ACTA AGROBOTANICA
Vol. XXX, (1): 85-94, 1977

# Zmiany w składzie chemicznym źdźbła zbóż w fazie kłoszenia przy różnym poziomie nawożenia mineralnego

**MARIA PRZESZLAKOWSKA i ROMAN WOJTYSIAK**

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

(Otrzymano: 16 VI 1976)

M. Przeszlakowska and R. Wojtysiak (Institute of Chemistry and Agriculutural Technology, Dpt. of Biochemistry, Agricultural Academy, Lublin, Poland) Acta Agrobotnica 30 (1), 1977.

*Changes in the chemical composition of corn culms and their ear-forming stage depending on mineral fertilization*

A study was curried out on the influence of mineral fertilization on the chemical composition of the cell walls of culms of wheat, barley, rye, and oats at the ear-forming stage. The content of reducing sugars, protein, pectin substances, hemicellulose, lignin, ash, and α-cellulose has been determined as well as the distribution of some of the micro- and macroelements in the lower and the upper parts of culm.

## WSTĘP

Panuje ogólna zgoda w poglądzie, że budowa i skład chemiczny ścian komórkowych w dużym stopniu decydują o ich mechanicznych właściwościach, a te z kolei — o mechanicznych właściwościach tkanek roślinnych (Moshenin 1970). Ściany komórkowe wykazują różny stopień plastyczności, sprężystości (elastyczności) oraz wytrzymałości na rozerwanie w zależności od składu chemicznego oraz ich submikroskopowej struktury (Frey-Wyssling 1959; Esau 1973). Pełnią one funkcje ochronne i wzmacniające niezależnie od tego, czy stanowią składową część komórek żywych, czy też pozostałość komórek, które utraciły protoplast wskutek uszkodzenia (Roelofsen 1959).

Głównymi składnikami ścian komórkowych roślin zbożowych, które bezpośrednio decydują o sztywności i mechanicznej wytrzymałości tkanek źdźbła, są celuloza i lignina. Badaniu tych polimerów w roślinach zbożowych poświęcono wiele uwagi (Przeszlakowska 1975). Pozostałe składniki ścian komórkowych (hemicelulozy, substancje pektynowe, białka), a zwłaszcza ich stosunek ilościowy, spełniają nie mniej-

szą rolę w submikroskopowej budowie ściany i mają duże znaczenie w mechanizmie odporności na choroby. Składniki te są często wykorzystywane jako źródło węgla przez liczne fitopatogeny (Albersheim i wsp. 1969, 1975).

Właściwe zaopatrzenie roślin w niezbędne składniki mineralne, stosowanie regulatorów wzrostu typu retardantów, liczne zabiegi agrotechniczne mają istotne znaczenie we wzroście i rozwoju roślin i one w dużym stopniu decydują o ich zdrowotności, odporności na wyleganie oraz na niesprzyjające warunki klimatyczne (Wąs 1970; Rożej 1971, 1973; Sójkowski 1971; Przeszlakowska 1974).

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia mineralnego na zawartość poszczególnych frakcji ścian komórkowych w dolnej i górnej części źdźbła pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa. Określono również zawartość popiołu oraz niektórych pierwiastków w tkankach.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał roślinny (pszenica — 'Eka Nowa'; żyto — 'Dańkowskie Złote'; jęczmień — 'Skrzeszowicki'; owies — 'Udycz Żółty') pobierano w fazie kłoszenia metodą losową z poletek doświadczalnych Zakładu Roślin Zbożowych IUNG w Osinach k.Puław w latach 1969-1970, na których stosowano dwa poziomy nawożenia mineralnego; nawożenie A (kontrola) i B (intensywne) — dawki NPK w kg/ha:

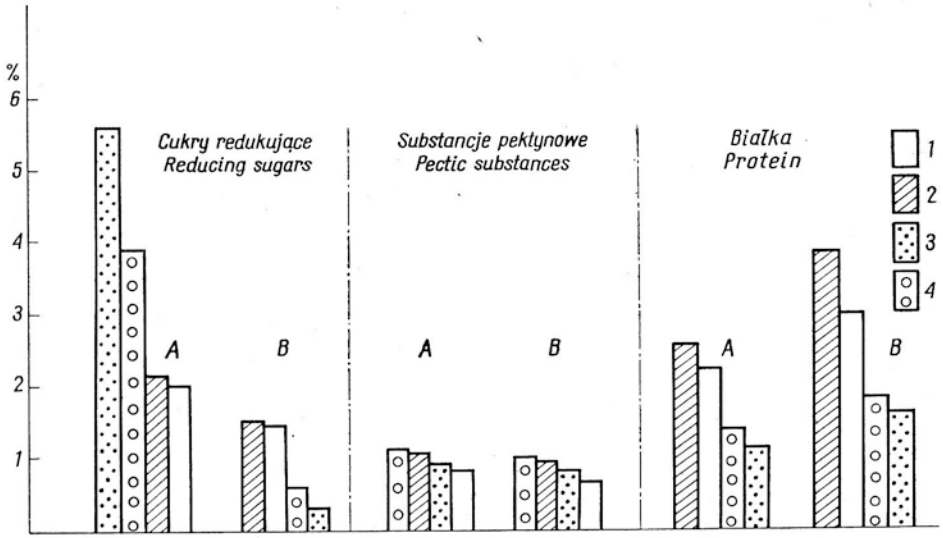
| nawożenie A | | nawożenie B | |
|---|---|---|---|
| pszenica | — $N_{80}$, $P_{52}$, $K_{40}$ | przenica | — $N_{135}$, $P_{70}$, $K_{80}$ |
| żyto | — $N_{60}$, $P_{52}$, $K_{40}$ | żyto | — $N_{120}$, $P_{70}$, $K_{80}$ |
| jęczmień | — $N_{80}$, $P_{52}$, $K_{40}$ | jęczmień | — $N_{160}$, $P_{72}$, $K_{80}$ |
| owies | — $N_{80}$, $P_{52}$, $K_{40}$ | owies | — $N_{160}$, $P_{72}$, $K_{100}$ |

Źdźbła zbóż pozbawione liści i kłosów dzielono na dwie części: a) dolną część źdźbła o długości ok. 30 cm (licząc od węzła krzewienia), b) górną część, czyli pozostałą część rośliny. Przygotowanie materiału roślinnego, metodę frakcjonowania i oznaczania poszczególnych składników ścian komórkowych opisano w poprzedniej pracy (Przeszlakowska 1974). Zebrany materiał wykorzystano również do oznaczania zawartości składników mineralnych oraz mikro- i makropierwiastków (Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, K, P) w tkankach źdźbła. Pierwiastki te oznaczano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej przy użyciu spektrofotometru firmy Evans EEL 240, model 2, stosując odpowiednie rozcieńczenia (McBride 1967). Fosfor oznaczano kolorymetrycznie standardową metodą molibdenianową (Kropisz i Starck 1972). Zawartość wszystkich składników określono w procentach

w stosunku do suchej masy roślinnej. Frakcjonowanie oraz oznaczanie wszystkich składników przeprowadzano co najmniej trzykrotnie, a uzyskane wartości liczbowe stanowią średnią arytmetyczną.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Zmiany w zawartości poszczególnych składników ścian komórkowych dolnej i górnej części źdźbła badanych zbóż przy dwóch dawkach NPK/ha (dawka A — kontrola; dawka B — rośliny intensywnie nawożone) przedstawiono graficznie na rysunkach 1-4.



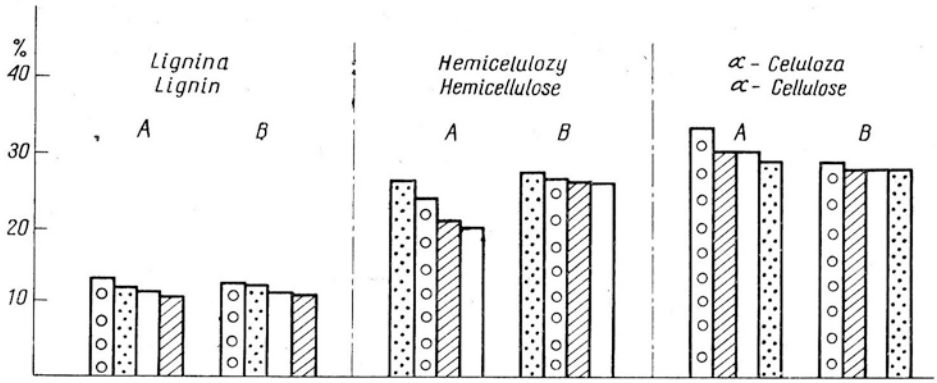

Rys. 1. Zawartość cukrów redukujących, substancji pektynowych oraz białka w górnej części źdźbła (%/s.m.)

*A* — kontrola; *B* — nawożenie intensywne *1* — pszenica; *2* — żyto; *3* — jęczmień; *4* — owies

Fig. 1. Content of free reducing sugars, pectic substances and protein in the cell wall of the upper part of culms (per cent on dry weight

*A* — control; *B* — intensive fertilization *1* — wheat; *2* — rye; *3* — barley; *4* — oat

Uzyskane dane wskazują, że niezależnie od poziomu nawożenia mineralnego, ściany komórkowe badanych roślin różnią się między sobą zawartością składników w poszczególnych frakcjach. Wykazano, że dolne części źdźbła zawierają więcej cukrów redukujących (rys. 1, 3) oraz popiołu (tab. 1), natomiast z górnych części wyodrębniono więcej hemiceluloz i białka (rys. 2). W tej fazie wegetacji (kłoszenie) źdźbła badanych zbóż wykazują nieznaczne różnice w ilościowej zawartości takich składników, jak lignina i α-celuloza, chociaż u żyta i owsa przy wyższej dawce NPK/ha obserwuje się więcej tych połączeń w dolnej części źdźbła (rys. 4).

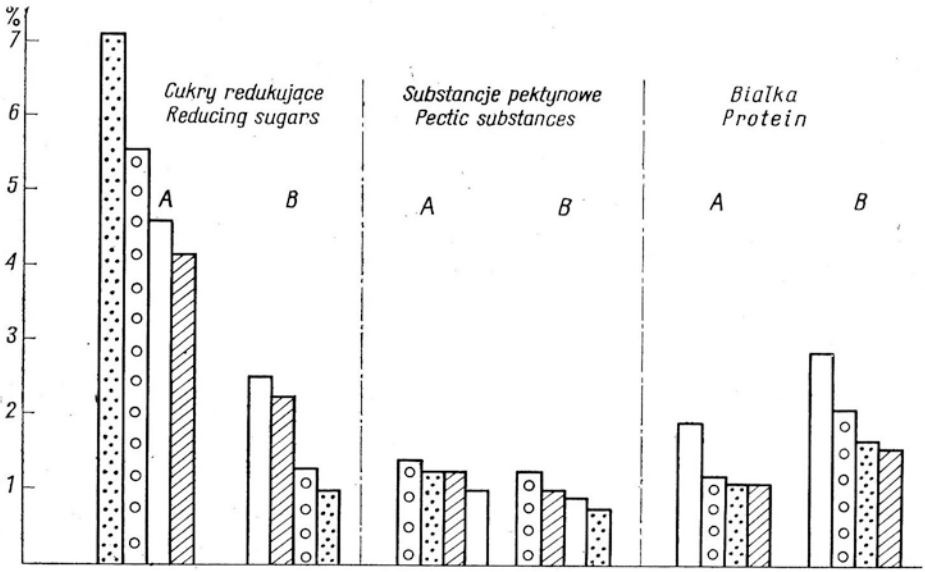



Rys. 2. Zawartość ligniny, hemicelulozy oraz α-celulozy w ścianach komórkowych górnej części źdźbła zbóż (%/s.m.)

Objaśnienia jak pod rys. 1

Fig. 2. Content of lignine, hemicelulose and α-cellulose in the cell wall of the upper part of culms

Designation as Fig. 1

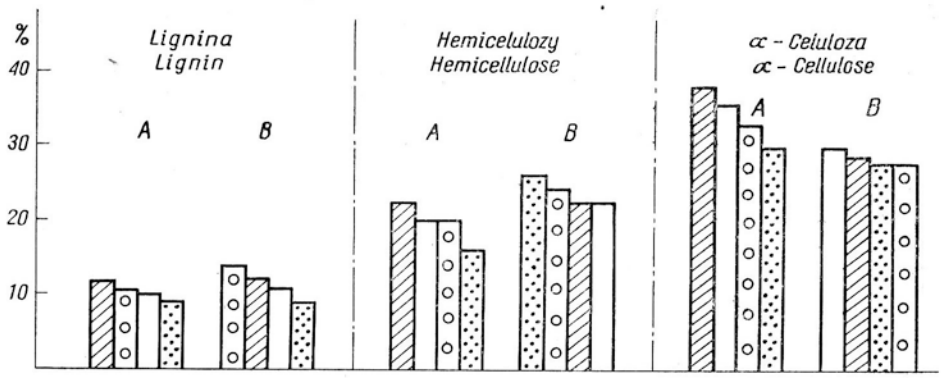



Rys. 3. Zawartość cukrów redukujących, substancji pektynowych oraz białka w dolnej części źdźbła (%/s.m.)

Objaśnienia jak pod rys. 1

Fig. 3. Content of free reducing sugars, pectic substances and protein in the cell lower part of culms

Designation as in Fig. 1




Rys. 4. Zawartość ligniny, hemicelulozy i α-celulozy w ścianach komórkowych dolnej części źdźbła
Objaśnienia jak pod rys. 1

Fig. 4. The content of lignine, hemicellulose and α-cellulose in the cell wall of the lower part of culms
Designation as in Fig. 1

Intensywne nawożenie mineralne istotnie wpływa na biosyntezę poszczególnych składników ścian i chemiczny skład tkanek źdźbła prawie u wszystkich zbóż. W źdźbłach roślin intensywnie nawożonych (B) obserwuje się następujące zmiany w zawartości badanych składników:

1) istotny spadek zawartości cukrów redukujących zarówno w dolnej, jak i górnej części roślin, szczególnie u owsa i jęczmienia (rys. 1, 3);

2) istotny wzrost zawartości białka, zwłaszcza w górnej części źdźbła pszenicy (o ok. 30%) i żyta (o ok. 40%) — rysunek 1;

3) tendencję do spadku zawartości substancji pektynowych;

4) wzrost zawartości ligniny w dolnej części źdźbła (o ok. 18%); żyta i pszenicy (o ok. 10%); nie stwierdzono jednak tej zależności w górnej części źdźbła badanych zbóż (rys. 2, 4);

5) wzrost zawartości frakcji hemiceluloz w dolnej części źdźbła jęczmienia (o ok. 30%), górnej części źdźbła pszenicy i żyta (o ok. 10%) oraz spadek zawartości tej frakcji cukrowej w dolnej części źdźbła żyta o ok. 8% (rys. 3, 4);

6) spadek zawartości α-celulozy (o ok. 10%), zwłaszcza w ścianach komórkowych wyodrębnionych z dolnej części źdźbła żyta, pszenicy i owsa.

Wyniki oznaczania ogólnej zawartości składników mineralnych w tkankach górnej i dolnej części źdźbła zbóż przy zróżnicowanym poziomie nawożenia mineralnego (A i B) zestawiono w tabeli 1. Zawartość niektórych mikroskładników (Mn, Cu, Zn, Fe) w ppm/s.m. oraz makroskładników (Ca, Mg, Na, K, P) w procentach/s.m. zawiera tabela 2.

Tabela 1 — Table 1

Zawartość popiołu w tkankach dolnej i górnej części źdźbła zbóż (procentowa zawartość w suchej masie)
A — rośliny kontrolne; B — rośliny intensywnie nawożone

The results of the quantitative determination of ash in the upper and the lower part of corn culms (per cent in dry weight)
A — control; B — intensive fertilization

| Część rośliny The part of plant | Pszenica — Wheat | | Żyto — Rye | | Jęczmień — Barley | | Owies — Oat | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Górna część źdźbła The upper part of culms | 4,70 | 5,84 | 5,20 | 5,65 | 6,08 | 6,75 | 6,29 | 10,66 |
| Dolna część źdźbła The lower part of culms | 5,55 | 6,76 | 5,35 | 6,05 | 7,08 | 8,18 | 7,45 | 11,25 |

Z uzyskanych danych wynika, że wyższe dawki NPK wpłynęły dodatnio na pobieranie niektórych składników mineralnych, a ogólna zawartość popiołu w tkankach roślin intensywnie nawożonych jest istotnie większa; dotyczy to zarówno dolnej, jak i górnej części źdźbła zbóż. Najbardziej jest to widoczne w źdźbłach owsa, gdzie wzrost popiołu w tkankach sięga ok. 70%, następnie u pszenicy — wzrost o ok. 24%, jęczmienia — o ok. 11%, a u żyta — o ok. 10%. Stwierdzono również, że dolne części badanych roślin charakteryzuje większa ilość składników popielnych (tab. 1).

Analiza popiołu wykazała, że intensywne nawożenie wpływa dodatnio na pobieranie takich pierwiastków, jak: Mn (z wyjątkiem żyta), Zn (z wyjątkiem jęczmienia), Fe, Ca, Mg, Na (u jęczmienia i owsa), K i P — u wszystkich roślin. Dane liczbowe określające zawartość poszczególnych mikro- i makroskładników w badanych tkankach są zróżnicowane zarówno dla gatunku, jak i części źdźbła. Dane te obrazuje tabela 2.

Transport magnezu, podobnie jak i wapnia, zachodzi prawie wyłącznie z prądem transpiracyjnym. Tkanki górnej części roślin zawierają więcej tych kationów, zarówno przy nawożeniu A, jak i nawożeniu B. Porównując otrzymane wartości liczbowe dla poszczególnych pierwiastków z danymi liczbowymi uzyskanymi przez innych autorów (Miszin 1967, Czuba 1969; Mercik 1969; Kuszelewski i Goźliń-

Tabela 2 — Table 2

Zawartość mikro i makroskładników w dolnej i górnej części źdźbła zbóż przy różnym poziomie nawożenia mineralnego A — kontrola; B — intensywne nawożenie (ppm i % w s.m.)

Minerals content in the upper and lower part of corn culms at their ear-forming stage depending on fertilization NPK (ppm and % on dry weight) A — control, B — intensive fertilization

| Gatunek Species | Część źdźbła Part of culms | ppm | | | | | | | | % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mn | | Cu | | Zn | | Fe | | CaO | | MgO | | $Na_2O$ | | $K_2O$ | | $P_2O_5$ | |
| | | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Pszenica Wheat | górna upper | 28 | 34 | 13 | 13 | 29 | 33 | 90 | 110 | 0,049 | 0,056 | 0,14 | 0,19 | 0,13 | 0,17 | 1,98 | 2,52 | 0,78 | 1,01 |
| | dolna lower | 25 | 29 | 12 | 12 | 25 | 29 | 70 | 75 | 0,035 | 0,046 | 0,13 | 0,17 | 0,14 | 0,15 | 2,20 | 2,75 | 0,80 | 1,00 |
| Żyto Rye | górna upper | 14 | 15 | 10 | 13 | 27 | 30 | 180 | 120 | 0,045 | 0,057 | 0,11 | 0,14 | 0,097 | 0,10 | 1,94 | 2,08 | 0,85 | 1,05 |
| | dolna lower | 17 | 17 | 11 | 12 | 26 | 29 | 170 | 140 | 0,036 | 0,048 | 0,07 | 0,11 | 0,10 | 0,13 | 3,01 | 3,47 | 0,82 | 1,15 |
| Jęczmień Barley | górna upper | 15 | 24 | 6,5 | 7,3 | 15 | 16 | 140 | 170 | 0,064 | 0,067 | 0,17 | 0,21 | 0,12 | 0,17 | 1,70 | 2,80 | 0,85 | 1,04 |
| | dolna lower | 13 | 24 | 7,0 | 7,6 | 13 | 12 | 122 | 195 | 0,029 | 0,039 | 0,16 | 0,16 | 0,12 | 0,18 | 1,60 | 4,38 | 0,82 | 1,19 |
| Owies Oat | górna upper | 34 | 40 | 10 | 10 | 34 | 40 | 151 | 186 | 0,063 | 0,079 | 0,16 | 0,19 | 0,11 | 0,16 | 1,49 | 2,52 | 0,85 | 1,14 |
| | dolna lower | 35 | 42 | 6,5 | 5,5 | 42 | 50 | 132 | 179 | 0,036 | 0,040 | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,165 | 1,18 | 2,41 | 0,71 | 1,14 |

ski 1970; Czarnowska 1975) można stwierdzić, że rośliny nie cierpiały na brak w podłożu takich kationów, jak: Cu, Zn, Fe.

Zawartość potasu jest znacznie większa w tkankach roślin, na które stosowano wyższe nawożenie tym składnikiem. Uzyskane w naszych badaniach wyniki potwierdzają również dane otrzymane przez innych autorów, mianowicie, że pobieranie potasu przez rośliny (w przeciwieństwie do innych kationów) zależy w dużej mierze od jego stężenia w glebie, natomiast w małym stopniu uzależnione jest od stężenia innych kationów (Mercik 1969, Czuba 1969). Potas wpływa dodatnio na ogólną przemianę materii, szczególnie duży udział tego pierwiastka jest w procesie asymilacji i powstawania związków budulcowych i zapasowych w komórce. Największe zapotrzebowanie zbóż na potas przypada w okresie ich strzelania w źdźbło i w okresie kłoszenia. Przy dobrym zaopatrzeniu roślin w ten składnik, ściany komórkowe są znacznie grubsze, dzięki czemu źdźbło jest sztywniejsze i mniej podatne na wyleganie (Spahr 1960). Tak więc dobre zaopatrzenie roślin w potas powinno znaleźć swe odbicie w składzie chemicznym ścian komórkowych źdźbła.

Nie wszystkie frakcje cukrowe uległy zwiększeniu. Obserwowano wzrost zawartości tylko hemiceluloz w ścianach i to nie u wszystkich gatunków. Już w tej fazie wegetacji (faza kłoszenia) stwierdzono wyleganie zbóż na poletkach intensywnie nawożonych, szczególnie pszenicy oraz duży stopień porażenia roślin przez rdzę źdźbłową *(Puccinia graminis)* oraz *Cercosporella herpotrichoides*. Wydaje się, że niższa zawartość α-celulozy w dolnej części źdźbła nie jest wynikiem wpływu dużych dawek NPK/ha, lecz jest prawdopodobnie wynikiem enzymatycznego rozkładu tego wielocukru przez organizmy chorobotwórcze. Przemawiałaby za tym również wyższa zawartość cukrów redukujących w dolnej części źdźbła, w porównaniu do ilości tych związków w górnej części roślin, którą stwierdzono niezależnie od nawożenia (rys. 3, 1). Wzrost zawartości ligniny (czynnik usztywniający ściany komórkowe) w dolnej części źdźbła roślin intensywnie nawożonych nie zapobiega wyleganiu roślin.

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że duże dawki nawozów mineralnych wpływają niekorzystnie na skład chemiczny źdźbła. Należałoby jednak zwrócić większą uwagę na zwalczanie chorób roślin zbożowych. Nadmiar azotu w środowisku odżywczym powoduje zbyt szybki i wybujały wzrost, a rozwijające się rośliny odznaczają się większą wrażliwością na porażenie przez infekcyjne czynniki chorobotwórcze. Dotyczy to również innych składników pokarmowych, których brak lub niedobór może być przyczyną nie tylko zaburzeń procesów przemiany w komórkach, ale i zmniejszania się odporności roślin na choroby.

## SUMMARY

In this study the results of investigations on changes in chemical composition of culms at the ear-forming stage, depending on mineral fertilization, are presented. Plant material from a field experiment carried out at the Experimental Station Osiny of the Institute for Soil Science and Cultivation of Plants was used.

The content of various cell wall constituents in the upper and lower part of culms are presented in the Figs. 1-4.

The content of ash and some elements (Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Na, K, P) was also determined (Table 1, 2).

It was found that intensive fertilization decreases the amount of some constituents of the cell wall, especially the content of reducing sugars (up to 80%) and α-cellulose (about 10%), whereas it increases the content of proteins (30-40%), hemicelluloses (10-30%), lignin (10-18% in the lower part of plants only), and minerals elements.


## LITERATURA


Albersheim P., English P.D., Jones T.M., 1969. Biochemistry of the cell wall in relation to infective processes. Ann. Rev. Phytopathology 7: 171-194.

Albersheim P., Anderson-Prouty A.J., 1975. Carbohydrates, proteins cell surfaces, and the biochemistry of pathogenesis. Ann. Rev. Plant Physiol. 26: 31-52.

Czarnowska K., 1975. Zawartość niektórych mikroelementów i azotu w różnych fazach rozwojowych pszenicy ozimej na tle nawożenia azotowego. Rocz. Nauk rol. s.A, 101 (2): 63-77.

Czuba R., 1969. Badania nad pobieraniem składników pokarmowych przez pszenicę ozimą. Rocz. Nauk rol. A, 96 (1): 5-28.

Esau K., 1973. Anatomia roślin. PWRiL, Warszawa.

Frey-Wyssling A., 1959. Die pflanzliche Zellwand. Springer-Verlag, Berlin.

Kropisz A., Starck J. R., Przewodnik do ćwiczeń z nawożenia roślin ogrodniczych. Dział Wydawnictw SGGW. Warszawa.

Kuszelewski L., Goźliński H., 1970. Działanie wysokich dawek nawozów mineralnych na glebach bielicowych lekkich. Cz. IV. Zawartość mikro- i makroskładników w plonach przy różnych poziomach nawożenia roślin w płodozmianie pięciopolowym. Rocz. Nauk rol. A, 96 (4): 151-166.

McBride C.H., 1967. Determination of secondary and minor plant nutrients in fertilizers by atomic absorption spectrophotometry. Third collaborative study. J. of the A.O.A.C., vol. 50, 2.

Mercik S., 1969. Zawartość składników mineralnych w roślinach w zależności od nawożenia. Rocz. glebozn. 20: 367-405.

Miszin P.J., 1967. Dinamika sodierżanija miedi i cinka w jarowej pszenice po fazam rozwitija. Agrochimija 2: 62-66.

Moshenin N.N., 1970. Physical properties of plant and animals materials. Vol. I., Structure, physical characteristic and mechanical properties. Gordon and Breach Science Publishers. Inc. New York-London-Paris.

Przeszlakowska M., 1974. Zmiany w składzie chemicznym ściany komórkowej źdźbła pszenicy traktowanej chlorkiem chlorocholiny (CCC). Acta agrobot. 23 (1): 19-28.

Przeszlakowska M., 1975. Skład chemiczny źdźbła zbóż i jego znaczenie w odporności na wyleganie. Post. Nauk. rol. 2: 41-55.

Roelofsen P., 1959. The plant cell wall. Handbuch der Pflanzenanatomie, B. 3,4.

Rożej A., 1971. Wpływ chlorku chlorocholiny (CCC) na porażenie żyta przez *Puccinia dispersa* Erikss. at Henn., Zesz. nauk. UMK, Toruń, z. 29, Biol. XIV: 179-285.

Rożej A., 1973. Wpływ chlorku chlorocholiny (CCC) na porażenie pszenicy ozimej przez *Puccinia triticina* Erokss., Rocz. Nauk rol. A, 99 (3): 7-17.

Sójkowski Z., 1971. Udział mkiroelementów w metabolizmie roślin. PWRiL, Warszawa.

Spahr Z., 1960. Untersuchungen über die Standfestigkeit von Sommergerste Z. Acker-u. Pflanzenbau, B. 110: 299-331.

Wąs L., 1970. Przegląd badań nad odpornością zbóż na wyleganie. Biul. IHAR, 3-4: 117-137.