

**Zawartość substancji pektynowych, wapnia, magnezu
oraz składników mineralnych w węzłach i międzywęzłach
pszenicy wylegającej i niewylegającej
w okresie kwitnienia**

MARIA PRZESZLAKOWSKA

Instytut Chemii i Technologii Rolnej, Zakład Biochemii,
Akademia Rolnicza w Lublinie

(Otrzymano dn. 17 III 79)

M. Przeszlakowska (Institute of Chemistry and Agricultural Technology Department of Biochemistry, Agricultural Academy, Akademicka 13, 20-033 Lublin, Poland) Acta Agrobotanica 34 (1) 99-112, 1981

Content of the pectic substances, calcium, magnesium and minerals in the nodes and internodes of winter wheat culms, lodging and non-lodging varieties in their flowering stage

Abstract

Total amount of the pectic substances and their fractions was estimated in wheat of several lodging and non-lodging varieties during the flowering stage. The node tissues contained three times as much total pectic substances as did internodes. Irrespective of the wheat variety, the nodes as compared to the internodes, contain three times as much soluble pectins, and two times as much protopectin fraction extractable at pH 4.5 as well as those extractable at pH 10.6. Non-lodging varieties ('Grana', 'Luna', 'Modzurowska') are characterized by high content of pectic substances both in nodes and internodes, high content of calcium and magnesium protopectin fractions are also characteristic of nodes and internodes of these varieties. The lowest content of calcium-magnesium protopectins is found in the internodes of tall, lodging wheat varieties. Nitrogen fertilization, up to 80 kg N/ha, does not influence the internode levels of calcium-magnesium protopectin fractions, ash substances, and the levels of calcium and magnesium in this tissue.

WSTĘP

Skłonność do wylegania ujawnia się szczególnie przy szybkim wzroście roślin, nadmiernym wydłużaniu się komórek w strefie wzrostu, przy jednostronnym wytwarzaniu tkanek miękkiszowych, powolnym drewnieniu ścian w komórkach tkanek mechanicznych oraz późniejszym wy-

kształcaniu się typowych komórek sklerenchymatycznych, które dopiero po zaniku cytoplazmy przyjmują sztywną konstrukcję szkieletową (Staniślawski, 1977).

Stopień podatności odmian na wyleganie jest różny. Odmiany rozwijające się bujnie rosną szybko, lecz powoli przechodzą poszczególne fazy rozwojowe, wykazują znacznie większą podatność na wyleganie niż odmiany wolniej rosnące i szybko przechodzące przez kolejne fazy fenologiczne. Te pierwsze odznaczają się słabą konstrukcją tkanki mechanicznej i posiadają z reguły dużą skłonność do wylegania. Odporność na wyleganie jest więc funkcją czasu, ciężaru, długości oraz składu chemicznego źdźbła (Kaczorowski, 1970; Przeszłakowska, 1975; Staniślawski, 1977).

U podstawy roślin z rodziny *Gramineae* występuje merystem interkalarny (wstawkowy) — strefa kolanka (węzła). W tej właśnie strefie wzrost interkalarny trwa najdłużej, a tkanki są zdolne do dalszego wydłużania się nawet po ustaniu tego wzrostu (Esau, 1973). W łodydze wyległej, podnoszącej się ku górze, zarówno pochwa liściowa, jak i łodyga są bardziej rozwinięte od strony bliższej ziemi, a w strefie interkalarnej występuje tkanka kolenchymatyczna, zamiast sklerenchymy. W tej części pędu sklerenchyma nie wykształca się, a zdrewnienie występuje w minimalnym stopniu (Preston, 1941).

Zgrubienie ścian kolenchymy występuje również, gdy roślina podczas rozwoju podlega działaniu silnych wiatrów (Walker, 1960). Jednocześnie obserwowano wtedy zahamowanie wydłużania się komórek. Plastyczność kolenchymy zmienia się z wiekiem; stara tkanka jest twardsza i bardziej łamliwa niż młoda. Grube ściany i zwarta budowa komórek nadaje tej tkance wytrzymałość na rozerwanie w połączeniu z giętkością i plastycznością. Właściwości mechaniczne tej tkanki określają: skład chemiczny ścian komórkowych, kształt, sposób rozmieszczenia komórek oraz ich turgor (Przeszłakowska, 1975).

Głównymi składnikami młodych, rosnących ścian komórkowych są substancje pektynowe. W wielu pracach wykazano, że połączenia te biorą bezpośredni udział w procesie wzrostu komórek i są jak gdyby regulatorem elastyczności i plastyczności ścian komórkowych (Blaim i Przeszłakowska, 1967; Blaim, 1968 a, b; Lampert, 1970; Przeszłakowska, 1975, 1979).

Celem niniejszej pracy były dalsze badania dotyczące wyjaśnienia roli substancji pektynowych w roślinach zbożowych, a zwłaszcza pszenicy. Badaniem objęto węzły i międzywęzła odmian pszenicy wylegających i niewylegających w okresie kwitnienia. Określono w nich zawartość różnych frakcji substancji pektynowych (pektyny rozpuszczalne, dwie frakcje protopektyn — związane i niezwiązane z jonami wapnia i magnezu), składników mineralnych oraz wapnia i magnezu. Ponadto

przebadano wpływ nawożenia azotem (0, 40, 80 kg N/ha) przy stałym nawożeniu potasowym i fosforowym na zawartość wyżej wspomnianych składników.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny pobierano z poletek doświadczalnych IUNG w Puławach w fazie kwitnienia w latach 1970-1971. Obiektem badań była pszenica ozima — odmiany wylegające: 'Dańkowska Biała', 'Eka Nowa', 'Mironowska 808' oraz odmiany odporne na wyleganie lub w małym stopniu wylegające: 'Grana' (C-517), 'Luna' (C-48), 'Bezostna 1', 'Modzurowska'. Żdźbła każdej odmiany pszenicy pozbawione liści i kłosów podzielono na węzły i międzywęzła, rozdrabniano w młynku udarowym i przesiewano przez sita.

Badanie wpływu zróżnicowanych dawek azotu (0, 40, 80 kg N/ha) przy stałym nawożeniu fosforowym i potasowym (72 kg P_2O_5 /ha; 80 kg K_2O /ha) na zawartość badanych składników przeprowadzono z trzema odmianami: 'Dańkowska Biała', 'Mironowska 808', 'Bezostna 1'.

Pektyny rozpuszczalne ekstrahowano wodą, natomiast dwie frakcje protopektyn wyodrębniono dwoma sposobami: a) przez ekstrakcję próbek pozbawionych pektyn rozpuszczalnych 0,02 M roztworem wersenianu dwusodowego (EDTA) o pH 10,6, b) przez ekstrakcję 0,02 M EDTA o pH 4,5. W pierwszym przypadku otrzymano sumę protopektyn (związane i niezwiązane z jonami wapnia i magnezu), a w drugim — frakcję protopektyn niezwiązaną z jonami Ca^{2+} i Mg^{2+} . Z różnicy pomiędzy wartościami uzyskanymi po ekstrakcji tych połączeń zasadowym i kwaśnym roztworem EDTA wnioskowano o ilości frakcji protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu (Bła im i Przeszłakowska, 1968, Przeszłakowska, 1974).

Ilościowe oznaczenia substancji pektynowych przeprowadzono kolorymetrycznie, wykorzystując barwną reakcję tych połączeń z karbazolem (Bła im i Przeszłakowska, 1968).

Wyniki badań dotyczące zawartości pektyn i protopektyn opracowano statystycznie przeprowadzając najpierw analizę wariancji wg schematu kompletnej randomizacji. W przypadku udowodnienia różnic pomiędzy efektami faktorialnymi czynników lub istotności interakcji, średnie porównywano przy pomocy najmniejszych istotnych różnic, opartych na teście „t” Studenta (O k t a b a, 1967). Za istotne uznano te różnice, które można było udowodnić z ryzykiem błędu równym lub mniejszym niż 5%.

Wapń i magnez oznaczono kompleksometrycznie (po zmineralizowaniu próbek i rozpuszczeniu w kwasie solnym 1:1) metodą K a c K a c a s a i C h o j n a c k i e g o (1963). Oznaczenie zawartości wapnia i ma-

gnezu przeprowadzono co najmniej trzykrotnie, a uzyskane dane stanowią średnią arytmetyczną.

WYNIKI

Ilość poszczególnych frakcji substancji pektynowych (pektyny rozpuszczalne, protopektyny wyodrębnione przy pH 4,5 oraz przy pH 10,6, protopektyny związane z wapniem i magnezem) w węzłach i międzywęzłach pszenicy odmian wylegających i niewylegających zestawiono w tabeli 1. Uzyskane dane wskazują, że niezależnie od odmiany, węzły

Tabela 1—Table 1

Zawartość substancji pektynowych w węzłach i międzywęzłach pszenicy wylegającej i niewylegającej w okresie kwitnienia (% pektynianu wapnia w suchej masie) masie)

Content of the pectic substances in the nodes and internodes of lodging and non-lodging winter wheat culms in their flowering stage (calcium pectate—per cent dry weight)

Część zdźbła Part of culm	Pszenica ozima Winter wheat	Pektyny rozpusz- czalne Soluble pectins	Protopek- tyny Protopec- tins		Protopek- tyny zwią- zane z Ca i Mg Proto- pectins Ca-Mg	Suma substanc- cji pek- tynow- ych Total pectic substanc- es	
			pH				
			eks- trak- cji ex- tract- able at pH				
		4,5		10.6			
Węzły Nodes	odmiany wylega- jące varieties unresis- tant to lodging	Mironowska 808'	0,58	0,30	0,79	0,49	1,37
		Dańkowska Biała'	0,70	0,37	0,95	0,58	1,65
		Eka Nowa'	0,68	0,35	0,80	0,45	1,48
Węzły Nodes	odmiany odporne na wyle- ganie varieties resistant to lodging	Luna' (C-48)	0,69	0,32	0,76	0,44	1,45
		Grana' (C-517)	0,69	0,39	1,03	0,64	1,72
		'Bezostna 1'	0,42	0,26	0,54	0,28	0,96
		'Modzurowska'	0,89	0,29	0,92	0,63	1,81

w porównaniu z międzywęzłami zawierają, prawie trzykrotnie więcej pektyn rozpuszczalnych. Odmiany odporne na wyleganie ('Grana', 'Luna', 'Modzurowska') charakteryzuje stosunkowo duża zawartość substancji pektynowych zarówno w węzłach, jak i w międzywęzłach (tab. 1).

Węzły i międzywęzła pszenicy 'Grana', 'Luna', 'Modzurowska' odznaczają się wysoką zawartością frakcji protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu (tab. 1). Potwierdzeniem tego wydają się być również dane otrzymane po oznaczeniu zawartości wapnia, magnezu i składników popielnych w tkankach węzłów i międzywęzła u badanych odmian (tab. 2). Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że ilość wapnia i magnezu, jak również składników mineralnych w tkankach

c.d. Tab. 1

Międzywęzła	odmiany wylegające	'Mironowska 808'	0,11	0,14	0,37	0,23	0,48
	varieties unresistant	'Dańkowska Biała'	0,23	0,16	0,28	0,12	0,51
	to lodging	'Eka Nowa'	0,25	0,18	0,34	0,16	0,59
	Intermodes	odmiany odporne na wyleganie	'Luna' (C-48)	0,26	0,12	0,48	0,36
		'Grana' (C-517)	0,22	0,16	0,58	0,42	0,80
	varieties resistant	'Bezostna 1'	0,21	0,15	0,43	0,28	0,64
	to lodging	'Modzurowska'	0,26	0,15	0,48	0,33	0,74

NIR ($p=0,05$ dla pektyn — LSD for pectins
pomiędzy częściami źdźbła
=0,02
between parts of blade
we współdziałaniu odmiana \times część źdźbła
=0,06
in interaction variety \times part of blade

NIR ($p=0,05$) dla protopektyn
— LSD for protopectins
pomiędzy częściami źdźbła
=0,01
between parts of blade
we współdziałaniu części
źdźbła \times odmiana
=0,02
in interaction parts of
blade \times variety
we współdziałaniu części
źdźbła \times pH ekstrakcji
=0,01
in interaction part of
blade \times extraction pH
we współdziałaniu części
źdźbła \times odmiana \times pH
=0,04
in interaction part of
blade \times variety \times extrac-
tion pH

badanych części zdźbła jest istotnie większa u odmian niewylegających ('Grana', 'Luna'). Wyjątek stanowiłyby tu odmiana 'Eka Nowa', której węzły i międzywęzła charakteryzują się dużą zawartością składników popielnych, a także wapnia i magnezu, pomimo że odmiana ta jest znana ze swej dużej skłonności do wylegania. Szczególnie dużo składników mineralnych stwierdzono w węzłach odmiany 'Luna' (10,45^{0/0}), 'Grana' (9,94^{0/0}), oraz 'Eka Nowa' (7,58^{0/0}), podczas gdy u pozostałych odmian ilość ta waha się w granicach od 5,41^{0/0} ('Mironowska 808') do ok. 7,00^{0/0} ('Bezostna 1'-6,80^{0/0}). Podobną zależność obserwuje się przy porównywaniu ilości składników mineralnych w międzywęzłach pszenicy, odmian odpornych na wyleganie i wylegających. I tak — najwięcej składników popielnych stwierdzono w międzywęzłach 'Luny' (7,42^{0/0}), 'Grany' (6,46^{0/0}), oraz 'Eka Nowej' (5,18^{0/0}), podczas gdy te wartości dla pozostałych odmian nie sięgają czterech procent (tab. 2).

Tabela 2—Table 2

Zawartość wapnia i magnezu oraz składników mineralnych w węzłach i międzywęzłach pszenicy wylegającej i odpornej na wyleganie (% s.m.)

Content of calcium, magnesium and ash in the nodes and internodes of lodging and non-lodging winter wheat culms in their flowering stage (per cent dry weight)

Pszenica ozima Winter wheat		Węzły Nodes			Międzywęzła Internodes		
		wapń cal- cium	magnez magne- sium	popiół ash	wapń cal- cium	magnez magne- sium	popiół ash
Odmiany wylegające Lodging varieties	'Mironowska 808'	0,20	0,15	5,41	0,19	0,12	3,41
	'Dańkowska Biała'	0,25	0,11	5,92	0,14	0,09	3,37
	'Eka Nowa'	0,27	0,16	7,58	0,19	0,11	5,18
Odmiany odporne na wyleganie Non lodging varieties	'Luna' (C-48)	0,32	0,18	10,45	0,27	0,12	7,42
	'Grana' (C-517)	0,34	0,16	9,94	0,29	0,14	6,46
	'Bezostna 1'	0,17	0,10	6,80	0,18	0,09	3,61
	'Modzurowska'	0,23	0,11	5,75	0,17	0,10	3,65

W tabeli 3 przedstawiono procentowy udział frakcji protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu w ogólnej ilości połączeń pektynowych, zawartych w węzłach oraz międzywęzłach pszenicy. Wartości te dla przebadanych odmian maleją w następującym szeregu: 'Grana' > 'Luna' > 'Mironowska 808' > 'Modzurowska' > 'Bezostna 1' > 'Eka Nowa' > 'Dańkowska Biała'. Wynikałoby z niego, że najmniej protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu w stosunku do ogólnej ilości związków pektynowych mają międzywęzła odmian: 'Dańkowska Biała' i 'Eka Nowa', czyli odmian długosłomych i wylegających. Koreluje

to również z zawartością wapnia i magnezu w międzywęzłach tych odmian (tab. 2). Mała zawartość wapnia i magnezu w międzywęzłach tych odmian oraz niska zawartość frakcji protopektyn wiążących się z tymi jonami skłaniają do wniosku, że u długosłomych odmian występują raczej substancje pektynowe zmetylowane w tej fazie wegetacji. Odmiany te rosną wprawdzie szybko, lecz powoli przechodzą kolejne fazy rozwojowe i wykazują znacznie większą skłonność do wylegania przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych, zbyt wysokich dawkach azotu oraz infekcji.

Tabela 3—Table 3

Udział frakcji protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu w ogólnej ilości substancji pektynowych w węzłach i międzywęzłach pszenicy wylegającej i odpornej na wyleganie (w procentach)

Percentage of calcium-magnesium protopectins in the total amount of the pectic substances in the nodes and internodes of lodging and non-lodging wheat culms in their flowering stage

Pszennica ozima Winter wheat		Węzły Nodes	Międzywęzła Internodes
Odmiany wylegające	'Mironowska 808'	35,76	46,94
Lodging varieties	'Dańkowska Biała'	35,15	23,53
	'Eka Nowa'	30,40	27,11
Odmiany odporne na wyleganie	'Luna' (C-48)	30,34	48,65
	'Grana' (C-517)	37,20	52,50
Non-lodging varieties	'Bezostna 1'	29,16	43,75
	'Modzurowska'	34,80	44,59

Stosunkowo wysoka zawartość frakcji protopektyn, wyodrębnionych przy pH 4,5 oraz przy pH 10,6 (tab. 1), a także jonów wapnia i magnezu w strefie interkaralnej (kolanka) (tab. 2), tłumaczyłaby merystymatyczną aktywność tej części źdźbła, gdy pochylone źdźbło (niezależnie od przyczyny powodującej wyleganie) podnosi się ku górze.

Odginanie się źdźbła następuje wskutek podziałów i powiększania się rozmiarów komórek, znajdujących się w strefie interkaralnej, na dolnej stronie pochylonej łodygi. Proces ten odbywa się z udziałem substancji pektynowych, które, jak wynika z licznego piśmiennictwa, spełniają istotną rolę w procesach wzrostowych. Wapń i magnez potrzebny jest przede wszystkim do wbudowania pektyn w ściany komórkowe oraz do biosyntezy białka (Merkys i Marciukaitis, 1965; Green, 1969; Lampart, 1970; Blaim, 1968a, b; Kandeler, 1977).

Dane przedstawione w tabeli 4 wskazują, że nawożenie pszenicy

Tabela 4—Table 4

Wpływ nawożenia azotem na zawartość różnych frakcji substancji pektynowych w węzłach i międzywęzłach źdźbła pszenicy w fazie kwitnienia (% pektynianu wapnia w suchej masie)

The effect of the nitrogen fertilization on the content of the pectic substance in the nodes and internodes of the wheat culms in their flowering stage (calcium pectate—per cent dry weight)

a — węzły — nodes.

b — międzywęzła — internodes.

Pszenica ozima Winter wheat	Nawożenie Fertilization		Pektyny roz- puszczalne Soluble pectins	Protopek- tyny Protopec- tins		Protopek- tyny związane z Ca i Mg Ca-Mg protopectins	Suma substancji pektyno- wych Total pectic substances
	N kg/ha	a b		pH ekstrakcji extractable			
				4,5	10,6		
'Bezostna 1' odmiana odporna na wyleganie var. resistant to lodging	0	a	0,42	0,26	0,54	0,28	0,96
		b	0,21	0,15	0,43	0,28	0,64
	40	a	0,44	0,33	0,67	0,37	1,11
		b	0,21	0,15	0,43	0,28	0,64
80	a	0,45	0,29	0,50	0,21	0,95	
	b	0,22	0,15	0,43	0,28	0,65	
'Dańkowska Biała' odmiana wylegająca var. unresistant to lodging	0	a	0,70	0,37	0,95	0,58	1,65
		b	0,23	0,17	0,28	0,12	0,51
	40	a	0,81	0,38	0,77	0,39	1,58
		b	0,21	0,16	0,28	0,12	0,49
80	a	0,83	0,34	0,88	0,46	1,63	
	b	0,21	0,16	0,29	0,13	0,50	
'Mironowska 808' odmiana wylegająca var. unresistant to lodging	0	a	0,58	0,30	0,79	0,49	1,37
		b	0,11	0,14	0,37	0,23	0,48
	40	a	0,57	0,29	0,80	0,51	1,37
		b	0,11	0,14	0,37	0,23	0,48
80	a	0,60	0,26	0,67	0,41	1,27	
	b	0,11	0,14	0,37	0,23	0,48	

NIR dla pektyn ($p=0,05$)
LSD for pectins
pomiędzy częściami źdźbła
between parts of blade
we współdziałaniu odmiana \times
część źdźbła =0,01
in interaction variety \times parts of blade
we współdziałaniu nawożenia \times część
źdźbła =0,01
in interaction fertilization \times parts of
blade

NIR dla protopektyn ($p=0,05$)
LSD for protopectins
pomiędzy częściami źdźbła =0,01
between parts of blade
we współdziałaniu odmiana \times części
źdźbła =0,01
in interaction variety \times parts of blade
we współdziałaniu nawożenia \times część
źdźbła =0,01
in interaction fertilization \times parts of
blade

niskimi dawkami azotu (0, 40, 80 kg N/ha) nie wpływa na zawartość substancji pektynowych (zarówno pektyn, jak i protopektyn) w międzywęzłach, powoduje natomiast wzrost ilości tych połączeń w węzłach wszystkich odmian pszenicy (największy — w odmianie 'Dańkowska Biała' o ok. 16⁰/o, niewielki — w odmianie 'Bezostna 1' o ok. 7⁰/o i 'Mironowska 808' o ok. 4⁰/o).

Podobnie, jak w poprzednim doświadczeniu, stwierdzono istotną różnicę w zawartości pektyn i protopektyn w węzłach i międzywęzłach badanych odmian, niezależnie od pozostałych czynników. Ogólna ilość substancji pektynowych jest u 'Dańkowskiej Białej' trzykrotnie wyższa w węzłach niż w międzywęzłach i około dwukrotnie u odmian: 'Bezostna 1', 'Mironowska 808' (tab. 4). Różnice w zawartości protopektyn, wyodrębnionych przy pH 10,6, w węzłach i międzywęzłach badanych odmian wykazują większą zmienność. Odmiana 'Dańkowska Biała' (pszenica długosłoma, wylegająca), która zawiera najwięcej protopektyn w węzłach, odznacza się jednocześnie najmniejszą ich zawartością w międzywęzłach. Odwrotną zależność stwierdzono u odmiany krótkosłomej, odpornej na wyleganie — 'Bezostna 1' (tab. 4). Podobną zależność stwierdzono również w zawartości wapnia i magnezu w tkankach strefy interkalarnej i międzywęzła odmiany wylegającej ('Dańkowska Biała') i odpornej na wyleganie ('Bezostna 1') (tab. 5).

Tabela 5—Table 5

Wpływ nawożenia azotem na zawartość wapnia, magnezu oraz składników mineralnych w węzłach i międzywęzłach pszenicy (%/s.m.)

The effect of nitrogen fertilization on the content of calcium, magnesium and ash in the nodes and internodes of wheat culms in their flowering stage (per cent dry weight)

Odmiany Varieties	Nawożenie Fertilization N kg/ha	Węzły — Nodes			Międzywęzła — Internodes		
		Ca	Mg	popiół ash	Ca	Mg	popiół ash
'Bezostna 1'	0	0,16	0,10	6,83	0,19	0,12	3,57
odmiana odporna na wyleganie	40	0,24	0,12	5,66	0,18	0,11	3,61
non-lodging variety	80	0,38	0,15	5,77	0,18	0,125	4,21
'Dańkowska Biała'	0	0,25	0,13	5,89	0,15	0,085	3,37
odmiana wylegająca	40	0,23	0,15	6,19	0,16	0,105	3,20
lodging variety	80	0,25	0,18	6,46	0,16	0,095	3,31
'Mironowska 808'	0	0,20	0,10	5,34	0,19	0,12	3,48
odmiana wylegająca	40	0,26	0,09	5,54	0,20	0,095	3,44
lodging variety	80	0,32	0,14	6,19	0,21	0,10	3,72

Dawka 40 kg N/ha spowodowała zwiększenie zawartości protopektyn wyodrębnionych przy pH 10,6 w węzłach odmiany 'Bezostna 1', spadek ich — w węzłach 'Dańkowskiej Białej', oraz brak wpływu u odmiany 'Mironowska 808' (tab. 4).

Nawożenie pszenicy dawką 80 kg N/ha zmniejsza zawartość protopektyn (wyodrębnionych przy pH 10,6) w węzłach wszystkich odmian, oraz nie wpływa na ilość w międzywęzłach (tab. 4).

Wpływ nawożenia azotem (0, 40, 80 kg N/ha) na zawartość wapnia i magnezu oraz składników mineralnych w węzłach i międzywęzłach pszenicy zawiera tabela 5. Z danych przedstawionych wynika, że te dawki azotu nie wpływają na zawartość wymienionych składników (tab. 5) w międzywęzłach badanych odmian. W miarę zwiększania dawki azotu obserwuje się natomiast wzrost ilości wapnia i magnezu w węzłach 'Bezostnej' i 'Mironowskiej 808'. Nie koreluje z tym ilość frakcji protopektyn związanych z tymi kationami, wręcz odwrotnie, obserwuje się spadek zawartości frakcji połączeń pektynowych wiążących się w ścianach komórkowych za pomocą tych kationów (tab. 4).

Dawka 80 kg N/ha powoduje już spadek ogólnej zawartości substancji pektynowych w węzłach, oraz nie wpływa na ich ilość w międzywęzłach (tab. 4). Wyższe dawki azotu mogą więc wpływać niekorzystnie na skład chemiczny ścian komórkowych źdźbła, a tym samym zmniejszać odporność tkanek nie tylko na czynniki mechaniczne, ale również i choroby. Otrzymane dane zdają się potwierdzać opublikowane wcześniej wyniki badań i wnioski odnośnie wpływu intensywnego nawożenia mineralnego na skład chemiczny poszczególnych składników ścian komórkowych, a szczególnie substancji pektynowych w źdźbłach roślin zbożowych (Przeszłakowska i Wojtyśiak, 1977).

DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że istnieje ścisła zależność między składem chemicznym i zawartością substancji pektynowych w ścianach komórkowych tkanek strefy interkalarnej oraz międzywęzli pszenicy u badanych odmian a ich odpornością na wyleganie. Określoną odmianę cechuje określony skład chemiczny źdźbła, warunkujący podatność lub odporność na wyleganie, podatność lub odporność na infekcję przez liczne fitopatogeny (wirusy, bakterie, grzyby), a także zdolność przeciwstawiania się niekorzystnym czynnikom klimatycznym (susza, niskie temperatury itp.). W poprzednich pracach wykazano, że na biosyntezę połączeń pektynowych w roślinach zbożowych wpływają regulatory wzrostu typu retardantów (CCC) (Blaim i Przeszłakowska, 1967; Przeszłakowska, 1973, 1974, 1979). W wyniku działania chlorku chlorocholiny (CCC) na rośliny zbożowe

(pszenica, mieszańce *Triticale*) następuje nie tylko skracanie długości źdźbła, lecz również zmiany w zawartości poszczególnych składników wchodzących w skład ścian komórkowych (substancje pektynowe, białka, ligniny, hemiceluloza „A”, hemiceluloza „B”, α -celuloza). Najbardziej istotne zmiany stwierdzono we frakcjach substancji pektynowych (Przeszlakowska, 1974, 1979), które spełniają szczególną rolę w procesie wzrostu (Lampert, 1970).

Substancje pektynowe powstają głównie w młodych tkankach, wchodząc w skład substancji spajających komórki, natomiast w zdrewniałych komórkach i tkankach znajdują się w ilościach śladowych.

Przewaga substancji pektynowych nad celulozą i ligniną w strukturze źdźbła polega na tym, że te ostatnie raz wytworzone w roślinach nie ulegają dalszym zmianom. Związki pektynowe, które wzmacniają tkanki w okresie wzrostu, ulegają następnie kolejnym przemianom metabolicznym, co może posiadać duże znaczenie dla wyjaśnienia zmniejszonej odporności na wyleganie w niektórych fazach wzrostu i rozwoju pszenicy.

Funkcja fizjologiczna protopektyn w młodych tkankach jest odmienna niż w tkankach starych, co związane jest z występowaniem jonów metali (Ca^{2+} , Mg^{2+}) oraz grup metoksylowych. W protopektynie blaszki środkowej zawartość jonów metali jest wyższa od ilości grup metoksylowych i w rezultacie substancje pektynowe odgrywają rolę układu szkieletowego. W protopektynie ścian komórkowych występuje duża ilość grup metoksylowych przy niewielkiej ilości jonów metali. Takie substancje pektynowe wpływają na elastyczność i plastyczność ścian komórkowych, łatwo również pęcznieją i mogą zatrzymywać duże ilości wody. Żdźbła pszenicy traktowane chlorkiem chlorocholiny wykazywały nie tylko wyższą zawartość substancji pektynowych, ale i o 12% więcej tzw. wody związanej, usuwanej dopiero w 105°C (378°K) Blaim i Przeszlakowska (1970). Wydaje się więc, że przy długiej słomie i dużej ilości tego typu połączeń w tkankach, jak to stwierdzono u odmiany 'Dańkowska Biała', może łatwo dochodzić do wylegania, gdyż zarówno pektyny, jak i frakcja protopektyn niezwiązanych z jonami metali łatwo absorbują wodę. Zawartość wody w komórkach wywiera olbrzymi wpływ na ich fizyczne właściwości, a następnie na właściwości tkanek (Przeszlakowska, 1975).

Cechy odmianowe pszenicy, a szczególnie długość i grubość słomy, grubość tkanek źdźbła oraz ciężar kłosa warunkują, między innymi, stopień wylegania. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że odmiany wylegające: 'Eka Nowa', 'Dańkowska Biała' odznaczają się niską zawartością protopektyn związanych z jonami Ca^{2+} i Mg^{2+} (frakcja wyodrębniona przy pH 10,6) w międzywęzłach (tab. 1). Odmiany odporne na wyleganie: 'Grana', 'Luna', 'Bezostna 1', 'Modzurowska' wykazują

większą zawartość tej frakcji w międzywęzłach. Zależność tę wykazano również przy badaniu wpływu zróżnicowanych dawek azotu (0, 40, 80 kg N/ha). Ilość frakcji protopektyn związanych z jonami metali w międzywęzłach 'Dańkowskiej Białej' jest istotnie mniejsza w porównaniu do 'Bezostnej 1' i 'Mironowskiej 808' (tab. 4). Należy zaznaczyć, że ta odmiana charakteryzuje się najwyższą zawartością pektyn rozpuszczalnych oraz frakcji protopektyn wyodrębnionych przy pH 4,5 w węzłach i taką samą zawartością pektyn, jak 'Bezostna 1' w międzywęzłach (tab. 4).

Zjawisko wylegania z punktu widzenia mechaniki źdźbła rozpatruje K a c z o r o w s k i (1970). Wskazuje on na różnice między konstrukcją mechaniczną a konstrukcją źdźbła pszenicy polegającą na tym, że pierwszą z nich charakteryzuje stałość w odniesieniu do wymiarów, własnego ciężaru, oraz właściwości materiału, z których jest zbudowana, podczas gdy u roślin zbożowych w okresie rozwoju występują liczne zmiany wymienionych czynników. Potwierdzeniem tego byłyby liczne badania nad składem chemicznym źdźbła (P r z e s z l a k o w s k a, 1975; Ś l u s a r c z y k, 1971). Z tych względów analiza konstrukcji źdźbła, jak również badanie składu chemicznego ograniczać się musi do krótkich przedziałów czasu, w ciągu których zmiany zachodzące w procesie wzrostu i rozwoju roślin zbożowych nie wpływają w istotny sposób na mechaniczną wytrzymałość źdźbła oraz jego skład chemiczny.

Według tego autora (K a c z o r o w s k i, 1970) nie można mówić o mechanicznej odporności źdźbła określonej odmiany, a wyłącznie można rozpatrywać odporność badanej odmiany na wyleganie w określonych, krótkich przedziałach czasu. Wydaje się, że stwierdzenie takie jest tylko częściowo słuszne, nie uwzględnia ono praw genetyki. Analiza genetyczna, wykonana metodą rekombinacji wskazuje, że karłowatość pszenicy kontrolowana jest co najmniej przez 3 geny. Jeśli skrzyżuje się formy karłowe z normalnymi, o długiej słomie, wówczas w pokoleniu F_1 długość źdźbła najczęściej dziedziczy się pośrednio lub zbliżona jest do formy karłowej. W pokoleniu F_2 występuje rozszczepienie na typy długie, pośrednie, karłowate. Karłowatość w zależności od genotypu może być dominująca lub recesywna, bądź dziedziczna według typu *zea*. Z analizy monosomicznej wynika, że długość źdźbła jest kontrolowana przez wiele chromosomów. Jako cecha ilościowa jest zatem kontrolowana przez większą liczbę genów. Stopień dziedziczenia długości źdźbła jest wysoki i wynosi 80-90%. Postęp hodowlany przy selekcji na długość jest także wysoki i wynosi 30-40% (T a r k o w s k i, 1978). Tak więc każda odmiana ma zakodowane takie czynniki, jak długość źdźbła, jego skład chemiczny w określonych fazach fenologicznych, czyli te czynniki, które posiadają istotne znaczenie w zjawisku odporności źdźbła nie tylko na wyleganie. Konstrukcja mechaniczna źdźbła uwarunkowana jest biosyntezą i rozmieszczeniem poszczególnych skład-

ników w ścianach komórkowych, stosunkiem ilościowym poszczególnych biopolimerów względem siebie w określonej fazie fegetacji (białka, substancje pektynowe, ligniny, hemicelulozy, celuloza). Odpowiedzialność za biosyntezę wymienionych czynników warunkują geny, które decydują, czy źdźbło jest długie, czy krótkie u danej odmiany i wydaje się, że w stosunku do wyselekcjonowanej odmiany można stosować termin odporna na wyleganie, czy też wylegająca. Mechaniczna odporność źdźbła zależy od wielu czynników. O ile elastyczność ścian komórkowych uważa się za główny czynnik odpowiedzialny za elastyczność tkanek, to z kolei protoplazma odpowiada za istnienie turgoru na ścianach i utrzymanie określonego ciśnienia hydrostatycznego. Takie czynniki, jak turgor i elastyczność ścian, decydują z kolei o własnościach lepkosprężystych tkanek.

STRESZCZENIE

Oznaczono ogólną ilość substancji pektynowych oraz poszczególnych frakcji (pektyny rozpuszczalne, protopektyny ekstrahowane przy pH 4,5, protopektyny ekstrahowane przy pH 10,6, frakcję protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu) w węzłach oraz międzywęzłach pszenicy, odmian wylegających ('Dańkowska Biała', 'Eka Nowa') i odpornych lub średnio odpornych na wyleganie ('Grana', 'Luna', 'Bezostna 1', 'Modzurowska', 'Mironowska 808') w okresie kwitnienia. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że ogólna zawartość substancji pektynowych w tkankach węzłów jest trzykrotnie wyższa od ich ilości w międzywęzłach. Niezależnie od odmiany, węzły w porównaniu do międzywęzła zawierają trzy razy więcej pektyn rozpuszczalnych, dwa razy więcej frakcji protopektyn ekstrahowanych zarówno przy pH 4,5 jak i przy pH 10,6.

Odmiany odporne na wyleganie ('Grana', 'Luna', 'Modzurowska') charakteryzuje stosunkowo duża zawartość substancji pektynowych zarówno w węzłach, jak i w międzywęzłach. Węzły i międzywęzła tych odmian odznaczają się także wysoką zawartością frakcji protopektyn z jonami wapnia i manganu. Stwierdzono, że najniższą zawartość protopektyn związanych z jonami metali wykazują międzywęzła pszenicy odmian o długiej i podatnej na wyleganie słomie. Nawożenie azotem (0, 40, 80, kg N/ha) nie wpływa na ilość frakcji protopektyn związanych z jonami wapnia i magnezu, zawartość składników mineralnych (popiołu) oraz wapnia i manganu w międzywęzłach źdźbła.

LITERATURA

- Blaim K., 1968a. Substancje pektynowe i ich znaczenie biologiczne. Post. Nauk. rol. 2, 110: 81-90.
- Blaim K., 1968b. Rola wapnia w zjawiskach odpornościowych u roślin. Post. Nauk rol. 6, 114: 51-58.
- Blaim K., Przeszlakowska M., 1967. Influence of CCC on the content of pectic substances in wheat stalks. Bull. Acad. Sci. ser. biol. 15: 445-448.
- Blaim K., Przeszlakowska M., 1968. Wyodrębnienie i oznaczenie substancji pektynowych w materiale roślinnym. Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Sec. AA, 23: 257-263.

- Blaim K., Przeszlakowska M., 1970. Effect of CCC (2-chloroethyl-trimethyl-ammonium chloride) on the character of water occurrence in the stems of wheat and an attempt to interpret this phenomenon. Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Sec. E, 25, 17: 221-226.
- Esau K., 1973. Anatomia roślin. PWRiL, Warszawa.
- Green P. B., 1969. Cell morphogenesis. Ann. Rev. Plant Physiol., 20: 365-394.
- Kac-Kacas M., Chojnacki A., 1963. Oznaczanie zawartości wapnia i magnezu w roślinach. Roczn. Nauk rol. T 88-A-1: 73-90.
- Kaczorowski T., 1970. Zjawisko wylegania zbóż z punktu widzenia mechaniki źdźbła. IUNG. Puławy.
- Kandeler R., 1977. Fizjologia rozwoju roślin. PWN, Warszawa.
- Lampert D. T. A., 1970. Cell wall metabolism. Ann. Rev. Plant Physiol., 21: 235-270.
- Merkys A., Marciukaitis A., 1965. Polaryzacja wykluczenia aminokwasów w białku w okresie geotropizacji sposobności przy poleganiu zielonych roślin. Trudy A. N. Litowskiej SSR, ser. B, 3, 38: 39-79.
- Oktaba W., 1967. Metody statystyki matematycznej w doświadczeniach. PWN, Warszawa.
- Preston R. D., 1941. The fine structure of the walls of phloem fibres. Chron. Bot. 7: 414-416.
- Przeszlakowska M., 1973. Chromatographic analysis of pectic substances of the corn culms. Acta agrobot. 26, 1: 115-122.
- Przeszlakowska M., 1974. Changes in the cell walls of wheat culms treated with 2-chloroethyl-trimethyl-ammonium chloride (CCC). Acta agrobot. 27, 1: 19-28.
- Przeszlakowska M., 1975. Skład chemiczny źdźbła zbóż i jego znaczenie w odporności na wyleganie. Post. Nauk rol. 2: 41-55.
- Przeszlakowska M., Wojtysiak R., 1977. Changes in the chemical composition of corn culms in their ear-forming stage depending on mineral fertilization. Acta agrobot. 30, 1: 85-94.
- Przeszlakowska M., 1979. Wpływ chlorku chlorocholiny (CCC) na niektóre cechy morfologiczne i chemiczne źdźbła *Triticale*, pszenicy i żyta w okresie wegetacji. Cz. I. Wyniki badań nad *Triticale* w latach 1977-1978. IHAR. Radzików 125-138.
- Przeszlakowska M., Tarkowski Cz., 1979. Wpływ chlorku chlorocholiny (CCC) na niektóre cechy morfologiczne i chemiczne źdźbła *Triticale*, pszenicy i żyta w okresie wegetacji. Cz. II. Wyniki badań nad *Triticale* w latach 1977-1978. IHAR. Radzików 139-168.
- Stanisławski J. J., 1977. Wybrane regulatory wzrostu i rozwoju pszenicy. PWN, Warszawa.
- Ślusarczyk M., 1971. Zmienność występowania substancji szkieletowych u różnych gatunków i odmian zbóż. Praca doktorska, IUNG, Puławy.
- Tarkowski Cz., 1978. Czynniki warunkujące produktywność roślin. PWN, Warszawa.
- Walker W. S., 1960. The effect of mechanical stimulation and etiolation on the collenchyme of *Datura Stramonium*. Amer. Journ. Bot. 47: 717-724.