Charakterystyka i rozwój aparatów wentylacyjnych w skórze jabłek odmiany 'McIntosh' z uwzględnieniem tkanek subepidermalnych

Characteristic and development of ventilation apparatus in the epidermis of apples
of the 'McIntosh' variety with reference to the subepidermal tissues

JADWIGA MISZKIEL

WSTĘP

W niniejszej pracy podane są obserwacje dotyczące rozwoju aparatów wentylacyjnych (aparatów szparkowych i przetchlinek) w skórze jabłek odmiany 'McIntosh' do stadium nierozwiniętych pąków kwiatowych do osiągnięcia przez owoce pełnej dojrzałości, z uwzględnieniem okresu przechowywania. Uwzględniono również budowę i rozwój epidermy oraz tkanek subepidermalnych.

MATERIAŁ I METODYKA

Do niniejszych obserwacji brane były owoce odmiany 'McIntosh' z sadu należącego do Instytutu Sadownictwa w Skierniewicach. Materiał zbierano począwszy od zamkniętych pąków kwiatowych w regularnych odstępach czasu, aż do pełnej dojrzałości owoców, następnie zaś z przechowywalni.

Obserwacji dokonywano zarówno na materiale świeżym, jak też zakonserwowanym w 70% alkoholu, na skrawkach wykonanych odręcznie. Do barwienia preparatów używane były barwniki: Sudan III, karmin alunowy i zieleń jodowa. Rysunki zostały wykonane przy pomocy aparatu Abbe'go.

OBSERWACJE

Rozwój skórki i hypodermy w okresie zamkniętych pąków kwiatowych

Przekrój poprzeczny przez zalążnię owocu we wczesnych stadiach rozwoju, kiedy zawiązki kwiatów są okryte przez zawiązki liści i łuski,

ukazuje wykształconą warstwę epidermalną, strefę komórek korowych, wiązki przewodzące oraz część środkową z komorami nasiennymi. Na preparatach z pączków pobranych dn. 3.IV. brak było jeszcze zalążków, które wyraźnie natomiast było już widoczne dn. 9.IV. (Tabl. I, rys. 1).

W najwcześniejszych stadiach rozwoju zalążni komórki epidermy są izodiametryczne, wypełnione całkowicie treścią komórkową i zawierają duże jądra. Błony komórek są cienkie, celulozowe, jednakowe pod względem grubości, tylko zewnętrzne wykazują bardzo nieznaczny kutynizację. W tym okresie jednolita warstwa komórek skórki nie jest jeszcze przerywana przez aparaty szparkowe (U. T e t l e y 1930). W miarę rozwoju zalążni komórki epidermy ulegają stopniowo znacznym zmianom pod względem wielkości, kształtu, błon i zawartości. Już w okresie zamkniętych pąków kwiatowych komórki epidermy oglądane na przekroju poprzecznym są wydłużone w kierunku promienia. Obserwowane z góry są one stosunkowo małe, cztero-, pięcio-, sześćo-, rzadziej siedmiokątne. Różnią się między sobą nieznacznie wielkością (Tabl. II, rys. 10). Średnie ich wymiary wynoszą: 9 kwietnia — długość 12 μ , szer. 8,5 μ , 16 kwietnia — długość 14,2 μ , szer. 9,1 μ , 23 kwietnia — długość 16 μ , szer. 9,5 μ . Komórki skórki dzielą się intensywnie w kierunku promienistym. Gdzieś tam można było jednak zaobserwować podziały w kierunku stycznym do obwodu.

Pod skórą znajdują się 2—3 warstwy komórek subepidermalnych, izodiametrycznych, o gęstszej i ziarnistej zawartości, o błonach celulozowych nierównomiernie zgrubiałych. Komórki hypodermy wykazują liczne podziały w kierunku promienistym, a także można spotkać podziały styczne. Przestrzeni międzykomórkowych w tych warstwach nie stwierdza się.

Pod hypodermalnymi komórkami znajdują się nieco większe od nich komórki miękkiszowe z bardzo małymi przestworami międzykomórkowymi. Wielkością komórki te różnią się między sobą tylko nieznacznie. Komórki korowe zaczynają stopniowo wakuolizować się. Zalążnia w tym okresie znacznie się zwiększa.

Epiderma i hypoderma w dalszym rozwoju owocu

Epiderma. W ciągu kwietnia i maja komórki skórki w dalszym ciągu zwiększają się i wydłużają coraz bardziej w kierunku promienistym. Towarzyszy temu stopniowa wakuolizacja, pojawienie się antocjanu oraz dalszy proces kutynizacji i grubienia kutikuli. W końcu mają wymiar promienisty komórek wynosi 19 μ , a wymiar styczny

9,5 μ (Tabl. I, rys. 2A). Grubość kutikuli* waha się od 2—3 μ . Po maksymalnym wydłużeniu się promienistym komórek do ca 20 μ przy szerokości 10 μ , następuje szybki rozrost w kierunku stycznym, tak że w połowie czerwca różnice między wymiarem promienistym i stycznym są już bardzo nieznaczne. Grubość kutikuli w tym czasie wynosi około 7,5 μ (Tabl. I, rys. 2B). Owoce wówczas osiągają przecięty wymiar poprzeczny 2 cm. W końcu czerwca kutikula osiąga grubość 8,0 μ , a w połowie lipca 9,5 μ . W tym czasie komórki skórki są silnie zwakuolizowane; w soku komórkowym pojawia się w dalszym ciągu antocjan. Ich wymiar styczny wynosi średnio 20 μ , a promienisty tylko 15 μ . Owoce w tym okresie osiągają wymiar poprzeczny ca 4 cm, lecz w skórcie stwierdza się jeszcze podziały komórek, przeważnie promieniste. Widzimy zatem, że komórki te zachowują do późnych okresów swój merystematyczny charakter, co pozwala nadażyć rozwojowi skórki za szybkim zwiększaniem się masy owocu, a co za tym idzie — i jego objętości. Nadażanie to jest możliwe również dzięki stopniowemu zwiększaniu się stycznych wymiarów komórek epidermalnych. W następnych okresach komórki epidermalne aż do pełnego dojrzewania owocu zwiększają swój wymiar styczny, błona skutynizowana staje się coraz grubsza, osiągając w okresie zbioru średnio 14 μ , a w połowie grudnia 15,5 μ (Tabl. I, rys. 2C), w lutym zaś 16,5 μ . Jednocześnie następuje kutynizacja i grubienie błon promienistych, a nawet stycznych komórek skórki. Treść tych ostatnich jest silnie zwakuolizowana.

Skórka owoców nawet w późnym okresie przechowywania nie wykazywała zmian komórek epidermalnych tak daleko idących, jak to podaje w swojej pracy H. P. Bell (1937). Według tego autora komórki ulegają już w okresie zbioru silnemu spłaszczeniu, zaś ich treść ulega dezintegracji. W przeciwieństwie do tego, skórka owoców omawianych w niniejszej pracy nawet w końcu lutego zawierała komórki żywe. Były one wydłużone stycznie, posiadały cytoplazmę, wakuolę z antocjanem lub bez oraz wykazywały nierównomierną grubość błon promienistych. Na przekroju poprzecznym często były spotykane komórki epidermalne, oddzielone cienką błoną, jak gdyby ułożone parami, co na tle innych komórek, oddzielonych grubszą warstwą wnikażącej kutikuli, sprawiało wrażenie, że zachodziły tu podziały nawet w późnych stadiach rozwoju. Ten tak dobry stan skórki odpowiadał doskonałej jakości przechowywanych owoców, które do końca marca były zdrowe, jędrne, soczyste i odznaczały się dobrym smakiem. Niewątpliwie decydującą rolę w tym odegrały dobre warunki przechowywania (0°C, 80—85% wilgotności względnej) oraz zabiegi ochronne w czasie wegetacji (opryski).

* Termin „kutikula” przyjęto jako skrócone określenie skutynizowanej błony łącznie z kutikulą.

Dzięki opryskom skórka jabłka prawie nie wykazywała uszkodzeń spowodowanych parchem jabłoniowym, na którą to chorobę odmiana 'McIntosh' jest wrażliwa.

Ilość odkładanej kutikuli zwiększała się nie tylko w ciągu okresu wegetacji, lecz również w przechowalni, co według U. Tetley (1931) jest zgodne z obserwacjami Markley i Sando. Ta sama autorka twierdzi, że ilość odłożonej kutikuli na czerwonej części jabłka była mniejsza niż na zielonej, co pokrywało się z opinią Markley i Sando.

Hypodermis. Do końca kwietnia komórki subepidermalne są mniej więcej jednakowej wielkości, posiadają gęstą i ziarnistą treść komórkową, a ich błony są nierównomiernie zgrubiałe — przypominające nieco kolenchymę płatową. W niektórych komórkach gromadzi się antocjan. Tworzą one 2—3 warstwy i pochodzą z miększu korowego (H. P. Bell 1937). Przestrzeni międzykomórkowych nie spotyka się (Tabl. I, rys. 3). Pod hypodermą leżą nieco większe od nich komórki mięksiszowe, zwakuolizowane, z przestrzeniami międzykomórkowymi. Niektóre zawierają druzdy szczawianu wapnia. Zarówno w komórkach hypodermalnych, jak i mięksiszowych występują chloroplasty, w tych pierwszych jednak w znacznie większej ilości. We wszystkich warstwach, a szczególnie w obu górnych, komórki dzielą się intensywnie w płaszczyznach promienistych i stycznych. Są one większe od komórek skórki, lecz mniejsze niż mięksiszowe, początkowo o niemal jednakowych wymiarach, następnie wydłużają się coraz bardziej w kierunku stycznym. W połowie maja warstw tych jest już 3—4. W końcu maja zaczyna subepiderma tracić charakter kolenchymy płatowej, grubieją także miejscami naroża. Składa się ona już z 4—6 warstw. Od początku czerwca pojawiają się w nich w dużej ilości ziarna skrobi, podobnie jak i w komórkach mięksiszowych.

W połowie czerwca występują już nieliczne i niewielkie przestrzenie międzykomórkowe. W ciągu czerwca i do połowy lipca zachodziły w hypodermie podziały promieniste komórek. Większość komórek warstwy hypodermalnej wydłużona była w kierunku stycznym i posiadała błony celulozowe nierównomiernie zgrubiałe. Pomiędzy komórkami występowały niewielkie przestrzenie. Bezpośrednio pod skórą występowały komórki przeważnie w dwóch zwartych warstwach, bez przestrzeni międzykomórkowych. Od końca lipca podziałów już się nie stwierdza. Mniej więcej od połowy sierpnia układ regularny hypodermis traci się, komórki ulegają stopniowo spłaszczeniu, ściany ich grubieją. Przestrzenie międzykomórkowe są bardzo zgniecione. Często trudno jest odróżnić je od światła komórki.

Materiał pobrany z chłodni w marcu ukazywał komórki hypodermis

przeważnie bardzo wydłużone stycznie. Styczne ich błony były grube, przylegające ściśle i tylko sporadycznie występowały przestwory międzykomórkowe.

Komórki hypodermi wypełnione były treścią, a na czerwonej stronie jabłka zawierały również antocjan. Należy zaznaczyć, że o ile według przypuszczeń H. P. Bell (1937) większość tych komórek miałyby być martwa — to niniejsze obserwacje tego przypuszczenia nie potwierdzają.

Rozwój włosków i przetchlinek na skórcie owocu jabłoni odmiany 'McIntosh'

Włoski występujące u owoców jabłoni i pełniące we wczesnych stadiach rozwoju funkcję ochronną nie pozostają bez wpływu na rozwój skórki, a zatem i na jej funkcjonalność.

Już w najwcześniejszych stadiach rozwoju zalążni (materiał pobrany 3.IV) można było stwierdzić wyrastające z epidermy bardzo obficie długie, jednokomórkowe włoski, pokrywające gęstym wołkiem całą powierzchnię skórki. Według H. P. Bell (1937) warstwa ta, zawierająca olbrzymią ilość drobnych przestrzeni powietrznych, stanowi bardzo dobrą ochronę młodej zalążni. We wczesnych stadiach włoski te są żywe (Tabl. I, rys. 3), później szybko zamierają i bardzo łatwo ulegają obłamaniu, pozostawiając w epidermie swoje nasady. Jeszcze tuż przed rozwinieniem się pąków kwiatowych włoski zawierały przeważnie żywą treść komórkową, która z czasem ulega degeneracji i przybiera brązowe zabarwienie. Podstawy włosków posiadają grubszą błonę i są otoczone jednym lub dwoma wyraźnymi pierścieniami, składającymi się z 5—8 mniej więcej jednakowych komórek, których treść z czasem również przybiera brązowe zabarwienie (Tabl. I, rys. 4). Na skutek szybkiego powiększania się rosnącego owocu, włoski te rozsuwają się tak, że z czasem nie mają żadnego znaczenia jako ochrona owocu. Rolę ochronną będzie spełniała odkładająca się coraz grubsza warstwa kutikula*.

Skutkiem niejednakowego zwiększania się poszczególnych części owocu rozmieszczenie włosków, względnie ich nasad na powierzchni jabłka, staje się nierównomierne, mianowicie największe ich zagęszczenie obserwuje się na części przykielichowej, zwiększającej się stosunkowo niewiele, znacznie mniejsze w częściach środkowej i przyszypułkowej, które wykazują bardzo intensywny przyrost masy oraz szybkie zwiększanie powierzchni.

* Termin „kutikula” przyjęto jako skrócone określenie skutynizowanej błony łącznej z kutikulą.

Miejsca po włoskach mają bardzo charakterystyczny wygląd (Tabl. I, rys. 5). Podstawa ułamanego włoska tkwi w epidermie. Ścianki promieniste podstawy w późniejszych okresach silnie grubieją na skutek kuty-nizacji. Otacza ją pierścień komórek kształtu klinowatego.

Warstwa kutikuli, szczególnie silnie zgrubiała na granicy między wspomnianym pierścieniem komórek a podstawą włoska, wnika coraz bardziej między te komórki oraz wchodzi w głąb na ich błony promieniste i podstawę włoska, a z czasem i na błonę styczną podstawy, przylega-jącą do komórek hypodermalnych. W ten sposób miejsca po włoskach zostają odcięte przez jednolitą warstwę kutikuli (Tabl. I, rys. 6). Zgru-białe błony komórkowe przy podstawie włoska tworzą w zarysie cha-rakterystyczny gwiazdzisty układ. Komórki otaczające podstawę włoska ułożone są najczęściej wzdłuż promieni, biegnących od tej ostatniej. Układ komórek leżących pod podstawą włoska nie wykazuje początko-wo żadnych różnic w stosunku do pozostałych komórek hypodermal-nych. Epiderma w miejscach po włoskach jest przeważnie lekko uwypuklona. Te uwypuklenia, obserwowane od końca maja, wykazują już pewne różnice w układzie warstwy subepidermalnej, mianowicie ko-mórki leżące bezpośrednio pod podstawą włoska ulegają nielicznym po-działom przeważnie w płaszczyźnie stycznej; pod nimi występują typowe komórki hypodermi. Treść komórek otaczających podstawę włoska oraz leżących pod nimi przybiera stopniowo brunatne zabarwienie. Tworzą się w ten sposób na powierzchni jabłka charakterystyczne, uwypuklone, brązowe, okrągłe lub owalne w zarysie pola, na szczycie których znaj-dują się tkwiące w epidermie podstawy ułamanych włosków. Rozmiary tych brązowych pól zależą od liczby zabarwionych komórek otaczają-cych podstawę włoska oraz leżących pod powierzchnią wzgórek. Ilość omawianych pól zwiększa się w miarę dojrzewania owocu. W przeci-wieństwie do podanych informacji H. P. Bell (1937) podaje, że nasady włosków są zalewane kutyną, wskutek czego miejsca po włoskach są trudne do zidentyfikowania.

Pola włoskowe stanowią najwyraźniej słabe punkty w skórcie owocu, gdyż w dalszych stadiach, począwszy już od pierwszej połowy czerwca, ulega ona tam przeważnie pęknięciu lub rozerwaniu. Skutkiem napięcia warstwy okrywającej, rozerwane brzegi zostają niejednokrotnie znacz-nie rozsunięte. Powstaje w ten sposób różnej wielkości i kształtu szpara, w której widoczne są przy oglądaniu od strony powierzchni nieliczne brązowo zabarwione, luźno leżące komórki wypełniające uwypuklenie pola, a niżej wyraźnie widoczna jednolita warstwa komórek korkowych, odcinająca rozerwanie od wnętrza owocu. Tego rodzaju pola przypomi-nają opisywane dalej przetchlinki tworzące się na miejscu aparatów szparkowych.

Owoce wzięte z przechowalni w lutym i w marcu posiadały najwięcej pól na jednostkę powierzchni w części przykielichowej jabłka, mniej w przysypułkowej, najmniej zaś w środkowej.

W celu ustalenia przybliżonej ilości pól włoskowych w poszczególnych partiach powierzchni owocu dokonano odpowiednich obliczeń na części przykielichowej, środkowej i przysypułkowej różnych owoców. Z każdej części owoców brano po 10 skrawków o powierzchni 30 mm².

Przeciętnie na powierzchni 30 mm² znajdowało się 59 pól włoskowych na części przykielichowej, 17 na środkowej i 23 na części przysypułkowej. Można było wyodrębnić 3 grupy pól włoskowych:

A. Pola małe z nie uszkodzoną skórą, lekko uwypuklone, tworzące niewielkie wzgórki, na szczycie których znajdowały się w epidermie pojedyncze nasady włosków; epidermalne komórki pola włoskowego, otaczające nasadę włoska wypełnione były żółtobrazową treścią. Bezpośrednio pod skórą leżała niewielka warstwa, złożona z kilku komórek o błonach skutynizowanych (Tabl. II, rys. 7).

B. Średniej wielkości przetchlinki, okrągłe w zarysie, z pękniętą lub rozerwaną skórą, z kilkoma niekiedy pęknięciami w różnych kierunkach. W rozerwaniu skórki widocznych było kilka mocno spłaszczonych komórek, pod którymi występowała warstwa zamykająca, utworzona z 2—3 szeregów ściśle przylegających do siebie komórek o błonach całkowicie skorkowaciałych (Tabl. II, rys. 8).

C. Duże przetchlinki włoskowe z rozerwaną silnie epidermą, o brzegach odgiętych na zewnątrz. W rozerwanej przestrzeni znajdowało się kilka odciętych komórek o martwej, brązowej treści. Pod nimi leżała warstwa odcinająca, utworzona z 2—3 szeregów komórek ściśle do siebie przylegających o błonach skorkowaciałych (Tabl. II, rys. 9).

Przetchlinki obu wymienionych grup są jak najbardziej płytke, tzn. warstwa korkowa zamykająca zakłada się tuż pod skórą i na przekroju poprzecznym tworzy łuk o minimalnym wygięciu w głąb hypodermy, często prawie na wysokości komórek epidermalnych, szczególnie w grupie B, gdzie przeważnie warstwa korkowa była nawet mniej lub bardziej uwypuklona w kierunku przerwy w epidermie. Pod warstwą zamykającą znajdują się typowe komórki hypodermy, głębiej zaś komórki miękkiszowe. Warstwowej tkanki twórczej odpowiadającej charakterem fellogenowi nie można było stwierdzić; zaledwie w paru przypadkach i to poniżej zamykającej warstwy korkowej znajdowały się pojedyncze, dość regularnie ułożone, komórki przypominające fellogen.

W celu sprawdzenia, czy i w jakim stopniu poprzez pola włoskowe może zachodzić wymiana gazów i transpiracja, zanurzano owoce w roztworze wodnym błękitu metylenowego i obserwowano pod mikroskopem stopień przenikania barwnika. Obserwacje dużej liczby pól wykazały, że

w grupie A błękit zabarwił jedynie zewnętrzną powierzchnię nasady włoska, tworząc charakterystyczny niebieski pierścień, nie przenikając w ogóle głębiej. Natomiast w grupach B i C zabarwione błękitem były nieliczne komórki leżące w miejscu rozerwania epidermy, o których mowa w punkcie B i C. Warstwa korkowa pozostawała w każdym przypadku nie zabarwiona. Dokładnym obserwacjom poddano 150 skrawków, każdy o powierzchni 30 mm². Z dokonanego przeglądu pól włoskowych oglądanych od strony powierzchni i w przekroju poprzecznym wynika, że: 1) każdemu rozerwaniu epidermy w polu włoskowym odpowiada jego odcięcie przez warstwę korkową, 2) warstwa korkowa zamykająca stanowi dobrą izolację głębszych warstw owocu w strefie rozerwanego pola włoskowego, 3) pola włoskowe z nie uszkodzoną epidermą (grupa A) w żadnym przypadku nie stanowią miejsc bardziej przepuszczalnych dla wymiany gazowej niż pozostała, nie uszkodzona epiderma.

Dane powyższe dotyczą pól włoskowych dających się zidentyfikować. Trzeba jednak stwierdzić, że niekiedy pola były tak porozrywane, a obraz tak nietypowy i niewyraźny, że ustalenie przynależności danego obrazu do pola włoskowego czy szparkowego było niemożliwe. Być może, że te rozerwane powierzchnie były wynikiem jakichś uszkodzeń mechanicznych, względnie stanem patologicznym, spowodowanym chorobą lub działaniem czynników zewnętrznych siedliska. Nierzadko poszczególne rozerwania skórki (pól włoskowych, szparkowych oraz inne) łączyły się ze sobą tworząc jedno większe rozerwanie różnego kształtu i wielkości, zależnie od ilości i położenia łączących się ze sobą przerw.

Według U. Tetley (1935) obraz mikroskopowy uformowanych przetchlinek nie pozwala w większości przypadków stwierdzić, czy powstały one w polu włoskowym, czy też szparkowym. W niniejszych natomiast obserwacjach, dotyczących owocu odmiany „McIntosh”, identyfikacja przetchlinek nie nastręczała większych trudności i w każdym przypadku, jeśli tylko utwory te nie były zbyt porozrywane i uszkodzone, można było ustalić ich pochodzenie. Stosowanie płynu Lugoia pozwalało wykryć nawet fragmenty rozerwanych komórek szparkowych zawierających ziarna skrobi.

Przedewszystkim jednak przetchlinki powstałe na terenie pola włoskowego, względnie szparkowego, dają się z reguły rozróżnić dzięki charakterystycznym cechom ich budowy. Pierwsze z nich są bardzo płytkie, tzn. warstwa korkowa odcinająca leży tuż pod powierzchnią owocu, drugie są głębokie, zawierają więcej komórek wypełniających, a pod nimi znacznie głębiej zakłada się korkowa warstwa odcinająca.

Rozwój aparatów szparkowych i przetchlinek

Powstawanie aparatów szparkowych w skórze jabłek wiąże się ściśle ze zmianami zachodzącymi w tkance korowej. Nie spotyka się ich dopóty, dopóki komórki korowe nie wykazują pierwszych oznak wakuolizacji i tworzenia się w tej strefie przestrzeni międzykomórkowych (U. Tetley 1930). Z chwilą rozpoczęcia wakuolizacji zjawiają się w epidermie liczne komórki różniące się od innych komórek epidermalnych zielonkawym zabarwieniem zawartości, brakiem wakuol, większą ziarnistością treści komórkowej, a niekiedy także wielkością. Są to komórki macierzyste aparatów szparkowych (Tabl. II, rys. 10). Obecność tych komórek jest oznaką, że proces tworzenia się szparek został rozpoczęty. Identyfikacja komórek macierzystych z uwagi na ich cechy charakterystyczne nie nastręcza trudności. Pod komórką macierzystą aparatu szparkowego można z reguły stwierdzić występowanie niewielkiej przestrzeni międzykomórkowej, która zwiększa się stopniowo wraz z rozwojem aparatu szparkowego i tkanek zawiązku owocu (Tabl. II, rys. 11). Komórka macierzysta dzieli się tworząc dwie komórki szparkowe, między którymi pojawia się szparka prowadząca do wspomnianej wyżej przestrzeni podszparkowej (Tabl. II, rys. 12). Potwierdzają to również obserwacje U. Tetley (1930). Komórki otaczające komorę powietrzną pod wykształconym aparatem szparkowym charakteryzują się gęstszą zawartością i ulegają z czasem podziałom. Wyglądem swym różnią się od typowych komórek hypodermisy, posiadają cienkie błony celulozowe i przestrzenie międzykomórkowe. Pojawianie się aparatów szparkowych w okresie zamkniętych pąków kwiatowych jest intensywne. Dlatego też jeszcze przed pełnią kwitnienia zawiązek owocu wykazuje dużą ilość aparatów szparkowych różnej wielkości i w różnych stadiach rozwojowych, a mianowicie: wykształcone aparaty szparkowe, aparaty bez wykształconych szparek dzielące się i nie podzielone jeszcze komórki macierzyste. Aparaty szparkowe powstałe wcześniej posiadały przeciętne wymiary $29,5 \mu$ długości, $24,1 \mu$ szerokości. Natomiast młode bez szparek miały średnio od $11,5 \mu$ do $12,5 \mu$ długości i $8,5 \mu$ do $10,5 \mu$ szerokości. Aparaty, szczególnie większe, otoczone były jednym albo dwoma koncentrycznymi pierścieniami komórek skórki. Tworzenie się aparatów szparkowych w dalszym ciągu jest intensywne, toteż stale jeszcze występują one w różnych stadiach rozwoju.

W okresie kwietnia oraz maja, a nawet w pierwszej połowie czerwca szparki rozmieszczone są na małej powierzchni owocu mniej więcej jednolicie. W miarę jednak dalszego zwiększania się owocu, a więc i powierzchni epidermalnej, aparaty szparkowe odsuwają się od siebie coraz bardziej. Liczba ich przypadająca na jednostkę powierzchni maleje, szczególnie na partiach owocu silnie rozrastających się, stąd największe

zagęszczenie szparek obserwuje się w części przykielichowej jabłka, mniejsze w środkowej i przysypułkowej. Wymiar poprzeczny zawiązków owoców wynosił w końcu kwietnia przeciętnie 2,5 mm. Na 1 mm² występuje w tym czasie średnio 28 aparatów szparkowych, mniej więcej równomiernie rozłożonych na całej powierzchni zawiązku. W tym czasie wymiary aparatów szparkowych średnio wynosiły: szparki duże 25×19 μ, średnie 15×13 μ, najmniejsze, a zarazem najmłodsze, 10×8 μ.

Na początku maja aparaty szparkowe nie różnią się zasadniczo od tychże w okresie poprzednim. Na przekroju poprzecznym widoczne są dwie komórki szparkowe wypełnione treścią komórkową z chloroplastami i skrobią asymilacyjną. Między tymi komórkami utworzona jest szczelina (szparka), prowadząca do komory powietrznej leżącej pod aparatem. Komórki mięsiszowe otaczające komorę mają cienkie celulozowe błony, tworzą niewielkie przestrzenie międzykomórkowe. Zawierają one większą ilość chloroplastów niż pozostałe komórki leżące pod epidermą. O ile normalnie pod skórą występują w tym okresie 2 lub 3 warstwy komórek hypodermalnych, biegnących równolegle do skórki, to pod aparatem szparkowym układ ten zostaje przerwany i miejsce komórek hypodermalnych zajmują wymienione komórki mięsiszowe, otaczające komorę powietrzną, a głębiej znajdują się komórki miąższu owocu. W komórkach otaczających komorę widoczne są podziały w płaszczyznach promienistych, stycznych i skośnych.

Około połowy maja, przy wymiarze poprzecznym zawiązku równym 3 mm, występuje na 1 mm² średnio 35 aparatów szparkowych. W tym czasie najwięcej jest dużych szparek o długości ca 20—27 μ, najmniej małych od 8—10 μ. Wybitnie zmniejsza się natomiast liczba aparatów bez wytworzonych jeszcze szparek. Oznacza to, że powstawanie nowych aparatów szparkowych ulega już znacznemu zahamowaniu.

Dalsze zmiany obserwujemy w końcu maja, kiedy owoce osiągają przeciętny poprzeczny wymiar 6 mm. W skórcie występują prawie wyłącznie duże aparaty szparkowe o długości ca 15—29 μ. Są one otoczone zwężonymi, wydłużonymi komórkami ułożonymi w pierścień. Kutikula pokrywa błony zewnętrzne komórek szparkowych, których występy otaczające przedśrodek pierwszy są również skutynizowane. Komórki mięsiszowe, półkoliście otaczające przestrzeń podszparkową, dzielą się tworząc 2—3 warstwy. Znacznie zwiększa się w nich ilość chloroplastów, powiększają się też przestrzenie międzykomórkowe. Błony ich nadal pozostają celulozowe. Górna powierzchnia aparatów szparkowych i skórki znajduje się na jednakowym poziomie, albo też aparaty szparkowe tworzą niewielkie uwypuklenia w stosunku do powierzchni skórki. W tym czasie na 1 mm² przypada przeciętnie 14 aparatów szparkowych. Dalszego powstawania szparek w tym okresie nie stwierdza się.

Na początku czerwca, kiedy przeciętny poprzeczny wymiar owoców

wynosił 10 mm, łączna ilość szparek w skórze jabłka pozostaje zatem ta sama, lecz wobec dalszego zwiększania się owocu na 1 mm² przypada ich obecnie tylko około 5. Długość ich waha się od 25—39 μ , a szerokość 10—12 μ .

Komora powietrzna jest w tym stadium otoczona warstwami komórek miękiszowych, przy czym regularne ułożenie tych ostatnich zatracą się w następnych okresach. Komórki te mogą się dzielić w dalszym ciągu. Jednocześnie często można obserwować promieniste podziały komórek epidermy, przylegających do aparatu szparkowego. Bardzo rzadko szparki znajdowały się w bezpośrednim sąsiedztwie miejsc po włoskach. Były one wtedy w mniejszym lub większym stopniu zniekształcone, a komórki leżące w sąsiedztwie obu wymienionych utworów posiadały błony zgrubiałe i skutynizowane. Z czasem pewna ilość komórek miękiszowych zostaje wepchnięta do komory powietrznej, powodując jej zmniejszenie lub całkowitą redukcję (Tabl II, rys. 13), jednak nie stwierdza się jeszcze wyraźnych oznak degeneracji aparatów szparkowych.

W połowie czerwca poprzeczny wymiar owoców wynosił przeciętnie 2 cm. Jak już wspomniano, tworzenie nowych aparatów zostało definitywnie zakończone w końcu maja. Ilość szparek na jednostkę powierzchni zmniejszyła się znacznie. Na powierzchni 1 mm² występowała przeciętnie 1 szparka. Odległości między nimi były tak znaczne, że nie udało się w ogóle zaobserwować dwóch aparatów szparkowych w jednym polu widzenia. Zawartość komórek otaczających aparat i komorę przeddechową przybiera stopniowo brązową. Według Clements'a (1935) zabarwienie to jest spowodowane substancją garbnikową, powstającą w tychże komórkach. Brązowe zabarwienie pozostaje trwale w ciągu dalszego rozwoju, podczas gdy w pozostałych komórkach subepidermalnych obserwujemy zielone (chlorofil), względnie czerwone (antocjan) zabarwienie. Wspomniane komórki o brunatnym zabarwieniu są już definitywnie zróżnicowane i nie ulegają dalszym podziałom. Niemniej jednak zmiany tego rodzaju nie obejmują wszystkich stref szparkowych jednocześnie, lecz dzieje się to nierównomiernie aż do późnych stadiów rozwojowych. Nawet na owocach wziętych z przechowalni można było stwierdzić, aczkolwiek w zupełnie wyjątkowych przypadkach, istnienie aparatów szparkowych, oczywiście już nieczynnych, bez brązowych komórek w strefie podszparkowej.

W drugiej połowie czerwca komórki epidermalne przylegające do aparatów szparkowych przechodzą podziały, co odgrywa niewątpliwie dużą rolę w przeciwdziałaniu siłom rozciągającym szparki na skutek wzrastającego napięcia epidermy spowodowanego szybkim zwiększaniem się masy owocu.

Wymiar poprzeczny owoców w końcu czerwca wynosił około 3 cm. Zmiany omówione uprzednio w odniesieniu do połowy czerwca postępo-

wały naprzód. Mimo że komórki skórki i komórki epidermalne otaczające aparaty szparkowe w dalszym ciągu zachowują zdolność podziałów, to jednak widoczne się staje, że zwiększanie się powierzchni skórki nie zawsze nadąża za wzrostem masy owocu, na skutek czego komórki szparkowe często ulegają rozsunięciu, a komórki przylegające — rozerwaniu wzdłuż szparek. Komórki otaczające aparat szparkowy układają się dość regularnie wzdłuż linii biegnących w kierunku działania sił rozciągających warstwę powierzchniową, jednocześnie wydłużają się znacznie, co niewątpliwie przeciwdziała rozrywaniu skórki w miejscu aparatu szparkowego (Tabl. III, rys. 14).

Maksymelną wielkość osiągały aparaty szparkowe w połowie lipca, kiedy średnia ich wielkość wynosiła 39 μ , a szerokość 26—37 μ . Owoce w tym czasie posiadały poprzeczny wymiar około 4 cm. Aparaty szparkowe, a właściwie obszar związany z nimi (komórki otaczające, komora powietrzna wraz z przyległymi partiami komórek miękkiszowych), widoczne były gołym okiem w postaci białych punktów z jasną obwódką, wyraźniej dostrzegalnych na czerwonej niż na zielonej powierzchni owocu. Największe zagęszczenie tych punktów było w górnej partii owocu w części przykielichowej. Mniej ich było w części środkowej i przysypułkowej. W porównaniu z częścią dolną i środkową wymiary aparatów szparkowych w okolicy przykielichowej były jednak najmniejsze. Z wielkości i kształtu wspomnianych punktów można było wnioskować o zasięgu obszaru przysypułkowego wraz z komorą przeddechową.

W sierpniu i dalszych miesiącach następują zmiany omówione poprzednio. Degeneracja aparatów szparkowych postępuje naprzód. Płyn Lugola wykrywa w nich, podobnie jak i komórkach hypodermalnych, duże ilości skrobi asymilacyjnej. Komórki szparkowe ulegają rozsunięciu i rozerwaniu (Tabl. III, rys. 15).

Owoce pobrane z przechowalni w połowie grudnia miały poprzeczny wymiar 6—7 cm. Gołym okiem można było stwierdzić, że najwięcej aparatów szparkowych na jednostkę powierzchni znajdowało się w części przykielichowej, mniej w środkowej i przysypułkowej.

W końcowym okresie przechowywania owoców, tj. w lutym, stan poszczególnych aparatów szparkowych i otaczających je epidermalnych pól szparkowych przedstawia się bardzo różnie. Należy przede wszystkim podkreślić, że w skórze jabłek pozostała duża ilość wyraźnych, dobrze zachowanych aparatów szparkowych. Nie odpowiada to twierdzeniu, jakoby w późnych stadiach trudno było znaleźć aparaty szparkowe, zanikające na skutek tworzenia się przetchlinek. Z takim twierdzeniem w literaturze fachowej nie zgadza się również Clements (1935). W niniejszych badaniach robione były skrawki skórki o wymiarach 3×10 mm, a po 10 takich skrawków z każdej części owocu, tj. przykielichowej, środkowej i przysypułkowej. Z tego wynika, że dokładnym obserwacjom

poddano 300 mm² skórki z każdej części jabłka, czyli łącznie 900 mm² ze wszystkich trzech jego części. Dokładne obserwacje i obliczenia liczby aparatów szparkowych w owocach 'McIntosh' wziętych z przechowalni w lutym dają następujące wyniki. Ogólna przeciętna liczba aparatów szparkowych na 300 mm² na poszczególnych częściach jabłka wynosiła: 72 na części przykielichowej, 16 na części środkowej i 13 na części przyszypułkowej. Na podstawie obliczeń, dokonanych metodą statystyczną, trzeba przyjąć, że w części środkowej i przyszypułkowej jest jednakowa liczba aparatów szparkowych, natomiast większa istotnie ich liczba znajduje się w części przykielichowej.

Przetchlinki

Jak już poprzednio stwierdzono, od połowy czerwca można obserwować sukcesywną degenerację aparatów szparkowych. Stopniowe zmiany zachodzą również w komórkach epidermy otaczających aparaty szparkowe oraz w komórkach sąsiadujących z komorą powietrzną. W polach szparkowych pojawiają się z czasem przetchlinki widoczne gołym okiem w postaci brązowych, okrągłych lub owalnych plamek na całej powierzchni jabłka. Wielkość pól przetchlinkowych wahała się od 70—170 μ . Przetchlinki szparkowe zaczynają się tworzyć dopiero od końca czerwca. Jest ich początkowo niewiele, lecz w ciągu następnych miesięcy ilość ich wzrasta stale w miarę rozwoju owocu. W wyniku zwiększania się masy owocu na epidermę działają znaczne siły rozciągające. Powodują one rozsuwanie komórek szparkowych, ich rozrywanie, co prowadzi często do rozerwania epidermy w strefie przetchlinek. Przetchlinki oglądane pod mikroskopem przedstawiły się jako brązowe wzgórki z rozerwaną epidermą na szczycie. Bezpośrednio pod rozerwaniem leżą owalne lub, rzadziej, spłaszczone komórki wypełniające o błonach celulozowych i brązowej treści komórkowej. Mogą one przylegać do siebie bardziej ściśle, przeważnie jednak ułożone są luźno. Pod nimi 2—3 warstwy komórek o błonach skorkowaciałych, ściśle do siebie przylegających, tworzących luki otwarte na zewnątrz. Warstwy skorkowaciałych komórek odcinają wewnątrz owocu od części wzgórka z rozerwaną epidermą. Dalej ku wnętrzu jabłka leżą przeważnie 2—3 warstwy drobnych, cienkościennych komórek fello genu. Pod nimi znajdują się już komórki mięksiszowe, większe, owalne z ziarnami skrobi i małymi przestrzeniami międzykomórkowymi, ułożone często drabinkowo jedna pod drugą, przechodzące następnie w typowy mięksisz owocu. Obraz powyższy jest charakterystyczny dla dobrze wykształconych przetchlinek (Tabl. III, rys. 16).

Praktycznie spotyka się je w bardzo różnych stadiach rozwoju, a mianowicie: a) bez warstwy fello genu, b) z fello genem tworzącym się, c) bez skorkowaciałej warstwy zamykającej, d) z warstwą zamykającą ulega-

jąca procesowi korkowacenia, postępującemu od brzegów ku środkowi przyszłej płaszczyzny zamykającej.

Proces tworzenia się przetchlinek jest nierównomierny i nierównoczesny w różnych częściach owocu. W końcu września przetchlinek w części przykielichowej jest jeszcze mało względnie też nie są wykształcone typowo. W okolicy resztek kielicha zachowane były normalne aparaty szparkowe. Taki stan rzeczy w porównaniu z pozostałymi częściami owocu utrzyma się do najpóźniejszego okresu. Zmiany zachodzące w aparatach szparkowych, w komórkach otaczających oraz w warstwach hypodermalnych, trwają nieprzerwanie w ciągu dalszych miesięcy. Proces rozwojowy aparatów wentylacyjnych oraz zmiany zachodzące w strefach wykształconych aparatów szparkowych i przetchlinek stawały się coraz wolniejsze w warunkach przechowalności.

Można ogólnie stwierdzić istnienie wyraźnej tendencji do dokładnego izolowania wszelkich przerw w epidermie, powstających w wyniku naturalnego jej rozwoju czy też spowodowanych przypadkowymi uszkodzeniami (szkodniki, choroby, warunki wegetacji). Rolę izolującą w przypadku nie rozerwanych pól włoskowych i szparkowych odgrywa rozprzestrzeniająca się kutynizacja błon komórek leżących w bezpośrednim ich sąsiedztwie. W przypadku rozerwania się epidermy, bez względu na jego charakter, następuje reakcja warstw hypodermalnych, wyrażająca się wytworzeniem warstw korkowych, odcinających przerwę w epidermie od wnętrza owocu. Ta zdolność jest silna w okresie wegetacji oraz przez pewien okres po zbiorze. W miarę starzenia się owocu wolniej zachodzą procesy tworzenia izolacyjnych warstw korkowych i wreszcie owoc traci zdolność całkowitego odcinania korkiem uszkodzeń epidermy. Fakt ten wskazuje na szczególne niebezpieczeństwo uszkodzeń, powstających w późnych okresach rozwoju owocu, przede wszystkim w późniejszym okresie przechowywania (F. K o b e l 1954). Obraz przetchlinek, obserwowany w ciągu lutego jest bardzo zróżnicowany, gdyż utwo-ry te kształtowały się w różnych okresach rozwoju owocu i w zmieniających się warunkach zewnętrznych.

Na podstawie stopnia wnikania błękitu metylenowego do warstw hypodermalnych dokonano obliczeń ilości przetchlinek zamkniętych i otwartych na poszczególnych częściach owoców. W tym celu z materiału pobranego w lutym sporządzono skrawki skórki o powierzchni 30 mm² biorąc do przeglądu po 10 takich skrawków z każdej części owocu. Wyniki obserwacji ukazuje poniższe zestawienie:

przeciętna ilość przetchlinek na powierzchni 300 mm ²	% zamkniętych przetchlinek
część przykielichowa 51	od 33 do 56
„ środkowa 19	od 49 do 63
„ przyszypułkowa 9	od 50 do 72

Jeśli chodzi o ilościowy udział otwartych przetchlinek oraz kutikuli w transpiracji zachodzącej w owocach, to stosunek ten niewątpliwie zależy od odmiany jabłoni (F. K o b e l 1954).

Trzeba zaznaczyć, że nazwa przetchlinka w odniesieniu do wspomnianych struktur w jabłku jest terminem całkowicie niewłaściwym, istnieje jedynie pewna analogia tych utworów do przetchlinek powstających w łodygach roślin drzewiastych. H. F. C l e m e n t s (1935) wskazuje na to, że miejsce i sposób powstawania opisanych struktur w jabłku jest całkiem inny niż we właściwych przetchlinkach, tworzących się jako zróżnicowane masy perydermy. W owocach brak jest perydermy. Do tego należy dodać, że zasadnicze strukturalne elementy przetchlinek w łodygach powstają zawsze w wyniku działalności fellogenu w przeciwieństwie do jabłek. W przetchlinkach łodyg skórka zostaje rozerwana na skutek parcia masy komórek wypełniających, w jabłku zaś epiderma ulega rozerwaniu pod wpływem działających na nią sił rozciągających, spowodowanych zwiększaniem się masy owocu.

Zasadnicza różnica zachodzi również między zamykającą warstwą przetchlinek łodyg i tzw. przetchlinek owoców jabłoni: w łodygach system kanalików tworzących się w korku nawiązuje kontakt z kanalikami w fellogenie, fellodermie i łączy się z wielkimi przestrzeniami międzykomórkowymi tkanek miękkich kory (A. W u t z 1955). Można stwierdzić, że przetchlinki łodygi służą utrzymaniu możliwie najswobodniejszych kontaktów jej wnętrza z atmosferą. W przeciwieństwie do tego, w owocach typowo wykształcona warstwa odcinająca izoluje dokładnie wnętrze owocu od atmosfery.

Wyda się, że tzw. przetchlinki owoców zjawiają się jako reakcja warstw subepidermalnych na powstanie jakichkolwiek przerw w epidermie.

Z tych względów termin przetchlinka w odniesieniu do opisanych struktur w jabłkach, aczkolwiek przyjął się w literaturze fachowej, jest niewłaściwy.

Wymiana gazowa

Istotną sprawę stanowi tu zagadnienie, jaką rolę spełniają aparaty szparkowe i przetchlinki w skórze w wymianie gazowej owocu.

Aby móc wyjaśnić to zagadnienie posłużono się metodą stosowaną przez C l e m e n t s'a (1935), mianowicie przed sporządzeniem skrawków owoce były umieszczone w roztworze wodnym błękitu metylenowego na 24 godziny w temperaturze około 10°C. Stopień przenikania błękitu miał wskazać, czy i jak dalece poszczególne utwory skórki umożliwiają kontakt z wnętrzem owocu.

Obserwacje przeprowadzone na skrawkach dają następujący obraz stanu aparatów szparkowych i przetchlinek w końcowym okresie przechowywania owoców: część aparatów była otwarta, skutkiem czego błękit przenikał do warstw subepidermalnych, barwiąc mniejszą lub większą strefę komórek na niebiesko. Pod takim aparatem nie było komórek o błonach skorkowaciałych; w sporadycznych przypadkach aparaty szparkowe były całkowicie zamknięte i z powodu ścisłego przylegania do siebie komórek szparkowych zupełnie nie wpuszczały błękitu metylenowego; w wielu przypadkach błękit przenikał do wnętrza jednej lub obu komórek szparkowych lub przylegających, czy też dalszych komórek skórki, nie wchodząc głębiej; do niektórych szparek barwnik wprawdzie wnikał, lecz komórki otaczające początkowo komorę powietrzną, a następnie wciśnięte aż pod sam aparat, stanowiły dzięki skutynizowaniu zewnętrznych błon przegrodę dla błękitu (Tabl. III, rys. 17); na ogół pod aparatem szparkowym komórki zabarwione na brązowo lub żółto posiadały błony skorkowaciałe i stanowiły izolację dla głębszych warstw, skutkiem czego błękit metylenowy nie wnikał do nich; były jednak przypadki, że część komórek leżących głębiej pod aparatem szparkowym barwiła się na niebiesko, co świadczyłoby o jego częściowym otwarciu; niekiedy pęknięcia rozchodzące się od rozerwanego aparatu szparkowego przepuszczały barwnik do głębszych warstw, co świadczyło o braku warstwy izolacyjnej; spotykano dużo stref aparatów szparkowych, przechodzących w przetchlinki. Szparki w tych stadiach przejściowych, nie posiadające poniżej całkowicie wykształconej warstwy izolacyjnej, trzeba było zaliczyć do przetchlinek otwartych.

Obserwacja przetchlinek owoców pozwoliła na zorientowanie się w różnorodnej ich budowie anatomicznej. Budowę typowych, dobrze wykształconych przetchlinek z warstwą korkową izolującą wewnątrz owocu, podano już uprzednio. W tych przetchlinkach błękit zatrzymuje się jedynie na komórkach wypełniających. Niektóre przetchlinki nie posiadają jednak warstwy korkowej, pod epidermą znajdują się wyłącznie komórki o błonach celulozowych, luźno ułożone. Takie przetchlinki są całkowicie otwarte i błękit wnikał w głąb tkanek miąższu (Tabl. IV, rys. 18; AB). Inne przetchlinki, z dobrze wykształconą warstwą korkową zamykającą, stają się w mniejszym lub większym stopniu otwartymi na skutek później powstałego rozerwania epidermy, sięgającego poza wytworzoną uprzednio szczelną warstwę korka. Przez takie pęknięcie błękit metylenowy przenika do komórek miękkiszowych leżących pod epidermą.

Na podstawie niniejszych obserwacji, przeprowadzonych na owocach wziętych z przechowalni, można przypuszczać, że zarówno aparaty szparkowe, przetchlinki, jak i inne rozerwania epidermy, nie posiadające warstwy izolacyjnej, stanowią w sumie poważną powierzchnię transpiracyjną.

WNIOSKI

1. Komórki epidermalne zachowują do późnych stadiów rozwoju owocu merystematyczny charakter, umożliwiając szybkie zwiększanie swej powierzchni w miarę powiększania się masy owocu.

2. Grubość kutikuli zwiększa się zarówno w okresie wegetacji, jak też i w czasie przechowywania owoców.

3. Hypoderma pochodzi z miększu korowego. Ulega stopniowo zmianom strukturalnym, zmian jednak destrukcyjnych w stopniu podawanym w literaturze fachowej (H. P. Bell 1937) nie stwierdzono nawet w okresie przechowywania.

4. Dobry stan skórki w okresie przechowywania aż do marca wiąże się niewątpliwie z właściwymi zabiegami ochronnymi w okresie wegetacji i pomyślnymi warunkami w przechowalni.

5. Wyrastające z epidermy włoski, tworzące gęsty wołok na powierzchni zawiązku owocu, stanowią doskonałą jego ochronę; po ich degeneracji funkcję ochronną przejmują w coraz większym stopniu zwiększająca się warstwa kutikuli.

6. Pola włoskowe są w skórcie owocu punktami słabymi, w których skórka często ulega rozerwaniu pod wpływem sił rozciągających.

7. Strefa pola włoskowego zarówno z rozerwaną epidermą, jak i nie uszkodzoną, jest w zasadzie całkowicie odizolowana od wnętrza owocu.

8. Tworzenie się aparatów szparkowych następuje z chwilą rozpoczęcia wakuolizacji komórek korowych owocu oraz pojawiania się przesłoni międzykomórkowych i trwa do pierwszej dekady czerwca.

9. Aparaty szparkowe powstają przez jednokrotny podział komórki macierzystej na dwie komórki szparkowe.

10. Równomierne zagęszczenie aparatów szparkowych w epidermie zawiązku różnicuje się na skutek nierównomiernego wzrostu masy owocu w poszczególnych jego częściach.

11. Od połowy czerwca następuje stopniowa degeneracja aparatów szparkowych, czemu towarzyszą zmiany epidermy i głębszych warstw w strefie pola szparkowego.

12. Aparaty szparkowe stanowią również słabe punkty w skórcie owocu, ulegając często rozerwaniu w wyniku działania sił rozciągających epidermę.

13. W końcowym okresie przechowywania występuje jeszcze duża ilość dobrze zachowanych aparatów szparkowych, szczególnie w części przykielichowej.

14. Na podstawie pochodzenia, rozwoju i funkcji przetchlinek, tworzących się w owocach jabłoni, należy stwierdzić, że termin przetchlinka w odniesieniu do tych struktur jest niewłaściwy, lecz używany ze względu na brak innego określenia w literaturze fachowej.

Tablica I

- 1 — Przekrój poprzeczny przez zalążnię owocu w okresie zamkniętych pąków kwiatowych (17,5×)
 - 2 — Przekrój poprzeczny przez skórkę owocu: A — z końca maja (510×); B — z połowy czerwca (240×); C — z połowy grudnia (510×)
 - 3 — Przekrój poprzeczny przez zewnętrzną warstwę komórek zawiązku owocu w okresie zamkniętych pąków kwiatowych (210×)
 - 4 — Skórka owocu oglądana z góry na początku maja. Typowe obrazy miejsc po włoskach: b — nasady włosków tkwiące w epidermie (510×)
 - 5 — Skórka oglądana na początku czerwca (510×)
 - 6 — Przekrój poprzeczny przez owoc na początku czerwca: b — skutynizowana nasada włoska (510×)
- Oznaczenia: a — komórki epidermy; b — włoski; c — komórki hypodermalne; d — miejsca po włoskach; g — kutikula

Plate I

- 1 — Cross-section through ovary at the period of closed flower buds (×17,5)
 - 2 — Cross-section through fruit epidermis: A — at the end of May (×510); B — in mid June (×240); C — in mid December (×510)
 - 3 — Cross-section through external layer of fruitlet cells at the period of closed flower buds (×210)
 - 4 — Fruit epidermis seen from above at the beginning of May. Typical appearance of places where hairs grew: b — base of hairs fixed in the epidermis (×510)
 - 5 — Epidermis seen from above at the beginning of June (×510)
 - 6 — Cross-section through fruit at the beginning of June: b — cutinized hair base
- Designations: a — epidermal cells; b — hair; c — hypodermal cells; d — places where hairs grew; g — cuticula

Tablica I — Piate I

Tablica II

- 7 — Przekrój przez małe pole włoskowe. Początek lutego (210×)
- 8 — Przekrój przez średnie pole włoskowe. Początek lutego (210×)
- 9 — Przekrój przez dużą przetchlinkę włoskową z silnie rozerwana epidermą. Początek lutego (210×)
- 10 — Skórka załączni od strony powierzchni w okresie zamkniętych pąków kwiatowych. Połowa kwietnia (510×)
- 11 — Przekrój poprzeczny przez skórę owocu na początku maja (510×)
- 12 — Aparaty szparkowe w różnych stadiach rozwoju na początku maja: *m* — podzielona komórka macierzysta aparatu szparkowego (510×)
- 13 — Przekrój poprzeczny przez owoc w połowie czerwca. Powstająca redukcja komory powietrznej (*k*), w miarę przechodzenia do niej komórek miękiszowych (*d*) (310×)

Oznaczenia: *a* — komórki skórki; *b* — nasada włoska; *c* — komórki hypodermis; *d* — komórki miękiszowe; *g* — kutikula; *h* — komórki skorkowaciałe; *e* — komórki otaczające komorę powietrzną.

Plate II

- 7 — Cross-section through small hair field. Beginning of February (210×)
- 8 — Cross-section through moderate-sized hair field. Beginning of February (210×)
- 9 — Cross-section through large hair lenticel with badly torn epidermis. Beginning of February (×210)
- 10 — Epidermis of ovary from the outer side at the period of closed flower buds. Mid April (×510)
- 11 — Cross-section through fruit epidermis at the beginning of May (×510)
- 12 — Stomata in various stages of development at beginning of May: *m* — divided mother cell of stoma (×510)
- 13 — Cross-section through fruit in mid June. Progressive reduction of air chamber (*k*) as it fills with parenchymatous cells (*d*) (×310)

Designations: *a* — epidermal cells; *b* — hair base; *c* — hypodermal cell; *d* — parenchymatous cells; *e* — cells surrounding the air chamber; *g* — cuticula; *h* — suberized cells.

Tablica II — Plate II

Tablica III

- 14 — Zewnętrzna powierzchnia skórki: aparat szparkowy z końca czerwca (510×)
 15 — Zewnętrzna powierzchnia skórki owocu — początek września. Widoczne silne rozerwanie epidermy w miejscu aparatu szparkowego. Na brzegach rozerwania tkwią komórki szparkowe (s). W rozerwaniu luźno leżące komórki wypełniające (d) z brązową treścią (130×)
 16 — Przekrój poprzeczny przez przetchlinkę poza rozerwanym aparatem szparkowym. Połowa lipca (310×)
 17 — Przekrój poprzeczny przez pole szparkowe; kolorem czarnym oznaczono skutyinizowanie błon. Połowa lutego (210×)

Oznaczenia: a — komórki skórki; c — komórki hypodermy; d — komórki miękkosze; e — komórki wypełniające; h — komórki skorkowaciałe; f — fellogen; k — komora powietrzna; s — komórki szparkowe.

Plate III

- 14 — Outer surface of epidermis: stoma at end of June (×510)
 15 — Outer surface of fruit epidermis at beginning of September. Serious disruption of epidermis at the site a stome. At the edges guard cells are visible (s). In the breach loosely lying filling cells (d) with brown contents (×130)
 16 — Cross-section through lenticel beyond disrupted stoma. Mid July (×310)
 17 — Cross-section through stomatal field. Mid February (×210) Cutinization of the cell walls marked in black.

Designations: a — epidermal cells; c — hypodermal cells; d — parenchymatous cells; e — filling cells; h — suberized cells; f — phellogen; k — fragment of air chamber; s — guard cells.

Tablica III — Plate III

Tablica IV — Plate IV

18 — A, B — Przetchlinki otwarte po aparatach szparkowych nie posiadające warstwy korkowej odcinającej. Błękit metylenowy wniknął w głąb tkanek hypodermalnych (pole zakropkowane): s — komórki szparkowe, leżące na brzegu rozerwania (30×)

18 — A, B — Open lenticels replacing the stomata, without cork abscission layer. Methylene blue has penetrated into the hypodermal tissues (dotted field): s — guard cells at the edge of the disruption (×30)

15. W przetchlinkach łądyg skórka zostaje rozerwana na skutek parcia masy komórek wypełniających, czyli w wyniku rozwoju przetchlinki, w jabłku natomiast epiderma ulega rozerwaniu pod wpływem działających na nią sił rozciągających, spowodowanych zwiększaniem się masy owocu.

16. Istotą właściwych przetchlinek łądyg jest stworzenie kontaktu między wnętrzem łądygi a środowiskiem zewnętrznym. Natomiast wydaje się, że tzw. przetchlinki owocu zjawiają się jako reakcja warstw subepidermalnych na powstawanie przerw w epidermie, w wyniku czego są one dokładnie izolowane od wnętrza owocu.

Składam serdeczne podziękowanie prof. dr Tadeuszowi Gorczyńskiemu za cenne rady i wskazówki w czasie wykonywania mojej pracy.

*Katedra Botaniki SGGW
w Warszawie*

SUMMARY

The present study was undertaken in order to follow the development of the ventilation apparatus (lenticels, stomata) in the epidermis of apple fruits of the 'McIntosh' variety from the stage of undeveloped flower buds to the fully ripened fruit, and in the period of storage. The development of lenticels and stomata has to be discussed in close relation with the development of the entire epidermis and the subepidermal tissues.

The epidermal cells, isodiametric at the beginning owing to intensive divisions in the radial and then in the tangential plane and owing to the strong tangential elongation, make possible a rapid growth of the surface of the epidermis in keeping with the growth of the fruit volume. These cells preserve even in late developmental stages a meristematic character. The whole surface of the epidermis on the ovary in its earliest stages of development is covered with a thick nap of hairs which are living modified epidermal cells. They constitute an excellent protection of the young ovary. As the fruit grows, the hairs are drawn wider apart, they break and cease to play a protective role. Now a growing layer of cuticular deposit takes over this role which lasts even through the stage of storage.

The hypodermis originates from the cortical parenchyma and consists of several cell layers which gradually become flattened and their walls thicken.

Around the base of the broken hairs fixed in the epidermis changes occur in the hypodermal and epidermal cells resulting in, a structural zone known as the hair area. If the epidermis is torn at a weak point such as the hair base, then what is called a hair lenticel forms. The initially uniform distribution of the fields changes with the increase of the surface area of the epidermis. The zone of the hair lenticels or hair is isolated from the interior of the fruit.

As the vacuolization of the cortical cells of the fruit starts, stomata are formed by a two fold division of the mother cells differentiating in the epidermis. In this way two guard cells arise and the stoma between them leads to an air chamber. The formation of stomata is ended around the first decade of June. Their distribution is at first uniform, but in time it becomes less dense as on the particular parts of the apple the surface of the epidermis increases. Around the stomata, both in the epidermis and in the hypodermal layers changes occur giving rise to a zone known as the stomatal area.

From mid June the stomata begin to undergo destructive changes. The epidermis at the site of the stoma which is a weak point in it, is often torn, and this is frequently associated with the formation of what is called lenticels in the stomatal field. These lenticels are also isolated by a cork layer from the interior of the fruit.

Experiments in which the tissues were stained with methylene blue proved that not all the lenticels are isolated from the interior of the fruit. This is due to the fact that the natural tendency of the fruit to isolate the disrupted stomatal or hair area by a cork layer, declines as the fruit ages, and finally disappears. The stomata were found intact in the end period of storage in large quantities particularly in the part of the fruit adjacent to the calyx. Some of them were not isolated from the interior of the fruit. It is probable that the open stomata and lenticel play an important role in the gaseous exchange of the fruit.

LITERATURA

- Bell H. P. 1937, The protective layers of the apple, *Canad. Jour. of Res.* 15c.
- Clements H. F., 1935, Morphology and physiology of the pome lenticels of *Pyrus malus*, *Bot. Gaz.* 97: 101—117.
- Kobel F., 1954, *Lehrbuch des Ostbaus auf physiologischer Grundlage*, Springer-Verlag, Berlin.
- Pieniążek E. A., 1959, *Sadownictwo* wyd. II, PWRiL, Warszawa.
- Pomologia, 1956, praca zbiorowa PWRiL, Warszawa.
- Tetley U., 1930, A study of the anatomical development of the apple and some observations on the pectic constituents of the cell walls, *Jour. Pomol. and Hort. Sci.* 8: 153: 172.
- Tetley U., 1931, The morphology and cytology of the apple fruit with special reference to the Bramley's Seedling variety, *Jour. Pomol. and Hort. Sci.* 9: 278: 297.
- Wutz A., 1955, Anatomische Untersuchungen über System und periodische Veränderungen der Lenticellen, *Botanische Studien* H. 4 in: B. Huber: *Vergleichend-anatomische Untersuchungen*, VEB G. Fischer Verlag Jena.