

problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK · ZAKŁAD AGROFIZYKI



P O L S K A A K A D E M I A N A U K
ZAKŁAD AGROFIZYKI W LUBLINIE

PROBLEMY AGROFIZYKI

8

WROCŁAW • WARSZAWA • KRAKÓW • GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

METODY OCENY WYLEGANIA ZBÓŻ

PROBLEMY AGROFIZYKI

8

BOGUSŁAW SZOT, GRAŻYNA KOLEMBA

METODY OCENY WYLEGANIA ZBÓŻ

WROCŁAW • WARSZAWA • KRAKÓW • GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1973

Komitet Redakcyjny
BOGDAN DOBRZAŃSKI (przewodniczący),
JAN GLIŃSKI, BOGUSŁAW SZOT

Okladkę projektował: ZYGMUNT ZIEMKA
Redaktor Wydawnictwa: AURELIA PODGÓRSKA

Wszelkie prawa zastrzeżone. Printed in Poland

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1973.
Nakład: 500 + 120 egz. Objętość: ark. wyd. 1,30. ark. druk. 1,75 + 1 wkl.
Papier offset kl. III, 70 g, 61 × 86. Oddano do druku 16 XI 1973.
Druk ukończono w grudniu 1973. Wrocławska Drukarnia Naukowa.
Zam. 1843/73. N-11. Cena zł 10.—

Wyleganie zbóż podczas wegetacji wpływa w dużym stopniu na wysokość plonów, jak też możliwość racjonalnego i maksymalnego wykorzystania maszyn żniwnych. Straty powodowane wyleganiem dochodzą niejednokrotnie do kilkudziesięciu procent możliwej do uzyskania wydajności ziarna, powodując jednocześnie dodatkowy wzrost nakładów pracy i zmniejszenie przepustowości maszyn. Ocena różnych gatunków i odmian pod kątem podatności i odporności na wyleganie była tematem wielu publikacji i w dalszym ciągu jest przedmiotem różnego rodzaju prac z zakresu mechaniki żdźbła, anatomii, struktury, składu chemicznego, geometrii, morfologii, fizjologii, wpływu warunków glebowo-klimatycznych itp.

Odporność zbóż na wyleganie ma charakter złożony i wieloczynnikowy. Najczęściej spotykany jest podział na wyleganie korzeniowe i żdźbłowe. Grafius i Brown /16/ oraz Mac Key /36/ rozszerzają jeszcze pojęcie wylegania żdźbłowego, wyodrębniając dodatkowo nadłamanie się żdźbła w środkowych międzywęzłach i zginanie się lub nadłamanie dokłosa.

Przy wyleganiu korzeniowym dużą rolę odgrywa rozwój systemu korzeniowego roślin. Stwierdzono bowiem zależność między cechami morfologicznymi korzenia a odpornością na wyleganie /2, 6, 10-12, 19-21, 23, 26, 36/. Na tej podstawie sugerowano możliwość wyselekcjonowania zbóż odpornych na wyleganie, kierując się oceną cech morfologicznych korzeni. Z prac Simona /55/ wynika, że już w pierwszym stadium rozwoju rośliny można na podstawie wytrzymałości korzonków, ich ilości, typu i długości wnioskować o odporności na wyleganie, gdyż w późniejszym stadium występuje istotny związek między trwałością systemu korzeniowego a wysokością roślin /74/.

Wyleganie żdźbłowe związane jest z budową anatomiczną i morfologiczną żdźbła, warunkującą jego sztywność i elastyczność.

Szttywność uzależniona jest od grubości źdźbła i jego wysokości. Im będzie ono grubsze i krótsze, tym bardziej sztywne. Elastyczność z kolei determinuje taka budowa, dzięki której źdźbło posiada zdolność sprężystego powrotu do swojej pierwotnej pozycji po uprzednim ugięciu, spowodowanym czynnikami zewnętrznymi /wiatr, deszcz i inne mechaniczne obciążenia/.

W oparciu o analizę anatomiczną źdźbła stwierdzono, że istnieje zależność między szerokością pasa sklerenchymy a odpornością na wyleganie /1, 12, 22, 25, 49/, co jednak nie znalazło potwierdzenia w innych pracach /57, 67/. Natomiast udowodniono dodatnią korelację między stopniem wylegania a wielkością i gęstością wysepek parenchymy w sklerenchymie /13, 38, 42/. Palejew /43/ stwierdził, że szczególnie krytyczny okres ma źdźbło po wykłoszeniu, kiedy to około 30% celulozy, ligniny i ksylemu przechodzi do kłosa. Stwierdzono również, że stosunkowo szybki wzrost rośliny w tym okresie obniża jej wytrzymałość mechaniczną /6, 11, 12, 17, 23, 31, 32, 41, 69, 72/ i że istnieje odwrotnie proporcjonalna zależność między długością źdźbła a odpornością na wyleganie, przy czym dużą rolę w tym przypadku odgrywają warunki środowiska oraz nawożenie. Odmiany zbóż szczególnie silnie reagujące na wysokie dawki azotu zwiększają nadmiernie ciężar części nadziemnej, co powoduje zwiększenie obciążenia podstawy źdźbła i jego kolejnych międzywęźli /3, 7, 8, 15, 18, 37, 52, 64-66, 71/. Przy większych dawkach azotu również wolniej odkładają się lignina i inne składniki wpływające na sztywność słomy /56/. Niektórzy autorzy /23, 25, 49, 51, 57, 59/ badając średnicę źdźbła doszli do wniosku, że im jest ona większa, tym roślina jest bardziej odporna na wyleganie.

Hodowla intensywnych odmian zbóż dąży do uzyskania roślin o grubym i niezbyt wysokim źdźble. Określenie zatem modelu źdźbła zboża odpornego na wyleganie i możliwość wykorzystania go w hodowli stanowi obecnie problem nadal aktualny i bardzo istotny dla rolnictwa.



Określenie stopnia odporności zbóż na wyleganie było zarówno przedmiotem rozważań teoretycznych, jak też doświadczeń i pomiarów polowych oraz laboratoryjnych.

Sugestie rozwiązań teoretycznych przedstawia Kaczorowski /24/, rozpatrując żywy organizm rośliny jako konstrukcję mechaniczną z uwzględnieniem zmian, jakie zachodzą podczas wzrostu i rozwoju rośliny. Ponieważ wiele parametrów w roślinie zmienia się w czasie, autor bierze pod uwagę krótkie przedziały czasowe i wprowadza pojęcie odporności okresowej /ustalonej w dowolnej fazie wegetacji/. Zakładając, że zmiany w roślinie są procesem ciągłym, odporność podczas całego okresu wegetacji ma co najmniej jedną wartość minimalną, którą autor nazywa odpornością krytyczną /odpowiadającą najmniejszej wartości przy pomiarach okresowych/. Przy pełnej charakterystyce konkretnego materiału roślinnego proponuje uwzględnienie tzw. "okresu krytycznego". Kaczorowski przyjął, wykorzystując wzór Eulera /30/ dla wyboczenia sprężystego, że przy określonej smukłości pręta istnieje graniczna wartość osiowego obciążenia pionowego, przy którym pręt może utrzymać się w pozycji pionowej. Wartość obciążenia granicznego, czyli tzw. siła krytyczna (P_{kr}), wyraża się wzorem:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 E J_{min.}}{4 l^2},$$

gdzie

- E - stały moduł sprężystości,
- $J_{min.}$ - minimalna wartość momentu bezwładności przekroju poprzecznego,
- l - długość wprowadzona żdźbła.

Kaczorowski rozpatruje warunki stateczności żdźbła o pewnej długości /1/, obciążonego wyłącznie ciężarem kłosa / G_k /, dla stałego modułu sprężystości / E / oraz stałej wartości momentu bezwładności przekroju poprzecznego / J /. Z przyjętych warunków dla określenia odporności na wychylenie wynika, że ciężar kłosa / G_k / musi być mniejszy od wartości siły krytycznej określonej wspomnianym wzorem. Po przekształceniu go otrzymał wzory na parametry krytyczne:

$$E_{kr} = \frac{4 G_k l^2}{\pi^2 J}$$

$$J_{kr} = \frac{4 G_k l^2}{\pi^2 E}$$

$$l_{kr} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{E J}{G_k}}.$$

Podobne rozwiązanie dla tego typu zagadnienia zostało podane przez Timoszenkę /62/, który po uwzględnieniu ciężaru żdźbła i innych obciążeń pionowych otrzymał wzór:

$$P_{kr} = \frac{m E J}{l^2},$$

gdzie m jest współczynnikiem zależnym od rozłożenia obciążeń na długość żdźbła. Chcąc otrzymać wskaźnik odporności na wyleganie W_o podzielono obie strony równania przez całkowitą wartość obciążenia pionowego P :

$$\frac{P_{kr}}{P} = \frac{m E J}{P l^2} = W_o,$$

przy czym

$W_o > 1$ - żdźbło odporne na wyleganie,

$W_o = 1$ - stan równowagi chwiejnej oraz

$W_o < 1$ - żdźbło wylegające.

Na podstawie rozważań teoretycznych można wywnioskować, że najbardziej efektywnym sposobem zwiększenia odporności zbóż na wyleganie jest uzyskanie odmian o grubszym żdźbłe.

Ocena stopnia odporności zbóż na wyleganie wiąże się z różnymi metodami stosowanymi przy pomiarach polowych i laboratoryjnych.

Ruebenbauer i Riegerowa /52/, kierując się zróżnicowaniem odmian pod względem długości i grubości żdźbła i powiązaniem tych parametrów z wyleganiem, uwzględnili długość poszczególnych międzywęzli i opracowali współczynnik sztywności słomy S :

$$S = \left[\frac{x'}{x_1} + \frac{x''}{x_2} \right] \frac{g}{d},$$

gdzie

- x' - długość dokłosa,
- x'' - długość drugiego międzywęźla od góry,
- x_1 - długość pierwszego międzywęźla od dołu,
- x_2 - długość drugiego międzywęźla od dołu,
- g - grubość żdźbła (średnica),
- d - długość całego żdźbła.

Po analizie badanego materiału oraz wyników przeprowadzonych pomiarów, według współczynnika S , zwrócono uwagę, że istotną cechą, którą należy również ująć, jest powierzchnia przekroju słomy. Dla obliczenia tej wartości autorzy posłużyli się wzorem:

$$\left[\frac{g}{2} \right]^2 \cdot \pi.$$

Uwzględniając to, opracowano drugi współczynnik sztywności słomy:

$$S' = \left[\frac{x'}{x_1} + \frac{x''}{x_2} \right] \frac{g^2}{d}.$$

Ponieważ $g^2 > \left[\frac{g}{2} \right]^2 \cdot \pi$, więc następuje powiększenie współczynnika S' o stałą wartość, co jednak nie jest istotne. W efekcie

$$S' = S \cdot g.$$

Z porównania szeregu wyników odpowiadających współczynnikom S i S' okazało się, że współczynnik S' jest czulszym kryterium od współczynnika S , co potwierdziły badania innych autorów i wieloletnie obserwacje polowe.

Charakteryzując współczynniki sztywności słomy S i S' autorzy metody stwierdzają, że ich wartości wzrastają wraz ze zwiększającą się odpornością na wyleganie.

Metoda Grafiusa i Browna /16/ polega z kolei na określaniu siły powodującej ugięcie żdźbła przy użyciu łańcuszka złożonego z ogniów o jednakowym ciężarze /najczęściej po 200-250 mg/, a zawieszonego u podstawy kłosa. Ilość ogniów łańcuszka /ciężar/, jaką roślina jest w stanie utrzymać, określa stopień odporności na wyleganie, wyrażony jest współczynnikiem:

$$cLr = \frac{F}{b},$$

gdzie

F - siła działająca na źdźbło /G/,

b - wysokość źdźbła /cm/.

Za wartość odporności na wyleganie przyjęto więc stosunek ciężaru utrzymanego przez roślinę do wysokości całego źdźbła.

Poszukiwania przyczyn wylegania zbóż wiązano również z anatomią źdźbła. Porównując odmiany pszenicy odporne, średnioodporne i mało odporne, szukano związku między ilością i wielkością wysepek parenchymy w sklerenchymie a podatnością na wyleganie /65/. Preparaty sporządzano ze środkowej części poszczególnych międzywęźli i po zabarwieniu zielenią jodową określano pod mikroskopem morfologię wysepek parenchymatycznych. Stwierdzono, że im więcej parenchymy znajduje się w sklerenchymie, tym źdźbło jest bardziej podatne na wyleganie. Badania wykazały, że największe zmiany zachodzą w międzywęźlu pod dokłosem i ono powinno być przede wszystkim przedmiotem obserwacji.

Wiele uwagi poświęcono mierzeniu siły powodującej złamanie źdźbła lub jego odcinka za pomocą różnego rodzaju aparatów mechanicznych /5, 26-29, 35, 39, 40, 46, 48, 60, 61, 63, 73/. Na podstawie uzyskanych wyników porównywano wytrzymałość źdźbeł różnych gatunków i odmian zbóż i wiązano tę cechę z odpornością na wyleganie.

Zuber i Grogan /75/ określali wielkość siły powodującej zgniatanie międzywęźli źdźbła. W wyniku pomiarów stwierdzono wysoką ujemną korelację między grubością źdźbła a wyleganiem oraz między siłą zgniatającą a wyleganiem. Przy pomocy podobnej metody Pech /45/ oznaczał sztywność łodyg zbóż, szczególnie w pierwszym okresie po wykłoszeniu. Pickett i in. /47/ zastosowali metodę polegającą na mierzeniu siły łamiącej międzywęźla, przy prostokątnym jej działaniu na źdźbło. Ocena odporności na złamanie obejmowała również wielkość sprężystego odchylenia międzywęźla od położenia początkowego, co pozwala na matematyczne uchwycenie pewnych zależności.

Ragasits /50/ charakteryzując podatność zbóż na wyleganie oparł się jedynie na podstawowej biometrii i wyszedł z założenia, że istotnym elementem przy pomiarach jest odległość nachylonych kłosów do ziemi. Mając jednakże na uwadze różną wy-

sokość roślin, uwarunkowaną cechami genetycznymi i środowiskowymi, uwzględnił również tę wielkość formułując wskaźnik wylegania:

$$Mi = \frac{x}{M} \cdot 100,$$

gdzie

- Mi - wskaźnik wylegania,
- x - odległość kłosa od ziemi,
- M - długość źdźbła.

Wartość Mi mieści się w skali od 0 do 100 i jest miernikiem wylegania. Przy $x = M$ otrzymujemy wartość 100, co oznacza, że źdźbło nie odchyła się od pionu, zaś przy $x = 0$ stwierdza się całkowite wylegnięcie. Wartości pośrednie charakteryzują kolejne stopnie wylegania. Metoda wymaga dużej liczebności pomiarów dla charakterystyki badanego łanu zboża.

Oprócz metod obejmujących pomiary pojedynczych źdźbeł i roślin przeprowadzono doświadczenia polowe na określonym areale. Dla uchwycenia krytycznego okresu wylegania powodowano przeginięcie roślin ręcznie /44/ i za pomocą metalowych siatek /9,68/. Wyniki udowodniły, że największe straty powstają wtedy, gdy wyleganie następuje między kłoszeniem a wczesną dojrzałością mleczną.

Fiala /14/ badał zachowanie się ściany zboża przy statystycznym obciążaniu jej sterowanym ramieniem. Urządzenie pozwalało regulować wielkość siły dociskającej /0 - 4,5 kG/ oraz przeprowadzać pomiary na dowolnej wysokości ściany zboża. W podobny sposób /na bardziej czułym aparacie/ badał te same parametry na pojedynczych źdźbłach w celu określenia możliwości odniesienia wyników pomiarów źdźbeł pojedynczych do oceny podatności na wyleganie całego łanu. Uzyskane wyniki potwierdziły słuszność założeń, że na podstawie znajomości cech mechanicznych pojedynczych źdźbeł można oceniać skłonność na wyleganie łanu zboża, z którego te źdźbła pochodzą. Zbieżność porównań dotyczy przede wszystkim pszenicy, żyta i jęczmienia. Badania przeprowadzono w okresie dojrzałości pełnej, określając jednocześnie granicę sprężystości słomy dla wybranych odmian.

Leksš i Zdeniščeva /33/ zastosowali przenośną komorę z aparaturą wytwarzającą sztuczny deszcz i wiatr o regularnej i kontrolowanej sile. Pozorując warunki podobne do naturalnych obliczono procent wyłożonego zboża przy różnych parametrach prowokacji i oceniano zdolność powrotu roślin do pozycji początkowej wraz z określeniem warunków, które temu zjawisku sprzyjały. Stosowano również roztwór ciasta, którym opryskiwano zboże aż do wylegnięcia /34/. Ilość zużytego roztworu była miernikiem odporności na wyleganie przy charakterystyce poszczególnych gatunków i odmian.

Różnorodność stosowanych metod oceny odporności zbóż na wyleganie nie zawsze daje możliwość porównania ich z uwagi na specyficzną aparaturę i urządzenia, sposoby pomiarów czy też odmienny materiał badawczy. W Polsce przeprowadzono konfrontację najbardziej rozpowszechnionych metod. Biskupski i in. /4/ badając pszenicę jarą i jęczmień jary metodą Ruebenbauera /współczynnik S/ i Grafiusa /współczynnik cLr/ stwierdzili tylko częściową zbieżność obu metod przy określaniu istotnych różnic międzyodmianowych /tab. 1 i 2/. Oprócz wspomnianych dwóch metod Wąs /67/ posłużył się przy ocenie sztywności źdźbła kilkunastu odmian pszenicy ozimej również metodą oznaczania wysypek parenchymy w sklerenchymie. Po przeprowadzeniu badań w okresie dojrzałości mleczno-woskowej i pełnej wykazał dużą zależność między stopniem wylegania a współczynnikiem cLr oraz częściową zależność między stopniem wylegania a współczynnikiem S'. Nie stwierdził natomiast korelacji między wyleganiem a współczynnikiem S oraz między stopniem wylegania a zawartością parenchymy w sklerenchymie /tab. 3/.

Przyczyny wylegania kilku odmian jęczmienia ozimego badał Sowa /57/ stosując:

- współczynnik cLr
- współczynniki S i S'
- mikropomiary źdźbła /wielkość pasa sklerenchymy, wielkość i ilość wysypek parenchymy w sklerenchymie, rozkład parenchymy i sklerenchymy i in./.

Mikropomiary wykazały zróżnicowaną budowę anatomiczną źdźbła u badanych odmian. Bardziej odporne na wyleganie okazały się od-

Tabela 1

Wartość współczynników sztywności słomy dla odmian pszenic
jarych (wg Biskupskiego i in.)

Odmiany	Współczynnik cLr	Współczynnik S
Rokicka	0,0848	0,447
Ostka Popularna	0,0717	0,557
Pomorzanka	0,0638	0,449
Ostka Polanowicka	0,0589	0,528
Ostka Chłopicka	0,0569	0,514
Rusałka	0,0565	0,399

Tabela 2

Wartość współczynników sztywności słomy dla odmian jęczmienia
jarego (wg Biskupskiego i in.)

Odmiany	Współczynnik cLr	Współczynnik S
Kazimierski	0,0429	0,2403
Antałek	0,0423	0,2491
Browarny PZHR	0,0382	0,2810
Skrzeszowicki	0,0379	0,2424

Tabela 3

Zestawienie współczynników korelacji między stopniem wylegania a wynikami oceny sztywności słomy (wg Wąsa)

Rodzaje korelacji między:	Wielkość współczynnika korelacji
stopniem wylegania w 1959 r. a współczynnikiem cLr	-0,90
stopniem wylegania w 1959 r. a współczynnikiem S'	-0,55
stopniem wylegania w 1959 r. a współczynnikiem S	-0,14
stopniem wylegania w 1959 r. a stopniem zawartości wysepek parenchymy w sklerenchymie	-0,20
stopniem wylegania w latach 1957-1959 a współczynnikiem cLr	-0,73
średnim stopniem wylegania w latach 1947-1959 a współczynnikiem S'	-0,39
stopniem wylegania w latach 1957-1959 a stopniem zawartości wysepek parenchymy w sklerenchymie	-0,10

Tabela 4

Współczynniki sztywności słomy oraz niektóre cechy anatomiczne i morfologiczne dla odmian
jęczmienia ozimego (wg Sowy)

Odmiany	Współczynnik clr	Współczynnik		Średnice przekroju zdźbła w mm	Grubość ścianki zdźbła w μ	Grubość pasa skleren- chymy w μ	Odległość między wiązkami w skleren- chymie w μ	Odległość od wiązek w paren- chymie do epidermy w μ
		S	S'					
Krakowski	0,0625	0,7966	2,5331	3,62	323,2	49,3	293,3	144,2
Bocheński	0,0673	3,9923	3,0808	3,96	338,2	53,9	339,6	206,6
Grodziewski	0,04607	0,4859	1,5212	3,72	316,4	50,5	705,3	133,0
śląski I	0,0656	0,7865	2,5197	4,18	300,1	46,1	417,0	156,1

miany, które charakteryzowały się grubszą ścianką żdźbła, większym udziałem sklerenchymy, grubszym żdźbłem, większym skupieniem wiązek naczyniowych. Pewne zależności uchwycono również między wyleganiem a współczynnikami Ruebenbauera i Grafiusa /tab. 4/.

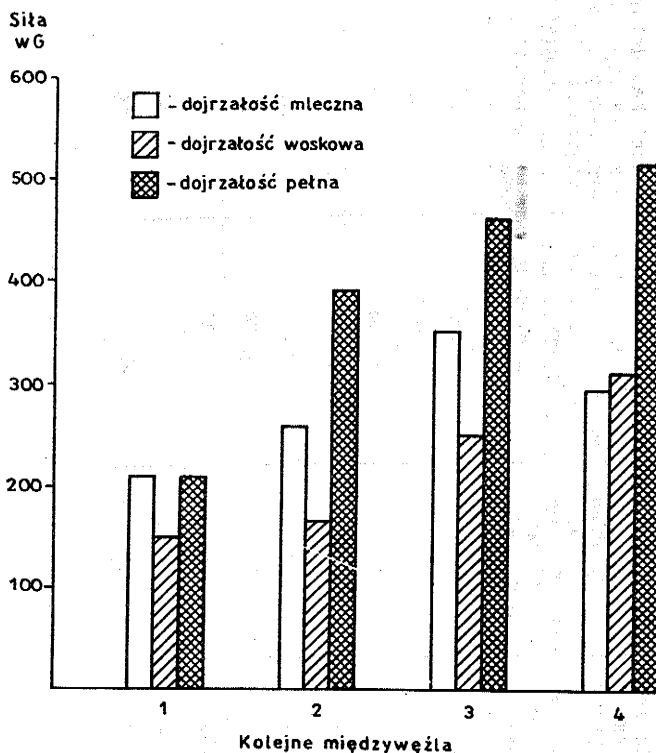
Omówione metody oraz przykładowe porównania kilku z nich świadczą zarówno o zbieżności niektórych wyników, jak i o występujących wyraźnych różnicach przy określaniu przyczyn wylegania zbóż. Aczkolwiek dotychczasowe badania prowadzą do poznania tego złożonego zjawiska, daje się jednak zauważyć brak kompleksowych opracowań, ujednolicenia metod pozwalających na obiektywną ocenę, ujęcia większej ilości odmian zbóż ważnych z punktu widzenia gospodarczego i wcześniejszej charakterystyki nowo wprowadzanych odmian do uprawy. Niewątpliwie duże znaczenie należy przypisać czynnikom zewnętrznym, wpływającym na zmienność cech mechanicznych żdźbła. Stale wzrastające nawożenie zbóż nie znalazło jeszcze wyprzedzających opracowań naukowych określających optymalne warunki wzrostu i rozwoju roślin, przy jednoczesnym zachowaniu odporności na wyleganie. Poważną rolę odgrywają zapewne warunki glebowo-klimatyczne, bardzo zmienne na terenie naszego kraju, a jedynie wycinkowo traktowane w dostępnych publikacjach. Wydaje się też słuszne dokładniejsze poznanie teoretycznych podstaw mechaniki żdźbła oraz zastosowanie bardziej nowoczesnych metod, które by pozwoliły opracować modele żdźbła gwarantujące odporność na wyleganie zbóż w konkretnych warunkach środowiskowych.

Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie podjął ostatnio badania przyczyn wylegania zbóż pod kątem określenia właściwości mechanicznych i cech geometrycznych żdźbła w różnych fazach dojrzałości /tab. 5 i ryc. 1-4/. Założenia przewidują również rozwinięcie teoretycznych podstaw na bazie dużej liczebności uzyskanych wyników. Dotychczasowe pomiary dokonano na własnej aparaturze prototypowej /58/. Za pomocą elektrodynamometru polowego określono siłę powodującą ugięcie żdźbła /w różnych fazach wegetacji roślin/, jego sprężystość i kąt nachylenia w warunkach pozwalających wyodrębnić wyleganie żdźbłowe i korzeniowe /przy zastosowaniu specjalnej blokady ~~systemu~~ korzeniowej/. Prace laboratoryjne dotyczyły określenia granicy sprężystości poszcze-

Tabela 5

Srednie wartosci siły zginającej maksymalnie żdźbło w zależności od kąta jej działania (pomiar polowe)

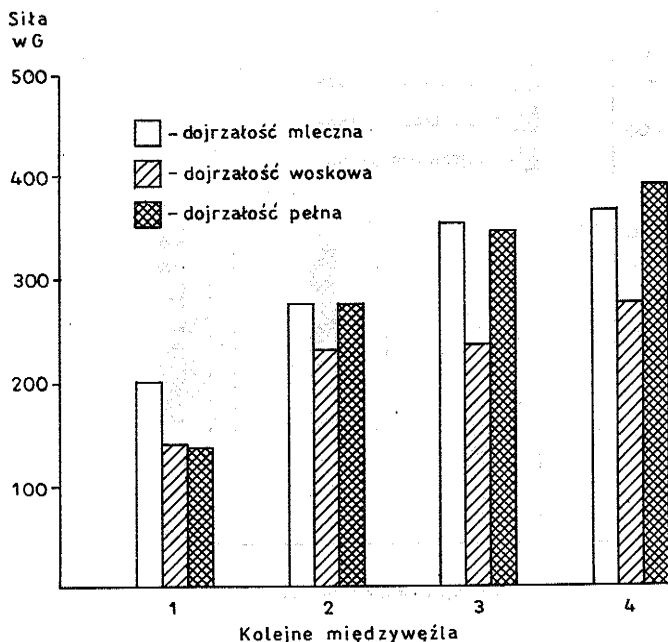
Gatunek i odmiana	Dojrzałość	Średnia długość żdźbła /cm/	Średnie wartości siły składowej pozio- dowej siły działającej na żdźbło /gramy/	Średni kąt działania siły wypadkowej przy maksy- malnym ugięciu żdźbła /stopnie/	Średnie wartości siły składowej pozio- dowej siły działającej na żdźbło /gramy/		Średni kąt działa- nia siły wypadkowej przy maksymalnym ugięciu żdźbła /stopnie/
					z blokadą systemu korzeniowego		
pszenica ozima Iuna	mleczna	76	13,29	67	14,85		67
	woskowa	74	14,31	61	14,90		67
	pełna	75	12,79	75	15,24		73
pszenica ozima Grana	mleczna	77	14,16	54	14,81		58
	woskowa	77	15,65	63	18,32		67
	pełna	74	12,97	70	15,54		67
pszenica ozima Kaukaz	mleczna	83	13,39	67	18,33		62
	woskowa	80	16,92	55	18,14		62
	pełna	73	17,12	58	16,69		56



Ryc. 1. Zależność między wartością siły powodującej złamanie międzywęźli źdźbła a okresem dojrzewania (pszenica ozima odm. Kaukaz)

gólnych międzywęźli oraz wartości siły powodującej złamanie źdźbła. Pomiary te przeprowadzono na elektronicznej mikrozwirwarce. Z kolei dla każdego międzywęźla mierzono średnicę zewnętrzną, średnicę wewnętrzną i grubość ścianki źdźbła, posługując się miernikiem przekroju łodygi.

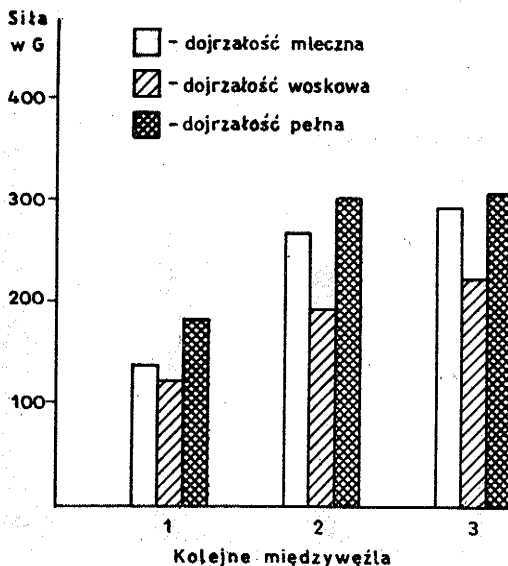
Uzyskane wstępne wyniki pozwalają stwierdzić, że zastosowana aparatura może być przydatna do określania niektórych czynników, mających wpływ na wyleganie zbóż. Zestawione w tabeli 5



Ryc. 2. Zależność między wartością siły powodującej złamanie międzywęźli źdźbła a okresem dojrzewania (pszenica ozima odm. Luna)

rezultaty pomiarów polowych świadczą o zmienności mechanicznych właściwości źdźbła w różnych fazach dojrzałości. Również wyrażnie zauważa się różnicę między średnimi wartościami siły zginającej źdźbło przy naturalnych warunkach obciążenia a wielkością siły powodującej ugięcie przy zastosowaniu blokady ~~mechanicznej~~ ~~mechanicznej~~, uniemożliwiającej naruszenie systemu korzeniowego.

Analiza parametrów geometrycznych źdźbła i poszczególnych międzywęźli wykazuje znaczne zróżnicowanie zarówno w ramach od-



Ryc. 3. Zależność między wartością siły powodującej złamanie międzywęźli źdźbła a okresem dojrzewania (pszenica ozima odm. Grana)

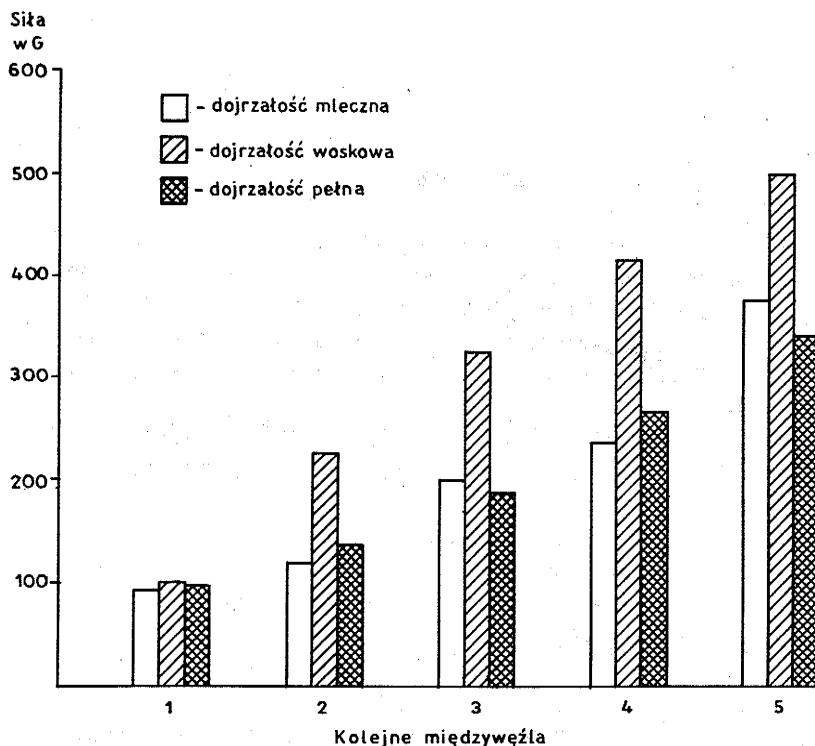
mian między różnymi fazami dojrzałości, jak i przy porównaniu kolejnych międzywęźli w obrębie gatunku /tab. 6/. Kolejność międzywęźli liczona jest od kłosa do ziemi.

Wzrost wytrzymałości źdźbła /międzywęźli/ w kolejnych fazach wegetacji ilustrują ryciny 1-4. Najmniejszą wytrzymałość mają pierwsze międzywęźla, zaś najwyższą ostatnie. Na uwagę zasługuje fakt, że u badanych trzech odmian pszenicy ozimej najmniejsza wytrzymałość międzywęźli występuje w fazie dojrzałości woskowej, a największa w pełnej, natomiast żyto jest najbardziej odporne przy dojrzałości woskowej.

Średnie wartości geometrii źdźbła oraz siły określającej granice wytrzymałości poszczególnych międzywęźli

Tabela 6

Gatunek	Dojrzałość	Odmiana	Dł. źdźbła /mm/	Dł. międzywęźli /mm/						Średnica zewn. międzywęźli /mm/						Średnica wewn. międzywęźli /mm/						Grubość ścianki źdźbła /mm/						Granica wytrzymałości międzywęźli /G/				
				1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
pszenica	mleczna	Grana	995	402	244	134	106	30		4,22	4,32	4,60	4,58	4,01		3,36	3,82	3,82	3,33	3,38		0,327	0,382	0,391	0,500	0,418		133	264	288		
		Luna	905	354	230	135	880	4		3,66	4,88	4,75	4,28	4,19		3,07	4,20	3,87	3,17	3,21		0,292	0,341	0,432	0,479	0,490		197	278	351	365	
		Kaukaz	917	362	193	131	103	46		3,51	4,52	4,37	3,12	3,90		2,98	4,14	3,33	2,91	3,21		0,207	0,335	0,412	0,475	0,345		222	268	348	293	
	woskowa	Grana	852	397	211	120	52			3,18	3,90	3,65	3,30			2,67	3,27	2,91	2,52			0,263	0,320	0,411	0,376			120	188	220		
		Luna	748	336	165	104	45	9		3,17	3,51	3,61	3,42	3,33		2,64	2,88	2,94	2,66	2,38		0,265	0,340	0,289	0,399	0,477		140	227	235	272	332
		Kaukaz	907	346	202	114	98	65		3,09	4,09	3,97	3,79	3,83		2,56	3,25	3,25	2,73	2,37		0,265	0,421	0,322	0,481	0,728		148	230	251	323	
	pełna	Grana	851	394	214	119	57			3,34	4,08	3,74	3,22			2,88	3,49	2,95	2,39			0,230	0,295	0,314	0,437			178	305	306	310	
		Luna	749	347	163	95	41	5		2,98	3,78	3,55	3,13	2,62		2,53	3,06	2,64	2,02	2,03		0,258	0,363	0,483	0,595	0,295		139	276	346	391	
		Kaukaz	848	362	271	144	88	45		3,43	4,61	4,21	4,21	4,04		2,84	3,76	3,19	2,51			0,294	0,424	0,508	0,664	0,667		220	384	466	537	
żyto	mleczna	Dańkowskie Selekcyjne	1482	522	426	229	155	28		2,52	4,04	4,31	4,09	4,15		2,17	3,62	3,72	3,28	3,64		0,220	0,210	0,300	0,410	0,260		88	120	202	234	375
	woskowa		1555	544	413	248	150	75	12	2,67	4,52	4,78	4,70	4,61	4,47	2,38	3,95	3,96	3,91	3,65	3,05	0,230	0,230	0,310	0,400	0,480	0,720	100	227	327	416	500
	pełna		1567	505	430	288	184	82		2,17	3,53	4,07	4,17	4,19		1,82	3,17	3,38	3,44	3,34		0,180	0,180	0,350	0,360	0,390		100	137	187	265	338



Ryc. 4. Zależność między wartością siły powodującej złamanie międzywęźli źdźbła a okresem dojrzewania (żyto odm. Dańkowskie Selekcyjne)

Przedstawione wyniki, oparte na wstępnych pomiarach, trudno w tej chwili uogólniać. Będą one stanowiły punkt wyjścia do dalszych badań i opracowania szczegółowej metody pomiarów. Należy bowiem sądzić, że dokładna analiza cech mechanicznych i geometrycznych źdźbła większej ilości gatunków i odmian - dokonana za pomocą aparatury pozwalającej na szybkie pomiary - przyczyni się do bliższego poznania tego skomplikowanego problemu i umożliwi ograniczenie strat powodowanych wyleganiem zbóż.

LITERATURA

1. Aziz M.A., Nurullah M.: Some morphological characters in relation to lodging in wheat, Proc.Nat.Acad.Sci. USA, 1959, 45, 989-93 (Plant Breed.Abstr., 1960, vol. 30, nr 1).
2. Bauer F.: Einige neuere indirekte Methoden zur Bestimmung der Standfestigkeit des Weizens, Z. Acker- u. PflBau, 1964, Bd. 119.
3. Bezděk V.: Některé příčiny poléhání jarního ječmene při zvýšených dávkách živin NPK, Separátní výtisk UVJ MZLVH, 1965, 73-85.
4. Biskupski A., Duda D., Szczerba J.: Porównanie dwu metod określających stopień wylegania roślin na przykładzie odmian pszenicy jarej i jęczmienia jarego, Zeszyty Naukowe WSR, Wrocław 1962, 49.
5. Burmistrowa M.F. i in.: Fiziko-miechaniczeskije swojstwa sielskochozjajstwiennych rastienij, GJSL, Moskwa 1956.
6. Caffrey M., Carroll P.T.: Lodging in oats, J. Dep. Agric. Eire, 1938, 35 (Plant Breed.Abstr., 1937-1938, vol. 8).
7. Carowa R.J.: Asabliwasci razwiccja rozných pa ustojliwasci suprać paljahannja sartou jaczmieniu na tarfianabałotnych hliebách, Wesci, Akad. Nawuk BSSR, ser. biol., 1957, 3, 93-104.
8. Casserly L.M.: The effect of nitrogen, phosphorus and potassium on lodging in oats, Canad.Jour.Plant.Sci., 1957, 37, 245-251.
9. Day A.D., Dickson A.D.: Effect of artificial lodging on grain and malt quality of fall - sown irrigated barley, Agron.Journ., 1958, vol. 50, 6.
10. Dorofiejew W.F.: Rol pridatocznych korniej w ustojcziwosti pszenicy protiv poleganija, Siel. i Siem., 1959, 4.

11. Dorofiejew W.F.: Niekotoryje dannyje issledowanija poleganija pszenic, Tr. po Prikl. Bot. Gien. i Sielekcii, 1960, t. 32, 2.
12. Dorofiejew W.F.: Anatomiczeskije osobienosti strojenija stiebla i kornia pszenicy w swiazi z ustojcziwostju k poleganiu, Tr. Wsies. Siel-choz. Inst. Zaocz. Obrazowanija, 1961.
13. Esau K.: Anatomy of seed plants, New York - London 1960.
14. Fiala J.: Charakteristiky obilni stěny z hlediska samočinného vedení sklizňových stroju, Zemědělska Technika, 1964, 11.
15. Galczenko J.N.: Poleganije pszenicy pri oroseniji i borba s nim, dokt. diss., In-t Fiziol. Rast. im. K.A. Timirjaze-wa, AN SSSR, 1954.
16. Grafius J.E., Brown M.E.: Lodging resistance in oats, J. Agr., 1954, 46.
17. Hänsel H.: Investigations on the influence of the number of crown roots, stem diameter and stem length on the standing capacity of winter wheat (Plant Breed. Abstr., 1960, vol. 30, nr 1).
18. Ilinskaja-Centilowicz M.A., Gurjew B.P.: Woprosy ocenki ustojczivosti protiv poleganija w selekcii ozimoi pszenicy, Zap. Chark. Siel-choz. Inst., 1958, 15, 69-74.
19. Ilinskaja-Centilowicz M.A., Roždiewskij W.D.: Otbor ustojczych protiv poleganija rastienij ozimoi pszenicy po korniewoj sistiemie, Zap. Chark. Siel-choz. Inst., 1958, 15.
20. Ilinskaja-Centilowicz M.A., Tietierjacztenko K.G.: Formirovanije swojstw ustojczivosti protiv poleganija u ozimoi pszenicy, Tr. Chark. Siel-choz. Inst., 1961.
21. Ilinskaja-Centilowicz M.A., Tietierjacztenko K.G.: Sorto-uzuczszajuszczy otbor ustojczych protiv poleganija form ozimoi pszenicy po wtoricznym uzłowym korniam, Tr. Chark. Siel-choz. Inst., 1960, 29.
22. Ilinskaja-Centilowicz M.A., Tietierjacztenko K.G.: /Features of the anatomical structure of the stem of winter wheat connected with lodging/, Izv. Akad. Nauk SSR, ser.

- biol., 1963, 105-107 (Plant Breed. Abstr., 1963, vol. 32, nr 3).
23. Jellum M.D.: Histological and morphological study of certain culm characteristics in relation to lodging of ten oat varieties, Diss. Abstr., 1961, 21.
 24. Kaczorowski T.: Zjawisko wylegania zbóż z punktu widzenia mechaniki żdźbła, IUNG, Puławy 1970.
 25. Kiriłow J.I.: Metody oceny ustojczliwości sorbow owsa przeciw poleganiu, Siel. i Siem., 1959, 4.
 26. Kraus C.: Die Lagerung des Getreides, Ulmer - Stuttgart 1908.
 27. Kraus C.: Die mechanische Bewertung der Getreidehalme, Z. Pflzüchtung, 1916, 4.
 28. Kraus C.: Frühling landw. Ztg., 1916, 65.
 29. Koroboczkin J.W., Strucowskaja F.S., Szlimowicz B.M.: Priobor dla opredielenija mechaniczeskich swojstw stiebla, Siel. i Siem., 1957, 5.
 30. Kurowski R., Niezgodzińska M.E.: Wytrzymałość materiałów, PWN, Warszawa 1966.
 31. Larson R.J., Mac Donald M.D.: Cytogenetics of solid stem in common wheat. II. Stem solidness of monosomic lines of the variety S-615, Canad.J.Bot., 1959, 37 (Plant Breed. Abstr., 1959, vol. 29, nr 4).
 32. Larson R.J., Mac Donald M.D.: Cytogenetics of solid stem in common wheat. III. Culm measurements and their relation to stem solidness in monosomic lines of the variety S-615, Canad.J.Bot., 1959, 37 (Plant Breed. Abstr., 1959, vol. 29, nr 4).
 33. Lekeš J., Zeniščeva L.: Eine neue Methode zur Züchtung von Getreide auf Lagerresistenz und zur Feststellung von Standfestigkeiten unterschieden einzelner Sorten unter feldmäßigen Bedingungen, Z. Pflzüchtung, 1962, Bd. 48, H. 1, S. 36-54.
 34. Lelley J.: A gabonatélék nemesítésének és a terméseredmények gyors növelésének tudományos alapjai, Magyar Tud., Akad. Agrártud. Oszt. Közl., 1955, 7 (Plant Breed. Abstr., 1959, vol. 29, nr 1).

35. Loch L.: Ein Beitrag zur Standfestigkeitsuntersuchung, dargestellt an diploidem und tetraploidem Saatroggen /*Secale cereale* L./, Z. Pflzüchtung, 1960, 44, 3.
36. Mac Key J.: III Genetics of some agronomic characters of oats, Handbuch der Pflanzenzüchtung, Berlin 1959, Bd. 2, S. 31-35.
37. Mac Kay R., Longhman J.B., Kavanagh T.: Virulent attacks of eyespot on oats, Nature, London 1956, 177-193.
38. Michalik-Skucińska B., Miszke W.: Z badań nad wyleganiem zbóż, Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 1959, t. 3, z. 1.
39. Miczyński K.: Przyrząd do mierzenia tęgości słomy, Roczniki Nauk Rolniczych, 1909, t. 3.
40. Nelson C.E.: A mechanical method for measuring resistance of wheat, Agron.Journ., 1960, vol. 52, 10.
41. Norden A.J., Frey K.J.: Factors associated with lodging resistance in oats, Agron.Journ., 1959, vol. 51, 3.
42. Ozaist B.: Wstępne obserwacje nad wyleganiem żyta tetraploidalnego i diploidalnego, Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 1959, t. 3, z. 2.
43. Palejew A.M.: Przyczyny polegania chlebow, Ziemielielje, 1953, 3.
44. Pauli A.W., Laude M.M.: Protein and carbohydrate relationships in winter wheats as influenced by mechanical injury, Agron.Journ., 1959, vol. 51, 1.
45. Pech S.: Neue Methode zur Bestimmung der Standfestigkeit des Getreides, Z. Pflzüchtung, 1937, 21, 46-58.
46. Pendleton J.W.: The effect of lodging on spring oat yields and test weight, Agron.Journ., 1954, vol. 46.
47. Pickett L.K., Liljedahl J.B., Haugh C.G., Ullstrup A.J.: Reological properties of cornstalks subjected to transverse loading, The Transactions of the ASAE, 1969, vol. 12, 3.
48. Popcowa Ł.G.: Ischodnyj materiał w selekcji ozimogo jaczmenia na ustojcziwost' protiv polegania. Materiały naucz. sotrudn. poswiaszcz. XXI Sjezdu Komm. Partii Sow. Sojuza, 1959 (Ref.Ż., 1960).
49. Radionowa N.A.: Niekotoryje morfologo-anatomiczeskije oso-

- biennosti rozlicznych po ustojczivosti k poleganiu obraz-
cow owsa, Tr. po Prikl. Bot. Gien. i Sielekcii, 1964, t.
36, 1.
50. Ragasits J.: Módszer a növények megdőlésének mérésére,
Növénytermelés, 1971, t. 20, nr 2.
 51. Roman T.: Kryteria oceny odmian pszenicy z punktu widzenia
ich przydatności do sprzętu mechanicznego, Hodowla Roślin,
Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 1959, t. 3, z. 6.
 52. Ruebenbauer T., Riegerowa H.: Próba określenia sztywności
słomy pszenic ozimych na podstawie pomiarów nielicznych
roślin, Acta Agrobotanica, 1955, vol. 3.
 53. Schindler F.: Handbuch des Getreidebaus, Berlin 1920.
 54. Sechler D.T.: A study of some plant characters associated
with resistance to root lodging in oats, Diss. Abstr.,
1960, 21 (Plant Breed. Abstr., 1961, vol. 31, nr 2).
 55. Simona J.: Studium počátečního vývoje kořenového systému
u jarního ječmene, Rostlinna Vyroba, 15 (XLII), 1969, 3.
 56. Skucińska B.: Wyleganie zbóż w świetle literatury naukowej,
Biul. IHAR, 1965, nr 3-4, 171-181.
 57. Sowa W.: Badania nad odpornością na wyleganie słomy czte-
rech odmian jęczmienia ozimego, Hodowla Roślin, Aklimaty-
zacja i Nasiennictwo, 1961, t. 5, z. 1.
 58. Szot B.: Rozwój badań właściwości fizycznych materiałów
rolniczych, Problemy Agrofizyki, 1972, z. 5.
 59. Strucowskaja E.S.: Initial material for breeding winter
wheat for resistance to lodging, Biull. Wsies. Inst. Rast.,
1961, 9, 44-47 (Plant Breed. Abstr., 1962, vol. 32, nr 3).
 60. Takeda G., Kan M.: Studies on lodging resistance in barley.
II. Intervarietal differences in various characters rela-
ted to lodging resistance. Shikoku Nogyo Shihenjo Hokoku,
Bull. Shikoku Agric. Exp. Sta., 1963, 8 (Plant Breed. Abstr.,
1964, vol. 34, nr 1).
 61. Takeda G., Kan M.: Studies on lodging resistance in barley.
I. On the technique of measurement and time of measurement
of various categories of resistance. Shikoku Nogyo Shihenjo
Hokoku, Bull. Shikoku Agric. Exp. Sta., 1963, 8 (Plant
Breed. Abstr., 1964, vol. 34, nr 1).

62. Timoszenko S.P.: Ustojcziwost' uprugich sistiem G.J.T.T.L., Moskwa 1955.
63. Vaidya S.M., Bhag Singh: A new index of lodging resistance, Sci. a Cult., 1963, 29 (Plant Breed. Abstr., 1964, vol. 34, nr 2).
64. Wołkow I.A.: Issledowanije miechaniczeskich swojstw stiebla pszenicy i ustojcziwost' k poleganiu pri razlicznych usłowijach minieralnogo pitanija i wodnogo režima, Wiestn. Agrotiechniki, 140, 2.
65. Wołkow I.A.: Minieralnyje udobrienija kak sriedstwo borby s poleganiem chlebow, Chimiz. Socialist. Ziemled., 1939, 4, 31-39.
66. Wołkow I.A., Pieriekalskij F.M.: Wlijanije minieralnogo pitanija na morfołogo-anatomiczeskije priznaki chlebných złakow w swjazi s poleganiem, Chimiz. Socjalist. Ziemled., 1940, 5, 36-42.
67. Wąs L.: Badania nad sztywnością słomy różnych gatunków pszenic, Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 1960, t. 4, z. 6.
68. Weibel R.O., Pendleton J.W.: Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality, Agron. Journ., 1964, vol. 56, 5.
69. Wettstein O.: Halmaufbau und Standfestigkeit bei Erectoides, Mutanten der Gerste, Hereditas, 1952, 38.
70. Wienhues F.: Weizenzüchtung in Europa, Handbuch der Pflanzenzüchtung, Berlin 1959, Bd. 2, S. 16-20.
71. Wittels M., Sealz L.F.: Effect of potash fertilization on yield, stalk breakage and mineral composition of corn, Proc. Soil. Sci. Am., 1953, 17, 369-371.
72. Zeniščeva L.S.: (A study of morphological, biochemical and physiological characters of spring barley varieties, determining their resistance to lodging), Za socialist. sel'skchozjajstv. nauk., Praha 1961, 4, 339-62. (Plant Breed. Abstr., 1962, vol. 32, nr 3).
73. Zeniščeva L., Stankova J.: Přispevek k morfoložickým a anatomickým zvlastnostem odrůd jarmho ječmene a různou odolnosti k poléhání, Rostlinna Výroba, 1962, 8.

74. Zeniszczewa L.: Nasledujemost' koliczestwiennych priznakow opriedielajuszczich ustojcziwost' rastienij k poleganiu, Sielskochozjajstwiennaja Biologija, 1958, 3, 5.
75. Zuber M.S., Grogan C.O.: A new technique for measuring stalk strength in corn, Crop Science, 1961, vol. 1, 378-380.