

## KONFIGURACJA POZIOMÓW SUBSTANCJI REDUKUJĄCYCH W OWOCU W KILKU UKŁADACH PRZESTRZENNYCH

KAZIMIERZ BOGDAŃSKI

Laboratorium Witamonologii Instytutu Przemysłu Fermentacyjnego. Warszawa

### W p r o w a d z e n i e

Badania nad rozmieszczeniem różnych substancji w organach roślinnych prowadzone były przez szereg autorów pod kątem określenia organu magazynującego, a w ramach tego organu nad ustaleniem zasobności poszczególnych tkanek w tą substancję (wzgl. jeszcze co najwyżej: nad wyznaczeniem stref wysokiej zawartości tej substancji w ramach danej tkanki).

Autor niniejszego sympozjonu uważał za rzecz celową podjąć badania nad występowaniem substancji redukujących w owocu, generatywnym organie roślin, dla ustalenia ich lokalizacji w gradientowym uchwycie poziomów zawartości wzdłuż — scharakteryzowanych botanicznie i stereometrycznie — linii cięcia. W wyniku badań, prowadzonych w latach 1957—1962, udało się ustalić typowe konfiguracje tych poziomów w układzie kilku płaszczyzn przekroju, a następnie przy pomocy nakreślonych map topograficznych wytłumaczyć pewne zjawiska o podstawowym znaczeniu dla chemii fizjologicznej i kilku innych dyscyplin nauki i wiedzy.

### M a t e r i a ł

Badania podjęto na owocu, jako na materiale wykazującym szczególnie wysoki stosunek masy do powierzchni i przez to najlepiej — spośród organów naziemnych (a więc oświetlanych) — nadającym się do tego celu. Podczas, gdy tylko fragmentaryczne badania przeprowadzono na truskawce (na szczególnie wielkoowocowej odmianie Kung Chu

Ling (4), najwięcej wysiłków skupiono na badaniu jabłka. Owoc ten — jako białomięisty i znacznych rozmiarów — najlepiej nadawał się do zamierzonych badań (5÷12 i inne).

Uwzględniono przy tym różne stopnie dojrzałości jabłka w ramach szeregu odmian wzrosłych tak w sadach półkuli północnej<sup>1</sup> jak i południowej<sup>2</sup>.

### Metodyka

Każdy owoc był poddawany precyzyjnemu skrawaniu, połączoneму z telemetrią wzdłuż linii wytyczonych drogą łączenia pewnych punktów, występujących na naniesionej siatce geograficznej upodabniającej badaną elipsoidę owocu do ziemskiego globu z okresu przedkopernikowskiego tzn. przyjęto elipsoidę, umieszczoną nieruchomo (w tym przypadku umocowaną na drzewie) wokół której obraca się słońce. Jego<sup>3</sup> orbita rzutuje bowiem w najściślejszym zakresie na ukonfigurowanie się poziomów substancji redukujących w owocu. Reduktywność skrawków owocu była określona wobec odczynnika Tillmansa (13).

### Stereometryczne definicje konfiguracji

W wyniku badań, bynajmniej nieograniczonych do konwencjonalnego przeprowadzania oznaczania jedynie w tzw. „jadalnych częściach jabłka” (i na podstawie badania owoców z drzew normalnie przyciętych), stwierdzono m. in., że:

1. Układy poziomów substancji redukujących wzdłuż wszystkich badanych linii stanowią funkcje ciągłe.

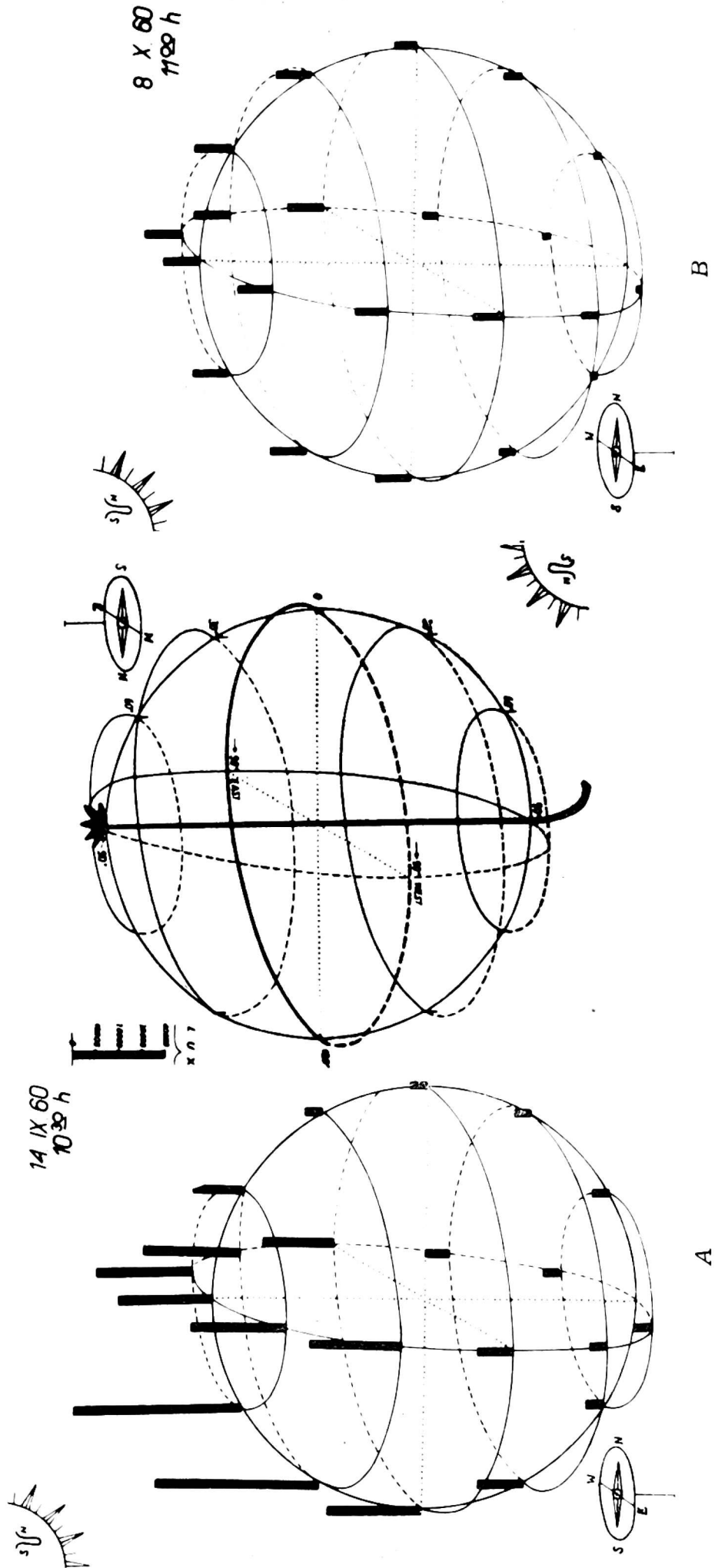
2. W peryferyjnej warstwie miąższu wokół płaszczyzn prostopadłych do osi<sup>1</sup> owocu — a zwłaszcza wokół płaszczyzn leżących w bliskości tej, która połowi oś — układ poziomów jest proporcjonalny do ilości pobranej

<sup>1</sup> Które cechują dobowe rotacje naświetlania promieniami słonecznymi w czasie wzrostu, zgodne z ruchem wskazówki zegara (patrząc z punktu ich zawieszenia na gałęzi).

<sup>2</sup> Badano np. jabłka chilijskie (dostarczone przez firmę Asproman) naświetlane w kierunku przeciwnym ruchowi wskazówki zegara, tzn. będących niejako w lustrzanym powinowactwie irradycyjnym do europejskich.

<sup>3</sup> Intensywność naświetlania powierzchni owocu na różnych długościach i szerokościach pomograficznych była określana w luksach (14) w funkcji wysokości kątowej słońca, pory dnia i stopnia rozproszenia światła w wyniku ewentualnego zachmurzenia.

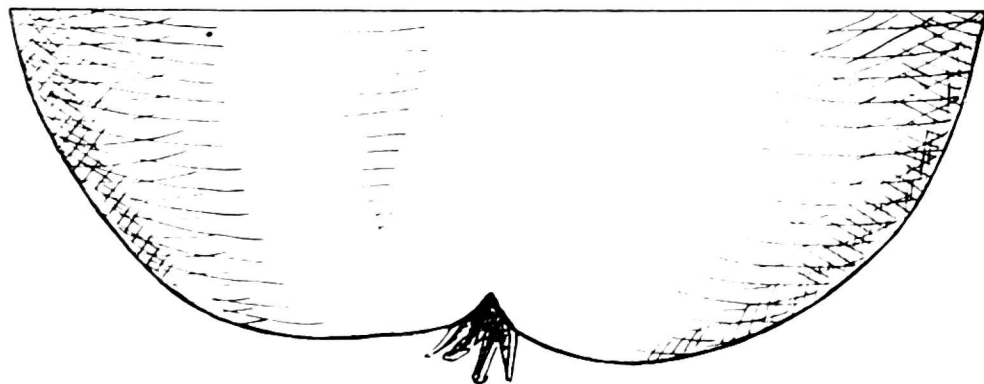
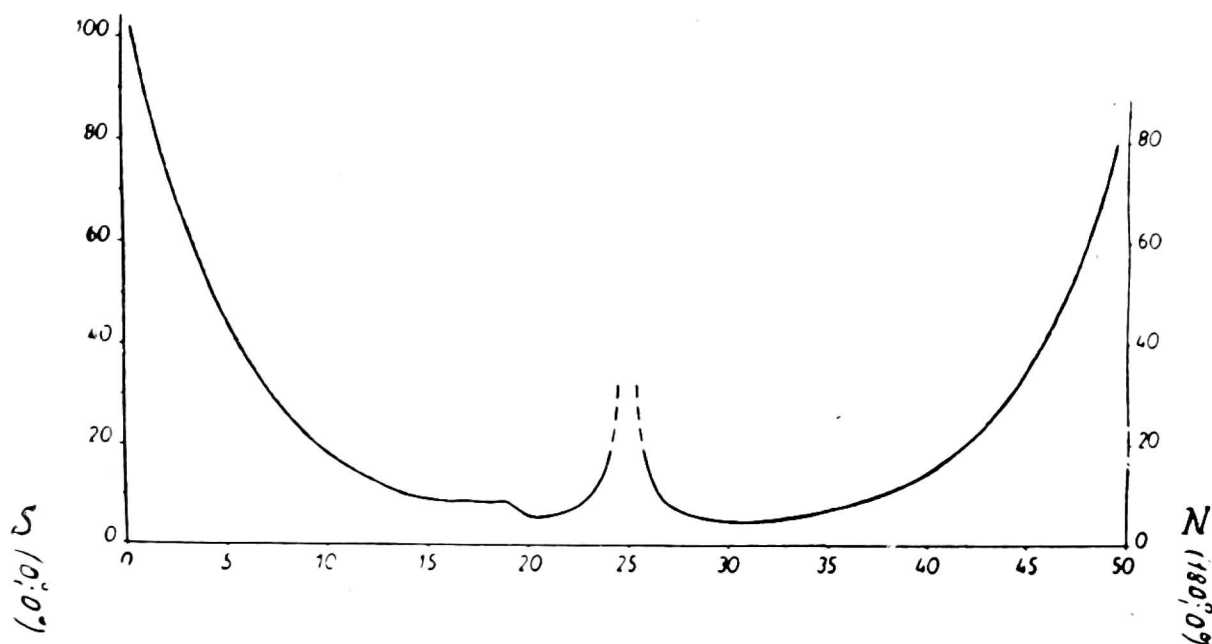
<sup>1</sup> Za oś przyjęto odcinek łączący szypułkę z relikdami działek kielicha; są to więc w układzie pomograficznym płaszczyzny, których krawędziami są równoleżniki, a w szczególnym przypadku: równik.



Rys. 1

energii promienistej; odchylenia wykazują te odmiany (zwłaszcza np. Starging), które nie mogą w pełni wykorzystać energii w momencie maksymalnego oświetlenia.

3. W peryferyjnej warstwie miąższu wokół płaszczyzn — na których leży oś owocu (tzn. płaszczyzn obrzeżonych kołami południkowymi w układzie pomograficznym) — stwierdza się występowanie analogicznych zależności jak podano w pkt. 2 z tym, że rejony przyszypułkowe zawierają z zasady zaniżone ilości na skutek zmniejszenia usłonecznienia wywołanego cieniem szypułki, gałązki i często liści i stąd miast usłonecznienia astronomicznego mamy tu do czynienia z usłonecznieniem — zwanym w astronomii sferycznej — „orograficznym”.



Rys. 2

4. Wgłębiając się popromieniowo do środka płaszczyzny połowiącej oś owocu pod kątem prostym (tzn. płaszczyzny obrzeżonej równikiem) stwierdza się, że

A) na początkowym odcinku tej drogi ujawnia się zaniżanie poziomów w zależności logarytmicznej określanej wzorem:  $y = N \log(a - bx)$ ;

gdzie:  $y$  — poziom,  $x$  — długość drogi,  $a$  — natężenie działania czynnika wzbogającego,  $b$  — parametr wnikania tego czynnika;

B) na końcowym odcinku notuje się zrazu zanik zaniżania, a potem zwyżkę osiagającą swoje maksimum w samym środku płaszczyzny.

Oba te zjawiska (A + B) dają się łącznie wyrazić wzorem podanym w pkt. 4-A po wprowadzeniu do niego jedynie współczynnika korekcyjnego. Współczynnik ten odzwierciedla domniemany skutek działania — wnikających współkoncentrycznie — promieni i stanowi we wzorze

mnożnika:  $\frac{m - 2x}{m}$  gdzie  $m$  = średnica owocu. Współczynniki wnikania

promieni do wnętrza owocu w funkcji długości fali i odmianowego typu mięszu (a zwłaszcza zawartości budowy tkanki), były opracowane w specjalnej pracy biofizycznej (18).

Biofizycznym aspektem omawianego zagadnienia jest stereoradiacyjne pochodzenie specyficznej konfiguracji poziomów donatora wodoru i elektronów w tkance.

### Fizjologiczne hipotezy genezy specyficznej konfiguracji poziomów substancji redukujących w owocu

Na początku badań przyjęto 2 hipotezy robocze:

I. Substancje redukujące wysyntetyzowane przyperyferyjnie dyfundują ku środkowi, co matematycznie wyrażać mógłby wzór podany w pkt. 4-A. Wyż w sercu — wzmiankowany w pkt. 4-B — należałoby wtedy tłumaczyć transportem części tych substancji redukujących, które syntetyzowane są w liściu do — szczególnie unaczynionego — serca owocu.

II. Promienie wywołujące syntezę substancji redukujących wnikają specyficznie do wnętrza, co można by matematycznie wyrazić przy pomocy wzoru z pkt. 4-A i jego modyfikacji (pkt. 4).

W miarę postępu badań coraz to bardziej zarzucana była hipoteza I, dla hipotezy II, na której korzyść przemawia szczególnie wysoka przepuszczalność — zwarto zbudowanych — tkanek owocu wzrastającego<sup>1</sup>. Ponadto próby odcinkowego przedyfundowania kwasu askorbinowego w mięszu dały wyniki negatywne (15), wreszcie ponadpółroczne składowanie 9 odmian jabłek nie spowodowało splanowania typowej konfiguracji poziomów zawartości substancji redukujących (23). To ostatnie doświadczenie było uważane za *experimentum crucis*, gdyż trzymanie

<sup>1</sup> Jak się okazało jest ona wyższa, aniżeli w owocu już uformowanym (18).

żywych<sup>1</sup> tkanek owocu przez okres dłuższy niż trwa ich sezon wegetacji na drzewie pozwoliłoby chyba w przypadku zachodzenia dyfuzji na wykazanie tendencji do wyrównania poziomów.

Dla uzyskania jeszcze pełniejszego obrazu wykonano badania nad wpływem zacieniania owoców na drzewie wywołując nim eksperymentalny zanik typowej konfiguracji poziomów subst. redukujących i wykazując niezachowanie wspomnianej wyżej ewentualności transportu tych substancji do owocu z liści (22).

### Aspekty praktyczne zagadnienia

Wyniki przytoczonych wyżej badań mogą posiadać znaczenie praktyczne dla fizjologa roślin, witaminologa, technologa, przechowalnika, sadownika i botanika ze względów następujących:

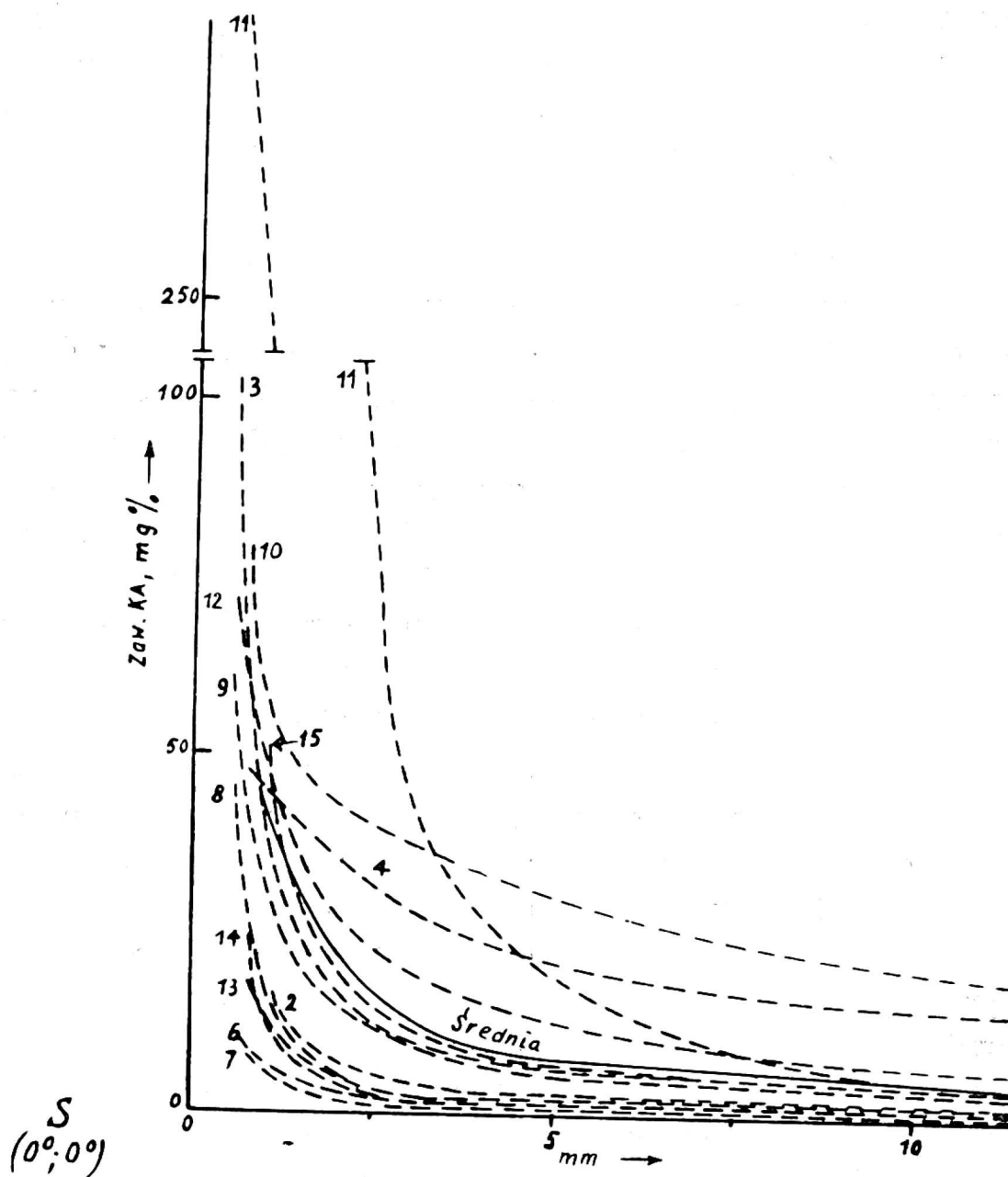
Fizjologa interesuje mechanizm syntezy wzgl. odkładania substancji w organach. Witaminolog dając zalecenia żywieniowe może już apriorycznie przewidzieć diametralnie różne skutki obierania jabłek z takiej czy innej odmiany w zależności od typowego dla niej gradientu rozmieszczenia substancji redukujących odczynnik Tillmansa, a które to substancje możemy — w przypadku jabłek — prawie w całości zidentyfikować z kwasem askorbinowym. Technolog dbający o zachowanie barwy tkanek jabłkowych, uwarunkowanej obecnością kwasu askorbinowego (wiadomo bowiem, że tak długo jak jego zapas nie wyczerpuje się tak długo garbniki fenolowe nie utleniają się do chinonowych dających brunatną pigmentację, znając gradienty konfiguracyjne poziomów tego kwasu może bardziej racjonalnie ustalić różne procesy technologiczne np. nastawianie maszyn na grubości skrawania i skutecznie zapobiegać ciemnieniu ćwiartek w kompcie czy plasterków przeznaczonych na susze itp. Czas pojawienia się zbrunatnienia w strefie niżowej plasterka można teoretycznie ująć wzorem następującym:

$$t = \frac{1000 \cdot r \cdot q \cdot d_1}{y},$$

gdzie  $t$  = czas (w minutach),  $y$  = poziom w strefie niżowej (w mg %),  $r = 11$  (stechialny stosunek KA do  $O_2$  przy utlenianiu),  $d_1$  = ciężar właściwy tlenu w danej temperaturze,  $q$  = odmianowy współczynnik absorpcji tlenu przez sok uszkodzonej strefy tkanki (średnia międzyodmianowa wynosi:  $0,12 \text{ mm}^3/\text{min}/\text{cm}^2$  powierzchni przekroju). Jeżeli  $q = 0,12$ ,

<sup>1</sup> Miernikiem żywotności było dobre zachowanie się owocu, a w niektórych przypadkach synteza kwasu askorbinowego z pochodnych kwasu galakturonowego (20), zwłaszcza w samym środku owocu (21).

$d_1 = 0,0014$ ,  $y = 5$  wtedy  $t = 2,706$  tzn. 2 min. i 42 sekundy. Przechowalnika interesować mogą zwłaszcza okoliczności zachodzenia dwóch chorób przechowalniczych jabłka: brązowienia wokółgnieźdnego oraz oparzelizny chłodniowej. Pierwsze staje się w pełni wytłumaczalne układem przestrzennym substancji redukujących przedstawiającym się — w płaszczyźnie połowiącej pod kątem prostym oś owocu — jako



Rys. 3

wzgórek w środku kolistej kotliny otoczonej górami. Nie dziwnym wydaje się więc fakt, że właśnie w fazie niżu otaczającego centralny wyż nastąpi w pierwszym terminie zbrązowienie skoro tylko ogólny poziom substancji redukujących ulegnie przechowalnierzemu zniżeniu. Autor zaproponował wyznaczenie dat wystąpienia tej choroby w sposób apriorystyczny na podstawie odpowiednio częstotliwych ozna-

czeń synoptycznych. Pierwsze plamy pojawiają się po tej stronie jabłka, która była najmniej oświetlona i stąd posiada w swej strefie niżowej poziom substancji redukujących najbardziej podatny do przejścia w poziom depresyjny. Oparzelizna chłodniowa występuje także zwłaszcza po stronie jabłka najmniej eksponowanej, tzn. zwykle tej, która w układzie róży wiatrów wzrastała po stronie północnej jeśli tego zasadniczego układu nie zmieniło w sposób wybiórczy zacienienie orograficzne. W wyniku badań stwierdzono, że w przypowierzchniowej strefie oparzeliznowej zachodzi intensywna dehydrogenacja kwasu askorbinowego (3) i że jest już ona nieodwracalna, albowiem z powodu znacznej obniżki kwasowości kinetycznej (zwiększenia pH) w tej strefie kwas dehydroaskorbinowy przechodzi szybko w kwas dwuketogulonowy (1, 2, 16, 17).

Jak z tego wynika, przed sadownikiem stoi olbrzymie pole do działania w zakresie wypracowania odpowiednich „antyorograficznych” metod cięcia, ażeby zapewnić wzrost takiego owocu, który długo by się przechowywał i w ogóle był sprzedażny. Trzeba bowiem podkreślić, że w krajach o wysokim poziomie rolnictwa jabłko nienależycie wyeksponowane i wybarwione nie stanowi w ogóle towaru handlowego i nie opłaca się jego zbiór. Nawet instynkt mały powoduje, że te zwierzęta — wymagające jak wiadomo podobnie jak ludzie i morskie świnki dowozu witaminy C z zewnątrz — wybierają spośród im podanych owoców z zasady owoc dobrze wyeksponowany na słońcu. Polscy handlowcy nie są jednak niestety wybredni w tym względzie.

Botanik już od dawna zauważył, że ciemnienie wokółgniezdne miąższu jabłka, widoczne na przekrojach (zwłaszcza na poprzecznym do osi i ją połowiącym) przyjmuje charakterystyczny wzór dla każdej z odmian i tę okoliczność (według Mc Danielsa) można wykorzystać w diagnostyce określania odmian w pomologii. Narays ten przebiega wzdłuż szwa łączącego dwa miąższe, różnego pochodzenia ontogenetycznego, a mianowicie: miąższu owocu prawdziwego i rzekomego. Tam też właśnie występuje strefa maksymalnego niżu i zrozumiałym jest fakt, czemu właśnie tam występuje ciemnienie jako zjawisko wynikające ze zjawiska lokalnego wybrakowania kwasu askorbinowego. Dawniej sądzono, że w tym rejonie zlokalizowany jest może szczególnie aktywny system enzymów utleniających.

#### PIŚMIENNICTWO

1. B ó g d a ń s k i K.: Bull Acad. Polonaise des Sciences, Cl. II, 4, 405—409 (1956)
2. B o g d a ń s k i K.: Roczniki Technologii i Chemii Żywności, 4, 55—68 (1957)
3. B o g d a ń s k i K.: Przemysł Spożywczy, 13, 262—265 (1959).



4. Bogdański K.: *Przemysł Spożywczy*, **14**, 215—216 (1960)
5. Bogdański K.: *Bull. Acad. Polonaise des Sciences — Cl. II*, **8**, 189—193 (1960).
6. Bogdański K.: *Bull. Acad. Polonaise des Sciences — Cl. III*, **8**, 229—333 (1960).
7. Bogdański K.: *Revue Generale du Froid — 37*, 455—463 (1960).
8. Bogdański K.: *Roczniki Nauk Rolniczych — Seria A*, **83**, 505—548 (1961).
9. Bogdański K.: *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A*, **95**, 523—549 (1961).
10. Bogdański K.: *Revue Générale du Froid*, **28**, 263—286 (1961).
11. Bogdański K.: *Bull. de l'Academie Polonaise des Sciences, Ser. V*, **9**, 149—156 (1961).
12. Bogdański K.: *Acta Agrobotanica Polonica*, **10**, 133—150 (1961).
13. Bogdański K.: *Acta Agrobotanica Polonica*, **11**, 83—92 (1962).
14. Bogdański K., Antoszevska L.: *Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej — nr 6*, 103—110 (1961).
15. Bogdański K., Bogdańska H.: *Bull. Acad. Polonaise des Sciences, Cl. II*, **3**, 41—44 (1955).
16. Bogdański K., Bogdańska H.: *Roczniki Nauk Rolniczych — Seria A*, **75**, 367—411 (1957).
17. Bogdański K., Bogdańska H.: *Bull. de l'Acad. Polonaise des Sciences — Ser. II*, **8**, 569—575 (1960).
18. Bogdański K., Bogdańska H.: *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene in Bern*, **52**, 283—286 (1961).
19. Bogdański K., Bogdańska H.: *Revue Générale du Froid — 29*, 437—445 (1962).
20. Bogdański K., Bogdańska H.: *Revue Générale du Froid — 39*, 1151—1156 (1962).
21. Bogdański K., Bogdańska H.: *Bull. Acad. Polonaise des Sciences — Serie V*, **10**, 291—296 (1962).
22. Bogdański K., Bogdańska H.: *Acta Agrobotanica Polonica — 12*, (1963) w druku.

## DYSKUSJA

*Doc. dr Z. Charłampowicz, WSR, Poznań*

W pracach naszych badaliśmy również rozlokowanie witaminy C i ogólne wyniki otrzymaliśmy te same, tzn. stwierdziliśmy nagromadzenie witaminy pod skórka owocu. Jednakże wnioski końcowe wyciągnęliśmy inne. Twierdzimy mianowicie, że synteza witaminy następuje na powierzchni i kwas askorbinowy wędruje następnie do środka owocu, a nie, że synteza następuje w warstwach środkowych pod wpływem napromieniowania. Witaminę C oznaczaliśmy metodą cytochemiczną bezpośrednio w tkance jabłka azotanem srebra. Na fotografiach tkanek wyraźnie odznaczają się ciemne ziarenka srebra powstałe w miejscach występowania wita-

miny C. Przeprowadzamy obecnie badania analogiczne z ziemniakami, w których również zaobserwowaliśmy nagromadzenie się witaminy C w warstwach zewnętrznych.

*Prof. dr K. Bogdański, Instytut Przemysłu Fermentacyjnego, Warszawa*

W związku z wypowiedzią koleżanki Charłampowicz pragnę zaznaczyć, że referat został wygłoszony w skrócie. Jego odcinek omawiający nasze prace zacytowane w tekście pod nr 15 i 23 stanowi dokumentację zaprzeczenia możliwości dyfuzyjnego ukonstytucjonowania się specyficznego gradientu lokalizacji kwasu askorbinowego w jabłku.