

Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej

# **Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka**

***Norbert Marks***

Kraków 2009

Pracę do druku recenzowali:

prof. dr hab. inż. Małgorzata Bzowska-Bakalarz  
prof. dr hab. Aleksander Szeptycki

© Copyright by Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej

ISBN 83-917053-7-4

Łamanie, druk i oprawa:  
DRUKROL s.c., Kraków, al. 29 Listopada 46, tel./fax: (012) 412 46 50  
Nakład: 200 egzemplarzy

## Spis treści

1. Wprowadzenie.....	4
2. Uszkodzenia i ich klasyfikacja .....	6
3. Metody pomiaru odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia .....	11
3.1. Dynamiczne metody laboratoryjne.....	11
3.2. Statyczne metody laboratoryjne .....	16
3.3. Metody polowe.....	20
3.4. Ocena stosowanych metod pomiaru odporności bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia .....	21
4. Czynniki wpływające na odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia .....	24
4.1. Czynniki związane z rośliną.....	27
4.1.1. Odmiana ziemniaka.....	27
4.1.2. Kształt, wielkość i strefa bulwy .....	29
4.1.3. Dojrzałość bulwy ziemniaka.....	37
4.1.4. Skład chemiczny i budowa wewnętrzna bulwy .....	43
4.2. Czynniki związane ze środowiskiem wzrostu i rozwoju bulwy ziemniaka.....	60
4.2.1. Gatunek i wilgotność gleby.....	60
4.2.2. Temperatura gleby i bulwy ziemniaka.....	63
4.2.3. Zbrylenie i zakamienienie gleby .....	67
4.2.4. Zachwaszczenie plantacji.....	71
4.2.5. Warunki meteorologiczne (opady i temperatura).....	72
4.2.6. Ukształtowanie terenu.....	78
4.3. Czynniki związane z agrotechniką uprawy ziemniaka .....	78
4.3.1. Podstawowa uprawa gleby.....	78
4.3.2. Nawożenie organiczne i mineralne .....	78
4.3.3. Sadzenie .....	100
4.3.4. Zabiegi pielęgnacyjne .....	103
4.3.5. Przygotowanie plantacji do zbioru.....	105
4.3.6. Technika i technologia zbioru bulw ziemniaka.....	106
Podsumowanie .....	111
Bibliografia .....	113

## 1. WPROWADZENIE

Nowoczesna i na szeroką skalę prowadzona uprawa ziemniaka wymaga pełnego zmechanizowania wszystkich prac polowych i w przechowalnictwie. Wprowadzanie jednak nowoczesnych i skomplikowanych środków technicznych do zbioru, transportu i obróbki pozbiorowej w przechowalniach uwarunkowane jest stosowaniem w uprawie odmian o podwyższonej odporności na działanie elementów roboczych maszyn. Zwiększający się bowiem, w ostatnich latach udział maszyn w procesie zbioru i obróbki pozbiorowej, spowodował istotny wzrost mechanicznie uszkodzonych bulw ziemniaka w plonie, co w myśl obecnych wymagań niejednokrotnie dyskwalifikuje je jako surowiec konsumpcyjny i przetwórczy. Wyraźnie zaznacza się tu pewna prawidłowość pomiędzy podnoszeniem stopnia mechanizacji produkcji ziemniaka, a udziałem w plonie bulw uszkodzonych (wzrost stopnia mechanizacji powoduje wzrost uszkodzeń bulw). Dlatego też należy wyraźnie podkreślić, że do uprawy w warunkach kompleksowej mechanizacji przydatne będą odmiany wyróżniające się dwoma cechami:

- podwyższoną odpornością na mechaniczne uszkodzenia bulw,
- podwyższoną odpornością na patogeny powodujące procesy gnilne podczas przechowywania [Jastrzębski, Werner 1971].

Szczególnie odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia i wpływ na nią modyfikujących ją czynników, wydaje się mieć decydujące znaczenie. Zmiany przyzwyczajzeń konsumentów oraz wzrastające wymagania przemysłu zmuszają producentów do dostarczania ziemniaków o różnej, ale wysokiej jakości. O ile postęp w hodowli nowych odmian daje możliwości wyjścia naprzeciw potrzebom odbiorców, o tyle bardzo trudnym do spełnienia jest ograniczenie do minimum uszkodzeń pochodzenia mechanicznego, powstających w czasie zbioru i obróbki pozbiorowej bulw. Następstwem mechanicznych uszkodzeń mogą być straty bezpośrednie i pośrednie.

Bezpośrednimi skutkami uszkodzeń są:

1. Zwiększone straty powodowane parowaniem i oddychaniem.

Skórka jest naturalną barierą ograniczającą wysuszenie bulw przez odparowanie. Jest więc oczywiste, że im więcej będzie uszkodzeń tym poważniejsze będą straty masy. Podczas pierwszego miesiąca przechowywania mogą one osiągnąć 10% masy, jeżeli bulwy są silnie uszkodzone. Bulwy uszkodzone oddychają i wyparowują wodę bardziej intensywnie, bo zabliznianie ran wymaga nakładu energii, a nowo wytworzona warstwa korka jest bardziej porowata od poprzedniej [Gabriel 1974]. Oddychanie powoduje również straty skrobi, ponieważ bulwy uszkodzone oddychają bardziej intensywnie od nieuszkodzonych. Straty skrobi bulw uszkodzonych mogą się podwoić w pierwszych trzech miesiącach przechowywania w stosunku do strat skrobi bulw nieuszkodzonych.

2. Zwiększone gnicie i związane z tym procesem straty podczas przechowywania.

Rany są otwartymi drzwiami dla mikroorganizmów. Tą drogą wnikają do bulw grzyby *Phoma* i *Fusarium* oraz bakterie *Erwinia*. Przy wzroście wartości wskaźnika uszkodzeń z ok. 16% do ok. 32% średnia suma strat obejmująca ubytki naturalne i straty w wyniku porażenia chorobami wzrosła od ok. 11% do ok. 23% masy, przy czym stwierdzono, że uszkodzenia bardziej wpływają na straty spowodowane chorobami, a mniej na ubytki (straty) naturalne [Czerko i in. 1985].

3. Straty przy obieraniu wynoszą 13-18%, kiedy bulwy są nieuszkodzone, wzrastają aż do 25-35% w zależności od stopnia ich uszkodzenia.

4. Utrudnione oczyszczanie skrobi przy przerobie przemysłowym, ponieważ ziemia znajdująca się w miejscach uszkodzeń jest trudna do usunięcia i często bulwy silnie zabrudzone są odrzucane.

Pośrednie skutki uszkodzeń dotyczą obniżenia jakości bulw ziemniaka poprzez:

1. Ciemnienie miąższu i związane z tym pogorszenie wyglądu, co ma wpływ na obniżenie wartości ziemniaka przeznaczonego do przerobu przemysłowego i do bezpośredniej konsumpcji,
2. Obniżenie wartości bulw uszkodzonych (przecięcia, zwiędnięcie),
3. Obniżenie zawartości składników chemicznych bulwy, w tym głównie witaminy C,
4. Podniesienie zawartości szkodliwego dla zdrowia alkaloidu solaniny, szczególnie jeżeli chodzi o bulwy popękane i przecięte.

Ujemne następstwa wynikające z mechanicznych uszkodzeń można ograniczyć poprzez:

- wyhodowanie odmian o podwyższonej odporności na zewnętrzne i wewnętrzne mechaniczne uszkodzenia oraz choroby,
- stworzenie bądź wykorzystanie warunków minimalizujących uszkodzenia bulw w całej technologii ich produkcji,
- przyspieszenie procesu zablizniania ran poprzez stworzenie odpowiednich do tego procesu warunków (przechowalnie, temperatura 10-18°C i wilgotność względna powietrza 90-95%).

Z ogólnych działań zmierzających do minimalizacji strat plonu ziemniaków można wydzielić następujące:

- ulepszanie konstrukcji maszyn i ich elementów roboczych oraz opracowanie nowych technologii zmechanizowanej produkcji ziemniaków zmniejszających uszkodzenia bulw,
- wprowadzenie do produkcji nowych odmian o podwyższonej odporności na mechaniczne uszkodzenia bulw,
- optymalizację czynników modyfikujących (podwyższających) odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia.

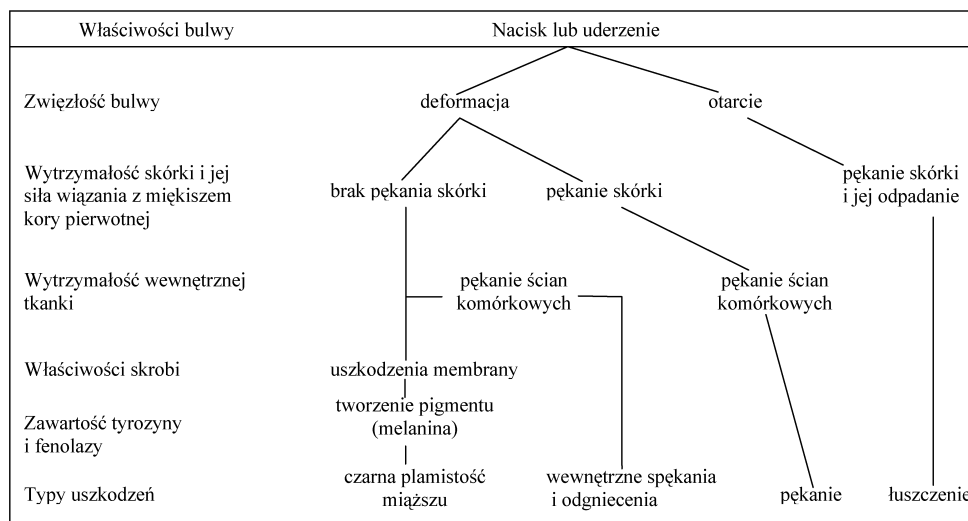
## 2. USZKODZENIA I ICH KLASYFIKACJA

Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka są rezultatem nacisku lub zderzenia z ciałem obcym (kamienie, bryły ziemi, elementy robocze zespołów separujących, kanciaste lub chropowate części maszyn), bądź spadku następującego w trakcie trwania określonego procesu roboczego (zbiór, transport, separacja, składowanie).

Mechaniczne uszkodzenia mogą występować w różnej postaci a mianowicie:

- uszkodzeń zewnętrznych (widocznych nieuzbrojonym okiem), do których należą rany cięte, punktowe bądź rozległe zmiążdżenia miąższu, pęknięcia lub rozłamania bulwy oraz otarcie skórki,
- uszkodzeń wewnętrznych, widocznych dopiero po zdjęciu skórki w postaci uszkodzenia miąższu bulwy bez przzerwania (zniszczenia) skórki, objawiające się głównie ciemnieniem, zgnieceniem lub pęknięciem miąższu oraz powstawaniem wewnątrz bulwy pustych komór.

Na powstanie określonego rodzaju uszkodzenia mają wpływ zarówno czynniki zewnętrzne, jak i właściwości samej bulwy. Schemat podziału uszkodzeń przedstawia rysunek 1.



Źródło: La Pomme de Terre 1996

Rys. 1. Schematyczny podział uszkodzeń

Ciemnienie poudzerzeniowe objawia się zarówno na powierzchni jak i pod skórą bulwy w formie plam czarnych, szarych lub niebieskich (black, grey, blue) otoczonych często różnokolorową obwódka. To niepożądane zabarwienie miąższu jest rezultatem tworzenia się pigmentu (melaniny) przez utlenianie enzymatyczne aminokwasu tyrozyny, kwasu chlorogenowego i kawowego przy katalitycznym działaniu enzymu tyrozynazy. Podobne procesy zachodzą przy obieraniu i krojeniu bulw surowych. Ciemnienie miąższu po ugotowaniu może zachodzić również w wyniku procesu nieenzymatycznego. Ciemnienie to uwarunkowane jest obecnością związków fenolowych, a w głównej mierze kwasów chlorogenowego i kofeiny (kawowego) oraz jonów żelaza w bulwach ziemniaka, przy dostępie tlenu z powietrza, albo też zachodzi tzw. Reakcja Maillarda, polegająca na kondensacji cukrów redukujących ze związkami zawierającymi wolne grupy aminowe (amino-kwasy).

Stopień ciemnienia nieenzymatycznego zależy od ilości żelaza, kwasu chlorogenowego i pH bulwy. Plamy pojawiają się w przedziale czasowym od kilku godzin do 8 dni po uszkodzeniu bulwy. Szybkość procesu ciemnienia zależy od temperatury i ciśnienia cząstkowego tlenu. W temperaturze wyższej i przy zwiększonym ciśnieniu tlenu proces ciemnienia zachodzi wielokrotnie szybciej niż przy temperaturze niższej i normalnym ciśnieniu powietrza. Do zdrowej bulwy tlen przenika jedynie przez przetchlinki i przestrzenie międzykomórkowe, a nie przez perydermę. Łatwość, z jaką tlen przenika do tkanki obitej i wchodzi w reakcję utleniania związków fenolowych wskazuje, że muszą się tam znajdować komórki uszkodzone [Burton, Wigginton 1970]. Według Galliarda [1973] po uszkodzeniu bulwy zachodzi bardzo gwałtowny proces rozkładu lipidów wchodzących w skład wszelkich błon biologicznych, z których zbudowane są struktury wewnątrzkomórkowe. Początkowo proces ten jest procesem enzymatycznym, a później niekontrolowanym procesem spontanicznym. Może to doprowadzić do destrukcji błon sferozomów i perokryzomów, uwolnienia z nich enzymów hydrolitycznych, peroksydaz i oksydazy polifenolowej, a te z kolei mogą przedłużać proces destrukcji komórek drogą autolizy tj. dalszego rozkładu struktur komórkowych i utleniania fenoli do polifenoli, które nekrotycznie działając na tkankę, tworzą ciemne plamy i nekrozy, które potęgują destrukcyjne oddziaływanie na uwolnione z tkanek lizosomy i hydrolazy. Hipotezę tą potwierdza również Pitt [1975].

Opisane procesy występują tylko w przypadku uszkodzenia komórki, stąd odporność błony komórkowej na uszkodzenia i zapobieganie tym uszkodzeniom wydają się być kluczowymi problemami związanymi z ograniczaniem wewnętrznego ciemnienia poudzerzeniowego. Ciemnienie wewnętrzne może występować na skutek uderzenia, czasami bardzo słabego a także po długotrwałym składowaniu poprzez nacisk na podłoże. Tego typu uszkodzenie jest trudne do uchwycenia, ponieważ nie jest widoczne bez zdjęcia skórki i często bywa tak, że wysyłane bulwy wydają się być nieuszkodzone, a dochodząc do odbiorcy są już mniej lub bardziej uszkodzone.

Pęknięcia, rozerwania i zgniecenia wewnętrzne i zewnętrzne są konsekwencją rozerwania (zniszczenia) zwartych ścian komórkowych głównie w wyniku uderzenia przy dużym nakładzie energii. Podatność bulw na tego rodzaju uszkodzenia jest wyraźną cechą odmianową, jednak podatność ta może być modyfikowana czynnikami otoczenia (zewnętrznymi) wpływającymi na strukturę ścian komórkowych i budowę samych komórek.

Łuszczenie i otarcia skórki są uszkodzeniami powierzchniowymi wynikającymi z tarcia jakie zachodzi pomiędzy bulwą ziemniaka, a elementami roboczymi maszyn, które prowadzi do usunięcia skórki z mniejszej lub większej powierzchni bulwy. Tego typu uszkodzenia obserwuje się głównie na bulwach odmian wczesnych podczas zmechanizowanego zbioru, lub na bulwach ziemniaków, u których wytworzenie korka epidermicznego jest niewystarczające z powodu np. zbyt wczesnego zniszczenia łątów, zbyt krótkiego okresu pomiędzy zniszczeniem łątów a zbiorem bulw lub nadmiernego i niezrównoważonego nawożenia azotowego. Uszkodzenia takie są również cechą odmianową, bowiem odmiany o epidermie cienkiej i gładkiej są bardziej podatne na złuszczenia i otarcia skórki niż odmiany o epidermie grubszej i szorstkiej. W normalnych warunkach przechowywania zniszczenie skórki nie powoduje ujemnych następstw, ponieważ bulwa łatwo ją regeneruje, a płytkie uszkodzenia zablźniają się. W złych warunkach przechowywania, złuszczenia i otarcia skórki sprzyjają powstawaniu na powierzchni bulwy brunatnych plam, a niewystarczające wytworzenie epidermy może prowadzić oprócz strat masy podczas przechowywania do oparzeń bulw wywołanych przez inhibitory kiełkowania. Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka powstają we wszystkich fazach zbioru, transportu, obróbki pozbiorowej i magazynowania. Według Larsena [1962], 42% bulw na glebach niezakamienionych odnosi obrażenia w czasie zbioru kombajnowego, 12% przy sortowaniu, a 10% w transporcie i załadunku. Według Spechta [1965], ogólna ilość bulw uszkodzonych w czasie zbioru kombajnowego wynosiła od 15 do 75%, a Hunnius i Wick [1971] uzyskali 33-91% bulw uszkodzonych w procesie zbioru i obróbki pozbiorowej.

Analizując kształtowanie się uszkodzeń bulw podczas zbioru różnymi maszynami można określić następującą tendencję wzrostu uszkodzeń: zbiór ręczny – kopaczka gwiazdowa – kopaczka przenośnikowa – kopaczka ładująca – kombajn. Przedstawiona kolejność wyraźnie wskazuje, że im bardziej złożona konstrukcja maszyny zbierającej, tym większy stopień uszkodzeń bulw. Klasyfikacja uszkodzeń i ich wpływ na wartość bulw ziemniaka zależna jest od ich przeznaczenia. Stąd duża różnorodność przyjmowanych i stosowanych podziałów. I tak Hesen i Kroesbergen [1960] dzielą uszkodzenia na zewnętrzne, rany cięte, rany miąższu, pęknięcia i obrażenia wewnętrzne. W każdym rodzaju uszkodzeń określają stopień uszkodzenia wg odpowiedniej skali. Simons [1958] wyróżnia rany miąższu, obicia i uszkodzenia skórki. Dambroth [1967] wydziela pęknięcia i obicia, Baganz i Rosel [1960] dzielą uszkodzenia na podstawie głębokości ich występowania. Uszkodzenia do głębokości 1,7 mm określane są jako lekkie, od 1,71-5,1 mm jako średnie i powyżej 5,1 mm jako ciężkie. Uszkodzenia lekkie w większości badań są pomijane, jako nie mające wpływu na wartość użytkową bulw. W Wageningen (Holandia) miernikiem uszkodzenia jest ciemnienie poudzerzeniowe miąższu bulwy mierzone indeksem ciemnienia poudzerzeniowego. Sawyer i Collins [1960]; Kunkel i Gardner [1970]; Kunkel i in. [1970]; Kunkel, Gardner [1971]; Kunkel, Holstad [1971]; Weaver i in. [1969, 1970, 1971] zajmowali się problematyką uszkodzeń w warunkach uprawy w USA. Największą wagę przywiązują do ciemnienia poudzerzeniowego miąższu (blackspot) jako uszkodzenia obniżającego wartość przetwórczą bulw ziemniaka. Ministerstwo Rolnictwa, Żywności i Rybołówstwa USA podaje klasyfikację uszkodzeń wyróżniając w niej: rozłupania, zmiżdżenia, ścięcia na plastry, obtarcia, nacięcia, wyrwania miąższu oraz uszkodzenia wewnętrzne. Do ujawnienia uszkodzeń stosuje się catechol (roztwór sody kaustycznej), wybarwiający miejsca uszkodzenia



### Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka

---

bulwy. Bulwę zanurza się w roztworze na czas 5-7 minut i po wyjęciu przemywa i osusza, a następnie kwalifikuje się ją do jednej z następujących kategorii:

- nieuszkodzone,
- obicia oznaczone indeksem 1,
- złuszczenia oznaczone indeksem 3,
- uszkodzenia głębokie oznaczone indeksem 7.

Następnie oblicza się procentowe udziały poszczególnych uszkodzeń i wylicza wskaźnik uszkodzeń według wzoru:

$$\begin{aligned} \text{Wskaźnik uszkodzeń} = & \% \text{ bulw obitych} \times 1 + \% \text{ bulw złuszczonych} \times 3 \\ & + \% \text{ bulw uszkodzonych głęboko} \times 7 \end{aligned} \quad (1)$$

W Holandii stosuje się indeks ciemnienia poudzerzeniowego, w którym uszkodzenia wylicza się ze stosunku powierzchni ściemnienia miąższu do powierzchni bulwy i wyraża w procentach dzieląc bulwy na cztery kategorie:

- 1 – bulwy bez uszkodzeń,
- 2 – 0-2% - uszkodzenia lekkie,
- 3 – 2-10% - uszkodzenia średnie,
- 4 – > 10% - uszkodzenia ciężkie.

Następnie wylicza się indeks ciemnienia poudzerzeniowego ( $W$ ) wg wzoru:

$$W = \frac{L + 2\acute{S}r + 3C}{6} [\%] \quad (2)$$

gdzie:

- $L$  – uszkodzenia lekkie,
- $\acute{S}r$  – uszkodzenia średnie,
- $C$  – uszkodzenia ciężkie.

Odporność bulw określana jest również w skali 4-stopniowej:

- 1° – < 3,9% - odporność bardzo duża,
- 2° – 4-9,9% - odporność duża,
- 3° – 10-17,9% - odporność średnia,
- 4° – > 18% - odporność mała.

W Anglii wskaźnik uszkodzeń bulw ( $W$ ) wylicza się wg wzoru:

$$W = L + 3\acute{S}r + 7C \quad (3)$$

gdzie:

- $L$  – uszkodzenia lekkie,
- $\acute{S}r$  – uszkodzenia średnie,
- $C$  – uszkodzenia ciężkie.

W badaniach polskich [Jastrzębski 1973] wyróżnia się przerwanie skórki, zniszczenie kory pierwotnej między nekrozą a skórką, rozmiar nekrozy wewnętrznej, pęknięcie miąższu i ciemnienie poudzerzeniowe miąższu. Najpowszechniej jednak stosowany jest wskaźnik uszkodzeń masowych bulw ( $W$ ) obliczany wg wzoru:

$$W = 0,1L_1 + 0,3\acute{S}r_1 + 1C_1 + 0,1L_2 + 0,3\acute{S}r_2 + 1C_2 [\%] \quad (4)$$

gdzie:

- $L$  – uszkodzenie lekkie do 1,7 mm głębokości,
- $\acute{S}r$  – uszkodzenie średnie od 1,71 do 5,1 mm głębokości,
- $C$  – uszkodzenia ciężkie powyżej 5,1 mm głębokości,
- indeks 1 – uszkodzenia zewnętrzne,
- indeks 2 – uszkodzenia wewnętrzne.

Wskaźnik jest więc sumą uszkodzeń zewnętrznych i wewnętrznych. Jeżeli w tym samym miejscu stwierdzi się obydwa rodzaje uszkodzeń klasyfikuje się je do jednego z nich, które przy danym kierunku użytkowania bulw jest ważniejsze. Zaleca się jednak kwalifikować tego rodzaju uszkodzenie do uszkodzeń zewnętrznych.

Z przedstawionego przeglądu uszkodzeń i ich klasyfikacji widać wyraźnie brak jednolitości w podejściu do tego problemu, stąd koniecznym jest opracowanie jednolitego poglądu na ten temat i opracowanie takiego wskaźnika oceny mechanicznych uszkodzeń bulwy, który byłby akceptowany i stosowany w krajach uprawiających i hodujących ziemniaki. Wydaje się, że używanie do oceny tylko podatności na uszkodzenia zewnętrzne lub wewnętrzne nie obejmuje całości problemu, bowiem odmiany o grubej skórce odporne na uszkodzenia zewnętrzne mogą być podatne na uszkodzenia wewnętrzne i na odwrót, odmiany odporne na uszkodzenia wewnętrzne mogą być podatne na uszkodzenia zewnętrzne. Wskaźnik (indeks) uszkodzeń powinien zatem obejmować zarówno uszkodzenia zewnętrzne jak i wewnętrzne, przy czym przy przeznaczeniu bulw na przetwory uszlachetnione (frytki, czypsy) większą uwagę należy zwracać na obrażenia wewnętrzne tzn., że jeżeli w tym samym miejscu wystąpi uszkodzenie zewnętrzne i wewnętrzne, należy je zakwalifikować do uszkodzeń wewnętrznych, a przy przeznaczeniu bulw do bezpośredniej konsumpcji i przy przerobie na mączkę ziemniaczaną, większy nacisk położyć na uszkodzenia zewnętrzne, tzn. jeżeli w tym samym miejscu wystąpi uszkodzenie zewnętrzne i wewnętrzne, należy je zakwalifikować do uszkodzeń zewnętrznych.

### 3. METODY POMIARU ODPORNOŚCI BULW NA MECHANICZNE USZKODZENIA

#### 3.1. Dynamiczne metody laboratoryjne

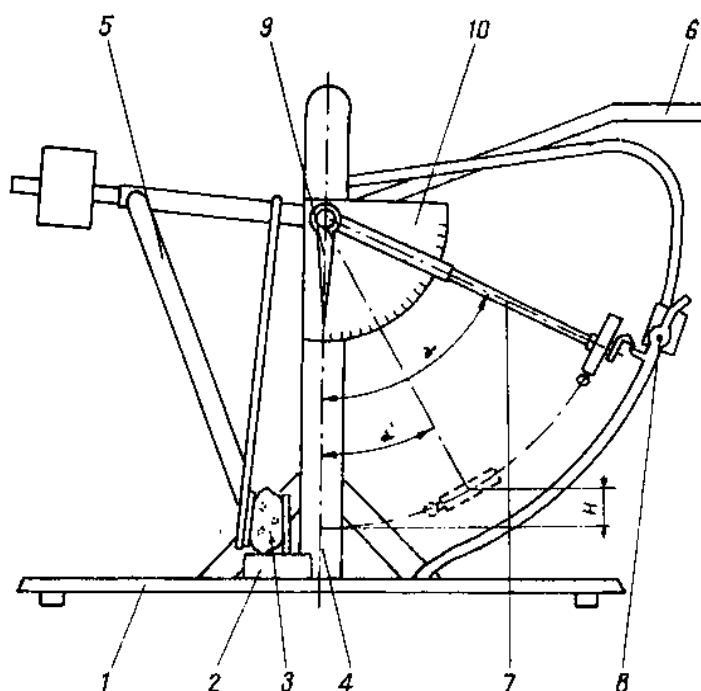
Wspólną cechą dynamicznych metod pomiaru odporności bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia jest uderzenie unieruchomionej bulwy bijakiem o określonej masie i energii. Najstarsze metody opisane m. innymi przez Wenera i Dutta w 1941 roku polegały na wymuszonym lub swobodnym spadku bulwy z określonej wysokości na twarde podłoże lub na podkładki wykonane z materiałów o różnej twardości i sprężystości i na tej podstawie oceny ilościowej i jakościowej powstałych uszkodzeń. Również Hampson, Dent, Fox [Hampson i in. 1969] oceniali odporność odmian na mechaniczne uszkodzenia spuszczając bulwę z wysokości 1500 mm na twarde podłoże, a miernikiem odporności bulw była liczba ich pęknięć. W metodzie tej, duży wpływ na powstawanie uszkodzeń miała masa bulwy, stąd też wszystkie pozostałe metody bazują na spuszczeniu stempla lub bijaka o znanych parametrach i uderzaniu nimi w unieruchomioną bulwę.

Werner na unieruchomioną bulwę spuszczał kulisty bijak o stałej masie 100 g i średnicy 10 mm, a odporność bulwy na uszkodzenia wyliczał z zależności pomiędzy wysokością spadania bijaka i ilości uszkodzeń bulw określanych natychmiast po uderzeniu. Vollbracht [1968] uderzał w bulwę bijakiem o masie 500 g, a powstałe uszkodzenia dzielił na obicia, pęknięcia i rany mięszu. Odporność bulw na uszkodzenia (W) określał w ten sposób, że liczbę obić mnożył przez 1, pęknięć przez 2, a ran mięszu przez 3. Iloczyn sumował i przedstawiał w procentach zgodnie z poniższą zależnością:

$$W = \text{obicia} \times 1 + \text{pęknięcia} \times 2 + \text{rany mięszu} \times 3 \quad [\%]$$

Uzyskany wynik określał jako średni stopień uszkodzenia. Liczebność próbki w jego badaniach wynosiła 10-20 bulw. Gall, Lamprecht, Fechter [1967] wprowadzają pojęcie elastyczności bulwy, której miarą była wysokość odbicia od nieruchomej bulwy opuszczanego wahadłowo bijaka. Odbicie mierzono w stopniach kątowych. Jako elementu uderzającego używali bijaka z kulistą końcówką o masie 190 g i średnicy 9,4 mm. Wskaźnik odporności wyliczono jako sumę uderzeń bijaka od bulwy o kącie odbicia większym lub równym kątowi odbicia pierwszego uderzenia w bulwę. Schipers [1971] stosuje kulisty bijak o masie 125 g, średnicy 16 mm, spuszczone z wysokości 300 mm. Jako efekt uszkodzenia wyróżnia ciemnienie poudzerzeniowe (blackspot). Aparaty o podobnych parametrach stosowali również Kunkel, Gardner [1970, 1971]. Marks i in. [1980, 1981a, 1981b, 1985] stosowali w swoich badaniach aparat wahadłowy, w którym bijak uderza w unieruchomioną bulwę. Kulisto zakończony bijak o średnicy 12 mm miał 320 mm długości i masę 630 g.

Bijak spuszczano z określonej wysokości, uderzając w strefę środkową bulwy tak, aby nie doprowadzić do zewnętrznego uszkodzenia bulwy. Miarą odporności bulw na uszkodzenia była wysokość odbicia bijaka od bulwy mierzona w stopniach kątowych, a po przeliczeniu również w mm. Liczebność próby wynosiła każdorazowo 40-50 sztuk bulw. Budowę aparatu przedstawia rysunek 2.



Źródło: konstrukcja własna

Rys. 2. Penetrometr dynamiczno-wahadłowy: 1 – podstawa, 2 – gniazdo, 3 – bulwa, 4 – stojak, 5 – ramię podtrzymujące, 6 – dźwignia, 7 – wahadło (bijak), 8 – zatrzask, 9 – skala, 10 – wskazówka

$H$  jest wysokością odbicia przeliczoną z miary kątowej, a  $\alpha'$  kątem odbicia wahadła,

$$H = l(1 - \cos \alpha') [\text{mm}] \quad (5)$$

gdzie:

- $H$  – wysokość odbicia wahadła [mm],
- $l$  – długość ramienia wahadła [mm],
- $\alpha'$  – kąt odbicia wahadła [°].

Energię spadania ( $E$ ) wahadła określono wzorem 6, a energię odbicia ( $E_1$ ) wzorem 7,

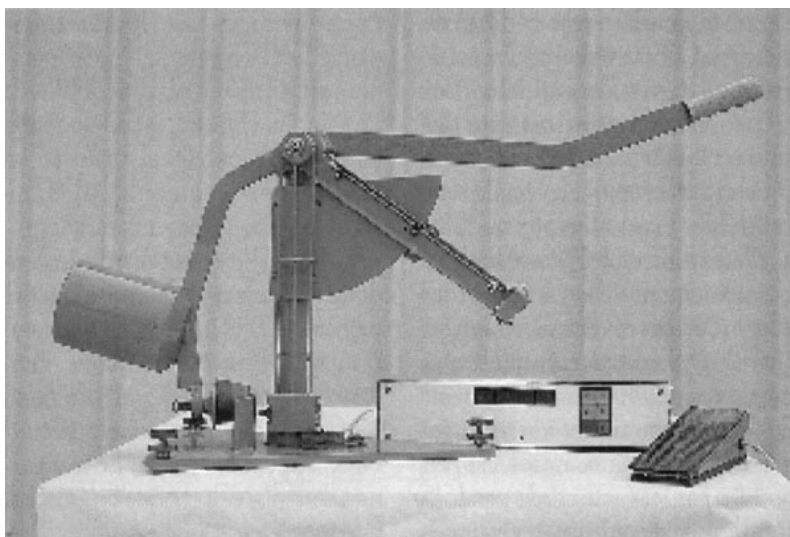
$$E = mgl(l - \cos \alpha)[J] \quad (6)$$

$$E_1 = mgl(l - \cos \alpha')[J] \quad (7)$$

gdzie:

- $E$  – energia spadającego wahadła [J],
- $E_1$  – energia odbicia wahadła [J],
- $g$  – przyspieszenie ziemskie [ $m \cdot s^{-2}$ ],
- $l$  – długość ramienia wahadła od środka osi obrotu do środka ciężkości [m],
- $\alpha$  – kąt spadku wahadła [ $^\circ$ ],
- $\alpha'$  – kąt odbicia wahadła [ $^\circ$ ],
- $m$  – masa wahadła [g].

Energia wahadła może być odczytywana lub rejestrowana elektronicznie. Przykład takiego aparatu przedstawia rysunek 3.



Źródło: Gravouelle 1996

Rys. 3. Aparat wahadłowy Midas 88P

Bieluga [1969] mierzył siłę, z jaką uderzał wahadłowy bijak zakończony prętem o średnicy 12 mm w nieruchomą bulwę. Stosował dwie prędkości spadku bijaka  $1,6 m \cdot s^{-1}$  i  $2,25 m \cdot s^{-1}$ . Rejestrował zmiany siły i zagłębienie pręta, co pozwoliło na obliczenie energii odkształcenia  $E_{od}$  z wykresu siły  $F$  jako funkcji odkształcenia  $E$ . Energia właściwa odkształcenia ( $E_w$ ) została określona jako:

$$E_w = \frac{E_{od}}{v} [\text{J} \cdot \text{mm}^{-3}] \quad (8)$$

gdzie:

- $E_{od}$  – energia odkształcenia [J],  
 $v$  – objętość uszkodzenia [ $\text{mm}^3$ ].

Jako wskaźnik odporności przyjęto stosunek energii właściwej odkształcenia do kwadratu prędkości spadającego wahadła.

$$W = \frac{E_w}{v^2} \quad (9)$$

gdzie:

- $W$  – wskaźnik odporności,  
 $E_w$  – energia właściwa odkształcenia [ $\text{J} \cdot \text{mm}^{-3}$ ],  
 $v$  – prędkość spadającego wahadła [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ].

Jastrzębski i Werner [1971, 1973] stosowali wahadłowy kulisty bijak o masie 200 g i średnicy 14 mm, spuszczone z wysokości 150 mm. Bulwy uderzane były w strefę środkową i oceniane po kilku dniach od czasu uszkodzenia. Ocenę uszkodzeń prowadzono tak, że bulwy przecinano przez środek miejsca uderzenia i określano: przerwanie skórki, zniszczenie kory pierwotnej, wielkość nekrozy wewnętrznej, ciemnienie poudzerzeniowe oraz pęknięcie miąższu. Liczebność próby wynosiła 5 – 10 sztuk bulw. Średnia ocen za każdy z wyszczególnionych elementów uszkodzenia wynosiła od 1 do 3. Później zakres ten poszerzono do 9 i uzyskano skalę 9-cio stopniową, według której klasyfikuje się odmiany. Ocena „1” jest oceną najgorszą, a ocena „9” najlepszą. Należy podkreślić, że aparaty wahadłowe są stosunkowo popularne i w różnych wersjach stosowane są zarówno w Europie, jak i w USA. W Wageningen (Holandia) określa się odporność na uszkodzenia poddając bulwy obciążeniom na wstrząsarce o częstotliwości do 290 drgań na minutę i amplitudzie drgań 30 mm. Liczebność próby wynosi 100 sztuk bulw, czas pomiaru 30 sek., a temperatura badań  $10^\circ - 20^\circ\text{C}$ . Po obciążeniu bulwy przechowywane są przez okres 3 – 7 dni i obierane mechanicznie. Miarą odporności bulwy na mechaniczne uszkodzenia jest ciemnienie poudzerzeniowe miąższu. Indeks ciemnienia poudzerzeniowego określa się wzorem nr 2 i według metodyki podanej w rozdziale 2.

Safrasbekian i Gerasimow [1972] jako miernik odporności bulw na uszkodzenia proponują pomiar twardości bulwy. Do badań zastosowali stożkowy trzpień o średnicy 6 mm i kącie wierzchołkowym  $60^\circ$ , który wbijano w bulwę na głębokość 20 mm przy pomocy bijaka o masie 100g spuszczonego z wysokości 200 mm. Liczbę uderzeń bijaka potrzebnych do zagłębienia sworznia na głębokość 20 mm przyjmowali jako wskaźnik twardości bulwy. Ci sami autorzy badali także odporność bulw na ciemnienie miąższu, stosując kulisty bijak o masie 250g, średnicy 20 mm, spuszczone z wysokości 75 mm. Jako efekt uszkodzenia badali ciemnienie miąższu na głębokość większą niż 3 mm, ujawniane po 10 dniach przechowywania licząc od dnia pomiaru.

Autor [Marks 1986] zastosował w swoich badaniach obrotowy symulator warunków uszkodzeń bulw ziemniaka. Budowa i zasada działania symulatora jest następująca: obrotowy bęben napędzany jest silnikiem elektrycznym poprzez przekładnię bezstopniową. W skład obrotowego bębna wchodzi metalowe pręty rozmieszczone wzdłuż tworzących walca w odległości 40 mm. Rozmieszczone w ten sposób pręty tworzą ażurową powierzchnię boczną bębna o średnicy 1000 i szerokości 300 mm. Pręty mocowane są do dwóch pierścieni usztywnionych ramionami. Boczne powierzchnie zapobiegają wypadaniu bulw. Pręty są wymienne o różnych średnicach z możliwością pokrywania ich różnymi powłokami ochronnymi. Przekładnia bezstopniowa oraz wymienne koła pasowe umożliwiają zmianę prędkości obwodowej bębna w zakresie od  $0,5 - 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Energię ( $E$ ) włożoną w uszkodzenie próbki liczącej do 100 sztuk bulw mierzy się pośrednio poprzez pomiar mocy czynnej prądu przy pomocy watomierza i wylicza z wzoru:

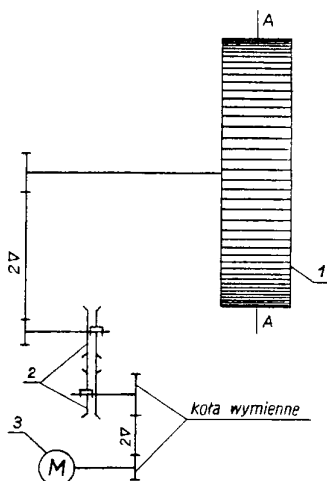
$$E = P \cdot t \text{ [Wh]} \quad (10)$$

gdzie:

- $P$  – moc czynna pobierana przez próbkę (różnica mocy czynnej pobieranej przez bęben z próbką a mocą pobieraną przez sam bęben roboczy) [W],
- $t$  – czas przebywania próbki w bębnie ustalany wyłącznikiem czasowym [h].

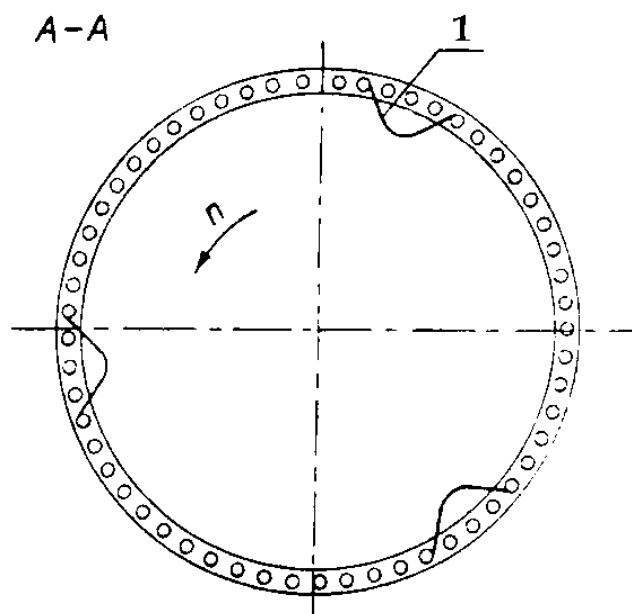
Prędkość obrotową oraz sumę obrotów bębna w jednostce czasu mierzy się elektronicznym licznikiem. Dla wywołania efektu swobodnego spadku bulw zastosowano trzy łukowe profilowane przegrody wynoszące, mocowane wewnątrz bębna co  $120^\circ$ . Odporność bulw na uszkodzenia mierzy się przy pomocy wskaźnika uszkodzeń masowych bulw ( $W$ ) uwzględniającego zarówno uszkodzenia zewnętrzne jak i wewnętrzne wg wzoru nr 4 (str. 12).

Schemat kinematyczny napędu oraz ogólną budowę symulatora przedstawia rysunek 4, a rzut pionowy bębna obrotowego – rysunek 5.



Źródło: konstrukcja własna

Rys. 4. Schemat kinematyczny napędu bębna symulatora: 1 – obrotowy bęben prętowy, 2 – przekładnia bezstopniowa, 3 – silnik elektryczny



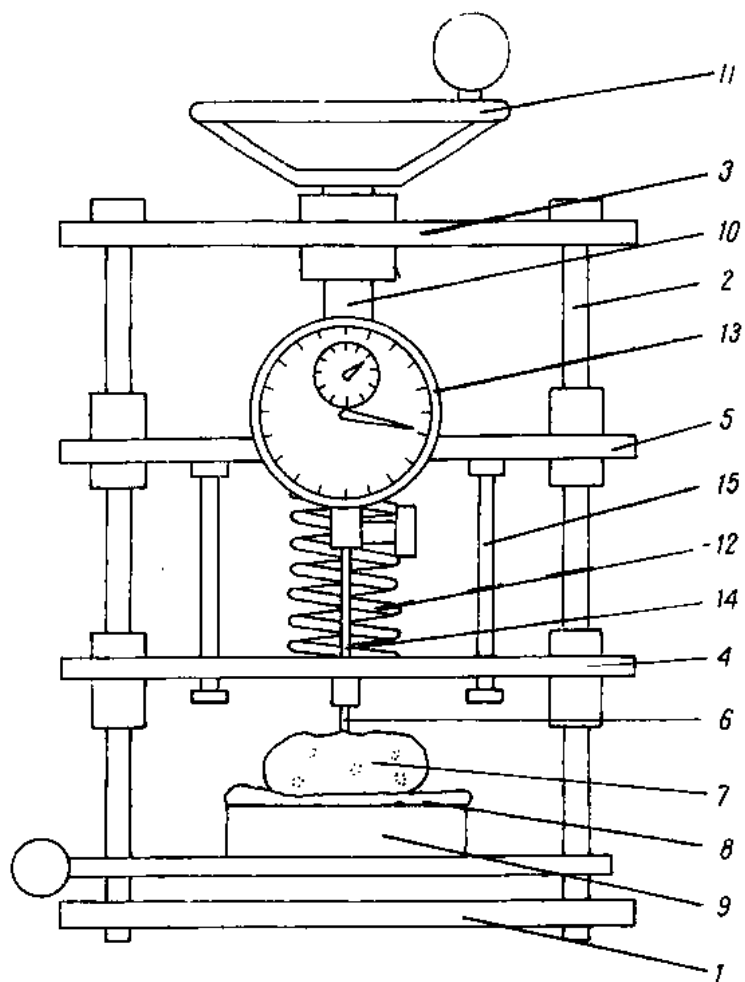
*Źródło: konstrukcja własna*

Rys. 5. Rzut pionowy bębna obrotowego w trzecim stopniu uproszczenia: 1 – przegroda wynosząca

### 3.2. Statyczne metody laboratoryjne

Zasadą tych metod jest powolne obciążanie bulwy, aż do momentu jej uszkodzenia. Czynnikiem uszkadzającym jest walcowy trzpień wciskany w miąższ, zaś miernikiem odporności bulwy na uszkodzenia jest siła przebicia skórki i wciśnięcia trzpienia w głąb miąższu. Aparaty takie nazywa się penetrometrami. Wyróżnić tu można konstrukcje penetrometrów statyczno-sprężynowych lub statyczno-elektrycznych, których zasada działania jest podobna i polega na wciskaniu w bulwę walcowego sworznia. W przypadku penetrometru elektrycznego nacisk trzpienia realizuje układ składający się z silnika elektrycznego, przeciwważaru i śruby pociągowej, a w penetrometrze sprężynowym nacisk na bulwę przenoszony jest poprzez sprężynę, której ugięcie jest proporcjonalne do wywieranego nacisku. Budowę penetrometru statyczno-sprężynowego przedstawiono na rysunku 6 [Marks i in., Juliszewski 1980], a statycznego z napędem elektrycznym na rysunku 7. [Marks i in., Dębski 1985].





Źródło: konstrukcja własna

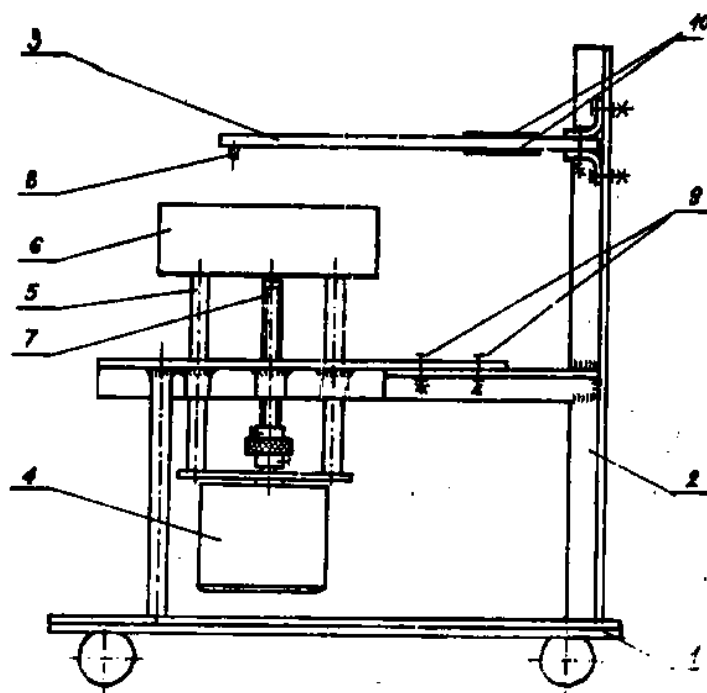
Rys. 6. Penetrometr statyczno-sprężynowy: 1 – podstawa, 2 – prowadnica, 3 – poprzeczka nieruchoma, 4 – poprzeczka dolna, 5 – poprzeczka górna, 6 – trzpień, 7 – bulwa, 8 – worek z piaskiem, 9 – gniazdo, 10 – śruba, 11 – pokrętło, 12 – sprężyna, 13 – czujnik zegarowy, 14 – końcówka czujnika, 15 – zderzak

Siła przebicia skórki przez trzpień penetrometru statyczno-sprężynowego wyliczana jest ze wzoru 11.

$$P = A\bar{x} + B[N] \quad (11)$$

gdzie:

- $P$  – siła przebicia skórki [N],  
 $A$  – stała charakteryzująca sprężynę [ $N \cdot mm^{-1}$ ],  
 $B$  – stała wynikająca ze wstępnego ugięcia sprężyny w celu wyskalowania penetrometru [N]  
 $\bar{x}$  – średnia arytmetyczna ugięcia sprężyny mierzona czujnikiem zegarowym [mm].

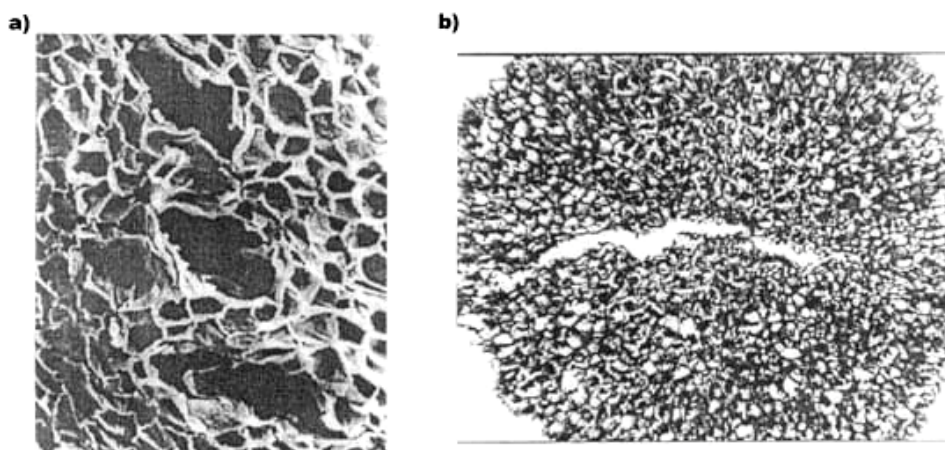


Źródło: konstrukcja własna

Rys. 7. Penetrometr statyczny z napędem elektrycznym: 1 – podstawa, 2 – statyw, 3 – sprężyna płaska, 4 – silnik elektryczny, 5 – prowadnica, 6 – gniazdo, 7 – śruba napędowa, 8 trzpień, 9 – śruby regulacji położenia gniazda, 10 – tensometry

W penetrometrze statycznym z napędem elektrycznym, do tensometrów poprzez układ mostkowy podłączono rejestrator graficzny, na którym rejestrowano przebieg siły potrzebnej do przebicia skórki bulwy ziemniaka. Liczebność próbek w badaniach laboratoryjnych dynamicznych i statycznych, każdorazowo obliczana była z uwzględnieniem błędu pomiaru oraz istotności na poziomie  $\alpha = 0,05$ . Tak obliczona liczebność próby wynosiła od 50 do 100 sztuk bulw ziemniaka.

Nową metodą stosowaną w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie [Haman, Konstantkiewicz 1999] jest metoda emisji akustycznej, która pozwala na rejestrację powstających sygnałów emisji generowanych przez odkształcony ośrodek w wyniku zmian jego struktury. Sygnał emisji akustycznej jest analizowany poprzez czujniki. Energia wyzwolona podczas pęknięcia komórek, emitowana jako fala sprężysta (od kilku Hz do 1 Hz), stanowi sygnał emisji akustycznej o charakterze dyskretnym i kształcie relaksacyjnym, którego parametrami są liczba zliczeń i liczba zdarzeń. Zrealizowane badania przy użyciu maszyny wytrzymałościowej (Lloyd LRX) dla miękkiszowej tkanki bulwy ziemniaka pokazały, że proces pęknięcia struktury komórkowej tkanki przebiega w kilku etapach. Poszczególne etapy pęknięcia i ich intensywność zależą od struktury tkanki, parametrów fizycznych komórek, a także od stosowanych obciążeń. Uzyskane parametry analizowanego sygnału emisji akustycznej korelowały z wartościami wytrzymałości badanych tkanek. Potwierdzono równocześnie, że mechanizm niszczenia struktury komórkowej związany jest z powstawaniem mikropęknięć w całej objętości próbki, których część łączy się ze sobą, tworząc szczelinę o wymiarach zależnych od średnicy badanej próbki oraz, że podatność na uszkodzenia uzależniona jest od wymiarów geometrycznych komórek (największe komórki są najbardziej podatne na uszkodzenia). Również komórki wydłużone (stosunek średnic Fereta 1 : 2) są bardziej podatne na uszkodzenia od komórek o kształcie kulistym. Wadą tej metody jest to, że do obciążeń pobiera się wycinek bulwy, co powoduje, że uzyskanych wyników nie można uogólnić na całą bulwę. Zarejestrowane obrazy zniszczonej tkanki przedstawiają rysunki 8a i 8b.



*Źródło: Haman i in. 1999*

Rys. 8. Pęknięcia i zniszczenie tkanki bulwy ziemniaka pod wpływem odkształcenia: a – pęknięcia tkanki bulwy ziemniaka, obraz z mikroskopu elektronowego, b – całkowite zniszczenie tkanki ziemniaka pod wpływem jej odkształcenia

### 3.3. Metody polowe

Dambroth [1967]; Specht [1971] oraz Hunnius i wsp. [1972] odporność bulw na uszkodzenia badali przy użyciu „kopaczki pracującej w miejscu”, czasami nazywaną maszyną porównawczą. Jest to kopaczka przenośnikowa, przez którą przepuszczano próbkę o masie 20-50 kg w czasie zbioru. Próbkę przechowywano przez 4 tygodnie w celu ujawnienia uszkodzeń i po tym okresie zdejmowano z bulw skórkę (obierano) i liczono uszkodzenia wewnętrzne. Podobną metodę stosował Szeptycki [1980], oceniając po upływie 3 dób uszkodzenia zewnętrzne i ciemnienie poudzierzeniowe. Do metod polowych stosowanych powszechnie należą badania nad odpornością bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia w konkretnych i rzeczywistych warunkach zbioru, przy użyciu maszyny określonego typu. Miernikiem odporności jest tu wskaźnik uszkodzeń bulw stosowany i zalecany w danym kraju. Do badań prototypów maszyn do zbioru, obróbki pozbiorowej i linii technologicznych w przechowalniach używa się tzw. elektronicznego ziemniaka. Jest to urządzenie wielkością i kształtem zbliżone do bulwy, mające za zadanie sygnalizowanie i przekazywanie do rejestratora przyspieszeń działających na bulwę w określonej fazie procesu technologicznego. Po przeanalizowaniu rozkładu obciążeń działających na bulwę można przekonstruować te miejsca, w maszynie, gdzie bulwa szczególnie narażona jest na uszkodzenia lub zastosować inny sposób zmniejszania uszkodzeń (np. powłoki ochronne, zsypy hamujące prędkość spadania, obniżanie wysokości spadku bulw itp.) Uzyskane informacje mogą również posłużyć do oceny stanu bulw kierowanych do handlu. Na rysunku 9. pokazano elektroniczną bulwę wykonaną w Scottish Centre of Agricultural Engineering.



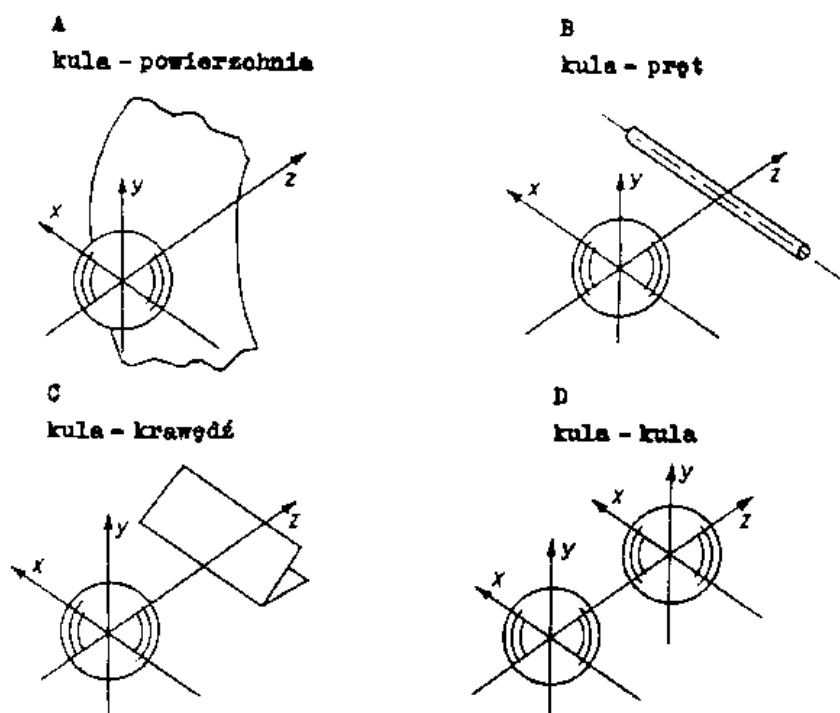
Źródło: Folder Scottish Centre of Agricultural Engineering

Rys. 9. Elektroniczna bulwa w ciągu technologicznym przygotowania bulw ziemniaka do sprzedaży

### **3.4. Ocena stosowanych metod pomiaru odporności bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia**

Uszkodzenia bulw ziemniaka są wynikiem złożonego i trudnego do formalnego opisu procesu, jaki zachodzi w układzie maszyna – roślina. Dlatego większość metod określania odporności bulw na uszkodzenia i ich przydatności do zbioru zmechanizowanego realizowana jest w warunkach badań laboratoryjnych. Celem tych badań jest poszukiwanie urządzenia powodującego uszkodzenia określonego typu, które są porównywalne z uszkodzeniami powstającymi w maszynach używanych podczas zbioru i obróbki pozbiorowej ziemniaków. Złożoność problemu polega w istocie na równoczesnym rozpatrywaniu trzech ściśle współzależnych czynników, a mianowicie rośliny, maszyny jako środka technicznego o określonych cechach konstrukcyjnych oraz sposobu działania maszyny wyznaczonego przez jej parametry robocze [Burkiewicz, Marks 1985]. Dodatkową trudność stanowi fakt, że rzeczywiste warunki, w jakich zachodzi proces uszkodzeń bulw są bardzo zmienne i trudne do formalnego opisu nawet w przypadku poczynienia pewnych uproszczeń. Zdecydowana większość metod laboratoryjnych zarówno statycznych jak i dynamicznych opiera się na podstawie powtarzalnych pomiarów określonej własności pojedynczej bulwy, a tylko nieliczne bazują na próbkach o dużej liczebności oraz aparaturze powodującej uszkodzenia porównywalne z uszkodzeniami bulw powstającymi w warunkach zbioru lub obróbki pozbiorowej. Charakter obciążeń pojedynczej bulwy w poszczególnych aparatach badawczych jest mniej więcej ustalony (chodzi bowiem o porównywalność wyników), ale uwzględnia tylko niewielki procent obciążeń, jakim poddawane są bulwy ziemniaka w czasie przemieszczania się przez elementy robocze maszyn. Obciążenia bulw w maszynach mają rozkład losowy, i stąd poszukiwanie zgodności pomiędzy wynikami laboratoryjnych obciążeń pojedynczej bulwy, a obciążeniami bulw w warunkach polowych nie może dać jednoznacznych wyników, co zresztą potwierdzają dotychczasowe tego typu badania. I tak np. Lampe [1960] i Robertson [1966] uzyskali korelację pomiędzy wynikami badań laboratoryjnych (penetrometrem statycznym) i polowych (zbiór kombajnem), natomiast Gall i in. [1967] oraz Meinel i Effmert [1966], takiej korelacji nie uzyskali. Również badania autora [Marks i in. 1981; Marks, Juliszewski 1980] w tym zakresie wskazują na brak korelacji pomiędzy odpornością bulw na uszkodzenia mechaniczne uzyskane w warunkach laboratoryjnych (penetrometrami) oraz występowaniem uszkodzeń bulw uzyskanych w warunkach polowych. Również i inni autorzy takiej korelacji nie uzyskali. Podejmowane próby poszukiwania takiej korelacji nie mogą przynieść pozytywnego rezultatu, ponieważ w warunkach laboratoryjnych przy użyciu penetrometrów wywołujemy celowo określony rodzaj uszkodzenia i poprzez rozpoznanie jego mechanizmu określamy stopień i rodzaj tego uszkodzenia, pośrednio wnioskując o odporności bulw, zaś w warunkach polowych ograniczamy się do określenia stopnia i rodzaju uszkodzenia, wywołanego losowo przez elementy robocze maszyn do zbioru. Uzyskana przez niektórych autorów korelacja wydaje się być przypadkowa i trudna do logicznego uzasadnienia, ponieważ ziemniak surowy, zawierający dużo wody, posiada granicę płynności biologicznej stosunkowo niewielką i ściśle uzależnioną od prędkości odkształcenia. Stąd też, ocena metodami statycznymi prowadzi do znacznych różnic i nierzadko odmiany wykazujące dużą odporność na obciążenia statyczne są silniej uszkadzane w procesie zbioru. Również pomiędzy wynikami

uzyskanymi przy użyciu przyrządów statycznych oraz przyrządów o działaniu dynamicznym nie zaobserwowano istnienia korelacji. Stwierdzenie występowania określonych związków miało często charakter przypadkowy i dla takich związków bardzo trudno było zbudować hipotezę, która uzasadniałaby logiczne przesłanki istnienia takich związków. Obiecujące w tym zakresie wydają się być metody laboratoryjne bazujące na próbkach o dużej liczebności, w których charakter obciążeń bulw byłby podobny do obciążeń bulw w rzeczywistych warunkach polowych pracy maszyn do zbioru. Uszkodzenia bulw w warunkach rzeczywistych (polowych) mogą być opisane przez modele struktur geometrycznych uszkodzeń, zachodzących w określonym systemie rzeczywistym (maszyna do zbioru lub obróbki pozbiorowej). Modele struktur geometrycznych uszkodzeń przedstawiono na rysunku 10.



Źródło: [Burkiewicz, Marks 1986]

Rys. 10. Modele struktur geometrycznych

Jeżeli modelom tym przypisze się postacie uszkodzenia z wagą zależną od prawdopodobieństwa ich występowania, to można określić, że model struktury geometrycznej B (kula-pręt) jest strukturą podstawową, natomiast model struktury A (kula-powierzchnia) jest strukturą uzupełniającą. Założeniom tym odpowiadają urządzenia stosowane w Wageningen (prętowa wstrząsarka) oraz obrotowy symulator warunków uszkodzeń bulw

(rys. 4 i 5). Autor [Marks 1986] stosując w badaniach obrotowy symulator uzyskał korelację pomiędzy uszkodzeniami bulw w warunkach laboratoryjnych i polowych (zbiór kombajnem Z-644) dla pięciu badanych odmian ziemniaka. Z przeglądu dotychczasowych badań przeprowadzonych w tej dziedzinie wynika, że ich cel realizowany był dwiema drogami, a mianowicie:

- określenie stopnia i rodzaju uszkodzenia w zależności od sposobu jego powstania oraz próba rozpoznania mechanizmu zniszczenia tkanki bulwy,
- wyodrębnienie zespołu czynników ograniczających straty masy bulw ziemniaków powodowane ich uszkodzaniem w czasie zbioru i obróbki pozbiorowej wraz z określeniem wartości tych czynników.

Drugi z przedstawionych kierunków badań jest zdaniem autora kierunkiem o dużym znaczeniu w obecnej chwili. Rozwiązanie bowiem tak sformułowanego problemu pozwoliłoby na optymalizację „systemu zbioru” jaki jest możliwy w praktycznym zastosowaniu. Nie oznacza to jednak, iż badania o charakterze podstawowym są mniej istotne. Mają one jednak to do siebie, że bardzo często są znacznie rozciągnięte w czasie, a wyniki tych badań są trudne do praktycznego zastosowania, również ze względu na różne podejście autorów do problemu uszkodzeń bulw ziemniaka. Nie mniej są one niezbędne, bowiem dają wskazówki co do czynników wpływających na poziom uszkodzeń, które to wskazówki powinny, a może nawet być uwzględniane w opracowywanych nowych wariantach modyfikacji technologii uprawy i zbioru ziemniaków.

#### 4. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ODPORNOŚĆ BULW ZIEMNIAKA NA MECHANICZNE USZKODZENIA

Na podstawie dotychczasowych badań czynniki wpływające na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka można pogrupować następująco:

- czynniki związane z właściwościami anatomiczno-morfologicznymi bulwy ziemniaka takie jak: odmiana, kształt, wielkość, strefa, budowa wewnętrzna i skład chemiczny oraz stopień dojrzałości,
- czynniki związane ze środowiskiem wzrostu i rozwoju bulw takie jak: gatunek, temperatura i wilgotność gleby, zbrylenie, zakamienienie, zachwaszczenie i ukształtowanie (makrorelief) plantacji,
- czynniki związane z agrotechniką uprawy ziemniaka takie jak: głębokość sadzenia i zalegania bulw, szerokość międzyrzędzi, nawożenie organiczne i mineralne, termin sadzenia, pobudzenie lub podkiełkowanie bulw, deszczowanie, właściwa pielęgnacja i ochrona plantacji oraz termin i sposób niszczenia lęgów na plantacji,
- czynniki związane z techniką zbioru i obróbki pozbiorowej bulw, a w tym: rodzaj i typ maszyny, technologia zbioru i transportu, stopień skomplikowania zespołów separujących i sortujących, wysokość spadku i liczba takich spadków bulw w maszynie, stosowanie powłok ochronnych części roboczych maszyn, głębokość i prędkość robocza, stosunek prędkości przenośnika odsiewającego do prędkości roboczej maszyny do zbioru, intensywność wstrząsów przenośnika odsiewającego, warunki przechowalnicze i długość okresu przechowywania.

W tabeli 1 zestawiono ważniejsze fizyczne i chemiczne właściwości oraz cechy biologiczne bulw ziemniaka wraz z ich wymaganiami agrotechnicznymi mającymi wpływ na powstawanie i wielkość mechanicznych uszkodzeń.

Tabela 1. Fizyczne i chemiczne właściwości oraz cechy biologiczne ziemniaków wraz z wymaganiami agrotechnicznymi

Określenie cechy	Jednostka miary	Wartości		Uwagi
		skrajne	najczęściej spotykane	
1	2	3	4	5
Uproszczone wskaźniki kształtu bulw: $f_1 = l/s$ dla odmian: - okrągłych - owalnych - podłużnych		1,0–1,3 1,31–1,7 1,71–2,3	1,1 1,5 2,1	l – długość s – szerokość



*Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka*

Średnia masa bulwy:	g			
- odmian okrągłych, frakcji 28/35 mm		20–32	28	
35/45 mm		32–60	35	
45/55 mm		65–120	85	
- odmian owalnych, frakcji 28/35 mm		22–40	32	
35/45 mm		36–70	48	
45/55 mm		70–135	87	
- odmian podłużnych, frakcji 28/35 mm		25–45	35	
35/45 mm		40–80	55	
45/55 mm		80–150	90	
Długość kielków sadzeniaków:	mm			
- podkielkowanych		10–25	15	
- pobudzonych		2–5	3	
Odległość między sadzeniakami w rzędach:	cm			
- odmian wczesnych i sadzeniaków		20–35	28	
- odmian późniejszych				
- drobnych		20–30	25	
- średnich		25–40	35	
- dużych		30–50	40	
Szerokość międzyrzędzi	cm	6,25–75	67,5	
Obsada sadzeniaków na polu	tys. szt. · ha <sup>-1</sup>	40–80	50	
Zużycie sadzeniaków	t · ha <sup>-1</sup>	2,0–4,0	2,7	
Głębokość sadzenia	cm	3–7	4–5	
Okres wegetacji ziemniaków:	dni			
- odmian wczesnych		60–100	70	
- odmian późnych		150–170	165	
Plon łętów:	t · ha <sup>-1</sup>			
- w stanie dojrzałości technicznej		15–25	20	
- po zeschnięciu		2–5	3	
- po zniszczeniu chemicznym i mechanicznym		1,5–5	3	
Długość łętów	cm	35–130	80	
Plon ziemniaków:	t · ha <sup>-1</sup>			
- odmian wczesnych		12–34	22	
- odmian średnich i późnych		15–55	32	
Liczba bulw pod krzakiem	szt.	3–28	12	
Szerokość rzędu gniazd w redlinie	cm	15–40	30	
Wysokość redlin po ostatnim obsypaniu:	cm			
- na glebie lekkiej		18–22	20*	*) wartości pożądane
- na glebie średniej i ciężkiej		20–25	23*	
Wysokość redlin podczas zbioru:	cm			
- na glebie lekkiej	cm	16–20	18*	
- na glebie średniej i ciężkiej		17–22	19*	
Głębokość zalegania w redlinie bulw najgłębiej położonych		10–22	14*	
Współczynnik oporów przetaczania maszyn w redlinach:	-			
- na glebie piaszczystej		0,25–0,26		
- na glebie gliniasto-piaszczystej		0,20–0,23		
- na glebie piaszczysto gliniastej		0,20–0,14		

Jednostkowy opór podcinania gleby lemieszem:	$N \cdot dm^{-2}$			
- na glebach piaszczystych		160–200	180	
- na glebach gliniasto-piaszczystych		200–240	220	
- na glebach piaszczysto-gliniastych		240–300	270	
Dopuszczalna wysokość swobodnego spadku bulw:	cm			
- na pręty stalowe $\varnothing$ 5 mm		do 15		
- na pręty stalowe $\varnothing$ 10 mm		do 25		
- na równe podłoże betonowe		do 30		
- na podłoże drewniane		do 40		
- na podłoże wyłożone gumą		do 50		
- na ziemniaki		do 70		
- na pulchną glebę piaszczystą		do 200		
Masa właściwa świeżo zebranych bulw	$kg \cdot dm^{-3}$	1,05–1,15	1,1	
Masa usypowa świeżo zebranych bulw	$kg \cdot dm^{-3}$	630–700	650	
Masa właściwa brył ziemi	$kg \cdot dm^{-3}$	1,5–2,37	2,1	
Masa właściwa bulw matecznych podczas zbioru	$kg \cdot dm^{-3}$	0,91–1,05	0,95	
Współczynnik restytucji bulw	-	0,25–0,47	22,0	w stosunku do
Zawartość suchej masy	%	13,8–30	16,5	świeżej masy
Zawartość skrobi	%	8–29	1,8	„
Zawartość białka surowego	%	1,2–4,6	0,5	„
Zawartość rozpuszczalnych węglowodorów	%	0–7,5	0,7	„
Zawartość włókna surowego	%	0,2–3,5	1,1	„
Zawartość popiołu	%	0,4–1,9	0,5	„
Zawartość cukru	%	0,1–5,0	0,02	„
Zawartość witamin	%	0,004–0,03	0,35	
Ciepło właściwe	$kJ \cdot kg \cdot ^\circ C^{-1}$		7	
Okres spoczynku bulw po zbiorze	tygodni	6–9		
Okres gojenia uszkodzeń bulw:	dni			
- przy temp. 15–18°C i wilgotności wzgl. 90–95%			ok. 10	
- przy temp. 12–15°C i wilgotności wzgl. 90–95%			ok. 14	
- przy temp. 10–12°C i wilgotności wzgl. 90–95%			ok. 30	
- przy temp. Ok. 5°C gojenie uszkodzeń praktycznie nie następuje				

Źródło: Karwowski 1980

## 4.1. Czynniki związane z rośliną

### 4.1.1. Odmiana ziemniaka

Odporność bulw odmian ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia oceniana jest w skali 9-cio stopniowej, przy czym liczba 1 oznacza odporność najniższą, a liczba 9 – najwyższą. Przy klasyfikacji katalogowej odmian koniecznym jest podanie, przy pomocy jakiej metody i w jakich warunkach dokonano oceny i klasyfikacji po to, aby uniknąć nieporozumień wynikających z oceny różnymi metodami. Np. propozycja Instytutu Ziemniaka [Roztropowicz, Czernik 1985] dotycząca przyporządkowania odpowiednim grupom odporności wskaźników uszkodzeń bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia, zakłada, że grupie odporności 9 odpowiada wartość wskaźnika uszkodzeń do 20%, a grupie 1 – wartość wskaźnika 91-100%. Szczegółowy podział przedstawia poniższa tabela.

Tabela 2. Przyporządkowanie odpowiednim grupom odpornościowym wartości wskaźników uszkodzeń bulw

Grupa odpornościowa	Wartość wskaźnika uszkodzeń [%]
9	< 20
8	21–30
7	31–40
6	41–50
5	51–60
4	61–70
3	71–80
2	81–90
1	91–100

Źródło: Roztropowicz, Czernik 1985

Generalnie odmiany pod tym względem można podzielić na 3 grupy. Do pierwszej będą należały odmiany o najniższej odporności (w przyjętej skali 1-3), do drugiej – odmiany o odporności średniej (w przyjętej skali 4-6), a do trzeciej – odmiany o odporności najwyższej (w przyjętej skali 7-9). Według danych zawartych w katalogu polskich odmian ziemniaka z 1994 roku, na ogólną liczbę 55 odmian, tylko 1 odmiana (ok. 2%) należy do grupy odmian najbardziej odpornych, 24 odmiany (ok. 43%) – do grupy odmian średnio odpornych, 16 odmian (ok. 29%) – do grupy najmniej odpornych na mechaniczne uszkodzenia, a 14 odmian (ok. 26%) było pod tym względem niesklasyfikowanych. Natomiast w rejestrze odmian z 2008 roku na ogólną liczbę 140 odmian, 15 odmian (11%) należało do grupy odmian najbardziej odpornych 54 odmiany (39%) do grupy średnio odpornych, a 35 odmian (25%) do grupy najmniej odpornych na mechaniczne uszkodzenia. Niesklasyfikowanych pod tym względem było 36 odmian (25%). Ponieważ reakcja odmianowa pod tym względem jest silnie modyfikowana przez warunki zewnętrzne (niezwiązane z własnościami bulwy), wyłania się problem odniesienia wartości wskaźnika uszkodzeń (stosowanego do oceny w warunkach polowych) do stosowanej w opisie odmian skali, tzn. jakie wartości wskaźników uszkodzeń przyporządkować poszczególnym grupom odporności-

wym. Przyjmując wymagania międzynarodowego systemu maszyn pod względem dopuszczalnych uszkodzeń bulw na poziomie 15% bulw lekko uszkodzonych, 8% bulw średnio uszkodzonych i 3% bulw ciężko uszkodzonych, otrzymujemy wartość wskaźnika uszkodzeń wynoszącą 6,9%, co oznacza, że wartość dopuszczalnego wskaźnika uszkodzeń nie powinna przekraczać 7% masy plonu ( $W < 7\%$ ) [Karwowski 1982]. Przyjmując zatem analogiczny do skali 9-cio punktowej podział na trzy grupy odpornościowe, uzyskamy odmiany o wartości  $W = 0-3\%$ , jako najbardziej odporne, odmiany o wartości  $W = 3,1-5\%$ , jako średnio odporne i odmiany o wartości  $W = 5,1-7\%$ , jako najmniej odporne. Problem jest jednak w tym, że stosowane obecnie kombajny do zbioru powodują znacznie większe uszkodzenia niż zakłada system maszyn rolniczych. Jedynie przy użyciu kopaczek przenośnikowych można uzyskać wartości wskaźników uszkodzeń spełniających przyjęte normy. Badania prowadzone przez autora [Marks i in. 1992] w latach 1986-88 na 14 odmianach ziemniaka (Atol, Alka, Bryza, Bronka, Cisa, Dalia, Dryf, Flisak, Janka, Mila, Pola, Sokół, Sowa, Tarpan) wykazały, że wskaźniki uszkodzeń bulw dla poszczególnych odmian w zależności od warunków doświadczenia wynosiły od 4,59% dla odmiany Cisa (w normie) do 46,1% dla odmiany Janka (prawie 7-krotne przekroczenie dopuszczalnej normy), przy czym odmiana Cisa sklasyfikowana jest jako odmiana najmniej odporna (7 – w 9-cio punktowej skali) a odmiana Janka, jako średnio odporna (4 – w 9-cio punktowej skali). Stan dotychczasowych badań wskazuje jednoznacznie na zróżnicowaną reakcję odmian na mechaniczne uszkodzenia zarówno w warunkach badań laboratoryjnych, jak i rzeczywistych polowych.

Należałoby jednakże zastanowić się nad klasyfikacją odmian pod kątem ich odporności na uszkodzenia. Chodzi o wypracowanie kompromisowego poglądu na optymalne wartości pewnych cech roślin, a także ustalenie hierarchii ich ważności wśród hodowców, mechanizatorów, technologów przemysłu rolno-spożywczego oraz konsumentów produktów pochodzenia rolniczego. Wskaźnik uszkodzeń powinien być, albo wskaźnikiem syntetycznym obejmującym zarówno uszkodzenia zewnętrzne jak i wewnętrzne, lub co wydaje się bardziej logicznym, odmiany powinny być klasyfikowane odrębnie pod kątem ich odporności na uszkodzenia zewnętrzne oraz na uszkodzenia wewnętrzne. Nie ma bowiem między nimi żadnej korelacji tzn. odmiany bardzo odporne na uszkodzenia zewnętrzne mogą być bardzo podatne na uszkodzenia wewnętrzne i odwrotnie. Taki sposób zastosowano przy ocenie odporności odmian ziemniaka na zarzę ziemniaczaną (*Phytophthora infestans*), gdzie odrębnie podaje się odporność części nadziemnych (liści i łodyg), a oddzielnie bulw. Konieczne jest również podanie metodyki oceny uszkodzeń. Obecne podejście do klasyfikacji odmian pod kątem ich odporności na mechaniczne uszkodzenia należy traktować jako orientacyjne i należy dostosować do konkretnych warunków, bowiem trudny do opisanego charakter materiałów biologicznych wynikający z ich nieciągłej (w sensie mechaniki ośrodka) budowy komórkowej i wielofazowej struktury, powoduje, że każdy z nich reaguje inaczej na działanie czynników zewnętrznych. Dodatkowo problem komplikuje zmienność cech materiału biologicznego w czasie. Stąd też, opisy zjawisk fizycznych ograniczają się na ogół do zbioru elementów, traktowanego bądź jako ciało jednorodne, bądź też jako konstrukcje złożone z jednorodnych warstw.

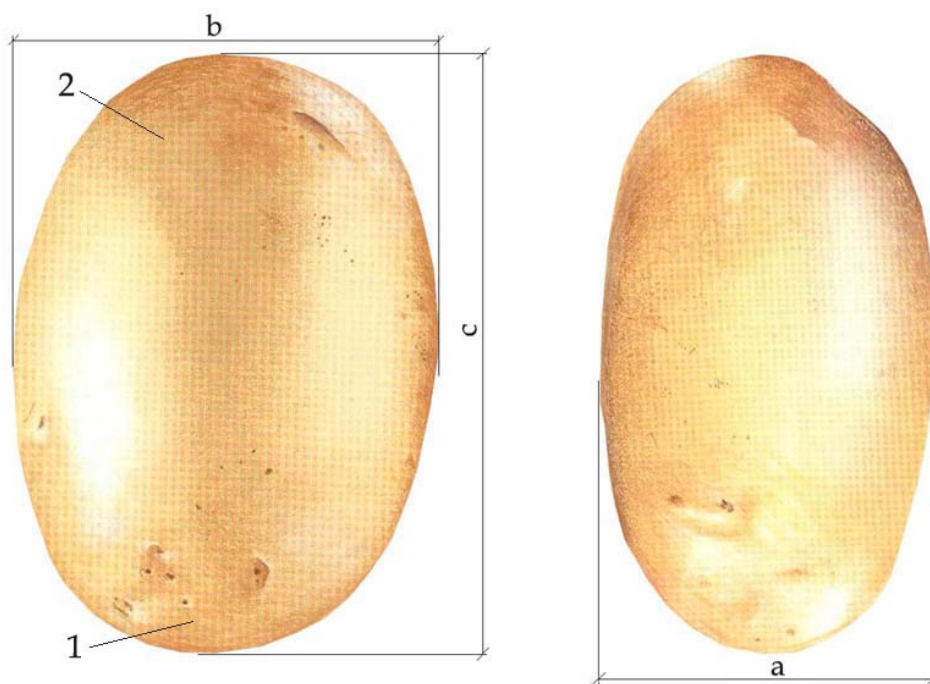
Należy jeszcze dodać, że w przypadku gleb trudno przesiewalnych i w rejonach o niekorzystnych warunkach klimatycznych w okresie zbioru, aby uniknąć nadmiernie dużych uszkodzeń bulw, sadzić trzeba odmiany wczesne i średniowczesne. Zbiór tych odmian przypada bowiem w okresie kiedy warunki podczas zbioru są jeszcze sprzyjające.

#### 4.1.2. Kształt, wielkość i strefa bulwy

Poszczególne odmiany ziemniaka różnią się między sobą pod względem wielkości i kształtu bulw. Kształt bulwy można opisać za pomocą trzech wymiarów: długości, szerokości i grubości. Przy określaniu kształtu bulw bierze się pod uwagę stosunek szerokości bulwy do jej długości lub relację wszystkich trzech wymiarów [Grochowicz 1994]. Według stosunku szerokości do długości bulwy dzieli się następująco:

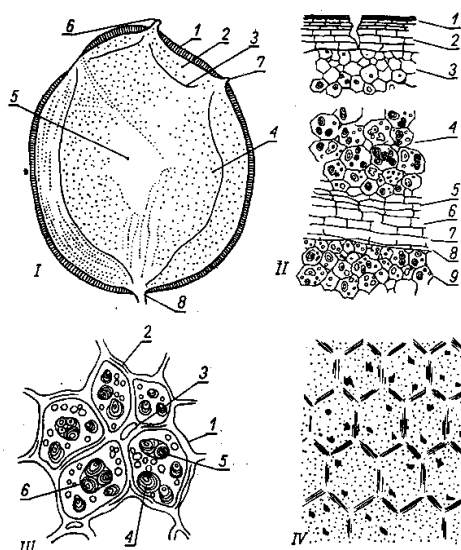
- 1) okrągło-skrócone > 1 - 0,9
- 2) okrągłe od 1 - 0,9 do 1 - 1,2
- 3) okrągło-owalne od 1 - 1,2 do 1 - 1,6
- 4) owalne od 1 - 1,6 do 1 - 2
- 5) podłużne > 1 - 2

Grochowicz [1994] opisuje kształt bryły przy pomocy grubości (a), szerokości (b) i długości (c) przyjmując kształt: okrągły, gdy  $a = b = c$ ,  
owalny, gdy  $a \approx b \geq c/3$   
wydłużony, gdy  $a \leq b < c/3$ .



Rys. 11. Wymiary i strefy bulwy ziemniaka (własny): a – grubość, b – szerokość, c – długość, 1 – strefa pępkowa, 2 – strefa wierzchołkowa

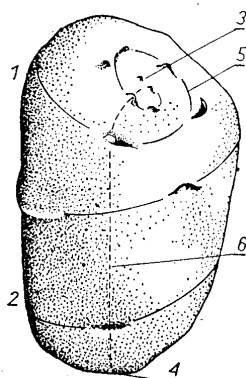
Długość bulwy mierzy się od nasady stolonu do szczytu bulwy (wierzchołka leżącego po przeciwnej stronie przyczepu stolonu), szerokość bulwy jest wymiarem pośrednim, a grubość najmniejszym. Strefy bulwy różnią się składem chemicznym. A mianowicie w strefie pępkowej nagromadzenie produktów fotosyntezy jest większe niż w strefie wierzchołkowej, co przekłada się na wyższą zawartość suchej masy i większą jej gęstość. Rozmieszczenie składników bulwy i jej anatomiczną budowę przedstawia rysunek 12.



Źródło: *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego 1972*

Rys. 12. Anatomiczna budowa bulwy ziemniaka: I – poszczególne części składowe bulwy: 1 – skórka z tkanką korkotwórczą (fellogen), 2 – miękisz kory pierwotnej, 3 – pierścień wiązek sitowo-naczyniowych, 4 – miękisz rdzeniowy, 5 – rdzeń wewnętrzny, 6 i 7 – oczka, 8 – pępek; II – mikroskopowy obraz przekroju ziemniaka: 1 – skorkowacie komórki skórki, 2 – tkanka korkotwórcza, 3 – zewnętrzna warstwa kory pierwotnej (parenchyma), 4 – wewnętrzna warstwa kory pierwotnej (komórki zawierają ziarna skrobiowe), 5 – lyko zewnętrzne, 6 – kambium, 7 – drewno, 8 – lyko wewnętrzne, 9 – miękisz rdzeniowy; III – fragment tkanki mięksiszowej: 1 – ściany komórkowe, 2 – blaszka środkowa (lamella), 3 – przestwór międzykomórkowy, 4 – proste ziarno skrobiowe, 5 – półłożone ziarno skrobiowe, 6 – złożone ziarno skrobiowe; IV – fragment skórki pod mikroskopem

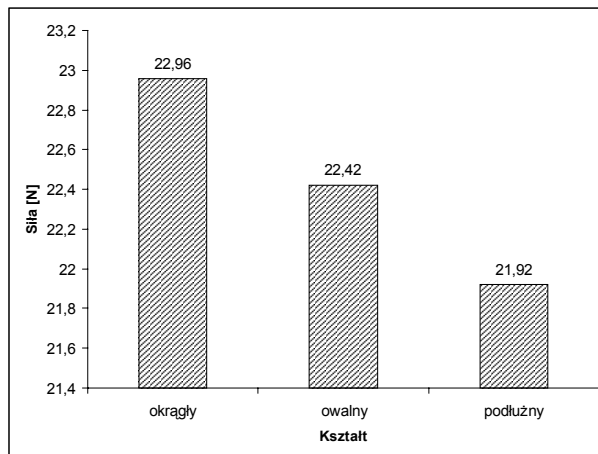
Wyrażna jest również różnica pomiędzy rozmieszczeniem oczek w poszczególnych strefach bulwy. Oczka (grupa pączków wegetatywnych w stanie uśpienia), wyraźnie widoczne na powierzchni bulwy tworzą tzw. spiralę genetyczną. Oczko wierzchołkowe ma zwykle największą energię kiełkowania i z niego wyrasta najsilniejsza łodyga. W miarę oddalania się od oczka wierzchołkowego maleje energia kiełkowania, a wzrasta odległość między oczkami. Najwięcej oczek zgrupowanych jest w części wierzchołkowej, a najmniej w części dolnej (pępkowej). Spiralę genetyczną bulwy ziemniaka przedstawia rysunek 13.



Źródło: *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego 1972*

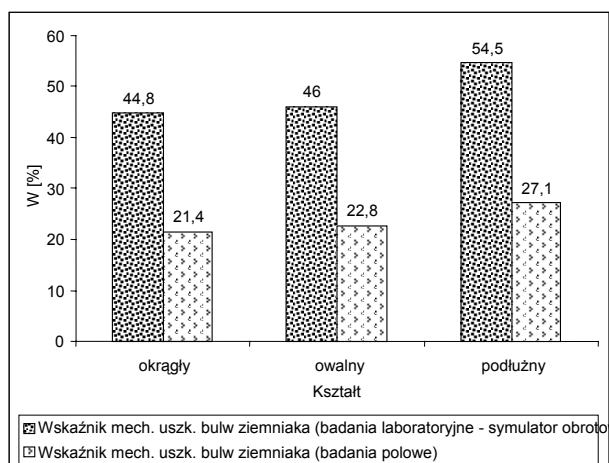
Rys. 13. Spirala genetyczna bulwy ziemniaka 1 – część wierzchołkowa bulwy, 2 – część dolna (pępkowa), 3 – oczko wierzchołkowe, 4 – przyczep stolonu (pępek), 5 – spirala genetyczna, 6 – rząd oczek

Wielkość bulwy jest cechą odmianową uwarunkowaną zarówno cechami genetycznymi, jak i czynnikami zewnętrznymi (klimat, gleba, agrotechnika). Wyróżnić można odmiany dające w plonie większość bulw dużych, jak również odmiany dające w plonie większość bulw średnich i małych. Skłonność odmian do tworzenia bulw określonej wielkości jest opisana w skali 9-cio stopniowej, gdzie liczba 1 to bulwy najmniejsze, a 9 – największe. Pod względem struktury udziału bulw różnych wielkości w plonie, w Polsce można wyróżnić następujące grupy wielkościowe: do 40 mm, 40-50 mm, 50-60 mm i powyżej 60 mm. Kryterium podziału stanowi średnica w przypadku bulw okrągłych, średnica przekroju poprzecznego dla bulw owalnych lub szerokość przy bulwach podłużnych i spłaszczonych. W Niemczech przyjmuje się następujące grupy wielkościowe: do 35 mm, 35-45 mm, 45-55 mm i pow. 55 mm. [Der Kartoffelbau 1990]. Za plon użytkowy wg międzynarodowego systemu maszyn przyjmuje się bulwy o średnicy większej niż 25 mm [Karwowski 1982]. Minimalna średnica lub grubość bulw zbieranych maszynowo zależy od prześwitu między prętami przenośnika odsiewającego, który w maszynach europejskich wynosi 25-28 mm, a w USA 40 mm i więcej. Geometryczne cechy bulw mają wpływ na dokładność sadzenia, procesy separacji i sortowania, konstrukcję przenośników prętowych w maszynach do zbioru, przydatność przetwórczą oraz na liczbę i jakość uszkodzeń bulw podczas zbioru i obróbki pozbiorowej. Na rysunku 14 przedstawiono zależność pomiędzy kształtem bulwy ziemniaka a jej wytrzymałością na obciążenia statyczne w warunkach badań laboratoryjnych, a na rysunku 15 zależność pomiędzy kształtem bulwy ziemniaka, a jej odpornością na uszkodzenia w warunkach badań laboratoryjnych i polowych.



Źródło: badania własne

Rys. 14. Wytrzymałość na obciążenia statyczne w zależności od kształtu bulwy ziemniaka



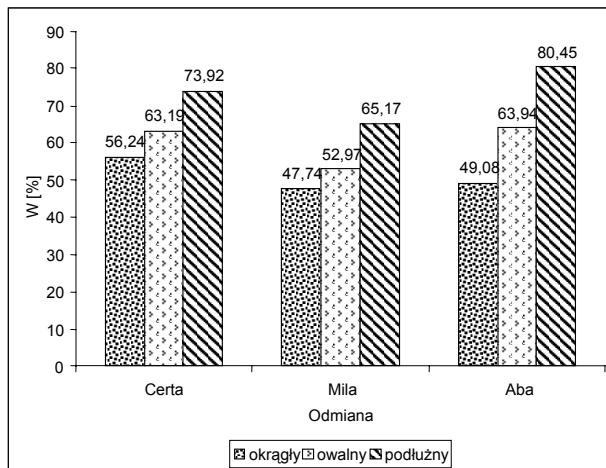
Źródło: badania własne

Rys. 15. Wartość wskaźnika uszkodzeń w zależności od kształtu bulw ziemniaka w badaniach polowych i laboratoryjnych

Badania laboratoryjne prowadzono przy użyciu penetrometru statycznego sprężynowego i obrotowego symulatora warunków uszkodzeń bulw, natomiast badania polowe przeprowadzono przy użyciu kombajnu jednorzędowego Z-644. Przedstawione powyżej wyniki badań przeprowadzono na 21 odmianach ziemniaka w latach 1978-91.

Z kolei na rysunku 16 przedstawiono kształtowanie się wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw w zależności od ich kształtu dla przykładowych 3 odmian ziemniaka.





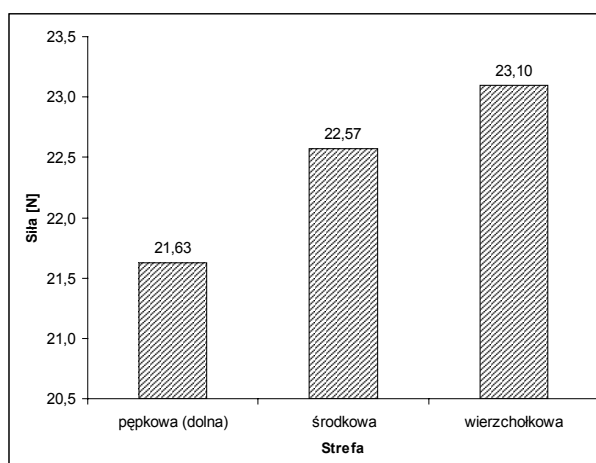
Źródło: badania własne

Rys. 16. Wartość wskaźnika uszkodzeń w zależności od kształtu bulw wybranych odmian ziemniaka

Przedstawione wyniki wyraźnie wskazują na istotny wpływ kształtu bulwy ziemniaka na jej odporność na mechaniczne uszkodzenia zarówno w warunkach badań laboratoryjnych jak i polowych. Uzyskano również korelację pomiędzy wynikami badań laboratoryjnych i polowych, zarówno co do wpływu kształtu bulwy określonego dla wszystkich badanych odmian, jak również dla kształtu bulwy wewnątrz badanych odmian. Przedstawiony wpływ kształtu bulwy na wartość wskaźnika uszkodzeń uzasadnić można różnym rodzajem ruchu bulwy zależnym od jej kształtu. Bulwy o kształcie podłużnym wykonują tzw. ruch „koziółkujący” i charakteryzują się większymi chwilowymi zmianami prędkości w porównaniu z bulwami okrągłymi i owalnymi. Nierównomierne rozłożenie masy w bulwach podłużnych i zmienność ich prędkości chwilowych w czasie ruchu były głównymi przyczynami ich większych uszkodzeń, gdyż energia zderzenia bulwy z prętami przenośników kombajnu lub symulatora była większa od energii zderzenia bulw okrągłych i owalnych. Natomiast bulwy okrągłe mające równomiernie rozłożoną masę, wykonywały ruch toczny, obrotowy, bez gwałtownych zmian ich chwilowych prędkości, co ujawniło się w postaci najniższego wskaźnika uszkodzeń. Bulwy owalne wykonywały ruch toczny charakterystyczny dla bulw okrągłych lub „koziółkowały” tak, jak bulwy podłużne, stąd też wartość ich wskaźnika uszkodzeń oscyluje pomiędzy wskaźnikami uszkodzeń bulw okrągłych i podłużnych, bliższą jednak wartości wskaźnika uszkodzeń dla bulw okrągłych. Struktura uszkodzeń bulw również jest charakterystyczna dla ich kształtu i rodzaju wykonywanego ruchu. I tak: bulwy okrągłe i owalne wykonujące na przenośnikach ruch toczny, wykazują więcej uszkodzeń lekkich i średnich, a mało uszkodzeń typu ciężkiego, natomiast bulwy podłużne i spłaszczone wykazują głównie uszkodzenia typu średniego i ciężkiego przy niewielkich uszkodzeniach lekkich. Wpływ kształtu bulwy na wartość jej wskaźnika uszkodzeń potwierdzają wyniki badań uzyskane przy użyciu penetrometru sprężynowego w warunkach statycznych obciążeń laboratoryjnych (rys. 14). Generalnie można stwierdzić, że odmiany o bulwach okrągłych i owalnych o kształtach regularnych, będą charakte-

ryzować się większą odpornością na mechaniczne uszkodzenia podczas zmechanizowanego zbioru wyrażoną niższym wskaźnikiem uszkodzeń niż odmiany o bulwach wydłużonych i nieregularnych kształtach.

Ważnym zagadnieniem jest lokalizacja uszkodzeń na bulwie, tzn. określenie czy wyodrębnione strefy bulwy charakteryzują się taką samą odpornością na mechaniczne uszkodzenia. Na rysunku 17 przedstawiono wpływ strefy bulwy ziemniaka na jej wytrzymałość na obciążenia statyczne.



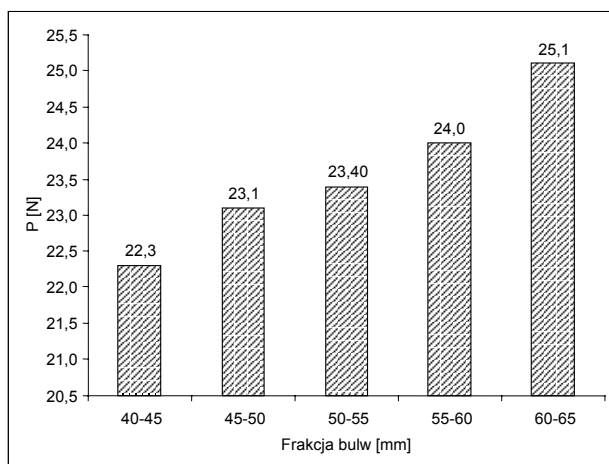
Źródło: badania własne

Rys. 17. Wytrzymałość na obciążenia statyczne w zależności od strefy bulwy ziemniaka

Badania przeprowadzono przy użyciu penetrometru statycznego - elektrycznego na bulwach frakcji wymiarowej 40-50 mm w fazie dojrzałości technicznej. Bulwę podzielono na trzy równe strefy (wierzchołkowa, środkowa, pępkowa - dolna). Uzyskane wyniki wskazują, że najmniej odporna jest strefa dolna (pępkowa), a w dalszej kolejności środkowa i wierzchołkowa. Taki charakter rozkładu podatności na uszkodzenia bulwy ziemniaka wydaje się być uzasadniony opisanymi już w tym podrozdziale różnicami w zawartości suchej masy oraz wykształceniem skórki, a konkretnie wytworzeniem ochronnej warstwy korkowej. Ponieważ dopływ produktów fotosyntezy do bulwy zachodzi od strony dolnej, a stąd przemieszczane są do strefy wierzchołkowej, ich koncentracja jest większa w dolnej części bulwy, która rozrastając się stanowi „młodsza” strefę bardziej podatną na mechaniczne uszkodzenia. Tezę tą wydają się również potwierdzać rozmieszczenie oczek na bulwie i ich energia kiełkowania (w części wierzchołkowej zagęszczenie oczek jest większe i większa jest też ich energia kiełkowania niż oczek części dolnej). Bardzo ważną cechą bulwy w kontekście podatności na uszkodzenia jest jej wielkość. Wielkość bulwy jest cechą odmianową mającą istotny wpływ na wielkość powstających w procesie zmechanizowanego zbioru mechanicznych uszkodzeń. Im większa wymiarowo bulwa, tym większa jest jej masa, większa energia zderzenia bulwy z elementami roboczymi maszyn i większe prawdopodobieństwo uszkodzenia.

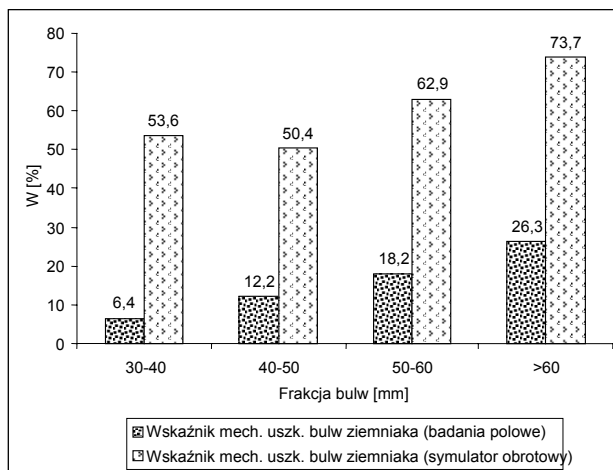
### Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka

Na rysunku 18 przedstawiono kształtowanie się wytrzymałości bulwy na obciążenia statyczne w zależności od jej wielkości, na rysunku 19 – wpływ wielkości bulwy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń mierzonych wskaźnikiem uszkodzeń w warunkach badań laboratoryjnych (symulatorem) i polowych (kombajnem Z-644), na rysunku 20 – wpływ masy bulwy na jej wytrzymałość na obciążenia statyczne, a na rysunku 21 – wpływ wielkości bulwy na jej odporność na mechaniczne uszkodzenia wyrażoną wskaźnikiem uszkodzeń w warunkach badań laboratoryjnych (symulatorem).



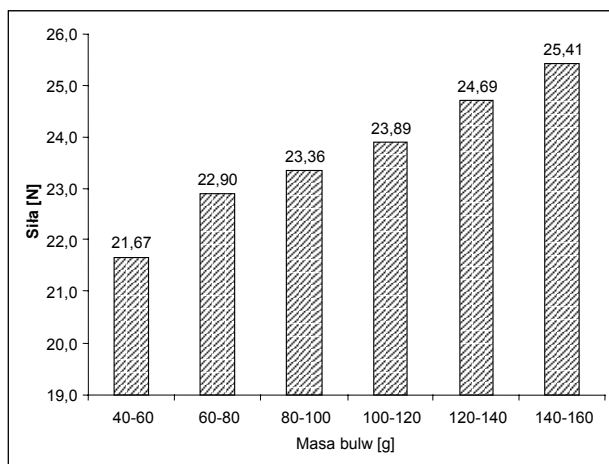
Źródło: badania własne

Rys. 18. Odporność na obciążenia statyczne w zależności od wielkości bulwy ziemniaka



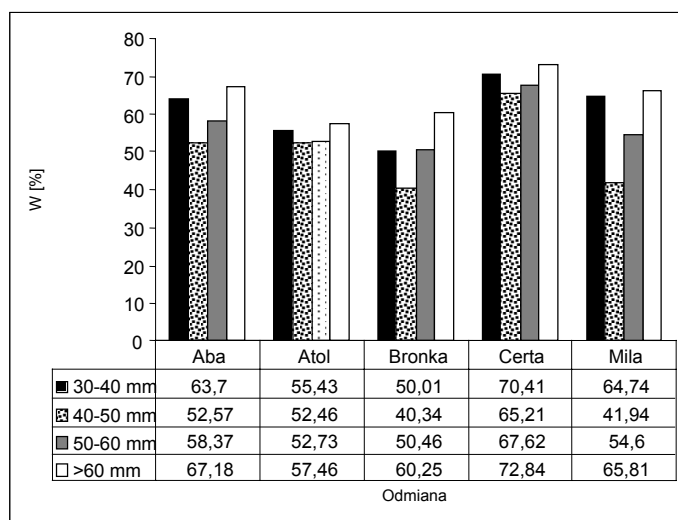
Źródło: badania własne

Rys. 19. Wartość wskaźnika uszkodzeń w zależności od wielkości bulwy ziemniaka



Źródło: badania własne

Rys. 20. Kształtowanie się odporności bulwy na obciążenia statyczne w zależności od jej masy



Źródło: badania własne

Rys. 21. Wskaźnik uszkodzeń wybranych odmian ziemniaka w zależności od wielkości bulwy

Porównując wykresy nr 18 i 19 można stwierdzić, że bulwy charakteryzujące się najwyższą odpornością na obciążenia statyczne, czyli bulwy wymiarowo duże i równocześnie o dużej masie są uszkodzane najbardziej w warunkach obciążeń dynamicznych zarówno przy użyciu symulatora uszkodzeń, jak i przy użyciu kombajnu, w warunkach polowych.

Rozbieżność taka jest możliwa do uzasadnienia tym, że bulwy duże są bulwami najstarszymi, w pełni dojrzałymi, o wykształconej skórce, stąd ich odporność na obciążenia statyczne, których zasadą jest powolne wciskanie trzpienia aż do momentu przerwania (zniszczenia) skórki, jest największa. Natomiast w warunkach rzeczywistych lub symulowanych, bulwy o dużej masie uzyskują większą energię zderzenia bulw z elementami separującymi maszyn, większe przyspieszenia i prędkości, co musi objawić się większymi ich uszkodzeniami.

Stąd bulwy duże frakcji powyżej 60 mm, będąc najbardziej odpornymi na obciążenia statyczne są równocześnie najbardziej uszkodzane w warunkach dynamicznych i charakteryzują się najwyższymi wskaźnikami uszkodzeń. Z kolei bulwy wymiarowo małe i o małej masie charakteryzują się najniższą odpornością na obciążenia statyczne i stosunkowo wysoką odpornością na obciążenia dynamiczne. Zależność taka bierze się stąd, że bulwy małe są bulwami najmłodszymi i najmniej dojrzałymi, o nie w pełni wykształconej skórce, stąd siła potrzebna do przebiccia skórki jest najniższa i ich odporność na obciążenia statyczne najniższa. W warunkach obciążeń dynamicznych bulwy małe o małej masie uzyskują małą energię zderzenia z elementami roboczymi maszyn, co powoduje, że bulwy powinny być uszkodzane w mniejszym stopniu niż bulwy duże. Jednak są one najmniej dojrzałe i ich wskaźnik uszkodzeń jest co prawda niższy niż bulw największych, ale wyższy niż bulw pozostałych frakcji. Stąd bulwy frakcji wymiarowej do 40 mm charakteryzują się niską odpornością na obciążenia dynamiczne mierzone wartością wskaźnika uszkodzeń. Również struktura uszkodzeń bulw dużych i małych jest różna. W bulwach dużych przeważają uszkodzenia średnie i ciężkie, natomiast w bulwach małych lekkie i średnie. Bulwy frakcji pośrednich charakteryzują się stosunkowo wysoką odpornością na obciążenia statyczne i będąc prawie w pełni dojrzałymi, najwyższą odpornością na obciążenia dynamiczne mierzone wskaźnikiem uszkodzeń. Szeregując odporność bulw na uszkodzenia mierzoną wartościami wskaźnika uszkodzeń, należy stwierdzić, że najbardziej podatnymi na uszkodzenia w warunkach dynamicznych są bulwy duże pow. 60 mm, w dalszej kolejności bulwy małe frakcji do 40 mm, a najbardziej odpornymi bulwy frakcji pośrednich 40-50 i 50-60 mm. Tezę tą potwierdzają również wartości nacisków jednostkowych [ $N \cdot cm^{-2}$ ] powodujące zniszczenie bulwy, które są najwyższe dla frakcji bulw średnich i wynoszą  $37,2 N \cdot cm^{-2}$  ( $30,6$  dla bulw małych i  $35,4$  dla bulw dużych).

Porównanie wyników odporności bulw na uszkodzenia w warunkach obciążeń statycznych i dynamicznych, wskazuje jednoznacznie dlaczego pomiędzy wynikami badań laboratoryjnych stosujących obciążenia statyczne, a wynikami badań polowych maszynami, gdzie bulwy obciążone są dynamicznie nie może zachodzić korelacja. Uzyskana przez niektórych autorów [Lampe 1960, Robertson 1966] zależność korelacyjna jest przypadkowa i niemożliwa do logicznego uzasadnienia.

#### **4.1.3. Dojrzałość bulwy ziemniaka**

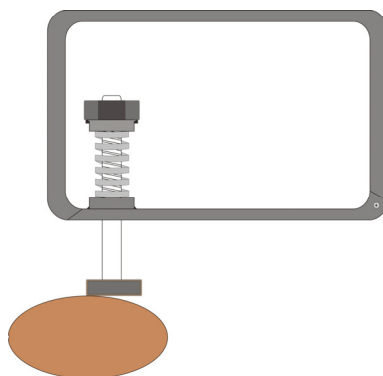
Do zbioru zmechanizowanego nadają się bulwy w pełni dojrzałe o zakończonej naturalnie lub w sposób wymuszony wegetacji. Dojrzałość taką nazywa się albo dojrzałością techniczną albo dojrzałością do zbioru zmechanizowanego. Stopień dojrzałości ma istotny wpływ na powstawanie w procesie zbioru mechanicznych uszkodzeń bulw. Zależność ta jest zależnością prostą, stwierdzającą, że wraz z opóźnieniem fazy rozwojowej bulwy, aż do momentu zakończenia jej wegetacji wzrasta odporność bulwy na mechaniczne uszko-

dzenia. Zależność taką opisali Vollbracht i Kuhnke [1956]; Meinel i Effmert [1966]; Lampe [1960]; Hesen i Kroesbergen [1960]; Marks i Juliszewski [1980]; Jastrzębski [1973]; Zając [1989]. Należy zatem spodziewać się podczas zbioru bulw odmian wczesnych, przeznaczonych na konsumpcję, wysokiego wskaźnika uszkodzeń bulw. Bulwy takie muszą być zużytkowane w krótkim czasie, bo zarówno ich stopień dojrzałości jak i uszkodzeń uniemożliwiają ich przechowywanie. Te same odmiany zbierane w terminie pełnej dojrzałości z przeznaczeniem np. do sadzenia zachowują się zupełnie inaczej, osiągając przydatność zarówno do zbioru, jak i przechowywania. Dojrzewanie bulw można przyspieszyć przez stosowanie zabiegu niszczenia łątów przed zbiorem. Następuje wtedy wytworzenie warstwy korka epidermicznego, tworzącego zewnętrzną warstwę ochronną bulwy. Bulwa z pełni wytworzoną warstwą korkową jest bardziej odporna na uszkodzenia mechaniczne równocześnie charakteryzując się lepszą przydatnością do długotrwałego przechowywania. Dojrzałość bulw można określić poprzez pomiar siły potrzebnej do zerwania skórki z bulwy, poprzez pomiar siły wiązania bulwy ze stolonem oraz poprzez ocenę odrywania się bulw podczas wyciągania krzaka (rośliny) z gleby.

Bulwa charakteryzuje się pełną dojrzałością jeżeli:

- siła potrzebna do zerwania skórki wynosi minimum 19,6 N (2 kG),
- siła wiązania bulwy ze stolonem jest minimalna,
- przy próbie wyciągnięcia rośliny z gleby (redliny) bulwy odrywają się.

Do pomiaru siły związania skórki z miąższem służy aparat przedstawiony na rysunku 22.

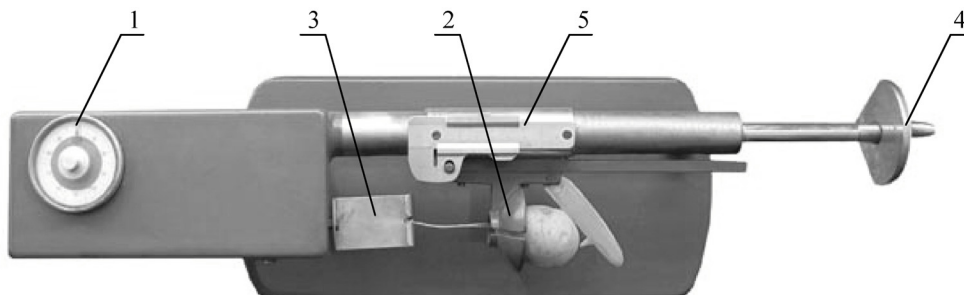


*Źródło: konstrukcja własna*

Rys. 22. Uproszczony schemat aparatu do pomiaru siły potrzebnej do zerwania skórki z bulwy [wg metody Gross-Lüsewitz]

Istotą działania tego aparatu jest docisk ramki ruchomej sprężyną (sprężyna musi być wycechowana) z siłą minimum 19,6 N. Dolną część ramki ruchomej przykłada się do bulwy i przesuwa tak, jak pokazano na rysunku 22. Jeżeli skórka się łuszczy lub jest zrywana, to bulwa nie jest jeszcze dojrzała. Jeżeli natomiast skórka jest nienaruszona, to bulwa znajduje się w stanie pełnej dojrzałości technicznej.

Do pomiaru siły wiązania bulwy ze stolonem służy pokazany na rysunku 23 stolonosiłomierz.

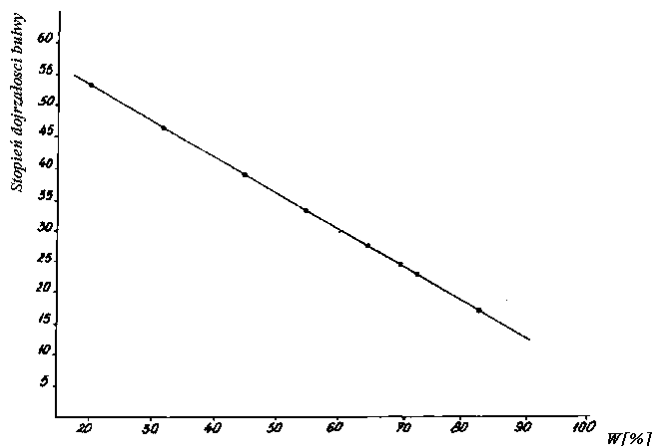


Źródło: konstrukcja własna wg projektu SGGW Warszawa

Rys. 23. Budowa stolonosilomierza: 1 – czujnik zegarowy do pomiaru siły zerwania stolonu, 2 – gniazdo mocujące bulwy, 3 – płytki mocująca stolon z częścią łodygi, 4 – pokrętko przemieszczania bulwy, 5 – suwmiarka do pomiaru wydłużenia stolonu

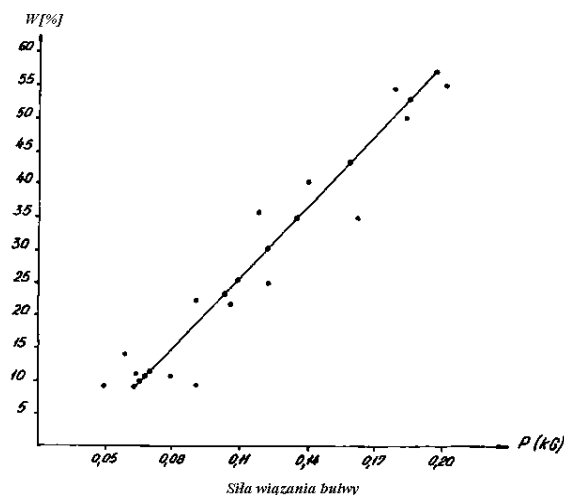
Po umieszczeniu bulwy w gnieździe, przyczep stolonu z łodygą umieszcza się w uchwycie. Przez obrót pokrętkiem zaczyna się rozciąganie stolonu. Mierzy się równocześnie wydłużenie stolonu na suwmiarce i siłę jego zniszczenia (przerwania) na czujniku zegarowym. Im mniejsze wydłużenie i mniejsza siła zrywająca, tym bulwa jest bardziej dojrzała. Należy jednak pamiętać, że siła wiązania bulw ze stolonami jest cechą odmianową.

Kształtowanie się zależności pomiędzy dojrzałością bulw mierzoną podatnością bulw na zrywanie skórki wyrażoną w procentach, a wskaźnikiem uszkodzeń bulw wyrażonym również w % przedstawia rysunek 24. Natomiast kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw w zależności od siły wiązania bulw ze stolonami – rysunek 25.



Źródło: Gastol 1985

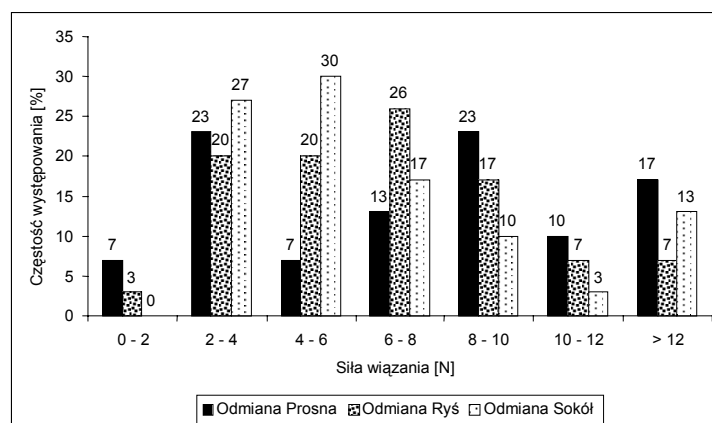
Rys. 24. Wpływ stopnia dojrzałości bulw mierzonej podatnością na zrywanie skórki na kształtowanie się wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw



Źródło: Gastoł 1985

Rys. 25. Wpływ siły wiązania bulw ze stolonami na kształtowanie się wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw

Z przedstawionych na wykresach zależności wynika jednoznacznie, że zarówno siła wiązania bulw ze stolonami, jak i siła wiązania skórki mają istotny wpływ na kształtowanie się odporności bulw na uszkodzenia, mierzonej wartością wskaźnika uszkodzeń. Zależności te wskazują, że im większa siła wiązania skórki i mniejsza siła wiązania bulwy ze stolonem, tym bulwa bardziej dojrzała i większa jest jej odporność na mechaniczne uszkodzenia. Potwierdzają to współczynniki korelacji na poziomie odpowiednio  $r = 0,82$  i  $r = 0,95$ . Zależności pomiędzy siłą wiązania bulw ze stolonami i wydłużeniem stolonów, a stopniem dojrzałości bulw przedstawiono na rysunkach 26-29 oraz w tabeli 3.

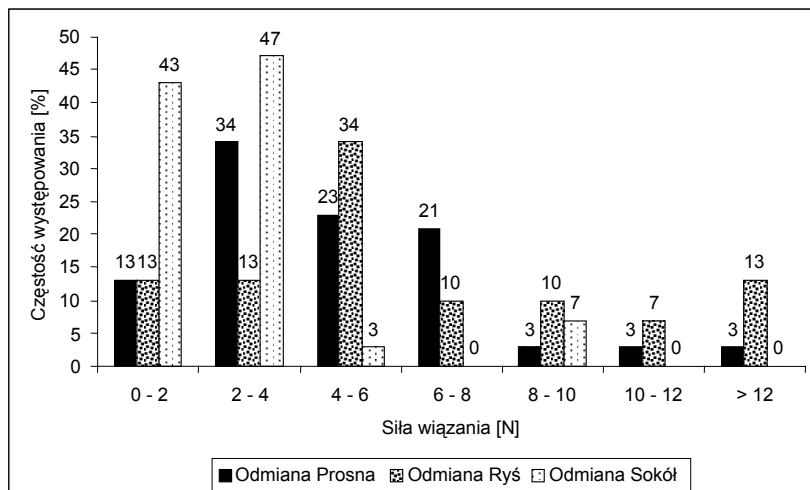


Źródło: badania własne

Rys. 26. Siła wiązania bulw przed niszczeniem łętów

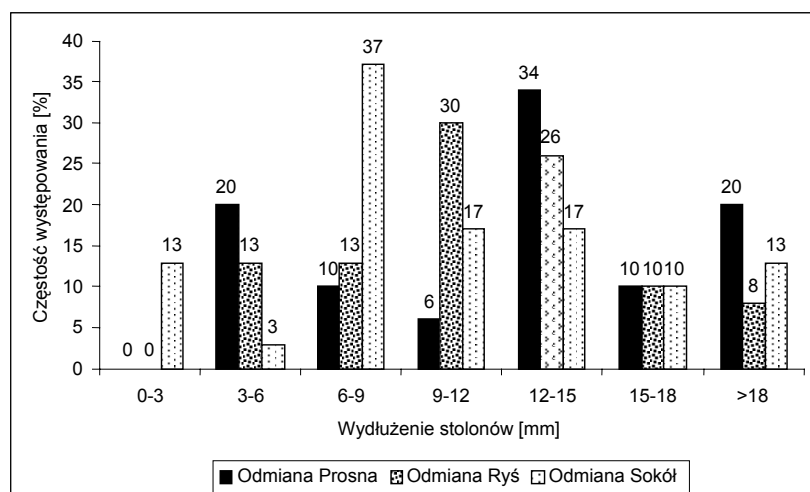


Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka



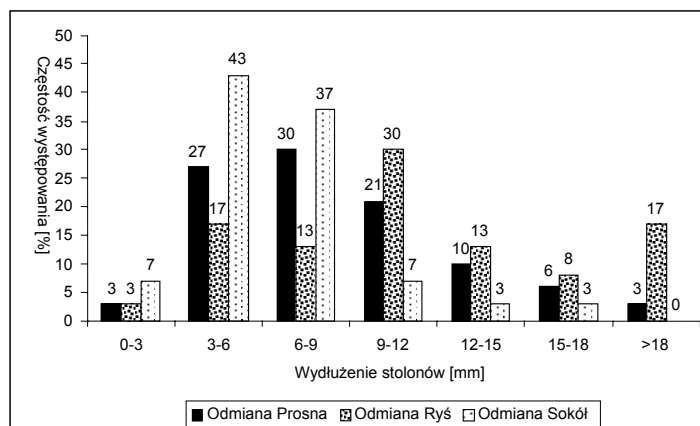
Źródło: badania własne

Rys. 27. Siła wiązania bulw w czasie zbioru



Źródło: badania własne

Rys. 28. Wydlużenie stolonów przed niszczeniem lęto



Źródło: badania własne

Rys. 29. Wydłużenie stolonów w czasie zbioru

Tabela 3. Średnie siły wiązania bulwy ze stolonem oraz średnie wydłużenia stolonów

Okres	Rodzaj pomiaru	Odmiana		
		Ryś	Prosna	Sokół
Przed niszczeniem łętów	Siła wiązania [N]	6,40	7,10	6,20
	Wydłużenie [mm]	11,47	12,98	12,21
Podczas zbioru	Siła wiązania [N]	6,10	4,80	2,40
	Wydłużenie [mm]	11,13	8,65	6,56

Źródło: badania własne

Przedstawione na wykresach 26–29 i w tabeli 3. wartości przedstawiające siły wiązania bulw ze stolonami oraz wydłużenie stolonów podczas ich rozciągania, aż do momentu zerwania przed zniszczeniem łętów i po ok. 2 tygodniach podczas zbioru wskazują jednoznacznie (udowodniono statystycznie), że nastąpił proces przyspieszonego dojrzewania bulw, czego efektem było zmniejszenie sił wiązania bulw ze stolonami oraz wydłużenia stolonów i w rezultacie zmniejszenie stopnia uszkodzeń i strat bulw. Przedstawione w tabeli 3. średnie wartości sił wiązania bulw ze stolonami oraz wydłużenia stolonów wskazują na zróżnicowaną reakcję odmianową. Stąd też można spodziewać się różnej reakcji odmian na zabieg niszczenia łętów i związane z tym zabiegiem ewentualne następstwa w postaci zróżnicowanego spadku sił wiązania bulw ze stolonami i wydłużenia stolonów. Należy zatem zalecać, aby termin niszczenia łętów uzależniony był zarówno od stanu fizjologicznego łętów, jak i od odmiany, a konkretnie od siły wiązania bulw ze stolonami i tempa spadku tej siły w czasie (od zniszczenia łętów do momentu zbioru). Włączenie tej cechy (siły wiązania bulw ze stolonami) do opisu odmiany pozwoli na praktyczne wykorzystanie tej cechy przy określaniu terminu niszczenia łętów, a tym samym przyczyni się do obniżenia zarówno uszkodzeń, jak i strat plonu bulw ziemniaka.

Do określenia stopnia dojrzałości bulw można również stosować najprostszy sposób, polegający na wyciąganiu łodyg z bulwami z gleby. Jeżeli bulwy obrywają się i pozostają w glebie to oznacza, że ich dojrzałość jest wystarczająca, a jeżeli są wyciągane i przyczepione są do łodyg, to są niedojrzałe. Są to oczywiście skrajne przypadki. W rzeczywistości część bulw jest obrywana i pozostaje w gnieździe, a część jest wyciągana z gleby. Im bardziej procentowy stosunek bulw pozostałych w glebie (gnieździe) do ogólnej liczby bulw w gnieździe zbliża się do 100, tym bulwy są bardziej dojrzałe i wzrasta ich przydatność do zbioru zmechanizowanego.

#### 4.1.4. Skład chemiczny i budowa wewnętrzna bulwy

Bulwa jest zgrubiałym pędem podziemnym, powstałym przez przekształcenie stolonu. Jest więc organem wegetatywnym rośliny ziemniaka. Bulwa jest żywym organizmem wykonującym nawet w okresie spoczynku swoje funkcje życiowe. Ich wynikiem jest ciągła przemiana składników zarówno ilościowa, jak i jakościowa. Duża zmienność biologiczna sprawia, że nie tylko różne odmiany ziemniaków odznaczają się zróżnicowaniem składu chemicznego, ale także poszczególne osobniki, a nawet bulwy wyrosłe z tej samej rośliny znacznie się pod tym względem różnią. Oprócz uwarunkowania genetycznego ma na to wpływ cały szereg czynników zewnętrznych. Należy też zwrócić uwagę na nierównomierne rozmieszczenie składników suchej masy oraz wody w poszczególnych częściach bulwy, a także zróżnicowaną budowę anatomiczną w całej objętości bulwy sprawia, że bulwa jest pod względem fizycznym materiałem niejednorodnym (ortotropowym). Dlatego też trudno jest opisać matematycznie przebieg procesu uszkodzania bulwy. Średni skład chemiczny bulwy, rozmieszczenie poszczególnych składników wewnątrz niej oraz niektóre właściwości fizyko-chemiczne soku ziemniaczanego przedstawiają tabele 4, 5, 6, 7.

Tabela 4. Średni skład chemiczny bulw ziemniaczanych

Składnik	Zawartość [%]
Woda	75,0
Sucha substancja (masa)	25,0
w tym:	
skrobia,	18,5
cukry ulegające fermentacji alkoholowej,	0,5
hemicelulozy i inne węglowodany nie ulegające fermentacji alkoholowej,	1,8
substancje azotowe (jako białko),	2,0
celuloza,	1,0
tłuszcze,	0,2
substancje mineralne	1,0

Źródło: *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego 1972*

Tabela 5. Skład chemiczny suchej masy bulw ziemniaczanych

Składnik	Zawartość [%]		
	Średnia	Minimalna	Maksymalna
Skrobia	75,30	63,00	83,60
Cukry rozpuszczalne	2,10	0,00	-
Celuloza	2,32	1,40	3,06
Białko surowe	7,94	2,77	14,63
Tłuszcze	0,50	0,10	7,30
Substancje mineralne	4,41	1,66	6,72

Źródło: *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego 1972*

Tabela 6. Rozmieszczenie suchej masy w bulwach ziemniaka

Części bulwy	Udział [%]	Zawartość suchej masy [%]
Warstwa korkowa	1,85	15,08
Kora pierwotna (warstwa zewnętrzna)	20,29	23,43
Kora pierwotna (warstwa wiązek przewodzących)	20,11	28,72
Miękisz rdzeniowy (warstwa wiązek przewodzących)	36,43	25,49
Rdzeń wewnętrzny	21,32	18,46
Cała bulwa	100,00	24,04

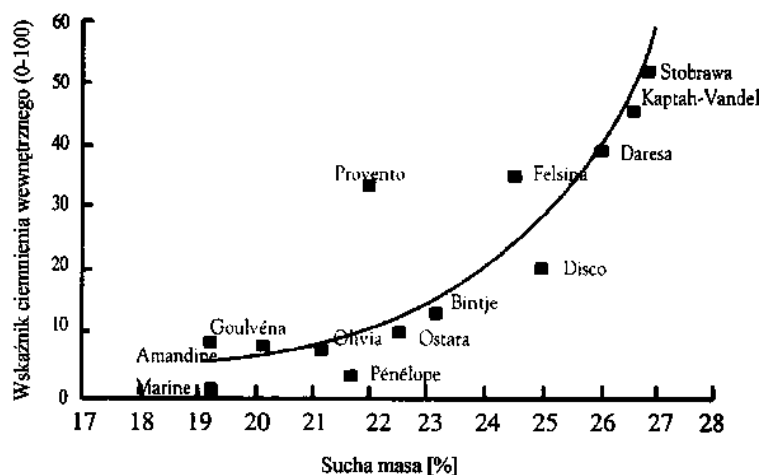
Źródło: *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego 1972*

Tabela 7. Niektóre właściwości fizykochemiczne soku ziemniaczanego

Współczynnik refrakcji ( $n_D^{20}$ )	1,3394 – 1,3450
Przewodnictwo właściwe w 20°C soku rozcieńczonego wodą 1:20	$6 \cdot 10^{-4}$ do $11,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$
Temperatura krzepnięcia	-0,62 do -1,00°C
pH	5,25 – 6,67
Lepkość względna (w stos. do wody)	1,1 – 1,2

Źródło: *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego 1972*

Zawartość w bulwie suchej masy oraz jej skład mają istotny wpływ na wewnętrzne ciemnienie poulderzeniowe. Im wyższa zawartość suchej masy, a szczególnie aminokwasu tyrozyny oraz niska zawartość potasu w bulwie, tym jest ona bardziej podatna na wewnętrzne ciemnienie. Jeżeli z warunków użytkowania bulw wynika, że niezbędna jest wysoka zawartość suchej masy, to w przypadku niekorzystnych warunków klimatycznych dla odmian szczególnie wrażliwych na ciemnienie wewnętrzne należy obniżyć zawartość suchej masy do 24-25% poprzez zniszczenie łęgów i zakończenie wegetacji. Zależność pomiędzy zawartością suchej masy a podatnością bulwy na ciemnienie wewnętrzne dla wybranych odmian ziemniaka przedstawia rysunek 30.



Źródło: Gravouelle 1996

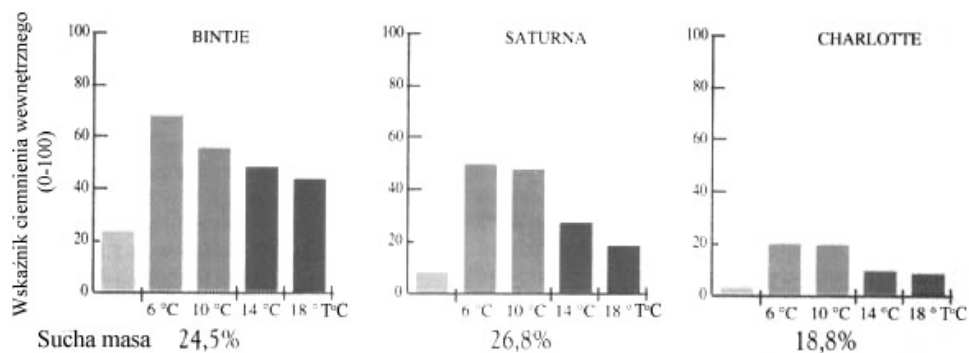
Rys. 30. Zależność pomiędzy zawartością suchej masy, a podatnością bulw na ciemnienie wewnętrzne wybranych odmian ziemniaków

Z przedstawionego wykresu wynika, że wraz ze wzrostem zawartości suchej masy w bulwie, rośnie jej podatność na wewnętrzne ciemnienie poudzerzeniowe oraz, że podatność na ciemnienie miąższu jest cechą odmianową. Np. odmiana Provento, charakteryzująca się stosunkowo niską zawartością suchej masy (ok. 22%) jest bardzo wrażliwa na ciemnienie wewnętrzne (wskaźnik ok. 35%), podczas gdy odmiany mające podobną zawartość suchej masy, jak Penelope, Ostara, Olivia są odporne na ciemnienie wewnętrzne (wskaźnik od 2-10%). Na rysunku 31 przedstawiono zależność pomiędzy zawartością suchej masy, temperaturą podczas uszkodzeń, a wskaźnikiem ciemnienia wewnętrznego.

Wskaźnik określano na podstawie czterokrotnego spadku bulwy z wysokości 30 cm lub po przejściu bulwy przez sortownik.

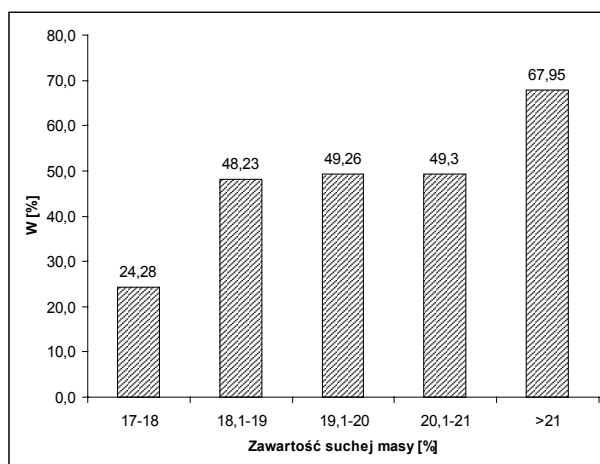
Z wykresów przedstawionych na rysunku 31 wynika, że wraz ze wzrostem temperatury podczas obciążania bulwy rośnie jej odporność na wewnętrzne ciemnienie poudzerzeniowe (zależność ta będzie omówiona szczegółowo w podrozdz. 4.2.2) oraz, że odmiana Charlotte o niskiej zawartości suchej masy charakteryzuje się wysoką odpornością na ciemnienie poudzerzeniowe. Natomiast odmiana Bintje mająca niższą zawartość suchej masy niż odmiana Saturna jest bardziej podatna na ten rodzaj obrażenia wewnętrznego. Może to być spowodowane reakcją odmianową albo współdziałaniem temperatury i zawartości suchej masy podczas obciążania bulwy.

Zależność pomiędzy zawartością suchej masy w bulwie, a jej odpornością na mechaniczne uszkodzenia (zewnętrzne i wewnętrzne) przedstawia rysunek 32.



Źródło: Gravouille 1996

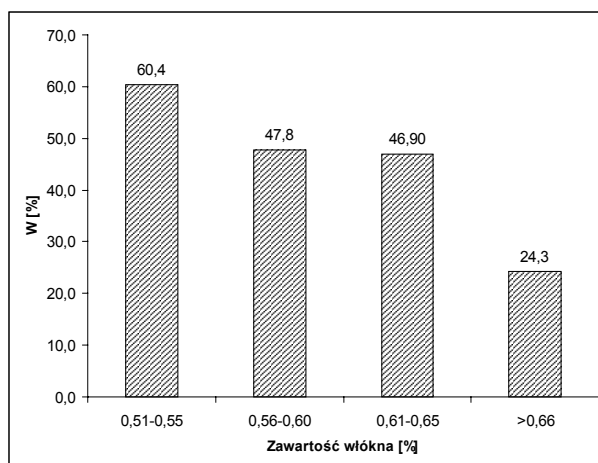
Rys. 31. Wpływ temperatury i zawartości suchej masy na wartość wskaźnika ciemnienia wewnętrznego



Źródło: wieloletnie badania własne prowadzone na 21 odmianach ziemniaków w warunkach laboratoryjnych

Rys. 32. Zależność pomiędzy zawartością suchej masy w bulwie a jej odpornością na mechaniczne uszkodzenia mierzona wskaźnikiem uszkodzeń W

Przedstawiona na rysunkach 30, 31 i 32 zależność wskazuje, że wraz ze wzrostem zawartości suchej masy w bulwie spada jej odporność na uszkodzenia (zewnętrzne i wewnętrzne). Można również zauważyć pewne granice zawartości suchej masy, przekroczenie których powoduje istotny spadek odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia. Pierwszy poziom zawartości suchej masy, którego przekroczenie powoduje istotny wzrost wskaźnika uszkodzeń to 18,0%, a drugi 21,0%. Można zatem stwierdzić, że zawartość suchej masy ma wpływ zarówno na odporność bulw na wewnętrzne ciemnienie puderzeniowe, jak i na ogólną odporność na mechaniczne uszkodzenia, mierzoną wskaźnikiem uszkodzeń masowych. Spośród składników suchej masy wyraźny wpływ na odporność bulw na uszkodzenia ma zawartość włókna. Jest to zależność logiczna, ponieważ włókno stanowi podstawę konstrukcji (budowy) komórek i tkanek, i im wyższa jego zawartość, tym odporność na uszkodzenia też powinna być wyższa. Zależność tą przedstawiono na rysunku 33.



Źródło: wieloletnie badania własne prowadzone na 21 odmianach ziemniaków w warunkach laboratoryjnych

Rys. 33. Zależność pomiędzy zawartością włókna w bulwie, a jej odpornością na mechaniczne uszkodzenia mierzoną wskaźnikiem uszkodzeń masowych

Przedstawiona na rysunku 33 zależność wskazuje, że wraz ze wzrostem zawartości w bulwie włókna rośnie jej odporność na mechaniczne uszkodzenia. I dla tej zależności można wyodrębnić pewne progi zawartości włókna, przekroczenie których, powoduje istotny wzrost odporności bulwy na uszkodzenia. Progami tymi są 0,55% i 0,65% zawartości włókna w bulwie. Lewosz i in. [1976] stwierdzili, że zawartość ścian komórkowych w bulwach badanych 8 rodów ziemniaków jest wyraźnie skorelowana ze stopniem ich odporności na mechaniczne uszkodzenia oraz, że zawartość ścian komórkowych w części zewnętrznej bulwy jest znacznie wyższa niż w całej tkance bulwy. Badania nad wpływem składu chemicznego bulw 18 odmian ziemniaka na ich odporność na mechaniczne uszko-

dzenia, przeprowadzone przez Roztropowicz i in. [1985] wykazały istnienie dodatniej korelacji pomiędzy odpornością bulw na mechaniczne uszkodzenia zewnętrzne, a zawartością fosforu, potasu, suchej masy i stałą Maerckera. Stwierdzono równocześnie, że grupa odmian o najmniejszej odporności na mechaniczne uszkodzenia ( $W = 60-70\%$ ) charakteryzowała się istotnie wyższą zawartością wszystkich badanych składników w porównaniu z odmianami pozostałymi (badano zawartość suchej masy, skrobi, cukrów ogółem, azotu ogólnego, błonnika, fosforu, potasu oraz stałą Maerckera). Na podstawie dotychczasowego stanu wiedzy, można zatem dowiedzieć, że bulwy odmian ziemniaka charakteryzujące się wysoką zawartością suchej masy, są bardziej podatne zarówno na uszkodzenia wewnętrzne (ciemnienie), jak i na uszkodzenia ogółem, niż odmiany o niskiej zawartości suchej masy oraz, że odmiany mające wyższą zawartość włókna w bulwach są bardziej odporne na mechaniczne uszkodzenia w porównaniu z odmianami o niższej zawartości tego składnika.

Skład chemiczny bulwy ziemniaka jest sumarycznym i ogólnym przedstawieniem jej budowy anatomicznej. Stąd też odmiany mające podobną zawartość suchej masy i innych składników mogą charakteryzować się różną podatnością zarówno na uszkodzenia wewnętrzne jak i zewnętrzne. Hudson [1975] stwierdza, że bulwy o większych komórkach, większej objętości przestrzeni międzykomórkowych i niższym ciężarze właściwym mają głębsze obicia. Huff [1971] podaje, że odporność bulw na uszkodzenia mechaniczne zależy od własności ścian komórkowych, względnie ich grubości. Różnice w zawartości ścian komórkowych w bulwie całej i jej części zewnętrznej, również mogą sugerować różną odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia. Lewosz i in. [1976] stwierdzili, że często tkanka leżąca tuż pod skórą pozostaje nienaruszona, a warstwy leżące głębiej są uszkodzone i przebarwione. Jest to potwierdzenie hipotezy o zależności pomiędzy odpornością bulw na mechaniczne uszkodzenia a zawartością ścian komórkowych w bulwie i wielkością komórek. Hipotezę tą potwierdza również anatomiczna budowa bulwy wskazująca, że zewnętrzna jej część składa się z większej liczby komórek mniejszych, bardziej wydłużonych i ułożonych równoległe do powierzchni, niż warstwy leżące głębiej. Brak jest również w warstwie zewnętrznej przestrzeni międzykomórkowych. Drugim z czynników związanym z komórkową budową bulwy jest turgor tkanek, regulowany głównie składem cytoplazmy i rozciągliwością ścian komórkowych. Jastrzębski [1973] stwierdził, że bulwy maceczne, pozbawione w dużym stopniu ziaren skrobi i wypełnione głównie wodą zachowują właściwą sobie wytrzymałość (zależną od zawartości suchej masy). Duży wpływ na mechaniczne właściwości ścian komórkowych wywiera skład i zawartość związków pektynowych cementujących ze sobą ściany komórkowe. Związki pektynowe łatwo tworzą kompleksy z jonami wapnia, a im większa jego ilość wchodzi w skład ścian komórkowych, tym większa ich odporność na zginanie i zginięcie, lecz równocześnie zmniejsza się elastyczność tkanki. Natomiast, gdy związki pektynowe ulegną estryfikacji, to tkanka staje się bardziej rozciągliwa niż przy połączeniu z wapniem. Z badań Lewosza i innych [1976] wynika, że stopień estryfikacji pektyn zewnętrznej warstwy bulwy jest wyższy niż pozostałych części bulwy, przez co staje się ona bardziej elastyczna i odporna na zniszczenie niż warstwy komórek leżących głębiej. Również Warren i Woodman [1973] doszli do podobnych wniosków, stwierdzając różnice odmianowe w zawartości wapnia i stopnia estryfikacji pektyn w poszczególnych częściach bulwy. Można więc przypuszczać, że odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia będzie także modyfikowana przez zawartość wapnia w glebie [Jakubowski 2006], a być może również przez zawartość kationów jednowartościowych, które podobnie jak wapń tworzą kompleksy z grupami karboksylowymi pektyn. Przypuszczać również można, że zjawisko pęknięcia tkanki po zderzeniu bulwy z obcym

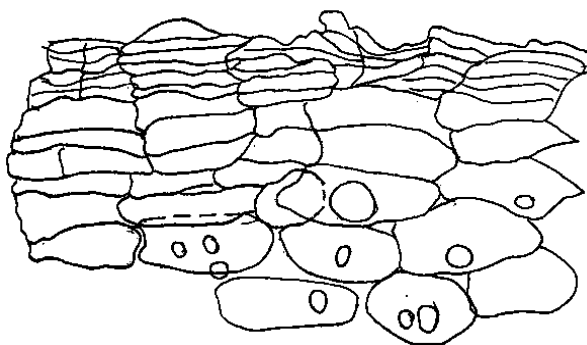


### *Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka*

---

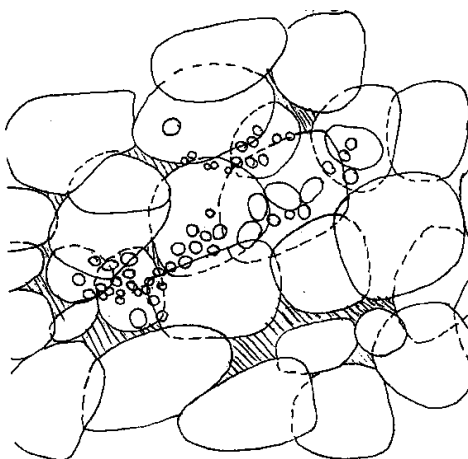
twardym ciałem może być zależne od związków spajających komórki (pektyny), ich składu i stopnia skompleksowania z wapniem lub innymi kationami.

Budowa wewnętrzna i skład chemiczny bulwy zależą niewątpliwie od wielu czynników, spośród których, kluczowe znaczenie wydaje się mieć nawożenie. Kształt, liczbę warstw oraz ułożenie komórek w trzech różnych warstwach odpowiadających rodzajom uszkodzeń bulw (lekkie, średnie i ciężkie) dla czterech różnych odmian ziemniaka przedstawiono na rysunkach 34-45.



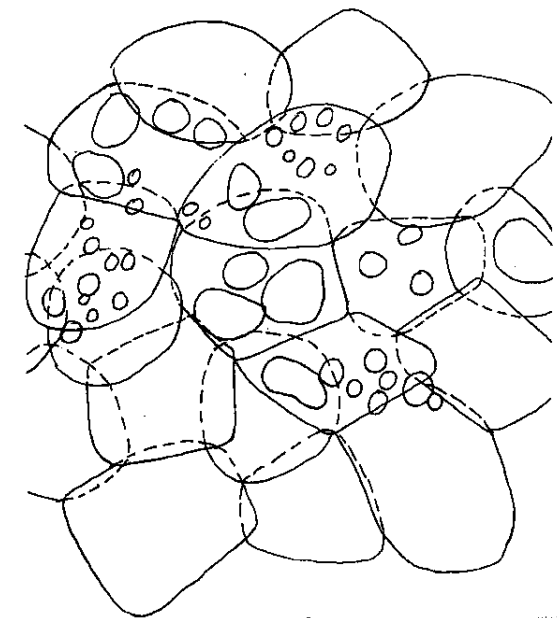
*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 34. Przekrój przez warstwę I bulwy ziemniaka – odmiana Jagoda



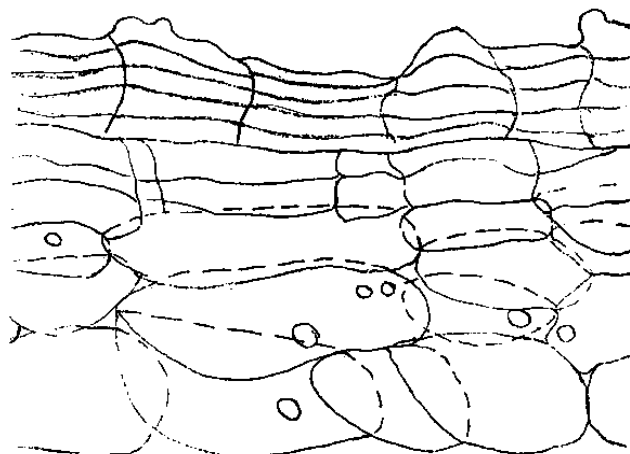
*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 35. Przekrój przez warstwę II bulwy ziemniaka – odmiana Jagoda



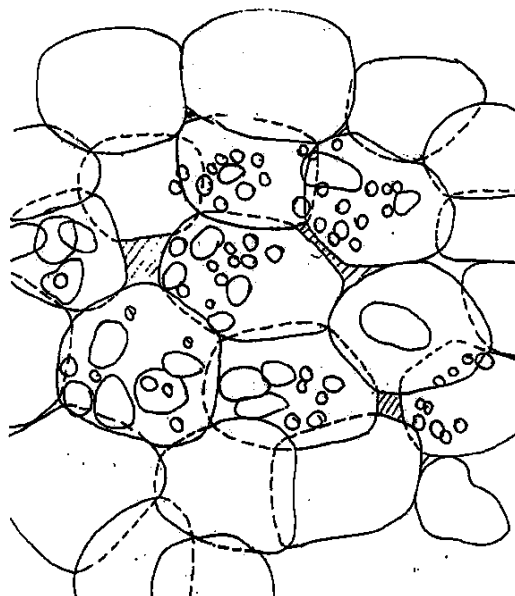
*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 36. Przekrój przez warstwę III bulwy ziemniaka – odmiana Jagoda



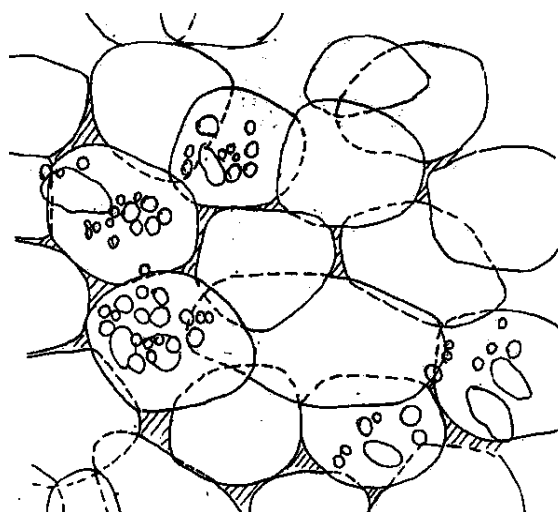
*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 37. Przekrój przez warstwę I bulwy ziemniaka – odmiana Bronka



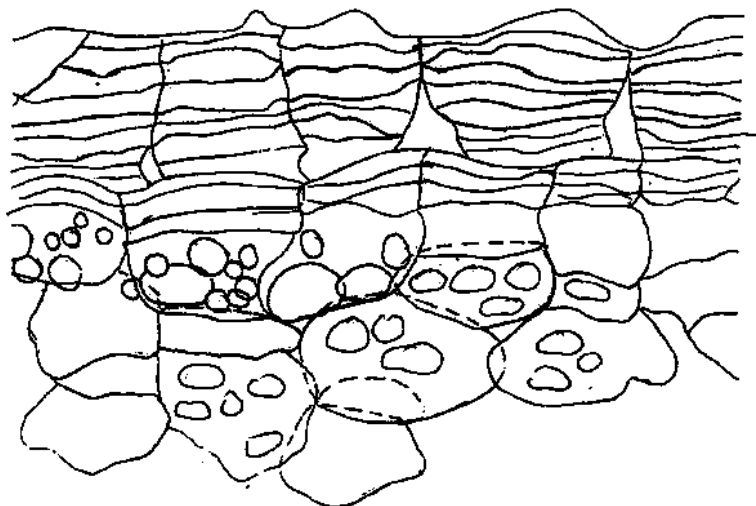
Źródło: Krzysztofik 1994

Rys. 38. Przekrój przez warstwę II bulwy ziemniaka – odmiana Bronka



Źródło: Krzysztofik 1994

Rys. 39. Przekrój przez warstwę III bulwy ziemniaka – odmiana Bronka



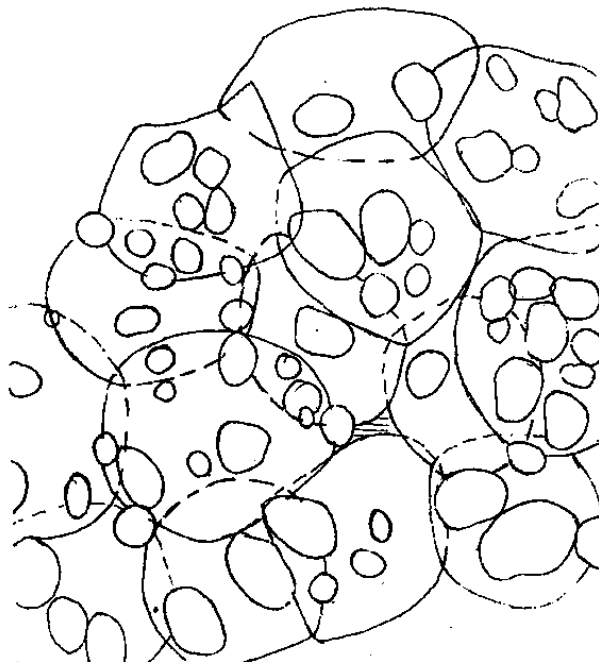
Źródło: Krzysztofik 1994

Rys. 40. Przekrój przez warstwę I bulwy ziemniaka – odmiana Darga



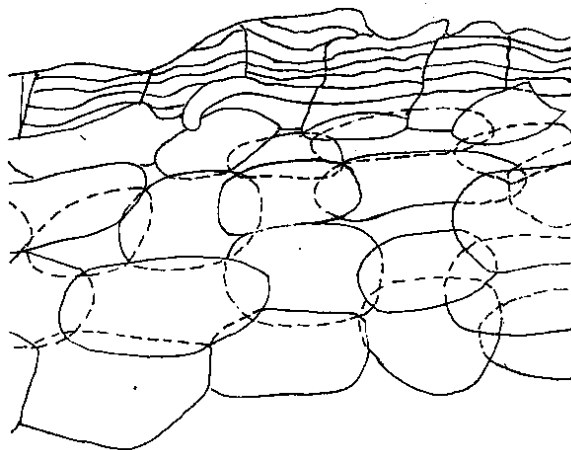
Źródło: Krzysztofik 1994

Rys. 41. Przekrój przez warstwę II bulwy ziemniaka – odmiana Darga



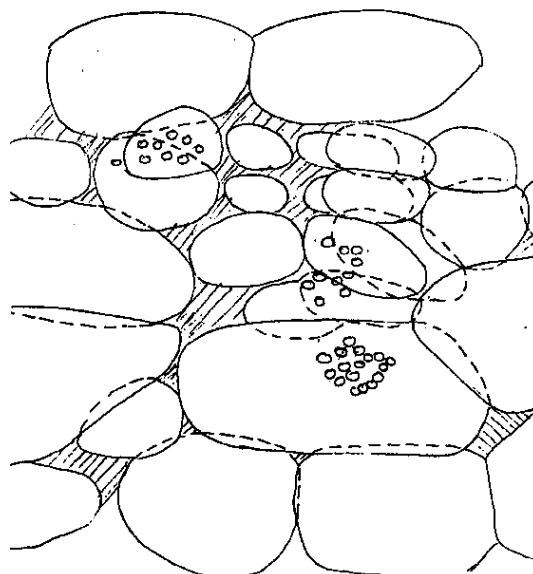
*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 42. Przekrój przez warstwę III bulwy ziemniaka – odmiana Darga



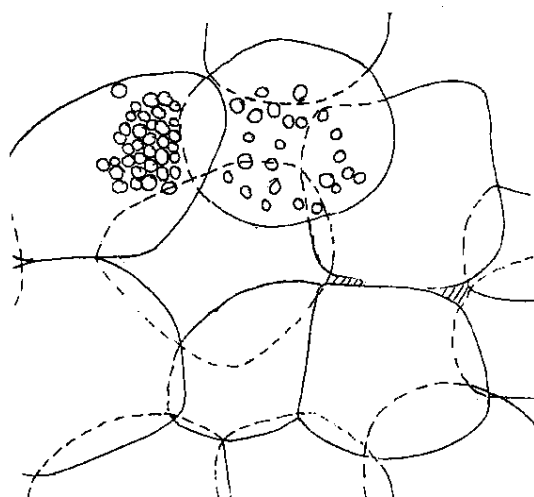
*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 43. Przekrój przez warstwę I bulwy ziemniaka – odmiana Irga



*Źródło: Krzysztofik 1994*

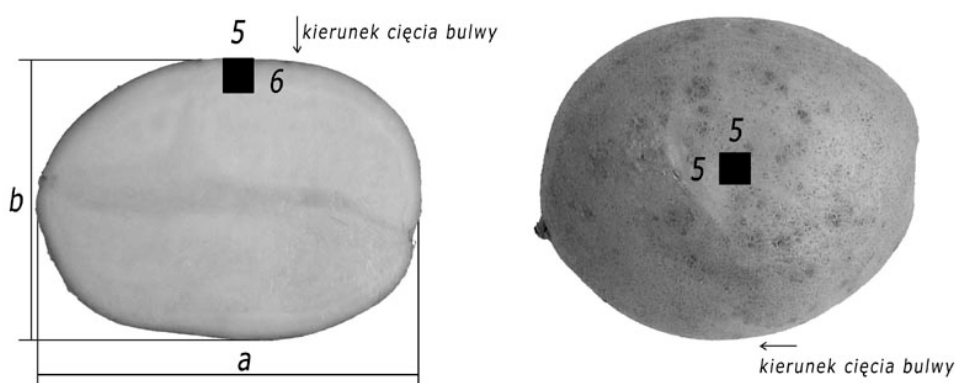
Rys. 44. Przekrój przez warstwę II bulwy ziemniaka – odmiana Irga



*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 45. Przekrój przez warstwę III bulwy ziemniaka – odmiana Irga

Warstwa I odpowiada głębokości uszkodzeń lekkich i sięga do 1,7 mm w głąb bulwy, warstwa II odpowiada głębokości uszkodzeń średnich i sięga od 1,7-5,1 mm, a warstwa III odpowiada głębokości uszkodzeń ciężkich i leży głębiej niż 5,1 mm. Do określenia budowy i pomiarów anatomicznych komórek wykonano skrawki bulw o wymiarach ok. 5 mm szerokości i grubości i ok. 6 mm długości licząc od powierzchni bulwy w głąb. Sposób pobierania skrawków bulwy przedstawiono na rysunku 46.



*Źródło: Krzysztofik 1994*

Rys. 46. Przekrój przez bulwę oraz wymiary i miejsce pobierania skrawka do badań anatomicznych

Skrawki pobierano tnąc całą bulwę wzdłuż dwóch płaszczyzn, uzyskując w ten sposób wymiary preparatów 5 x 6 mm i 5 x 5 mm. Tak pobrane skrawki pozwoliły na pomiar trzech parametrów komórki tj. długości, szerokości i grubości. Rys. 34–45 przedstawiają ułożenie komórek z trzech warstw bulwy z odwzorowaniem dwuwymiarowym (długość i grubość). Dla wszystkich badanych odmian budowa komórkowa poszczególnych warstw jest podobna. W warstwie I komórki mają kształt wydłużony, są mniejsze niż w pozostałych warstwach, ich objętość jest również mniejsza i brak jest pomiędzy nimi przestrzeni międzykomórkowych. W warstwie II komórki są większe niż w warstwie I, ale mniejsze niż w warstwie III. Objętość komórek warstwy II jest większa około 3 razy niż objętość komórek warstwy I i mniejsza około 1,5 razy od komórek warstwy III, które są największe i występuje tu najwięcej przestrzeni międzykomórkowych. Kształt komórek w warstwie II i III jest wyraźnie różny od kształtu komórek warstwy I. Komórki są bardziej wyoblone i nieregularnego kształtu. Aby określić zależność pomiędzy anatomiczną budową bulwy ziemniaka, a jej podatnością na mechaniczne uszkodzenia, komórki poszczególnych warstw zmierzono przy użyciu mikroskopowego okularu mikrometrycznego. Pomiary dotyczyły długości, szerokości i grubości komórek [Krzysztofik 1995]. Na podstawie trzech wymiarów wyliczono objętość komórek, zakładając, że ich kształt jest regularny – max i min średnica Fereta (uproszczenie dotyczy tylko komórek warstwy II i III). Anali-

zując zależności pomiędzy wszystkimi czterema parametrami komórek, a ich podatnością na uszkodzenia mechaniczne mierzoną wskaźnikiem uszkodzeń, stwierdzono, że największy wpływ na wartość wskaźnika uszkodzeń bulwy ma objętość komórki, czyli jej wielkość opisana wszystkimi wymiarami. W tab. 8 przedstawiono zależności pomiędzy dwoma poziomami nawożenia fosforowego, a wskaźnikiem uszkodzeń bulw i objętością komórek warstwy I i II, a w tabeli 9 zależność pomiędzy wskaźnikiem uszkodzeń, a objętością komórek w warstwie I, II i III dla 4 badanych odmian ziemniaków. Wyniki obejmują 4-letni okres badań (1992-95). Wyniki przedstawione w tabeli 9 przedstawiono również graficznie na rysunkach 47-50.

Tabela 8. Wpływ nawożenia fosforowego na kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw i średniej objętości komórek warstwy I i II badanych odmian ziemniaków

Nawożenie [kg P·ha <sup>-1</sup> ]	Odmiana	Wskaźnik uszkodzeń [%]	Objętość komórek w warstwie [μm <sup>3</sup> ]	
			I	II
60	Bronka	52,2	291	1 569
	Darga	66,4	353	846
	Irga	71,0	1 142	3 334
	Jagoda	67,0	1 071	2 935
120	Bronka	36,3	302	2 963
	Darga	45,3	353	1 420
	Irga	53,9	1 597	4 039
	Jagoda	48,6	1 090	3 052

Źródło: badania własne (średnie z 4 lat badań, 4 poziomów nawożenia fosforowego i 4 odmian ziemniaka)

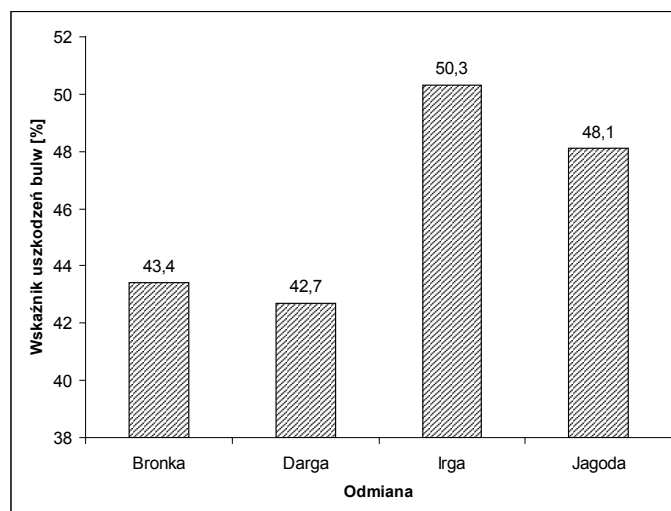
Tabela 9. Zależność pomiędzy wskaźnikiem uszkodzeń a średnią objętością komórek w trzech warstwach bulwy

Odmiana	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]	Objętość komórek w warstwie [μm <sup>3</sup> ]		
		I	II	III
Bronka	43,4	374	1 329	2 477
Darga	42,7	378	1 335	2 473
Irga	50,3	1 218	3 060	4 255
Jagoda	48,1	1 042	2 817	4 780

Źródło: badania własne (średnie z 4 lat badań, 4 poziomów nawożenia fosforowego i 4 odmian ziemniaka)

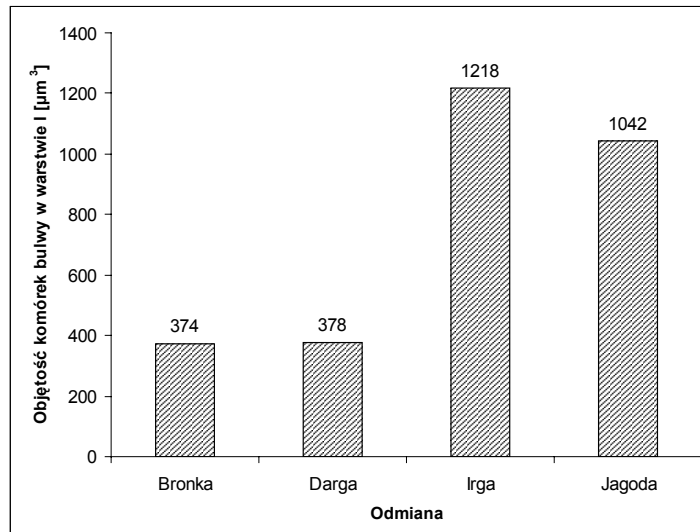


## Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka



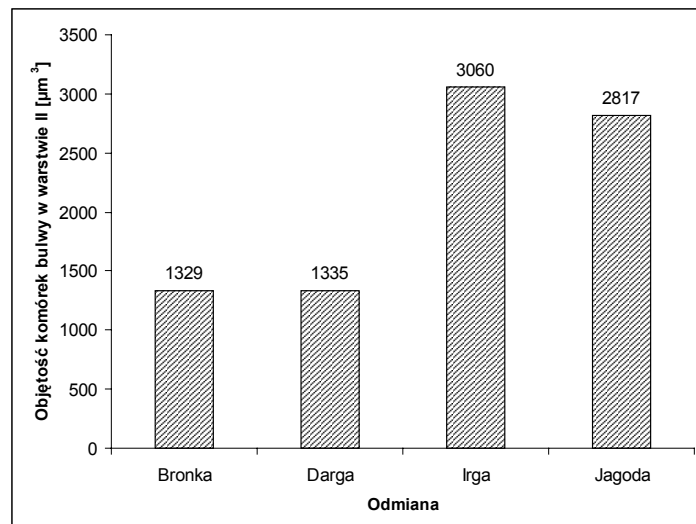
Źródło: badania własne (średnie z 4 lat badań, 4 poziomów nawożenia fosforowego i 4 odmian ziemniaka)

Rys. 47. Wartość wskaźnika uszkodzeń badanych odmian ziemniaka



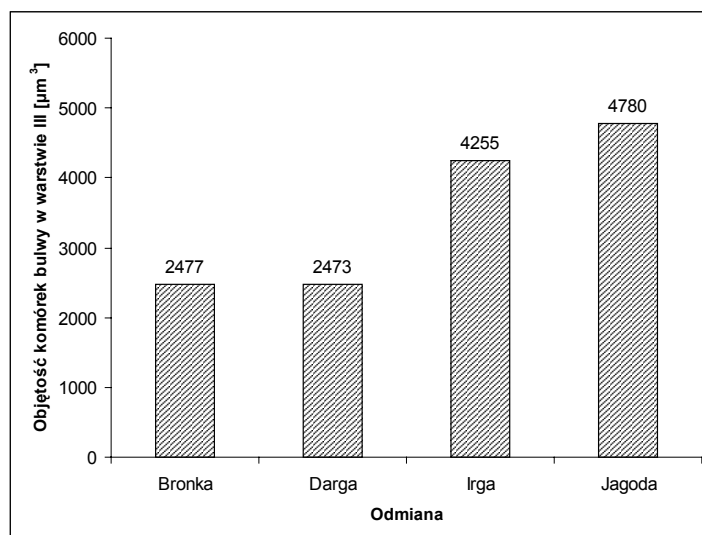
Źródło: badania własne (średnie z 4 lat badań, 4 poziomów nawożenia fosforowego i 4 odmian ziemniaka)

Rys. 48. Objętości komórek bulwy w warstwie I badanych odmian ziemniaka



Źródło: badania własne (średnie z 4 lat badań, 4 poziomów nawożenia fosforowego i 4 odmian ziemniaka)

Rys. 49. Objętości komórek bulwy w warstwie II badanych odmian ziemniaka



Źródło: badania własne (średnie z 4 lat badań, 4 poziomów nawożenia fosforowego i 4 odmian ziemniaka)

Rys. 50. Objętości komórek bulwy w warstwie III badanych odmian ziemniaka

Z wyników przedstawionych w tabelach 8 i 9, a szczególnie w tabeli 9 widać, że odmiany Bronka i Darga należą do odmian o komórkach mniejszych, a Irga i Jagoda do odmian o komórkach większych. Wyraźnie widać też kształtowanie się pewnych prawidłowości. Odmiany Bronka i Darga charakteryzują się niższymi wskaźnikami uszkodzeń i mniejszymi komórkami (mniejszą objętością komórek), a odmiany Irga i Jagoda wyższymi wskaźnikami uszkodzeń i większymi komórkami (większą objętością komórek). Uzyskano więc dodatnią korelację pomiędzy wielkością (objętością) komórek w warstwie I, II, III, a podatnością bulwy na uszkodzenia wyrażoną wskaźnikiem uszkodzeń. Stwierdzono równocześnie dodatni wpływ wyższej dawki nawożenia fosforowego na kształtowanie się odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia dla wszystkich badanych odmian ziemniaków (tab. 8). Opierając się również na współczynniku wydłużenia komórek, przedstawionym jako stosunek (iloraz) maksymalnej i minimalnej średnicy Fereta, uzyskano potwierdzenie przedstawionych powyżej spostrzeżeń (tab. 10). Jednak jednoznacznej korelacji przy takim wymiarowaniu komórek nie uzyskano, co jest potwierdzeniem, że lepszym parametrem oceny podatności bulw na uszkodzenia jest objętość komórek.

Tabela 10. Wartości wskaźnika uszkodzeń oraz współczynników wydłużenia komórek w warstwach I, II i III dla 4 odmian ziemniaka, 4 poziomów nawożenia, 4 lat badań (średnie z 256 pomiarów)

Odmiana	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]	Współczynnik wydłużenia komórek w warstwie		
		I	II	III
Bronka	44,0	1,88	1,53	1,27
Darga	43,0	1,98	1,50	1,26
Irga	51,0	2,05	1,42	1,19
Jagoda	48,0	1,86	1,17	1,00

Źródło: badania własne

Nie ulega zatem wątpliwości, że właściwości geometryczne bulwy ziemniaka oraz jej komórek mają istotny, ale nie jedyny wpływ na niszczenie komórek w procesie ich uszkodzenia. Jak przedstawiono na rysunku 1 i we wcześniejszych rozważaniach, pęknięcie błony komórkowej i niszczenie wewnętrznej struktury bulwy jest podstawowym czynnikiem powstawania poudereniowego ciemnienia bulwy. Przyczynami pęknięcia błony komórkowej mogą być albo nacisk, albo uderzenie (rys. 1). W momencie nacisku na bulwę, każda jej komórka w stopniu większym lub mniejszym w zależności od kierunku tego nacisku przejmuje część zewnętrznego obciążenia i odkształca się. Mogą wtedy zachodzić następujące procesy:

1. Zmiana kształtu komórki,
2. Wzrost stosunku powierzchni ścian komórkowych do objętości komórki,
3. Wzrost naprężenia ścian komórkowych,
4. Wzrost turgoru komórek,
5. Wypływanie poza komórkę płynów wewnątrzkomórkowych z prędkością zależną od prędkości zadawanego odkształcenia i przepuszczalności błony komórkowej.

Należy pamiętać, że każda tkanka roślinna, w tym również bulwa ziemniaka posiada bardzo złożoną strukturalną budowę. Taka struktura posiada zróżnicowaną wytrzymałość na uszkodzenia pojedynczych jej elementów (komórek) i wówczas mamy do czynienia z niejednorodnym rozkładem naprężeń. Przyłożenie siły zewnętrznej powoduje powstanie nowego rozkładu naprężeń, a proces niszczenia takiej struktury będzie zachodził w zależności od chwilowych parametrów badanego materiału. Dotychczasowe badania pokazały, że niezależnie od przyjętej metody obciążenia bulwy, bardzo trudno jest opisać zależność pomiędzy wywołanym celowo lub losowo zniszczeniem struktury wewnętrznej bulwy, a jej odpornością na mechaniczne uszkodzenia powstające podczas zmechanizowanego zbioru, bowiem bulwa ziemniaka jest organizmem żywym i tak, jak każdy żywy organizm posiada lub potrafi wytworzyć mechanizmy obronne minimalizujące skutki uszkodzeń, zmierzające do przetrwania gatunku.

## **4.2. Czynniki związane ze środowiskiem wzrostu i rozwoju bulwy ziemniaka**

Środowisko wzrostu i rozwoju bulwy ziemniaka obejmuje: warunki glebowe i klimatyczne oraz stan plantacji od posadzenia do momentu zbioru. Warunki glebowe silnie oddziałujące na stan fizjologiczny bulwy oraz jej podatność na mechaniczne uszkodzenia podczas zbioru to: gatunek, temperatura, wilgotność, zbrylenie, zakamienienie i zachwaszczenie gleby oraz ukształtowanie terenu (makrorelief). Do warunków klimatycznych mających wpływ na przebieg wegetacji, a więc na wzrost i rozwój bulwy zaliczamy: temperaturę powietrza i opady oraz ich natężenie i rozkład w okresie wegetacyjnym. Stan plantacji najczęściej opisywany jest zachwaszczeniem i zdrowotnością roślin ziemniaka, jako czynnikami mającymi wpływ na jakość, właściwości i cechy bulwy. Wymienione czynniki mogą oddziaływać pośrednio lub bezpośrednio na wielkość uszkodzeń podczas zbioru. Takie czynniki, jak gatunek, wilgotność, zbrylenie i zakamienienie gleby mają bezpośredni wpływ na powstawanie uszkodzeń bulw podczas zbioru, natomiast czynniki pozostałe, wywierając wpływ na stan i określone właściwości bulwy mają pośredni wpływ na jej podatność na uszkodzenia podczas zbioru i obróbki pozbiiorowej.

### **4.2.1. Gatunek i wilgotność gleby**

Na glebie o strukturze gruzełkowej przy właściwej temperaturze i wilgotności podczas zbioru, uszkodzenia bulw są zwykle niewielkie. Natomiast na glebach mających skłonności do tworzenia brył oraz zakamienionych, liczba uszkodzeń bulw wzrasta. W tabeli 11 przedstawiono zależność pomiędzy składem granulometrycznym gleby (gatunkiem), a wskaźnikiem uszkodzeń bulw podczas zbioru 4 typami różnych kombajnów, dla trzech różnych lat i 15 odmian ziemniaka.

W tabeli 12 przedstawiono zależność pomiędzy wilgotnością względną gleby a wskaźnikiem uszkodzeń bulw podczas zbioru 4 typami kombajnów, dla 3 lat badań i 15 odmian ziemniaka, natomiast w tabeli 13 – zależność pomiędzy temperaturą gleby a wskaźnikiem uszkodzeń bulw dla 3 lat badań i 3 odmian ziemniaka zbieranych kombajnem.

### Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka

Tabela 11. Kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw w zależności od gatunku gleby

Lp.	Gatunek gleby	Wskaźnik uszkodzeń
1.	Piasek gliniasty	23,8
2.	Glina piaszczysta	18,5
3.	Glina lekka	18,5
4.	Glina ciężka	17,8
5.	Pył ilasty	17,7
6.	Ł pylasty	16,3

Źródło: badania własne

Tabela 12. Kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw w zależności od wilgotności względnej gleby

Lp.	Wilgotność względna gleby [%]	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]
1.	Do 10,0	16,5
2.	10,1 – 15,0	19,2
3.	pow. 15,0	21,0

Źródło: badania własne

Tabela 13. Kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw w zależności od temperatury gleby podczas zbioru kombajnowego

Lp.	Odmiana	Temperatura gleby na głębokości 10 cm [°C]	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]
1.	Pola	7,4	30,1
2.		8,5	22,0
3.		9,6	18,7
4.		10,0	16,4
5.	Sokół	6,5	28,6
6.		7,4	17,9
7.		8,5	14,0
8.		9,6	13,6
9.	Sowa	6,5	35,4
10.		7,4	24,5
11.		8,5	19,3
12.		9,6	17,9

Źródło: Gastol 1985

Wartości przedstawione w tabeli 11 dość wyraźnie potwierdzają pogląd, że wraz ze wzrostem przesiewalności gleby w zespołach separujących maszyn do zbioru wzrasta liczba uszkodzonych podczas zbioru bulw (przy braku zbrzylenia i zakamienienia). Należy tu jednak zrobić zastrzeżenie, że warunki panujące na plantacjach podczas zbioru są porównywalne, jak również, że porównywalne są wskaźniki jakościowe pracy maszyn do zbioru. Gleby ciężkie o większym współczynniku tarcia wewnętrznego i trudniejszej przesiewal-

ności, przesiewane są w końcowej części przenośnika odsiewającego, stanowiąc warstwę ochronną dla bulwy, która głównie w tej części kombajnu jest uszkodzana. Stąd wartości wskaźników uszkodzeń dla takich gatunków gleb są niższe i wynoszą dla gleby ciężkiej 17,8%, dla pyłu ilastego 17,7% a dla iłu pylastego 16,3%. Natomiast gleby lekkie, zresztą typowe dla uprawy ziemniaka o dobrej przesiewalności i niższym współczynniku tarcia wewnętrznego wykazują wzrost uszkodzeń bulw podczas zbioru. I tak dla ziemniaków uprawianych na piasku gliniastym wskaźnik uszkodzeń wynosił 23,8%, na glinie piaszczystej 18,5% i na glinie lekkiej również 18,5%.

Kształtowanie się wartości wskaźników uszkodzeń w zależności od wilgotności gleby przedstawionych w tabeli 12 nie potwierdzają ogólnie przyjmowanego poglądu, że wraz ze wzrostem wilgotności gleby zmniejszają się uszkodzenia bulw. Wynika z nich bowiem wyraźnie, że w zakresie wilgotności gleby od  $< 10\%$  do  $> 15\%$  wartość wskaźnika uszkodzeń wzrosła od 16,5% do 21,0%, to jest o 27%. Jastrzębski [1973], badając odporność bulw 20 odmian w stanie zwiędniętym, po ich namoczeniu stwierdził, że wytrzymałość skórki się zwiększyła, co spowodowało zmniejszenie podatności bulw na pęknięcie, zastrzegając równocześnie, że reakcja na ten zabieg jest cechą odmianową. Natomiast Finney i Findlen [1967] stwierdzili zupełnie coś innego, a mianowicie, że wszystkie zabiegi zmniejszające turgor zwiększały odporność bulw na uszkodzanie (obicia). Kunkel i Gardner [1970]; Kunkel i Weaver [1970]; Kunkel i Gardner [1971]; Kunkel i Holstad [1971]; Sawyer i Collins [1960] uważają, że spadek turgoru zwiększał podatność bulw na ciemnienie, zaś Pätzold [1969] stwierdził, że bulwy zbierane przy wyższej wilgotności gleby były bardziej odporne na pęknięcie, a mniej na obicia. Również badania autora [Marks 1981] wykazały, że wilgotność gleby i odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia okazały się skorelowane ujemnie, przy czym stwierdzono, że zależność ta jest cechą odmianową i zależną od warunków klimatycznych w poszczególnych latach [Marks 1986]. Wilgotność gleby ma bezpośredni związek z turgorem komórek bulwy ziemniaka oraz z warunkami separacji w maszynach do zbioru. Wysoka wilgotność gleby przyczynia się do wzrostu współczynnika tarcia pomiędzy cząstkami gleby a elementami roboczymi maszyn do zbioru, rośnie również współczynnik tarcia wewnętrznego gleby, a to powoduje oklejenie prętów przenośników i zmniejszenie sprawności przesiewania gleby na przenośniku odsiewającym. Zachodzi zatem konieczność dokonania zmian regulacyjnych w pracy zespołów odsiewających glebę, mających na celu bardziej intensywną pracę tych zespołów. Bardziej intensywna praca przenośnika odsiewającego podczas pracy w glebie zbyt wilgotnej (w porównaniu z wilgotnością optymalną) powoduje większą odsiewalność gleby, a to pozwala uzyskać plon pozbawiony zanieczyszczeń mineralnych. Jednocześnie agresywne oddziaływanie elementów roboczych przenośnika odsiewającego powoduje wzrost mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. Zatem wszystkie regulacje zmierzające do przedłużenia czasu przebywania bulw w kombajnie oraz zwiększające częstotliwość i amplitudę wstrząsów przenośników, poprawiające czystość zbieranego plonu bulw, powodują równocześnie zwiększenie mechanicznych uszkodzeń bulw. A tak właśnie się dzieje podczas zbioru na glebach o dużej wilgotności. Optymalna wilgotność względna gleby podczas zbioru zmechanizowanego powinna wynosić 8–12%. Zarówno niższa jak i wyższa wilgotność ma niekorzystny wpływ na przebieg procesu zbioru oraz na czystość i uszkodzenia bulw.

#### **4.2.2. Temperatura gleby i bulwy ziemniaka**

Jeszcze większy wpływ na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw niż wilgotność gleby ma jej temperatura. Sama temperatura gleby nie ma bezpośredniego wpływu na jakość zbieranego plonu i jego uszkodzenia. Ma jednak wpływ na warunki i temperaturę bulw podczas zbioru, a to już ma bezpośredni związek z jakością zbieranego plonu i uszkodzeniami bulw podczas zbioru. Według badań Spechta [1969] obniżenie temperatury o 1°C w zakresie 15°–5°C zwiększa ilość uszkodzeń o 10%, a w zakresie 5°–1°C powoduje jeszcze większy wzrost uszkodzeń. Podobną, ale mniej wyraźną zależność stwierdzili Johnston i Wilson [1969], a mianowicie przy wzroście temperatury o 1°F, obserwowali zmniejszenie liczby uszkodzeń o 1% (w zakresie temperatur występujących podczas zbioru). Badania Baganza [1968] nie potwierdziły omawianej zależności dla uszkodzeń płytkich (do 1,7 mm) oraz dla uszkodzeń powstałych przy obciążaniu bulwy penetrometrem Lampego. Stwierdził natomiast korelację pomiędzy temperaturą a występowaniem uszkodzeń głębokich. I tak, jeżeli za 100% przyjęć liczbę uszkodzeń przy 4°C, to przy 15°C uzyskano 33% tej wartości. Pätzold [1969] stwierdza wzrost odporności bulw na pękanie wraz ze wzrostem temperatury gleby w zakresie 4°–25°C. Gal i in. [1967] sugerują, że zależność pomiędzy temperaturą a podatnością bulw na uszkodzenia może być cechą odmianową, chociaż w sposób przekonujący tego nie udowadniają. Niektóre bowiem badane przez nich odmiany ogrzewane w zakresie 10°–18°C wykazywały wzrost „elastyczności”, jako cechy zmniejszającej podatność na uszkodzenia, zaś inne zupełnie na czynnik temperaturowy nie reagowały. Hesen i Kroesbergen [1960] stwierdzają, że ogrzewanie bulw w granicach 13°–18°C zmniejsza ciemnienie poudzierzeniowe. Badania Jastrzębskiego i Wernera [1971] wykazały, że wzrost temperatury w zakresie 5°–20°C powodował wzrost sprężystości i spadek twardości bulw. Smittle i in. za Gastoł [1985] i Hughes [1980] są zdania, że intensywność i typ uszkodzeń zależą od temperatury, właściwości reologicznych, elastyczności i dojrzałości fizjologicznej bulw. Badania polowe wykonane przez Gastoła [1985] wykazały, że wzrost temperatury gleby podczas zbioru kombajnowego w zakresie 6,5°–12,9°C, powodował spadek wskaźnika uszkodzeń bulw odpowiednio 35,4% do 13,6% w zależności od odmiany. Zależności te przedstawiono w tabeli 13. Badania laboratoryjne przeprowadzone przez autora [Marks, 1986], a dotyczące wpływu temperatury bulwy na jej odporność na mechaniczne uszkodzenia mierzoną wskaźnikiem uszkodzeń, wykazały, że istnieje wyraźna korelacja pomiędzy badaną zależnością, lecz zupełnie inaczej kształtuje się podatność bulwy na różnego rodzaju uszkodzenia. Wyniki badań dla trzech odmian ziemniaka przedstawiono w tabelach 14–17. Tabele 14, 15, 16 przedstawiają strukturę uszkodzeń bulw dla trzech odmian, a tabela 17 – wartości wskaźników uszkodzeń dla badanych odmian.

Tabela 14. Struktura uszkodzeń w zależności od temperatury bulwy: Odmiana Leda

Temperatura [°C]	Uszkodzenia [%]			
	Bez uszkodzeń	lekkie	Średnie	ciężkie
0	-	42,9	13,2	43,9
1	-	49,5	13,2	37,3
2	-	49,5	16,5	34,0
3	6,6	52,8	19,8	20,8
4	6,6	49,5	19,8	24,1
5	-	66,0	16,5	17,5
6	-	66,0	9,9	24,1
7	-	59,4	26,4	14,2
8	9,9	66,0	13,2	10,9
9	9,9	69,3	6,6	14,2
10	16,5	62,7	9,9	10,9
11	9,9	75,9	9,9	4,3
12	19,8	72,6	-	7,6
13	6,6	75,9	9,9	7,6
14	9,9	75,9	9,9	4,3
15	16,5	79,2	4,3	-
16	19,8	59,4	20,8	-
17	16,5	69,3	9,9	4,3
18	6,6	79,2	9,9	4,3
19	9,9	85,8	4,3	-
20	13,2	75,9	10,9	-

Źródło: badania własne

Tabela 15. Struktura uszkodzeń w zależności od temperatury bulwy: Odmiana Flisak

Temperatura [°C]	Uszkodzenia [%]			
	Bez uszkodzeń	Lekkie	Średnie	ciężkie
0	-	13,2	33,0	53,8
1	-	11,0	23,0	66,0
2	-	16,5	16,5	67,0
3	6,6	36,3	19,8	37,3
4	6,6	46,2	16,5	30,7
5	-	39,6	19,8	34,0
6	7,0	46,0	12,0	35,0
7	9,9	49,5	19,8	20,8
8	9,9	46,2	16,5	27,4
9	23,1	33,0	23,1	20,8
10	9,9	39,6	29,7	20,8
11	19,8	46,2	16,5	17,5
12	19,8	46,2	26,4	7,6
13	19,8	56,1	6,6	17,5
14	26,4	29,7	29,7	14,2
15	29,7	56,1	6,6	7,6
16	19,8	49,5	13,2	17,5
17	16,5	66,0	9,9	7,6
18	26,4	59,4	6,6	7,6
19	26,4	62,7	6,6	4,3
20	16,5	52,8	19,8	10,9

Źródło: badania własne



*Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka*

Tabela 16. Struktura uszkodzeń w zależności od temperatury bulwy: Odmiana Pola

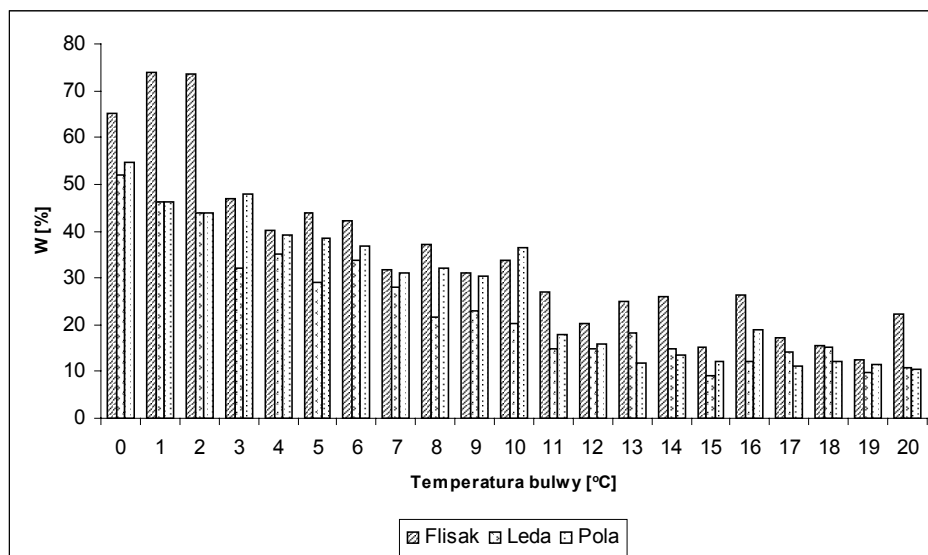
Temperatura [°C]	Uszkodzenia [%]			
	Bez uszkodzeń	lekkie	średnie	ciężkie
0	-	29,7	26,4	43,9
1	-	49,5	13,2	37,3
2	-	49,5	16,5	34,0
3	-	29,7	36,3	34,0
4	-	49,5	23,1	27,4
5	-	52,8	19,8	27,4
6	-	39,6	39,6	20,8
7	6,6	49,5	29,7	17,2
8	9,9	36,3	36,3	17,5
9	6,6	49,5	26,4	17,5
10	6,6	42,9	26,4	24,1
11	6,6	66,0	23,1	4,3
12	19,8	56,1	19,8	4,3
13	19,8	75,9	-	4,3
14	19,8	52,8	27,4	-
15	19,8	59,6	20,6	-
16	19,8	52,8	19,8	7,6
17	23,1	59,4	17,5	-
18	23,1	66,0	7,6	3,3
19	19,8	62,7	17,5	-
20	23,1	62,7	14,2	-

*Źródło: badania własne*

Tabela 17. Wartości wskaźnika uszkodzeń W [%] w zależności od temperatury bulwy

Temperatura [%]	Odmiana		
	Flisak	Leda	Pola
0	65,02	52,15	54,79
1	74,00	46,21	46,21
2	73,60	43,90	43,90
3	46,87	32,02	47,86
4	40,27	34,99	39,28
5	43,90	29,05	38,62
6	42,30	33,67	36,64
7	31,69	28,06	31,06
8	36,97	21,46	32,02
9	31,03	23,11	30,37
10	33,67	20,14	36,31
11	27,07	14,86	17,83
12	20,14	14,86	15,85
13	25,09	18,16	11,89
14	26,08	14,86	13,50
15	15,19	9,21	12,14
16	26,41	12,18	18,82
17	17,17	14,20	11,19
18	15,52	15,19	12,18
19	12,55	9,87	11,52
20	22,12	10,86	10,53

*Źródło: badania własne*



Źródło: badania własne

Rys. 51. Kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń  $W$  [%] w zależności od temperatury bulwy

Analizując, przedstawione w tabelach 14–17 oraz na rysunku 51 wyniki, można stwierdzić wystąpienie dość wyraźnych prawidłowości i to dla wszystkich badanych odmian. Stwierdzono mianowicie, że wraz ze wzrostem temperatury bulwy wzrasta w sposób istotny liczba uszkodzeń lekkich oraz spada liczba uszkodzeń średnich i ciężkich. I tak dla odmiany Flisak, liczba uszkodzeń lekkich wzrasta wraz ze wzrostem temperatury od 11% przy temperaturze 1°C do ponad 60% dla temperatury 19°C. Liczba uszkodzeń średnich spada od 33% dla 0°C do 6,6% dla temperatury 19°C, zaś liczba uszkodzeń ciężkich spada od 67% do 4,3%. Dla odmiany Leda uszkodzenia kształtują się następująco: lekkie rosną od 42,9 do 85,8%, dla średnich spadek zawiera się w granicach 19,8–4,3%, zaś dla ciężkich spadek od 43,9–4,3%. Przebieg uszkodzeń dla odmiany Pola jest następujący: liczba uszkodzeń lekkich rośnie od 29,7 do 75,9%, liczba uszkodzeń średnich spada od 36,3 do 7,6%, a liczba uszkodzeń ciężkich spada od 43,9 do 4,3%. Analizując kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń (rys. 51) stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury spada jego wartość, a więc zaobserwowano i potwierdzono pozytywny wpływ temperatury bulwy na jej odporność na uszkodzenia mechaniczne. Wartość wskaźnika uszkodzeń spada wraz ze wzrostem temperatury od 74,0 do 12,55% dla odmiany Flisak, od 52,25 do 9,87% dla odmiany Leda i od 54,79 do 10,53% dla odmiany Pola.

Jednak nie w całym zakresie badanych temperatur (0°C–20°C) przebieg (spadek) wskaźnika uszkodzeń jest równomierny. I tak dla odmiany Flisak i Leda przedziałem temperatur, przy którym następuje równomierny spadek uszkodzeń jest temperatura od 0°C–12°C, temperatura 12°C jest pewnym „progiem”, którego przekroczenie wwyż daje już dość przypadkowy przebieg wskaźnika uszkodzeń. Odmiana Pola wykazuje regularny spadek wartości wskaźnika uszkodzeń w przedziale temperatur 0°C–13°C, a dalszy

wartości wskaźnika uszkodzeń w przedziale temperatur 0°C–13°C, a dalszy przebieg wskaźnika jest już nierównomierny.

Omawiane zależności zostały udowodnione statystycznie. I tak uzyskane wartości testu Lambda-Kołmogorowa 0,1415 dla odmiany Flisak, 0,1844 dla odmiany Leda i 0,1994 dla odmiany Pola są wyższe od wartości granicznej i pozwalają na odrzucenie hipotezy o nie-normalności rozkładu zmiennej. Zmienność wartości wskaźnika uszkodzeń w zależności od temperatury testowano testem T Studenta. Uzyskane wartości testu T na poziomie 11,79 dla odmiany Flisak, 36,91 dla odmiany Leda i 27240,93 dla odmiany Pola są we wszystkich przypadkach wyższe od  $T_{0,05}$  wynoszącego 2,093 i wskazują na istotną statystycznie zmienność wskaźnika uszkodzeń w badanym przedziale temperatur. Wnioskowanie to potwierdzają uzyskane wartości współczynnika korelacji wynoszące  $R = -0,93$  dla odmiany Flisak,  $R = -0,94$  dla odmiany Leda i  $R = -0,99$  dla odmiany Pola. Równania regresji przybierają następującą postać: dla odmiany Flisak  $Y = 59,82 - 2,52x$ , dla odmiany Leda  $Y = 42,55 - 1,88x$  i dla odmiany Pola  $Y = 52,2 - 2,49x$ .

Na podstawie wyników przedstawionych na rysunku 51, można wywnioskować, że dla każdej odmiany istnieje pewien optymalny zakres temperatury, przy której wskaźnik uszkodzeń przyjmuje wartości stosunkowo niskie, a co ważniejsze, przy minimalnych wartościach uszkodzeń średnich i ciężkich, decydujących przecież o wartości przechowalniczej bulw. Dla badanych odmian temperatury te wynoszą: Flisak 12°C, Leda 12°C i Pola 13°C. (Pod pojęciem temperatura optymalna należy rozumieć taką temperaturę, której przekroczenie „w górę” nie powoduje widocznych efektów pozytywnych, zaś przekroczenie „w dół” może spowodować wyraźny efekt negatywny wyrażający się wzrostem podatności na uszkodzenia mechaniczne).

Przedstawione zależności pomiędzy temperaturą gleby, która przekłada się na temperaturę bulwy, a odpornością bulw na mechaniczne uszkodzenia wykazały, że temperatura ma istotny wpływ na kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulwy, więc na jej odporność na uszkodzenia, potwierdzając, że temperatura, przy której, powinien odbywać się zbiór nie powinna być niższa niż 10°C. Również w temperaturach wysokich, powyżej 20°C, zbiór maszynowy nie powinien być wykonywany, ponieważ może zachodzić zaparzenie bulw, co ma również negatywny wpływ na ich odporność na mechaniczne uszkodzenia.

#### **4.2.3. Zbrylenie i zakamienienie gleby**

Ziemniak jest rośliną gleb lekkich, lecz z różnych powodów uprawiany jest również na glebach średnich, a nawet ciężkich. Gleby lekkie są dobrze odsiewalne, lecz często zakamienione, a gleby średnie i ciężkie należące do trudno odsiewalnych mają dodatkowo przy złym stosunku powietrza i wody tendencję do zbrylania. Skutkiem tego zbierany plon jest zanieczyszczony bryłami i kamieniami różnej wielkości i kształtu, co stanowi poważny problem w ich separacji. Uzyskanie w takich warunkach zdrowego i czystego plonu i do tego w stanie nieuszkodzonym jest trudne, energochłonne i wiąże się z wprowadzeniem nowoczesnych i skomplikowanych maszyn do zbioru i obróbki pozbiorowej, ponieważ podstawą separacji są różnice właściwości fizycznych bulw, kamieni i brył ziemi (w tabelach 18 i 19 przedstawiono niektóre wskaźniki fizyko-mechaniczne bulw ziemniaka, kamieni i brył ziemi). Pomimo stosowania nowoczesnych technik w procesie mechanicznej separacji nie uzyskuje się zadowalającej czystości plonu, przez co konieczne jest ręczne

Tabela 18. Wskaźniki fizyko-mechaniczne bulw ziemniaków i brył ziemi

1. Charakterystyka kształtu i masy ziemniaków oraz brył										
Materiał	masa m, [g]	długość l, [cm]	szerokość b, [cm]	grubość a, [cm]	a·b·l, [cm <sup>3</sup> ]	objętość V, [cm <sup>3</sup> ]	$\frac{V}{a \cdot b \cdot l} = \varepsilon$	$\varepsilon_1 = \frac{m}{a \cdot b \cdot l}$	Gęstość [g·cm <sup>-3</sup> ]	
									Graniczna	Średnia
Ziemniaki	35-76	4,9-7,2	3,9-5,0	3,1-4,5	54,5-125	30-69	0,49-0,60	0,57-0,65	1,046-1,166	1,1
- okrągłe	75-193	5,8-10,6	4,2-6,3	3,6-4,9	113-283	67,5-175	0,51-0,61	0,52-0,67	1,075-1,166	1,8
Bryły ziemi	77-630	5,7-10,7	4,2-10,2	2,6-5,6	74,655	35-300	0,35-0,61	0,81-2,06	1,31-2,37*	2,5
Kamienie									1,5-2,7	
2. Procent rozdrobnionych brył ziemi (gleba średnia) spadających swobodnie na przenośnik o prętkach $\phi$ 10 mm										
Wysokość spadania [m]	Wilgotność gleby [%]									
	3,92		7,55			10,14		13,51		
	Procent rozdrobnionych brył ziemi									
0,25	5		12			24		26		
0,50	15		20			40		48		
3. Siły ściskające powodujące niszczenie bulw ziemniaków i brył ziemi										
Materiał	Wilgotność [%]	Długość l, [cm]	Szerokość b, [cm]	Grubość a, [cm]	Masa m, [g]	Przekrój poprzeczny F, [cm <sup>2</sup> ]	Siła ściskająca P** [N]	Nacisk Jednostkowy [N·cm <sup>-2</sup> ]		
Ziemniaki małe	-	4,9	4,2	4,1	40	16,5	576	30,6		
Ziemniaki średnie	-	5,3	4,9	4,0	60	21,3	792	37,2		
Ziemniaki duże	-	6,1	6,1	5,0	120	30,5	1080	35,4		
Bryły ziemi małe	-	5,1	4,2	3,6	85	18,0	12	0,66		
Bryły ziemi średnie	8,6	6,3	5,0	4,1	1230	26,4	140	5,3***		
Bryły ziemi duże	5,6	7,0	6,5	5,4	240	38,2	132	3,4		

4. Współczynnik restytucji bulw ziemniaczanych  $K = 0,27-0,47$ ;  $K_{sr} = 0,35$ 

Źródło: Karwowski 1982

\*Gęstość brył w stanie zsypanym 1,5-2,1 g · cm<sup>-3</sup>

\*\*Dopuszczalna siła nie powodująca uszkodzenia średniej bulwy wynosi ok. 250 N

\*\*\* Według Baganza [1967] dla gleb średnio zwięzłych  $\delta = 8-20$  N·cm<sup>-2</sup>, dla gleb gliniastych o tej wilgotności  $\delta = 65-80$  N·cm<sup>-2</sup> i dopiero przy wilgotności ok. 15%  $\delta$  zmniejsza się do ok. 50 N·cm<sup>-2</sup>.

Tabela 19. Kąty i współczynniki tarcia ziemniaków i brył ziemi: statycznego ślizgowego  $\mu_s = \text{tg } \varphi_s$ , statycznego potoczystego  $\mu_p = \text{tg } \varphi_p$  i kinetycznego potoczystego  $\mu_{pk} = \text{tg } \varphi_{pk}$

Materiał	Rodzaj podłoża	Wartość współczynnika tarcia													
		statycznego ślizgowego						statycznego potoczystego						kinetyczno-poczystego na przenośniku posuwającym się w kierunku przeciwnym do ruchu materiału – dla kształtu kulistego	
		średnia		zakres zmienności		średnia		zakres zmienności		średnia		zakres zmienności		zakres zmienności	
		$\mu_s$	$\varphi_s$ (°)	$\mu_s$	$\varphi_s$ (°)	$\mu_p$	$\varphi_p$ (°)	$\mu_p$	$\varphi_p$ (°)	$\mu_{pk}$	$\varphi_{pk}$ (°)	$\mu_{pk}$	$\varphi_{pk}$ (°)	$M_{pk}$	$\varphi_{pk}$ (°)
Ziemniaki	drewniane	0,74	36°20'	0,57-0,91	29°40'-42°20'	0,41	22°20'	0,22-0,63	12°20'-32°10'	-	-	-	-	-	
Bryły ziemi	drewniane	0,71	35°30'	0,46-0,90	24°40'-42°	0,55	28°50'	0,29-0,80	16°20'-38°40'	-	-	-	-	-	
Ziemniaki	metalowe	0,58	30°	0,20-0,75	11°20'-37°	0,35	19°20'	0,16-0,62	9°-31°50'	-	-	-	-	-	
Bryły ziemi	metalowe	0,66	34°20'	0,46-0,48	24°50'-40°	0,51	27°	0,27-0,72	15°-35°50'	-	-	-	-	-	
Ziemniaki	gladkie	0,60	30°50'	0,50-0,70	26°40'-35°	0,28	15°40'	0,16-0,42	9°-22°50'	-	-	-	-	-	
Bryły ziemi	brezentowe	0,65	33°	0,49-0,90	26°20'-42°	0,50	26°40'	0,25-0,75	14°-36°50'	-	-	-	-	-	
Ziemniaki	gumowe	0,30	16°40'	0,10-0,52	6°-26°40'	0,24	13°30'	0,08-0,48	4°40'-25°40'	0,45	24°20'	-	-	-	
Bryły ziemi	gumowe	0,70	35°	0,32-0,87	17°50'-41°	0,44	23°50'	0,25-0,70	14°-35°	1,35	53°30'	-	-	-	
Ziemniaki	gumowo-palcowe	0,67	33°50'	0,58-0,88	30°30'-41°30'	0,30	17°	0,25-0,36	14°-19°40'	1,58	57°	-	-	-	
Ziemniaki	gumowany przenośnik taśmowy	0,35	19°20'	0,23-0,47	13°-25°	0,28	15°40'	0,18-0,47	10°-25°20'	-	-	-	-	-	
Bryły ziemi	gumowany przenośnik taśmowy	0,41	22°20'	0,29-0,49	16°-26°	0,39	21°20'	0,27-0,49	15°-26°10'	-	-	-	-	-	

Źródło: Karwowski 1982

doczyszczanie. Zanieczyszczenie bulw nie może przekraczać 10% na glebach łatwo odsiewalnych i 15% na glebach trudno odsiewalnych. Ponieważ zadaniem kombajnu jest zbiór i jednocześnie oddzielanie bulw od pozostałych składników redliny, spełnienie podanych wyżej wymagań jest trudne do osiągnięcia. Szczególnie trudne do spełnienia są wymagania dotyczące uszkodzeń bulw, które dla kombajnów są następujące:

- uszkodzenia lekkie do 15%,
- uszkodzenia średnie do 8%,
- uszkodzenia ciężkie do 3%,
- ogólny wskaźnik uszkodzeń  $W \leq 7\%$

Bulwy uszkodzane są szczególnie na glebach kamienistych i zbrylonych o bryłach twardych, na skutek zderzenia się z kamieniami lub bryłami przechodzącymi przez maszynę, jak również uderzeń o ruchome części maszyny.

Zestawienie wskaźników uszkodzeń bulw (W) w zależności od zbrylenia gleby przedstawiono w tabeli 20.

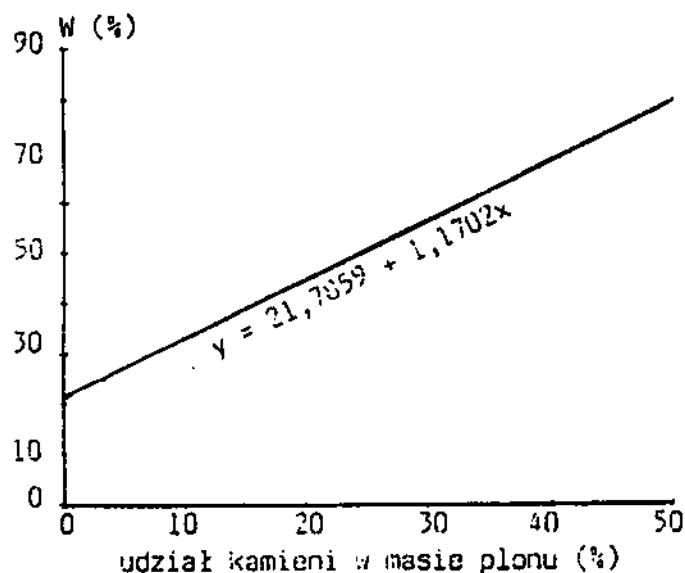
Tabela 20. Zależność pomiędzy zbryleniem gleby a wskaźnikiem mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka (średnie z 3 lat badań)

Lp.	Liczba brył na stole selekcyjnym kombajnu	Zbrylenie na stole selekcyjnym kombajnu [%]	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]
1.	94,5	30,86	26,5
2.	47,3	13,13	20,3
3.	41,1	9,45	11,6

Źródło: Marks, Sobol 1998

Przedstawione w tabeli 20 wyniki potwierdzają negatywny wpływ zbrylenia na jakość bulw, czyli wzrostowi liczby brył towarzyszy wzrost wskaźnika uszkodzeń bulw podczas zbioru kombajnowego. Zachodzi więc konieczność albo stosowania technik uprawy zmniejszających zbrylenie, co jest bardziej opłacalne lub stosowania wyspecjalizowanych maszyn do zbioru i separacji, co jest bardziej kosztowne. Należy również pamiętać, że zbyt duże zbrylenie utrudnia zbiór, powoduje również zakłócenia procesu separacji oraz zwiększa obciążenie obsługi przy stole selekcyjnym, co wpływa albo na zwiększenie zanieczyszczeń plonu przy utrzymaniu prędkości roboczej, albo na obniżenie wydajności maszyny przy zmniejszeniu jej prędkości roboczej. Jeszcze większy wpływ na jakość zbieranego plonu wywiera zakamienienie gleby. Wpływ stopnia zakamienienia gleby na kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw przedstawiono na rysunku 52.

Na podstawie równania regresji opisanego na rysunku 52, stwierdzono na podstawie 12 letnich badań, że wzrost udziału kamieni w masie zbieranego plonu o 1% (w przedziale 4–45% udziału kamieni w masie bulw) powodował wzrost wskaźnika ich uszkodzeń o 1,2% [Gruczek 1997]. Przedstawione równanie wyraźnie potwierdza istotny wpływ zakamienienia na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw podczas zbioru. Stąd na polach zakamienionych, na których przewiduje się uprawę ziemniaków, należy zastosować przed wysadzeniem bulw maszynowe zbieranie kamieni, a do zbioru stosować kombajny wyposażone w nowoczesne systemy separujące przeznaczone do pracy w warunkach gleb zakamienionych.



Źródło: Gruczek 1997

Rys. 52. Wpływ zakamienienia gleby na uszkodzenia mechaniczne bulw

#### 4.2.4. Zachwaszczenie plantacji

Chwasty wpływają na uszkodzenia bulw bezpośrednio lub pośrednio. Wpływ pośredni objawia się opóźnieniem dojrzewania ziemniaków (bulwy niedojrzałe są bardziej podatne na uszkodzenia niż bulwy dojrzałe) oraz utrudnieniem pracy maszyn do zbioru. Bezpośredni wpływ, to pogorszenie odsiewalności gleby, co wymaga zwiększenia dynamiki działania przenośników odsiewających, a to z kolei jest przyczyną zwiększenia uszkodzeń bulw, zwłaszcza przy zbiorze kombajnowym. Jest także przyczyną zmniejszenia efektywności działania oddzielacza łodyg, chwastów i porostu, co powoduje przedłużenie czasu przebywania bulw w tym zespole i wynoszenia ich do górnej części oddzielacza. Staczanie się bulw ze znacznej wysokości przyczynia się do zwiększenia uszkodzeń bulw. Zwiększona masa chwastów powoduje również obniżenie wydajności roboczej maszyn do zbioru. Chwasty należy zwalczać, jeżeli zachodzi taka potrzeba, w każdej fazie rozwoju ziemniaków, do momentu przykrycia międzyrzędzi. Za skuteczne uznaje się takie zwalczanie chwastów, po którym bezpośrednio przed wschodami ziemniaków występują maksymalnie 3–4 chwasty na 1 m<sup>2</sup>. Zależność pomiędzy zachwaszczeniem i masą łętów a wielkością uszkodzeń i plonem bulw przedstawiono w tabelach 21 i 22.

Tabela 21. Zachwaszczenie plantacji, masa łątów, plon i mechaniczne uszkodzenia bulw

Lp.	Zachwaszczenie plantacji	Masa chwastów [t·ha <sup>-1</sup> ]	Masa łątów [t·ha <sup>-1</sup> ]	Razem masa łątów i chwastów [t·ha <sup>-1</sup> ]	Wskaźnik uszkodzeń [%]	Plon [t·ha <sup>-1</sup> ]
1.	Małe	0,7	2,3	3,0	22,0	21,2
2.	Średnie	1,8	2,1	3,9	24,1	22,2
3.	Duże	7,1	1,4	8,5	31,7	18,0

Źródło: Gruczek, Gójski 1985

Tabela 22. Zależność pomiędzy zachwaszczeniem plantacji i uszkodzeniem bulw podczas zbioru kopaczką elewatorową

Lp.	Rok	Zachwaszczenie plantacji [t·ha <sup>-1</sup> ]	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]
1.	1978	0,88	27,08
2.	1978	2,06	30,81
3.	1978	4,53	53,92
4.	1980	5,32	13,98
5.	1980	6,51	18,04

Źródło: Nowacki 1983

Wyniki przedstawione w tabelach 21 i 22 uzyskane w różnych typach gospodarstw potwierdzają negatywny wpływ zachwaszczenia na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka.

Wzrost masy chwastów i łątów o 5,5 t·ha<sup>-1</sup> spowodował wzrost uszkodzeń bulw o 44% (tab. 21), a wzrost masy chwastów o 3,61 t·ha<sup>-1</sup> w roku 1978 i 1,19 t·ha<sup>-1</sup> w roku 1980 spowodował zwiększenie mechanicznych uszkodzeń bulw odpowiednio w latach o ok. 100% i 28,5% (tab. 22). Analizując strukturę uszkodzeń bulw stwierdzono, że zachwaszczenie wpłynęło na wzrost uszkodzeń ciężkich oraz spadek uszkodzeń lekkich. Dane zawarte w tabeli 22 wskazują równocześnie na wpływ lat badań na kształtowanie się odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia i zróżnicowaną reakcję bulw na wielkość zachwaszczenia.

#### 4.2.5. Warunki meteorologiczne (opady i temperatura)

Ziemniak jest rośliną, której plonowanie jest silnie związane z przebiegiem pogody w okresie wegetacji. Spośród czynników meteorologicznych decydujących o wysokości plonu i jego jakości najważniejsze są: rozkład i wysokość temperatury oraz natężenie i rozkład opadów, głównie w okresie wegetacyjnym i zbioru. W pierwszej części okresu wegetacyjnego, to jest od posadzenia do wschodów, dzięki dużej zawartości wody w bulwie, opady nie mają większego znaczenia. Przyjmuje się, że ziemniaki potrzebują najwięcej wody w okresie od zawiązywania bulw do początku dojrzewania, a zróżnicowanie długości trwania tego okresu jest zależne od długości całego okresu wegetacyjnego, od-



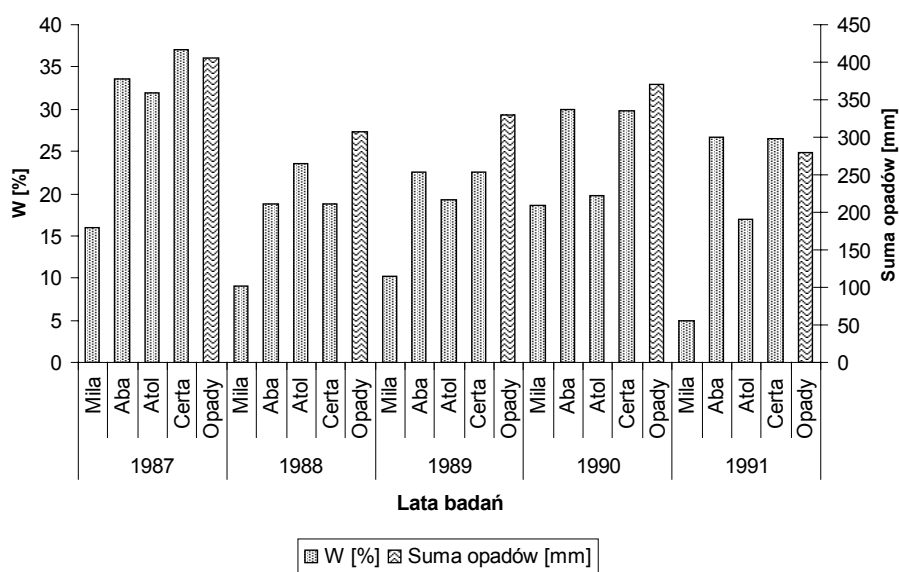
miany i gatunku gleby. Według Koźmińskiego [1978] intensywne wyczerpywanie zapasu wody użytecznej z gleby do głębokości 50 cm zachodzi od około 10 do 15 dni przed początkiem kwitnienia i trwa do około 5–10 dni przed rozpoczęciem dojrzewania. Właściwa ilość wilgoci w glebie w okresie zawiązywania bulw wpływa dodatnio na ich liczbę. Natomiast optymalne zaopatrzenie ziemniaka w wodę w pierwszej fazie wzrostu bulw decyduje o tym, ile zawiązanych bulw będzie rozwijać się dalej, a w fazie intensywnego wzrostu bulw, o tym jak wysoki będzie plon. Najkorzystniejsze w tych okresach są niezbyt wysokie, ale regularne opady. Przy normalnym rozkładzie opadów w okresie wegetacyjnym, opady we wrześniu nie wywierają już większego wpływu na wielkość plonu odmian średnio-wczesnych i średnio-późnych. Z obliczeń wynika, że ilość wody odpowiadająca 3-5 mm dziennego opadu zapewniałaby optymalne zaopatrzenie ziemniaka w okresie pełnego rozwoju części nadziemnych i wzrostu bulw. Jest to również wskazówka przy ustalaniu dawki cieczy podczas sztucznego nawadniania.

Temperatura jest drugim z czynników pogodowych, który decyduje o ilości i jakości uzyskiwanego plonu. Ziemniak rośnie i rozwija się najlepiej w temperaturze umiarkowanej, lub nieco niższej, a górna graniczna temperatura zarówno dla wzrostu części nadziemnej, jak i zawiązywania oraz wzrostu bulw jest niewysoka, przy czym inne są temperatury graniczne i optymalne dla wzrostu części nadziemnej, a inne dla bulw. Z doświadczeń wynika, że wzrost elongacyjny pędu zaczyna się w temperaturze powyżej 6°C. Przy 9°C wzrost jest powolny, najszybszy w temperaturze 18°C - 25°C, a w temperaturze około 40°C ulega całkowitemu zahamowaniu. Optymalne temperatury dla wzrostu i rozwoju bulw to 15°C - 20°C. Bardzo korzystne są temperatury zmienne – około 20°C w ciągu dnia i około 15°C w nocy. Temperatury poniżej 6°C, jak i powyżej 29°C działają hamująco na proces rozwoju bulw. W temperaturach wysokich proces zawiązywania i wzrostu bulw ustaje. W krajach subtropikalnych o średniej miesięcznej  $\geq 25^{\circ}\text{C}$  w okresie wegetacji plony są bardzo niskie. Optymalne temperatury gleby konieczne dla prawidłowego zawiązywania i wzrostu bulw, wynoszą 15°C - 18°C i już w temperaturach powyżej 18°C rozpoczyna się ich hamujący wpływ na wzrost i rozwój bulw. Ujemny wpływ wysokich temperatur na wzrost bulw i ich plon wynika z szybkiego zużywania asymilatów przez intensywnie rosnące i oddychające pędy oraz ze skrócenia okresu aktywności fotosyntetycznej liści (obniżenie współczynnika trwałości listowia). Jak już wspomniano, zarówno opady, jak i temperatura powietrza i gleby tylko w sposób pośredni oddziałują na występowanie uszkodzeń bulw podczas zbioru. Ten pośredni wpływ oznacza, że działają one na wzrost i rozwój bulw, a tym samym na ich właściwości fizyko-chemiczne, co w konsekwencji może spowodować zróżnicowanie podatności bulw na uszkodzenia podczas zbioru i obróbki pozbiorowej. Na rysunku 53 przedstawiono zależność pomiędzy sumą opadów w okresie wegetacyjnym (maj–wrzesień), a kształtowaniem się wartości wskaźnika uszkodzeń bulw, a w tabeli 23 podano rozkład opadów w okresie wegetacji i odpowiadające tym opadom wartości wskaźników uszkodzeń bulw dla 5 lat badań i 4 odmian ziemniaków.

Tabela 23. Suma opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach wegetacji [mm] i wartość wskaźników uszkodzeń bulw ziemniaka [%]

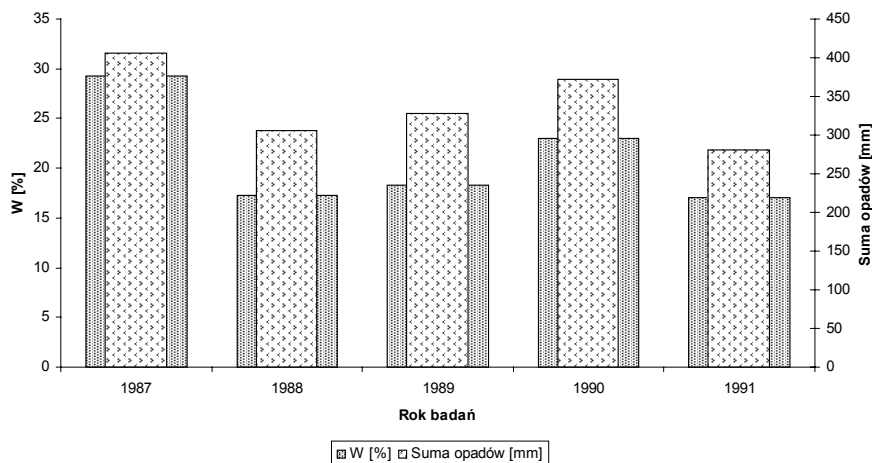
Rok badań	Okres wegetacji								Wskaźnik uszkodzeń [%]
	V	VI	VII	VIII	IX	V-VI	VII-VIII	V-IX	
1987	81,5	128,7	50,3	76,1	69,8	210,2	126,4	406,4	29,3
1988	90,2	50,1	57,3	61,6	46,4	140,3	118,9	305,6	17,3
1989	63,9	144,6	42,2	39,8	38,0	207,9	82,0	327,9	18,3
1990	61,2	59,2	51,8	109,2	90,5	120,4	161,0	371,9	23,0
1991	60,6	51,8	84,5	57,7	25,6	112,4	142,2	280,2	17,0

Źródło: badania własne



Źródło: badania własne

Rys. 53. Kształtowanie się średniego wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka dla badanych odmian i sumy opadów w okresie wegetacji w poszczególnych latach



Źródło: badania własne

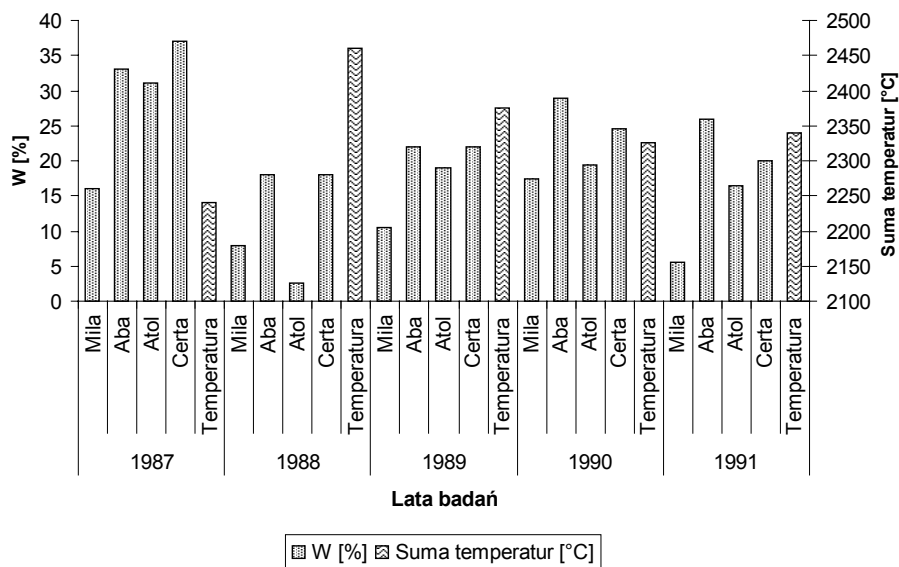
Rys. 54. Wskaźnik uszkodzeń w zależności od sumy opadów w okresie wegetacji w latach 1987- 1991

Z danych przedstawionych na rysunku 53 wynika, że odmiany reagowały podobnie w poszczególnych latach badań. Najwyższe wskaźniki mechanicznych uszkodzeń bulw stwierdzono w latach 1987 i 1990, a najniższe w latach 1988 i 1991. Najwyższą odpornością charakteryzowała się odmiana Mila (11,7%), a w dalszej kolejności odmiany: Atol (21,9%), Certa (24,5%), Aba (25,9%). Należy podkreślić podobny przebieg zależności (rys. 54 i tab. 23) pomiędzy sumą opadów w okresach wegetacji, a wartościami odpowiadających im wskaźników uszkodzeń. Widać wyraźnie (zarówno na wykresie, jak i w tabeli), że w latach, w których opady były wysokie, podatność bulw na uszkodzenia również była wysoka. Przeprowadzona ocena statystyczna w pełni potwierdziła przedstawione i graficznie i tabelarycznie zależności (zależność istotna). Analizując cały okres wegetacji (maj–wrzesień) dla wszystkich odmian stwierdzono dodatnie, wysokie współczynniki korelacji od 0,72–0,91 pomiędzy sumą opadów, a wskaźnikiem uszkodzeń. Rozpatrując miesięczny rozkład opadów w okresie wegetacji, dodatnie i wysokie współczynniki korelacji stwierdzono także w miesiącach sierpień i wrzesień (od 0,43 do 0,96 we wrześniu i od 0,17 do 0,77 w sierpniu). W badanych latach w okresie lipca i sierpnia poziom opadów gwarantował normalny wzrost ziemniaków, za wyjątkiem 1989 roku, kiedy wystąpił ich niedobór. Natomiast w okresie maja i czerwca, za wyjątkiem 1991 roku, stwierdzono nadmiar opadów (pow. 120 mm). Szczególne znaczenie zdają się mieć opady występujące w drugiej połowie lipca i w sierpniu, decydujące o wysokości plonu oraz w miesiącu wrześniu decydujące o wilgotności gleby podczas zbioru. Zwiększone opady w tych miesiącach spowodowały wzrost mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. Zależność pomiędzy sumą temperatur w okresie wegetacji, a wskaźnikiem uszkodzeń dla 4 odmian ziemniaka oraz 5 lat badań przedstawiono w tab. 24 oraz na rysunku 55.

Tabela 24. Wartość sumy temperatur w latach 1987-1991 dla poszczególnych okresów [°C]

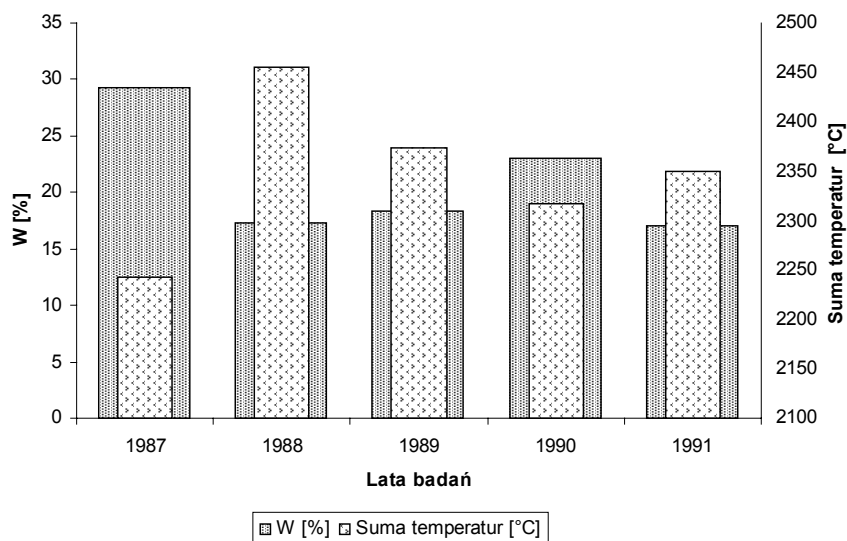
Lata badań	Okresy									Wskaźnik uszkodzeń [%]
	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	maj -czerwiec	lipiec -wrzesień	maj -wrzesień		
1987	350,2	432,7	575,8	469,7	414,0	782,9	1459,5	2242,4		29,3
1988	450,8	481,8	592,8	429,2	401,0	932,6	1523,0	2455,6		17,3
1989	426,7	436,8	557,3	535,5	417,5	863,5	1510,3	2373,8		18,3
1990	425,9	479,7	527,2	540,0	344,2	905,6	1411,4	2317,0		23,0
1991	326,0	475,9	599,2	544,5	404,1	801,9	1547,8	2349,7		17,0

Źródło: badania własne



Źródło: badania własne

Rys. 55. Przebieg zmienności wskaźnika uszkodzeń i sumy temperatur okresu wegetacji w latach 1987-1991



Źródło: badania własne

Rys. 56. Kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń i sumy temperatur okresu wegetacji w latach 1987- 91

Z przebiegu danych przedstawionych na rysunku 55 wynika, że odmiany reagowały podobnie w poszczególnych latach badań. Najniższe wskaźniki uszkodzeń bulw stwierdzono w latach 1991, 1988 i 1989, wyższy w roku 1990, a najwyższy w 1987 roku. Z badanych odmian najwyższą odpornością na mechaniczne uszkodzenia bulw charakteryzowała się odmiana Mila – 11,7%, a w dalszej kolejności odmiana Atol – 21,9%, Certa – 24,5% oraz Aba – 25,9. Wyniki przedstawione na rysunku 56 wskazują też, że istnieje wyraźna korelacja pomiędzy sumą temperatur w okresie wegetacji w poszczególnych latach badań, a wartością odpowiadającego im wskaźnika uszkodzeń. Rozbieżność poszczególnych wartości wskazuje, że w latach o niskich sumach temperatur w okresie wegetacyjnym (maj–wrzesień), podatność bulw na uszkodzenia jest większa i odwrotnie, w latach o wysokich sumach temperatur w okresie wegetacji, podatność bulw na uszkodzenia malała. Przeprowadzona analiza statystyczna zależności tę potwierdziła. Uzyskane współczynniki korelacji dla całego okresu wegetacji (maj–wrzesień) na poziomie od -0,53 do -0,96 wskazują, że temperatura ma istotny pozytywny wpływ na kształtowanie się odporności bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. Taka sama tendencja w kształtowaniu się współczynników korelacji dla wszystkich badanych odmian wystąpiła w miesiącach lipiec i sierpień oraz dla okresu lipiec–sierpień (-0,36, -0,98). Może to oznaczać, że o odporności bulw ziemniaka na uszkodzenia bardziej decydują temperatury w fazie dojrzewania bulw niż w okresie kiełkowania, wschodów i rozwoju części nadziemnej (maj–czerwiec). Optymalny rozkład temperatur sprzyja równomiernemu dojrzewaniu bulw oraz lepszemu gromadzeniu składników pokarmowych, co w efekcie podwyższa odporność bulw na uszkodzenia podczas zbioru i obróbki pozbiorowej.

#### 4.2.6. Ukształtowanie terenu

Ukształtowanie terenu nie ma bezpośredniego wpływu na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. Jednakże nierówności terenu mają wpływ na jakość pracy maszyn pracujących na plantacjach ziemniaków. Głównie wpływ ten można zaobserwować podczas pracy maszyn do zbioru. Pracując na zboczach, w maszynach tych, głównie w kombajnach obserwuje się zakłócenia procesu separacji w wyniku przemieszczania się masy zgodnie ze spadkiem terenu (pochyleniem maszyny). Przemieszczanie się masy na jedną stronę separatorów powoduje zwiększenie grubości jej strumienia i w efekcie zwiększenie zanieczyszczenia plonu i nierówne obciążenie zespołów. Zwiększenie ponad dopuszczalną normę zanieczyszczeń w plonie wymusza korektę nastaw regulacyjnych zespołów roboczych, a w szczególności zwiększenie amplitudy i częstotliwości drgań przenośników odsiewających, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia dynamiki ich pracy i wzrost mechanicznych uszkodzeń bulw (problem wpływu maszyn na uszkodzenia bulw opisany będzie w rozdziale 6).

### 4.3. Czynniki związane z agrotechniką uprawy ziemniaka

Prawidłowa agrotechnika uprawy ziemniaka powinna zmierzać do uzyskania maksymalnego w danych warunkach plonu bulw o możliwie wysokiej jakości dla danego kierunku ich użytkowania. Cel ten można zrealizować poprzez:

- stworzenie właściwych warunków wzrostu i rozwoju bulw ziemniaka,
- uzyskanie właściwej struktury gleby, niezakłócającej prawidłowego przebiegu procesu separacji bulw w maszynach do zbioru,
- wybór właściwych środków technicznych do zrealizowania postawionych celów.

Podstawowe czynniki agrotechniczne mające wpływ na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka, można pogrupować w następujący sposób:

- związane z uprawą gleby (podorywka, orka, bronowanie, kultywatorowanie),
- związane z nawożeniem (organicznym i mineralnym),
- związane z sadzeniem (termin i głębokość sadzenia, szerokość międzyrzędzi, pobudzenie i podkiełkowanie bulw),
- związane z pielęgnacją i ochroną plantacji (zwalczanie chwastów, chorób i szkodników, deszczowanie),
- związane z przygotowaniem plantacji do zbioru (termin i metoda niszczenia łątów).

Uwaga: zbiór i obróbka pozbiorowa bulw, jako najbardziej istotne czynniki wpływające na uszkodzenia bulw opisane zostaną w następnym rozdziale.

#### 4.3.1. Podstawowa uprawa gleby

Prawidłowe i dostosowane do konkretnych warunków przygotowanie gleby do sadzenia jest ważnym elementem nowoczesnej agrotechniki ziemniaków. Ma ono za zadanie poprawę fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleby oraz stworzenie takiej jej struktury, aby zapewnić prawidłowy przebieg wegetacji roślin oraz niezakłócony proces zbioru bulw. Nowoczesna technika uprawy gleby pod ziemniaki powinna uwzględniać takie specyficzne cechy i wymagania tej rośliny jak:

- stosunkowo płytkie zakorzenianie – głównie na głębokości 20–40 cm,
- dobre spulchnienie gleby zapewniające dostęp powietrza do stolonów i bulw,
- umiarkowana i w miarę stabilna temperatura w poszczególnych fazach rozwojowych rośliny,
- wymagania wodne uzasadniające sztuczne nawadnianie głównie w okresie intensywnego wzrostu bulw
- wbrew obiegowej opinii, wysokie wymagania pokarmowe uzasadniająca ich uprawę na glebach zasobnych o odczynie lekko kwaśnym (pH 6,1–6,6)

Aby zrealizować cele podstawowej uprawy gleby, a równocześnie uzyskać minimalne uszkodzenia bulw podczas zbioru, należy opracować optymalną dla danych warunków technologię uprawy i przygotowania plantacji do sadzenia. Od strony minimalizacji uszkodzeń bulw, problem polega na opracowaniu takiej technologii uprawy ziemniaka, która pozwoli na zachowanie lub poprawienie struktury gleby, zgodnej z wymaganiami rośliny i agrotechnicznymi, związanymi z pracą maszyn, głównie pod kątem dobrej odsiewalności gleby w zespołach odsiewających. Odpowiednią strukturę gleby uzyskuje się głównie w okresie zabiegów uprawowych do czasu sadzenia, a zachowanie tej struktury przypada w czasie pielęgnacji plantacji. W tradycyjnej uprawie gleby pod ziemniaki, powierzchnia pola jest przygotowana do sadzenia na płasko, co oznacza, że powierzchnię pola należy wyrównać. Tą technikę zaleca się przy uprawie ziemniaków na glebach nie mających tendencji do zbrylania. Natomiast na glebach skłonnych do zbrylania zaleca się jesienne wykonanie redlin, pozostawienie ich przez okres zimowy, a wiosną bez dodatkowych zabiegów wysadzenie w nie sadzeniaków. Na glebach zwięzłych (skłonnych do zbrylenia) przy uprawie na płasko, podczas sadzenia zagarniacze sadzarki (lemieszowe lub talerzowe) podcinają warstwę gleby z pasa ugniecionego przez koła ciągnika i przykrywają sadzone bulwy. Zatem najbardziej zagęszczona warstwa gleby jest przemieszczana w bezpośrednie sąsiedztwo posadzonych bulw. Również najwięcej brył tworzonych pod kołami ciągnika dostaje się do wnętrza redliny, pogarszając warunki wzrostu i rozwoju rośliny, a równocześnie, są niedostępne dla elementów roboczych maszyn pielęgnacyjnych i pozostają w redlinie aż do zbioru ziemniaków. Natomiast, wykonane na takich samych glebach jesienią redliny lub zagony poddane są w okresie zimy działaniu zmiennych czynników klimatycznych (temperatura, opady), które powodują zniszczenie całości lub części znajdujących się wewnątrz nich brył ziemi, co ułatwia zarówno proces sadzenia, jak i później pielęgnacji oraz zbioru.

Drugim istotnym elementem podstawowej uprawy gleby jest orka. Można ją wykonywać jesienią lub wiosną w zależności od gatunku gleby. Orka połączona jest również z nawożeniem organicznym obornikiem. Jesienią, orka z nawożeniem jest konieczna na glebach cięższych, wilgotnych i zimnych, gdzie procesy rozkładu materii organicznej zachodzą powoli i wtedy dostępność składników pokarmowych nawozu uzyskuje się już w okresie tworzenia się części nadziemnych ziemniaka. Natomiast na glebach lekkich i ciepłych orkę z nawożeniem organicznym można stosować wiosną, w miarę wczesnie, jeżeli tylko stan gleby na to pozwoli, ponieważ rozkład materii organicznej zachodzi w nich szybko, a uwolnione składniki pokarmowe są dostępne w wymaganym okresie bez większych strat, co mogłoby mieć miejsce przy jesiennym przyoraniu obornika. W tym przypadku jesienią zaleca się pozostawić glebę w stanie „zmulczowanym” przy wykonaniu

talerzowania lub podobnego zabiegu dającego efekt płytkiego wymieszania resztek po-  
żniwnych z glebą (ok. 10 cm) w celu wywołania efektu ich kompostowania.

Widok plantacji, na której przed sadzeniem wykonywane są redliny przedstawiono na  
rysunku 57 A i B.



*Źródło: La Pomme de Terre 1996*

Rys. 57. A – Formowanie redlin przez pług dwustronny, B – Formowanie redlin na glebie trudnej  
do uprawy przez pług dwustronny (mieszający) z szablonem pomiędzy korpusami



### Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka

Redliny lub zagony wykonane mogą być jesienią na glebach niezakamienionych lub wiosną na glebach zakamienionych, a następnym zabiegiem jest mechaniczne usuwanie kamieni z redlin lub zagonów. Wyniki badań nad wpływem terminu orki i jesiennego wykonania redlin na glebie skłonnej do zbrylania na mechaniczne uszkodzenia bulw podczas zmechanizowanego zbioru przedstawiono w tabeli 25.

Tabela 25. Wartości wskaźnika uszkodzeń bulw (W) w zależności od metody uprawy

Lp.	Metoda uprawy	Minimalna wartość wskaźnika [%]	Maksymalna wartość wskaźnika [%]	Średnia wartość wskaźnika [%]
1.	I	2,04	24,30	11,64
2.	II	3,46	40,00	20,35
3.	III	7,47	45,60	26,54

I metoda uprawy – jesienne formowanie redlin,

II metoda uprawy – orka jesienna z przyoraniem obornika,

III metoda uprawy – orka wiosenna z przyoraniem obornika.

*Źródło: badania własne*

Zaobserwowano również wpływ głębokości orki oraz sposobu uprawy wiosennej na wielkość plonu i podatność bulw na mechaniczne uszkodzenia podczas zmechanizowanego zbioru. W tabelach 26 i 27 przedstawiono zależności pomiędzy głębokością orki i sposobem uprawy, a wysokością plonu ziemniaków uprawianych na dwóch typach gleb, a mianowicie: gleby pseudobielicowej wytworzonej z piasku gliniastego, zalegającej na glinie lekkiej położonej na głębokości 50 cm oraz czarnej ziemi zdegradowanej wytworzonej z gliny piaszczystej zalegającej na glinie lekkiej.

Wyniki przedstawione w tabelach 26 i 27 sugerują, że zarówno pogłębienie orki zimowej, jak i zastąpienie orki wiosennej agregatem kultywator – wał strunowy na glebie lekkiej dają pozytywne efekty w odróżnieniu od technologii stosowanej na glebie cięższej, na której zabiegi te w odniesieniu do wysokości plonu nie dają jednoznacznych ani dodatnich, ani ujemnych rezultatów. Zresztą w obydwu przypadkach wpływ ten okazał się statystycznie nieistotny. Również wpływ głębokości orki na kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw okazał się statystycznie nieistotny, aczkolwiek uzyskane wyniki wskazują, że pogłębienie orki ma negatywny wpływ na wielkość mechanicznych uszkodzeń bulw. Wartości wskaźników uszkodzeń przy zbiorze kombajnowym wyniosły ok. 34% dla głębokości orki 20 cm, ok. 38% dla głębokości orki 25 cm i ok. 41% dla głębokości orki 30 cm. Związane to było z większą głębokością zalegania bulw przy większych głębokościach orki (średnio o 1,5-2,0 cm), jak również ze zwiększeniem zakamienienia warstwy ornej przy orce głębszej. Wzrost zakamienienia przy orce na głębokości 30 cm w stosunku do orki o głębokości 20 cm wyniósł około 3,5 t·ha<sup>-1</sup>. W związku z coraz powszechniej stosowanym pogłębianiem w uprawie gleby pod ziemniaki, celowym będzie jeszcze określenie wpływu głębszowania na plon i powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. W tabeli 28 przedstawiono zależność plonu bulw od głębszowania w różnych terminach.

Tabela 26. Plon ziemniaków w zależności od głębokości orki zimowej [ $t \cdot ha^{-1}$ ]

Typ gleby	Głębokość orki	Plon bulw			Średni plon
		1986	1987	1988	
Pseudobielicowa z piasku gliniastego	20 cm	20,6	27,9	17,1	21,9
	25 cm	+ 3,3	+ 3,4	+ 3,1	+ 3,3
	30 cm	+ 8,3	+ 2,5	+ 1,7	+ 4,2
Czarna ziemia zdegradowana wytworzona z gliny piaszczystej	20 cm	29,8	43,9	28,5	34,1
	25 cm	- 3,9	- 2,0	+ 7,5	+ 0,5
	30 cm	- 5,0	- 0,8	+ 6,8	+ 0,3
NIR	Nie udowodniono				

Źródło: Gruczek, Gastol 1992

Tabela 27. Plon ziemniaków w zależności od sposobu wiosennej uprawy gleby [ $t \cdot ha^{-1}$ ]

Typ gleby	Sposób uprawy wiosną	Plon bulw			Średni plon
		1986	1987	1988	
Pseudobielicowa z piasku gliniastego	Orka	23,8	29,3	18,1	23,7
	Kultywator + wał strunowy	+1,3	+1,0	+1,2	+1,2
Czarna ziemia zdegradowana wytworzona z gliny piaszczystej	Orka	21,4	30,0	21,7	24,4
	Kultywator + wał strunowy	- 1,3	+1,2	+0,5	+0,1
NIR	Nie udowodniono				

Źródło: Gruczek, Gastol 1992

Tabela 28. Plon bulw ziemniaka w zależności od terminu głęboszowania [ $t \cdot ha^{-1}$ ]

Lp.	Termin głęboszowania	Lokalizacja doświadczenia i plon bulw	
		Instytut Ziemniaka Jadwisin	Instytut Ziemniaka Bonin
1.	Kontrola bez głęboszowania	37,2	24,0
2.	Głęboszowanie na głębokości 45 cm po zbiorze przedplonu (sierpień)	+ 0,5	+ 1,4
3.	Głęboszowanie na głębokości 45 cm po podorywce (wrzesień)	+0,6	+ 2,2
4.	Głęboszowanie na głębokości 45 cm (wiosna)	0,0	+ 1,8

Źródło: Gruczek 1994

Uzyskane wyniki wskazują na celowość stosowania głęboszowania, ale tylko na glebach zwięźlejszych, zlokalizowanych w Boninie, natomiast na lekkich glebach w Jadwisinie, celowość tego zabiegu jest problematyczna, co oznacza, że zwyczajka plonu nie pokrywa kosztów głęboszowania. Przeprowadzone badania wykazały, że koszt głęboszowania w zależności od gatunku gleby rekompensowany był zwyczajką plonu od 0,5 do 1,3  $t \cdot ha^{-1}$  [Gruczek 1994]. Głęboszowanie, jeżeli tylko nie spowoduje przemieszczenia kamieni do warstwy zalegania bulw, nie powinno mieć istotnego wpływu na uszkodzenia bulw podczas

zbioru. Należy podkreślić, że ziemniak będący rośliną gleb lekkich i zasobnych o uregulowanych stosunkach powietrzno-wodnych i lekko kwaśnym pH, reaguje negatywnie (ilościowo i jakościowo) na wszelkie sposoby upraszczania technologii podstawowej uprawy gleby. Należy zatem zrealizować cały zakładany system uprawy przedsięwzięcia obejmujący: przerwanie parowania wody z gleby po zbiorze przedplonu, przyoranie resztek roślinnych dla uzyskania efektu kompostowania lub pozostawienie gleby na okres zimowy w stanie „zmulczowanym”, zwalczanie chwastów zarówno nasiennych, jak i rozłogowych, właściwe nawożenie organiczne i mineralne oraz przedzimową uprawę gleby dla maksymalnego wykorzystania strukturotwórczego działania czynników klimatycznych w okresie zimowym.

#### **4.3.2. Nawożenie organiczne i mineralne**

Nawożenie jest jednym z najważniejszych czynników nowoczesnej agrotechniki ziemniaka i ma decydujący wpływ na wysokość plonu i jego jakość, a tym samym na opłacalność produkcji. Z możliwej do zastosowania szerokiej gamy nawozów organicznych i mineralnych, ziemniak szczególnie korzystnie reaguje na nawożenie organiczne i to w różnej postaci (obornik, nawozy zielone, kompost, biohumusy, a nawet słoma wzbogacana azotem), które ma korzystny wpływ na strukturę gleby, zawartość próchnicy oraz makro- i mikroelementów w glebie, czyli czynników oddziałujących na wysokość plonu i jego jakość oraz cechy użytkowe i trwałość przechowalniczą. Stwierdza się również, że na skład chemiczny bulw, oprócz innych czynników, istotny wpływ ma również rodzaj i dawka nawozów oraz terminy i technika ich stosowania w uprawie ziemniaków [Bolińska 1995; Marks i in. 1996; Dzienia, Szarek 2000; Marks, Krzysztofik 2000; Ciećko i in. 2000]. Jeżeli zatem istnieje udokumentowany wpływ nawożenia na skład chemiczny bulwy, to równocześnie musi się ta relacja przełożyć na określone właściwości (fizyczne lub chemiczne) bądź przydatność użytkową bulw ziemniaka, a tym samym również na reakcję bulw podczas ich zmechanizowanego zbioru i obróbki pozbiorowej. Skumulowanie się degradacji środowiska gleby i niewłaściwego nawożenia daje w efekcie bulwy o podwyższonej zawartości szkodliwych związków chemicznych (azotany, azotyny) oraz pierwiastków metali ciężkich dyskwalifikujących bulwy dla celów konsumpcyjnych, a nawet paszowych [Lis i in. 2000; Marks, Krzysztofik 2000]. W rejonach o intensywnej produkcji rolnej, w ostatnich latach, stwierdzono wzrost zawartości azotanów w wodach gruntowych oraz produktach roślinnych, co jest powodem obniżenia ich jakości oraz przyczyną chorobotwórczego działania na organizmy ludzi i zwierząt domowych. Nawożenie ma istotny wpływ na wysokość plonu i udział w nim tzw. plonu użytkowego, czyli bulw dużych. Istnieje także bezpośrednia zależność pomiędzy wielkością i masą bulw, a ich podatnością na mechaniczne uszkodzenia oraz związek pomiędzy nawożeniem, a podatnością bulw na mechaniczne uszkodzenia. Ogólnie można stwierdzić [Jabłoński 1993], że obornik i nawozy zielone wpływają korzystnie na bulwy, obniżając wskaźnik mechanicznych uszkodzeń, a wysokie dawki nawozów azotowych i potasowych obniżają odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia podczas zbioru. Fosfor, wapń, mangan i siarka wpływając ujemnie na tworzenie się brył i przyspieszając dojrzewanie bulw, wpływają w efekcie na obniżenie wskaźnika uszkodzeń bulw. Podatność na uszkodzenia bulw wyraźnie wzrasta po przekroczeniu dawki azotu  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  [Jabłoński 1993]. Autor ten stwierdza także ujemny wpływ

gnojowicy zwłaszcza przy wysokich dawkach na odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia. Hunnius i in. [1972]; Specht [1981] oraz Grzeškiewicz i in. [1985] stwierdzają, że stosowanie nawet wysokich dawek NPK, ale z zachowaniem właściwej proporcji tych składników może wpłynąć na zwiększenie odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia. Goc i in. [1982], podają, że pod wpływem wzrastających dawek azotu ( $40\text{-}200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) przy zachowaniu stałego nawożenia fosforem i potasem ( $120\text{ kg}$  fosforu i  $180\text{ kg}$  potasu) zmniejsza się odporność bulw na mechaniczne uszkodzenia. Podobną zależność uzyskał również Pätzold [1973]. Z innych doświadczeń wynika, że nie wszystkie odmiany reagują jednakowo na zmienne dawki nawożenia azotowego, chociaż grupa odmian wykazujących reakcję dodatnią lub ujemną jest większa niż grupa odmian tolerancyjnych [Wierzejska 1983, Grzeškiewicz i in. 1985]. Dodatkowo na wzrost odporności na uszkodzenia wpływa fosfor. Według Spechta [1981] bez nawożenia fosforowego aż 73% uległo uszkodzeniom, a po zastosowaniu dawki  $160\text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$  procent uszkodzonych bulw spadł do 51%. Tenże autor oraz Pätzold [1973] podają również, że nawożenie fosforem i potasem wpływało na zmniejszenie podatności bulw na pęknięcie i ciemnienie poudzierzeniowe. Badania przeprowadzone przez Grzeškiewicza i in. [1985] nad wpływem zróżnicowanego nawożenia na uszkodzenia bulw podczas zbioru przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 29. Wskaźnik uszkodzeń bulw (W) w zależności od poziomu nawożenia mineralnego

Lp.	Badana cecha	Dawka NPK w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	
		315	630
1.	Wskaźnik mechanicznych uszkodzeń bulw W [%]	26,3	30,5
2.	Udział w plonie bulw uszkodzonych [%]	43,2	49,6

Źródło: Grzeškiewicz i in. 1985

Autorzy przyjęli dwa warianty nawożenia, a mianowicie:  $90\text{ kg N}$ ,  $90\text{ kg P}$  i  $135\text{ kg K}$  ( $315\text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz  $180\text{ kg N}$ ,  $180\text{ kg P}$  i  $270\text{ kg K}$  ( $630\text{ kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Zbiór ziemniaków wykonano kombajnami E 667 i Z 644 oraz kopaczką Z 664. Doświadczenie zrealizowano na powierzchni 2 ha wydzielonych z łąnów w gospodarstwach uprawiających ziemniaki. Uszkodzenia bulw określono wskaźnikami uszkodzeń masowych w warunkach polowych, pobierając próby do oceny uszkodzeń bezpośrednio z maszyn do zbioru. Na podstawie uzyskanych wyników autorzy stwierdzają, że wysokie nawożenie mineralne spowodowało, co prawda, wzrost wskaźnika uszkodzeń bulw i procentowego udziału bulw uszkodzonych w plonie, ale w warunkach doświadczenia nie zdołali udowodnić statystycznie istotności tego zróżnicowania. Autorzy Ci sugerują również, że teza, iż właściwa proporcja N:P:K nie może dawać pewności, jak to sugerują np. Hunnius i Specht, zwiększenia odporności bulw na uszkodzenia. Stosowali bowiem proporcję N:P:K jak 1:1:1,5, co zaleca się w naszych warunkach (Polska), a podwajając dawkę  $\text{NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$  przy tej proporcji uzyskali zarówno wzrost wskaźnika uszkodzeń bulw, jak i procentowego udziału bulw uszkodzonych w plonie, chociaż nie istotnie statystycznie, to jednak wynoszące 4,3% dla wskaźnika uszkodzeń i 6,4% dla udziału bulw uszkodzonych w plonie.

Oprócz klasycznej powierzchniowej metody stosowania nawozów zarówno organicznych, jak i mineralnych, zaleca się również stosowanie tzw. nawożenia zlokalizowanego, czyli umieszczenie nawozów w pobliżu systemu korzeniowego roślin. Zlokalizowanie

### Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka

nawozu w pobliżu systemu korzeniowego wyraźnie zwiększa jego efektywność i wykorzystanie, szczególnie w pierwszym okresie rozwoju rośliny, zwłaszcza małych dawek. Stosując zlokalizowane nawożenie łącznie z siewem lub sadzeniem, można 2 - 3-krotnie zmniejszyć dawki nawozu w stosunku do tradycyjnej techniki nawożenia. Oprócz efektu ekonomicznego, takie nawożenie zmniejsza skażenie środowiska rolniczego (gleba, woda), a ponieważ wysokość nawożenia ma wpływ, jak już stwierdzono, na określone właściwości bulw, zatem należy się spodziewać odmiennej reakcji ziemniaka na taką technikę nawożenia. Autor [Marks i in. 1998, Marks 2002] przeprowadził doświadczenia nad wpływem nawożenia organicznego i mineralnego oraz zlokalizowanego na kształtowanie się odporności bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia podczas zbioru. Badania przeprowadzono w doświadczeniu łanowym na czterech odmianach: Kolia i Mila (w latach 1994-96) oraz Ibis i Maryna (w latach 1997-99). Wskaźnik uszkodzeń określono podczas zbioru kombajnami Z 644 i Z 642.

Wyniki badań obejmujące również nawożenie dolistne przedstawiono w tabelach 30 i 31 oraz na wykresach 58, 59. Jako nawozy organiczne zastosowano obornik w dawce  $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , biohumus w dawkach 3000 l, 4000 l i  $5000 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  tj. 1500, 2000,  $2500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  i nawóz organiczny Pollina w dawce 4000 l ( $2,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Nawożenie mineralne przyjęto w wysokości 60 kg N, 60 kg P i  $90 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$  (proporcja 1 : 1 : 1,5). Do nawożenia dolistnego stosowano Ekolist S w dawce  $11 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  z dodatkiem  $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  siarczanu magnezu oraz  $45 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  mocznika rozpuszczonego w roztworze. Nawożenie dolistne stosowano w trzech dawkach. Biohumusy stosowano w sposób zlokalizowany łącznie z sadzeniem ziemniaków.

Tabela 30. Wielkość plonu oraz procentowy udział bulw użytkowych w plonie badanych odmian w zależności od nawożenia w poszczególnych latach badań

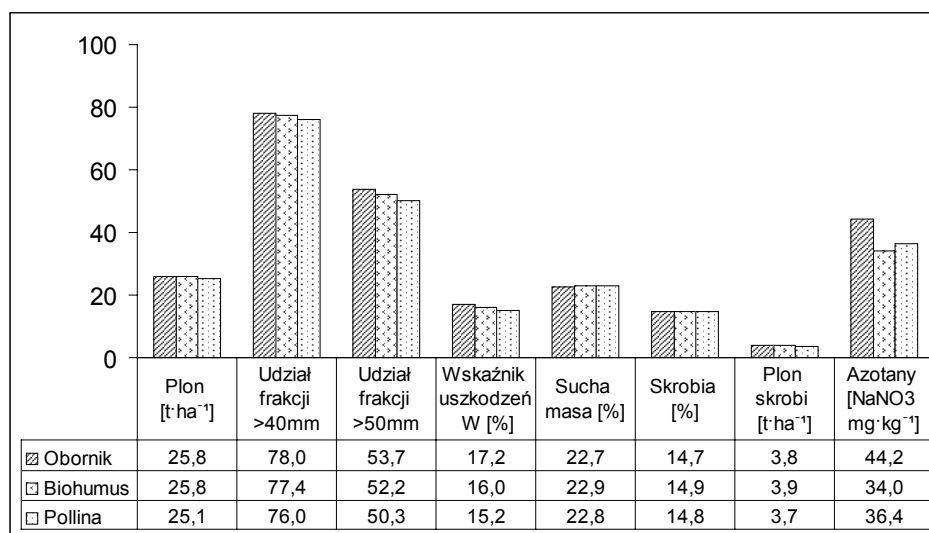
Odmiana i nawożenie	Wielkość plonu [t·ha <sup>-1</sup> ]			Udział bulw użytkowych w plonie [%]		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
<b>Kolia</b>						
Obornik + mineralne	21,85	24,70	40,80	98,08	95,62	99,82
Obornik + ekolist	20,70	23,75	31,45	96,25	97,67	99,44
Biohumus 3000 l·ha <sup>-1</sup>	18,75	20,50	24,65	95,12	92,98	97,33
Biohumus 4000 l·ha <sup>-1</sup>	21,55	21,75	25,30	99,29	96,71	99,54
Biohumus 5000 l·ha <sup>-1</sup>	22,25	22,55	25,95	97,35	96,62	98,88
Średnia	21,00	22,60	29,60	97,22	95,92	99,00
<b>Mila</b>						
Obornik + mineralne	29,45	27,10	42,30	90,39	97,86	98,60
Obornik + Ekolist	24,70	24,90	30,80	94,81	98,66	98,67
Biohumus 3000 l·ha <sup>-1</sup>	18,65	19,85	21,85	96,23	97,99	98,30
Biohumus 4000 l·ha <sup>-1</sup>	20,90	21,60	24,15	97,19	98,53	98,69
Biohumus 5000 l·ha <sup>-1</sup>	23,60	23,70	26,20	97,94	98,73	99,28
Średnia	23,50	23,50	29,00	95,31	98,35	98,71

Źródło: badania własne

Tabela 31. Wskaźnik mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka (W) badanych odmian w zależności od nawożenia w poszczególnych latach badań

Odmiana i nawożenie	Wskaźnik mechanicznych uszkodzeń bulw [%]		
	1994	1995	1996
	<b>Kolia</b>		
Obornik + mineralne	10,38	6,21	9,69
Obornik + Ekolist	11,11	5,35	11,69
Biohumus 3000 l·ha <sup>-1</sup>	10,41	4,38	9,01
Biohumus 4000 l·ha <sup>-1</sup>	13,27	5,88	7,75
Biohumus 5000 l·ha <sup>-1</sup>	13,24	5,27	5,58
Średnia	11,68	5,41	8,74
<b>Mila</b>			
Obornik + mineralne	22,19	6,21	6,54
Obornik + Ekolist	20,55	6,25	10,46
Biohumus 3000 l·ha <sup>-1</sup>	16,43	6,05	7,77
Biohumus 4000 l·ha <sup>-1</sup>	15,06	4,47	9,60
Biohumus 5000 l·ha <sup>-1</sup>	14,01	7,49	10,25
Średnia	17,64	6,09	8,92

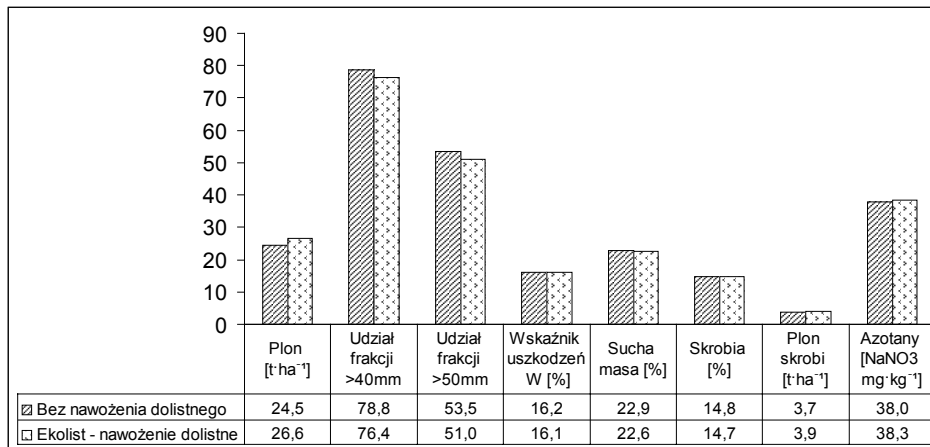
Źródło: badania własne



Źródło: badania własne

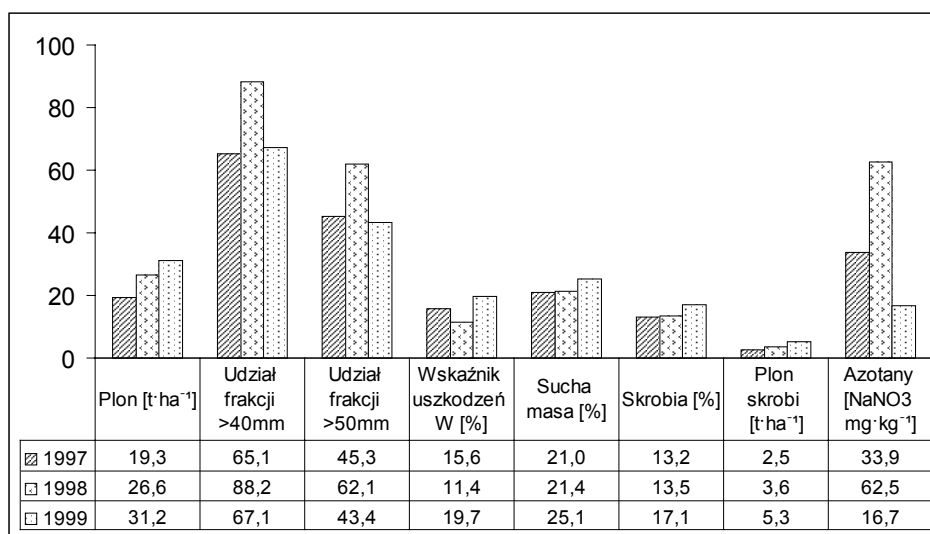
Rys. 58. Charakterystyka plonu bulw w zależności od stosowanych nawozów organicznych

Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka



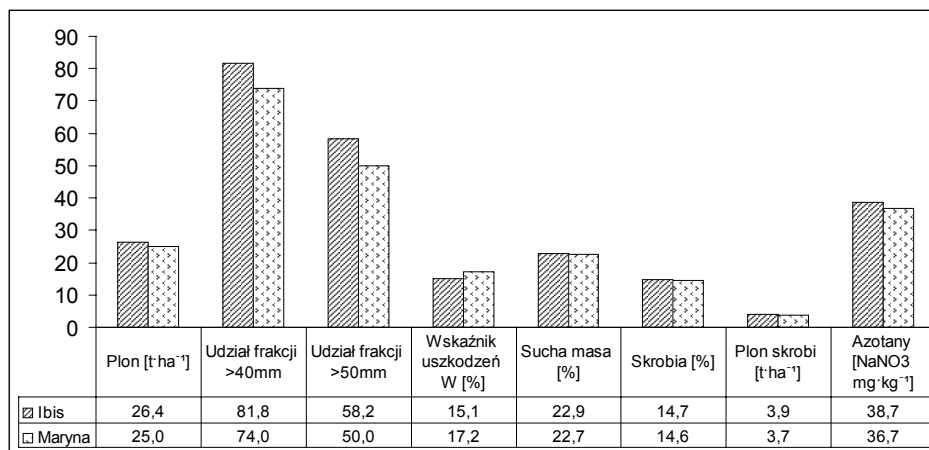
Źródło: badania własne

Rys. 59. Charakterystyka plonu bulw w zależności od stosowanego nawożenia dolistnego



Źródło: badania własne

Rys. 60. Charakterystyka plonu bulw w zależności od roku badań



Źródło: badania własne

Rys. 61. Charakterystyka plonu bulw w zależności od odmiany

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie zarówno plonu bulw, jak i wskaźnika uszkodzeń bulw ziemniaków nawożonych różnymi rodzajami i dawkami nawozów (tab. 30 i 31). O ile wpływ dawki nawozu na wielkość i jakość plonu jest oczywisty, o tyle wpływ rodzaju nawozu i jego oddziaływanie w poszczególnych latach na plon badanych odmian jest zróżnicowany. Stwierdzono bowiem tendencję wskazującą na lepszy wpływ nawożenia obornikiem uzupełnionym nawozami mineralnymi i dolistnymi na wielkość plonu bulw w porównaniu z biohumusami (rys. 59). Jednak tendencja ta nie jest taka sama dla poszczególnych lat badań i dla badanych odmian ziemniaka. I tak w latach 1994 i 1995 dla odmiany Kolia uzyskano porównywalne wyniki zarówno, co do wysokości plonu ogólnego, jak i udziału bulw użytkowych w plonie dla wszystkich zastosowanych rodzajów i dawek nawozów. Lata te charakteryzowały się niesprzyjającym rozkładem opadów i temperatur w okresie wegetacyjnym (małe natężenie opadów i wysoka temperatura, a nawet okresowe susze) w fazie największego wzrostu bulw (lipiec do połowy sierpnia) oraz zbyt dużymi opadami i obniżoną temperaturą przed zbiorem i w czasie jego trwania. Natomiast w roku 1996 w sprzyjających uprawie warunkach klimatycznych stwierdzono wyraźnie dodatni wpływ nawożenia obornikiem na wielkość plonu w porównaniu z biohumusem (różnica wynosi 36,5%). Reakcja odmiany Miła jest inna niż odmiany Kolia. Zaobserwowano mianowicie wyraźnie lepszy wpływ nawożenia obornikiem z nawozami mineralnymi na wielkość plonu w porównaniu z pozostałymi kombinacjami nawozowymi we wszystkich latach badań. Zastosowanie nawożenia dolistnego, uzupełniającego nawożenia obornikiem, dawało porównywalny efekt dla obydwu odmian we wszystkich latach badań z dawką biohumusu 2500 kg·ha<sup>-1</sup> (5000 l·ha<sup>-1</sup>), ale w roku 1996 różnica wyniosła 14,9% i była statystycznie istotna. Chociaż reakcja odmiany Miła na nawożenie była inna niż reakcja odmiany Kolia, to jednak i w tym przypadku zaobserwowano wyraźny wpływ czynników klimatycznych na interakcję: wielkość plonu i kombinacja nawozowa. Różnica między odmianami wynika z ich różnych wymagań meteorologicznych i glebowych. Porównując natomiast wpływ zastosowanych nawozów organicznych na wielkość



plonu w latach 1997 –1999 widać, że zastosowane formy i dawki nawozów (obornik 30 t·ha<sup>-1</sup>, biohumus 5000 l·ha<sup>-1</sup>, Pollina 4000 l·ha<sup>-1</sup>) dawały porównywalne plony (średnie wieloletnie), chociaż zróżnicowane w latach badań (rys. 58). Potwierdzono bezspornie dodatni wpływ uzupełniającego nawożenia dolistnego na plon, przy znikomym wpływie tego nawożenia na pozostałe właściwości plonu dla średnich wieloletnich oraz zróżnicowanie tych właściwości pomiędzy latami badań (rys. 59). Przedstawione w tabeli 31 oraz na rysunkach 58 i 59 zależności pomiędzy podatnością bulw na uszkodzenia mierzoną wskaźnikiem uszkodzeń, a przyjętymi do badań formami (rodzajami) i dawkami nawozów, wykazały istotne zróżnicowanie potwierdzone analizą wariancji i testem Duncana. Rozkład wartości wskaźników uszkodzeń w latach zależy również od przebiegu warunków meteorologicznych w czasie wegetacji oraz przed zbiorem (po zniszczeniu łątów) i podczas jego trwania. Wyraźnie najwięcej uszkodzeń bulw wystąpiło w latach 1994 (tab. 31) oraz 1999 (rys. 60), w których w okresie zbioru wskutek anomalii pogodowych wystąpiło zjawisko wtórnej wegetacji. Najkorzystniej pod tym względem wypadły lata 1995 i 1998. Różnice pomiędzy latami 1994-97 i 1997-99 wynikały również z różnej odporności bulw na uszkodzenia badanych odmian (Kolia, Mila – Ibis, Maryna). Reakcję odmian na uszkodzenia podczas zbioru przedstawiono w tabeli 31 oraz na rysunku 59. Najkorzystniej przedstawia się odmiana Kolia, której wskaźnik uszkodzeń wynosi 8,5%, a w dalszej kolejności Mila 10,8%, Ibis 15,1% i Maryna 17,2%. Pamiętać jednak należy o istotnym wpływie warunków meteorologicznych panujących w poszczególnych latach na właściwości bulw, a w tym na podatność na uszkodzenia. Potwierdzono zatem znany i przedstawiony w podrozdziale 4.1.1 wpływ odmiany na jej podatność na uszkodzenia uwarunkowany zarówno genetycznie, jak i środowiskowo. Opisując wpływ zastosowanych rodzajów i dawek nawozów organicznych na kształtowanie się wartości wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw, można stwierdzić, że zastosowanie biohumusów nie wpływa negatywnie na właściwości bulw (tab. 30, 31 oraz rys. 58), a w tym na odporność bulw na uszkodzenia mechaniczne, a wręcz stwierdzono ich korzystne oddziaływanie w stosunku do nawożenia obornikiem, nawożenia obornikiem z nawożeniem dolistnym i nawożenia obornikiem z nawożeniem mineralnym (patrz wskaźnik uszkodzeń, poziom azotanów). Podobne wyniki autor uzyskał w innym doświadczeniu (tab. 32, 33, 34). Szczególnie ważnym miernikiem oceny nawożenia jest zawartość azotanów, których poziom wyraźnie się obniża przy zastosowaniu biohumusów (rys. 58, tab. 34), a wzrasta przy stosowaniu nawozów mineralnych zarówno w postaci stałej, jak i płynnej.

Tabela 32. Kształtowanie się wysokości plonu bulw badanych odmian ziemniaka w zależności od stosowanego nawożenia organicznego [t·ha<sup>-1</sup>]

Lp.	Forma nawozu	Odmiana ziemniaków, plon		
		Ibis	Maryna	Mila
1.	Obornik	31,0	28,6	29,3
2.	Biohumus bydłocy	25,3	25,0	22,6
3.	Biohumus Pollina 3000 l·ha <sup>-1</sup>	24,6	28,0	29,3
4.	Biohumus Pollina 4000 l·ha <sup>-1</sup>	30,6	29,3	31,3

Źródło: badania własne

Tabela 33. Kształtowanie się wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka w zależności od stosowanego nawożenia organicznego [%]

Lp.	Forma nawozu	Odmiana ziemniaków, wskaźnik uszkodzeń		
		Ibis	Maryna	Miła
1.	Obornik	7,3	9,5	6,5
2.	Biohumus bydłocy	8,2	8,5	5,7
3.	Biohumus Pollina 3000 l·ha <sup>-1</sup>	8,7	8,2	6,6
4.	Biohumus Pollina 4000 l·ha <sup>-1</sup>	7,4	7,2	9,5

Źródło: badania własne

Tabela 34. Kształtowanie się zawartości azotanów w 1 kg świeżej masy bulw ziemniaka w zależności od stosowanego nawożenia organicznego [m·kg<sup>-1</sup>]

Lp.	Forma nawozu	Odmiana ziemniaków, zawartość azotanów [mg KNO <sub>3</sub> ·kg <sup>-1</sup> ]		
		Ibis	Maryna	Miła
1.	Obornik	42,0	33,3	66,0
2.	Biohumus bydłocy	14,0	29,3	44,6
3.	Biohumus Pollina 3000 l·ha <sup>-1</sup>	22,3	22,6	31,0
4.	Biohumus Pollina 4000 l·ha <sup>-1</sup>	22,0	21,6	26,3

Źródło: badania własne

Można zatem stwierdzić, że oddziaływanie nawozów organicznych w postaci czystej, jak również uzupełnionych nawozami mineralnymi zarówno stałymi, jak i płynnymi w odniesieniu do właściwości plonu bulw jest jednoznacznie pozytywne. Szczególnie odnosi się to do wysokości plonu i odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia. Oddziaływanie nawozów mineralnych na określone właściwości plonu jest już mniej jednoznaczne, bo też inny jest mechanizm ich przyswajania przez ziemniaki. O ile nawozy organiczne są humifikowane i wtedy, gdy istnieje potrzeba, przetwarzane do postaci przyswajalnej przez system korzeniowy, o tyle nawozy mineralne są rozpuszczane w wodzie glebowej do postaci roztworu glebowego i są pobierane (czasami włączane) przez roślinę na zasadzie osmozy (tak, jak w uprawie hydroponicznej) niezależnie od jej potrzeb, co powoduje ich odkładanie się w komórkach w postaci szkodliwych związków chemicznych np. azotanów lub azotynów. Związki te modyfikują właściwości bulw, a przez to wpływają na podatność na uszkodzenia podczas zbioru i obróbki pozbiorowej. Najogólniej wpływ poszczególnych nawozów na odporność bulw na uszkodzenia jest następujący. Nawozy azotowe w niewłaściwej ilości i proporcji do fosforu i potasu oddziałują na bulwę negatywnie poprzez przedłużanie okresu wegetacyjnego, opóźnienie dojrzewania bulw, zwiększanie wielkości bulw, rozluźnianie miąższu i zachwaszczenie plantacji. Nawozy fosforowe i potasowe w odpowiednich dawkach przyspieszają dojrzewanie bulw i korkowacenie skórki, a więc działają korzystnie. Doniesienia różnych autorów na ten temat są sprzeczne. I tak zwiększenie odporności bulw na uszkodzenia pod wpływem nawożenia azotowego zaobserwo-

wali – za Krzysztofik [1986]; Mainl i Effmert [1966]; Bachthaler i Hunnius [1971]; Hunnius, Bachthaler, Munzert [1972]; Hunnius, Munzert [1979]; Reeve, Timm, Wedzer [1971]. Negatywny wpływ nawożenia na tą właściwość zaobserwowali Dambroth [1967]; Hampson, Dent i Fox [1969]; Grześkiewicz i in. [1983]; Zadina [1983]; Jastrzębski [1985]. Stwierdza się, że dawka  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  jest dawką graniczną, powyżej której, następuje opóźnienie wegetacji i dojrzewania bulw, co pociąga za sobą wzrost ich uszkodzeń. Takie sprzeczne doniesienia dotyczą również wpływu nawozów fosforowych i potasowych na odporność bulw na uszkodzenia. Nawożenie fosforowo-potasowe nie miało żadnego wpływu na tą właściwość wg Holma i Nylunda [1978] oraz Meil'a i Effmerta [1966]. Korzystny wpływ sygnalizują Dambroth [1967]; Bachthaler i Hunnius [1971] oraz Vollbracht i Kuhnke [1956]. Negatywny wpływ potasu i korzystny fosforu zaobserwował Jastrzębski [1985]. Serię doświadczeń nad wpływem dawek i rodzajów nawozów (NPK) na odporność bulw na uszkodzenia przeprowadziła w latach 1982-84 Krzysztofik [1986]. Doświadczenia objęły różne formy nawozów NPK i różne dawki tych nawozów stosowanych zarówno oddzielnie, jak i łącznie w różnych kombinacjach. Odporność bulw na uszkodzenia oceniano przy pomocy wskaźnika uszkodzeń masowych w metodzie polowej podczas zbioru i laboratoryjnej przy użyciu obrotowego symulatora uszkodzeń bulw oraz odporność bulw na obciążenia statyczne (penetrometr sprężynowy) i dynamiczne (penetrometr wahadłowy). Wyniki badań przedstawiono w tabelach 35-41. Wpływ dawek nawozów na wartość wskaźnika uszkodzeń oceniano metodą polową (zbiór kombajnem) dla różnych kombinacji N : P : K. W sumie oceniono wpływ różnych 11 kombinacji + kontrolę dla trzech lat badań. Dla nawożenia NPK przyjęto stałą proporcję 1 : 1 : 1,5 niezależnie od wysokości dawki. Z przedstawionych kombinacji dawek (tab. 35), najkorzystniej na kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń wpływała dawka NPK 90 : 90 : 135 niezależnie od odmiany i roku badań. Pozostałe dawki NPK obniżały odporność bulw na uszkodzenia.

Uzyskane wyniki potwierdziły badania Grześkiewicza [1985], który stwierdził, że stała proporcja NPK nie daje gwarancji wzrostu odporności bulw na uszkodzenia, jak to sugerują np. Hunnius i Specht, bowiem wyższe dawki NPK powodowały wzrost wskaźnika uszkodzeń. Z pozostałych kombinacji najkorzystniejszy wpływ na tą właściwość miało nawożenie potasowe w dawce  $135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  przy zerowym poziomie N i K oraz kombinacja  $90 \text{ kg P}$  i  $135 \text{ kg K}$  przy zerowym poziomie N. Pozostałe kombinacje spowodowały obniżenie odporności bulw na uszkodzenia (wzrost wartości wskaźnika uszkodzeń). Podobne wyniki uzyskano przy ocenie bulw na obrotowym symulatorze (tab. 36). Najniższe wartości wskaźnika uszkodzeń (najwyższa odporność) uzyskano dla dawki NPK 90:90:135  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Pozostałe dawki NPK przy tej samej proporcji dawały wzrost wskaźnika uszkodzeń. Z pozostałych kombinacji najlepsze efekty uzyskano przy nawożeniu fosforem w dawce  $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  i potasem w dawce  $135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz przy nawożeniu fosforowo-potasowym w dawce  $90 \text{ kg P}$  i  $135 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Pozostałe kombinacje spowodowały obniżenie odporności bulw na mechaniczne uszkodzenia. Pozytywny wpływ nawożenia fosforowego potwierdziły również inne badania autora prowadzone w latach 1992-95 na czterech

odmianach ziemniaków (Bronka, Fala, Lawina, Miła), w których uzyskano następujące wyniki: przy 60 kg P·ha<sup>-1</sup> wskaźnik uszkodzeń wynosił 17,0%, przy 120 kg P·ha<sup>-1</sup> – 17,6%, a przy 180 kg P·ha<sup>-1</sup> – 20%. Wykazano również istotny wpływ właściwych proporcji NPK na wskaźnik uszkodzeń. Najkorzystniej pod tym względem oddziaływała dawka 60 kg P·ha<sup>-1</sup> przy 60 kg N·ha<sup>-1</sup> i 90 kg K·ha<sup>-1</sup> (proporcje 1 : 1 : 1,5).

Z kolei w tabeli 37 przedstawiono wpływ rodzaju nawozu na kształtowanie się odporności bulw na uszkodzenia ocenianą metodą polową i laboratoryjną przy użyciu obrotowego symulatora. Do badań przyjęto następujące nawozy: saletra amonowa, siarczan amonu, mocznik, superfosfat potrójny, mączka fosforytowa, chlorek potasu i siarczan potasu. Z nawozów azotowych najkorzystniejszy wpływ wykazał siarczan amonu (zalecany do nawożenia ziemniaków), a w dalszej kolejności mocznik i saletra amonowa. Z nawozów fosforowych korzystniej oddziaływała mączka fosforytowa, a z potasowych siarczan potasu również zalecany w nawożeniu ziemniaków. Oddziaływanie poszczególnych nawozów (tab. 37) w obydwu metodach oceny jest takie same, a różnica dotyczy tylko poziomu wskaźnika uszkodzeń, który jest zdecydowanie wyższy w badaniach laboratoryjnych, co jest oczywiste ze względu na podobny, jak w maszynach do zbioru sposób uszkodzeń, ale bez ochronnej warstwy gleby i części roślinnych, jak ma to w nich miejsce.

Wyniki badań laboratoryjnych przy użyciu penetrometru wahadłowego (tab. 39) korespondują z poprzednio omówionymi wynikami badań (najwyższe wartości wysokości odbicia uzyskano dla dawki NPK 90 : 90 : 135), jednak wyniki badań penetrometrem statycznym uzyskanych poprzednio wyników nie potwierdzają (tab. 38). Wydaje się to logiczne, ponieważ np. bulwy duże i dojrzałe będą miały twardą i wykształconą skórkę, a wartość siły potrzebnej do jej przebiccia będzie większa, natomiast w badaniach polowych i przy użyciu symulatora bulwy duże są bardziej podatne na uszkodzenia niż bulwy mniejsze.

Biorąc pod uwagę wyniki badań wykonanych penetrometrem wahadłowym, który pozwala ocenić sprężystość bulwy, można stwierdzić, że bulwy o większej sprężystości będą bardziej odporne na uszkodzenia niż bulwy o sprężystości mniejszej, co właśnie potwierdzają wyniki badań uszkodzeń bulw w warunkach polowych i przy użyciu obrotowego symulatora. Jeżeli chodzi o wpływ rodzaju zastosowanego nawozu na oceniane przy użyciu penetrometrów cechy bulwy (tab. 40), można stwierdzić, że wpływ ten zarówno przy użyciu metody statycznej, jak i dynamicznej był podobny, a występujące różnice statystycznie nieistotne. W tabeli 41 zestawiono średnie wartości wyników uzyskanych przy użyciu wszystkich omówionych metod oceny bulw dla lat badań i przyjętych odmian ziemniaków. Przedstawione wyniki potwierdzają przedstawione wyżej w tekście spostrzeżenia dotyczące korelacji pomiędzy metodą polową, symulacyjną i dynamiczną oraz brak korelacji z metodą statyczną. Potwierdzono równocześnie wpływ lat badań i odmiany ziemniaków na badane właściwości mechaniczne bulw. Przedstawione w tym rozdziale wyniki badań różnych autorów potwierdziły istotny wpływ poziomu oraz rodzaju nawozów i sposobu ich aplikacji na określone ilościowe i jakościowe właściwości plonu bulw ziemniaków.

Tabela 35. Średnie wartości wskaźnika uszkodzeń „W” dla bulw uzyskane w warunkach połowych dla odmian i lat badań w zależności od dawek nawozów mineralnych

Odmiana	Rok badań	Dawka nawozów NPK												
		0:0:0 kontrola	90:90:135	120:120:180	150:150:225	180:180:270	90:0:0	0:90:0	0:0:135	90:90:0	90:0:135	0:90:135		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Beryl	1982	16,2	16,5	17,1	17,4	16,8	24,1	19,5	20,5	30,3	26,1	21,8		
Leda	1982	13,2	17,3	18,0	19,2	14,1	30,2	21,5	21,3	34,1	35,5	25,3		
Rys	1982	11,8	11,8	17,1	18,4	14,1	25,5	20,2	21,4	33,5	26,2	20,3		
Średnia		13,6	15,0	17,3	18,3	15,0	26,6	20,3	20,3	32,3	30,3	22,3		
Beryl	1983	19,8	13,5	18,1	17,6	17,0	23,6	24,8	20,4	30,0	27,1	20,4		
Leda	1983	20,5	18,2	19,1	20,1	15,2	28,3	27,6	24,0	34,4	38,5	33,9		
Rys	1983	16,8	13,5	19,2	19,5	19,0	23,8	26,4	19,0	33,2	31,3	21,1		
Średnia		18,6	15,0	19,0	19,0	17,0	21,6	26,0	14,6	32,3	29,0	25,1		
Beryl	1984	23,2	13,8	19,9	14,8	19,0	21,4	27,5	20,7	31,2	27,8	25,2		
Leda	1984	21,4	16,2	20,6	18,5	19,5	38,4	38,5	21,8	34,0	37,6	32,0		
Rys	1984	20,5	14,6	19,8	19,6	19,0	25,4	30,8	20,4	35,1	34,0	21,3		
Średnia		21,6	14,6	16,6	17,3	19,0	28,3	32,0	20,6	33,3	30,0	26,0		

Źródło: Krzysztofik 1986

Tabela 36. Średnie wyniki wskaźnika uszkodzeń bulw „W” uzyskane w warunkach laboratoryjnych (symulator obrotowy) dla odmian i lat badań w zależności od dawek nawozów mineralnych

Odmiana	Rok badań	Dawka nawozów NPK											
		0:0:0 kontrola	90:90:135	120:120:180	150:150:225	180:180:270	90:0:0	0:90:0	0:0:135	90:90:0	90:0:135	0:90:135	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Beryl	1982	51,3	40,2	42,2	43,05	40,2	54,9	37,1	40,5	56,3	50,6	44,3	
Leda	1982	55,4	45,7	56,3	57,8	56,4	73,6	45,6	50,1	74,8	60,4	55,2	
Rys	1982	50,1	43,5	44,3	44,1	44,8	54,3	44,4	43,4	57,1	49,1	55,2	
Średnia		52,0	42,6	47,3	48,0	46,6	60,3	42,3	44,3	62,3	53,0	51,3	
Beryl	1983	49,1	40,1	47,5	35,2	41,0	56,4	42,0	44,0	55,5	51,1	44,6	
Leda	1983	52,0	40,8	45,1	38,4	43,1	63,0	43,0	47,4	70,1	58,6	53,5	
Rys	1983	48,1	38,1	44,6	38,2	41,8	54,2	46,0	40,4	51,8	52,4	51,1	
Średnia		49,6	39,3	42,3	33,6	41,6	57,6	43,6	43,6	58,6	53,6	49,6	
Beryl	1984	52,1	38,2	43,0	41,2	44,8	54,8	43,4	46,2	57,8	53,0	53,1	
Leda	1984	53,5	38,5	46,5	43,4	48,0	59,0	46,0	46,2	73,1	66,0	55,1	
Rys	1984	49,0	46,6	48,3	39,5	42,1	56,3	47,6	45,8	61,3	59,2	51,1	
Średnia		51,3	40,6	46,0	41,3	44,6	56,6	45,6	46,0	64,0	59,3	53,0	

*Źródło: Krzyżozjefik 1986*

Tabela 37. Średnie wartości wskaźników uszkodzeń bulw „W” w zależności od rodzaju zastosowanego nawozu mineralnego

Odmiana	Rok badań	Metoda													
		Polowa W [%]						Symulacyjna W [%]							
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Beryl 1982	20,4	16,6	23,4	20,5	19,8	22,2	18,1	43,5	47,0	44,2	47,1	42,7	47,5	42,2
	Leda 1982	22,2	17,6	23,3	23,0	19,1	22,9	19,2	52,8	53,5	48,8	56,1	47,3	55,4	48,0
	Ryś 1982	19,6	13,5	23,1	21,3	16,5	20,4	17,5	49,2	50,2	53,1	58,3	43,4	58,5	43,2
	Średnia	20,5	15,9	23,2	21,6	18,4	21,8	18,2	48,5	50,2	48,7	53,8	44,4	53,8	44,4
	Beryl 1983	21,5	15,1	22,3	20,6	18,7	22,5	16,8	49,0	47,0	38,4	47,0	42,6	47,6	42,1
	Leda 1983	22,1	27,4	24,1	27,0	22,7	28,0	21,8	51,9	54,8	52,2	57,6	51,7	59,0	50,3
	Ryś 1983	21,9	14,9	23,0	22,4	17,4	21,0	18,9	47,1	46,4	52,9	54,4	42,7	55,5	42,1
	Średnia	21,8	19,1	23,0	23,1	19,6	23,8	19,0	49,3	49,4	47,8	53,0	45,6	54,0	44,8
	Beryl 1984	24,2	18,6	26,3	24,8	21,2	25,1	21,0	49,7	45,5	44,0	51,8	41,0	51,2	41,6
	Leda 1984	23,2	23,3	22,9	27,2	19,1	27,2	19,1	54,6	48,8	46,8	53,0	47,1	53,2	41,0
	Ryś 1984	21,4	15,2	23,2	21,8	18,1	20,8	19,1	49,6	46,6	49,5	51,9	45,2	51,4	45,2
	Średnia	22,9	19,0	24,1	24,6	19,4	24,3	19,7	51,3	46,9	46,7	52,2	44,4	51,9	42,6

Źródło: Krzyżozifik 1986

Tabela 38. Wartości sił potrzebnych do przebicia skórki penetrometrem statyczno-sprężynowym [N], (wytrzymałość statyczna bulwy)

Odmiana	Rok badań	Dawka nawozów NPK										
		0:0:0 kontrola	90:90:135	120:120:180	150:150:225	180:180:270	90:0:0	0:90:0	0:0:135	90:90:0	90:0:135	0:90:135
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Beryl	1982	32,5	29,4	29,7	30,2	32,7	32,5	29,5	32,0	30,7	30,8	32,0
Leda	1982	32,7	29,5	30,0	30,3	35,4	32,7	29,7	32,0	30,4	30,9	32,1
Ryś	1982	32,1	29,8	29,6	29,7	32,6	32,7	29,1	32,0	30,6	30,6	31,4
Średnia		32,4	29,5	29,7	30,0	33,5	32,6	29,4	32,0	30,5	30,7	31,8
Beryl	1983	30,5	35,3	29,7	28,3	28,7	28,6	27,4	28,6	29,8	28,7	28,6
Leda	1983	30,5	30,4	28,4	28,8	32,5	30,4	30,8	30,6	30,5	30,8	30,7
Ryś	1983	27,4	28,7	27,5	26,6	27,5	25,5	28,5	27,7	27,0	28,5	26,6
Średnia		29,4	31,4	28,5	27,9	29,5	28,1	28,9	28,9	29,1	29,3	28,6
Beryl	1984	26,2	24,4	26,5	28,6	27,4	30,2	23,1	25,5	23,2	24,4	23,8
Leda	1984	26,4	24,8	26,8	28,8	27,6	30,5	23,3	25,6	23,5	24,6	24,1
Ryś	1984	26,0	24,2	26,2	28,2	26,9	30,0	22,9	25,2	22,9	24,1	23,5
Średnia		26,2	24,4	26,5	28,5	27,3	30,3	23,1	25,4	23,2	24,4	23,8

Źródło: Krzyżoziofik 1986



Tabela 39. Wartości wysokości odbicia wahadła [mm] penetrometru dynamiczno-wahadlowego (wytrzymałość dynamiczna bulwy)

Odmiana	Rok badań	Dawka nawozów NPK												
		0:0:0 kontrola	90:90:135	120:120:180	150:150:225	180:180:270	90:0:0	0:90:0	0:0:135	90:90:0	90:0:135	0:90:135		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Beryl	1982	6,8	7,0	6,5	6,1	6,9	6,8	7,1	6,9	7,1	7,1	6,8		
Leda	1982	6,1	6,5	6,1	6,0	6,4	6,1	6,6	5,9	6,1	6,2	6,2		
Ryś	1982	7,0	7,3	6,4	6,6	6,4	7,1	7,4	7,4	7,2	6,5	6,8		
Średnia		6,6	6,9	6,3	6,2	6,6	6,6	7,0	6,7	6,8	6,6	6,6		
Beryl	1983	6,8	7,0	6,5	6,1	6,8	6,8	7,0	6,9	7,0	7,0	6,8		
Leda	1983	6,1	6,4	6,1	5,4	6,2	6,1	6,6	5,4	6,1	6,1	6,2		
Ryś	1983	7,0	7,2	6,9	6,6	6,8	7,1	7,4	7,4	7,2	6,5	6,8		
Średnia		6,6	6,8	6,5	6,3	6,6	6,6	7,0	6,5	6,7	6,5	6,6		
Beryl	1984	6,7	6,5	7,0	6,0	6,1	6,8	6,4	6,8	7,0	6,4	6,8		
Leda	1984	6,0	6,4	6,0	5,4	6,2	6,1	6,5	5,4	6,0	6,2	6,2		
Ryś	1984	6,9	7,1	6,1	6,5	6,7	7,0	7,2	7,1	7,1	7,0	6,1		
Średnia		6,5	6,6	6,3	5,9	6,3	6,6	6,7	6,4	6,7	6,5	6,4		

Źródło: Krzysztofik 1986



Tabela 41. Średnie wartości odporności bulw na uszkodzenia mechaniczne przy różnych metodach oceny dla lat i odmian przy różnych formach i dawkach nawożenia mineralnego

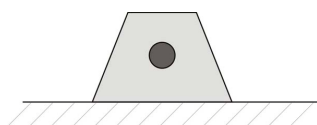
Odmiana	Rok badań	Metoda badań															
		Polowa W <sub>p</sub>				Symulacyjna W <sub>s</sub>				Stacyjna N				Dynamiczna mm			
		śr. dla form	śr. dla dawek	w(%)	śr. dla dawek	śr. dla form	śr. dla dawek	w(%)	śr. dla form	śr. dla dawek	P(N)	śr. dla form	śr. dla dawek	H' (mm)			
-	1982	21,9	21,2	21,5	49,5	49,9	49,7	29,8	31,1	30,5	6,6	6,7	6,6				
-	1982	23,0	22,4	22,7	47,5	50,0	48,7	28,8	28,9	28,9	6,6	6,7	6,6				
-	1982	23,8	24,5	24,2	49,8	49,6	49,1	24,4	25,7	25,1	6,5	6,5	6,5				
Średnia		22,6	22,6	22,6	48,6	49,3	48,1	27,3	28,3	28,0	6,5	6,6	6,5				
Beryl	-	21,7	21,5	21,6	46,5	46,9	46,7	27,8	28,6	28,2	6,6	6,7	6,7				
Leda	-	24,9	25,1	25,0	52,5	52,4	52,4	28,2	29,2	28,7	6,1	6,2	6,2				
Ryś	-	22,2	22,0	22,1	47,8	50,2	49,0	27,1	28,0	27,5	6,9	6,9	6,9				
Średnia		22,6	23,0	23,0	48,6	49,6	49,3	27,6	28,6	28,0	6,5	6,6	6,6				

Źródło: Krzysztofik 1986

### 4.3.3. Sadzenie

Warunkiem uzyskania wysokich i jakościowo dobrych plonów ziemniaka są zdrowe i dobrze przygotowane sadzeniaki oraz właściwie wykonany proces sadzenia. Przez pojęcie właściwe wykonanie należy rozumieć odpowiedni dla danego rejonu termin, rozstaw, głębokość i gęstość sadzenia, czyli spełnienie wymagań agrotechnicznych. Dla poprawnej realizacji procesu sadzenia, niezbędnym jest dobór właściwej maszyny i techniki sadzenia. Obecnie realizowane są trzy techniki sadzenia wymagające sadzarek do nich dostosowanych:

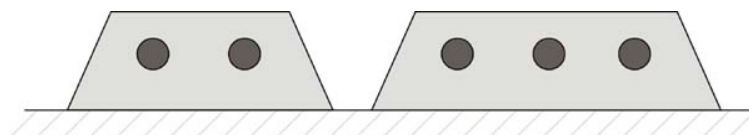
Tradycyjna redlinowa technika sadzenia (rys. 62), w której bulwy sadzone są w odpowiedni sposób w redlinach w rozstawie 62,5 cm, 67,5 cm, 75 cm, a nawet 36" czyli około 91,4 cm



*Źródło: własny*

Rys. 62. Przekrój redliny z widocznym sadzeniakiem

Zagonowa technika sadzenia (rys. 63), w której bulwy sadzone są w zagonach (szerokie redliny) 2- lub 3-rzędowych. Sadzenie w zagony 2-rzędowe realizowane jest dla rozstawu kół ciągników i maszyn wynoszących 150 cm, a w 3-rzędowe dla rozstawu 180 cm.



*Źródło: własny*

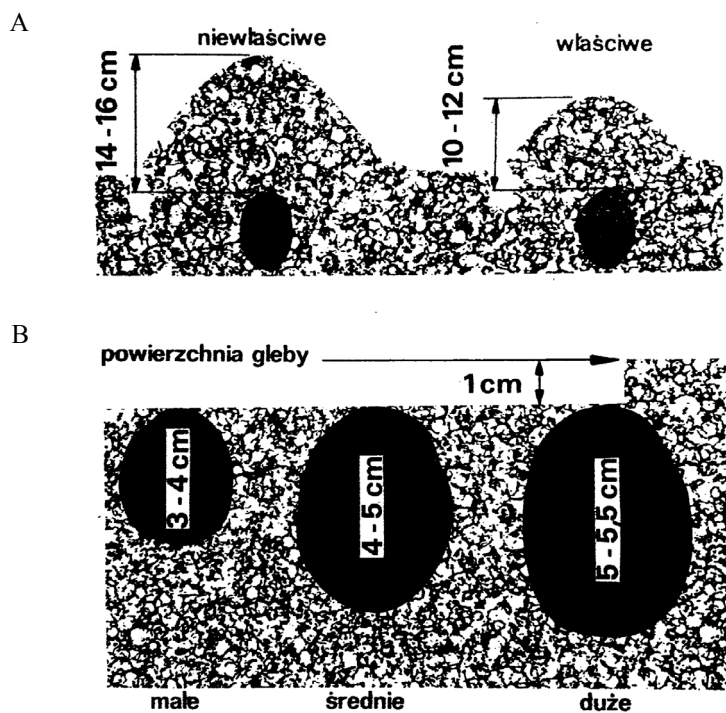
Rys. 63. Przekrój przez zagony 2- i 3-rzędowe z widocznymi sadzeniakami

Technika sadzenia z zastosowaniem ścieżek technologicznych do przejazdu elementów jezdnych (kół) ciągników i maszyn przy pracach pielęgnacyjnych i ochrony plantacji oraz przygotowania do zbioru.



*Źródło: własny*

Rys. 62. Przekrój plantacji ze ścieżkami technologicznymi



Źródło: Ziemiak. Technologia uprawy. 1987

Rys. 63. A – przykrycie sadzeniaków po sadzeniu, B – głębokość sadzenia w zależności od wielkości sadzeniaków

Tabela 42. Rozstawa i gęstość sadzenia sadzeniaków zależnie od ich wielkości

Sadzeniaki	Średnica poprzeczna w mm	Odległość między sadzoniakami w rzędzie w cm	Liczba roślin na 1 ha w tys.	Głębokość sadzenia w cm (od powierzchni gleby do podstawy sadzoniaka)
Małe	30 – 40	21 – 25	65 – 75	4 – 5
Średnie	40 – 50	około 30	53 – 55	5 – 6
Duże	50 – 55	około 40	40	6 – 6,5

Źródło: Ziemiak. Technologia uprawy. 1987

Sposób wykonania sadzenia ma niewątpliwy wpływ na technikę wykonania zbioru, stopień dojrzałości i wielkość bulw, ugniatanie skarp redlin lub zagonów oraz głębokość zalegania bulw, czyli na czynniki mające bezpośredni wpływ na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw podczas zbioru i obróbki pozbiorowej. Ziemiaki należy sadzić w sposób zróżnicowany, zależnie od zwięzłości gleby, wielkości sadzoniaków i przeciętnych

opadów w danym rejonie. Na glebach bardzo lekkich należy sadzić na głębokość 3-4 cm, licząc od wyrównanej powierzchni pola do górnej powierzchni sadzeniaka. Na glebach średnich i mocniejszych (zwięźlejszych) należy sadzić na głębokość 1 cm, licząc od powierzchni pola do górnej powierzchni sadzeniaka. Zbyt płytkie sadzenie powoduje wyciąganie bulw w czasie zabiegów pielęgnacyjnych, natomiast zbyt głębokie ma decydujący wpływ na ilość ziemi wchodzącej do maszyny zbierającej, co pociąga za sobą zwiększenie intensywności pracy jej zespołów roboczych. Wysokość przykrycia bulwy, czyli wysokość redliny powinna wynosić 10-12 cm. Przykrycie sadzeniaków po sadzeniu oraz głębokość sadzenia w zależności od wielkości sadzeniaków przedstawia rysunek 65, a rozstawę i głębokość sadzenia tabela 42. Sadzenie należy wykonać, gdy gleba jest już ogrzana do temperatury 6-8°C. Optymalna wysokość przykrycia bulw stwarza możliwość szybkich wschodów ziemniaków, a więc szybkiego ich dojrzewania jesienią i uzyskania bulw bardziej odpornych na mechaniczne uszkodzenia. Zbyt wysokie przykrycie bulw i głębokie sadzenie powoduje głębsze zaleganie bulw w redlinie, co zmusza do głębokiego kopania, co zwiększa ilość masy przechodzącej przez maszynę do zbioru. Zwiększona ilość masy wymaga bardziej intensywnego działania przenośników odsiewających, co w efekcie może przyczynić się do zwiększenia uszkodzeń bulw. Taki sam negatywny wpływ na zwiększenie uszkodzeń bulw ma opóźnienie terminu sadzenia. Opóźnienie terminu sadzenia dla odmian średnio późnych i późnych powoduje, że bulwy nie uzyskują pełnej dojrzałości technicznej, a tym samym są bardziej wrażliwe na uszkodzenia. Natomiast bulwy wysadzone prawidłowo i w wymaganym terminie agrotechnicznym szybciej dojrzewają (twardnieje ich skórka), a tym samym szybciej uodparniają się na uszkodzenia mechaniczne. Również rozstawa międzyrzędzi ma wpływ na ilość mechanicznych uszkodzeń bulw podczas zbioru. Doświadczenia, zarówno zagraniczne [Scholz 1987, 1989, 1990], jak i krajowe, w tym również i autora [Marks, Piech 1985; Marks 1994] wykazały, że liczba uszkodzonych bulw podczas zbioru jest istotnie większa przy międzyrzędziach wąskich (62,5 cm), niż przy międzyrzędziach szerokich (75 cm). Wiąże się to z większym ugniataaniem skarp redlin przez elementy jezdne ciągników i maszyn podczas zabiegów pielęgnacji, ochrony i przygotowania plantacji do zbioru. Pobudzanie i podkielkowanie sadzeniaków wyraźnie przyspieszają wschody na wiosnę i dojrzewanie bulw jesienią, co pozwala przyspieszyć zbiór i uzyskać techniczną dojrzałość bulw podczas zbioru, i co w sposób istotny wpływa na zmniejszenie ich uszkodzeń. Kolejnym elementem prawidłowego sadzenia jest gęstość sadzenia dostosowana do warunków meteorologiczno-glebowych, wielkości sadzeniaków i kierunku użytkowania uzyskanego plonu.

Gęstość sadzenia ma wpływ na powstawanie mechanicznych uszkodzeń podczas zbioru. Doświadczenie przeprowadzone przez autora w latach 1992-95 obejmowało trzy gęstości sadzenia 21,5 cm; 30,0 cm i 40,5 cm i cztery odmiany ziemniaków: Bronka, Fala, Lawina i Mila. Analizując wpływ gęstości sadzenia na wielkość mechanicznych uszkodzeń bulw podczas zbioru stwierdzono, że najmniejsze uszkodzenia powstają przy gęstości 21,5 cm ( $W = 15,9\%$ ), następnie przy gęstości 30,0 cm (16,0%), a największe przy gęstości 40,5 cm (17,78%). Uzyskane wyniki przedstawia tabela 43.

Zaobserwowany wzrost uszkodzeń bulw odpowiadający wzrostowi gęstości sadzenia da się wyjaśnić po przeprowadzeniu analizy struktury uzyskanego plonu. Zwiększenie odległości sadzeniaków w rzędzie powoduje uzyskanie plonu o większym udziale procentowym bulw dużych. Bulwy duże mają większą masę i ich energia uderzenia o elementy

robocze maszyn i bryły ziemi jest większa niż bulw małych, co przekłada się bezpośrednio na ich podatność na uszkodzanie (bulwy duże są uszkodzane bardziej niż bulwy małe). Reasumując, stwierdzić należy, że właściwe wykonanie sadzenia bulw na plantacji poprzez wpływ na następujące po nim zabiegi agrotechniczne w sposób istotny modyfikuje podatność bulw na mechaniczne uszkodzenia.

Tabela 43. Ocena zależności pomiędzy gęstością sadzenia a wskaźnikiem uszkodzeń bulw. Test Duncana

Lp.	Wskaźnik uszkodzeń [%]	Gęstość sadzenia [cm]	21,5 cm	30,0 cm	40,5 cm
1.	15,9	21,5			
2.	16,0	30,0			
3.	17,8	40,5	*	*	

\*różnica istotna na poziomie  $\alpha = 0,05$

Źródło: badania własne

#### 4.3.4. Zabiegi pielęgnacyjne

Zabiegi pielęgnacyjne obejmują formowanie redlin i zwalczanie chwastów, a w połączeniu z niszczeniem łętów mają istotny wpływ na zwiększenie lub ograniczenie uszkodzeń bulw podczas zmechanizowanego zbioru [Gruczek i in. 1985; Nowacki 1983; Karwowski 1980; Mitrus 1980]. Właściwe uformowanie redlin ma wpływ na stopień uszkodzeń bulw przez maszynę kopiającą poprzez zmniejszenie intensywności działania separujących zespołów roboczych maszyny oraz uzyskanie dzięki właściwemu okryciu zwiększonej odporności bulw na uszkodzenia. Również skuteczne zwalczanie chwastów przyczynia się do zwiększenia plonu (zachwaszczenie może obniżyć plon nawet o 50 q/ha), wcześniejszego dojrzewania bulw, ułatwienia pracy kombajnów, dzięki temu ogranicza uszkodzenia bulw podczas zbioru. Występowanie dużej ilości chwastów, powoduje bowiem konieczność zwiększenia intensywności działania oddzielacza roślin (porostu), co musi wywołać wzrost uszkodzeń bulw i zwiększenie strat plonu. Okres pielęgnacji trwa do momentu przykrycia przez łęty międzyrzędzi. Wynosi to w przeciętnych warunkach Polski ok. 8 tygodni od daty posadzenia. Zabiegi pielęgnacyjne obejmują zatem obsypywanie ziemniaków oraz zwalczanie chwastów, chorób i szkodników. Obsypywanie i formowanie redlin realizowane są przy użyciu różnorodnych obsypników, a zwalczanie chwastów, chorób i szkodników wykonuje się w zależności od możliwości metodą mechaniczną, chemiczną i mechaniczno-chemiczną. Dobrze uformowane redliny mają wysokość ok. 25 cm, są szerokie o wyraźnym trapezowym przekroju. Redliny należy formować tak, aby bulwy znajdowały się powyżej dna bruzd, co ogranicza uszkodzenia bulw przez przecięcie ich lemieszem zespołu wyorującego oraz masę ziemi przechodzącą przez maszynę.

Mechaniczne zwalczanie chwastów polega na ich zwalczaniu za pomocą prostych narzędzi uprawowych, takich jak: obsypnik, brona chwastownik, pielnik redlinowy lub połączenie korpusu obsypnika z broną zgrzeblem. Do wschodów należy wykonać trzy lub cztery zabiegi: przemienne obsypywanie (3-4 razy) i pielienie (3-4 razy). Jeżeli z obsypnikiem

współpracuje brona zgrzebło i zabiegi są łączone, wystarcza trzykrotny zabieg. Po wschodach, gdy rośliny osiągną ok. 10 cm wysokości, należy wykonać dalsze zabiegi, aż do zwarcia międzyrzędzi. Przeciętnie stosuje się 2-3 zabiegi obsypywania, a w razie konieczności pielnie [Gabriel 1974].

Metoda chemiczna ochrony plantacji polega na stosowaniu herbicydów od posadzenia aż do zwarcia międzyrzędzi. W naszych warunkach jest to metoda mało przydatna i rzadko stosowana.

Metoda mechaniczno-chemiczna polega na wykonaniu 2-3 zabiegów mechanicznych do wschodów (obsypywanie, pielnie), a przed wschodami lub tuż po wschodach stosować określone herbicydy. Po wschodach nie należy stosować żadnych zabiegów mechanicznych, za wyjątkiem ostatniego formowania redlin, jeżeli zostały one rozmyte wodami opadowymi. Przeciw chorobom i szkodnikom stosuje się opryski właściwymi środkami przy użyciu atestowanych opryskiwaczy. Najczęściej stosowanymi zabiegami ochronnymi są zabiegi przeciw chorobom takim, jak: alternarioza, zaraza ziemniaczana oraz szkodnikom, głównie przeciw stonce ziemniaczanej. W gospodarstwach ekologicznych stosować należy mechaniczną walkę z chwastami, a w razie konieczności preparaty dopuszczone do zwalczania chorób, szkodników i chwastów.

Negatywny wpływ wzrostu zachwaszczenia na uszkodzenia bulw podczas zbioru kopaczką przENOŚNIKOWĄ i kombajnami wykazali m. in. Nowacki [1983] oraz Gruczek i in. [1985]. Stwierdzili, że wartość wskaźnika uszkodzeń bulw wzrastała wraz ze wzrostem zachwaszczenia plantacji. Wyniki badań autora w tym zakresie przedstawia tabela 44, a Gruczka i innych – tabela 45.

Tabela 44. Wartość wskaźnika uszkodzeń na plantacjach o różnym poziomie zachwaszczenia (kopaczka przENOŚNIKOWA)

Badany czynnik	Zachwaszczenie [t·ha <sup>-1</sup> ]				
	1978			1980	
	0,88	2,06	4,53	5,32	6,51
Wskaźnik uszkodzeń W [%]	27,0	30,0	53,9	14,0	18,0

Źródło: badania własne

Tabela 45. Wpływ zachwaszczenia na mechaniczne uszkodzenia i plon bulw ziemniaka (zbiór kombajnowy)

Zachwaszczenie	Masa porostu [t·ha <sup>-1</sup> ]			Wskaźnik uszkodzeń W [%]	Plon [t·ha <sup>-1</sup> ]
	Chwasty	Łęty	Łącznie		
Małe	0,7	2,3	3,0	22,0	21,2
Średnie	1,8	2,1	3,9	24,0	22,2
Duże	7,1	1,4	8,5	32,0	18,0

Źródło: Gruczek i in. 1985

Autor przeprowadził podobne badania w latach 1986-89 w 8 gospodarstwach, na 36 polach doświadczalnych i 15 odmianach ziemniaków. Uzyskane wyniki przedstawione w tabeli 46 jednoznacznie potwierdzają hipotezę o szkodliwym wpływie wzrastającego zachwaszczenia na wartość wskaźnika uszkodzeń bulw. Zbiór przeprowadzono kombajnami: Z-644, Z-642, Z-614 i E 667/2.



Tabela 46. Wpływ zachwaszczenia i masy łątów na wartość wskaźnika mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka

Zachwaszczenie [t·ha <sup>-1</sup> ]	Łąty [t·ha <sup>-1</sup> ]	Łącznie [t·ha <sup>-1</sup> ]	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]
1,4	1,9	3,3	16,0
2,3	2,2	4,5	16,4
4,7	4,5	9,2	26,1

Źródło: badania własne

Ocena wpływu metod pielęgnacji plantacji na wartość wskaźnika uszkodzeń bulw wykazała [badania własne], że pomiędzy pielęgnacją metodą mechaniczną, a mechaniczno-chemiczną istnieje różnica (wskaźnik uszkodzeń 21,2% dla metody mechanicznej i 17,8% dla metody mechaniczno-chemicznej), ale jest ona statystycznie nieistotna. Zaobserwowane niewielkie zwiększenie uszkodzeń w metodzie pielęgnacji mechanicznej spowodowane zostało prawdopodobnie wzrostem zbrylenia gleby w stosunku do metody mechaniczno-chemicznej. Przedstawione wyniki wyraźnie wskazują na negatywny wpływ masy porostu na plantacji (a szczególnie zachwaszczenia) na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw podczas zbioru zmechanizowanego i wysokość plonu.

#### 4.3.5. Przygotowanie plantacji do zbioru

Prawidłowe wykonanie zmechanizowanego zbioru oraz dobra jakość zebranego plonu bulw w dużym stopniu zależą od właściwego przygotowania plantacji, czyli zniszczenia łątów i chwastów. Przygotowanie plantacji do zbioru ma na celu:

- przyspieszenie dojrzewania bulw, szczególnie odmian średnio późnych i późnych, co powoduje skorkowacenie skórki (perydermy) i zmniejszenie siły wiązania bulw ze stolonami, a w konsekwencji istotnie zmniejsza uszkodzanie bulw podczas zbioru;
- zabezpieczenie bulw przed chorobami wirusowymi i zarazą ziemniaka;
- ułatwienie pracy maszyn do zbioru i uzyskanie większej ich wydajności przy mniejszym zużyciu;
- uzyskanie wyższego plonu sadzeniaków i lepszej ich zdrowotności;
- uzyskanie plonu dostosowanego do potrzeb rynków zbytu;
- niższy procent ubytków masy bulw podczas przechowywania.

Niszczenie łątów należy wykonać:

- 7 dni przed zbiorem, jeżeli łąty są żółte i rozpoczyna się ich naturalne zasychanie,
- 14 dni przed zbiorem, jeżeli łąty są zielone, ale już rozpoczyna się ich żółknięcie,
- 21 dni przed zbiorem, jeżeli łąty są całkowicie zielone.

Do niszczenia łątów i chwastów przed zbiorem można zastosować następujące metody:

- mechaniczną – przy użyciu rozdrabniaczy lub wrywaczy łątów,
- mechaniczno-chemiczną – przy użyciu rozdrabniacza łątów, a następnie opryskiwacza ze środkiem chemicznym typu defoliant,
- chemiczno-mechaniczną – stosując najpierw oprysk defoliantem, a potem rozdrabnianie łątów,
- chemiczną – opryskiwanie defoliantem w jednej lub w dwóch dawkach,

- termiczną – polegającą na wypalaniu łątów i chwastów otwartym płomieniem gazu, wytwarzanym w płomieniowym wypalaczu zawieszonym na trójpunktowym układzie zawieszenia ciągnika (niszczarka łątów). Powstające płomienie mogą osiągnąć temperaturę do 1000°C i poprzez gwałtowne ogrzanie roślin powodują ich zniszczenie.

Badania nad wpływem terminowego niszczenia łątów na siłę wiązania bulw ze stolonami przeprowadzono w latach 1983-95 w Instytucie Ziemiaka w Jadwisinie [Gruczek 1997]. Stwierdzono, że zależnie od odmiany, siła wiązania bulw ze stolonami zmniejszyła się od 20% dla odmian słabo reagujących na ten zabieg, do 100% dla odmian reagujących bardzo silnie na zabieg niszczenia łątów. Badania autora prowadzone w latach 1986-89 w pełni potwierdzają tezę o pozytywnym wpływie niszczenia łątów i chwastów przed zbiorem na wielkość strat i uszkodzeń bulw ziemniaka podczas zmechanizowanego zbioru. Przedstawione w tabeli 47 wyniki wyraźnie wskazują, że wraz ze wzrostem masy łątów na plantacji wzrasta ilość uszkodzeń bulw. Negatywny wpływ nadmiaru masy łątów objawia się tym, że wymusza bardziej intensywne działanie zespołów separujących, a to w konsekwencji prowadzi do zwiększenia uszkodzeń bulw.

Tabela 47. Wartość wskaźnika uszkodzeń bulw (W) w zależności od masy łątów na plantacji podczas zbioru

Lp.	Masa łątów [t·ha <sup>-1</sup> ]	Wskaźnik uszkodzeń bulw [%]
1.	1,3	17,0
2.	1,7	19,0
3.	1,9	23,0
4.	2,3	25,0
5.	3,2	26,0
6.	5,4	30,0
7.	6,0	38,0

*Źródło: badania własne*

Według badań wykonanych w Instytucie Ziemiaka [Ziemiak. Praca zbiorowa 1987, Gruczek i in 1985], procent bulw uszkodzonych mechanicznie na plantacji przygotowanej do zbioru w stosunku do plantacji nieprzygotowanej wynosi jak 1:1,5, czyli jest niższy o ok. 33%, co dość wyraźnie widać w tabeli 47. Zmniejsza się również pracochłonność zbioru, masa bulw pozostawionych na polu oraz czas przestojów technologicznych.

#### 4.3.6. Technika i technologia zbioru bulw ziemniaka

Zbiór ziemniaków jest pracochłonną i energochłonną czynnością decydującą o jakości zbieranego plonu. Stanowi on ponad 40% nakładów pracy poniesionych na uprawę ziemniaków i jego przebieg oraz wpływa bezpośrednio na wielkość strat. Ubocznym, ale istotnym skutkiem mechanizacji zbioru są mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka. Zarówno badania krajowe, jak i zagraniczne wykazują, że znaczna część plonu bulw ulega podczas zbioru i obróbki pozbiorowej uszkodzeniom, które mierzone wskaźnikiem uszkodzeń mogą osiągać wielkość 30%, a nawet więcej. Jeżeli w uszkodzeniach przeważają głębokie uszkodzenia zewnętrzne (powyżej 5,1 mm) i uszkodzenia wewnętrzne (ciemnienie miąż-

szu), to bulwy takie nie nadają się ani do bezpośredniej konsumpcji, ani też do przerobu na produkty uszlachetnione i krochmal. Trudność w uzyskaniu dobrego jakościowo plonu polega na tym, że zawartość bulw w mieszaninie wchodzącej do maszyny wynosi w zależności od jakości uprawy i wilgotności gleby od 1% do 25%, co oznacza, że musimy odrzucić (wyseparować) od 99% do 75% zbędnych składników (takiej proporcji nie wykazują żadne inne separowane ziemniaki). Zbiór powinien być tak przeprowadzony, aby maksymalnie ograniczyć:

- procent bulw uszkodzonych mechanicznie,
- zanieczyszczenie bulw ziemią, bulwami matecznymi i resztkami łętów,
- straty bulw pozostawionych na plantacji.

Charakterystykę plantacji bulw ziemniaka oraz niektórych wskaźników fizycznych przedstawiono w tabeli 48.

Ostatnio szczególną uwagę poświęca się minimalizacji uszkodzeń bulw poprzez tworzenie konstrukcji maszyn nowej generacji oraz nowych technologii zbioru. Istotnymi czynnikami mającymi wpływ na powstawanie uszkodzeń bulw podczas zbioru są:

1 – temperatura gleby:

- temperatura podczas zbioru powinna wynosić co najmniej 10°C,
- unikać zbioru w temperaturach niższych, szczególnie przy odmianach wrażliwych na poudarzeniowe ciemnienie miąższu,

2 – wilgotność gleby:

- wilgotność gleby powinna wynosić 10-15%, bo zarówno zbyt niska, jak i zbyt wysoka wilgotność negatywnie oddziałuje na bulwy pod kątem ich uszkodzenia,
- unikać zbioru po gwałtownej zmianie wilgotności (duże opady), ponieważ bulwy stają się zbyt jędrne i delikatne, co jest przyczyną wzrostu ich uszkodzeń (odczekać nawet 4-5 dni),

Oprócz polowych warunków, istotnym dla ograniczenia uszkodzeń bulw jest właściwe przygotowanie maszyn i ich parametrów regulacyjnych dla konkretnych warunków zbioru tak, aby:

- utrzymać bulwy w ochronnej warstwie ziemi na całej długości przenośnika odsiewającego, gdzie najbardziej narażone są na uszkodzenia,
- utrzymać właściwą relację pomiędzy prędkością przenośnika odsiewającego ( $V_p$ ) [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ], a prędkością roboczą maszyny ( $V_m$ ) [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ] (na glebie suchej i lekkiej stosunek ten powinien wynosić 0,8-1,0, a na glebach zwięzłych i wilgotnych powyżej 1,0),

$$\frac{V_p}{V_m} = T_m \cdot \frac{L}{4} \cdot T_p \quad (11)$$

Źródło: Gravouille 1996

gdzie:  $V_p$  – prędkość przenośnika [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  
 $V_m$  – prędkość maszyny [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ],  
 $T_m$  – czas przejazdu odcinka kontrolnego, np. 20 m [s],  
 $T_p$  – czas określonej liczby obrotów przenośnika odsiewającego [s],  
 $L$  – całkowita długość przenośnika odsiewającego [m].

Tabela 48. Cechy charakterystyczne plantacji i bulw ziemniaka w okresie zbioru

Lp.	Cecha	Jednostka miary	Wartości			Uwagi
			minim.	max.	średnie	
1.	SZEROKOŚĆ MIĘDZYRZĘDZI	cm	62,5	75 – 90	67,5 – 75	
2.	Liczba krzaków (gniazd) na plantacji	tys.szt·ha <sup>-1</sup>	40 – 45	60 – 80	46 – 60	
3.	Szerokość rzędu gniazd	cm	20 – 25	30 – 40	25 – 35	
4.	Długość gniazda	cm	30 – 34	45 – 50	32 – 34	
5.	Odległość między gniazdami w rzędzie	cm	20 – 35	30 – 40	25 – 40	
6.	Szerokość redliny:					
	- u podstawy	cm	40 – 47	55 – 60	48 – 55	
	- u wierzchołka (grzbietu)	cm	17 – 20	26 – 30	20 – 26	
7.	Wysokość redliny	cm	12 – 15	20 – 24	18 – 22	
8.	Głębokość zalegania w redlinie bulw najgłębiej położonych	cm	10 – 12	18 – 20	14 – 17	
9.	Przekrój redliny podbieranej przez lemiesz	dm <sup>2</sup>	4,0 – 5,0	5,5 – 6,5	4,5 – 5,5	
10.	Plon ziemniaków	t·ha <sup>-1</sup>	12 – 16*	45 – 60	25 – 35	
11.	Plon z jednego gniazda	kg	0,3 – 0,4*	0,8 – 1,2	0,7 – 0,9	*wczesne
12.	Liczba bulw w gnieździe	szt.	6 – 10	18 – 20	14 – 18	*wczesne
13.	Wymiary bulwy użytkowej					
	- długość	mm	35 – 45	120–180	60 – 90	
	- szerokość	mm	30 – 40	70 – 120	45 – 75	
	- grubość	mm	28	70 – 100	40 – 65	
14.	Masa bulwy	g	20 – 30	125–180	50 – 70	
15.	Plon łętów świeżych w końcu wegetacji	t·ha <sup>-1</sup>	8 – 12	30 – 40	20 – 30	
16.	Plon łętów zeschniętych lub zniszczonych mechanicznie	t·ha <sup>-1</sup>	1 – 2	3 – 5	2 – 4,0	
17.	Plon łętów świeżych na jednym krzaku	kg	0,2 – 0,4	0,7 – 1,2	0,5 – 0,6	
18.	Długość łętów	cm	35 – 50	100–130	70 – 90	
19.	Siła na wyrwanie łętów z ziemi	N	40 – 80	120–180	80 – 100	
20.	Siła odrywająca bulwę od stolonu	N	1 – 5	25 – 32	4 – 10	
21.	Udział liczby bulw wyciąganych z wrywaniem łętami	%	15 – 25	50 – 75*	25 – 40	*u odmian wczesnych
22.	Wysokość swobodnego spadania bulwy bez jej uszkodzenia:					
	- na pręty stalowe Ø 5 mm	cm	-	-	15	
	- na pręty stalowe Ø 10 mm	cm	-	-	25	
	- na równe podłoże betonowe	cm	-	-	30	
	- na podłoże drewniane	cm	-	-	40	
	- na ziemniaki	cm	-	-	50	
	- na podłoże wyłożone gumą	cm	-	-	70	
	- na glebę	cm	-	-	200	
23.	Stosunek kamieni do ziemniaków:					
	- wg masy	%	0	do 100	20 – 30	
	- wg liczby	%		do 60	10 – 15	
24.	Gęstość w stanie zsypanym	t·m <sup>-3</sup>	0,6 – 0,63	0,63-0,70	0,6	
25.	Ciężar właściwy bulw	N·m <sup>-3</sup>	1,05 x 10 <sup>4</sup>	1,15x10 <sup>4</sup>	1,10 x 10 <sup>4</sup>	
26.	Prędkość krytyczna powietrza podczas separacji pneumatycznej:					
	- do podnoszenia kamieni	m·s <sup>-1</sup>	32 – 40	70 – 92	45 – 60	
	- do podnoszenia brył ziemi	m·s <sup>-1</sup>	28 – 35	45 – 70	40 – 55	
	- do podnoszenia bulw	m·s <sup>-1</sup>	24 – 31	40 – 63	40 – 30	

Źródło: Karwowski 1982

### Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka

- możliwa była regulacja wysokości spadku bulw na środek transportowy w zakresie 0,3-0,5 m,
- ograniczyć uszkodzenia bulw poprzez wyposażenie dna zbiorników i skrzyń ładunkowych w amortyzatory spadku lub ograniczniki spadku (pasy elastyczne lub płótna z naciągaczami),
- utrzymać właściwą głębokość kopania (tuż poniżej zalegania bulw w redlinie), ponieważ nieregularna głębokość kopania zwiększa niebezpieczeństwo uszkodzeń bulw głównie przez ich nacinanie lub rozcinanie.

Stopień złożoności konstrukcji maszyn kopiących oraz ich przystosowanie do ograniczania uszkodzeń ma bezpośredni związek z mechanicznym uszkodzeniem bulw ziemniaka podczas zbioru.

Wyniki badań nad wpływem typu maszyny do zbioru na uszkodzanie bulw przedstawiono w tabeli 49.

Tabela 49. Wpływ rodzaju maszyny kopiącej na kształtowanie się wskaźnika uszkodzeń bulw [W]

Lp.	Typ maszyny	Wskaźnik uszkodzeń	Lata badań
1.	Kopaczka przenośnikowa Z 609/2	10,7	1975 – 1985
2.	Kombajn Z 614	13,9	1986 – 1988
3.	Kombajn Z 643	9,5	1994 – 1996
4.	Kombajn Z 644	17,0	1975 – 1988
5.	Kombajn E 667/4	22,6	1976 – 1978
6.	Kombajn E 667/0*	18,5	1975 – 1979

Źródło: badania własne; \*Gastol i in. 1985

Wyniki przedstawione w tab. 49 wskazują, że kombajny o bardziej złożonej konstrukcji (E667, E667/4) uszkodzają bulwy bardziej niż proste w budowie kombajny jednorzędowe (Z614, Z643, Z644).

Coraz powszechniej stosowane technologie zbioru, mające w założeniu ograniczać uszkodzenia bulw podczas zbioru zmechanizowanego, zakładają zbiór dwufazowy, przy użyciu kopaczki przenośnikowej, jako maszyny kopiącej (1 faza) i uproszczonego kombajnu zbierającego bulwy z wałów ułożonych na powierzchni gleby (2 faza). Kopaczka wykopuje bulwy z redlin i układa je w warstwie na powierzchni gleby, zawężając jej szerokość do szerokości roboczej podbieracza maszyny zbierającej, którą może być kopaczka ładująca lub kombajn zaopatrzony w podbieracz bulw. Wykopane bulwy należy pozostawić na powierzchni gleby przez okres 2-3 godzin. W tym czasie bulwy obsychają, skórka twardnieje i następuje wstępne kondycjonowanie bulw. Tak przygotowane bulwy powinny być zbierane w temperaturze powyżej 10°C, co gwarantuje zmniejszenie uszkodzeń zewnętrznych bulw i ogranicza wewnętrzne ciemnienie poudzierzeniowe miąższu. Oprócz zmniejszenia uszkodzeń głównie wewnętrznych, technologia ta zwiększa wydajność maszyn do zbioru, przede wszystkim zaś maszyn zbierających. Warunkiem poprawnego stosowania tej metody jest brak zakamienienia gleby i w odpowiednim terminie zniszczenie lętoń.

Autor przeprowadził tego typu badania przy użyciu dwurzędowej kopaczki przenośnikowej, zawężającej wał do szerokości 50-60 cm. Była to kopaczka Z-628/1 przystosowana do tego typu technologii zbioru. Maszyną zbierającą był kombajn Z-643 z zespołem pod-

bierającym konstrukcyjnie przystosowanym do zbioru cebuli, a zmodyfikowanym do zbioru bulw. Technologią uprawy była uprawa zagonowa z zagonami dwurzędowymi. Ogólny wskaźnik uszkodzeń dla tej metody wyniósł 9,86%, a dla metody jednofazowej 9,43%. Uzyskane wyniki nie są istotnie zróżnicowane. Badania prowadzono w latach 1994-1996. Stwierdzić zatem można, że zaangażowanie w procesie zbioru większej liczby maszyn, niż w technologii jednofazowej, nie spowodowało zwiększenia uszkodzeń bulw podczas zbioru. Potwierdziły to również badania Scholza [1990] i Spechta [1988]. Również badania Jasińskiego [1985] wskazują, że technologie zbioru jednofazowego i dwufazowego dają bardzo podobne wyniki uszkodzeń bulw (nie różniące się statystycznie). Jako dodatkową zaletę metody dwufazowej autor ten podkreśla wyższą wartość handlową bulw, a w wyższych temperaturach zbioru (18°-22°C) także obsuszenie bulw w polu, co daje możliwość całkowitej rezygnacji z dosuszania ich w przechowalni. Ograniczeniem stosowania tej metody jest zmienność warunków pogodowych w okresie zbioru, głównie temperatury i opadów.

Na glebach niezakamienionych uszkodzenia bulw podczas zbioru można zmniejszyć stosując na pręty przenośnika odsiewającego kombajnu powłoki ochronne (guma, PCV). Badania przeprowadzone przez autora wykazały, że wskaźnik uszkodzeń bulw zmniejsza się wraz ze wzrostem stopnia pokrycia prętów przenośnika (33%, 50%, 100%). Odpowiadające stopniom pokrycia prętów wartości średnie wskaźnika uszkodzeń wynoszą: 23,2% przy pokryciu wszystkich prętów, 32,6% przy pokryciu co drugiego pręta oraz 43,7% przy pokryciu co trzeciego pręta. Można więc, z całą pewnością, stwierdzić, że stosowanie powłok ochronnych na prętach przenośników oraz innych zabezpieczeń przeciwuszkodzeniowych bulw w maszynach do zbioru ma pozytywny wpływ na zmniejszenie się uszkodzeń mechanicznych bulw ziemniaka, a tym samym na poprawę ich jakościowych cech handlowych i przechowalniczych. Stosowana w większości maszyn regulacja intensywności wstrząsów, przenośnika odsiewającego, może również mieć wpływ na uszkodzanie bulw ziemniaka.

Zwiększenie intensywności wstrząsów (drgań) przenośnika ma poprawić odsiewanie frakcji przesiewalnych i rozbijanie brył ziemi, ale niewłaściwie zastosowana zwiększa uszkodzenia bulw, głównie w wyniku uderzeń o pręty. Przyjmując „zdolność” maszyny do uszkodzania bulw, jako jej własności, można dla każdej z maszyn określić współczynnik jakości zbioru, a dla odmian współczynnik podatności na uszkodzenia mechaniczne przy zbiorze określoną maszyną. Współczynnik jakości zbioru  $T'$  określa stosunek masy bulw nieuszkodzonych mechanicznie przez maszynę do całkowitej masy bulw wchodzących do maszyny [Burkiewicz, Marks 1986]

$$T' = \frac{M_1}{M} \quad (12)$$

Źródło: Burkiewicz, Marks 1986

gdzie:

- $T'$  – współczynnik jakości zbioru,
- $M$  – masa bulw wchodzących do maszyny [t],
- $M_1$  – masa bulw nie uszkodzonych przez maszynę [t].

Współczynnik podatności odmian na uszkodzenia mechaniczne  $T''$  opisuje stosunek masy bulw mechanicznie uszkodzonych przez maszynę do masy bulw wchodzących do maszyny.

$$T'' = \frac{M_2}{M} \quad (13)$$

Źródło: Burkiewicz, Marks 1986

gdzie:

- $T''$  – współczynnik podatności odmian na uszkodzenia mechaniczne,
- $M$  – masa bulw wchodzących do maszyny [t],
- $M_2$  – masa bulw uszkodzonych mechanicznie przez maszynę do zbioru [t].

Współczynnik jakości zbioru opisany zależnością 12 przybrał następujące wartości dla poszczególnych odmian [Marks 1986]: Ina – 0,84; Kora 0,77-0,89; Pola 0,70-0,84; Ronda 0,84, Sokół 0,74-0,82, Ryś 0,69-0,87, natomiast współczynnik podatności odmian na uszkodzenia mechaniczne opisany zależnością (13) przybrał następujące wartości dla badanych odmian: Ina 0,16; Kora 0,11-0,22; Pola 0,16-0,30; Ronda 0,16; Sokół 0,18-0,26; Ryś 0,13-0,31. Przedstawione wskaźniki wyraźnie wskazują na zróżnicowaną reakcję odmian pod tym kątem, ponieważ zbiór przeprowadzony był przy użyciu tego samego kombajnu Z-644 w tych samych warunkach glebowych i w podobnych warunkach klimatycznych.

Poważny wpływ na uszkodzenia bulw podczas zbioru mają takie parametry robocze maszyn, jak prędkość i głębokość robocza. Zbyt głębokie ustawienie lemieszki wyorującej pociąga za sobą duży wzrost obciążenia maszyn masą przerzucanej gleby i zwiększa awaryjność ich pracy, natomiast zbyt płytkie ustawienie lemieszki powoduje rozcinanie bulw, zwiększając ich straty i uszkodzenia. Przy głębokości roboczej 15 cm przerzuca się około 1000 t gleby na 1 ha, przy 18 cm 1500 t, a przy 20 cm już 1800 t·ha<sup>-1</sup>. Jeżeli chodzi o prędkość roboczą maszyny, to jej wzrost może spowodować zwiększenie uszkodzeń bulw a jej zmniejszenie, spadek liczby bulw uszkodzonych. Dla konkretnych warunków siedliskowych trzeba dobrać prędkość optymalną dla danych warunków, korespondującą z prędkością przenośnika odsiewającego. Zatem wpływ na uszkodzenia bulw podczas zbioru ma szereg czynników, które można określić jako czynniki siedliskowe, klimatyczne, agrotechniczne oraz związane z techniką i technologią zbioru.

## Podsumowanie

Na zakończenie należałoby postawić pytanie: czy można uniknąć mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka? Odpowiadając jednoznacznie stwierdzam, że nie, ponieważ niemożliwy do wyeliminowania kontakt bulwy z elementami roboczymi maszyn do zbioru i obróbki pozbiorowej, nieciągłość budowy (struktury wewnętrznej bulwy) jako materiału anizotropowego, mikroskopowe pęknięcia, pory i przestrzenie międzykomórkowe oraz genetycznie uwarunkowana reakcja bulwy na obciążenia zewnętrzne są powodem powsta-

wania zniszczenia struktury bulwy pod wpływem siły zewnętrznej występującej w relacji maszyna – bulwa. Hipotezę tę zdaje się również potwierdzać teoria defektów struktury krystalicznej, którą można tu przyjąć (zastosować), ponieważ błona komórkowa posiadając strukturę ciekłego kryształu wykazuje podatność (wrażliwość) na zniszczenie tej struktury w miejscu wystąpienia jej defektu. Zatem różnego rodzaju defekty struktury muszą prowadzić do jej uszkodzenia i wystąpienia określonych objawów tego uszkodzenia. Skoro zatem nie da się uniknąć uszkodzeń, czy da się ograniczyć ich wielkość? I tu odpowiedź jest pozytywna – można ograniczyć skalę uszkodzeń stosując się do zaleceń w tej kwestii, obejmujący ograniczający uszkodzenia bulw wpływ określonych, a przebadanych czynników. Następne pytanie, które należy postawić brzmi: czy można określić skalę (poziom) wystąpienia uszkodzeń? Można, ale tylko szacunkowo z pewnym prawdopodobieństwem, ale nie dokładnie. Co zatem można w tej kwestii zrobić? Trzeba dostosować się w tym względzie do wszystkich reguł, zaleceń i zdobyczy nauki i praktyki związanych z produkcją ziemniaków pod kątem ich użytkowego przeznaczenia, co z całą pewnością przełoży się na efekt ekonomiczny.



## **Bibliografia**

- Bachthaler G., Hunnius W.** 1971. Phosphatdüngung und Vollerntoverträglichkeit. Der Kartoffelbau, 9.
- Baganz K.** 1968. Untersuchungen über den Temperatureinfluß auf verschiedene Festigkeitskennwerte der Kartoffel. A. Thear Arch. 12.
- Baganz K., Rösel W.** 1960. Messverfahren zur Prüfung von Kartoffelsammelroder. Proc. EARP.
- Blecha A., Stampach S.** 1960. Towaroznawstwo ziemniaka. PWRiL, Warszawa.
- Boligłowa E.** 1995. Wpływ dolistnego dokarmiania na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. Rozprawa Naukowa – WSR-P, Siedlce.
- Burkiewicz B., Marks N.** 1985. Nowe spojrzenie na problematykę oceny odporności bulw ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 76-C-1.
- Burkiewicz B., Marks N.** 1986. Nowe spojrzenie na problematykę oceny odporności bulw ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 76-C-4.
- Burton W.G., Wigginton M.J.** 1970. The effect of a film water upon the oxygen status of a potato tuber. Potato Res., 13.
- Ciećko i in.** 2000. Reakcja między nawożeniem a wielkością bulw ziemniaka u odmiany Miła. Konferencja Naukowa „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie” Polanica Zdrój.
- Czerko Z., Gastol J., Manikowski Z.** 1985. Wpływ dwóch metod zbioru na trwałość przechowalniczą ziemniaków ze szczególnym uwzględnieniem uszkodzeń mechanicznych. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, Nr 33.
- Dambroth M.** 1967. Der Einfluß von Umwelt und pflanzenbaulichen Massnahmen auf die spezifische Widerstandsfähigkeit von Kartoffelknollen gegen mechanische Belastungen. Dissertation, Griesen.
- Dzienia S., Szarek P.** 2000. Efektywność uprawy i nawożenia organicznego ziemniaka na glebie kompleksu żytniego dobrego. VII Międzynarodowe Sympozjum Instytutu Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Warszawa.
- Finney E., Findlen H.** 1967. Influence of preharvest treatment upon turgor of Katahdin potatoes. Am Potato J. 44.
- Gabriel W.** 1974. Ziemniak. PWRiL Warszawa.
- Gall H., Lamprecht P., Fechter E.** 1967. Erste Ergebnisse mit den Rückschlagpendel zur Bestimmung der Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelknollen. Eur Potato J. 10.
- Galliard T.** 1973. The enzymic breakdown of membrane lipids in potato tubers. Proc. 5<sup>th</sup> Trien. Conf. EAPR, Norwich 1972.
- Gastol J.** 1985. Metoda badań odporności bulw na uszkodzenia mechaniczne, stosowana w doświadczeniach agrotechnicznych. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 33, Bonin.
- Gastol J.** 1985. Wpływ temperatury gleby na uszkodzenia mechaniczne bulw powstające w czasie zbioru. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 33, Bonin.
- Gastol J., Czerko Z., Żychoń S., Manikowski Z.** 1985. Wpływ sposobu zbioru na uszkodzenia mechaniczne bulw kilku odmian ziemniaka. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 33, Bonin.
- Goc K., Wierzejska A., Pietryka M.** 1982. The effect of some agrotechnical measures on potato tuber resistance to mechanical damage. II International conference on physical properties of agricultural materials and their influence on technological processes. Gödöllő, Hungary.
- Gravouelle J.M.** 1996. Endommagements facteurs de sensibilisation et prevention. La Pomme de Terre, française, nr 496.
- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin.

- Gruczek T.** 1994. Mechanizacja uprawy gleby i nawożenia pod ziemniaki. *Ziemniak Polski*, nr 3, IZ Bonin.
- Gruczek T.** 1997. Ograniczenie uszkodzeń mechanicznych w czasie zbioru podstawowym warunkiem poprawy jakości produkowanych bulw. *Ziemniak Polski*, nr 3, IZ Bonin.
- Gruczek T., Gastol J., Gójski B.** 1992. Wpływ głębokości uprawy ziemniaka na warunki zbioru, plon, i jego straty. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, nr 41, Bonin.
- Gruczek T., Gójski B., Manikowski Z.** 1985. Wpływ zachwaszczenia plantacji ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne bulw powstające w czasie zbioru w warunkach produkcyjnych. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, nr 33, Bonin.
- Grzeškiewicz H., Gruczek T., Gójski B.** 1985. Wpływ poziomego nawożenia mineralnego na uszkodzenia mechaniczne bulw powstające w czasie zbioru w warunkach produkcyjnych. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, nr 33, Bonin.
- Haman J., Konstankiewicz K., Zdunek A.** 1999. Badanie procesów pęknięcia tkanki rdzenia wewnętrznego i zewnętrznego bulwy ziemniaka. *Acta Agrophysica*, nr 24, Instytut Agrofizyki PAN Lublin.
- Hampson C.P., Dent T.J., Fox W.R.** 1969. Investigations on damage and damage susceptibility measurements on potatoes. *Proc EARP*, Brest.
- Hesen J.C., Kroesbergen E.** 1960. Mechanical damage to potatoes, I *Eur. Potato J.*, 1.
- Hesen J.C., Kroesbergen E.** 1960. Mechanical damage to potatoes, II *Eur. Potato J.*, 3.
- Holm D.G., Nylund R.E.** 1978. The influence of potassium fertilizer application on tuber yield and mineral element content of potato tubers during the growing season. *Am. Potato J.*, 55.
- Hudson D.E.** 1975. The relationship of cell size, intercellular space and specific gravity to bruise depth in potatoes. *Am. Potato J.*, 52.
- Huff E.R.** 1971. Tensile properties of potato tubers. *Am. Potato J.*, 48.
- Hughes J.C.** 1980. Potato: factors affecting susceptibility to damage. *SPAN*, 23, 2.
- Hunnus W., Bachthaler G., Munzert M.** 1972. Zum Einfluß des Stickstoffs auf die Vollernteverträglichkeit der Kartoffelknolle. *Potato Res.* 15.
- Hunnus W., Munzert M.** 1979. Zur Höhe und Verteilung der Stickstoffgaben bei Kartoffeln in Abhängigkeit von der Sorte. Summary: Effect of single and multiple applications of different total amounts of nitrogen to the potato crop in relation to variety. *Potato Res* 22:302.
- Hunnus W., Wick H.** 1971. Stickstoffdüngung und Vollernteverträglichkeit. *Der Kartoffelbau*, 4.
- Jabłoński K.** 1993. Wpływ różnych czynników na uszkodzenia mechaniczne bulw. *Ziemniak Polski*, nr 4, IZ Bonin.
- Jakubowski T.** 2006. Wpływ pH gleby na siłę przebiccia skórki bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 511, cz. II, PAN Warszawa.
- Jasiński B.** 1985. Dwufazowy zbiór ziemniaków. *Mechanizacja Rolnictwa*, nr 11.
- Jastrzębski K.** 1973. Odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. Praca doktorska, Bonin.
- Jastrzębski K.** 1985. Uszkodzenie bulw podczas zbioru ziemniaków. *Poradnik plantatora roślin okopowych*, nr 8.
- Jastrzębski K., Werner E.** 1971. Synteza materiałów wyjściowych dla hodowli ziemniaków przystosowanych do wymogów mechanizacji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 118, PAN Warszawa.
- Karwowski T.** 1980. Kompleksowa mechanizacja produkcji ziemniaków. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i leśne, Warszawa.
- Karwowski T.** 1982. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych, t. 2, cz. II: Maszyny do zbioru ziemniaków i buraków cukrowych. *PWRiL* Warszawa.
- Koźmiński C.** 1978. Plonowanie ziemniaków na Stacji Agrometeorologicznej w RZD Lipki k. Stargardu w zależności od przebiegu warunków wilgotnościowych powietrza i gleby w latach 1962-1977. *Zesz. Nauk. AR*, 72, Szczecin.

- Kröner W., Völksen W.** 1950. Die Kartoffel, Heft. 9, 2. Ausgabe, Verlag J. A. Barth, Leipzig, 19, 101.
- Krzysztofik B.** 1986. Odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia w okresie zbioru w zależności od nawożenia mineralnego. Praca doktorska.
- Krzysztofik B.** 1994. Zależność pomiędzy budową anatomiczną perydermy bulw ziemniaka a ich odpornością na uszkodzenia mechaniczne. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN z. 416.
- Krzysztofik B.** 1995. Pomiar metodą fotooptyczną wielkości komórek perydermy i parenchymy i jej związek z odpornością bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych PAN, z. 426.
- Kunkel R., Gardner W.J.** 1970. Potato tuber hydration and its effect on blackspot of Russet Burbank potatoes in the Columbia Basin of Washington. Am. Potato J. 47.
- Kunkel R., Gardner W.J.** 1971. An efficient method for testing potato tubers for resistance to blackspot and mechanical damage. Am. Potato J. 48.
- Kunkel R., Holstad N.M.** 1971. Growing blackspot resistant potatoes. Am. Potato J. 48.
- Kunkel R., Weaver M.L., Holstad N.M.** 1970. Blackspot of Russet Burbank potatoes and the carbon dioxide content of soil and tubers. Am. Potato J. 47.
- La Pomme de Terre.** 1996. Francaise, nr 496.
- Lampe K.** 1960. Die Widerstandfähigkeit von Kartoffelknollen gegen Beschädigungen. Eur. Potato J. 3.
- Larsen F.E.** 1962. External and internal blackspot mechanical injury of Washington Russet Burbank potatoes from field to terminal market. Am. Potato J. 39.
- Lewosz J., Reda S., Ryś D., Jastrzębski K., Piątek I.** 1976. Skład chemiczny bulw ziemniaka, a ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 18, Bonin.
- Lis B. i in.** 2000. Sposoby obniżenia zawartości azotanów w bulwach ziemniaka. Konferencja Naukowa „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”, Polanica Zdrój.
- Marks N.** 1981. Wpływ temperatury i wilgotności gleby na kształtowanie się wytrzymałości mechanicznej bulw wybranych odmian ziemniaka. Roczn. Nauk Roln. t. 75-C-1.
- Marks N.** 1986. Wpływ wybranych czynników na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. Rozprawa habilitacyjna nr 107. Zesz. Nauk. AR w Krakowie.
- Marks N.** 1994. Nowa technologia uprawy ziemniaków. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 415.
- Marks N. i in.** 1996. Przyjazna środowisku metoda uprawy i nawożenia ziemniaka. III Międzynarodowe Sympozjum „Ekologiczne aspekty mechanizacji nawożenia, ochrony roślin i uprawy gleby”, IBMER Warszawa.
- Marks N., Baran P., Sobol Z.** 1992. Wpływ czynników agrotechnicznych na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka podczas zbioru. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, z. 11, Kraków.
- Marks N., Biel M., Krzysztofik B.** 1981. Określenie wpływu wielkości i ciężaru bulw na kształtowanie się wytrzymałości mechanicznej bulw wybranych odmian ziemniaka. Roczn. Nauk Roln. t. 75-C-1.
- Marks N., Dębski J.** 1985. Kształtowanie się uszkodzeń mechanicznych w zależności od kształtu i strefy obciążenia bulwy ziemniaka. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Mechanizacja i Energetyka Rolnictwa, z. 3, nr 198.
- Marks N., Juliszewski T.** 1980. Porównawcze badania wytrzymałościowe wybranych odmian ziemniaka. Roczn. Nauk Roln. t. 74-C-3.
- Marks N., Krzysztofik B.** 2000. Wpływ przyjaznego środowiska nawożenia na jakość plonu bulw ziemniaka. VII Międzynarodowe Sympozjum Instytutu Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Warszawa.
- Marks N., Piech T.** 1985. Możliwości zwiększania szerokości międzyrzędzi w uprawie ziemniaków. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, nr 4.

- Marks N., Sobol Z.** 1998. Wpływ metod uprawy i pielęgnacji na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka podczas zbioru. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 343.
- Meinl. G., Effmert E.** 1966. Über die „Schalen und Fleischfestigkeit“ von Kartoffelknollen. Züchter 36.
- Mitrus J.** 1980. Jak zmniejszyć uszkodzenia przy mechanicznym zbiorze ziemniaków. Mechanizacja Rolnictwa, nr 13, Warszawa.
- Nowacki W.** 1983. Wpływ zachwaszczenia plantacji na wydajność pracy kopaczki elewatorowej i uszkodzenia mechaniczne bulw. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 29, Bonin.
- Odmiany ziemniaków.** Charakterystyka tabelaryczna. 2008. Bonin. <http://www.ihar.edu.pl/img/7e8140af.pdf>
- Pätzold Ch.** 1969. Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelknollen in Abhängigkeit von Klimafaktoren. Proc. EARP, BREST.
- Pätzold Ch.** 1973. Der Einfluss von Anbaumassnahmen auf die Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelknollen Kali – Briefe, Fachgeb. 3 Acker und Pflanzenbau.
- Pitt D.** 1975. Changes in activity of lysosomal ribonuclease following mechanical damage to leaves of *Solanum tuberosum* L. Planta (Berl.), 123.
- Reeve R.M., Timm H., Weaver M.L.** 1971. Cell size in Russet Burbank potato tubers with various levels of nitrogen and soil moisture tensions. Am. Potato J. 48.
- Robertson I.M.** 1966. Effect of soil conditions and harvest development of a damage index. Proc. EARP, Zurich.
- Roztropowicz S., Czernik L.** 1985. Wstępne uszeregowanie 30 odmian ziemniaka pod względem odporności bulw na uszkodzenia mechaniczne. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 33, Bonin.
- Roztropowicz S., Somorowska K., Czernik L.** 1985. Skład chemiczny bulw 18 odmian ziemniaka o różnej podatności na uszkodzenia mechaniczne, oznaczonej metodą sortownika laboratoryjnego J. Gastoła w Jadwisinie. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, nr 33, Bonin.
- Safrazbekian O., Gerasimow A.** 1972. Pribor dla opredielenia powidajemosti klubniej. Kartoffel i Owoszczi, 9.
- Sawyer R.L., Collins G.H.** 1960. Blackspot of potatoes. Am. Potato J. 37.
- Schippers P.A.** 1971. Measurement of blackspot susceptibility of potatoes. Am. Potato J. 48.
- Schippers P.A.** 1971. The influence of storage condition on various properties of potatoes. Am. Potato J. 48.
- Scholz B.** 1987. Beetenbau – Ergebnisse aus Versuchen und Perspektiven für weifere entkwicklung. Der Kartoffelbau 38, Jg (2).
- Scholz B.** 1989. Erfahrungen aus vier Jahren beetenbau. Der Kartoffelbau 40, Jg (3).
- Scholz B.** 1990. Anbau von Kartoffeln in Dömmen oder Beeten? Der Kartoffelbau, 41 JG (3).
- Simons D.** 1958. Entstehung und Beurteilung von mechanischen Beschädigungen an Kartoffelknollen durch Erntemaschinen. Eur. Potato J. 1.
- Smittle D. A., Thornton R. E., Peterson C. L., Dean B. B.** 1974. Harvesting potatoes with minimum damage. Am. Potato J., 51.
- Sobol Z.** 1998. Wpływ metod i pielęgnacji na stan plantacji ziemniaka w czasie zbioru. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, nr 343.
- Specht A.** 1965. Beschädigungsarme Kartoffelernte. Der Kartoffelbau, 16.
- Specht A.** 1969. Ergebnisse neuerer Arbeiten über Knollenbeschädigungen. Proc. EARP, Brest.
- Specht A.** 1971. Badania nad odpornością bulw ziemniaka na uszkodzenia przy zastosowaniu „kopaczki w miejscu”. Referat w Słupi Wielkiej na Zjeździe EARP.
- Specht A.** 1981. Beschädigungen auf der Kartoffel vermeiden, AID, Bonn 2, nr 78.
- Szeptycki A.** 1980. Metoda badań uszkodzeń bulw przy badaniach maszyn do zbioru ziemniaków. IBMER XVIII/200.
- Technologia przetwórstwa ziemniaczanego.** 1972. Praca zbiorowa pod red. F. Nowotnego. WNT Warszawa.

- Vollbracht O., Kuhnke U.** 1956. Mechanische Beschädigungen an Kartoffeln. Kartoffelbau, 7.
- Weaver M.L., Hantala E.** 1969. Studies on phenolase and internal discoloration (blackspot) in Russet Burbank potato. Am. Potato J. 46.
- Weaver M.L., Hantala E., Reeve R.M.** 1970. Distribution of oxidase enzymes in potato tubers relative to blackspot susceptibility. I. Phenolase. Am. Potato J. 47.
- Weaver M.L., Hantala E., Reeve R.M.** 1971. Distribution of oxidase enzymes in potato tubers relative to blackspot susceptibility. II. Peroxidase and catalase. Am. Potato J. 48.
- Werner H.C., Dutt J.O.** 1941. Reduction of cracking of late crop potatoes at harvest time by root culting or vine killing. Am. Potato J. 18.
- Wierzejska A.** 1983. Wpływ nawożenia azotowego na odporność bulw na uszkodzenia mechaniczne. Materiały z XVI Sesji Naukowej pt.: „Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia przechowywania”, Instytut Ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 342.
- Wilson E.B.** 1968. Wstęp do badań naukowych. PWN, Warszawa.
- Ziemniak. Technologia uprawy.** 1987. Praca zbiorowa. PWRiL Warszawa.



## **POTATO TUBERS MECHANICAL DAMAGE**

**Abstract.** The study contains results of the research continued for many years on the impact of different factors on the occurrence of mechanical damage of potato tubers in laboratory and field conditions. Introduction contains description of possible tuber damage types and their classification, methods used to measure tuber resistance to mechanical damage - divided into dynamic and static laboratory and field methods, including assessment of usability of these methods in a research of this type. The section describing results available in the literature and those based on own research presents the impact of different factors on resistance (susceptibility) of potato tubers to mechanical damage, including:

- potato variety,
- tuber shape, size and zone,
- tuber ripeness,
- tuber chemical constitution and internal structure,
- soil textural group and humidity,
- soil and potato tuber temperature,
- soil caking and stone content,
- plantation weediness,
- meteorological conditions (fall and temperature),
- landform features,
- potato growing agrotechnology, including: soil cultivation, organic and mineral fertilisation, planting, maintenance operations and plantation preparation for harvest,
- potato tuber harvesting technique and technology.

Multiple impact of presented factors demonstrates how much potato tuber damage during harvest is a difficult and complex problem, and what should be done to minimise its negative impact on tuber suitability for consumption and processing.

**Key words:** potato tuber, damage, resistance to damage, damage measurement, damage limiting

