

## WPŁYW NAWOŻENIA AZOTEM I WIEKU ROŚLIN NA SKŁAD WĘGLOWODANÓW W CZĘŚCIACH WEGETATYWNYCH ROŚLIN PRZEZNACZONYCH NA PASZĘ

*Maria Ślusarczyk*

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Jednym z czynników modyfikujących w znacznym stopniu skład chemiczny roślin jest nawożenie azotem. Zawartość poszczególnych składników chemicznych roślin ulega równocześnie istotnym zmianom w procesie jej rozwoju ontogenetycznego. W zależności od fazy rozwojowej, w której następuje zbiór roślin, zmienia się wysokość i jakość plonu tego samego gatunku.

Zmienność składu chemicznego roślin ma bezpośredni związek ze zmianą wartości pokarmowej produktów przeznaczonych na paszę. Czynnikiem coraz bardziej ograniczającym produkcję zwierzęcą stają się składniki energetyczne paszy. Pobieranie przez zwierzęta danej paszy oraz czas trawienia zależne są od zawartości cukrów rozpuszczalnych, strawnych polisacharydów strukturalnych oraz poziomu składników niestrawnych. Zawartość cukrów rozpuszczalnych warunkuje ponadto redukcję azotu azotanowego, wpływa na wykorzystanie białka pobranego przez zwierzęta i na wartości smakowe skarmianej paszy.

Znana jest ogólnie prawidłowość stwierdzająca, że w wyniku działania nawożenia azotem, następuje zmniejszenie się zawartości cukrowców, głównie rozpuszczalnych [1, 2, 3, 7, 11, 12]. Podjęte badania modelowe miały na celu zwrócenie uwagi na różną reakcję wybranych gatunków roślin na nawożenie azotem oraz prześledzenie zmian w zawartości cukrowców w ontogenezie tych roślin. Podjęto również próbę wyjaśnienia mechanizmu działania nawożenia azotem.

### MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Próby do analiz pobierano z doświadczeń, prowadzonych w hali wegetacyjnej w wazonach Mitscherlicha. Poszczególne kombinacje nawo-

zowe zawierały po 10 powtórzeń. Doświadczenia prowadzono na glebie spod lasu. Zróżnicowany poziom nawożenia obejmował kombinacje:

- 1) bez nawożenia N
- 2) 0,5 g N na wazon w postaci  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
- 3) 1,0 g N „ „ „ „
- 4) 2,0 g N „ „ „ „
- 5) 4,0 g N „ „ „ „

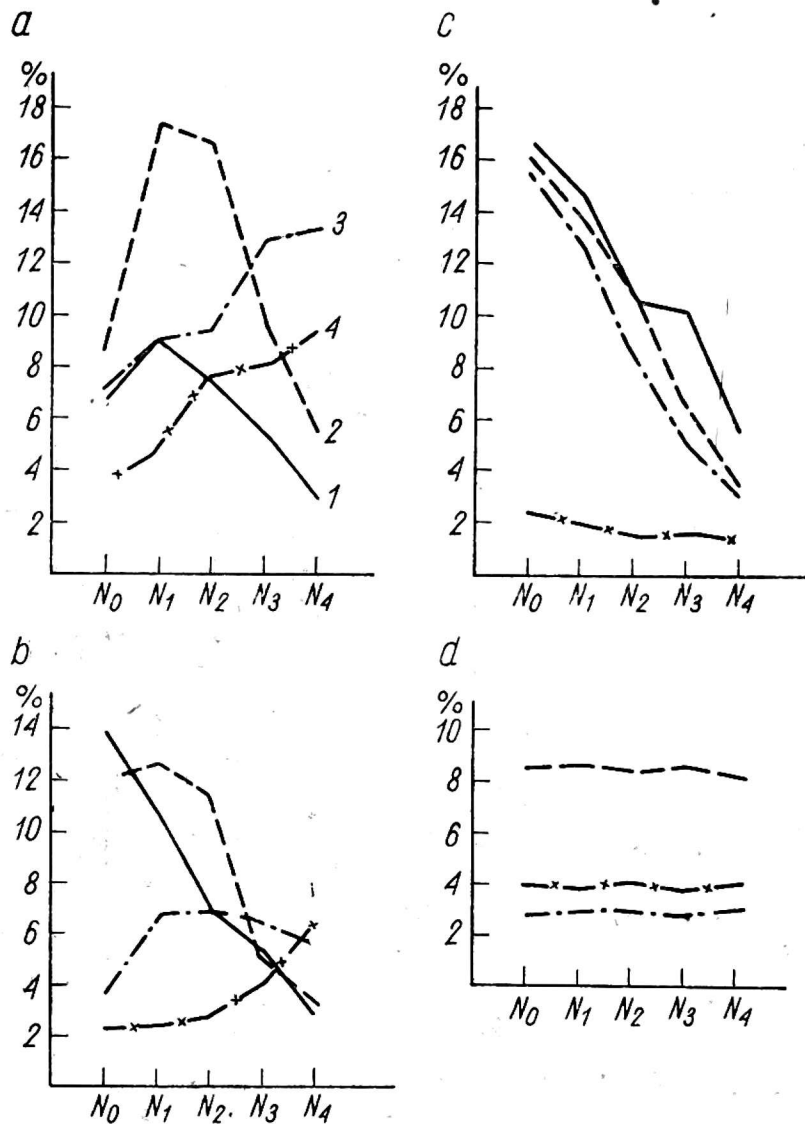
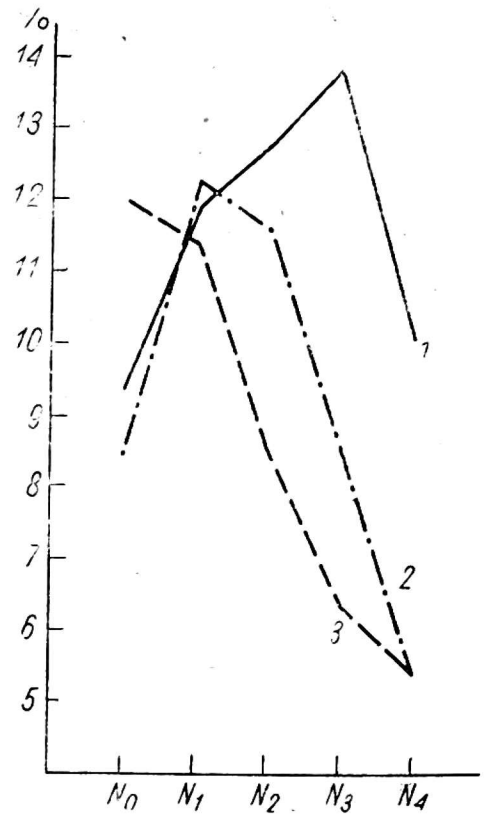
Pozostałe składniki mineralne podano w następujących ilościach na wazon: 1 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 1,8 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 1 g  $\text{CaCO}_3$ , 1 g  $\text{MgCO}_3$ . Wszystkie składniki mineralne (jedynie  $1/2$  najwyższej dawki azotu) wymieszano dokładnie z glebą. Drugą część dawki  $\text{N}_4$  podawano roślinom przez kilka kolejnych dni jeszcze przed pierwszym zbiorem roślin. Wazony podlewano do 60% pojemności wodnej gleby. Owies odmiany Flämingsweiss II wysiano 31 III, gorczycę 603 2 IV, kukurydzę odmiany INRA-190 20 V. W wazonach rosło po 10 roślin owsa, 7 gorzycy i 5 kukurydzy. Rośliny zbierano w kilku fazach rozwojowych zaznaczonych na wykresach.

Hemicelulozy i celulozę oznaczono według metody Waksmana-Stevensa [14] zmodyfikowanej przez Heylanda [5]. Sposób oznaczania cukrów rozpuszczalnych opracował Ślusarczyk [11]. Skład cukrowy poszczególnych frakcji węglowodanowych określano metodą chromatografii bibułowej, stosując układ rozwijający wg Gaillarda [4] i wywołujący wg Trevelyana i innych [13].

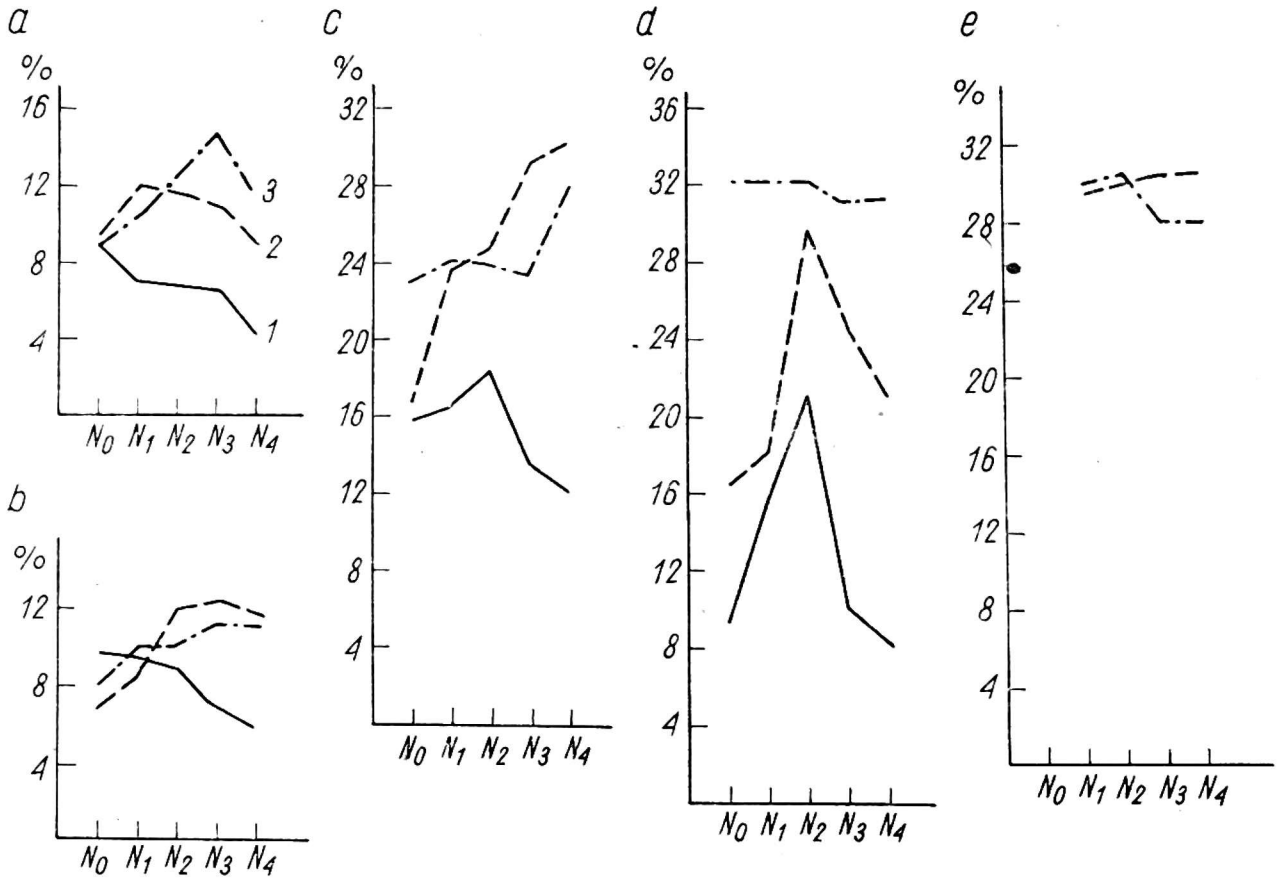
#### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak wynika z badań, poziom cukru w roślinach uprawnych może być wskaźnikiem ich stanu fizjologicznego, tj. wykładnikiem reakcji rośliny na bodźce zewnętrzne. Nawożenie azotem wywołuje istotne zmiany ilościowe i jakościowe w zawartości cukrowców, przy czym stopień zróżnicowania jest zależny od gatunku rośliny (rys. 1), fazy rozwoju (rys. 2 i 3) oraz jest odmienny dla poszczególnych organów rośliny (rys. 2 i 3). Największe zmiany wynikłe ze zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem odnoszą się do zawartości cukrów rozpuszczalnych, mniejsze do polisacharydów strukturalnych (rys. 4). Liście roślin wykazały największy stopień zróżnicowania w zawartości tych związków, mniejszy lub brak zróżnicowania stwierdzono w łodygach lub organach generatywnych. W ontogenezie roślin zachodzą istotne zmiany ilościowe w zawartości cukrowców, obserwowane głównie w czasie wystąpienia kolejnych faz rozwojowych. Poszczególne organy roślin wykazywały odmienny stopień zróżnicowania zawartości cukrów rozpuszczalnych (rys. 5). W blaszkach liściowych owsa stwierdzono wzrost zawartości cukrów tej frakcji do fazy młeczej

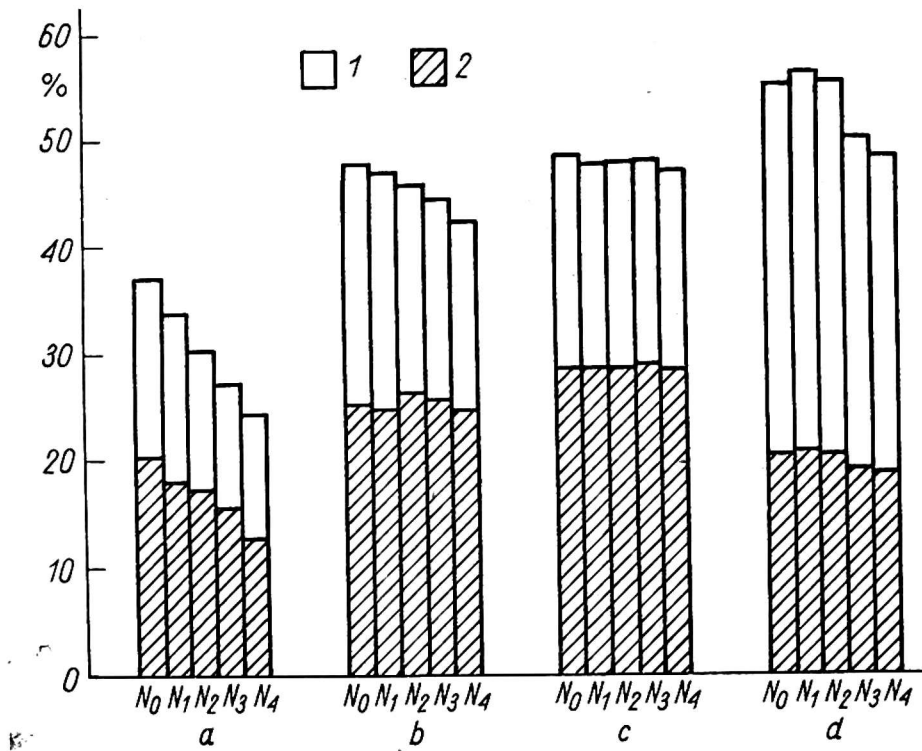
Rys. 1. Wpływ nawożenia azotem na procentową zawartość cukrów rozpuszczalnych w liściach kilku roślin uprawnych w fazie kwitnienia. 1 — kukurydza, 2 — gorczyca, 3 — owies



Rys. 2. Wpływ nawożenia azotem na procentową zawartość cukrów rozpuszczalnych w różnych organach owsa: a — blaszki liściowe, b — pochwy liściowe, c — źdźbło, d — wiechy. 1 — faza liścia flagowego, 2 — kwitnienie, 3 — mleczna dojrzałość, 4 — pełna dojrzałość

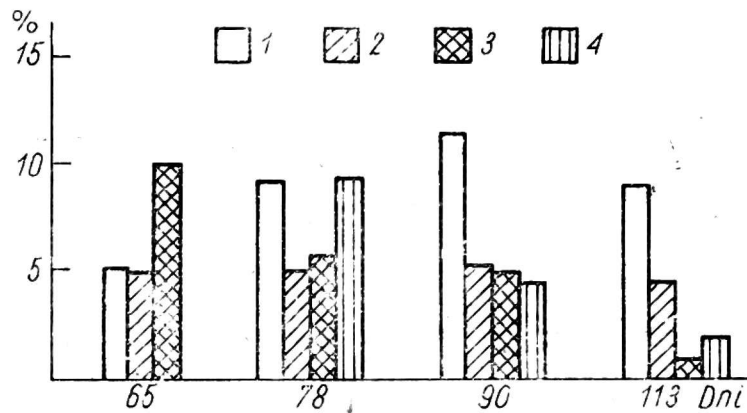


Rys. 3. Wpływ nawożenia azotem na procentową zawartość cukrów rozpuszczalnych w różnych organach kukurydzy: a — górne blaszki liściowe, b — dolne blaszki liściowe, c — pochwy liściowe, d — źdźbło, e — kolby. 1 — faza zawiązywania wiechy, 2 — faza kwitnienia wiechy, 3 — faza mlecznej dojrzałości

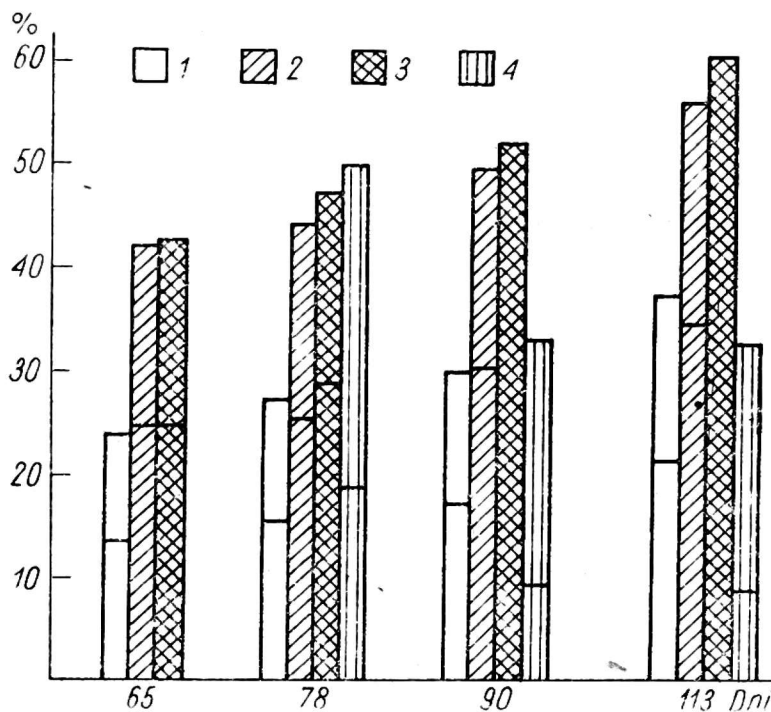


Rys. 4. Wpływ nawożenia azotem na procentową zawartość polisacharydów strukturalnych w różnych organach owsa w fazie kwitnienia: a — blaszki liściowe, b — pochwy liściowe, c — źdźbło, d — wiechy. 1 — hemicelulozy, 2 — celuloza

dojrzałości. W pochwach liściowych poziom cukru ulegał niewielkim wahaniom w czasie wegetacji, natomiast zdecydowanie zmniejszał się w źdźbłach i wiechach. Zawartość polisacharydów strukturalnych (rys. 6)



Rys. 5. Zmiana zawartości cukrów rozpuszczalnych w różnych organach owsa w czasie wegetacji (stały poziom nawożenia): 1 — blaszki liściowe, 2 — pochwy liściowe, 3 — źdźbło, 4 — wiechy

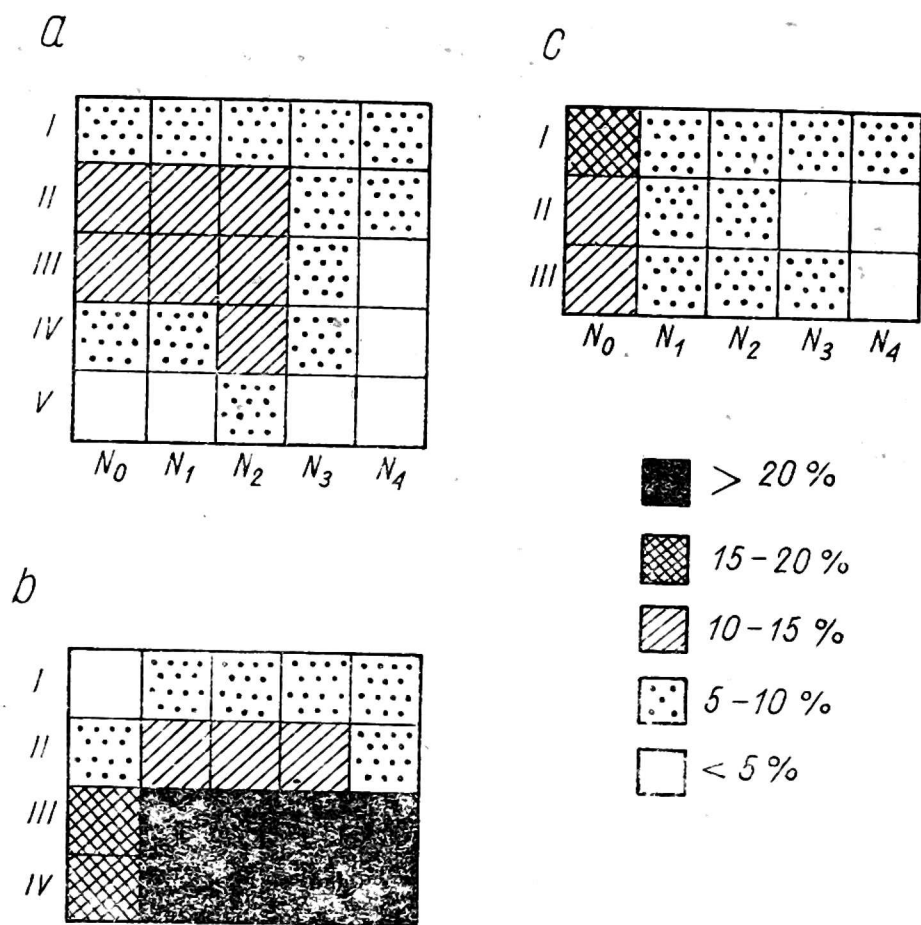


Rys. 6. Zmiana zawartości polisacharydów strukturalnych w różnych organach owsa w czasie wegetacji (stały poziom nawożenia): 1 — blaszki liściowe, 2 — pochwy liściowe, 3 — źdźbło, 4 — wiechy

w blaszkach liściowych, pochwach liściowych i źdźbłach owsa wzrastała do końca wegetacji roślin, malała jedynie w wiechach w miarę starzenia się roślin. Biorąc pod uwagę zawartość cukrów rozpuszczalnych, można wytypować najkorzystniejszy termin zbioru dla poszczególnych gatunków roślin na zastosowanym nawożeniu azotem.

Reakcja badanych gatunków roślin na nawożenie azotem była odmienna (rys. 7). U gorczycy stwierdzono spadek zawartości cukrów rozpuszczalnych wraz ze wzrastającą dawką azotu we wszystkich badanych ter-

minach zbioru. Najwięcej cukrów tej frakcji zawierały najmłodsze rośliny nie nawożone azotem. U owsa w fazie krzewienia, liścia flagowego oraz kwitnienia stwierdzono systematyczny spadek zawartości cukrów



Rys. 7. Zmiana zawartości cukrów rozpuszczalnych w masie wegetatywnej kilku roślin uprawnych w zależności od wieku roślin i nawożenia azotem. *a* — owies: I — krzewienie, II — faza liścia flagowego, III — kwitnienie, IV — mleczna dojrzałość, V — pełna dojrzałość, *b* — kukurydza: I — faza piątego liścia, II — faza zawiązywania wiechy, III — faza kwitnienia wiechy, IV — mleczna dojrzałość, *c* — gorczyca: I — faza piątego liścia, II — początek kwitnienia, III — pełnia kwitnienia

rozpuszczalnych wraz z<sup>e</sup> wzrastającą dawką azotu. Reakcja kukurydzy na nawożenie azotem, ze względu na zawartość cukrów rozpuszczalnych, była odmienna (rys. 7). Najwięcej cukrów tej frakcji stwierdzono przy średnich dawkach azotu, przy czym zdecydowanie najmniejszą ich ilość stwierdzono w roślinach nie nawożonych. Najlepszym terminem zbioru ze względu na zawartość cukrów rozpuszczalnych dla gorczycy była faza piątego liścia, dla owsa faza liścia flagowego, kwitnienia i mleczej dojrzałości (przy czym, im późniejszy zbiór, tym na wyższym poziomie nawożenia azotem), dla kukurydzy faza wyrzucania wiechy i mleczej dojrzałości na średnich poziomach nawożenia azotem (rys. 7).

Jak wykazały badania, nawożenie azotem wpływa na zmianę składu cukrowego poszczególnych frakcji węglowodanowych. Już we frakcji cukrów prostych (rys. 8) stwierdzono pojawienie się cukru pięciowęglowe-



go przy wysokiej dawce azotu, przy równoczesnym zmniejszeniu się udziału glukozy. Podobną prawidłowość stwierdzono we frakcji cukrów po hydrolizie (rys. 9) oraz w składzie cukrowym hemiceluloz (rys. 10).

Uzyskane dane stwierdzające zwiększoną zawartość pentoz w roślinach w wyniku działania nawożenia azotem, przy równoczesnym wyraźnym zmniejszeniu się ilości glukozy, mogą posłużyć jako pośredni dowód do wyjaśnienia mechanizmu działania nawożenia azotem. Wpływa ono między innymi na zwiększenie intensywności oddychania roślin [8, 10]. Wydaje się że nawożenie azotem wpływa na przebudowę aparatu utleniającego warunkującego różne szlaki utleniania glukozy w roślinach. Przypuszcza się, że u roślin znajdujących się pod działaniem azotu rozkład glukozy w procesie oddychania zachodzi przeważnie w drodze pentozofosforanowej, co wyjaśnia przyczynę intensywnego oddychania roślin. W rezultacie, stosunek fotosyntezy do oddychania, który przyjmuje się za wskaźnik produktywności roślin, jest wyraźnie niższy u roślin wysokonawożonych. Prowadzi to do obniżenia efektywności nawożenia azotem.

Za wysuniętą hipotezą przemawiają również inne dowody pośrednie, znane z literatury. W wyniku działania nawożenia azotem następuje zwiększenie ilości aminokwasów aromatycznych [6]. W cyklu pentozowym powstają bowiem prekursorzy tych aminokwasów, np. kwas szikimowy, który jest również prekursorem fenoli.

Znaczne zmiany w składzie cukrowym roślin zachodzą w trakcie ich wzrostu i rozwoju. W miarę starzenia się roślin stwierdzono np. wzrost zawartości cukrów pięciowęglowych, przy równoczesnym zmniejszeniu się udziału cukrów sześciowęglowych (rys. 11).

Zwiększona ilość cukrów pięciowęglowych w masie roślinnej przeznaczonej na paszę, w wyniku działania nawożenia azotem, jak również w wyniku starzenia się roślin, powoduje obniżenie się wartości danej paszy, szczególnie jeśli chodzi o jej przydatność do zakiszania. Na skład produktów otrzymywanych w czasie fermentacji wpływa jakość kiszzonego surowca [9]. Jeśli zakiszana masa zawiera dużo pentoz, to przy ich fermentacji oprócz kwasu mlekowego, powstaje w nadmiernych ilościach kwas octowy.

## WNIOSKI

1. Nawożenie azotem wywołuje istotne zmiany ilościowe w zawartości cukrowców, przy czym stopień zróżnicowania zależy od gatunku rośliny, fazy rozwoju oraz jest odmienny dla poszczególnych organów rośliny.

2. Największe zmiany wynikłe ze zróżnicowanego poziomu nawożenia

azotem odnoszą się do zawartości cukrów rozpuszczalnych, mniejsze do polisacharydów strukturalnych.

3. W ontogenezie roślin zachodzą istotne zmiany ilościowe w zawartości cukrowców, przy czym poszczególne organy roślin wykazują odmienny stopień zróżnicowania. Wiek roślin wpływa głównie na wzrost zawartości polisacharydów strukturalnych.

4. Wykorzystując znajomość zawartości poszczególnych frakcji cukrowych w ontogenezie roślin, można typować właściwy ich termin zbioru na odpowiednim poziomie nawożenia ze względu na korzystne parametry jakościowe.

5. Nawożenie azotem powoduje istotne zmiany jakościowe w składzie cukrowym poszczególnych frakcji. Stwierdzono wzrost zawartości cukrów pięciowęglowych, przy równoczesnym zmniejszeniu się udziału cukrów sześciowęglowych.

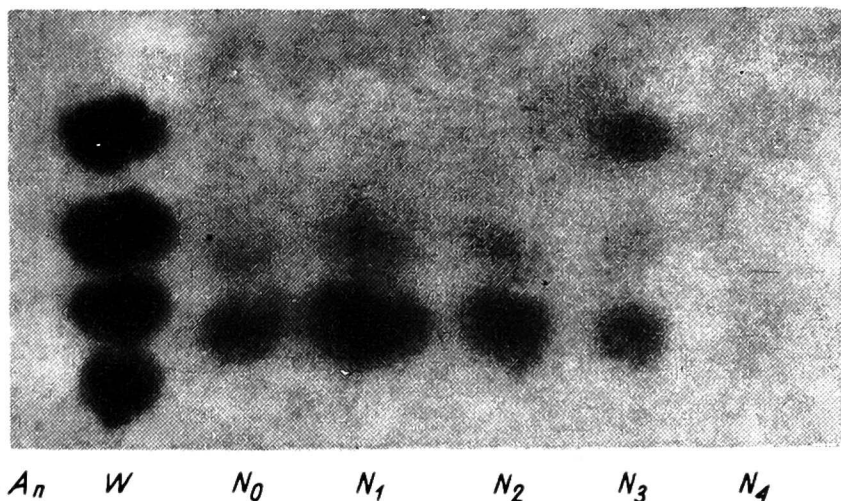
6. Dane te można wykorzystać do przedstawienia hipotetycznego mechanizmu zmian w głównych szlakach metabolicznych roślin w wyniku działania nawożenia azotem.

7. Występują istotne zmiany jakościowe w ontogenezie roślin w składzie cukrowym, zwiększenie się ilości cukrów pięciowęglowych, a zmniejszenie się ilości cukrów sześciowęglowych we frakcji hemiceluloz. Fakt ten może mieć związek z obniżeniem przydatności masy roślinnej do zakiszania.

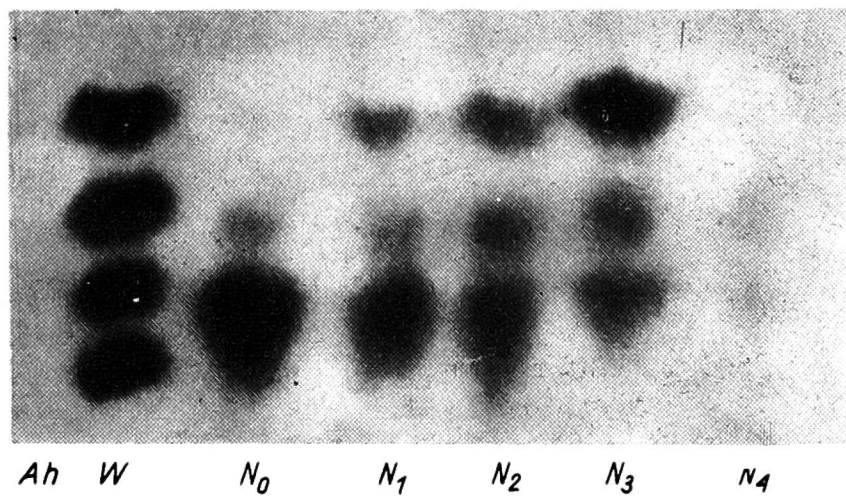
#### LITERATURA

1. Ernest T., Krasnodębska I.: Roczn. Nauk rol., S.A., 99, 3, s. 79, 1973.
2. Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Biul. Oceny Odm. 1(6), IV, s. 19, 1975.
3. Falkowski M., Kozłowski S.: Post. Nauk rol., 2, s. 43, 1972.
4. Gaillard B. D. E.: J. Agric. Sci. 59, s. 369, 1962.
5. Heyland K. U.: Z. Acker-u. PfBau, 108, 4, s. 473, 1959.
6. Nowacki E.: Zesz. probl. Post. Nauk rol. 194, s. 45, 1977.
7. Nowakowski T. Z.: J. Agric. Sci., 59, s. 287, 1962.
8. Osada A.: Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Tokyo, 14, s. 117, 1966.
9. Ruszczyc Z.: Żywienie zwierząt i paszoznawstwo PWRiL, Warszawa 1974.
10. Stoy V.: Physiol. Plant. Suppl., 4, s. 125, 1965.
11. Ślusarczyk M.: Pam. puł., 62, s. 69, 1975.
12. Ślusarczyk M.: Materiały seminaryjne I., Puławy, s. 38, 1976.
13. Trevelyan W. E., Prector D. P., Harrison J. S.: Nature, 166, 4219, s. 444, 1950.
14. Waksman S. A., Stevens K. R.: Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 2, s. 167, 1930.

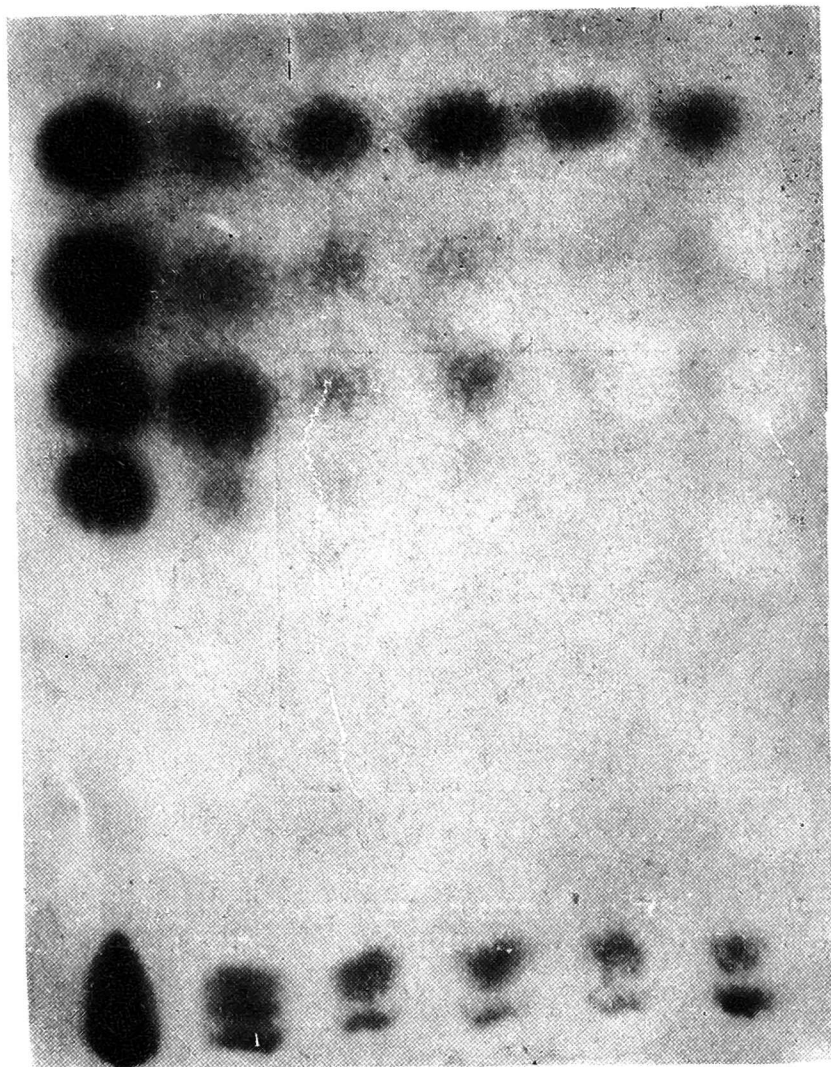




Rys. 8. Wpływ nawożenia azotem na skład frakcji cukrów prostych w liściach górnych kukurydzy. W — wzorzec (od dołu: galaktoza, glukoza, fruktoza, ksyloza)

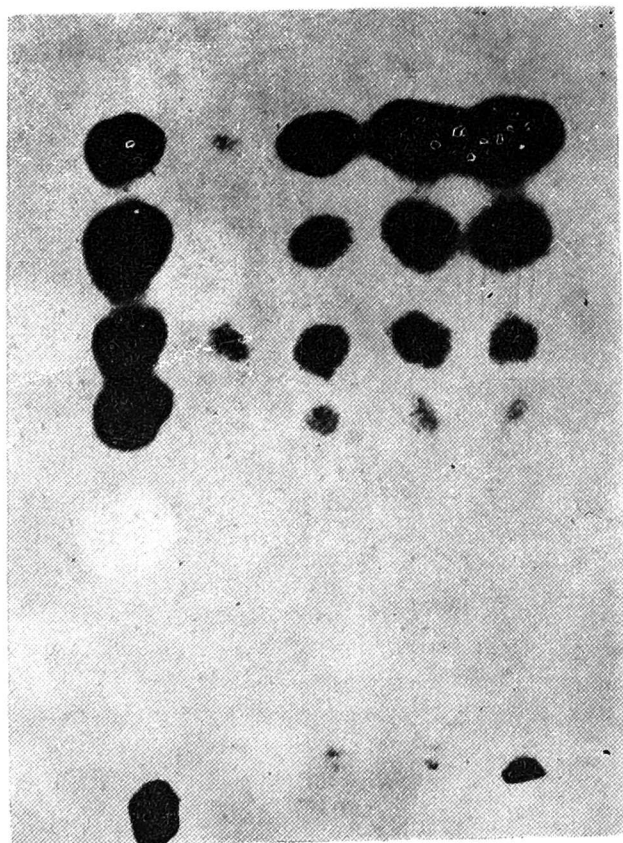


Rys. 9. Wpływ nawożenia azotem na skład frakcji cukrów po hydrolizie w liściach górnych kukurydzy. W — wzorzec (od dołu: galaktoza, glukoza, fruktoza, ksyloza)



G W N<sub>0</sub> N<sub>1</sub> N<sub>2</sub> N<sub>3</sub> N<sub>4</sub>

Rys. 10. Wpływ nawożenia azotem na skład cukrowy hemiceluloz liści górnych gorczycy. W — wzorzec cukrów (od dołu: kwasy uronowe, galaktoza, glukoza, arabinoza, ksyloza)



B W I II III IV

Rys. 11. Zmiana składu cukrowego hemiceluloz owsa w czasie wegetacji. W — wzorzec (od dołu: kwasy uronowe, galaktoza, glukoza, arabinoza, ksyloza), I — faza liścia flagowego, II — kwitnienie, III — mleczna dojrzałość, IV — pełna dojrzałość

*М. Сьлюсарчик*

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ АЗОТОМ И ВОЗРАСТА РАСТЕНИЙ НА СОСТАВ  
УГЛЕВОДОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЙ  
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ НА КОРМ

Резюме

В сосудных опытах исследовано разную реакцию избранных сортов растений (овес, кукуруза, горчица) на удобрение азотом, на пяти повышающихся его уровнях. Обнаружено существенные количественные изменения в содержании сахаридов под влиянием удобрения азотом, причем степень дифференциации завител от сорта растения, фазы развития и органа. Удобрение азотом влияет, главным образом, на изменение содержания растворимых сахаридов, а возраст растений на повышение содержания структуральных полисахаридов. Удобрение азотом вызывает существенные качественные изменения в сахарном составе исследованных фракций. Обнаружено повышение содержания пятиуглеродных сахаридов, при одновременном уменьшении участия глюкозы. Эти данные использовано для указания гипотетического механизма изменений в главных метаболических линиях растений в результате действия удобрения азотом. По мере старения растений, обнаружено повышение содержания пятиуглеродных сахаридов в составе гемицеллюлоз и уменьшение участия глюкозы, что может влият на качество продуктов для заквашивания.

*M. Slusarczyk*

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION AND THE AGE OF PLANTS ON  
THE COMPOSITION OF CARBOHYDRATES IN THE VEGETATIVE ORGANS  
OF FORRAGE PLANTS

Summary

The reaction of some plant species (oat, maize, mustarol) was investigated. Five nitrogen beavels were introduced. The experiments were caried out under the green house conditions. There were significant differences in the quantitative content of carbohydrates under different nitrogen level and they depend on plant species, stage of development and plant organs. Nitrogen nutrition influenced mainly content of soluble sugars; age of the plant influenced mainly content of structural polisaccharydes. Nitrogen nutrition caused significant qualitative changes in the composition of sugars. There was an increase in 5-carbon sugars and decrease of the glucase. Dota permitted to present a hypothetical mechanism of the changes in the metabolic pathways effected by nitrogen. There was an increase of 5-carbon sugars and decrease of glucose in the hemicelluloses while the plant was agging. This change may effect the quality of plant material for silage.