z konsorcjantem Agroforest Roman Kędzior oraz Politechniką Świętokrzyską. Agroforest odegrał istotną rolę w dostarczeniu zaawansowanych komponentów konstrukcyjnych oraz nadzorował ich montaż, co umożliwiło sprawne wdrożenie innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Natomiast Politechnika Świętokrzyska zapewniła wsparcie inżynieryjne w zakresie projektowania i optymalizacji prototypu maszyny do cięcia słomek. Eksperci z Politechniki opracowali szczegółowe modele konstrukcyjne oraz przeprowadzili testy funkcjonalne urządzenia, co pozwoliło na precyzyjne dostosowanie jego parametrów do potrzeb produkcyjnych. W ramach współpracy przeprowadzono także badania laboratoryjne i polowe, które pozwoliły na ocenę wydajności i trwałości nowej technologii.

Podsumowanie

Projekt „Słomka ze Słomy" stanowi przełomowe osiągnięcie w dziedzinie produkcji biodegradowalnych słomek. W jego ramach udało się nie tylko zidentyfikować odpowiednie odmiany roślin, ale także opracować kompleksową technologię ich zbioru, przechowywania i przetwarzania. Dzięki inwestycjom rolnika Zdzisława Wiklaka oraz współpracy z Agroforest i Politechniką Świętokrzyską możliwe było skuteczne wdrożenie innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Wyniki badań dowodzą, że słomki wykonane z naturalnej słomy mogą stanowić atrakcyjną alternatywę dla plastikowych odpowiedników, wspierając tym samym zrównoważone rolnictwo oraz gospodarkę o obiegu zamkniętym. Wdrożenie opracowanej technologii na szerszą skalę może znacząco przyczynić się do zmniejszenia ilości odpadów plastikowych oraz zwiększenia wykorzystania odnawialnych surowców w przemyśle.

Załącznikami do niniejszego raportu są raporty jednostek naukowych należących do konsorcjum.

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy

Falenty, Aleja Hrabska 3, 05-090 Raszyn

Sprawozdanie z badań realizowanych w ramach operacji

„Opracowanie innowacyjnej produkcji słomek ze słomy do różnych napojów" (akronim **Słomka ze Słomy**) **w zakresie dotyczącym**

oceny techniczno-technologicznej.

Autorzy:

dr inż. Leszek Sergiel

mgr inż. Krzysztof Pyda

dr hab. Zbigniew Kogut

dr hab. Jan Kamionka

Spis treści:

1. Informacje dotyczące operacji Słomka ze słomy
2. Metodyka badań
3. Opracowanie technologii i techniki zbioru słomy z przeznaczeniem do produkcji słomek do napojów
4. Opracowanie technologii i techniki do produkcji słomek do napojów
5. Podsumowanie

1. Informacje dotyczące operacji Słomka ze słomy

Głównymi rezultatami operacji będą:

a) znacznie udoskonalona postać słomy (tj. suchej łodygi pustej w środku niektórych roślin) do postaci słomek o różnej długości i średnicy, przeznaczonych do picia różnych napojów;
b) znacznie udoskonalona technologia produkcji takich słomek, oparta na: * profesjonalnej produkcji wybranych roślin z przeznaczeniem na pozyskiwanie przede wszystkim wysokiej wartości słomy do ich produkcji; * odpowiedniego magazynowania i przechowywania tak wyprodukowanej słomy, aby nie obniżyć jej wartości jako półproduktu do uzyskania słomek do różnych napojów; * zautomatyzowanej produkcji tych słomek, obejmującej takie zabiegi jak np. cięcie słomek z półproduktu w postaci słomy wybranych roślin, ich czyszczenie i mycie wraz z dezynfekcją, pakowanie;
c) znacznie udoskonalona metoda organizacji prac w procesie produkcji takich słomek, wykorzystująca opracowane rozwiązania konstrukcyjne w zbiorze i przechowywaniu półproduktu słomy oraz zautomatyzowanej produkcji słomek różnej długości i średnicy.

Celem głównym jest: I – wyselekcjonowanie i wdrożenie gatunków zbóż i roślin wieloletnich wraz z technologią uprawy udoskonalonej postaci słomy tj suchego, pustego w środku źdźbła lub łodygi. Cel ten będzie realizowany we współpracy z rolnikiem Zdzisławem Wiklakiem i Instytutem Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Państwowym Instytutem Badawczym w Radzikowie, tak aby wybrane formy roślin cechowały się największą przydatnością słomy i były dostosowane do warunków glebowych i produkcyjnych gospodarstwa; II – opracowanie i wdrożenie znacznie udoskonalonej technologii produkcji oraz metody organizacyjnej prac w procesie produkcji słomek. Cel ten będzie realizowany we współpracy z rolnikiem Zdzisławem Wiklakiem, przedsiębiorcą firmą zajmującą się produkcją innowacyjnej linii do produkcji słomek Usługi Spawalnicze Grzegorz Cuch i Instytutem Technologiczno–Przyrodniczym w Kłudzienku: cel ten będzie realizowany poprzez opracowanie i wykonanie maszyny do zbioru słomy, zapewnienie odpowiednich warunków do magazynowania i przechowywania słomy jako półproduktu, opracowanie i wykonanie zautomatyzowanej linii do cięcia słomy wraz z myciem i dezynfekcją i pakowaniem.
Tak wyprodukowane słomki do napojów będą istotnie tańsze od produkowanych obecnie. Rezultaty operacji przyczynią się poprawy wyników gospodarstw rolnych zajmujących się produkcją zbóż i rośli wieloletnich. Mogą też być interesującą ofertą na rynku krajów europejskich.

Pozyskanie właściwej postaci źdźbeł lub łodyg (półproduktów do produkcji słomek) zostanie uzyskane poprzez innowacje w następujących działaniach:

a) odpowiedni dobór i właściwą selekcję gatunków i odmian roślin (na podstawie wiedzy specjalistycznej pracowników naukowych IHAR-u) cechujących się parametrami źdźbeł lub łodyg, spełniającymi przyjęte kryteria jakościowe dla półproduktu do produkcji słomek;

b) dostosowanie (dobór odmian) produkcji roślin na półprodukt (źdźbła lub łodygi) do produkcji słomek do różnych warunków glebowo-siedliskowych (jako alternatywę dla zwiększenia efektywności produkcji rolniczej na glebach niskiej wartości) oraz właściwa ochrona przed chorobami/ szkodnikami i optymalne warunki pokarmowe;

c) właściwy zbiór roślin z plantacji, zapewniający pozyskanie źdźbeł lub łodyg (słomy) jako półproduktu do produkcji słomek w najkorzystniejszej postaci (tzn. nie uszkodzone mechanicznie, jak najdłuższe i bez zanieczyszczeń mechanicznych) przy minimalnych nakładach ekonomicznych (w tym energetycznych i pracy ludzkiej) z jednoczesnym odzyskaniem plonu ziarna (za pomocą opracowanej/zmodernizowanej maszyny do zbioru);

d) odpowiednie warunki magazynowania i przechowywania źdźbeł lub łodyg zebranych z plantacji, umożliwiające uzyskanie właściwego półproduktu do produkcji słomek: nie uszkodzonego mechanicznie, o optymalnej wilgotności (bez pleśni i innych chorób) przy minimalnych nakładach pracy ludzkiej i maksymalnej wydajności magazynowania (w paletach transportowanych wózkiem widłowym, z ochroną chemiczną przed chorobami i szkodnikami, przy kontrolowanej wilgotności z wymuszoną wentylacją);

Proces organizacji przetwarzania źdźbeł lub łodyg (słomy) do postaci słomek do napojów zostanie uzyskany poprzez innowacje w następujących działaniach:

a) opracowaniu i wykonaniu modelu badawczego zautomatyzowanej maszyny do finalnej produkcji słomek do napojów, realizującej w odpowiedniej kolejności niezbędne czynności technologiczne dla uzyskania słomek do napojów (różnej średnicy i długości) i ich zapakowania do dystrybucji;

b) właściwej realizacji następujących zabiegów: zbiór półproduktu (źdźbeł lub łodyg) z pola/plantacji, selekcja półproduktu i wstępne oczyszczanie (po pobraniu z magazynu), transport (podawanie) do zautomatyzowanej maszyny, odbiór zapakowanych słomek i składowanie w magazynie.

Celami szczegółowymi są wskaźniki jakościowe dotyczące:

a) półproduktu (źdźbeł lub łodyg),

b) produktu finalnego (zapakowanych słomek), c) technologii i metody organizacji produkcji zapakowanych słomek (wyszczególnione w pkt. 3.5).

Wskaźniki jakościowe:

a) wymagania dot. półproduktu (źdźbeł lub łodyg):

− brak glutenu, pierwiastków i związków chemicznych szkodliwych dla człowieka, a także smaku i zapachu,

− uszkodzenia mechaniczne (zgniecenia, złamania) poniżej 2%,

− gładka powierzchnia (wewnętrzna i zewnętrzna) o chropowatości Ra≤0,8 mm,

− średnica wewnętrzna od 2 do 10 mm (w przedziałach 2-4, 4-6, 6-8 i 8-10 mm),

− długość między węzłami powyżej 200 mm,

− porażenie chorobami i szkodnikami poniżej 0,5%,

b) wymagania dot. produktu finalnego (zapakowanych słomek):

− asortyment średnic wewnętrznych (od 2 do 10 mm) i długości (od 100 do 300 mm),

− liczba w opakowaniu od 5 do 500 szt.,

− czyste i zdezynfekowane (wolne od grzybów i bakterii w 100%),

− krawędzie proste i skośne,

c) wymagania dot. technologii i metody organizacji produkcji zapakowanych słomek:

− minimalizacja nakładów robocizny i energii,

− maksymalizacja asortymentu finalnego (dot. średnic wewnętrznych i długości słomek oraz ich sztuk w opakowaniu),

− minimalizacja jednostkowego kosztu produkcji.

Prototyp maszyny do zbioru słomy, jako półproduktu do produkcji słomek, z produkowanych w tym celu roślin;

Prototyp obiektu magazynowo-przechowalniczego (wraz z wyposażeniem) dla zebranej z pola słomy jako półproduktu w produkcji słomek;

Prototyp zautomatyzowanej maszyny do finalnej produkcji słomek do napojów;

Nowa wiedza dot. produkcji słomek do napojów ze słomy, w szerokim asortymencie użytkowym;

Podniesienie poziomu wiedzy praktycznej dot. produkcji słomek do napojów ze słomy;

Wytyczne do stosowania znacznie udoskonalonej technologii i metody produkcji słomek do napojów ze słomy;

Film popularno-naukowy dot. produkcji słomek do napojów ze słomy.

2. Metodyka badań

W proponowanej operacji będą wykonywane w ramach prac rozwojowych następujące zadania:

a) wybór roślin (na podstawie aktualnej wiedzy, istniejących już charakterystyk) przydatnych jako potencjalny półprodukt do produkcji słomek, dla różnych warunków glebowych i produkcyjnych gospodarstw rolnych, cechujący się największą przydatnością słomy dla uzyskania szerokiego asortymentu słomek (spełnienia wymagań jakościowych z pkt. 3.5), rośliny te zostaną użyte do doświadczeń poletkowych w celu potwierdzenia i uzupełnienia charakterystyk jakościowych półproduktu z pkt. 3.5 (IHAR-PIB, G. Żurek);

b) wykonanie na podstawie opracowanych założeń i dokumentacji, podzespołów i modelu badawczego, maszyny do zbioru słomy, jako półproduktu do produkcji słomek do napojów, z produkowanych w tym celu roślin oraz poprawki w konstrukcji na podstawie wyników prac badawczych (GC US, G. Cuch);

c) wykonanie modelu badawczego, na podstawie opracowanych założeń i dokumentacji, obiektu magazynowo-przechowalniczego dla zebranej z pola słomy jako półproduktu (ZW, Z. Wiklak);

d) wykonanie modelu badawczego, na podstawie opracowanych założeń i dokumentacji, zautomatyzowanej maszyny do finalnej produkcji słomek oraz poprawki konstrukcji (GC US, G. Cuch);

e) założenie i prowadzenie obiektów doświadczeń łanowych u rolników dla kształtowanej produkcji słomy (zależnej od przyjętego asortymentu słomek i warunków jej produkcji) z przeznaczeniem na produkcję słomek do napojów, na obiektach tych będą prowadzone doświadczenia porównawcze (prace badawcze) kilku wybranych form produkcji roślin na półprodukt przy różnym nawożeniu i ochronie chemicznej (ŚODR, M. Porębski).

Oceniane przydatne parametry jakościowe szukanych roślin zestawiono w pkt.3.5; Warunki glebowe (rodzaj/skład gleby, pH i warunki wilgotnościowe, składniki pokarmowe) i produkcyjne zostaną określone podczas badań charakteryzujących środowisko; Główne założenia modelu badawczego maszyny do zbioru słomy: ciągnik rolniczy jako środek napędowy; dwa cięcia słomy (źdźbeł lub łodyg) na długości: jedno nisko przy glebie a drugie cięcie wysoko, gdzie słoma już nie jest przydatna jako półprodukt dla słomek; miejsce/położenie obu cięć słomy regulowane (zmieniane); słoma z przeznaczeniem na półprodukt wiązana w "wiązki" ale bez uszkadzania, z możliwością zbierania jej bezpośrednio do skrzynio-palet; słoma z gór-

nych partii źdźbeł lub łodyg zawierająca np. nasiona transportowana np. na jadącą obok przyczepę lub do zbiornika. Założenia modelu badawczego obiektu magazynowo-przechowalniczego to: stworzenie odpowiednich warunków magazynowania i przechowywania słomy (źdźbeł lub łodyg) przy minimalnych nakładach pracy ludzkiej i maksymalnej wydajności, a w szczególności: * zapobiegnięcie rozwojowi chorób i szkodników (odpowiednia wilgotność powietrza, kontrolowana i regulowana wymuszoną wymianą) wewnątrz magazynu oraz * składowanie i transport słomy do/z magazynu w paletach przy wykorzystaniu wózka widłowego,* ustawianie w magazynie palet tak aby maksymalnie wykorzystać powierzchnię przy jednoczesnym zapewnieniu efektywnej wymiany powietrza, * odpowiednia ochrona przed chorobami i szkodnikami adekwatna dla półproduktu przeznaczonego do produkcji słomek do różnych napojów. Założenia modelu badawczego zautomatyzowanej maszyny (linii produkcyjnej) to automatyczna realizacja następujących czynności: pobieranie z palety pojedynczych źdźbeł lub łodyg, wstępne czyszczenie, identyfikację odnośnie przekroju, cięcie z pominięciem węzłów na odpowiednią (regulowaną) długość pod odpowiednim (regulowanym) kątem, mycie dezynfekcja i suszenie, liczenie i pakowanie w opakowania (o regulowanej liczbie słomek). Prace rozwojowe będą prowadzone m.in. nad wyborem/doborem: źródła sygnału identyfikującego węzły w słomie, sposobie cięcia słomy (nożowy czy tarczowy a może laserowy), sposobie/metodzie mycia dezynfekcji i suszenia słomek. Prace nad udoskonaleniem metody organizacji w procesie przetwarzania słomy na słomkę są: a) efektem prac nad poprawą słomy jako produktu oraz b) efektem prac nad technologią (zbioru, magazynowania i automatycznej linii) produkcji słomek: głównym parametrem/wskaźnikiem stosowanym w udoskonalaniu metody organizacji jest wskaźnik efektywności produkcji (jednostkowy). Maksymalizacja tego wskaźnika przy jednoczesnej minimalizacji ponoszonych kosztów produkcji (innego wskaźnika oceny) pozwoli udoskonalić metodę organizacji przy różnych wariantach technologicznych (w tym rozwiązań konstrukcji maszyn).

3. Opracowanie technologii i techniki zbioru słomy z przeznaczeniem do produkcji słomek do napojów

Analiza możliwych do wykorzystania technologii zbioru zbóż z pozyskiwaniem słomy (półproduktu) do produkcji słomek ze słomy.

- Zbiór dwuetapowy z omłotem w magazynie (np. młocarnia szerokomłotna)

Technologia generuje duże straty ziarna w trakcie zbioru i transportu oraz uszkodzenia źdźbeł słomy w prackie omłotu. Realizacja zbioru bardzo pracochłonna.

- Zbiór jednoetapowy z omłotem na polu (słoma zbierana jest dwuetapowo)
  Struktura źdźbeł słomy po omłocie w tracie zbioru przy użyciu kombajnu zbożowego jest całkowicie zniszczona ze względu na nieuregulowany sposób przechodzenia poszczególnych źdźbeł przez zespół młócący.
- Zbiór zboża jednoetapowy z omłotem na polu (zbiór słomy dwuetapowy z podwójnym cięciem słomy).
  Technologia opracowana na potrzeby pozyskania słomy do produkcji słomek do napojów.

W operacji zespół GO „Słomka ze słomy" zdecydował się na opracowanie nietypowej technologii dwuetapowej polegającej na wysokim ścięciu kłosów, kombajnem zbożowym i zbiór pozostałej słomy przy wykorzystaniu specjalnie opracowanej maszyny.

Zbiór zboża w pierwszym etapie przy wykorzystaniu kombajnu zbożowego realizowany na wysokości 2/3 roślin (35- 50 cm). W drugim etapie zbiór stojącej słomy pozostającej pomiędzy śladami kół kombajnu. W zależności od rodzaju zastosowanego kombajnu do zbioru zboża (kłosów) jest to szerokość ok. 180 - 200 cm. Słoma nadająca się do zbioru z przeznaczeniem do produkcji słomek znajduje się na ok. 70- 80 % powierzchni, pozostała część jest połamana i przygnieciona kołami w trakcie przejazdu kombajnu.

Do zbioru pozostałej słomy w drugim etapie opracowano specjalną maszyną koszącо pakującą. Maszyna umożliwia niskie (5 - 10 cm) ścięcie słomy, transport z wstępnym rozluźnianiem do skrzyniopalet znajdujących się na maszynie. Schemat budowy maszyn rys. 2.

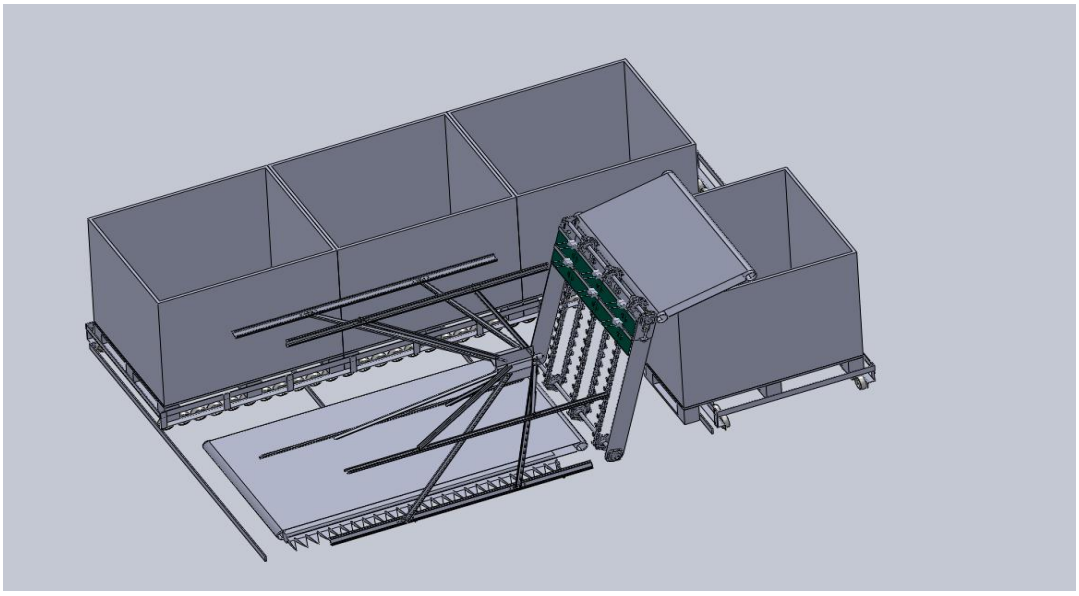
Wymagania techniczne maszyny:

- niskie ścinanie słomy w zakresie od 5 do 12 cm;
- wstępna rozluźnienie słomy;
- załadunek do skrzyniopalet o wymiarach maksymalnych (l x b x h) 1200x1000x1000 mm;
- zasobnik na minimum 3 puste skrzyniopalety na maszynie;
- obsługa maszyny maksymalni 1 osoba + traktorzysta.

Koncepcja budowy maszyn do pozyskiwania słomy z przeznaczeniem do produkcji słomek

Punktem wyjściowym opracowania koncepcji maszyny do zbioru słomy z przeznaczeniem do produkcji słomek do napojów było założenie, że słoma będzie magazynowa i transportowana

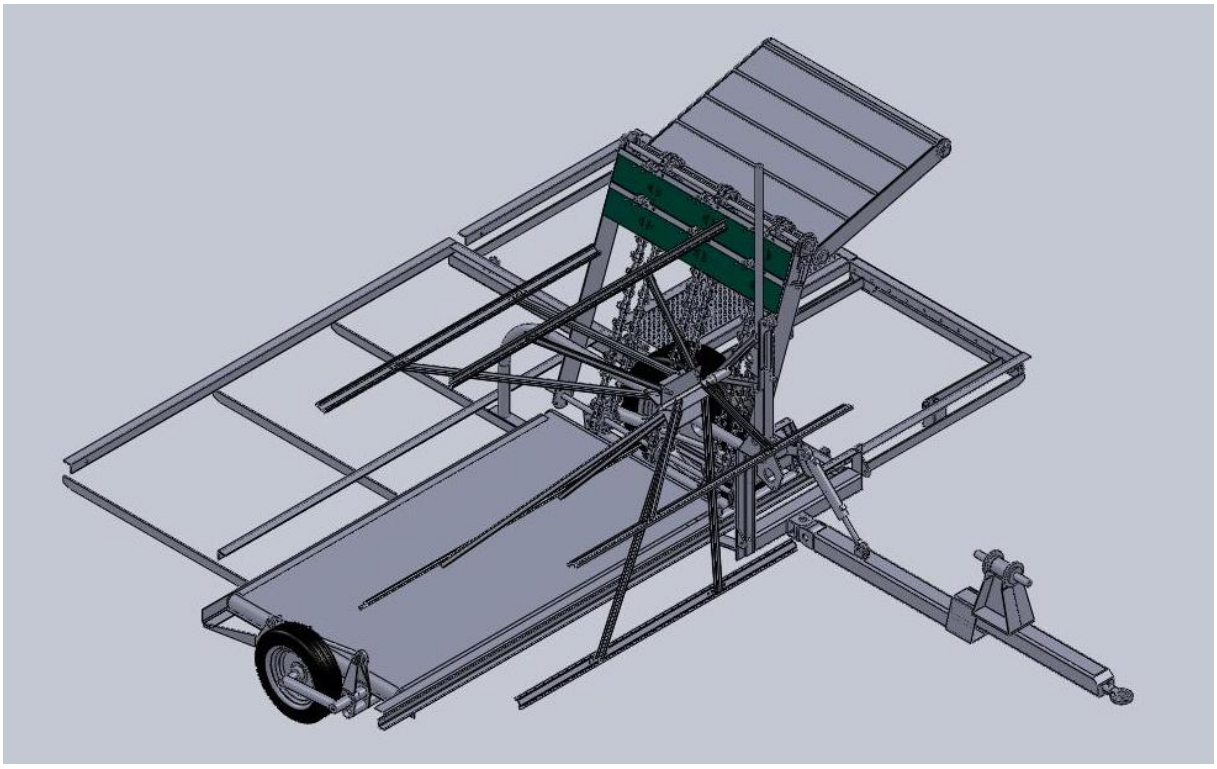
w skrzynio paletach o wymiarach (l x b x h) 1200x1000x1000 mm. Taka forma składowania i transportu słomy umożliwia mechanizację pracy na każdym etapie oraz zapewnia wysoką jakość półproduktu (brak zgniatania słomy i możliwość jej przewietrzania). Słoma załadowana do skrzyniopalet w trakcie zbioru umożliwia ich mechaniczny załadunek na środki transportowe, np. przyczepy rolnicze, za pomocą ładowarki lub ciągnika rolniczego z ładowaczem czołowym a następnie transport do gospodarstwa/przetwórni. Na miejscu rozładunek i transport do magazynu może odbywać się również przy użyciu ładowarki lub wózka widłowego. Do zapewnienia odpowiedniej wydajności zbioru maszyna usiała posiadać odpowiednią szerokość roboczą. Przyjęto długość zespołu tnącego 180 cm jako optymalna dla zapewnienia dobrej wydajności a jednocześnie umożliwienia budowy maszyny o szerokości transportowej poniżej 300 cm. Szerokość maszyny poniżej 300 cm umożliwia poruszanie się zestawu maszyny z ciągnikiem rolniczym po drogach publicznych. Dla utrzymania odpowiedniej wydajności zbioru, przy tak objętościowym materiale jakim jest słoma konieczne okazało się wyposażenie maszyny w zasobnik na minimum 3 skrzyniopalety. Maszyna zapewniająca dobrą wydajność zbioru z listwą tnącą o długości 180 cm i zasobnikiem palet została opracowana jako przyczepiana do ciągnika rolniczego. Model koncepcyjny maszyny przedstawia rys. 1.



Rys . 1. Model koncepcyjny maszyny do zbioru słomy z przeznaczeniem do produkcji słomek do napojów

Opracowanie trójwymiarowego modelu maszyny wykazało błędną koncepcję lokalizacji kół jezdnych. Usytuowanie kół w środkowej części maszyny dla zapewnienia odpowiednio niskiej

wysokości cięcia, w zakresie 5 – 10 cm powodowało uzyskiwanie znacznych zmian pochylenia maszyny (rys. 2.). Duże pochylenie maszyny do przodu (od 0˚ do 17˚) w tracie zbioru wpływałoby na niekontrolowane przemieszcza się masy roślinnej i nieprawidłowy załadunek do skrzyniopalet. Drugim mankamentem byłaby utrudniona obsługa pustych i pełnych skrzyniopalet na prowadnicach rolkowych maszyny.

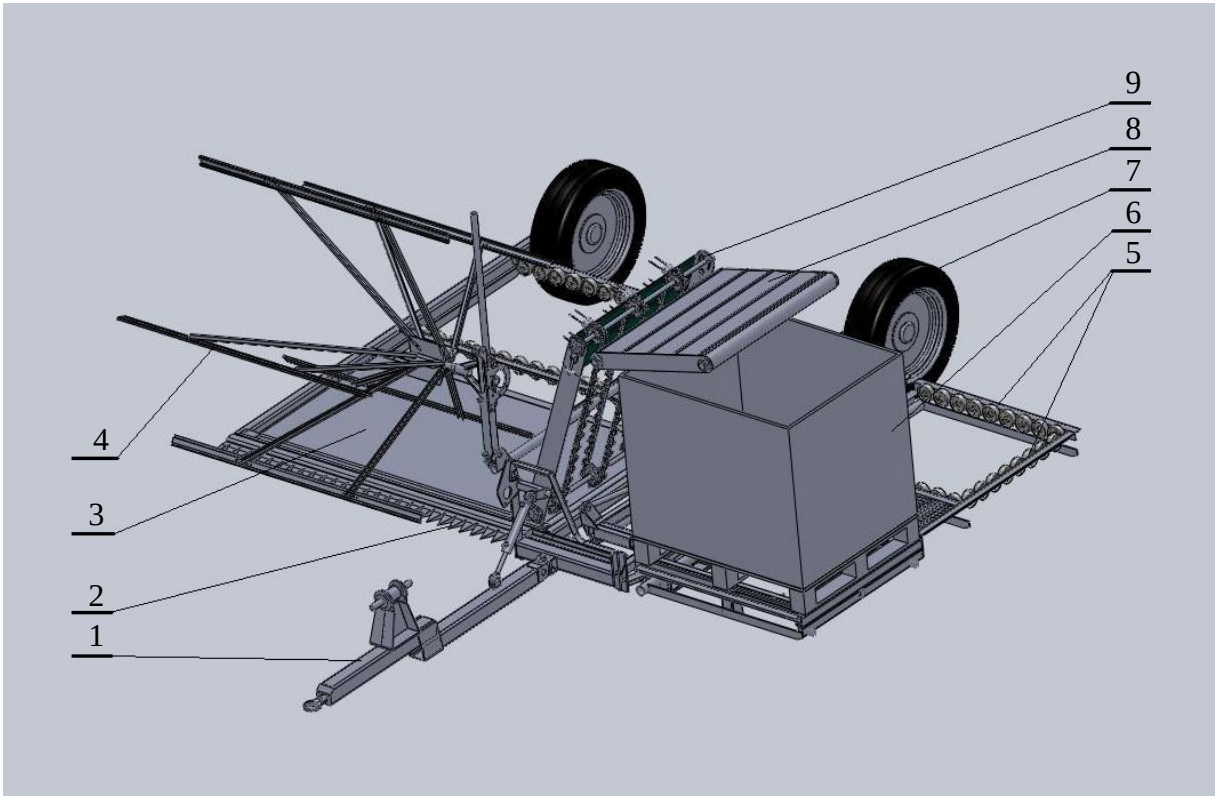


Rys. 2. Wirtualny model maszyny do zbioru słomy z przeznaczenie do produkcji słomek do napojów z środkowym usytuowaniem kół jezdnych.

Alternatywnym rozwiązaniem, które zostało zastosowane, było usytuowanie kół jezdnych w tylnej części maszyny (rys. 3). Taka lokalizacja kół wpłynęła na zmniejszenie kąta pochylenia maszyny do kilku stopni co znacznie poprawiło parametry jej pracy.

Opracowana maszyna do zbioru słomy z przeznaczenie do produkcji słomek do napojów współpracuje z ciągnikiem rolniczym o mocy minimalnej 60 KM wyposażonym w polowy zaczep, tylny WOM oraz hydraulikę zewnętrzną o wydajności minimalnej 50 l/min. Zespół tnący oraz nagarniacz napędzane są z poprzez wałek odbioru mocy ciągnika natomiast podajniki uzyskują napęd z hydrauliki zewnętrznej ciągnika. Hydraulika siłowa ciągnika umożliwia też regulację wysokości pracy maszyny oraz jej składanie do pozycji transportowej. Możliwe są dwa sposoby wyładunku pełnych skrzyniopalet. Wyładunek oczny oraz tylni. Wyładunek boczny możliwy jest bez zatrzymywania jazdy maszyny i w zasobniku mogą znajdować się

maksymalnie 3 skrzyniopalety. Wyładunek do tyłu wymaga zatrzymania pracy i jazy maszyny a w zasobniku mogą znajdować się maksymalnie 2 skrzyniopalety.



Rys. 3. Maszyna do zbioru słomy z przeznaczenie do produkcji słomek do napojów. Opis budowy: 1 – dyszel zaczepowy, 2 – zespół tnący listwowy typu podporowego, 3 – przenośnik poziomy parciano-gumowy, 4 – nagarniacz słomy, 5 – zespół rolek umożliwiających przesuw zkrzyniopalet z zasobnika do komory załadunkowej, 6 – skrzyniopaleta w komorze załadunkowej, 7 – koło jezdne, 8 – przenośnik pochyły ułatwiający wypełnienie skrzynio palet, 9 – przenośnik łańcuchowo-palcowy pionowy, rozluźniający skoszoną słomę.

Charakterystyka techniczna maszyny do zbioru słomy z przeznaczenie do produkcji słomek do napojów

Rodzaj maszyny (agregatowanie z ciągnikiem)	przyczepiana
Rodzaj napędu	WOM 540 obr/min oraz hydraulika zewnętrzna ciągnika
Szerokość robocza	180 cm
Wysokość cięcia	5 ÷ 20 cm
Wielkość skrzyniopalet (l x b x h)	120 x 100 x 100 cm

Zdolność przewożenia skrzyniopalet	W trakcie pracy: 3 w zasobniku i 1 w komorze załadunku
Wymiary maszyny	Praca polowa 460 x 420 x 220 cm Transport 460 x 300 x 220 cm
Masa maszyny	1200 kg
Całkowite zapotrzebowanie mocy	45 KM
Zapotrzebowanie wydatku oleju	50 l/min

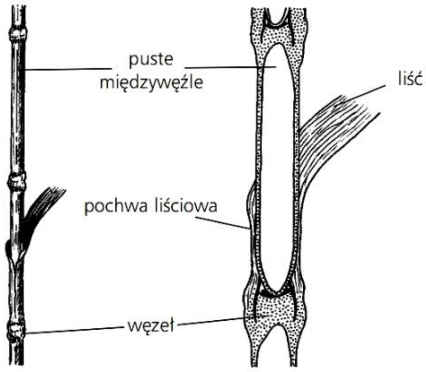
4. Opracowanie technologii i techniki do produkcji słomek do napojów

Pomiary słomy do opracowania urządzenia tnącego.

Do opracowania od podstaw urządzenia tnącego słomę na słomki wymagane było zapoznanie się z półproduktem w postaci słomy zbożowej dostarczanej z pola uprawnego. Wykonano pomiary losowych próbek, aby określić ich statystyczne rozmiary takie jak: długość, średnica zewnętrzna, grubość ścianki, średnica węzłów (kolanek), odległość pomiędzy węzłami (kolankami). Zbadano także wytrzymałość na ściskanie magazynowanych próbek, aby określić statystyczną siłę z jaką można działać na wytwarzane słomki.

Próbki słomy zbożowej poddawane oględzinom i badaniom

Najczęściej słoma dostarczana do cięcia na słomki posiadała cztery segmenty i trzy węzły z pochwami liściowymi oraz liśćmi.



Budowa łodygi rośliny zbożowej

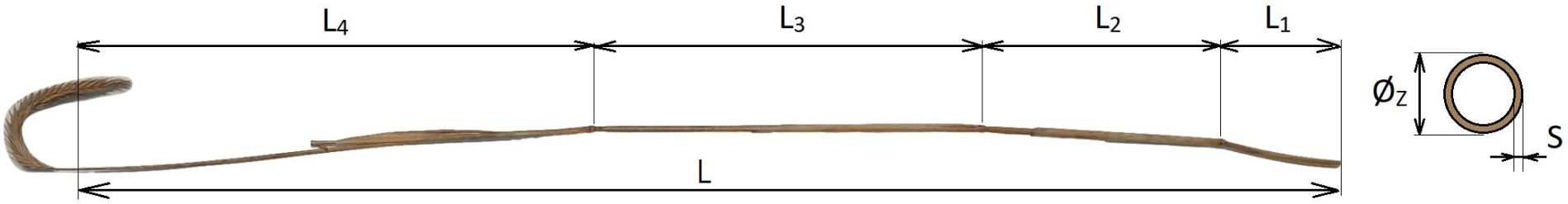
Typowe długości zebranej słomy wynosiły ponad 800 mm. Grubość ścianki słomy zwiększa się w stronę korzenia przyjmując wartości pomiędzy 0,32 – 0,52 mm. Średnica zewnętrzna mierzonych segmentów słomy zawiera się między 2,8 - 5,2 mm.

Już w etapie pomiarów zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania węzłów jako punktów odniesienia w pomiarze długości słomy. Statystycznie zmiana średnicy w przejściu z międzywęźla do kolanka w kierunku od korzenia do kłosa wynosi $\Delta_{\emptyset} \approx 1{,}2$ mm. Jest to wyraźna różnica możliwa do wychwycenia w różnych metodach pomiarowych. Na podstawie pomiarów stwierdzono, że najbardziej obiecującą częścią rośliny do produkcji słomek jest drugie i trzecie międzywęźle. Posiada największą średnicę około 4,8 mm, największą długość 160-300 mm oraz grubość ścianki wynoszącą 0,38-0,42 mm.

Wyniki pomiarów segmentów i węzłów z losowo wybranych próbek zamieszczono w tabelach:

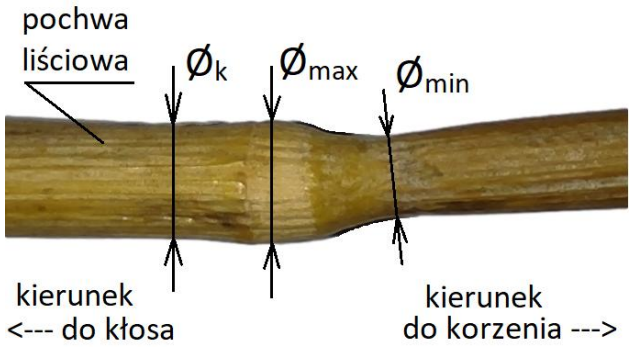
„Pomiary słomy bez pochew liściowych”, oraz „Pomiary słomy z pochwami liściowymi”

Pomiary słomy bez pochew liściowych		Dokłosie			Trzecie międzywęźle			Drugie międzywęźle			Pierwsze międzywęźle		
L.P.	Długość całkowita L [mm]	Przeciętna średnica zewnętrzna $Ø_{Z4}$ [mm]	Długość segmentu L_4 [mm]	Średnia grubość ścianki S_4 [mm]	Przeciętna średnica zewnętrzna $Ø_{Z3}$ [mm]	Długość segmentu L_3 [mm]	Średnia grubość ścianki S_3 [mm]	Przeciętna średnica zewnętrzna $Ø_{Z2}$ [mm]	Długość segmentu L_2 [mm]	Średnia grubość ścianki S_2 [mm]	Przeciętna średnica zewnętrzna $Ø_{Z1}$ [mm]	Długość segmentu L_1 [mm]	Średnia grubość ścianki S_1 [mm]
1.	900	3	380	0,36	4,2	300	0,38	5	200	0,44	4,8	20	0,48
2.	960	2,8	380	0,38	4,8	360	0,38	5,2	160	0,4	5	40	0,52
3.	910	3,2	340	0,32	4,7	300	0,35	5,1	180	0,42	4,6	90	0,48
4.	940	2,9	350	0,38	4,3	320	0,41	4,9	190	0,46	4,4	80	0,50
5.	970	3,2	460	0,36	4,8	310	0,36	5	170	0,4	4,6	30	0,46
6.	880	3	360	0,34	4,6	280	0,39	5,2	160	0,44	4,7	80	0,48
7.	880	3	320	0,34	4,5	300	0,38	4,8	200	0,42	4,4	60	0,48



Pomiary słomy z pochwami liściowymi	Trzecie kolanko			Drugie kolanko			Pierwsze kolanko			Węzeł krzewienia			Różnica pomiędzy średnicą maksymalną i minimalną		
L.P.	Średnica min. w stronę kłosa $Ø_{k3}$ [mm]	Średnica maks. $Ø_{max3}$ [mm]	Średnica min. w stronę korzenia $Ø_{min3}$ [mm]	Średnica min. w stronę kłosa $Ø_{k2}$ [mm]	Średnica maks. $Ø_{max2}$ [mm]	Średnica min. w stronę korzenia $Ø_{min2}$ [mm]	Średnica min. w stronę kłosa $Ø_{k1}$ [mm]	Średnica maks. $Ø_{max1}$ [mm]	Średnica min. w stronę korzenia $Ø_{min1}$ [mm]	-	-	-	$Ø_{max3}$ - - $Ø_{min3}$	$Ø_{max2}$ - - $Ø_{min2}$	$Ø_{max1}$ - - $Ø_{min1}$
1.	3,52	4,27	3,24	4,61	5,52	4,18	4,87	5,6	4,4	-	-	-	1,03	1,34	1,2
2.	3,63	4,5	3,3	4,73	5,6	4,2	4,93	5,58	4,43	-	-	-	1,2	1,4	1,15
3.	4,02	5,06	3,54	4,87	5,7	4,06	5	5,42	4,26	-	-	-	1,52	1,64	1,16
4.	3,78	4,66	3,42	4,46	5,34	4,17	5,12	5,63	4,48	-	-	-	1,24	1,17	1,15

5.	3,94	4,73	3,58	4,79	5,46	4,44	4,9	5,7	4,5	-	-	-	1,15	1,02	1,2
6.	3,38	4,41	3,08	4,5	5,38	3,93	4,72	5,68	4,12	-	-	-	1,33	1,45	1,56
7.	3,51	4,13	3,02	4,41	5,03	3,8	4,43	4,75	3,82	-	-	-	1,11	1,23	0,93
										min			**1,03**	**1,02**	**0,93**
										max			**1,52**	**1,64**	**1,56**
									1,25 ←	**średnia**			**1,23**	**1,32**	**1,19**
									1,2 ←	**mediana**			**1,2**	**1,34**	**1,16**



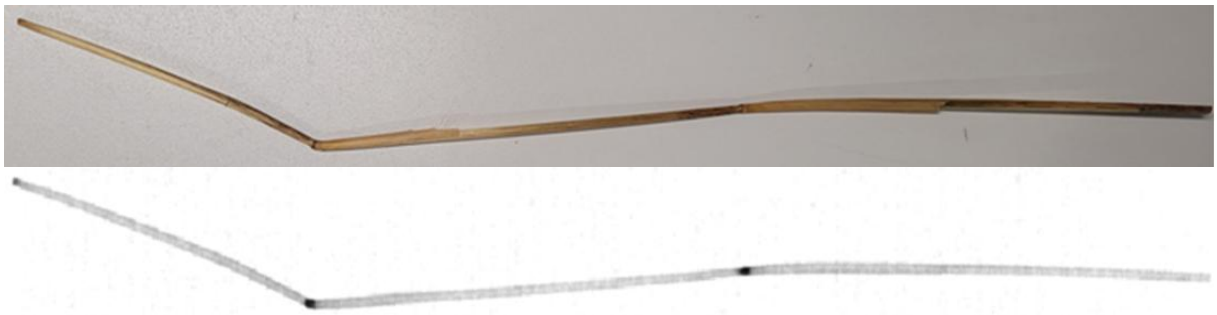
Podczas wykonywania pomiarów słomy zwrócono dokładniej uwagę na zmianę ciągłości materiału
w węzłach rośliny. Węzły mają być odrzucane podczas produkcji, aby słomki pozostawały puste
w środku. Przeanalizowano i przemyślano różne metody cięcia, które mogłyby być wykorzystane
w produkcji słomek. Przyjęto, że najbardziej praktyczne będzie użycie ostrza ustawionego pod odpowiednim kątem i prostopadle do osi słomy. Odrzucono sposoby takie jak: cięcie laserem, wodą lub ostrzem obrotowym. Te metody byłyby niepraktyczne i o wiele kosztowniejsze w realizacji.

Kolejnym krokiem było dobranie sposobu pomiaru słomy, który umożliwiłaby odróżnianie węzłów od segmentów. Skupiono się nad dwoma technologiami obrazowania z uczeniem maszynowym:

1. Wykorzystanie kamer i oprogramowania do rozpoznawania obrazu.
2. Wykorzystanie skanera rentgenowskiego z dedykowanym oprogramowaniem.

Zdjęcia węzłów w słomie. Wyraźne zmiany ciągłości kształtu.

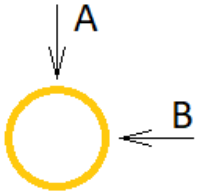
Obie metody pozwoliły precyzyjnie odróżniać węzły od segmentów. Niestety podczas prób zaobserwowano problem z nieregularnością słomy. Każda roślina rośnie w losowym kierunku i umieszczenie jej w jednej linii jest bardzo utrudnione. Łodygi nie zachowują powtarzalnej prostości, przez co kłopotliwe jest ich transportowanie przez detektor i przemieszczanie przed obiektywem kamery. Dla urządzenia, które ma produkować słomki szybko i w dużej ilości jest to istotny problem.



Zdjęcia próbek słomy z detektora RTG. Widoczne wyraźne kolanka, a także wyróżniające się pochwy liściowe.

Dodatkową komplikacją okazała się kontrola jakości ciętej słomy. Wiele z dostarczonych łodyg posiadało uszkodzenia struktury. Pęknięcia poprzeczne są wykrywalne w rozpoznawaniu obrazów, ale pęknięcia podłużne okazały się być bardzo utrudnione lub niemożliwe do wychwycenia. Rozpoznawanie pęknięć słomy stało się kolejnym problemem do rozwiązania.

Przeprowadzono eksperymenty ze ściskaniem poprzecznym słomek ze słomy. W próbach ściskania walcowym wgłębnikiem słoma ulegała wyraźnym odkształceniom i pękała wzdłużnie przy osiąganiu siły niszczącej. Po zakończeniu próby wracała do swojego pierwotnego kształtu, maskując pęknięcia.



A - widoki od strony działania walcowym wgłębnikiem
B - widoki po obróceniu słomy o 90° wokół osi

Próbka przed ściskaniem- widok górny A

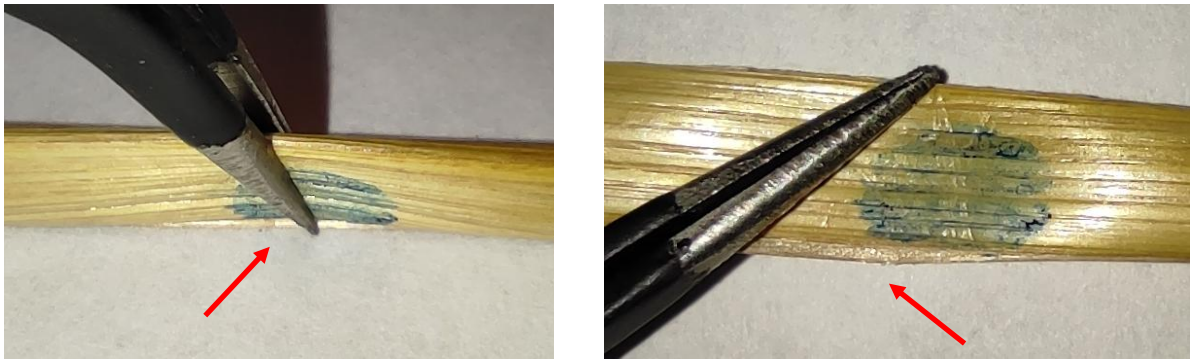
Próbka po ściskaniu- widok górny A

Próbka przed ściskaniem- widok boczny B

Próbka po ściskaniu- widok boczny B

Po zgnieceniu próbek wgłębnikiem i odjęciu siły, włókna słomy powracają sprężyście prawie do pierwotnego wyglądu. Przemieszczenie względem początkowego kształtu jest tak niewielkie, że może być mierzone w mikrometrach. Bez precyzyjnych narzędzi zaobserwowanie takich zmian jest prawie niemożliwe. Dla oka lub kamery są to zmiany wręcz niewykrywalne.

Efekt powrotu włókien rośliny do pierwotnego kształtu po odjęciu siły



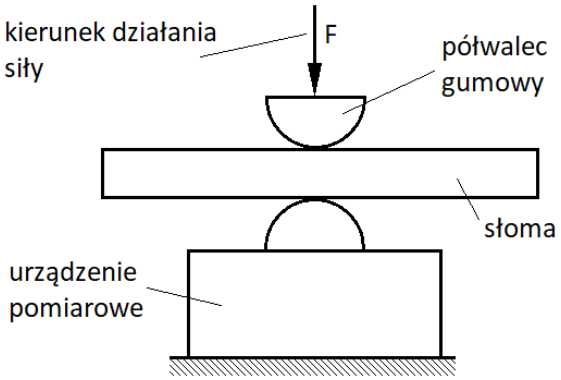
Widok na pęknięcia podłużne słomy podczas nacisku.

Zgniatanie powoduje wzdłużne pęknięcia, które po odjęciu siły stają się słabo widoczne.

W produkcji słomek ze słomy na dużą skalę powinna być zachowana powtarzalność produktu i jego jakość, w innym wypadku taka produkcja okazałaby się nieefektywna. Wskazane problemy z wykrywaniem węzłów i pęknięć w słomie sprawiły, że postanowiono wrócić do fazy projektowania i spróbować szybko je rozwiązać.

W odpowiedzi na zaobserwowane pęknięcia podłużne w słomie, zdecydowano się na wykorzystanie czujnika tensometrycznego w urządzeniu do cięcia. Pomysł opiera się na wykorzystaniu pomiaru sił działających w przekroju poprzecznym słomy. Mierząc wartość siły można jednocześnie stwierdzać obecność kolanka oraz pęknięcie podłużne w słomie. Kolanka (węzły), które miały być początkowo odrzucane, potraktowano jako część rośliny potrzebną w etapie pomiaru jej długości. Zmieniono początkową koncepcję podawania słomy przenośnikiem wzdłuż do nieruchomego urządzenia tnącego. Przeprojektowano urządzenie tnące tak, aby mogło poruszać się wzdłuż słomy podanej do niego poprzecznie.

Do zrealizowania takiego sposobu pomiaru i cięcia potrzebne było dokładne ustalenie jak zachowują się łodygi rośliny pod wpływem nacisku. Wykonano więc serie pomiarów z odnotowaniem maksymalnych sił w wybranych przekrojach poprzecznych słomy. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli: „Pomiary maksymalnych sił nacisku w przekrojach poprzecznych słomy”



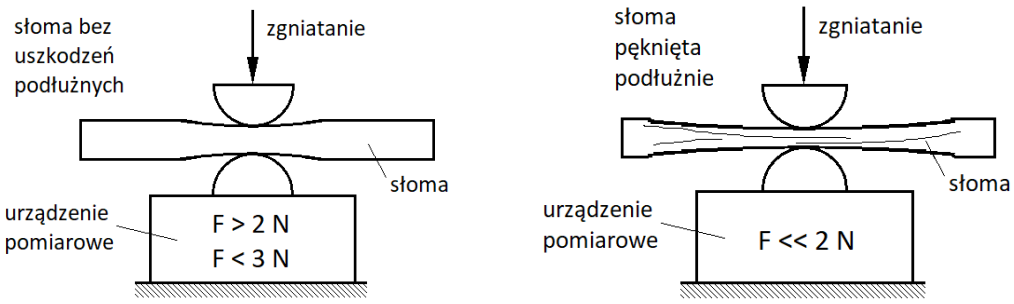
Sposób pomiaru siły w przekroju poprzecznym słomy

	Pomiary maksymalnych sił nacisku w przekrojach poprzecznych słomy (Próby ściskania wykonywano umieszczając materiał pomiędzy dwoma półwalcami z gumy NBR o promieniach 10 mm)																	
	Dokłosie				Kolanko 3	Trzecie międzywęźle			Kolanko 2	Drugie międzywęźle				Kolanko 1	Pierwsze międzywęźle				Węzeł krzewienia
L.P.	Pomiary maks. siły nacisku [N]			Średnia maks. siła nacisku F_4 [N]	Maks. siła nacisku F_{K4} [N]	Pomiary maks. siły nacisku [N]			Średnia maks. siła nacisku F_3 [N]	Maks. siła nacisku F_{K3} [N]	Pomiary maks. siły nacisku [N]			Średnia maks. siła nacisku F_2 [N]	Maks. siła nacisku F_{K2} [N]	Pomiary maks. siły nacisku [N]			Średnia maks. siła nacisku F_1 [N]	Maks. siła nacisku F_{K1} [N]
1.	7	10	8	8,3	> 50	5	5	5	5	> 50	7	5	7	6,3	> 50	5	7	4	5,3	-
2.	6	14	15	12	> 50	5	8	4	5,6	> 50	3	3,5	4	3,5	> 50	-	-	-	-	-
3.	3,5	5	5	4,5	> 50	3	3,5	3	3,2	> 50	4,5	4	7	5,2	> 50	-	-	-	-	-
4.	10	11	9	10	> 50	8	10	10	9,3	> 50	12	14	8	11	> 50	7	8	7,5	7,5	-
5.	4	3,5	3,5	3,7	> 50	4	5	3,5	4,2	> 50	3	3	3,5	3,2	> 50	3,5	3	3	3,2	-
6.	6,5	4	7,5	6	> 50	7	4,5	6,5	6	> 50	7,5	5,5	6	6,3	> 50	-	-	-	-	-
7.	5,5	5	6	5,5	> 50	6	5	6	5,7	> 50	6,5	6	6	6,2	> 50	5,5	6,5	4,5	5,5	-
Średnia →				**7,1**					**5,6**					**6**					**5,4**	
Mediana →				**6**					**5,6**					**6,2**					**5,4**	

Najwyższe wartości siły odnotowywano przeważnie w przekrojach słomy o małej średnicy i grubej ściance.

Ustalono, że międzywęźla (segmenty) wytrzymują przeciętnie maksymalny nacisk poprzeczny 6 N, przy czym najniższa odnotowana wartość wyniosła 3 N. Jeżeli siła nacisku nie przekroczy 3 N, badana słoma nie ulega zniszczeniu i zachowuje swoją sprężystość.

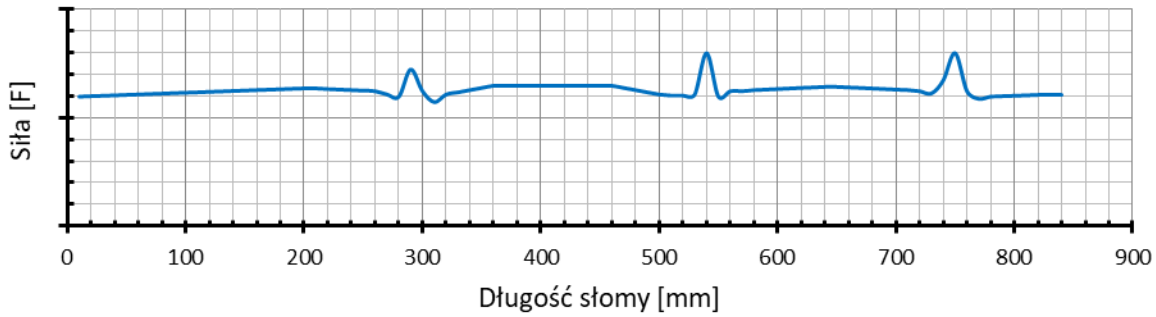
Zaobserwowano powtarzalność pomiarów siły nacisku w kolankach, która przekraczała 50 N jednocześnie nie powodując wyraźnych odkształceń w ich przekroju. Fakt ten postanowiono wykorzystać w sposobie pomiaru jaki zastosowano w modelowanym urządzeniu do cięcia słomki.



Odczyt siły w przypadku słomy nieuszkodzonej i uszkodzonej podłużnie

Badane próbki słomy wykazywały odporność na zgniatanie do 3 N z odkształceniem sprężystym. Słoma pęknięta wykazywała mniej niż 2 N siły reakcji na zgniot, aż do całkowitego spłaszczenia próbki.

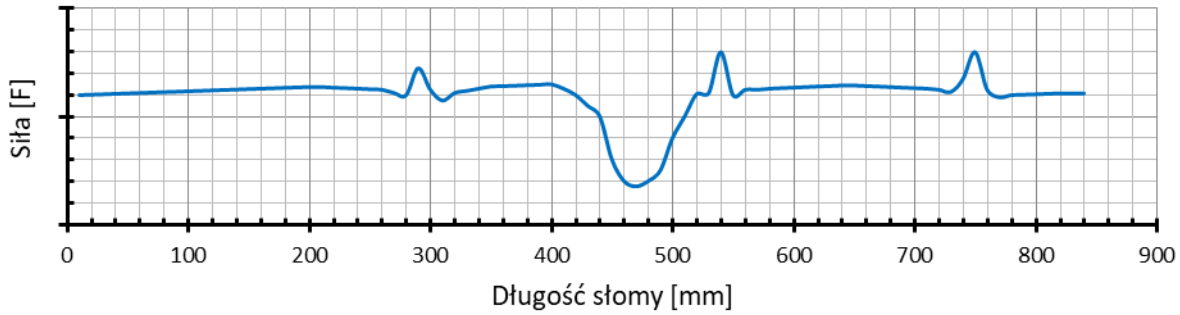
Kolanka w słomie posiadają większą średnicę niż międzywęźla. Możliwe jest ich wykrycie przez wzrost siły nacisku. Gdy urządzenie pomiarowe będzie się przemieszczać wzdłuż łodygi to każde napotkane zgrubienie (przyrost średnicy) będzie zarejestrowane jako nagły wzrost siły nacisku. Oprogramowanie urządzenia zarejestruje różnicę sił co będzie równoznaczne z wykryciem kolanka i ustawieniem punktu bazowego dla pomiaru długości. Pomiar długości słomek jest możliwy przez zliczanie obrotów silnika przemieszczającego urządzenie z tensometrem wzdłuż łodyg.



Wykres przedstawiający zmianę siły nacisku na słomie podczas przejazdu urządzenia po jej powierzchni.

Przyrosty siły wskazują miejsca wystąpienia węzłów (kolanek).

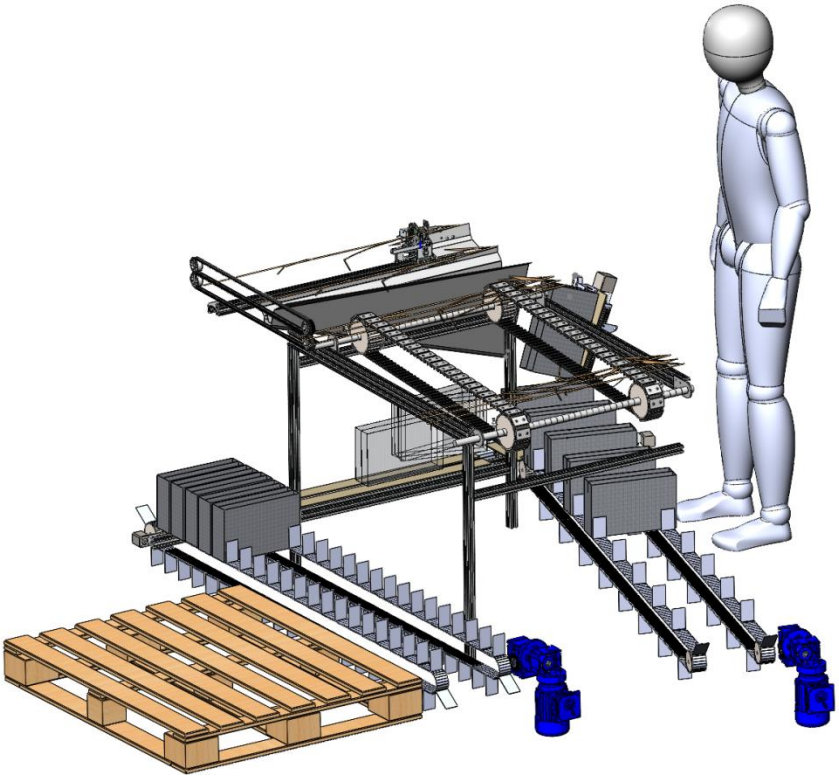
Równomierna płaska część słomy (międzywęźle) pod naciskiem będzie generować stabilną charakterystykę odczytywanej siły w czasie ciągłego pomiaru. Gdy mierzona siła będzie oscylować w granicy stałego wyniku, będzie to oznaczało brak uszkodzenia podłużnego. Jeżeli odczytany wynik siły zacznie maleć i pojawi się rosnąca różnica w pomiarze będzie to wskazywało na uszkodzenie.



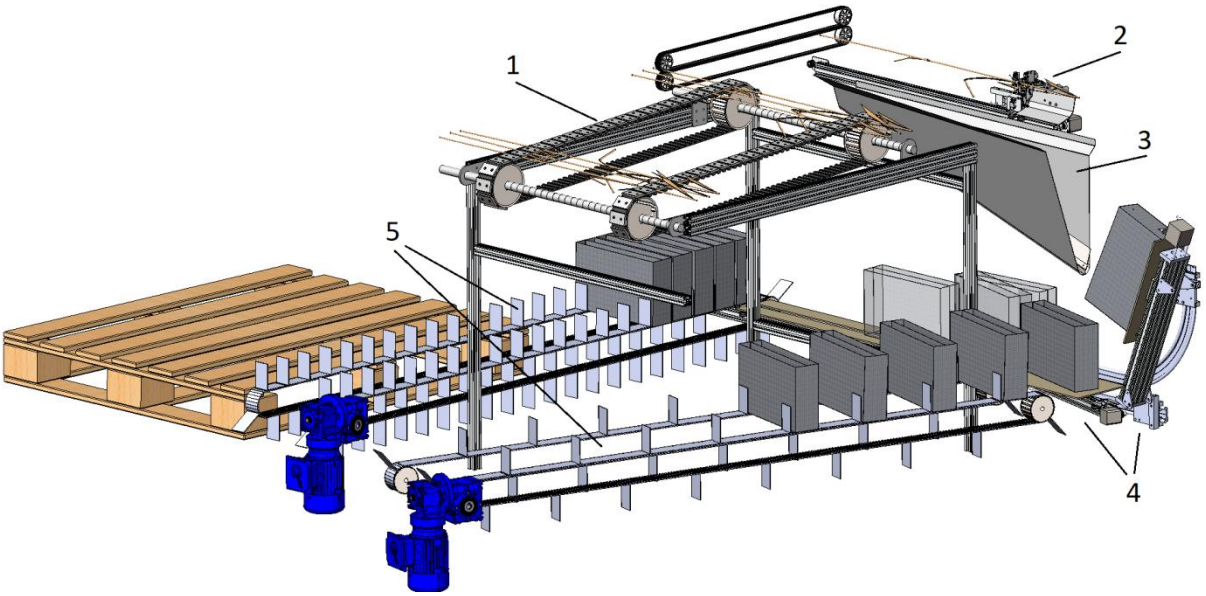
Wykres przedstawiający zmianę siły nacisku na słomie z uszkodzeniem podłużnym segmentu (międzywęźla)

Wykorzystanie tensometru w pomiarach jest dobrym uzupełnieniem dla kamer i rozpoznawania obrazu. Zachowana jest wysoka kontrola kolanek i segmentów słomy.

Model linii produkcyjnej słomek ze słomy.

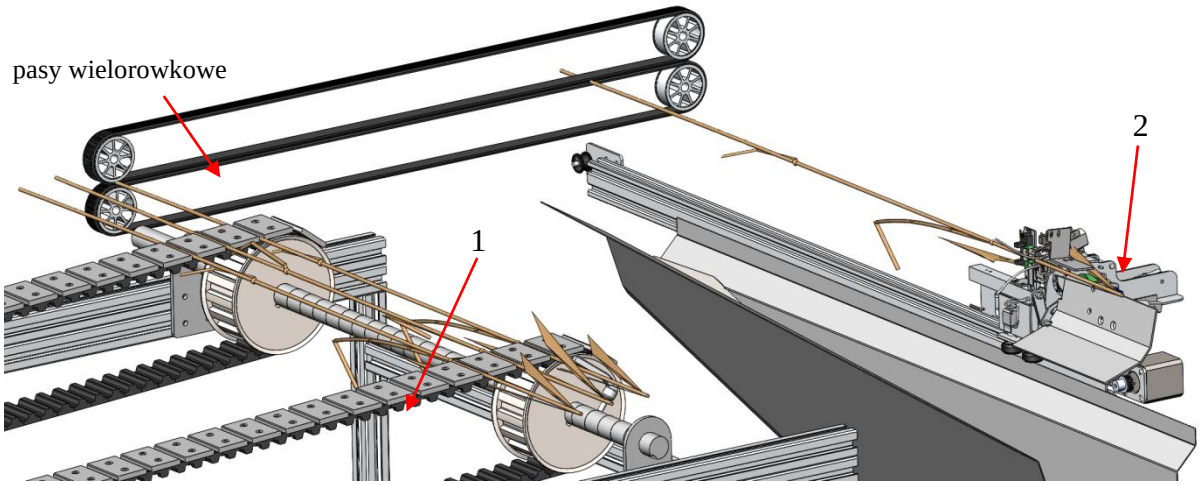


Model prototypowej linii produkcyjnej słomek

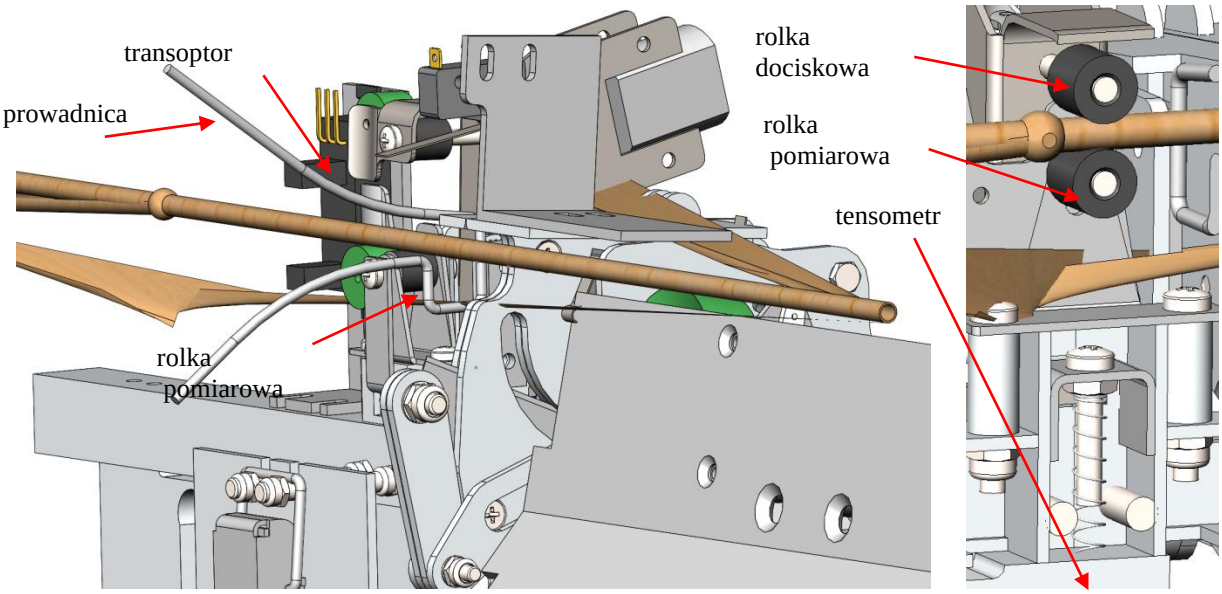


Zaplanowana linia produkcyjna składa się z: 1- przenośnika taśmowego, 2- urządzenia tnącego słomę na słomki, 3- mechanizmu sortującego, 4- systemu podajników z koszami na słomki, 5- taśmociągu dla koszy pustych i pełnych

Przenośnik taśmowy *1* ma za zadanie dostarczać łodygi w równych odstępach do urządzenia tnącego słomę na słomki *2*. Słomę układa się w rowkach przenośnika taśmowego *1*, tak aby łodygi były do siebie równoległe i skierowane dokłosiem w tą samą stronę tj. w stronę pasów wielorowkowych. Półprodukt jest transportowany do dwóch pasów wielorowkowych, które chwytają pomiędzy siebie końcówkę dokłosia słomy. Tak złapane łodygi są transportowane do urządzenia tnącego *2*. Umieszczenie słomy dokłosiem w kierunku pasów wielorowkowych jest ważne, ponieważ urządzenie tnące rozpoczyna pracę od strony korzeniowej słomy. Jest to uwarunkowane położeniem i kierunkiem wzrostu liścia na łodydze.

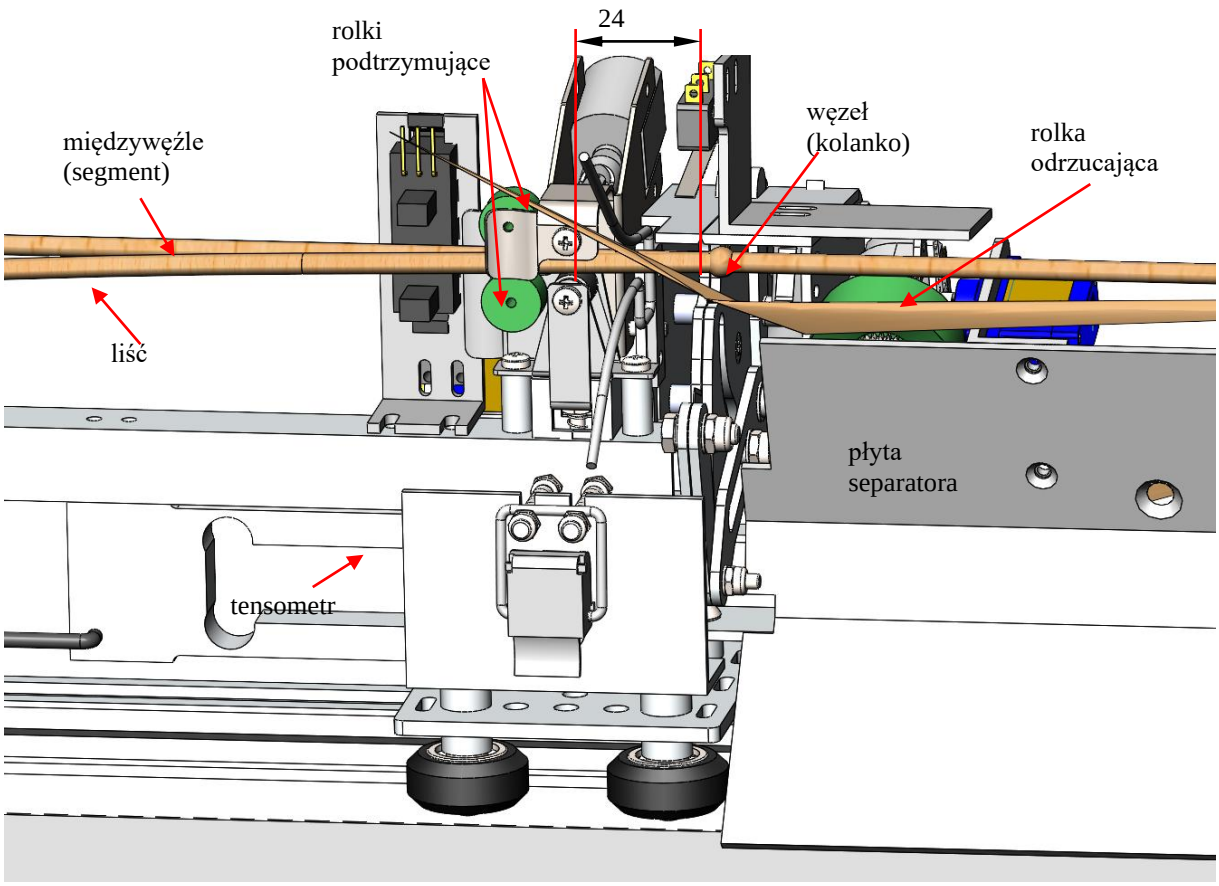


Przetransportowana słoma jest naprowadzana przez prowadnicę pomiędzy rolkę pomiarową i dociskową urządzenia tnącego *2*. Obecność słomy jest wykrywana przez transoptor.

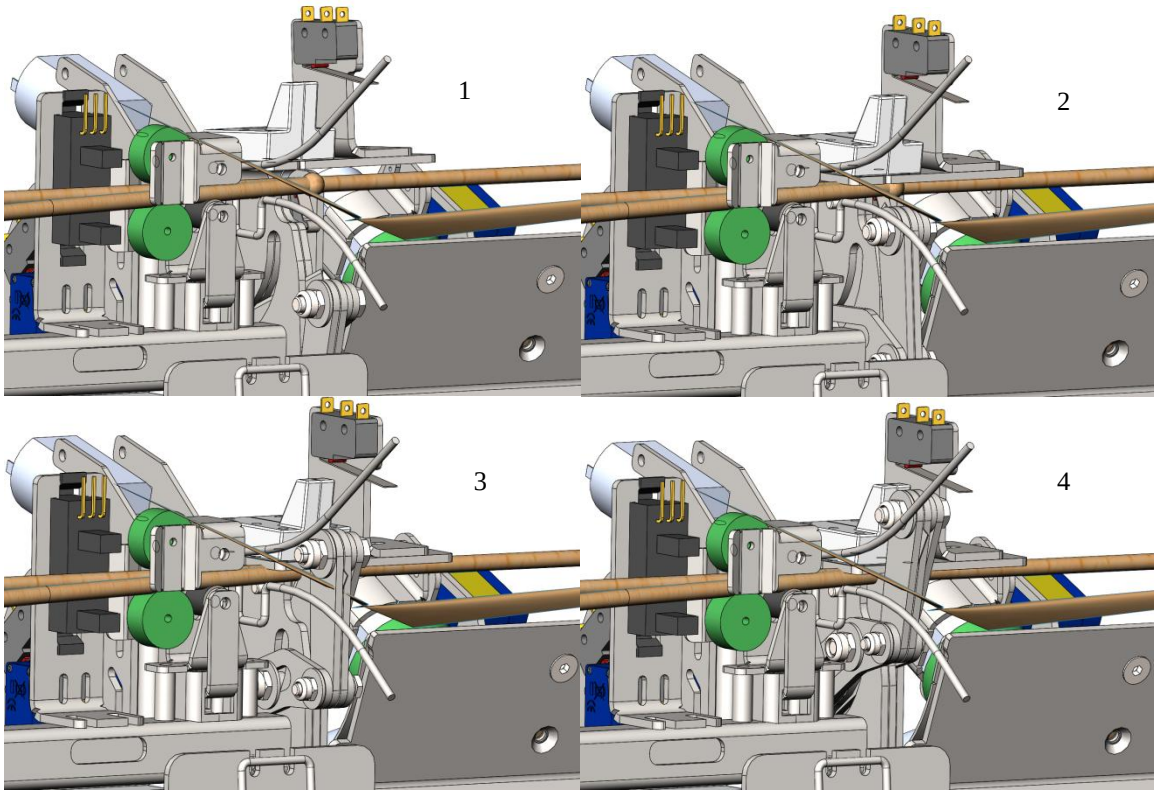


Szczęki mechanizmu pomiarowego zamykają się obejmując łodygę rolkami. Urządzenie jest gotowe do rozpoczęcia pomiaru. W pierwszej kolejności urządzenie wykonuje przejazd wzdłuż słomy, aby zmierzyć jej długość, wykryć kolanka i zaprogramować mapę sił względem przemieszczenia modułu.

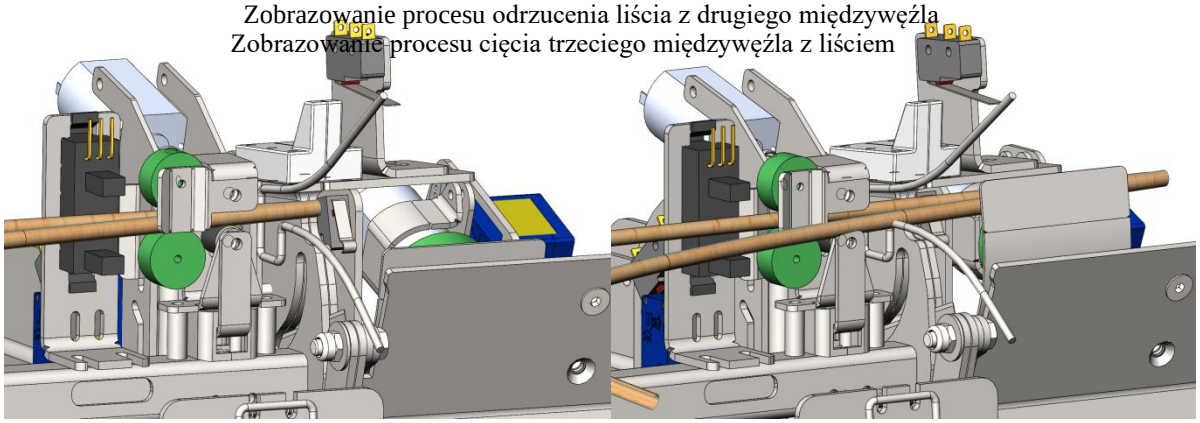
Z badań ustalono, że najbardziej optymalną częścią słomy do wycinania słomek jest drugie i trzecie międzywęźle, więc jeżeli zostaną wykryte dwa lub trzy kolanka to dostarczona łodyga będzie nadawać się do obróbki. Gdy informacje o podstawowych wymiarach zostaną zebrane rozpocznie się proces cięcia.



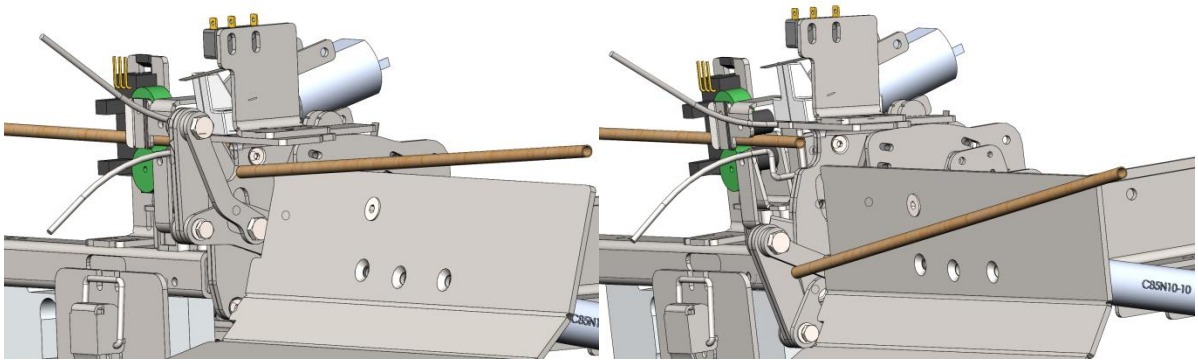
Urządzenie tnące powraca do punktu bazowego (pierwsze wykryte kolanko). Separator urządzenia tnącego ustawia się w położeniu dla odrzucenia kolanka do kosza na odpad. Następnie moduł wykonuje przesuw o zaprogramowaną odległość od kolanka w stronę dokłosia (20-30 mm) i uruchamia nóż obcinając korzeniowy segment słomy razem z kolankiem (trzecie międzywęźle). Cięcie jest wykonane przez pochwę liściową dzięki czemu liść z drugiego międzywęźla staje się możliwy do usunięcia.



Zobrazowanie procesu odrzucenia liścia z drugiego międzywęźla
Zobrazowanie procesu cięcia trzeciego międzywęźla z liściem

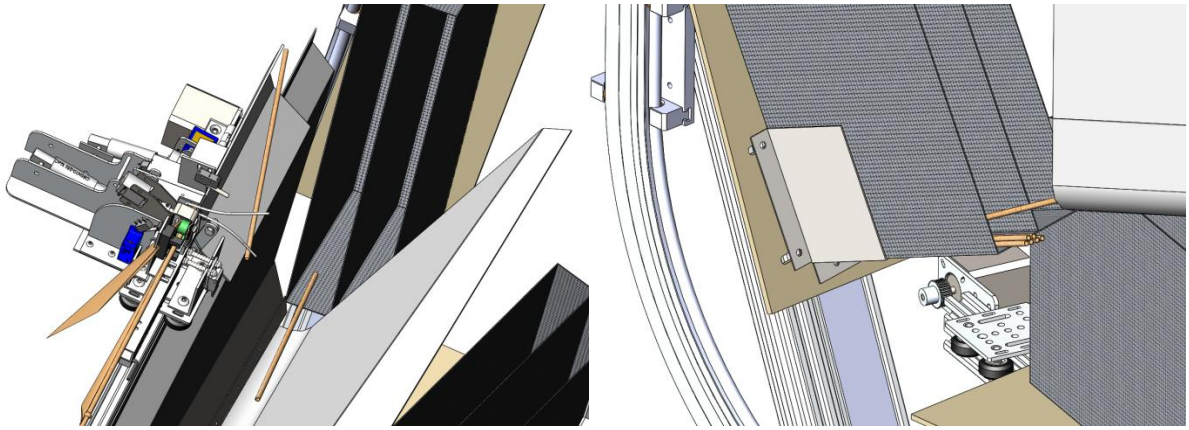


Obcięty fragment słomy spada do kosza na odpad. Nóż powraca w położenie początkowe. Kolejnym krokiem jest odrzucenie liścia od segmentu słomy. Uruchomione zostają napędy rolek wspomagających odrzucenie liścia. W usunięciu liścia pomaga przesłona i rolka odrzucająca umieszczona za płytą separatora. Urządzenie rozpoczyna przesuw o długość jaka została zaprogramowana dla wycinanej słomki, a obracające się rolki chwytają liść i odrzucają go ze słomy do zbiornika na odpad. Silniki rolek odrzucających zostają wyłączone. Separator ustawia się w położeniu odbioru wycinanej słomki. Uruchomiony zostaje nóż i wycięta słomka spada na separator i dalej do mechanizmu sortującego *3*. Urządzenie tnące dojeżdża do następnego kolanka. Zautomatyzowany proces cięcia trwa dalej.



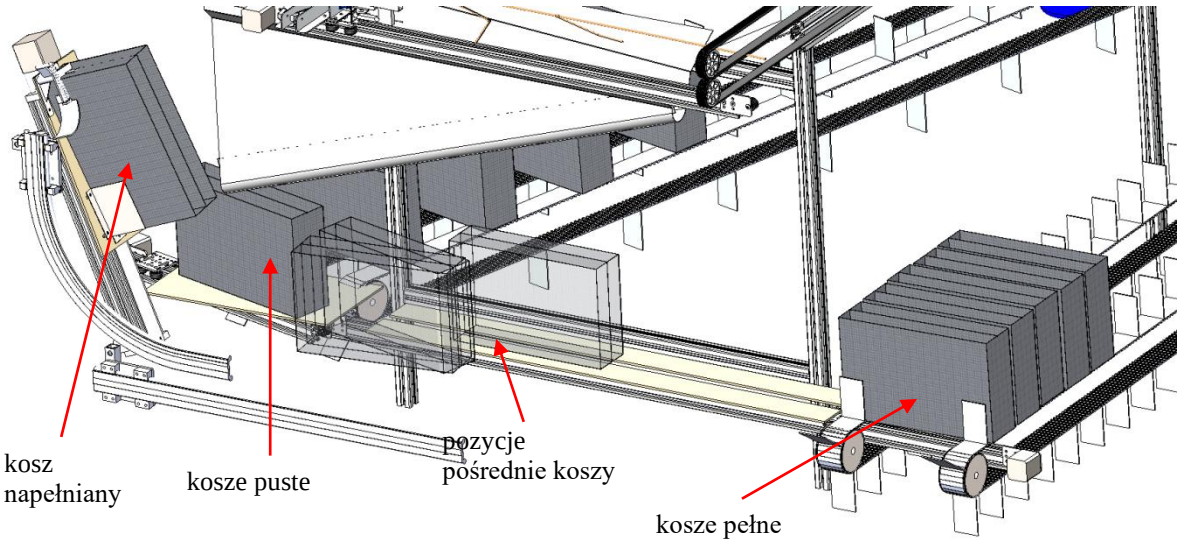
Proces obcięcia słomki po odrzuceniu liścia

Dzięki zastosowaniu sortownika *3* możliwe jest jednoczesne wycinanie słomek o dwóch różnych długościach. Urządzeniu można zaprogramować wymaganą długość słomki, którą będzie porównywać ze zmierzoną długością na dostarczanej słomie. Wycinane słomki są kierowane do dwukomorowych koszy z siatki nierdzewnej. Zaplanowano, że kosze będą mieścić po 500 słomek o średnicy do 5 mm w dwóch różnych długościach.



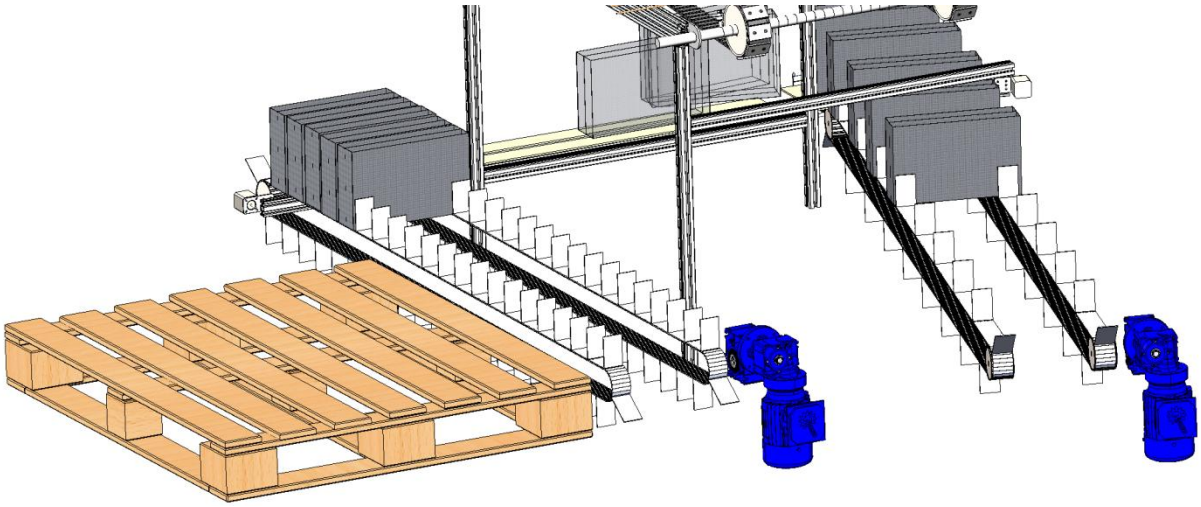
Widoki napełniania kosza słomkami

Gdy kosz zapełni się słomkami jest opuszczany w systemie podajników *4*, które przekazują go dalej do taśmy na kosze pełne. W miejsce kosza pełnego dostarczany jest pusty kosz i unoszony do dalszego odbioru słomek.



Rzędy zapełnionych koszy mogą być układane na palecie. Kosze są wykonane z siatki nierdzewnej

w wymiarach 320x80 dzięki czemu optymalnie zapełnią paletę w wymiarach 1200x1000. Ich konstrukcja pozwala również na zbiorcze oczyszczanie i dezynfekcję słomek w kąpieli chemicznej. Cała zaprojektowana linia do produkcji słomek zajmuje powierzchnię o wymiarach około 4 x 4 m.



5. Podsumowanie

1. Przyjęte rozwiązania konstrukcyjne maszyny do zbioru słomy z przeznaczenie do produkcji słomek do napojów spełniają założenia technologiczne i jakościowe zbieranej słomy jako półproduktu.
2. Zapotrzebowanie mocy do napędu i uciągu maszyny na poziomie 33,0,8 kW (45 KM) wymaga zastosowania ciągnika rolniczego klasy 4 lub 5. Jednak wymagania dotyczące

odpowiedniej ilości przepływu oleju hydrauliki zewnętrznej ciągniak oraz ilości par przyłączy mogą wpłynąć na konieczność zastosowania ciągnika klasy 6.

3. W zaprojektowanym urządzeniu do cięcia słomek wykorzystanie pomiaru tensometrycznego razem z rozpoznawaniem obrazu pozytywnie wpłynie na skuteczne rozpoznawanie kolanek i uszkodzeń słomek.
4. Urządzenie tnące zaprojektowano z myślą o wykonywaniu wszystkich operacji związanych z obróbką półproduktu.
5. Urządzenie tnące zajmuje niewiele miejsca podobnie jak prototypowa linia technologiczna.

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytutu Badawczy, Radzików

Grupa Operacyjna „Słomka ze Słomy”

Wkład w realizację Operacji: „Opracowanie innowacyjnej produkcji słomek ze słomy do różnych napojów”

Cel realizacji Operacji: uzyskanie produktu rolnego jakim jest słoma o ulepszonej przydatności użytkowej (występująca w postaci słomek do picia) oraz opracowanie i wykonanie odpowiednich warunków technicznych, technologicznych i organizacyjnych jakie są niezbędne do produkowania słomek ze słomy, przeznaczonych do picia różnych napojów.

Opracowanie założeń technologii uprawy roślin z podziałem na gatunki jedno- i wieloletnie w produkcji słomy

1. Dobór gatunków roślin jednorocznych i wieloletnich wraz z opracowaniem założeń technologii uprawy do produkcji słomek z biomasy.

Szacuje się, że rolnictwo w Polsce wytwarza ok. 30 mln ton słomy rocznie, z czego około 19 mln ton wykorzystanych jest na cele rolnicze jako: dodatek do pasz, nawóz naturalny, ściółka dla zwierząt. W Polsce nadwyżki słomy (8-9 mln ton) wykorzystuje się poza rolnictwem głównie jako źródło energii odnawialnej (ok. 40 – 50 % na ten cel). Wraz z wzrastającym zapotrzebowaniem na produkty biodegradowalne, wzrasta również zainteresowanie słomą jako substratem do ich produkcji. Obok powszechnych już zastosowań do wyrobu artykułów dekoracyjnych czy gadżetów reklamowych, możliwe jest również zastosowanie słomy do produkcji artykułów do konsumpcji jak naczynia, widelce, noże oraz słomki do napojów. Dla wytworzenia tego ostatniego produktu, słoma nie wymaga jakiegokolwiek przetwarzania, poza jej oczyszczeniem, pocięciem i poddaniem procesowi sterylizacji, przed ostatecznym konfekcjonowaniem i skierowaniem do odbiorcy.

Aby jednak doprowadzić do tego etapu należy najpierw wskazać najbardziej do tego celu odpowiednie rośliny. Dla uzyskania oczekiwanej jakości produktu (słomy) powinna ona pochodzić z upraw jednorocznych (zboża) lub traw, które to rośliny wytwarzają w naszych warunkach klimatycznych źdźbła spełniające oczekiwane kryteria jakości produktu końcowego tj. długości (10 – 30 cm), średnicy (4 – 8 mm) oraz ilości z jednostki powierzchni uprawy. Kolejnym kryterium, decydującym o wyborze gatunku bądź odmiany do uprawy jest możliwość uprawy na obszarze całego kraju oraz szeroka amplituda warunków glebowych, w których uprawę można prowadzić.

Najbardziej predysponowane do tego typu działań mogą być dawne, długosłome odmiany zbóż, np. pszenicy ozimej. Średnia długość słomy tego typu odmian to ok. 130 cm, przy mniej niż 90 cm w przypadku odmian współczesnych. Z kolei niektóre gatunki traw wieloletnich wytwarzają również bardzo długie puste, źdźbła, przedzielone (podobnie jak ma to miejsce u zbóż) międzywęźlami.

Mając na uwadze powyższe, do dalszych prac wytypowano łącznie 19 obiektów w tym 12 w grupie zbóż oraz 4 w trawach wieloletnich (tab. 1). Obiekty do badań typowano na podstawie poczynionych uprzednio obserwacji własnych oraz informacji uzyskanych od hodowców bądź osób prowadzących prace z tymi formami.

1.1. Metodyka badań

Słomę do badań pozyskiwano w latach 2019 – 2020 z istniejących już w IHAR-PIB poletek doświadczalnych wymienionych wyżej odmian. Słomę zbóż pobierano z poletek doświadczalnych w Zakładzie Doświadczalnym IHAR-PIB w Grodkowicach. Słomę traw wieloletnich pozyskiwano z poletek w Radzikowie.

Badane odmiany zbóż rosły na poletkach o powierzchni ok. 10 m^2, natomiast poletka traw wieloletnich, w zależności od gatunku miały od 20 (stokłosa bezostna) do 50 m^2 (pozostałe gatunki). Z wymienionych powyżej poletek w sposób losowy pobierano po 10 łodyg wraz z kwiatostanami, na których wykonano następujące pomiary: długości pędu, liczby międzywęźli, długości każdego z międzywęźli oraz jego szerokości. W **załączniku 1** zamieszczono dokumentację fotograficzną badanych odmian i gatunków.

Lp.	**Rodzaj, gatunek**		**nazwa odmiany, rodu, formy**
	Zboża:		
1		*Avena sativa L.*	RADZIO
2	owies ozimy	*Avena sativa L.*	ród 5Q
3		*Avena sativa L.*	WILAND
4	pszenica jara	*Triticum aestivum* L.	MERKAWA
5	pszenica orkisz	*Triticum spelta* L.	ZOLLERNPERLE
6		*Triticum aestivum* L.	ALMARI
7	pszenica ozima	*Triticum aestivum* L.	DAŃKOWSKA GRANIATKA
8		*Triticum aestivum* L.	KWS LIVIUS

9		*Triticum aestivum* L.	NADWIŚLANKA
10		*Triticum aestivum* L.	OSTKA GRODKOWICKA
11		*Triticum aestivum* L.	OSTKA GRUBOZIARNISTA GRODKOWICKA
12		*Triticum aestivum* L.	TOBAK
13	pszenżyto	*x Triticosecale* Wittm.	MEDALION
14		*x Triticosecale* Wittm.	MELOMAN
15		*x Triticosecale* Wittm.	TORNADO
		trawy wieloletnie:	
1	perz wydłużony	*Elymus elongatus* (Host.) Run.	TIMPOL
2	proso rózgowate	*Panicum virgatum* L.	MARDAN
3	spartina preriowa	*Spartina pectinata* Link	forma
4	stokłosa bezostna	*Bromus inermis* Leyss.	TIMEXA

Tabela 1. Wykaz odmian i form zbóż oraz traw wieloletnich wytypowanych do badań

Dla wyodrębnienia odmian najbardziej przydatnych do wytwarzania słomek przyjęto dwa parametry określające oczekiwane wymiary surowca tj. długość słomki z międzywęźla – co najmniej 20 cm oraz minimalną średnicę słomki – 4 mm. Parametry te występują jako minimalne wymagania dla słomek do napojów według normy dla słomek z polipropylenu (ISO 18188:2016). Określono następnie udział międzywęźli, łączących w sobie te dwie cechy, w ogólnej liczbie przebadanych w każdej formie i wyrażono go w procentach jako udział międzywęźli efektywnych (ME).

1.2 Uzyskane wyniki

W badanej grupie obiektów stwierdzono znaczne zróżnicowanie pod względem potencjalnej przydatności do produkcji słomek o oczekiwanych parametrach (tab. 2). Wśród badanych form zbóż dwie (pszenica jara MERKAWA oraz orkisz ZOLLERNPERLE) były całkowicie nieprzydatne (brak ME) a dwie kolejne (pszenica ozima OSTKA GRUBOZIARNISTA GRODKOWICKA oraz pszenżyto MEDALION) przydatne zaledwie w niewielkim stopniu (5% ME). W grupie traw nieprzydatne okazały się odmiany: TIMEXA stokłosy bezostnej oraz TIMPOL perzu wydłużonego.

Z kolei najbardziej przydatne do produkcji słomek spośród badanych odmian zbóż okazały się odmiany: owsa ozimego RADZIO, pszenicy ozimej DAŃKOWSKA GRANIATKA, NADWIŚLANKA oraz OSTKA GRODKOWICKA. Obliczone wartości ME wynosiły dla tych odmian odpowiednio: 61,5%, 46,5%, 44 oraz 34,6%. Dla pozostałych odmian zbóż ilości efektywnych międzywęźli kształtowały się na poziomie 13 – 29%.

W grupie traw wieloletnich najwyższy udział międzywęźli efektywnych zanotowano dla spartiny preriowej (76,1% ME) oraz prosa rózgowatego MARDAN (47,3% ME).

Lp	Gatunek	odmiana	Wysokość roślin (cm)	międzywęźla:			
				liczba	długość	średnica	ME [%]
1	*Spartina pectinata*	forma z BYDGOSZCZY	197,9 ± 28,2	7 ± 0,5	27,7 ± 8,6	4,2 ± 0,8	**76,1**
2	owies ozimy	RADZIO	95,9 ± 5,3	3 ± 0,5	27,1 ± 14,4	4,2 ± 1,0	**61,5**
3	proso rózgowate	MARDAN	172,0 ± 28,3	6 ± 0,6	21,0 ± 7,3	3,9 ± 1,1	**47,3**
4	pszenica ozima	DAŃKOWSKA GRANIATKA	140,9 ± 4,5	4 ± 0,5	30,2 ± 14,4	3,8 ± 1,1	**46,5**
5	pszenica ozima	OSTKA GRODKOWICKA	105,0 ± 4,3	3 ± 0,5	35,9 ± 20,4	3,7 ± 1,0	**44,0**
6	pszenica ozima	NADWIŚLANKA	107,0 ± 4,3	3 ± 0,5	36,2 ± 19,2	3,3 ± 1,0	34,6
7	pszenżyto	MELOMAN	105,6 ± 3,1	4 ± 0,3	22,3 ± 14,2	3,7 ± 0,8	29,3
8	owies ozimy	ród 5Q	83,2 ± 4,0	3 ± 0,3	20,9 ± 12,9	4,0 ± 1,0	29,0
9	pszenżyto	TORNADO	116,0 ± 6,3	4 ± 0,5	23,6 ± 12,7	3,4 ± 0,8	27,3
10	pszenica ozima	ALMARI	66,4 ± 3,6	3 ± 0,9	20,9 ± 11,2	3,6 ± 1,0	26,7
11	pszenica ozima	KWS LIVIUS	77,0 ± 2,9	3 ± 0,4	21,9 ± 9,8	3,5 ± 1,0	23,3
12	pszenica ozima	TOBAK	77,1 ± 3,6	4 ± 0,4	18,4 ± 8,4	3,4 ± 0,8	18,4
13	owies ozimy	WILAND	88,8 ± 4,5	4 ± 0,3	18,3 ± 12,9	3,4 ± 0,8	12,8
14	perz wydłużony	TIMPOL	147,5 ± 11,5	3 ± 0,5	36,3 ± 16,2	2,1 ± 0,7	10,0
15	pszenżyto	MEDALION	102,6 ± 5,1	4 ± 0,4	25,2 ± 12,0	3,3 ± 1,2	5,4
16	pszenica ozima	OSTKA GRUBOZIARNISTA GRODK.	74,1 ± 5,9	2 ± 0,0	31,1 ± 25,7	3,2 ± 0,7	5,0
17	pszenica jara	MERKAWA	65,0 ± 4,0	4 ± 0,3	14,1 ± 6,6	2,5 ± 0,4	0,0
18	orkisz (*Triticum spelta*)	Zollernperle	113,8 ± 9,3	4 ± 0,3	25,4 ± 12,7	2,7 ± 0,4	0,0
19	stokłosa bezostna	TIMEXA	157,5 ± 5,2	4 ± 0,5	21,6 ± 9,0	2,5 ± 0,6	0,0

Tabela 2. Wartości średnie oraz odchylenia standardowe badanych parametrów słomy odmian traw i zbóż.

Cechą, która najsilniej wpływała na uzyskane wartości współczynnika ME w badanych odmianach była średnica międzywęźla (r = 0,812, P>99%). Dla pozostałych cech nie stwierdzono istotnego statystycznie współczynnika korelacji prostej (tab. 3).

Parametry słomy	r
wysokość roślin	0,438 b.i.
liczba międzywęźli	0,353 b.i.
długość międzywęźli	0,280 b.i.
średnica źdźbła	0,813 ***

Objaśnienia: b.i. – korelacja nieistotna statystycznie,

*** - istotność z prawdopodobieństwem ponad 99%

Tabela 3. Wartości współczynnika korelacji prostej pomiędzy udziałem międzywęźli efektywnych (ME) oraz badanymi parametrami słomy.

2. Porównanie jakościowe słomy w uprawie polowej i wazonowej.

W ramach tego działania dokonano:

(1) oceny możliwości modyfikacji długości pędów zbóż pod wpływem stosowania biostymulatorów oraz

(2) zbadano zawartość celulozy w wybranych odmianach i formach.

Ad 1. Oceny możliwości modyfikacji wielkości pędów zbóż pod wpływem stosowania biostymulatorów/środków poprawiających jakość słomy

2.1.1. Wstęp

Cennym narzędziem w zarządzaniu uprawami zbóż są biostymulatory i preparaty dolistne, umożliwiające kontrolę nad parametrami morfologicznymi słomy. Odpowiednie ich stosowanie może przyczynić się do poprawy stabilności plonowania, zwiększenia odporności roślin na stresy środowiskowe oraz lepszego wykorzystania biomasy roślinnej w rolnictwie. Badania wykazują, że preparatów poprawiających jakość słomy może skutkować zwiększeniem długości słomy, co w konsekwencji prowadzi do zmiany stosunku biomasy generatywnej do wegetatywnej. Zastosowanie biostymulatorów i preparatów dolistnych może prowadzić do wydłużenia źdźbła, co wpływa na transport asymilatów i może zwiększać plon ziarna; zwiększenia grubości ścian komórkowych, co redukuje ryzyko wylegania oraz do poprawy elastyczności i wytrzymałości mechanicznej słomy, co ułatwia zbiór i ogranicza straty plonu. Wiele tego typu substancji zawiera krzem, który jest bardzo pożyteczny dla roślin. Przypuszcza się, że krzem wzmaga syntezę barwników asymilacyjnych. Nawożenie nalistne krzemem może prowadzić do zwiększenia zawartości chlorofilu w tkance asymilacyjnej roślin oraz intensyfikować proces syntezy cukrów, a także zwiększać aktywność niektórych enzymów. Rośliny pobierające większe ilości krzemu charakteryzują się bardziej oszczędną gospodarką wodną - mają mniejsze zapotrzebowanie na wodę, gdyż ograniczone są jej straty w wyniku parowania. Stosowanie krzemu łagodzi również skutki fitotoksycznego nadmiaru niektórych jonów w środowisku korzeniowym. Pierwiastek ten ogranicza pobieranie przez rośliny metali ciężkich, w tym miedzi i kadmu. Związki krzemu skutecznie zapobiegają toksyczności glinu,

tworząc z nim nietoksyczne związki. Wysoką efektywność krzemu w kwestii poprawy odporności roślin na czynniki stresowe tłumaczy się wzrostem mechanicznej odporności tkanek wysyconych związkami tego pierwiastka, a także udziałem krzemu w tworzeniu specyficznych związków stymulujących odporność, w tym nabytej odporności systemicznej (ang. SAR). Poprawa funkcjonowania roślin nawożonych związkami krzemu powoduje wzrost ilościowy i jakościowy plonu. Krzem jest pobierany przez rośliny głównie w formie monomerów kwasu ortokrzemowego H_4SiO_4, które pozbawione są ładunku elektrycznego. Pierwiastek, mimo dużej zawartości w glebie, w przeważającej większości jest niedostępny dla roślin. Rośliny pobierają poprzez korzenie tylko te składniki pokarmowe, które są rozpuszczalne w wodzie glebowej. Niestety, większość krzemu glebowego jest praktycznie nierozpuszczalna w roztworze glebowym, co ogranicza jego pobieranie przez rośliny z gleby. Celem niniejszego badania było określenie możliwość aplikacji preparatów zawierających krzem w zakresie modyfikacji liczby międzywęźli efektywnych i poprawy jakości słomy.

2.1.2. Materiał i metoda

Do doświadczenia wybrano 2 odmiany zbóż: owies ozimy odm. RADZIO oraz pszenicę zwyczajną jarą, odm. HARENDA.

Nasiona wymienionych wyżej odmian wysiano do wazonów doświadczalnych o poj. 8 l. Zastosowano po 3 wazony na jedną kombinację dla każdej odmiany. Na każdy wazon, po wypełnieniu mieszanką gleby ogrodniczej oraz piasku (3:1) wysiano po ok. 10 nasion. Wegetacja roślin po wschodach przebiegała w nieogrzewanej szklarni, bez dodatkowego doświetlania. Zastosowano następujące preparaty zawierające krzem:

1. Krzem PLUS ASX (w dawce 10 ml/5 l wody)
2. TYTANIT (w dawce 5 ml/5 l wody)
3. OPTISIL (w dawce 10 ml/5 l wody)
4. Woda (jako kontrola).

Wymienione wyżej preparaty aplikowano opryskiwaczem ręcznym, według wskazań zalecanych przez producentów. Charakterystyka zastosowanych preparatów:

ASX Krzem Plus:

- nawóz dolistny
- producent: Agrosimex
- korzyści ze stosowania
    - Niweluje niedobór krzemu,

- Chroni rośliny i owoce przed zimnem poprzez stworzenie warstwy izolacyjnej,
- Dostarcza mikroskładników pokarmowych i wspomaga w ich pobieraniu,
- Zwiększa dopływ tlenu do systemu korzeniowego,
- Ułatwia przesyłanie światła do tkanek,
- Przyczynia się do ochrony roślin przed owadami, nicieniami a także chorobami grzybowymi,
- Zapobiega nadmiernej transpiracji
- Ogranicza stres roślin.

- skład: bor (B)(03,%),
- cynk (Zn)(0,6%),
- krzem (Si)(2,5%),
- mangan (Mn)(0,5%),
- miedź (Cu)(0,6%).

- dawkowanie zboża ozime: dawka: 0,5 l/ha, zalecana ilość wody: 250 l/ha, sposób aplikacji: nawożenie dolistne;

- terminy stosowania zboża ozime: Wykonać 1-3 zabiegi w sezonie. Jesienią w fazie 4-6 liści, wiosną po ruszeniu wegetacji wiosennej, następne zabiegi co 10-14 dni.

Tytanit:

- biostymulator

- producent: Intermag

- skład: Tytanit (Ti) * 8,5 g/l – 0,8 %(m/m) (tytanit jest to minerał z grupy krzemianów wyspowych)

Zawiera biodostępny, organiczny związek tytanu w postaci unikalnej molekuły aTIUM® o właściwościach biostymulujących.

Pobudza rośliny do wzrostu i rozwoju oraz tworzenia organów przeznaczonych do zbioru. Poprawia również ich kondycję oraz stymuluje rośliny do obfitego plonowania.

Swoją skuteczność zawdzięcza unikalnej i opatentowanej molekule aTIUM – biodostępnej, organicznej formie tytanu.

Molekuła aTIUM:

- Stymuluje efektywność kwitnienia, zapylenia i zawiązywania nasion i owoców
- Intensyfikuje fotosyntezę i poprawia witalność roślin
- Zwiększa pobieranie składników pokarmowych

Korzyści wynikające ze stosowania:

- większy przyrost biomasy dzięki intensyfikacji procesów fotosyntezy (poprzez zwiększenie zawartości chlorofilu na skutek wzrostu aktywności jonów żelaza)
- większą efektywność procesu zapylenia dzięki zwiększeniu żywotności pyłku i siły jego kiełkowania (efektywne zawiązywanie nasion i owoców)
- lepsze odżywienie roślin dzięki zwiększeniu pobierania składników pokarmowych z gleby
- poprawa witalności i kondycji roślin

- dawkowanie: zboża

- Pszenica ozima, pszenżyto ozime, kukurydza* 3-4 zabiegi * Dawkowanie 0,2-0,4 l/ha
- Pszenica jara, pszenżyto jare * 3 zabiegi * Dawkowanie 0,2-0,4 l/ha
- Jęczmień paszowy ozimy, jęczmień browarny ozimy, żyto ozime, rzepak jary* 2-4 zabiegi * Dawkowanie 0,-0,4 l/ha
- Jęczmień paszowy jary, jęczmień browarny jary, żyto jare, owies * 2-3 zabiegi

- żyto ozime: terminy stosowania

Jesień- początek krzewienia –w przypadku słabej kondycji roślin

Wiosna:

- Początek wzrostu źdźbła
- Faza liścia flagowego do początku kłoszenia
- Koniec kwitnienia do początku dojrzałości mlecznej ziarniaków- w przypadku słabej kondycji roślin.

Stosować nalistnie w postaci roztworu wodnego. Może być stosowany łącznie z innymi preparatami po sprawdzeniu możliwości mieszania. W trakcie zabiegów unikać dużego nasłonecznienia, wysokiej temperatury oraz wiatru powodującego znoszenie kropel.

Optysil:

- antystresant

- producent: Intermag

- skład: krzem – w przeliczeniu na SiO_2: 200g/l

- to płynny krzemowy antystresant aktywujący naturalne systemy odpornościowe roślin oraz stymulujący ich wzrost i rozwój. Zawiera łatwo przyswajalny przez rośliny krzem i dzięki temu wzmacnia ściany komórkowe oraz stymuluje szereg ważnych procesów życiowych w roślinie.

Polecany jest w uprawach wszystkich gatunków roślin rolniczych i ogrodniczych, do stosowania dolistnego. Może być także stosowany w trakcie nawadniania roślin (fertygacja, podlewanie). Preparat ma odczyn obojętny, dzięki czemu łatwo miesza się z powszechnie stosowanymi nawozami dolistnymi i środkami ochrony roślin. Ważne jest, aby stosować OPTYSIL zapobiegawczo – przed wystąpieniem warunków stresowych.

Najważniejsze korzyści ze stosowania stymulatora to przede wszystkim:

- zwiększenie tolerancji roślin na niekorzystne warunki uprawowe (np. susza i inne stresy abiotyczne)
- ograniczenie wpływu stresu biotycznego spowodowanego przez patogeny chorobotwórcze i/lub atak szkodników
- stymulacja wzrostu korzeni u młodych roślin
- poprawa plonowania, jakości i właściwości przechowalniczych plonów.

- dawkowanie zboża: 0,5 l/ha (pszenica, pszenżyto, jęczmień, żyto, owies) * 4 zabiegi

- żyto ozime: terminy stosowania

Jesień:

Od fazy 3. liścia do widocznych dwóch rozkrzewień (BBCH 13–22)

Wiosna

Od początku wzrostu źdźbła do 2. Kolanko co najmniej 2 cm nad kolankiem 1. (BBCH 30-32)

Od fazy liścia flagowego do początku kłoszenia (BBCH 39-51)

Od końca fazy kwitnienia do początku dojrzałości mlecznej ziarniaków (BBCH 69-73)

Są to preparaty podnoszące odporność roślin, działające antystresowo oraz dostarczające roślinom mikroelementów – ich działanie nie zawsze jest tak „spektakularne" jak w przypadku zastosowania śor lub standardowych nawozów mineralnych - z tego powodu właśnie, wymienione wyżej preparaty stosowane są w kilku aplikacjach w trakcie sezonu wegetacyjnego Na roślinach, po zakończeniu wegetacji wykonano pomiary: długości pędów, liczby oraz długości i średnicy międzywęźli na wybranych pędach. Określono również udział międzywęźli efektywnych tj. takich, które łącznie spełniają 2 kryteria: długości co najmniej 20 cm oraz średnicy co najmniej 3 mm.

2.1.3 Wyniki

Zastosowane preparaty w zróżnicowany sposób modyfikowały wielkość pędów badanych odmian zbóż (tab.1 oraz 2).

Biostymulator	długość	międzywęźla:

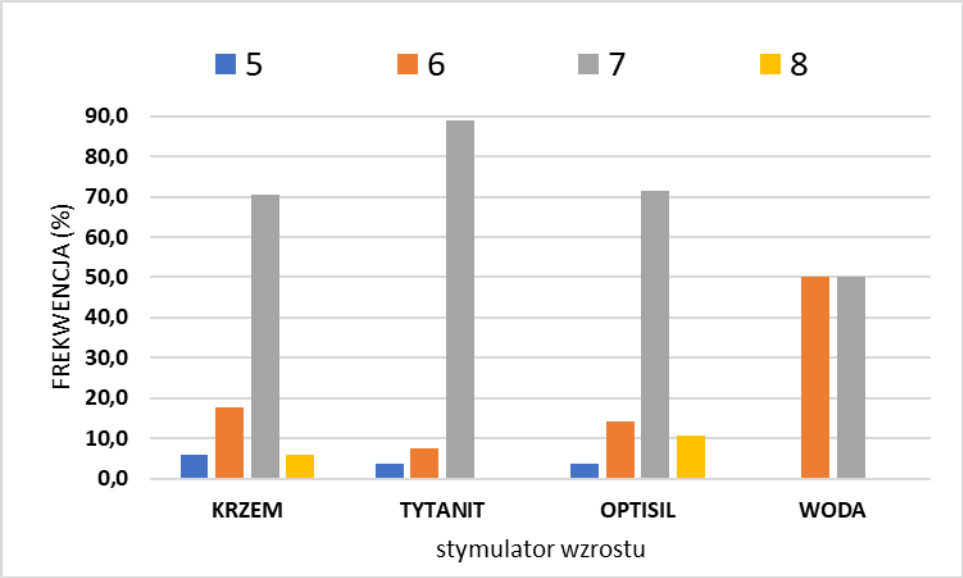
	źdźbła [cm]	liczba	długość [cm]	średnica [mm]
KRZEM PL.ASX	106,53 b	6,83 a	12,65	3,20 b
TYTANIT	112,97 a	6,88 a	13,48	3,37 a
OPTISIL	106,80 b	6,95 a	12,83	3,36 ab
WODA	112,03 a	6,54 b	13,03	3,15 b
Istotność różnicy	***	***	b.i.	***

Tabela 1. Wpływ aplikacji biostymulatorów na parametry słomy owsa RADZIO

Biostymulator	długość źdźbła [cm]	międzywęźla:		
		liczba	długość [cm]	średnica [mm]
KRZEM PL.ASX	70,03	4,00	15,30	3,26 a
TYTANIT	70,52	4,00	15,53	3,25 a
OPTISIL	71,26	3,88	16,05	2,94 b
WODA	70,59	3,97	14,92	2,78 c
Istotność różnicy	b.i.	b.i.	b.i.	***

Tabela 2. Wpływ aplikacji biostymulatorów na parametry słomy pszenicy zwyczajnej, jarej, odmiany HARENDA

W przypadku odmiany owsa RADZIO zastosowanie preparatów dolistnych istotnie zwiększyło frekwencję pędów z 7 międzywęźlami (ryc.1). Zastosowanie TYTANITU spowodowało wzrost frekwencji tego typu pędów do 89%, w porównaniu do 50% w warunkach kontrolnych.



Rycina 1. Frekwencja pędów z 5, 6, 7 oraz 8 międzywęźlami w zależności od zastosowanego preparatu (odmiana RADZIO).

Stwierdzono również zróżnicowany wpływ zastosowanych preparatów na frekwencję międzywęźli efektywnych w testowanych odmianach zbóż. W przypadku odmiany pszenicy HARENDA najlepsze efekty uzyskano po oprysku KRZEMEM oraz TYTANITEM. Z kolei dla owsa najlepsze efekty przyniósł oprysk OPTYSILEM.

Tabela 3. Frekwencja międzywęźli efektywnych (%) w zależności o zastosowanego biostymulatora.

Biostymulator	HARENDA	RADZIO
KRZEM PL. ASX	29,6	2,3
TYTANIT	23,8	16,65
OPTYSIL	0	30,56
WODA	0	3,25

Ad. 2.2. Analiza zawartości celulozy jako czynnika determinującego sztywność słomy

2.2.1. Wstęp

Istotnymi elementami, decydującymi o jakości słomy w zastosowaniu do produkcji słomek do napojów jest jej sztywność. Sztywność łodyg roślin jednoliściennych, takich jak zboża i trawy, jest z kolei funkcją zarówno składu biochemicznego ściany komórkowej, jak i jej organizacji przestrzennej. Kluczową rolę w determinowaniu sztywności słomy zbóż i traw odgrywa zawartość celulozy, która wpływa na właściwości mechaniczne oraz stabilność strukturalną źdźbeł traw i zbóż. Celuloza, jako główny składnik ściany komórkowej roślin, stanowi fundamentalny element budulcowy, zapewniając wytrzymałość na rozciąganie i odporność na obciążenia mechaniczne. Tworzy on mikrofibryle, które układają się w sposób zapewniający wysoką odporność na deformacje. Wysoka zawartość celulozy prowadzi do zwiększenia modułu Younga, co skutkuje większą sztywnością i mniejszą podatnością na zginanie. Z kolei niższa zawartość celulozy może skutkować osłabieniem struktury ściany komórkowej, co sprawia, że łodygi stają się bardziej elastyczne i podatne na wyleganie (trwałe pochylanie się pod wpływem wiatru lub własnego ciężaru). W badaniach nad materiałami lignocelulozo-

wymi wykazano, że celuloza w połączeniu z innymi składnikami ściany komórkowej, takimi jak lignina i hemicelulozy, determinuje właściwości mechaniczne całej rośliny.

Celuloza nie występuje w izolacji, lecz w kompleksie z ligniną i hemicelulozami. Lignina, jako substancja hydrofobowa, usztywnia ścianę komórkową, podczas gdy hemicelulozy pełnią funkcję wypełniającą i stabilizującą. Zwiększona zawartość ligniny może kompensować mniejszą ilość celulozy, choć kosztem większej kruchości struktury. Zarówno celuloza jak i lignina wpływają na wytrzymałość i sztywność słomy, co jest istotne dla funkcjonalności słomek.

Celem niniejszego badania było określenie zawartości substancji warunkujących parametry mechaniczne słomy na przykładzie kilku wybranych odmian zbóż i traw.

2.2.2. Materiał i metoda

Do badania wytypowano 3 gatunki traw: prosa rózgowatego, spartiny preriowej, perzu wydłużonego oraz 5 odmian zbóż: 'WILAND' owsa, 'ZOLLENPERLE' orkiszu, 'MERKAWA' pszenicy jarej oraz 'TORNADO' i 'MELOMAN' pszenżyta. Analizowano zawartość wilgoci, popiołu, substancji ekstrahowanych alkoholem, celulozy metodą Saiferta oraz ligniny. Wyniki podawano w % suchej masy. Analizy wykonywano w laboratorium Sieci Badawczej Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny (dawniej - Instytutu Technologii Drewna w Poznaniu).

2.2.3. Wyniki

Stwierdzono istotnie większą zawartość celulozy w słomie zbóż (46,3 ± 1,36%) niż traw (41,5 ± 0,3%). Wśród zbóż wyróżniały się pod względem zawartości celulozy odmiany pszenżyta MELOMAN (48,2%) oraz TORNADO (46%). Podobny układ zróżnicowania stwierdzono dla łącznej zawartości komponentów strukturalnych słomy, mogących wpływać korzystnie na jakość słomek do napojów czyli celulozy oraz frakcji nierozpuszczalnej ligniny. Dla zbóż średnia wartość tych połączonych cech wynosiła 68,1 ± 0,64%, dla traw – 62,7± 1,18%. Nie stwierdzono natomiast istotnego zróżnicowania pod względem średnich wartości pozostałych badanych cech.

Gatunek	odmiana	Wilgotność	Popiół (575+ 25)°C	Zawartość substancji ekstrahowanych etanolem	Zawartość celulozy wg. Kürschnera - Hoffera	Zawartość ligniny		
						nierozp.	rozp.	suma
		% suchej masy						
pszenżyto	MELOMAN	7,61	2,80	5,06	48,2	20,94	4,70	25,64
pszenżyto	TORNADO	7,66	3,79	2,60	46,0	22,87	4,23	27,10
pszenica jara	MERKAWA	7,69	4,27	2,54	45,7	22,37	4,47	26,84
orkisz (*Triticum spelta*)	ZOLLENPERLE	7,66	5,03	10,62	45,1	21,15	4,55	25,70
proso rózgowate	MARDAN	8,30	3,23	1,89	41,9	23,81	4,80	28,60
Spartina pectinata	forma	8,06	4,06	3,14	41,5	22,02	4,90	26,92
perz wydłużony	TIMPOL	7,65	5,84	8,09	41,4	19,65	5,05	24,70
owies ozimy	WILAND	8,12	5,21	7,51	41,2	19,43	8,03	27,45

Tabela 1. Wyniki analiz strukturalnych słomy wybranych odmian zbóż i traw.

Wnioski

- Badane odmiany były istotnie zróżnicowane pod względem wartości parametrów związanych z przydatnością do produkcji słomek do napojów.
- Szczególnie przydatne do produkcji słomek okazały się odmiany zbóż takie jak np. owies ozimy RADZIO, pszenica ozima: DAŃKOWSKA GRANIATKA oraz NADWIŚLANKA, charakteryzujące się wysokim udziałem międzywęźli spełniających wymagania jakościowe.
- Średnica międzywęźla była kluczowym parametrem decydującym o przydatności słomy do wytwarzania słomek do napojów.
- Przewaga jakościowa słomy zbożowej nad słomą z traw jest również związana ze specyfiką struktury ścian komórkowych, ze szczególnym uwzględnieniem większej zawartości celulozy oraz ligniny w słomie zbożowej.
- Istnieje możliwość zwiększenia udziału międzywęźli efektywnych za pomocą oprysku preparatami zawierającymi krzem. Metoda ta jest wysoce specyficzna pod względem oczekiwanej interakcji konkretnej odmiany z preparatem.

4. **Opracowanie publikacji i instrukcji informacyjno-wdrożeniowej.**

W ramach realizacji tego Działania przygotowano następujące opracowania:

1. publikację naukową, (Żurek G., Martyniak D., Żurek M. 2023, Ocena przydatności słomy wybranych gatunków i odmian zbóż oraz traw wieloletnich do produkcji słomek do napojów, Biul. IHAR, 300: 17 – 22), która ukazała się w 2023 r. w Biuletynie IHAR i jest dostępna pod adresem: https://ojs.ihar.edu.pl/index.php/biul/article/view/1508/1389
2. artykuł (Martyniak D. 2024. Słomka ze słomy. Zastąpi plastik?) dostępny on-line w Magazynie Biomasa 2024 pod adresem https://magazynbiomasa.pl/slomka-ze-slomy-zastapi-plastik/
3. instrukcje informacyjno – wdrożeniowe o uprawie traw (prosa rózgowatego – **załącznik 2**) oraz o doborze odmian zbóż do produkcji słomek ze słomy (**załącznik 3**).

Załącznik 1.

Dokumentacja fotograficzna badanych odmian zbóż i traw

Radzików, grudzień 2024

ZBOŻA

Pszenica ozima **ALMARI**

Pszenica **OSTKA GRODKOWICKA**

Pszenica ozima **TOBAK**

Pszenica ozima **KWS LIVIUS**

Pszenica ozima **NADWIŚLANKA**

Pszenica ozima **OSTKA GRUBOZIARNISTA GRODKOWICKA**

Pszenica ozima **DAŃKOWSKA GRANIATKA**

Pszenica jara **MERKAWA**

Owies **RADZIKUS**

Owies **WILAND**

Owies **ród 5Q**

Pszenica orkisz **ZOLLENPERLE**

Pszenżyto **MEDALION**

Pszenżyto **MELOMAN**

Pszenżyto **TORNADO**

TRAWY

Perz wydłużony **TIMPOL**

Stokłosa bezostna **TIMEXA**

Proso rózgowe **MARDAN**

Spartina **forma z Bydgoszczy**

Zdjęcia wykonał: Kamil Prokopiuk

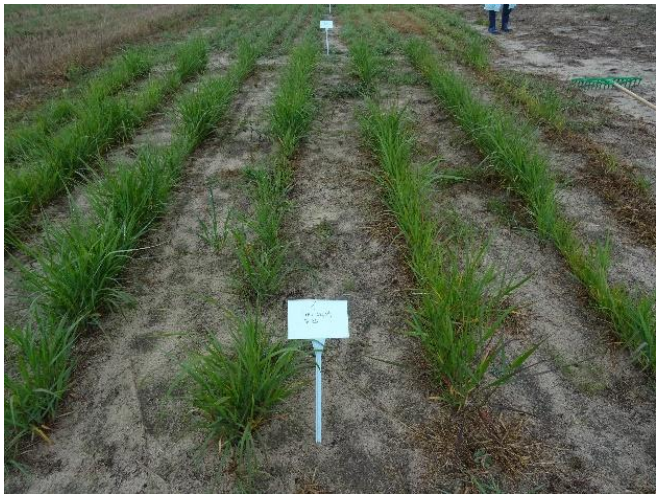
Załącznik 2

INSTRUKCJA INFORMACJNO - WDROŻENIOWA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin PIB, w Radzikowie

Podstawowe zasady technologii uprawy i zbioru prosa rózgowego

Wieloletnie badania i prace hodowlane realizowane w IHAR-PIB w Radzikowie, pod kierunkiem dr inż. Danuty Martyniak, doprowadziły do wytworzenia pierwszej polskiej odmiany o nazwie 'MARDAN' prosa rózgowego. Odmiana ta charakteryzuje się dużą zawartością celulozy, a jej biomasa może być wykorzystana do bezpośredniego spalania, do produkcji pelet i brykietów, a także w postaci kiszonki na biogaz i paszę. Słoma tego gatunku może być również wykorzystana np. do produkcji słomek do napojów. Ze względu na stosunkowo małe wymagania glebowe, może być polecana jako roślina pionierska do rekultywacji terenów zdegradowanych. Odmiana ta została wpisana do Księgi Ochrony Wyłącznego Prawa w 2019 r. przez Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej.



Fot. 1a i 1b. Uprawa prosa rózgowego na glebie piaszczystej i suchej kl. VIz. (fot. D.Martyniak)

Zalety biologiczne i użytkowe gatunku

Roślina pochodzi z Ameryki Północnej i charakteryzuje się typem fotosyntezy C_4. Jest to gatunek wieloletni, który wytwarza okazałe, zielone lub szarozielone kępy dorastające od 1,5 – 1,8 m wysokości. Proso rózgowe jak najbardziej nadaje się do zbioru słomy, wytwarza źdźbła sztywne, nie łamiące się. Związane jest to z budową strukturalną i składem chemicznym komórek roślinnych, zwłaszcza pędów generatywnych w następnych latach. Komponenty strukturalne ściany komórkowej tego gatunku stanowią około 50 - 60 % suchej masy, głównie w postaci celulozy.

Trawa ta w stanie naturalnym występuje na suchych, zasolonych stanowiskach w Ameryce Północnej. W Polsce można ją uprawiać z powodzeniem we wszystkich regionach kraju, zwłaszcza na glebach piaszczystych, ubogich i skażonych. Ze względu na szereg korzystnych cech biologicznych i właściwości technologicznych, słoma jak najbardziej jest przydatna do produkcji słomek.

Cechy charakterystyczne tego gatunku to:

- doskonała adaptacja do warunków klimatycznych Polski,
- małe wymagania wodne oraz glebowe (gleby np. piaszczyste, lekkie),
- duże wymagania termiczne,
- tolerancją na niskie temperatury. (do -25˚C),
- duża trwałość plantacji do 10-12 lat,
- wysoki plon biomasy suchej (słomy) 10-14 t/ha (faza generatywna), o dużej zawartości włókna i celulozy,
- silnie rozbudowany i głęboki system korzeniowy
- rozmnażanie generatywne, wytwarzanie nasiona o stosunkowo dobrej żywotności (po okresie spoczynku 1-2 lat).

Fot. 2. Rośliny prosa rózgowego na glebie klasy VIz w rejonie świętokrzyskim (fot. D. Martyniak)

Aspekt środowiskowy

W dużej części naszego kraju gleby są słabe kl. V i VI oraz tereny "marginalne" , nieużytki, zdegradowane, skażone. W związku z tym, jest ogromna potrzeba poprawy stanu gleby i poprawy retencji wody, m.in. poprzez długotrwałą odbudowę roślinności, zwłaszcza traw wieloletnich takich jak np. proso rózgowe. Trawa ta zyskała na uwadze jako potencjalny surowiec do bioenergii z uwagi na wysokie plony biomasy, niskie nakłady oraz realizację większych w swym zakresie usług ekosystemowych w porównaniu z uprawami rocznymi. Ponadto trawy wieloletnie ograniczają wypłukiwanie składników odżywczych, redukują emisję gazów cieplarnianych oraz przyczyniają się do sekwestracji węgla. Dodatkowo, gatunek ten może generować zyski ekonomiczne dla lokalnych rolników poprzez produkcję surowców do bioenergii lub paszę na gruntach marginalnych. Proso rózgowe może stanowić modelową uprawę w celu zminimalizowania degradacji gruntów i pustynnienia oraz źródło biomasy na wielokierunkowe wykorzystanie.

Podstawowe zasady technologii uprawy

Wymagania glebowe i wodne

Proso rózgowate może być uprawiane na glebach lekkich lub średnio zwięzłych, umiarkowanie zasolonych lub zasadowych, choć toleruje również gleby kwaśne. Roślina bardzo dobrze znosi okresowe deficyty wody, nawet przy uprawie na glebie piaszczystej i próchnicznej. Po-

mimo pochodzenia ze strefy klimatu gorącego, roślina również bardzo dobrze zimuje w warunkach klimatu Polski.

Siew nasion

Plantację prosa rózgowatego powinno się zakładać późną wiosną (druga połowa maja, czerwiec), kiedy temperatura gleby osiąga 10 - 15°C. Z uwagi na spoczynek pożniwny, który może dotyczyć nawet 95% świeżo zebranych nasion należy wysiewać nasiona roczne lub dwuletnie. Głębokość siewu nie powinna przekraczać 1 cm. Na terenach wilgotnych proso rózgowate zaleca się uprawiać w rozstawie rzędów od 60 do 90 cm, a na terenach suchych - od 90 do 120 cm. Ilość nasion związana jest z rozstawą i tak, dla 60 cm wynosi ona ok. 10 kg/ha. Dla rozstawy 90 cm ilość tę należy pomniejszyć do 3/4, a dla 120 cm - o połowę. Po wysiewie należy przywałować rządki, celem zwiększenia podsiąku wilgoci. Specyfiką nasion tego gatunku jest ich przydatność do wysiewu dopiero po ustąpieniu naturalnego spoczynku, tzn. po roku przechowywania w magazynie lub podobnym miejscu. Plantacje można zakładać także z sadzonek, z większym powodzeniem, ale metoda ta jest bardziej pracochłonna i kosztowna.

Pielęgnacja i zbiór

Kluczową kwestią w zakładaniu plantacji prosa i ich pielęgnacji jest zachwaszczenie. Rośliny po siewie wolno wschodzą i wolno się rozwijają dlatego przygotowanie stanowiska do siewu i późniejsze odchwaszczanie uprawy są bardzo istotne. Do zwalczania chwastów dwuliściennych zaleca się zastosowanie herbicydów przed wschodami roślin. Natomiast w przypadku po wschodach - należy odczekać, aż rośliny prosa dostatecznie się rozwiną. Najlepiej sprawdzają się herbicydy na bazie simazinu bądź atrazinu. Chwasty jednoliścienne najlepiej kosić. Zbiór słomy należy prowadzić w fazie generatywnej, w pełnie dojrzałych nasion. Zbioru można dokonać urządzeniami (kosiarka listwową) używanymi do zbioru np. zbóż.

Wymagania nawozowe

Pomimo produkcji znacznej ilości nadziemnej i podziemnej biomasy, gatunek ten nie ma zbyt wysokich wymagań nawozowych. Zawartość azotu w trawach szlaku C_4 fotosyntezy jest niższa ok. 50% w stosunku do traw klimatu umiarkowanego (C_3). W roku wysiewu nie jest konieczne nawożenie plantacji, zwłaszcza azotowe, gdyż może ono sprzyjać wzrostowi zachwaszczenia. Od drugiego sezonu późną wiosną korzystne jest stosowanie nawożenia azotowego w dawce 50 - 100 kg/ha. Generalnie roślina reaguje pozytywnie na nawożenie mineralne i na jednym stanowisku można ją uprawiać przez co najmniej kilkanaście lat.

Plon i wartość technologiczna

W Polsce plon biomasy suchej (słomy) szacowany jest poziomie na ok. 8-10 ton z 1 ha, przez ok. 10 – 15 lat już od 2 lat po wysiewie nasion..

Do spalania

Biomasa generatywna (słoma) tej nowej trawy energetycznej, ze względu na wysoką zawartość włókna i celulozy, słomki może stanowić alternatywę dla plastikowych, papierowych słomek jednorazowego użytku.

Plantacja prosa rózgowego odmiana ’Mardan’ – najlepszy termin zbioru słomy (fot. D.Martyniak).

Dr inż. Danuta Martyniak
Adiunkt IHAR-PIB

Załącznik 3

Dobór gatunków zbóż do uprawy do produkcji słomek ze słomy

1. Gatunki jednoroczne przydatne do uprawy przeznaczonej na produkcję słomek

Do produkcji słomek ze słomy należy wybierać odmiany zbóż o następujących cechach/parametrach:

- preferowane są formy ozime - lepsza konkurencja z chwastami, silniejsze rozkrzewienie
- rośliny średnio-wysokie - zbytnio wydłużone źdźbło będzie wykazywać większą tendencję do łamania się, co pogarszać będzie jakość produktu, natomiast zbyt krótkie formy będą dawały zbyt mało uzysk produktu końcowego, czyli słomek
- wysoka odporność na wyleganie – podatność na wyleganie ograniczy ilość i jakość uzyskanego produktu końcowego oraz utrudni zbiór maszynowy słomy
- wysoka odporność na choroby zbóż – z uwagi na produkt końcowy, wskazane jest wybieranie do uprawy odmian o wysokiej zdrowotności, aby możliwie jak najbardziej ograniczyć stosowanie ochrony chemicznej
- wysoka zimotrwałość
- duży uzysk słomy - informacje o tym parametrze są zawarte w materiałach informacyjnych od hodowców

1.1 Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.)

Pszenica ma wśród zbóż największe wymagania przedplonowe, a ponadto wymaga 1–2-letniej przerwy w uprawie. Niezastosowanie się do tych zasad grozi m.in. silnym zachwaszczeniem (m.in. miotłą zbożową, maruną bezwonną, bratkiem polnym, gwiazdnicą pospolitą, owsem głuchym, a także gatunkami wieloletnimi, np. ostrożeniem polnym). Gdy pszenica uprawiana jest zbyt często po sobie, problemem może być porażenie roślin przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła i korzeni. Dopuszczalny udział zbóż w płodozmianie wynosi 50 – 67%, a udział pszenicy nie powinien przekraczać 25 – 40%. Najlepszymi przedplonami dla pszenicy są rośliny bobowate drobnonasienne (koniczyna czerwona, lucerna) i ich mieszanki z trawami, ale na bardzo dobrych glebach i w uprawie dawnych odmian pszenicy zwyczajnej (długosłomych) może to powodować wyleganie. W związku z tym dobrymi przedplonami są rośliny strączkowe (bobik, groch siewny, łubin biały, soja), okopowe (ziemniak, burak) oraz warzywa (np. burak ćwikłowy, warzywa kapustne, seler).

Proces uprawy roli ma na celu optymalne przygotowanie gleby, tworząc sprzyjające warunki do siewu. W gospodarstwach ekologicznych rezygnacja z orki niesie ze sobą ryzyko intensyfikacji zachwaszczenia, zwłaszcza przez gatunki wieloletnie. W sytuacji, gdy zastosowano korzystne przedplony, takie jak bobowate wieloletnie, rośliny okopowe czy warzywa, wystarczającym zabiegiem może być płytka orka.

Nawożenie pszenicy ozimej jesienią powinno opierać się na kompoście bądź dobrze przefermentowanym oborniku. Z kolei wczesną wiosną zaleca się aplikację gnojówki lub gnojowicy, które dostarczają łatwo przyswajalnego azotu, wspierając krzewienie, wzrost biomasy oraz zwiększając konkurencyjność względem chwastów. Istotne jest jednak zachowanie umiaru w stosowaniu nawozów płynnych, gdyż ich nadmiar może skutkować wyleganiem roślin, szczególnie w przypadku starszych odmian o długiej słomie. Nawet niewielka, wiosenna dawka gnojówki lub gnojowicy (ok. 10 m^3 na 1 ha) może przyczynić się do wzrostu plonów o 0,5-1,5 t/ha. Kompost można stosować również po przedplonach bobowatych, gdyż zawarty w nim azot uwalnia się stopniowo. W przypadku pszenicy jarej kompost i obornik należy aplikować wiosną, mieszając je płytko z glebą.

Decyzja o nawożeniu powinna uwzględniać zarówno zasobność gleby, jak i zastosowane przedplony. Na żyznych stanowiskach, po wartościowych przedplonach, nawożenie może być zbędne, natomiast w przypadku mniej korzystnych warunków należy je uwzględnić w agrotechnice.

Wybór odmiany pszenicy powinien być dostosowany do warunków gospodarstwa. Rolnicy dysponujący mniej urodzajnymi glebami, ale wciąż odpowiednimi do uprawy pszenicy, powinni wybierać odmiany o średnich wymaganiach glebowych. Dawne odmiany charakteryzują się większą tolerancją na uboższe gleby i mniejszym spadkiem plonowania. Pszenica ozima może być uprawiana na glebach klasy IVa, a pszenica jara – na glebach klasy IVb. Kluczowe jest także stosowanie wysokiej jakości nasion – zdrowych, wolnych od patogenów i odpowiednio zaprawionych.

W doborze odmian istotną rolę odgrywa ich zimotrwałość oraz odporność na choroby. Warto przeprowadzać testowe uprawy na niewielkiej powierzchni, aby ocenić adaptację danej odmiany do lokalnych warunków, zanim zostanie wdrożona na większą skalę.

Jakość materiału siewnego znacząco wpływa na wschody roślin w trudnych warunkach. Dorodne ziarniaki wykazują większą odporność na patogeny przenoszone przez materiał siewny, takie jak grzyby z rodzaju *Fusarium*, a także na septoriozy.

W rolnictwie ekologicznym (oraz konwencjonalnym) wskazane jest wiosenne bronowanie pszenicy ozimej w celu rozbicia skorupy glebowej, poprawy napowietrzenia oraz przyspieszenia ogrzewania gleby. Pierwszy zabieg należy przeprowadzić po wznowieniu wegetacji, przy odpowiedniej wilgotności gleby – nie może być ona zbyt mokra, by uniknąć zbijania struktury. Ważnym aspektem jest także prognoza pogody – przymrozki mogą uszkodzić odsłonięte systemy korzeniowe i węzły krzewienia, szczególnie na glebach ciężkich. Na glebach zwięzłych nie należy obawiać się intensywniejszego bronowania, ponieważ zbyt łagodne może nie przynieść oczekiwanych efektów.

1.1.1 Przykładowe odmiany pszenicy:

- Euforia (HR Strzelce)- Odmiana pszenicy ozimej Euforia bardzo dobrze radzi sobie z najważniejszymi chorobami występującymi w tym gatunku. Zwłaszcza odporność na choroby podstawy źdźbła powinna być istotna dla wszystkich, którzy decydują się na uprawę pszenicy w wadliwym płodozmianie (z dominacją zbóż). Wysoka odporność na wyleganie gwarantuje sprawne żniwa, a dzięki wysokiej tolerancji na obniżone pH gleby Euforia reaguje mniejszym spadkiem plonu niż odmiany wrażliwe na zbyt kwaśny odczyn gleby. Równie istotna jak uzyskany plon jest jego jakość. Wysoka odporność na porastanie ziarna w kłosie daje możliwość uzyskania dobrych parametrów jakościowych nawet podczas mokrych żniw. Sama charakterystyka cech jakościowych, wskazuje, że mamy do czynienia z pszenicą, której bliżej do najwyższej klasy jakościowej E (elitarnej) niż klasy A. - Z powyższych argumentów wynika, że przy planowaniu uprawy pszenicy ozimej wybór odmiany Euforia stanowi doskonałą podstawę dla uzyskania wysokich plonów o bardzo dobrej jakości przy jednoczesnym ograniczeniu ryzyka związanego z wymarznięciami, nasileniem presji chorób oraz innymi niekorzystnymi czynnikami (wyleganie, porastanie ziarna, itp.).
- Belissa (HR Smolice) - łączy w sobie wiele pozytywnych cech pożądanych przez producentów: odmiana o bardzo stabilnych parametrach jakości; bardzo wysoka przedżniwna odporność na porastanie – w 9-stopniowej skali ocena 9 przy 6 odmiany wzorcowej; krótka i sztywna słoma (ok. 88 cm); wysoka odporność na wyleganie w fazie dojrzałości mlecznej oraz bardzo wysoka przed zbiorem

1.2 Owies zwyczajny (*Avena sativa L.*)

Owies jest gatunkiem o stosunkowo małych wymaganiach glebowych i cieplnych, lecz dużym zapotrzebowaniu na wodę. Uprawiany jest w bardziej wilgotnych i chłodnych obszarach strefy umiarkowanej. Dzięki niezbyt długiemu okresowi wegetacyjnemu może być nawet wysie-

wany dość wysoko w górach. Najlepsze plony owsa notuje się w klimacie umiarkowanie wilgotnym chłodnym. Gatunek ten lubi chłodną i wilgotną pogodę, a niskie temperatury panujące na przedwiośniu sprzyjają dobremu ukorzenieniu się roślin. Nasiona kiełkują już w temperaturze 2-3°C. Jest odporny na wiosenne przymrozki. Ze względu na właściwości fitosanitarne, warto włączyć tę roślinę do płodozmianu. W korzeniach owsa wytwarzany jest alkaloid, skopolatyna, hamujący rozwój patogenów wywołujących choroby podsuszkowe.

Owies powszechnie jest uważany za roślinę zdrową. Nie jest on porażany przez grzyby wywołujące choroby podstawy źdźbła, dzięki czemu stanowi bardzo dobrym przedplonem dla pozostałych gatunków zbóż, Przy wyborze stanowiska pod uprawę owsa, należy kierować się głównie dostępnością wody. Owies, szczególnie od fazy strzelania w źdźbło do wiechowania bardzo negatywnie reaguje na deficyt wody i stres suszy. Dlatego też nie nadają się do uprawy tego gatunku gleby lekkie, przepuszczalne, na których ryzyko wystąpienia suszy jest duże. Korzenie owsa mają bardzo dużą zdolność pobierania składników pokarmowych znajdujących się w glebie w formie trudno dostępnej dla roślin. Zmiany klimatu z rosnącym zagrożeniem suszą również nie sprzyjają wzrostowi popularności owsa, gdyż jest on zbożem szczególnie wrażliwym na niedobór wody.

Jednym z efektywnych sposobów minimalizacji skutków suszy jest zastąpienie owsa jarego jego ozimym odpowiednikiem. Rośliny dobrze rozkrzewione wykazują większą odporność na wczesnowiosenne niedobory wody. Co więcej, wcześniejszy rozwój zbóż ozimych pozwala na ograniczenie intensywności infekcji chorobowych w krytycznych fazach rozwojowych, co sprzyja zarówno obfitości, jak i jakości plonu. W krajach Europy Zachodniej o łagodniejszym klimacie, takich jak Wielka Brytania, owies ozimy stanowi dominującą część areału upraw (ok. 70%). Istotną cechą zbóż ozimych jest również ich zdolność do ograniczania erozji glebowej spowodowanej odpływem wód zimowych, co jest szczególnie ważne w rejonach górzystych, gdzie owies znajduje szerokie zastosowanie.

W Polsce ograniczone wykorzystanie owsa ozimego wynika z jego niskiej zimotrwałości, jednak badania prowadzone przez Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie wskazują na możliwość poprawy tej cechy. Wieloletnie testy międzynarodowych odmian wykazały, że istnieją formy owsa zdolne do przetrwania większości polskich zim, przynajmniej w niektórych regionach kraju. Dodatkowo, postępujące zmiany klimatyczne zwiększają szansę na popularyzację uprawy tego gatunku.

Pod względem efektywności pobierania składników pokarmowych owies przewyższa inne zboża, w tym żyto. Charakteryzuje się wysoką tolerancją na zakwaszenie gleby (pH 4,5-7,2) oraz odpornością na nadmiar jonów glinu i manganu, co czyni go odpowiednim do uprawy na glebach o niższej jakości. Tradycyjnie traktowany jako roślina pastewna, obecnie coraz częściej uwzględniany jest w programach hodowlanych pod kątem zastosowań spożywczych. Wysoka odporność owsa na wiosenne przymrozki oraz niskie temperatury w kluczowych fazach rozwojowych (kłoszenie, dojrzewanie) dodatkowo podkreślają jego potencjał produkcyjny.

Owies kiełkuje już w temperaturze 2-3°C i wykazuje duże zapotrzebowanie na wodę, szczególnie tuż po siewie. Wczesny wysiew pozwala na maksymalne wykorzystanie dostępnej wilgoci oraz sprzyja silniejszemu krzewieniu roślin, co zwiększa ich odporność na suszę i choroby grzybowe (np. rdzę źdźbłową). Dodatkowym atutem jest ograniczenie presji szkodników, takich jak ploniarka zbożówka – wcześniejszy rozwój roślin pozwala uniknąć największego zagrożenia ze strony larw.

Optymalny termin siewu owsa jest uzależniony od warunków regionalnych:

- Polska południowo-zachodnia i zachodnia: 15-25 marca,
- Polska centralna i południowa: 20-30 marca,
- Polska wschodnia i północna: 25 marca - 5 kwietnia,
- Polska północno-wschodnia: 1-10 kwietnia.

W rzeczywistości terminy te są modyfikowane w zależności od bieżących warunków pogodowych. Opóźnienie siewu może skutkować znacznym obniżeniem plonów. Wielkość plonu zależy także od jakości gleby i ilości opadów – największe straty obserwuje się na glebach lekkich, przy niewystarczającej ilości wody.

Owies słabo się krzewi, a plon ziarna pochodzi głównie z pędu głównego. Norma wysiewu wynosi 500-650 ziarniaków/m², co odpowiada 170-220 kg/ha. W optymalnych warunkach dawki mogą być obniżone, natomiast w gorszych należy zwiększyć ilość wysiewanego materiału.

Rozstawa rzędów powinna wynosić 10-12 cm, a głębokość siewu 3-4 cm na stanowiskach dobrej jakości oraz do 5 cm w przypadku gleb suchych.

W Polsce brak jest jeszcze opracowanych zasad agrotechniki owsa ozimego, dlatego zaleca się stosowanie schematów dedykowanych jęczmieniowi ozimemu. W warunkach Radzikowa optymalna norma wysiewu wynosi 120 kg/ha we wrześniu, jednak z powodu opóźnio-

nych siewów w praktyce najczęściej stosuje się 180 kg/ha w październiku. Zaleca się dobre zaopatrzenie gleby w potas i ostrożne stosowanie azotu, gdyż jego nadmiar przedłuża wzrost jesienny i obniża odporność roślin na mróz. Po obficie nawożonym azotem przedplonie (np. rzepaku) najlepiej zrezygnować z dodatkowego nawożenia jesiennego.

Ochrona herbicydowa owsa ozimego może stanowić wyzwanie, zwłaszcza po uszkodzeniach mrozowych, które jednak rośliny regenerują wyjątkowo dobrze. Wyklucza się stosowanie środków zwalczających owies głuchy i miotłę zbożową – w przypadku ich intensywnego występowania rekomenduje się czasową rezygnację z uprawy. Przy dobrym przezimowaniu i wysokiej obsadzie roślin, ochrona herbicydowa często okazuje się zbędna, gdyż silnie krzewiący się owies naturalnie konkuruje z chwastami. Nie ma także potrzeby stosowania innych pestycydów, co podkreśla jego ekologiczny potencjał.

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (IHAR) aktywnie wspiera rolników, udostępniając próbki materiału siewnego do testów terenowych. Napływające informacje na temat zimotrwałości i adaptacji odmian są cennym źródłem wiedzy dla hodowców. IHAR nie prowadzi sprzedaży większych partii nasion, jednak w Polsce dostępne są odmiany zachodnie, które – mimo nieco słabszego przystosowania do lokalnych warunków – wykazują wysoką plenność w większości sezonów (np. WILAND, BLACK BEAUTY).

1.2.1 Przykładowe odmiany owsa (jare):

- RAMBO (HR Strzelce)- odmiana ta łączy w sobie wysoki poziom plonowania, z bardzo wysoką odpornością na choroby grzybowe oraz niskimi wymaganiami glebowymi.
- BINGO (HR Strzelce)- odmiana o bardzo wysokiej odporności na choroby grzybowe i na wyleganie, o podwyższonej tolerancji na niskie ph gleby.

1.3 Pszenżyto (*Triticosecale* wittm.)

W praktyce rolniczej, po przedplonach pozostawiających ściernisko najczęściej stosuje się kultywator lub bronę talerzową, podczas gdy podorywka po wczesnym przedplonie jest rzadziej wykorzystywana. Tradycyjna metoda uprawy płużnej obejmuje orkę przedsiewną oraz doprawienie roli, co pozwala na głębokie przykrycie resztek pożniwnych, szczególnie istotne po przedplonach zbożowych. Dzięki temu zabiegowi ogranicza się porażenie pszenżyta przez patogeny wywołujące choroby podsuszkowe. Ponieważ orka może na pewien czas zmniejszyć aktywność mikroorganizmów glebowych, zaleca się jej przeprowadzenie na 2-3 tygodnie przed siewem, aby umożliwić osiadanie gleby.

Głębokość orki zależy od przedplonu: dla zbóż, rzepaku oraz roślin strączkowych wynosi 20-25 cm, natomiast po wczesnych ziemniakach może być płytsza (12-15 cm). W przypadku roślin motylkowych, takich jak lucerna czy koniczyna czerwona, gleba często bywa przesuszona i zawiera dużą masę korzeniową. W takich warunkach wskazane jest wstępne spulchnienie ścierniska broną talerzową (5-8 cm), odczekanie kilku dni, a następnie wykonanie płytkiej orki. Unikanie głębokiego przeorywania przesuszonej gleby pozwala zachować cenną wilgoć, a zastosowanie kultywatora, agregowanego z innymi narzędziami uprawowymi, stanowi alternatywne rozwiązanie.

Optymalny termin siewu pszenżyta ozimego przypada na okres od 15 do 30 września, przy czym docelowa obsada wynosi około 300 roślin/m². W przypadku słabych kompleksów glebowych, wadliwej agrotechniki lub opóźnionego siewu norma wysiewu powinna zostać zwiększona o 20%, natomiast przy bardzo wczesnym terminie zaleca się jej redukcję o 20%. Do siewu należy wykorzystywać kwalifikowany, zaprawiony materiał nasienny.

Zalecane nawożenie azotowe wynosi do 100 kg N/ha. Przy uprawie po korzystnym przedplonie, regularnym stosowaniu obornika lub przyoraniu masy organicznej można zmniejszyć dawkę o około 20 kg bez negatywnego wpływu na plon. Po przedplonach niezbożowych nie zaleca się przedsiewnego stosowania azotu, ponieważ pszenżyto efektywnie wykorzystuje zmineralizowany azot glebowy. W przypadku uprawy po zbożach można zastosować np. 20 kg azotu w postaci Polifoski. Wiosenne nawożenie obejmuje aplikację 60 kg azotu na początku wegetacji oraz drugą dawkę w fazie strzelania źdźbła. Przy intensywnej uprawie całkowita dawka azotu może sięgać 140 kg/ha.

Nawożenie fosforem zaleca się na poziomie do 80 kg P_2O_5/ha, a w przypadku jego niedoborów można dodać 40-60 kg/ha, jednak nie więcej niż 115 kg/ha. Nawożenie potasem wynosi do 120 kg K_2O/ha, a ewentualne uzupełnienie w przypadku niedoborów to 30-40 kg/ha, maksymalnie do 145 kg/ha. Zarówno fosfor, jak i potas należy aplikować przedsiewnie, gdyż pogłówne stosowanie tych składników nie zapewnia optymalnej efektywności.

Pszenżyto charakteryzuje się wysoką konkurencyjnością wobec chwastów dzięki szerokim liściom, sztywnej słomie, dużej zwartości łanu i znaczącej wysokości roślin. W warunkach niskiego zachwaszczenia oraz prawidłowego płodozmianu ingerencja chemiczna często okazuje się zbędna. Jednak w sytuacji intensywnego występowania gatunków takich jak miotła zbożowa, przytulia czepna czy bratek trójbarwny konieczne jest jesienne stosowanie herbi-

cydów. Jeśli nie przeprowadzono tego zabiegu jesienią, należy go wykonać wiosną po rozpoczęciu wegetacji.

W przypadku uprawy pszenżyta po zbożach (z wyjątkiem owsa) należy rozważyć zwalczanie chorób podstawy źdźbła w fazie 1-2 kolanka. Przy intensywnej technologii uprawy warto również zastosować antywylegacze. Szczególną uwagę na ochronę przed fuzariozami należy zwrócić przy uprawie na stanowiskach po kukurydzy, zwłaszcza w latach o wysokiej wilgotności.

Zbiór pszenżyta powinien nastąpić zaraz po osiągnięciu pełnej dojrzałości ziarna, przy wilgotności 14-15%. Przetrzymywanie dojrzałego zboża na polu może prowadzić do strat jakościowych i ilościowych, dlatego termin zbioru należy dostosować do aktualnych warunków pogodowych i stanu roślin.

1.3.1 **Przykładowe odmiany pszenżyta:**

- Heroico (HR Strzelce)- odmiana ta cechuje się bardzo wysoką odpornością na mączniaka prawdziwego, rdzę żółtą i fuzariozę kłosów. Odporność na fuzariozę gwarantuje bezpieczeństwo uprawy w monokulturze oraz po kukurydzy. Wybitnie pozytywnie reaguje na obniżoną normę wysiewu. Wyróżnia się bardzo zrównoważonym profilem odpornościowym, dzięki czemu plantacje produkcyjne tej odmiany charakteryzują się mniejszym ryzykiem niekontrolowanego rozwoju infekcji grzybowych i pozwala na obniżanie dawek stosowanych środków ochrony roślin. Wybór odmiany Heroico, dzięki podwyższonej odporności na wyleganie przedżniwne ogranicza ryzyko tego problemu do minimum.
- Fanfaro (HR Strzelce) - Wyróżnia się ono na tle innych odmian pszenżyta najwyższą w tym gatunku mrozoodpornością, bardzo dobrą odpornością na wyleganie przedżniwne oraz najwyższą odpornością na porastanie ziarna w kłosie. Bardzo zrównoważony profil odpornościowy sprawia, że kontrola zdrowotności plantacji jest ułatwiona a konieczność stosowania środków ochrony roślin ograniczona.
- Polo (HR Smolice)- bardzo wysoki potencjał plonowania na słabszych stanowiskach glebowych – znakomity wybór na gleby typowo pszenżytnie; mocny profil zdrowotnościowy – dobra i bardzo dobra odporność na większość chorób występujących w pszenżycie ozimym; wczesny termin kłoszenia i dojrzewania; bardzo dobra zimotrwałość i odporność na wyleganie – bezpieczny wybór i łatwa agrotechnika w uprawie na terenie całego kraju

2. Choroby zbóż wpływające negatywnie na jakość słomy

W przypadku uprawy zbóż z przeznaczeniem do wykorzystania słomy jako substratu do produkcji słomek do napojów, niezwykle istotne znaczenie ma kontrolowanie zdrowotności uprawy, ponieważ nasilona presja ze strony chorób źdźbłowych może pogarszać parametry jakościowe słomek. W tym celu, warto wybierać do uprawy odmiany o wysokiej zdrowotności pod względem głównych chorób, które zostały scharakteryzowane poniżej.

2.1 Łamliwość źdźbła zbóż i traw

Rozwój patogenów odpowiedzialnych za łamliwość źdźbła zbóż jest ściśle związany z wysoką wilgotnością, ciężkimi glebami, niewłaściwym zmianowaniem oraz nadmiernym nawożeniem azotem. Presja choroby w większym stopniu zależy od warunków pogodowych niż od uproszczonego płodozmianu. Kluczowe jest jej monitorowanie już jesienią i wczesną wiosną, gdy pierwsze objawy mogą pojawić się na pochwach liściowych. Schorzenie to występuje częściej na glebach ciężkich i zasadowych, dlatego skutecznymi działaniami ograniczającymi jego rozwój są staranna podorywka, racjonalne zmianowanie, eliminacja samosiewów oraz optymalizacja dawek azotu.

Łamliwość źdźbła, wywoływana przez grzyba *Oculimacula yallundae*, stanowi poważne zagrożenie dla zbóż ozimych, zwłaszcza gdy zima jest łagodna, a wiosna chłodna i wilgotna. Choroba prowadzi do degradacji tkanek podstawy źdźbła, co skutkuje zaburzeniem transportu wody i składników pokarmowych oraz zwiększa ryzyko wylegania łanu. Pierwsze symptomy mogą pojawić się już jesienią w postaci podłużnych, brunatnych plam na pochwach liściowych, jednak pełniejsza manifestacja choroby następuje zazwyczaj dopiero w fazie strzelania w źdźbło lub nawet w czasie kłoszenia. W początkowej fazie patogen może rozwijać się w sposób utajony, co sprawia, że rośliny pozornie wydają się zdrowe, mimo że już dochodzi do destrukcji ich tkanek.

Objawy łamliwości źdźbła (https://www.tygodnik-rolniczy.pl/uprawa/jakie-warunki-sprzyjaja-rozwojowi-lamliwosci-zdzbla-zboz-2386654)

Ze względu na wysoką szkodliwość choroby oraz ryzyko utraty nawet 30% plonu, istotnym elementem ochrony jest profilaktyczne stosowanie fungicydów. Objawy porażenia, takie jak soczewkowate plamy o jasnobrązowym lub bursztynowym zabarwieniu z rozmytymi obrzeżami, mogą stopniowo obejmować całą podstawę źdźbła, co prowadzi do jego łamania i przedwczesnego bielenia kłosów. W efekcie powstają źle wykształcone ziarniaki o obniżonej jakości.

Zapobieganie łamliwości źdźbła opiera się na kompleksowych działaniach agrotechnicznych. Właściwe zmianowanie, w tym uprawa roślin bobowatych, takich jak lucerna, pozwala na ograniczenie presji patogenu. Istotną rolę odgrywają również starannie przeprowadzone zabiegi uprawowe – podorywka oraz głęboka orka przyspieszają rozkład resztek pożniwnych, eliminując potencjalne źródła infekcji.

Mimo wysokiej skuteczności metod agrotechnicznych, nie są one w stanie w pełni zabezpieczyć zbóż przed porażeniem. Dlatego ich uzupełnieniem powinna być odpowiednio dobrana ochrona chemiczna. Profilaktyczne stosowanie fungicydów jest kluczowe dla zachowania zdrowotności łanu, zwłaszcza w latach o podwyższonej wilgotności. W przypadku rezygnacji z zabiegów zapobiegawczych niezbędne jest systematyczne monitorowanie plantacji, aby w razie potrzeby podjąć szybkie działania interwencyjne.

Hybrydowe podejście, łączące starannie prowadzoną agrotechnikę z prewencyjną ochroną chemiczną, stanowi najbardziej efektywną strategię minimalizowania strat spowodowanych przez łamliwość źdźbła, przyczyniając się do uzyskania wysokich i stabilnych plonów.

2.2 Fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła (sprawca: grzyby rodzaju *Fusarium*)

Fuzaryjna zgorzel podstawy źdźbła, wywoływana przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, stanowi poważne zagrożenie dla pszenicy ozimej, żyta oraz jęczmienia ozimego. Uszkodzenie tkanek u podstawy źdźbła prowadzi do trwałego osłabienia rośliny, a powstałe zmiany są nieodwracalne. W konsekwencji dochodzi do znacznego obniżenia plonów – nawet jeśli kłos wykształci ziarno, często jest ono zdeformowane i niskiej jakości. Patogen atakuje również system korzeniowy, powodując brunatnienie, gnicie oraz przedwczesne zamieranie całych roślin.

Choroba zazwyczaj pozostaje niezauważona aż do okresu po kwitnieniu zbóż, kiedy jej objawy stają się bardziej wyraźne. Na dolnych międzywęźlach pojawiają się charakterystyczne, brunatne nekrozy o kreskowatym układzie, które z czasem obejmują coraz większą po-

wierzchnię źdźbła. W skrajnych przypadkach dochodzi do całkowitego zniszczenia tkanek przewodzących, co prowadzi do przedwczesnego usychania roślin i ich wylegania.

Uszkodzenia powodowane przez fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła (źródło: https://www.topagrar.pl/articles/zboza/fuzaryjna-zgorzel-podstawy-zdzbla-jak-to-rozpoznac-2454885)

Skuteczna ochrona upraw przed fuzaryjną zgorzelą podstawy źdźbła wymaga kompleksowego podejścia. Kluczową rolę odgrywają odpowiednie praktyki agrotechniczne – terminowe niszczenie resztek pożniwnych poprzez podorywkę i głęboką orkę jesienią, a także systematyczna eliminacja chwastów, które mogą stanowić rezerwuar patogenów. Niemniej jednak działania te powinny być uzupełnione zastosowaniem precyzyjnie dobranych fungicydów.

Połączenie prawidłowej agrotechniki z chemiczną ochroną pozwala znacząco ograniczyć ryzyko wystąpienia choroby oraz minimalizuje potencjalne straty w plonie. Regularny monitoring plantacji oraz szybka reakcja na pierwsze symptomy porażenia są kluczowe dla utrzymania zdrowotności łanu i uzyskania wysokiej jakości zbiorów.

2.3 Ostra plamistość oczkowa (grzyb *Rhizoctonia cerealis)*

Ostra plamistość oczkowa, zaliczana do grupy chorób podsuszkowych, stanowi istotne zagrożenie dla upraw zbóż. Jej sprawcą jest grzyb *Rhizoctonia cerealis*, patogen glebowy atakujący wiele gatunków roślin z rodziny traw. Szczególnie podatne na porażenie są pszenica ozima, żyto, pszenżyto, jęczmień oraz owies, przy czym największą wrażliwość wykazuje pszenica ozima.

Wczesne zakażenie może prowadzić do przed- i powschodowej zgorzeli siewek, jednak objawy chorobowe częściej obserwuje się w późniejszych fazach rozwojowych roślin. Od mo-

mentu strzelania w źdźbło na pochwach liściowych dolnych międzywęźli zaczynają pojawiać się charakterystyczne beżowe, owalne lub nieregularne plamy, otoczone wyraźną brunatną, a niekiedy fioletową obwódką. W miarę rozwoju infekcji na źdźbłach formują się kremowe, oczkowate nekrozy z ciemniejszymi brzegami. W przypadku silnego porażenia plamy ulegają zlewaniu, prowadząc do degradacji tkanek źdźbła. W efekcie rośliny przedwcześnie bieleją, ich źdźbła stają się łamliwe, a ziarno drobnieje, tracąc wartość użytkową.

Rhizoctonia cerealis występuje w niemal 80% gleb, co oznacza, że ryzyko infekcji dotyczy niemal całego obszaru Polski. Tak szerokie rozpowszechnienie patogenu sprawia, że skuteczna ochrona roślin wymaga kompleksowego podejścia.

W zapobieganiu ostrej plamistości oczkowej kluczową rolę odgrywa odpowiednia profilaktyka. Obejmuje ona zmianowanie upraw, głęboką orkę oraz ograniczenie upraw monokulturowych, które sprzyjają nagromadzeniu patogenu w glebie. Istotnym elementem ochrony jest także stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego oraz odpowiednich zapraw nasiennych, które mogą znacząco ograniczyć ryzyko wczesnych infekcji.

Zintegrowane metody ochrony, łączące działania agrotechniczne z chemicznymi, stanowią najlepszą strategię w walce z *Rhizoctonia cerealis* i pozwalają na minimalizację strat w plonach. Regularne monitorowanie upraw oraz szybka reakcja na pierwsze objawy porażenia to kluczowe elementy skutecznej ochrony plantacji.

Ostra plamistość oczkowa na pszenicy (https://www.syngenta.pl/news/aktualnosci-produkty/wzrastajacy-problem-ostrej-plamistosci-oczkowej)

2.3.1 Mączniak prawdziwy

Mączniak prawdziwy zbóż i traw, jest jedną z najgroźniejszych chorób pszenicy i jęczmienia. Mniejsze znaczenie ma w uprawach owsa i żyta. Pszenżyto jeszcze do niedawna uważane było za odporne na tą chorobę. Jednakże w ostatnich latach coraz więcej jest doniesień, o porażaniu przez *B. graminis* tego gatunku. Gatunki takie jak: proso, sorgo, kukurydza nie ulegają porażeniu przez *Blumeria graminis*. W obrębie gatunku *B. graminis* wyróżnia się formy specjalne, które przystosowane są do określonych gatunków żywicieli. Patogen jest zazwyczaj specyficzny rodzajowo i dlatego też, choroba nie rozprzestrzenia się pomiędzy gatunkami zbóż. Mączniak prawdziwy występuje na terenie całej Polski, największe szkody wyrządzając w rejonach nadmorskich, południowo-wschodnich oraz w centralnej części kraju.

W warunkach szczególnie sprzyjających rozwojowi *B. graminis* obniżka plonu ziarna pszenicy ozimej może sięgać nawet 30%. Porażenie kłosów u pszenicy, a liści flagowych i podflagowych u jęczmienia powoduje największe straty w plonach. Uprawne formy ozime jęczmienia porażone wczesną wiosną przez patogen wywołujący mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*B. graminis* f. sp. *hordei*) wykazują słabiej wykształcone pędy oraz słabo rozwinięty system korzeniowy. Fenotyp ten skutkuje obniżeniem plonowania.

Objawy mączniaka prawdziwego na liściach i źdźbłach

(https://agrobiotics.com/choroby-roslin/maczniak-prawdziwy-zboz-i-traw/)

Do czynników wpływających na rozprzestrzenianie i rozwój tej choroby należy przezimowanie grzybni na oziminach, wieloletnich trawach, samosiewach w żywych tkankach roślin. Przy wilgotności od 50 do 100% podczas opadów lub utrzymującej się rosy, odpowiednim nasłonecznieniu i szerokim zakresie temperatur występują optymalne warunki dla rozwoju patogena od kiełkowania zarodników do wytworzenia kolejnego pokolenia konidiów.

2.3.2 Rdza brunatna (*Puccina recondita*)

Rdza brunatna jest jedną z najpoważniejszych chorób liści pszenicy ozimej, pszenżyta ozimego oraz jęczmienia jarego. W 2018 roku była również najczęściej występującą chorobą grzybową w życie. Szczególnie wysoka presja została zaobserwowana na uprawach ekstensywnych. Rdza brunatna jest chorobą powszechną we wszystkich rejonach uprawy zbóż jarych oraz ozimych. Największe straty wyrządza w uprawie pszenicy ozimej. Obserwowana jest we wszystkich fazach rozwojowych roślin.

Przy silnym porażeniu starty wywołane przez tą chorobę sięgają od 40 do 50%. W Polsce średnio straty w plonach szacuje się na około 5 do 10%. Sprzyjającymi warunkami atmosferycznymi dla rozwoju tego patogena są dłuższe okresy słonecznej i suchej pogody wiosną oraz wczesnym latem. Jej występowaniu sprzyja również duża intensywność upraw, przy jednocześnie wysokim nawożeniu azotem oraz dużej ilości rosy gromadzącej się na roślinach. Zarodniki *P. recondita* rozprzestrzeniają się przez wiatr na bardzo duże odległości, dlatego istotne jest wczesne i skuteczne wykrycie ognisk choroby.

Pierwsze objawy rdzy brunatnej jęczmienia i pozostałych zbóż są widoczne na górnej stronie liści. Rolnicy zauważają je jesienią i wczesną wiosną. Zmiany przyjmują postać niewielkich ciemnych plam. Z czasem przekształcają się w rdzawe brodawki, które zaczynają pękać. W ten sposób uwalniają zarodniki konidialne, co prowadzi do utraty wody, więc naraża rośliny na dodatkowy stres, szczególnie w okresie suszy. W lipcu wykwitają czarne skupiska zarodników, co świadczy o zaawansowanym stadium choroby.

Rdza brunatna objawy (https://agrarlex.pl/artykuly/uprawa/rdza-brunatna-pszenicy-rozwoj-choroby-objawy-i-zwalczanie)

Najważniejsze są odpowiednie praktyki agrotechniczne. Rolnicy powinni ograniczać źródło infekcji poprzez poprawienie rozkładu resztek pożniwnych oraz stosowanie głębokiej orki przed zimą. Właściwy dobór odmian zbóż odpornych na rdzę brunatną również wspiera zapobieganie chorobie.

Kolejna kwestia dotyczy terminu siewu – zbyt wczesny siew ozimin zwiększa ryzyko porażenia roślin w okresie jesiennym. Przed wiosennym siewem pszenicy jarej warto poczekać, żeby uniknąć infekcji we wczesnych fazach rozwoju roślin.