O zarastaniu ściętych pni jodłowych.
(Über das Vernarben von Weisstannenstümpfen.)

napisał

ROMAN KOBENDZA.

Wstęp.

W lasach jodłowych, jodłowo - bukowych i jodłowo - świerkowych szeroko rozpowszechnione jest zjawisko zarastania ściętych pni jodłowych. Mimo, iż znane jest ono leśnikom-praktykom, jednak dotąd nie było poruszane w naszej literaturze botaniczno-leśnej. Rzecz sama w sobie nie posiada większego znaczenia praktycznego, stanowi jednak ciekawe zagadnienie biologiczne.

Podczas badań fitosocjologicznych, prowadzonych z prof. S. Dziubałtowskim w lasach nadleśnictwa Łagowskiego w Górach Świętokrzyskich w roku 1930 zwróciły naszą uwagę liczne pieńki jodłowe, które zasklepiały powierzchnię ścięcia przez odkładanie drewna kallusowego [1]). Niektóre z nich miały już całkowicie zarośnięte rany, pokryte rodzajem turbanu lub maczugi, powleczonej korą. Częstość występowania tego zjawiska zależna było od zwarcia lasu jodłowego. Ogólnie można powiedzieć, że zarośnięte lub zarastające pieńki są bardzo pospolite w lasach zwartych, rzadsze w lasach o mniejszem zwarciu.

---

[1]) Pojęcie kallusa nie jest ostatecznie skrystalizowane. Jedni autorzy rozumieją pod tą nazwą warstwę obumarłego miękiszu, powstającego z kambium, na której to warstwie rozwijają się dopiero nieprawidłowo zbudowane cewki i promienie rdzeniowe. Inni — kallusem nazywają cały zespół anormalnych tkanek, zasklepiających powierzchnię ścięcia, bądź ranę. W niniejszej pracy używam terminu kallus w tem ostatniem pojęciu.

Poza jodłą zjawisko zarastania ściętych pni można obserwować na świerkach. Dość często spotykamy takie pieńki w Tatrach, Białowieży i we wszystkich lasach, gdzie świerk rośnie w pewnem zwarciu. Ścięte świerki z rozwiniętym kallusem znalezione też były przez dr. Niedziałkowskiego w lasach Rogowskich.

Stosunkowo rzadko obserwowano zarastające pieńki u modrzewia i sosny, co zależne jest prawdopodobnie od tego, że zarówno sosna, jak i modrzew należą do drzew światłożądnych, rosnących, zwłaszcza w starszym wieku, w pewnem od siebie oddaleniu.

Sprawa tak osobliwego regenerowania ściętych jodeł znana jest w literaturze zagranicznej i dość dobrze opracowana zarówno pod względem makro- jak i mikroskopowym.

Budowie makroskopowej tych utworów poświęcił niewielki artykuł Wichmann (10), który przytacza dużo spostrzeżeń nad jodłą z lasów Niemiec i Austrji. Brak w tym artykule opracowania anatomji drewna kallusowego, wykazującego szereg anormalności. Wprawdzie anatomja różnych utworów kallusowych szczegółowo potraktowana jest w podręcznikach patalogji, jak np. u Sorauer'a (7), niema jednak specjalnego opracowania jodły. Poza tem są tylko właściwie wzmianki o tego rodzaju utworach u Büsgen'a (1), Klein'a (4) Neger'a (6), Hempel'a i Wilhelm'a (2), Kirchner'a, Loew'ego, Schroeter'a (3), nie mające większego znaczenia dla sprawy zarastania pieńków jodłowych. Najobszerniej kwestję kallusowego drewna jodły potraktował Neeff (5). Ciekawa praca Neeff'a ma jednak specjalne nastawienie i własny cel. Autorowi chodzi bowiem o zniekształcenia komórek przy wszelkiego rodzaju uszkodzeniach i wyjaśnienie przyczyn, jakie te zniekształcenia wywołują.

Do zajęcia się zagadnieniem skłoniła mnie nietylko ta okoliczność, że sprawa nie była dotychczas poruszana w polskiej literaturze naukowej, ale nadewszystko pewne nowe obserwacje, jakich nie znalazłem w nadmienionych wyżej pracach. Obserwacje moje uzupełniają spostrzeżenia Wichmann'a i Neeff'a w dziedzinie morfologji zewnętrznej i wewnętrznej. Niektóre różnice w obserwacjach moich i Wichmann'a wypływają zapewne stąd, że Góry Świętokrzyskie do niedawna były pokryte istotną puszczą jodłową, gdzie jodła, mając

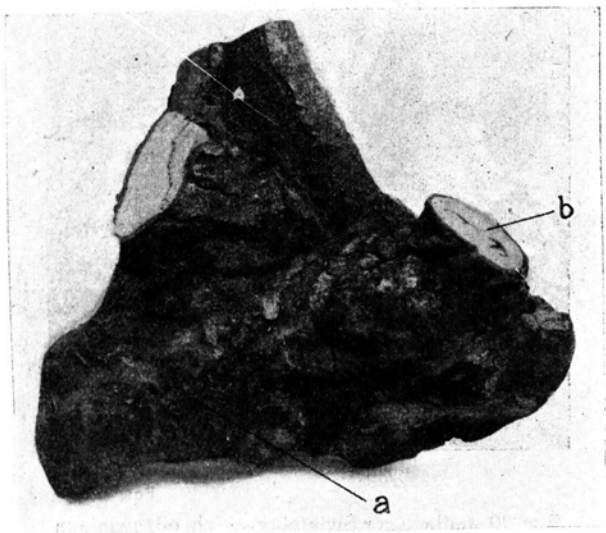
optimum warunków siedliskowych, mogła się świetnie rozwijać, a razem z nią i pnie ścięte lub złamane mogły swobodnie zarastać.

Niniejszą pracę mogłem wykonać, dzięki subsydjum, jakie swego czasu otrzymałem z Ministerstwa Rolnictwa na opracowanie lasów nadleśnictwa Łagowskiego.

Na tem miejscu spełniam miły obowiązek podziękowania panu d-rowi T. Gorczyńskiemu za wykonanie rysunków anatomicznych.

I. Makroskopowy opis zjawiska.

Zjawisko zalewania ściętych pni jodłowych uwarunkowane jest zwarciem lasu, a przynajmniej bliskiem sąsiedztwem kilku okazów jodeł. Niewątpliwie dużą rolę odgrywa wilgotność siedliska, lecz zasadniczym i niezbędnym warunkiem samego procesu jest zrośnięcie systemów korzeniowych sąsiadujących ze so-



Fot. autora

Ryc. 19. Zrośnięte korzenie dwu jodeł.
a) Przetchlinki.
b) Korzeń drzewa ściętego z próchniejącem drewnem pierwotnem.
Verwachsene Wurzeln zweier Weisstannen.
a) Lentizellen.
b) Wurzel eines gefällten Baumes mit moderndem primären Holze.

bą drzew. Zrośnięcia mogą być silniejsze lub słabsze, zależnie od odległości pni. Jeżeli odległość jest nieznaczna, to, jak wykazały liczne obserwacje odkopanych systemów korzeniowych, odbywa się zrośnięcie grubych korzeni (Ryc. 19); przeciwnie, jeżeli odle-

Fot. autora

Ryc. 20. Jodła z gór Świętokrzyskich, odżywiająca pojedyńczy pieniek kielichowatego kształtu. W próchnicy pierwotnego drewna rośnie *Aspidium spinulosum*. Zawój kallusa skierowany jest do wewnątrz. Wysokość pieńka 80 cm.

Eine Weistanne im Polnischen Mittelgebirge (Góry Świętokrzyskie), die einen becherartigen Stumpfen ernährt. Im Humus des primären Holzes wächst *Aspidium spinulosum*. Die Krümmung des Kallus ist nach innen gerichtet. Die Höhe des Stumpfen beträgt 80 cm.

Fot. autora

Ryc. 21. Pieniek prawie zarośnięty. Od gury z prawej strony widać jeszcze niewielki otwór. Kora jest charakterystycznie ułożona i spękana. Wysokość pieńka 50 cm, średnica 42 cm.

Ein fast verwachsener Baumstumpf. Rechts oben ist nur noch eine kleine Offnung sichtbar. Die Baumrinde ist charakteristisch gelagert und geplatzt. Die Stumpfenhöhe beträgt 50 cm, der Durchmesser 42 cm.

głość większa, to widzimy zrost korzeni drobniejszych. Kwestja ta ma, oczywiście, duży wpływ na przebieg samego zjawiska. Przy niewielkiej odległości pni, a zatem zrastaniu grubszych korzeni, zalewanie pieńków idzie naogół dość szybko i często doprowadza do całkowitego zasklepienia ściętych powierzchni.

Stosunki ilościowe ściętych pni zarastających do drzew asymilujących, związanych systemami korzeniowemi z pieńkami, ulegają wahaniom. Niekiedy można spotkać jedno drzewo, złączone z jednym (Ryc. 20 i 21) lub dwoma pieńkami, albo odwrotnie; kiedyindziej mogą być dwa lub trzy drzewa połączone z jednym do pięciu pieńkami. Pewnego rodzaju osobliwość widzimy

Fot. autora

Ryc. 22. Trzy pieńki połączone systemami korzeniowemi z jodłą normalną. Widać sposób, w jaki dwa pieńki na pierwszym planie zrastają się korzeniami; pieniek z lewej strony odżywiany jest za pośrednictwem pieńka z prawej strony.

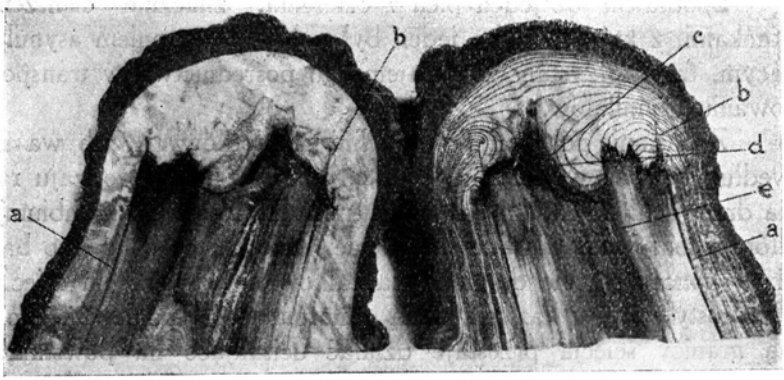
Drei mit dem Wurzelsystem einer assimilierenden Weisstanne verbundene Stumpfen. Vorn sieht man, wie die beiden Stumpfen mit ihren Wurzeln verwachsen sind; der linke Stumpfen wird erst durch Vermittlung des rechten von der assimilierenden Weisstanne ernährt.

na fotografji (Ryc. 22), gdzie jedna jodła odżywia trzy pieńki. Najgrubsze drzewo na ostatnim planie z prawej strony odżywia najcieńszy pieniek o średnicy 15 cm z lewej strony i dwa pieńki na pierwszym planie, z których lewy ma 40 cm grubości, a odżywiany jest nie bezpośrednio przez pień asymilujący, lecz za pośrednictwem pieńka środkowego, którego grubość dochodzi do 40 cm. W tym więc wypadku substancje plastyczne z pnia asymilującego poprzez zrośnięty system korzeniowy dostają się do pieńka pierwszego, stąd znów taką samą drogą do drugiego. Na fotografji widać zrośnięte systemy korzeniowe pieńków z pierwszego planu, zrośnięcie zaś z pniem odżywiającym jest zasłonięte przez pieniek środkowy. Najcieńszy pieniek jest całkowicie zarośnięty, środkowy miał jeszcze jednostronny niewielki otwór, a trzeci — otwór 10 cm średnicy; zarastanie jego było bardziej skomplikowane, skutkiem wtórnych uszkodzeń, spowodowanych przez robotników.

Spotkałem też jeden pień z czterema, znacznie cieńszemi pieńkami, z których tylko jeden był połączony z pniem asymilującym, trzy korzystały ze wzajemnego pośrednictwa w transportowaniu asymilatów.

Zarastanie ściętych powierzchni pni jodłowych odbywa się według tych samych zasad, co i gojenie wszelkiego rodzaju ran na drzewach. Zachodzi ono dzięki miazdze twórczej (cambium), która intensywnie odkłada pierścienie, zmierzające mniej lub bardziej koncentrycznie do pokrycia całkowitej powierzchni ścięcia. Przyrosty te wykazują dużą anormalność, ponieważ kora na granicy ścięcia przestaje działać uciskająco na powstające nowe tkanki. Na przekrojach promienistych zarastających pieńków widać dobrze, że warstwy drewna, odkładane pod korą, są bez porównania cieńsze, niż też same warstwy, odkładane na powierzchni ścięcia poza obrębem kory. Odkładanie warstw kallusa rozpoczyna się nieco poniżej linji ścięcia pod korą, każdy następny przyrost roczny zbliża się stopniowo do peryferji ścięcia, dopiero po kilku latach któryś z przyrostów utworzy wałek na peryferji. Przyrosty następne na ściętej powierzchni wytwarzają już znacznie silniejsze pierścienie, układane bezpośrednio na drewnie. Każdy wypływ miazgi na powierzchnię ścięcia jest od zewnątrz pokrywany korą. W miarę odkładania nowych warstw i stopniowego zalewania ściętej powierzchni, wzrasta od peryferji grubość kory martwej i żywej, wzmaga się też stopniowo jej ciśnienie, co uzewnętrznia się na grubości odkładanych słojów drewna pod korą. Grubość odkładanego drewna jest więc w odwrotnym stosunku do ciśnienia kory. Zakończenie każdego pierścienia, nawarstwianego do środka pieńka, zagina się coraz bardziej ku środkowi i grubieje na samym końcu (Ryc. 23). Zjawisko to tłomaczy doskonale mniejsze ciśnienie kory na granicy najmłodszego nawarstwienia drewna i kory. Kora w tych miejscach przy corocznych wylewach miazgi łatwo odchyla się, powodując stopniowe zgrubienie kallusowej warstwy drewna.

Przy zamykaniu powierzchni ściętego drewna działa także ciśnienie boczne, które sprawia, iż powstają promieniste, większe lub mniejsze fałdy drewna, poprzedzielane poprzecznemi rowkami. Po pewnym okresie czasu brzegi odkładanego pierścienia stykają się po środku. W momencie tym następuje koncentryczny ucisk drewna i kory na siebie, skutkiem którego zachodzi wylew żywicy, wprowadzający pewne zaburzenia w regularnem zarastaniu całej powierzchni. W chwili takiego zamykania się środkowego pierście-



Fot. autora

Ryc. 23 Całkowicie zarośnięty pieniek, na którym po przepiłowaniu widać sposób narastania warstw kallusa. Na połówce z prawej strony dla wyrazistości słoje rocznych przyrostów obwiedziono tuszem.

a) Warstwa z przewodami żywicznemi na granicy drewna normalnego.

b) Linje żywicy w drewnie, utrudniające narastanie kallusa.

c) Kora odcięta przy narastaniu turbanu.

d) Humus, powstały z rozkładu drewna przed całkowitem zarośnięciem pieńka.

e) Stare normalne drewno.

Vollständige Verwachsung eines Stumpfen, nach der Durchsägung desselben ist die Anwachsungsweise der Kallusschichten sichtbcr. Der Klarheit halber sind rechts die jährlichen Zuwachsringe mit Tusche nachgezeichnet.

a) Schicht mit Harzkanälen an der Aussenseite des normalen Holzes.

b) Harzlinien im Holz, die das Anwachsen des Kallus erschweren.

c) Rinde, die beim Zuwachsen der Kallushaube eingeschlossen wurde.

d) Humus, der aus faulendem Holz sich vor der völligen Vernarbung bildete.

e) Altes, normales Holz.

nia często zostaje odcięta nieregularna warstwa kory i dopiero ponad nią odkładane są nowe warstwy drewna. Tym sposobem rana została zagojona, kontakt drewna ściętego z otaczającą atmosferą przerwany, słowem, rana została zabezpieczona przed gniciem, grzybkami i innemi szkodliwemi wpływami. Po całkowitem zamknięciu powierzchni ścięcia następuje wyrównanie zagłębienia po środku przez odkładanie w ciągu kilku lat grubszej warstwy drewna w części środkowej. W rezultacie cały

pieniek został okryty pewnego rodzaju czapą — turbanem, który niejednokrotnie na granicy ściętej powierzchni jest nieco szerszy, niż na obwodzie samego pieńka. Słoje roczne skutkiem nierównomiernych przyrostów osiągają najwyższy punkt na szczycie lub nieco z boku. W miarę wyrównywania wklęśnięcia szczytowego i wypiętrzania turbanu widać stopniową redukcję grubości górnych przyrostów rocznych (Ryc. 23). Grubość słojów reguluje ciśnienie kory, które słabnie od peryferji ścięcia ku szczytowi. W miarę stopniowego grubienia kory może nastąpić wyrównanie ciśnienia nawet na szczycie turbanu. Skutkiem tego następuje także wyrównanie grubości odkładanej warstwy drewna na całej powierzchni. Na cieńszych pieńkach wyrównanie to zachodzi po 10—15 latach od chwili, kiedy powstała warstwa jednolicie pokrywająca górną powierzchnię pieńka. Jeżeli pieniek nie był oczyszczony z sęków, kallus opływa każdy sęk dokoła na powierzchni pieńka, wznosząc się nieco w tem miejscu. Po spróchnieniu środkowych części pieńka, sęki przez dłuższy czas są widoczne i można je nawet wyciągać z kallusowej pochwy.

Podany wyżej opis zalewania ściętej powierzchni zachodzi wówczas, gdy pieńki nie przekraczają 16 cm średnicy, są spiłowane lub mniejwięcej równo ścięte czy złamane, a proces gojenia nie jest deformowany wtórnemi uszkodzeniami i jeżeli nie następuje szybko próchnienie środkowej części pieńka.

W i c h m a n n (10) w swej pracy nadmienia, że spotykał tylko zarastanie pieńków spiłowanych, natomiast nie obserwował zarastania pieńków złamanych. W Górach Świętokrzyskich widziałem i takie ciekawe wypadki. Przy złamaniu pnia zjawisko zarastania ma naogół przebieg analogiczny. Odchylenia mogą być znaczne, zależy to od mniejszej lub większej komplikacji samego złamania. Złamanie może dać powierzchnie mniej lub więcej równe, a przy złamaniu skomplikowanem powstać mogą głębsze wyrwy w drewnie, lub nawet rozdarcie pieńka, co oczywiście utrudnia przebieg gojenia rany.

Na fotografji (Ryc. 23) możemy dokładnie prześledzić wszystkie stadja zarastania złamanego drzewa, którego grubość wynosiła 10 cm. Mamy tu przykład złamania nieskomplikowanego, drewno i kora nie były zbyt głęboko rozerwane. Pod narośniętym turbanem widać uwięzioną wewnątrz warstwę kory, która po zamknięciu ostatniego pierścienia znalazła się wewnątrz i częściowo została wciśnięta wgłąb murszejącego starego drewna. Oczywiście, kora ta nie komunikuje się zupełnie z korą pery-

feryczną i martwieje natychmiast po odcięciu. Tuż pod odciętą korą widać warstwę humusu, zebraną w próchniejącem zagłębieniu jeszcze przed zamknięciem złamanej powierzchni. Jaką siłę gniotącą posiada odkładane drewno kallusa wraz z korą, świadczyć mogą wygięcia słojów starego drewna, które odchyla się ku środkowi pod zewnętrznym naporem tych warstw. Narastające do środka pierścienie wypełniają dość szczelnie wszystkie nierówności, powstałe na skutek złamania pnia.

Pieńki silnie uszkodzone przy złamaniu zarastają tylko częściowo. Zarastanie jest tu bardzo różnorodne. Widać szerokie wypływy odkładanego drewna od góry i z boków, jeżeli złamanie pociągnęło za sobą rozerwanie pieńka. Na sterczących szczapach drzewa tworzą się zazwyczaj szerokie listwy, zasklepiające ranę, zorane silnemi brózdkami promienistemi i poprzecznemi zmarszczkami. Widoczne są także i silne nabrzmienia, buły różnego kształtu, grubsze lub cieńsze nacieki, które podnoszą fantastyczność tych utworów. W pieńkach bardzo silnie uszkodzonych, gdzie pozostała tylko duża szczapa z jednej strony, drewno kallusa tworzy do wewnątrz zawoje, sięgające nasady samego pnia; równocześnie następuje zrośnięcie brzegów tych warstw tak, że zachodzi pewna trudność w odróżnieniu zewnętrznej i wewnętrznej warstwy drewna kallusowego, tembardziej, że zarówno kierunek słojów jak i silny niekiedy rozrost kallusa na stronie wewnętrznej kazałby mniemać, że mamy do czynienia ze stroną zwierzchnią. W tych wypadkach można rozróżnić te warstwy, badając miejsce zrośnięcia z okazem asymilującym.

W pobliżu gołobórz, a więc w miejscu stosunkowo suchem, znalazłem pieniek złamany skośnie na wysokości 25 do 40 cm. Środkowa część pieńka była wyłamana, od góry dokoła została tylko cienka warstwa drewna, rozszczepiona stycznie wzdłuż słojów rocznych. I w tym wypadku odbywało się odkładanie kallusa, lecz zupełnie odrębnie niż to podałem wyżej. (Ryc. 24). Zarastanie, a dokładniej narastanie, odbywało się zewnętrznie, co roku niżej. Ocalałe drewno łatwo ulegało zasychaniu, skutkiem tego kallus odkładał się poniżej zaschłego drewna, z kolei warstwy jego również wysychały i ulegały rozszczepieniu. Z roku na rok, w miarę rozkładu i zasychania wewnętrznych warstw, odkładanie nowego kallusa zachodziło coraz niżej. W górnych częściach brak kory, ta ostatnia bowiem również stopniowo obumierała i co roku zjawiała się coraz niżej. W tym wy-

Fot. autora

Ryc. 24. Kallus, narastający coraz niżej, skutkiem wysychania górnych jego warstw. Las w pobliżu Gołobórz w górach Świętokrzyskich.
Der Kallus wächst immer niedriger zu, weil seine oberen Schichten zu vertrocknen beginnen. Wald in der Nähe der „Gołoborza" — Blockhalden in den Góry Świętokrzyskie.

padku wyraźny wpływ na przebieg procesu wywarło siedlisko o odmiennych warunkach edaficznych.

Wichmann (10) nie wspomina o narastaniu turbanów na pieńkach, których stare drewno zaczęło już próchnieć; prawdopodobnie nie trafił na taki przykład zjawiska. Tymczasem na terenie Gór Świętokrzyskich wprawdzie rzadko, ale można spotkać okazy próchniejących i jednocześnie zarastających, a nawet całkowicie zarosłych pieńków. Widziałem próchniejące pnie od 10 do 20 cm grube, które wytwarzały zaokrąglone czapy, mimo gnicia starego drewna. Próchnienie takiego pieńka postępuje stopniowo, równocześnie narastają warstwy kallusa. Zakończenia pierwszych przyrostów kallusowych swemi nabrzmiałemi i rozpłaszczonemi końcami stopniowo przykrywają stare drewno a po całkowitem jego okryciu następne przyrosty zwieszają się ku środkowi, opisując coraz większe łuki. Stare drewno zostaje ściśnięte od zewnątrz i wewnątrz przez warstwy drewna kalluso-

wego. Części nieosłonięte próchnieją nadal, wreszcie mogą zmurszeć całkowicie, a z pieńka pozostanie tylko drewno kallusowe i listewki starego drewna, wgniecione w jego wnętrze. Po dłuższym okresie czasu może nastąpić całkowite zarośnięcie otworu, mimo nawet bardzo cienkie warstewki rocznego przyrostu. Ostatnie, zamykające pierścienie po środku, skutkiem silnego koncentrycznego parcia, zgniatają korę i zamykają drogę do środka pieńka. Dolne warstwy kallusa wraz z korą zostają odcięte od miazgi i łyka i stopniowo obumierają. Drewno i łyko kallusa odkładają odtąd już jednolite warstwy i kształtują ostatecznie turban.

Całkowicie zarastają pieńki do 15 cm grube; w takich pieńkach powierzchnia ścięcia może się pokryć turbanem w czasie mniejwięcej od 20—50 lat. Najłatwiej według W i c h m a n n'a zarastają pieńki nietyle cienkie ile niskie, pieńki grubsze i wyższe ponad 20 cm całkowicie zarastać nie mogą, ponieważ stoi temu na przeszkodzie próchnienie pnia. Z moich obserwacyj wynika, że w rzadkich wypadkach mogą zarastać pieńki, których średnica dochodzić może do 40 cm i że zarastanie to może się odbyć bez względu na obecność murszu wewnątrz drewna. Również i wysokość nie jest przeszkodą do wytworzenia kallusa, a nawet do zarośnięcia pieńka. Spotykałem najwięcej, prawda, pieńków niskich i względnie cienkich, prócz takich jednak znajdywałem pieńki, zarastające lub nawet zarośnięte od 15 do 70 cm wysokie, a średnica starego drewna tych pni wynosiła od 8 do 40 cm. Zarastanie odbywało się mimo próchnienia pnia. Liczne obserwacje, jakie zebrałem w Górach Świętokrzyskich pozwalają mi stwierdzić, że nic nie stoi na przeszkodzie całkowitemu zarastaniu spiłowanych lub nawet dość równo ściętych pieńków, o ile zjawisko odbywać się będzie dostatecznie długo, a siedlisko jodły będzie wilgotne, i o ile przyczyny zewnętrzne nie przerwą lub nie zniekształcą takiego procesu. Musimy tu bowiem wziąć pod uwagę nietylko cięcia jodeł żyjących, które były żywicielami pieńków, lecz także stałe uszkadzanie zarastających pieńków przez zwierzęta i robotników leśnych. Utrudniają też dojście zjawiska do efektu końcowego trzebieże i wszelkie prześwietlania.

Sprawa grubości słojów drewna kallusa na pieńkach, zebranych w Górach Świętokrzyskich, okazała się bardziej skomplikowana, niż to opisał W i c h m a n n (10) dla Austrji. Według wspomnianego autora pierwszych pięć do dziesięciu pierścieni kallusa są znacznie szersze od pierścieni drewna pierwotnego.

W Górach Świętokrzyskich wprawdzie dość często spotykamy się z szerszemi pierścieniami w drewnie zarastającem, lecz równie często znajdujemy przyrosty, które się niczem nie różnią od przyrostów starych, a niekiedy pierwsze nowe nawarstwienia są nawet cieńsze od dawnych; zgrubiałe występują dopiero po 3-ch, 5-ciu a nawet więcej latach, by z kolei znów ustąpić miejsca cienkim. Ilość grubszych słojów jest również zmienna, może ich być od dwu do dziesięciu; fluktuacjom ulega także ich grubość na obwodzie. Te same słoje mogą być stosunkowo grube z jednej strony, a cienkie z innych. Jak wynika z moich obserwacyj, grubsze słoje występują zawsze od strony pni asymilujących, gdzie połączenia korzeni są bardzo silne. Wyraźne zgrubienie słojów widoczne jest dopiero w okolicy ściętej powierzchni. Na skutek tych zgrubień cały turban jest w tem miejscu rozszerzony, a następnie mniej lub więcej kopulasto podniesiony do góry.

Z obliczeń pierścieni rocznych drewna kallusowego wynika, że najwięcej spotyka się pieńków, gdzie jest od 30 do 50 słojów, jednak jeden grubszy pieniek miał 75 pierścieni rocznych. U Wichmann'a (10) najwyższa liczba pierścieni wynosiła 63. Trzeba tu wziąć pod uwagę tę okoliczność, że w grubszych okazach nie zawsze jest łatwo obliczyć ilość lat, ponieważ wślad za starem drewnem próchnieją także starsze warstwy drewna kallusowego. Bez przesady przeto można powiedzieć, że na ściętych pieńkach drewno może być niekiedy odkładane w okresie do 80 lat.

Pierwsze przyrosty roczne, odłożone na pieńku po ścięciu, mają słój w dolnej i środkowej częściach jeszcze mniejwięcej zgodny z kierunkiem słojów starego drewna, a w górnej, w związku ze ścięciem, ulega on już pewnym modyfikacjom. Stopniowo po dwu do pięciu lat anomalje w budowie słojów przenoszą się na część środkową i dolną ściętego pieńka. Najbardziej anormalnie ułożone drewno widzimy w górnej części pieńka, ku dołowi anomalje te zmniejszają się, a na korzeniach zaledwie się zarysowują. Na wszystkich pieńkach, wykopanych z korzeniami, widać dobrze, że nowe drewno w miarę zbliżania się do powierzchni ściętej ulega coraz większym wygięciom i odchyleniom. W górnej części pieńka powstaje wiele guzów, skutkiem czego cała powierzchnia drewna jest nierówna, pełna zagłębień i wyniosłości. Między guzami już nieuzbrojonem okiem widzimy różne nieregularne, faliste zakręty odkładanego drewna we wszystkich możliwych kierunkach. Widać również rozszczepianie się

kierunków na dwa lub trzy, zmierzające łukami każdy w inną stronę, te dzielą się ponownie i układają jeszcze innym sposobem. Przyrost roku następnego powtarza dość dokładnie budowę poprzedniego słoju, z tem atoli zastrzeżeniem, że wszelkie odtwarzane wzory roku poprzedniego są z natury swej większe i mogą ponadto powstawać nowe skręty i nowe odchylenia kierunków budowy drewna. Nawet na kilkodziesięcioletniem drewnie kallusa można z łatwością wyodrębnić ośrodek spirali lub warstwy międzyośrodkowe, zawsze jednak będą się one odchylać pod pewnym kątem od linji prostopadłej do osi pieńka, co idzie w ślad za stopniowem rozszerzaniem i wypiętrzaniem się warstw rocznego przyrostu turbanu. Tak powstałe drewno ma specyficzną budowę, odznacza się większą twardością od normalnego drewna. Na wyciętym kawałku trudno wskazać, jakie położenie zajmował on w stosunku do poziomu i pionu, gdyż układ drewna w obu kierunkach skutkiem anormalnego narastania jest analogiczny. Drewno kallusa w stanie martwym bez kory pęka powierzchownie w różnych kierunkach, zgodnie z budową słoju. Pęknięcia widać zarówno w wystających guzach jak i warstwach ośrodkowych. Spękania głębsze widzieć można na suchych pieńkach wzdłuż granic rocznych przyrostów. Wygładzone i wypolerowane drewno pieńków przypomina drewno czeczotkowe i odznacza się pięknym różnie tonowanym słojem. Drewno takie może znaleźć pewne praktyczne zastosowanie do wyrobu drobiazgów galanteryjnych, jak: pudełeczka, popielniczki, wazoniki i t. p.

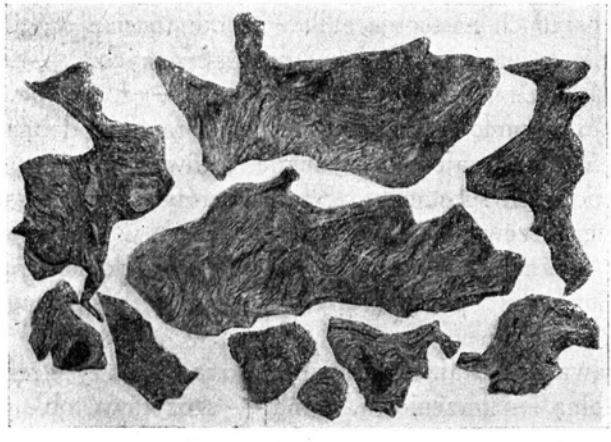
Ciekawą ilustrację budowy makroskopowej drewna kallusowego przedstawia fotografja (Ryc. 25), na której widać prawie zarośnięty od góry pienek, wysokości 52 cm, o średnicy pod szczytem 45 cm. Pieniek ten dawno przestał odkładać nowe warstwy, skutkiem zrąbania gospodarza, z którym był połączony za pośrednictwem systemu korzeniowego; odpadła z niego kora, począł próchnieć od wewnątrz i zewnątrz, ukazując przytem kierunki słojów i guzy odkładanego drewna (Ryc. 26). Przy próchnieniu odpadają drobne listewki, odrywające się wzdłuż linij kierunkowych powstawania słojów.

Jaka przyczyna powoduje powstawanie tak dziwnego układu drewna kallusowego na ściętych pniach jodłowych?

Mniejsze lub większe grupy drzew, połączone za pośrednictwem systemów korzeniowych, stanowią niejako złożony organizm, w którym wszystkie osobniki żyją ze sobą w pewnej równowadze dynamicznej. Równowaga ta zostaje zachwiana z chwi-

Fot. autora

Ryc. 25 Murszejący pieniek, na którym po odpadnięciu kory, widać dobrze nieregularną budowę drewna kallusowego.
Ein vermodernder Stumpfen, an dem nach dem Abfallen der Rinde der unregelmässige Bau des Kallusholzes gut sichtbar ist.



Fot. autora

Ryc. 26. Płaty murszejącego drewna kallusowego, na którem widać guzy i słoje powyginane między niemi
Stücke modernden Kallusholzes, auf denen gut die Höcker und zwischen diesen sich windende Jahresringe sichtbar sind.

lą ścięcia jednego lub kilku pni. Pieńki, dzięki zrośnięciu korzeni, będą gojone przez pnie żyjące. Można je zatem uważać za pewnego rodzaju rany wspólnego wielopniowego organizmu, lub, zgodnie z poglądami Wichmann'a (10), stosunek pomiędzy pieńkami a żywemi okazami traktować jako rodzaj symbiozy. Po ścięciu, drzewo asymilujące, zrośnięte systemem korzeniowym ze ściętym pniem, powiększa znacznie swój system korzeniowy przez przyłączenie systemu korzeniowego ściętego drzewa lub drzew. Połączone systemy korzeniowe pobierają niekiedy kilkakrotnie większą ilość wody. Substancje nieorganiczne, pobierane przez system korzeniowy ściętego pnia, wędrują korzeniami aż do pnia żyjącego i jego korony, gdzie ulegają przemianie na substancje organiczne. Jednocześnie pieniek, pozbawiony własnego aparatu asymilującego, korzysta wyłącznie z asymilatów, dostarczonych mu przez drzewo żyjące. Asymilaty te schodzą do systemu korzeniowego jodły, stąd przez miejsca zrośnięte i korzenie ściętego drzewa dostają się do pieńka. Jeżeli mamy połączenie kilku systemów korzeniowych ściętych pieńków z jednym lub więcej pniami żyjącemi, to w tym wypadku asymilaty z pierwszego pieńka przechodzą poprzez jego system korzeniowy do następnego, potem do trzeciego i t. d. Kallus, zalewający pieńki, został całkowicie wytworzony przez drzewa asymilujące i tworzy okład na normalnem drewnie pieńków. Widzimy więc, że w ściętych pniach następuje całkowite odwrócenie dróg zarówno substancyj organicznych jak i nieorganicznych. Oczywiście, pewna symbioza musiała istnieć i wówczas, kiedy pieńki były drzewami i asymilowały samodzielnie. Prawdopodobnie zachodziła częściowa wzajemna wymiana zarówno organicznych jak i nieorganicznych substancyj. Skutkiem równowagi, jaka istniała między temi drzewami, nie było widać różnic w budowie drewna obu pni. Różnice te wystąpiły w całej pełni dopiero po ścięciu jednego lub kilku pni z grupy, połączonej systemami korzeniowemi.

Drzewa wzrastające normalnie posiadają trzy strefy wzrostowe: dolną — korzeniową, górną — szczytową, obie powstałe ze stożków wzrostu, i strefę interkalarną na obwodzie pnia. Na skutek ścięcia jednego lub kilku pni odcinamy możność wzrostu drzewa na wysokość. Odpada zatem najważniejsza droga, po której posuwały się substancje nieorganiczne i organiczne i sam cel — stożek czy stożki wzrostu, które przedłużają pień. Brak tej najważniejszej drogi wywołuje zaburzenia w procesie życio-

wym pieńka, miazga twórcza napiera ku szczytowi ściętych pieńków i nie znajdując naturalnej drogi wędrówki, tworzy guzy, ośrodki i zawiłe spirale. Ponieważ jodła nie wydaje pączków przybyszowych w kallusie, przeto nie może nastąpić przywrócenie równowagi przez rozwój osi zastępczych. Miazga w okolicy ścięcia błądzi, nowopowstałe cewki i komórki miękiszowe, pozbawione kierunku, jaki normalnie stanowi stożek wzrostu, skręcają się, wypiętrzają w guzy, przy całkowitem zarośnięciu powodują maczugowate zgrubienie pnia.

2. Anatomiczna budowa drewna.

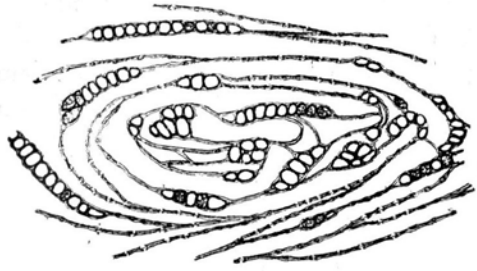
Przekroje poprzeczny i promienisty drewna kallusowego nie zawsze są łatwe do rozróżnienia, ponieważ zarówno drewno, jak i promienie rdzeniowe zmieniają wielokrotnie kierunek, tworząc opływy, skręty i ośrodki. Zarówno więc promienie rdzeniowe jak i cewki, dzięki zmianie kierunku, mogą na przekroju poprzecznym dawać obrazy przekrojów poprzecznego i promienistego oraz wszystkie przejścia pomiędzy temi kierunkami. Podobnie będzie i na przekroju promienistym. Jeżeli dla celów porównawczych weźmiemy preparaty w przekroju poprzecznym na granicy starego i kallusowego drewna, to na starem drewnie zauważymy typową budowę drewna jodłowego. Cewki są tu normalnie ułożone promienistemi szeregami, są najczęściej czworokątne, mniej lub więcej spłaszczone, rzadko mogą być trójkątne lub pięciokątne. Przez to drewno przebiegają wyłącznie jednowarstwowe promienie rdzeniowe, poprzedzielane czterema lub pięcioma szeregami promienistemi cewek; znacznie rzadziej widać promienie co dwa, trzy, sześć lub siedem szeregów cewek.

Drewno kallusa w poprzecznym przekroju złożone jest z cewek prostokątnych, prawie kwadratowych, obok nich widoczne są cewki zaokrąglone, okrągłe, spłaszczone, pięciokątne, trójkątne i rombokształtne. Na takim też przekroju niektórych cewek widać wyraźnie łukowate wygięcia błon ku środkowi. Wygięcia te rozpoczynają się najczęściej od jednego z naroży, albo na jednej ze ścian. Wielopostaciowość cewek psuje regularność promienistej budowy drewna, jaką zazwyczaj widzimy u drzew iglastych, normalnie wzrastających. Mimo różne kształty i wielkość cewek, błony ich w drewnie wiosennem i letniem są często jednakowo zgrubiałe. Promienie rdzeniowe przebiegają najczęściej co

dwa lub trzy szeregi cewek, nieco rzadziej można je spotkać co jeden lub cztery szeregi cewek, a bardzo rzadko co pięć, sześć, siedem szeregów. Promienie rdzeniowe są przeważnie jednowarstwowe, lecz w rzadkich wypadkach możemy zaobserwować promienie dwuwarstwowe, a niekiedy trójwarstwowe. Jest to rzecz godna uwagi, bowiem jodła przy normalnym wzroście ma promienie rdzeniowe wyłącznie jednowarstwowe.

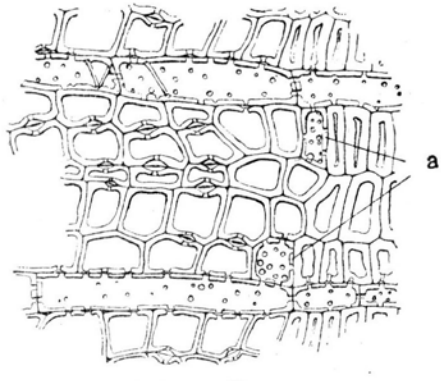
Nie spotykałem też w literaturze opisu rozszczepiania się promieni złożonych u jodły, zjawisko to znane jest u niektórych drzew liściastych. Promień dwu- lub trójwarstwowy w drewnie kallusowem przebiega jednolicie na pewnym odcinku, następnie rozszczepia się na dwa lub rzadziej trzy promienie. Charakterystyczne, że promienie wielowarstwowe nie posiadają przewodów żywicznych, jak to w analogicznych wypadkach widzimy u sosny i świerka. Przebieg samych promieni jest bardzo nieregularny, ulega wielu zakłóceniom. Przy porównaniu drewna wiosennego z letniem okazuje się, że większe zaburzenia zachodzą w ułożeniu promieni drewna wiosennego niż letniego.

Przekrój styczny drewna kallusowego już nawet na pierwszy rzut oka różni się znacznie od takiegoż przekroju drewna normalnego. Nadewszystko uderza większa ilość promieni rdzeniowych i duża rozmaitość pod względem ilości szeregów komórek miękiszowych w każdej warstwie. Oprócz jednoszeregowych promieni widzimy nawet czterdziestoszeregowe, czego nie znajdziemy nigdy u jodły rosnącej normalnie. Większość promieni należy do jednowarstwowych, prócz tych można zobaczyć, choć rzadziej, promienie dwu-, a nawet trójwarstwowe. Zdarza się i tak, że promień rdzeniowy w stycznym przekroju ma tylko pewne zapoczątkowanie dwu- lub trójwarstwowości w górnej lub dolnej części, albo niekiedy nawet po środku, wyrażające się obecnością kilku komórek, ułożonych w dwu, a nawet trzech warstwach. Zarówno promienie rdzeniowe jak i cewki wyginają się stosownie do kierunku warstw drewna, odłożonego przez miazgę. Nietylko wyginają się one wężowato, ale mogą się nawet skręcać spiralnie w ośrodkach i guzach. Ośrodki te są bardzo ciekawie zbudowane, albowiem wszystkie cewki i promienie rdzeniowe skręcają tu ku środkowi i kończą się ślepo w samem centrum. (Ryc. 27). Najsilniej skręcone cewki i promienie rdzeniowe będą w samym środku. Przekrój styczny pozwala nam zrozumieć, dlaczego przekroje poprzeczny i promienisty w drewnie kallusa są często trudne do odróżnienia.



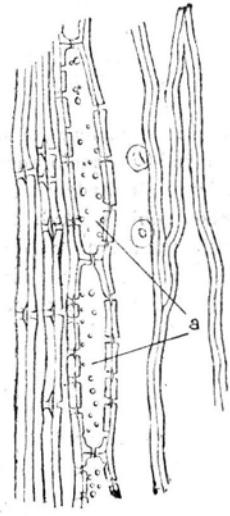
Ryc. 27. Przekrój styczny guza drewna kallusowego. Widać skręcenia anormalne cewek i promieni rdzeniowych.
Pow. mikr. : obj. 4, okul. 3 L. ±156
Ein Tangentialschnitt durch das Holz eines Kallushöckers. Sichtbar ist die anormale Verschiebung der Siebröhren u. der Markstrahlen.

Interesującem zjawiskiem w drewnie kallusowem jest stałe występowanie komórek miękiszowych na granicach rocznych przyrostów, podobnie jak to ma miejsce u *Pseudotsuga* i *Picea*. U normalnie rosnącej jodły zupełnie nie widzimy takich komórek na granicy rocznych przyrostów. Komórki miękiszowe zakańczają przyrost roczny danego pierścienia i mają charakter tkanki gromadzącej. (Ryc. 28). Komórki miękiszowe w przekroju radjalnym są wydłużone, lecz krótsze od cewek, różnią się od nich tem,



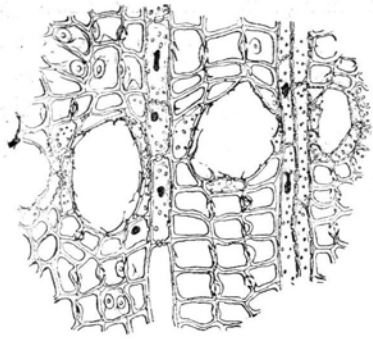
Ryc. 28. Poprzeczny przekrój kallusa. Na granicy rocznego przyrostu widać komórki miękiszowe—a.
Pow. mikr.:obj. 7, okul. 10 L. ± 630
Querschnitt durch den Kallus. Am Rande des Jahreszuwachses sind Parenchymzellen sichtbar—a.

że na obu końcach zwężają się nieco, lecz nie są ostro zakończone jak cewki (Ryc. 29). Zwężonemi nasadami komórki te łączą się ze sobą. W błonach widoczne są dobrze jamki proste, zarówno na przekroju poprzecznym jak i promienistym.



Ryc. 29. Komórki miękiszu w rzucie promienistym- Widać kształt tych komórek i pojedyńcze pory otoczkowe a.
Pow. mikr.: obj. 7, okul. 10 L ± 630
Parenchymzellen in Radialansicht. Sichtbar ist die Gestalt dieser Zellen und einzelne Hoftüpfel. —

Ciekawą jest również kwestja przewodów żywicznych w drewnie kallusa. Normalnie jodła nie posiada przewodów żywicznych w drewnie, a tylko pojedyńcze komórki żywiczne. Przy badaniu preparatów poprzecznych z różnych zarastających pieńków na niektórych z nich widzimy przewody żywiczne. Zazwyczaj kilkoletni kallus nie posiada przewodów żywicznych, w starszym występują często, lecz nie zawsze. Przewody żywiczne powstają dość nieregularnie i nie w każdym rocznym pierścieniu. Warstwa roczna z przewodami żywicznemi może być przegrodzona od drugiej takiej warstwy jedną lub więcej warstwami drewna, w którem przewodów żywicznych brak. Przewody żywiczne mogą być położone dość blisko jeden drugiego w danej warstwie rocznej, mogą też być odsunięte od siebie stosunkowo daleko. (Ryc. 30). Cechuje je również wybitna nieregularność, nietylko w rozmieszczeniu co do odległości, lecz i co do kształtu,

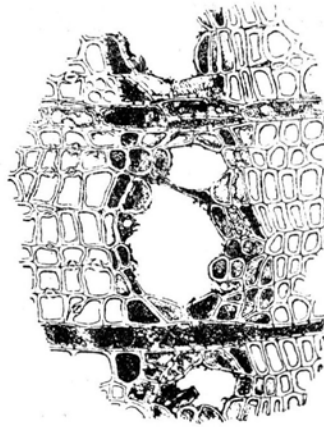


Ryc. 30. Przewody żywiczne z komórkami epiteljalnemi wewnątrz kallusa.
Pow. mikr: obj. 7, okul. 2 L.±360
Harzkanäle im Kallus mit Epithelzellen.

wielkości, zarówno jak i głębszego lub płytszego powstawania w warstwie rocznego przyrostu. Zatem obok dużych przewodów są i drobne, obok zaokrąglonych — mniej lub więcej owalne. Przewody te są otoczone komórkami żywicorodnemi (epiteljalnemi), które posiadają w ściankach wiele jamek prostych. Stanowią one pojedyńczą, niekiedy podwójną warstwę dokoła przewodu. Komórki epiteljalne na przekroju poprzecznym odznaczają się też niejednolitym kształtem: obok zaokrąglonych są ściśnięte i wieloboczne. Wewnątrz niektórych komórek są dobrze widoczne kropelki żywicy i żywa treść z jądrem. Jeżeli przewody żywiczne są dość blisko siebie położone, to ich komórki żywicorodne mogą się stykać i wytwarzać nawet osobną warstwę, która rzadko kiedy jest całkowicie zamknięta w rocznym przyroście, ponieważ nie zawsze przewody żywiczne są blisko siebie położone.

Jeżeli przewody żywiczne w drewnie kallusowem są dość przypadkowo i nieregularnie rozmieszczone, to pas miękiszowy z przewodami żywicznemi na granicy drewna normalnego i kallusowego cechuje duża regularność. Jest to pas całkowicie zamknięty, wytworzony przy jesienno - zimowem ścięciu drzewa — na wiosnę. Można go z łatwością dostrzec na ściętym pieńku w postaci ciemniejszej bronzowej linji, która okala cały pieniek, stanowiąc granicę między dawnym przyrostem a obecnemi pierścieniami kallusa. Pierwszem zadaniem kambium po ścięciu drzewa

jest wytworzenie zamkniętego pasa miękiszowego z licznemi przewodami żywicznemi (Ryc. 31). Przewody są blisko siebie położone, tworzą jeden szereg i każdy z nich jest otoczony własnemi komórkami żywicorodnemi, te zaś stykają się ze sobą i tworzą zamknięte koło. Cała ta warstwa tworzy przegrodę między starem, normalnie powstałem drewnem i drewnem kallusowem,



Rys. 31. Warstwa przewodów żywicznych i komórek epiteljalnych, odgradzająca normalne drewno od kallusowego. Promienie rdzeniowe i wszystkie komórki epiteljalne są przepojone żywicą.
Pow. mikr.: obj. 7, okul. 5 L. ± 130.
Eine Schicht von Harzkanälen und Epithelzellen, die das normale Holz vom Kallusholz trennt. Die Markstrahlen sowie alle Epithelzellen sind mit Harz durchtränkt.

a jednocześnie stanowi warstwę izolacyjną, poprzez którą nie mogą przenikać substancje zapasowe do starego drewna na jesieni w następnych latach. Zadanie to spełnia warstwa miękiszowa dzięki żywicy, która przepaja nietylko komórki żywicorodne lecz i promienie rdzeniowe, przebiegające przez tę warstwę. Widzimy tu wyraźne dążenie do zerwania kontaktu z dawnem drewnem. Przypuszczenie moje co do roli pasa miękiszowego opieram na fakcie, iż promienie rdzeniowe w drewnie kallusowem posiadają jesienią wiele skrobi, podczas gdy promienie poza pierścieniem przewodów żywicznych w starem drewnie nie posiadają jej, albo tylko w ilościach minimalnych. Żywica z warstwy miękiszowej przenika stopniowo do promieni rdzeniowych drewna kal-

lusowego i tu komórki miękiszowe są stopniowo zasklepiane żywicą, stają się niezdolne do spełniania swych funkcyj fizjologicznych.

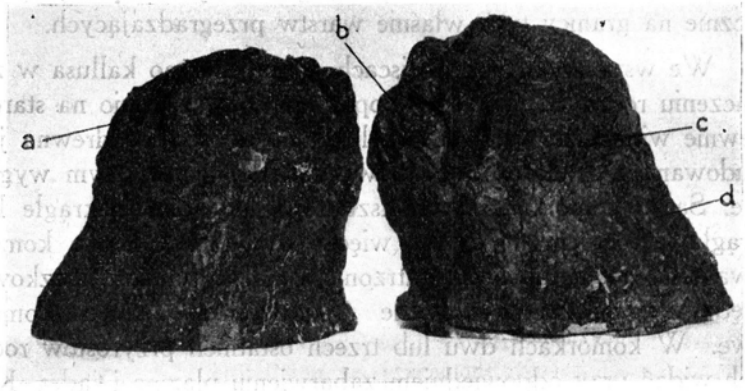
W warstwie kallusa niekiedy, choć rzadko, również mogą powstawać warstwy przegradzające z przewodami żywicznemi. Warstwy te atoli nie są ani tak wyraźne, ani ułożone w regularnych odstępach i często nie tworzą zamkniętych pierścieni. Znaczenie tych warstw jest takie samo jak i warstwy na granicy drewna normalnego i anormalnego—kallusowego. Odcinają one dopływ zapasowych substancyj do starszych, głębszych warstw kallusa, które z kolei po spróchnieniu drewna normalnego ulegają temuż losowi. Pękanie drewna kallusowego odbywa się najczęściej stycznie na granicy tych właśnie warstw przegradzających.

We wszystkich tych miejscach, gdzie drewno kallusa w zakończeniu rocznych przyrostów opiera się bezpośrednio na starem drewnie widać, że warstwa przylegająca do starego drewna jest zbudowana z komórek miękiszowych o dość specjalnym wyglądzie. Są to komórki różnych kształtów, najczęściej okrągłe lub okrągławe, czasem mniej lub więcej wydłużone. Błona komórkowa jest dość gruba, zaopatrzona w liczne jamki otoczkowe. Między komórkami widoczne są przestrzenie międzykomórkowe. W komórkach dwu lub trzech ostatnich przyrostów rocznych widać przy odpowiedniem zabarwieniu plazmę i jądra. Komórki te w starszych nawarstwieniach zwolna zamierają. Miękisz obumarły przechodzi stopnoiwo w cewki, nieregularnie ułożone o różnej wielkości prześwitach komórkowych. W tej warstwie widać też i zakończenia promieni rdzeniowych. Obecność tej tkanki można sobie wytłómaczyć tylko w ten sposób, że chodzi tu o wytworzenie pewnej warstwy izolacyjnej na granicy starego drewna, zabezpieczającej przed gniciem drewno kallusa wraz z delikatnemi komórkami promieni rdzeniowych. Warstwa miękiszu może powstać i wówczas, kiedy kallus tworzy zawoje do środka i styka się po spróchnieniu drewna dawniejszego ze starszemi warstwami drewna kallusowego. To samo można obserwować wówczas, kiedy drewno kallusa zostanie uszkodzone, kiedy nowe jego warstwy odkładają się na warstwie uszkodzonej. Miękisz taki widać też dookoła sęków, jeżeli na ściętym pieńku sęki wystawały. Słowem, warstwy miękiszu tworzą się w nawarstwieniach kallusowych tam, gdzie kallus musi się zetknąć z powierzchnią drewna dawniej wytworzonego.

3. Budowy kory.

Normalnie rosnące pnie jodłowe powyżej 40 lat okryte są w dolnej części około 1½ cm grubą korą. Dookoła pni korowina jest podłużnie i poprzecznie spękana, oddzielając niewielkie szare mniej lub więcej regularne płytki, które stopniowo odpadają.

Na pieńkach jodłowych, połączonych systemami korzeniowemi z okazami asymilującemi, kora, wytwarzana po ścięciu pni, odznacza się bardzo nieregularnym układem swych tkanek w nowych nawarstwieniach. Przez długie lata widoczny jest pas kory, powstałej przed ścięciem drzewa, z pod którego wyłania się korowina, okrywająca nawarstwienie kallusa (Ryc. 32).



Fot. autora

Ryc. 32. Charakterystycznie ułożona korowina na pieńku całkowicie zarośniętym.

a) Promieniste rowki w korze na szczycie turbanu.
b) Nabrzmienie kory, wywołane przez żywicowanie.
c) Reszta dawniejszej kory.
d) Przetchliny.

Charakteristische Lagerung der Borke auf einem vollständig verwachsenen Stumpfen.

a) Radiale Vertiefungen in der Rinde am Scheitel der Haube.
b) Anlaufen der Rinde infolge von Harzgewinnung.
c) Reste der einstigen Rinde.
d) Lentizellen.

Zewnętrzna warstwa kory, w miarę powstawania nowych warstw łyka i korka na ściętym pniu, jest odrzucana coraz bardziej na zewnątrz; warstwy tej kory stopniowo odpadają, a na ich miejsce widzimy powstającą nową korę. Na szczycie turbanu widać najczęściej spękania promieniste kory, wpo-

przek których przebiegają często faliste, koncentryczne wgłębienia, powstałe na granicach przyrostów rocznych nawarstwień kallusowych. Wgłębienia te są nieregularne i niektóre z nich mogą później ulec całkowitemu lub częściowemu zatarciu. Promieniście spękana korowina turbanu z biegiem lat również zostaje zrzucona, a na jej miejsce występuje korowina względnie gładka, spękana tak samo nieregularnie jak na obwodzie pieńka.

Zwrócić też należy uwagę, że nim turban wykształci zaokrąglenie, jest on przez kilka lat po okryciu ściętej powierzchni nieco wklęśnięty w części środkowej. W tem wklęśnięciu widać soczewkowatego kształtu wyniesienie korowiny, oddzielone dookoła rowkiem. Stanowi to pewnego rodzaju zakończenie procesu zalewania i połączenia koncentrycznie nawarstwianych pierścieni rocznych przyrostów. Czopek ten powstał na skutek spiętrzenia warstw kory w czasie koncentrycznego zamykania powierzchni zarastającej pieńka; widać na nim również spękania promieniste, jak i na całej powierzchni turbanu.

Nieregularne, guzowate spękania korowiny dookoła ściętych pniaków i promieniste spękania na szczycie turbanu są ściśle zależne od kształtu drewna kallusowego. Kora jest dokładnem odbiciem nietylko wszystkich zagłębień i wypiętrzeń drewna, lecz jednocześnie naśladuje wszystkie skręcenia kierunkowe nawarstwianego drewna.

W tych razach, kiedy ścięte pieńki nie zarastają całkowicie, skutkiem częściowego próchnienia nietylko wewnątrz, ale i na zewnątrz, kora okrywa zawoje i listwy kallusa, zbiegającego znacznie niekiedy ku dołowi, pokrywa również karbami promienistemi wszystkie zagięcia, a zwieszone do wnętrza listwy poza karbami promienistemi mają bardzo wyraźne łukowate, poprzeczne brózdki, wyznaczone rocznemi przyrostami.

Kora pieńków posiada znaczną ilość okrągłych lub wydłużonych nabrzmień, spękanych w środkowych częściach. Są to typowe przetchlinki, rozproszone na całej powierzchni (Ryc. 19 i 32), układają się one pojedyńczo, lub są połączone po kilka. Przetchlinki, powstałe na nawarstwionej przez kallus korowinie są nietylko liczniejsze, lecz i bez porównania większe aniżeli przetchlinki na korowinie drzew normalnych. To samo obserwować można i na korzeniach zrośniętych drzewa żyjącego i pieńka. Więcej znacznie przetchlinek występuje na korzeniach, należących do ściętego pnia, niż do żyjącego. Wytłómaczenia tego zjawiska należy szukać w tem, że jest to jedyny aparat wentylacyjny

w pieńku. Odpada tu bowiem oddychanie szparkowe i przetchlinowe całego nieomal pnia i korony, skutkiem tego oddychanie przetchlinowe w pozostałej części pnia musi być spotęgowane.

Na nadmierną ilość przetchlinek i ich anormalną wielkość na gałęziach i pniu lawinowej formy świerka w Tatrach zwrócili uwagę Stecki i Kreutzinger (8). Autorowie tłómaczą to zjawisko przystosowaniem, „zwiększającem krążenie gazów w pniu i w gałęziach drzewa w warunkach, które krążenie to upośledzają. Takim upośledzającym warunkiem jest pokrywanie tych krzaczastych form świerka rok rocznie, lub choćby w pewnych latach, przez masy zbitego śniegu, spadłego w zwale lawinowym i przykrywającego nieraz wiele metrów grubą warstwą opisane formy drzew".

Z materjału, jaki został zebrany w obu wypadkach, można przyjąć, że sprawa zwiększonej ilości przetchlinek jako też i ich nadmierny rozwój są wynikiem pewnych anormalnych warunków wzrostu, zarówno świerka w formie lawinowej jak i zarastających ściętych pieńków jodły.

Przy wszelkiego rodzaju nawarstwieniach kallusa na jodle spotykamy się dość często z wylewami żywicy, która powoduje komplikacje przy prawidłowym przebiegu zarastania. Żywica, wylewając się w warstwie kory, powoduje jej wypiętrzenia, spękania i nacieki. Wylew żywicy jest czasem spowodowany mechanicznem uszkodzeniem kory (Ryc. 32). Również i w drewnie kallusa można zauważyć nieprawidłowości w układzie warstw rocznych, wywołane obecnością żywicy, pochodzącej bądź z przewodów żywicznych drewna, bądź z warstwy kory. Na drewnie kallusa przez długie lata widać linje żywiczne, przebiegające w różnych kierunkach i przecinające warstwy drewna (Ryc. 20). Jeżeli grubość warstewki żywicy z roku na rok maleje, to wreszcie po kilku czy kilkudziesięciu latach kambium może odkładać drewno ponad strefą żywiczną.

Anatomiczna budowa łyka na drewnie kallusa zasadniczo nie różni się od wtórnego przyrostu łyka na młodych gałązkach normalnie rosnącej jodły. Widzimy w korze kallusa regularne, promieniste szeregi rurek sitkowych i szeregi miękiszowych komórek promieni rdzeniowych, powstałych z miazgi twórczej, będących przedłużeniem promienistych szeregów tkanek w drewnie. Między rurkami sitkowemi widać też okrągłe komórki miękiszowe, ułożone koncentrycznie w łyku. Są to najczęściej pierścienie, złożone z jednego szeregu komórek. Błony promieniste rurek sitko-

wych są również silnie zgrubiałe w porównaniu z błonami stycznemi.

Wstarszych częściach łyka zwraca jednak uwagę duża ilość komórek kamiennych (skleroidów) kremowego koloru, które tu występują mniejszemi lub większemi grupami. Komórki kamienne powstają stopniowo z komórek miękiszu promieni rdzeniowych, który dostał się już w orbitę nieczynnego łyka. To też najczęściej komórki kamienne tworzą się w zakończeniu promieni rdzeniowych. Kształt komórek jest dość różnorodny; obok komórek okrągłych widać komórki owalne, wydłużone, mocno rozciągnięte. Błony komórek są zgrubiałe i zaopatrzone w delikatne promieniste kanaliki. Poza skupieniami komórek kamiennych widzimy takież same komórki między rurkami sitkowemi. Komórki kamienne w tym wypadku powstają z komórek miękiszowych, ułożonych promienistemi szeregami. Nie wszystkie jednak komórki promienistych szeregów zamieniają się na komórki kamienne, obok skamieniałych widać też i zupełnie normalne komórki miękiszowe. Światło komórek kamiennych jest bardzo małe i sprowadza się w okrągłych komórkach niekiedy tylko do ciemnego punktu, w podłużnych — do szczeliny. Punkty te i szczeliny są wypełnione sekrecjami garbnikowemi bronzowej barwy.

Odsuwane ku peryferjom warstwy łyka mogą być w następstwie odcinane przez miazgę korkową (fellogen), która powstaje z podziału komórek miękiszowych. Między temi komórkami widać dobrze zgniecione błony rurek sitkowych w postaci grubszych linij pomiędzy komórkami miękiszowemi. Miazga korkowa wkracza na teren łyka łukami, które w następstwie powodują odpadanie starszych części kory nieregularnemi płatami wzdłuż cienkościennych komórek korka.

SPIS LITERATURY.

1. Büsgen M. Dau und Leben unserer Waldbäume. 3. Auflage, bearb. v. E. Münch. Gustav Fischer, Jena 1927, S. 354 — 355.
2. Hempel G., Wilhelm K. Die Bäume und Sträucher des Waldes. E. Hölzel, Wien, S. 92.
3. Kirchner O., Loew E., Schroeter C. Die Coniferen und Gnetaceen Mitteleuropas. Stuttgart 1906, S. 95.
4. Klein I. Bemerkenswerte Bäume im Grossherzogtum Baden. Heidelberg 1908, S. 350—351.
5. Neeff F. Über polares Wachstum von Pflanzenzellen. Jhrb. für wissenschaftliche Botanik. 1922, S. 205—283.

6. Neger F. W. Die Krankheiten unserer Waldbäume. Stuttgart 1919, S. 74.
7. Sorauer P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, bearb. v. Graebner P., Linden G., Reh L., I. Paul Parey, Berlin 1921, S. 705—709.
8. Stecki K. i Kreutzinger M. Studja morfologiczne nad formą lawinową świerka w Tatrach. Acta Soc. Bot. Pol. VII. Nr. 2, 1930.
9. Strasburger E. Leitungsbahnen. S. 895.
10. Wichmann H. E. Wurzelverwachsungen und Stocküberwallung bei Abietineen. Centralbl. für d. gesamte Forstwesen, Wien 1925, S. 51.

ZUSAMMENFASSUNG.

Während meiner phytosoziologischen Studien im Polnischem Mittelgebirge (Góry Świętokrzyskie) lenkten zahlreiche Weisstannenstümpfe meine Aufmerksamkeit auf sich, die ihre beim Fällen entstandenen Schnittflächen durch Kallusholz verschlossen hatten. Einige hatten schon vollständig vernarbte Wunden, wobei die Schnittfläche mit einem haubenartigen Verschluss überwölbt war. Im dichten Weisstannenwalde konnte ich diese Erscheinung häufiger beobachten als im lichten.

Mit dem makroskopischen Bau dieser Gebilde befasst sich Wichmann (10.) und berichtet von interessanten Beobachtungen über die deutschen und österreichischen Weisstannen. Anatomisch hat Neeff (5.) das Kallusholz eingehend untersucht. Er verfolgt in seiner sehr interessanten Arbeit ein besonderes Ziel: er untersucht nämlich Zellenverunbildungen aller Art und versucht die Ursachen, die diese Erscheinungen hervorrufen, zu erklären.

Zweifellos haben auch edaphische Bedingungen des Milieus einen gewissen Einfluss auf das Vernarben der Stümpfe, aber die eigentliche Ursache liegt jedoch darin, dass hier das Wurzelsystem des Stumpfes mit dem eines benachbarten assimilierenden Baumes verwächst, was ich an mehreren abgegrabenen Wurzelsystemem beobachten konnte. Man kann mehrere Arten solcher Verwachsungen unterscheiden; erwähnen möchte ich nur die beiden extremen: ist der Abstand zwischen dem Stumpfe und dem Baume nur gering, so verwachsen dicke Wurzeln miteinander (Fig. 19), ist dagegen die Entfernung grösser, so verwachsen nur dünnere Wurzeln. Der Abstand beeinflusst auch die Art der Vernarbung: sind die Wurzelsysteme mit dicken Wurzeln verbunden, so bildet sich viel schneller Kallus, und die Schnittfläche vernarbt häufig vollständig.

Grössere oder kleinere Baumgruppen, die mit ihnen Wurzelsystemen verbunden sind, bilden gewissermassen einen symbiotischen Organismus, in dem alle Individuen in einem dynamischen Gleichgewicht leben, das aber gestört wird, sobald ein oder mehrere Bäume gefällt werden. Die so verwachsenen Stümpfe werden vom assimilierenden Baume ernährt und geheilt.

Die Ergebnisse meiner Studien über die Vernarbung der Weisstannenstümpfe möchte ich in folgenden Punkten kurz wiedergeben:

1. Der Stumpf einer gefällten Weisstanne kann nur dann vernarben, wenn sein Wurzelsystem mit dem einer lebenden Weisstanne verbunden ist. Die Verbindung kann verschieden sein: es sind ein, zwei oder drei Stümpfe mit einem Baume, manchmal wieder mehrere Stümpfe mit mehreren Bäumen verbunden (Fig. 19, 20, 22).

2. Da am Rande der Schnittfläche der Rindendruck kleiner ist, bilden sich hier dickere Kallusschichten. Der Kallus bildet sich in konzentrischen Kreisen nach innen und veranlasst allmählich die Vernarbung der Schnittfläche. Ist aber die Schnittfläche uneben, dann wächst der Kallus bogenförmig um die Unebenheit herum, die weiteren Kallusschichten senken sich in die Öffnung hinein. Sobald sich der letzte Kallusring schliesst, wird die Rinde durch den starken konzentrischen Druck zerquetscht, die nach innen liegende Rinde wird durch das Kallusholz, das jetzt allmählich zusammenwächst, von der höher liegenden abgetrennnt und eingeschlossen; der spätere Jahreszuwachs lagert sich dann bogenförmig über die jetzt schon verschlossene Schnittfläche (Fig. 23). Auf das Verwachsen der Schnittfläche wirkt noch der Seitendruck, der eine Radial - und Querfaltung des Holzes hervorruft.

3. Vollständig verwachsen nicht nur abgesägte Stümpfe (W i c h m a n n), sondern auch solche, die eine verhältnismässig ebene Schnitt - oder Bruchfläche haben. Bei mehr komplizierten Brüchen vernarben die Wunden nicht villständig, und aus diesem Grunde sind in solchen Fällen alle Kallusschichten sehr unregelmässig angeordnet.

4. Auf trockneren Stellen, z. B. auf den Blockhalden, kann man manchmal Stümpfe antreffen, deren Schnittfläche nicht verwachsen ist; der Kallus bildet hier unterhalb der Schnittfläche Ablagerungen, weil das höher gelegene Holz allmählich vertrocknet (Fig. 24).

5. Oft bilden sich über der Schnittfläche Hauben, wenn das ursprüngliche Holz zu modern beginnt und auch dann noch, wenn die Faulhöhle ziemlich gross ist. Leicht vernarben teilweise vermoderte Stumpfen von einem Durchmesser von 10 bis 20 cm, dagegen seltener solche, die etwa 40 cm dick sind. Am häufigsten verwachsen niedrige Stümpfe, aber es können auch noch solche von einer Höhe von 70 cm vernarben, wenn sie nur in feuchter Luft wachsen, und der Vernarbungsprozess längere Zeit ohne äussere Hemmnisse währt.

6. Das Kallusholz besitzt unregelmässige Jahresringe und bildet knopfförmige Zentren, um die sich jene spiralförmig gebogen oder wellenartig winden. Die Unregelmässigkeit des Holzes vergrössert sich näher der Schnittfläche und vermindert sich nach unten zu. Beginnt das Kallusholz zu modern, so ist sein Bau gut sichtbar. (Fig. 25, 26).

7. Am häufigsten trifft man Stümpfe mit 30 bis 50 Jahresringen; es können aber auch solche mit einer grösseren Anzahl von Jahresringen vorkommen. Ein von mir untersuchter Stumpf hatte sogar 75 Jahresringe, während W i c h m a n n (10.) als höchste Zahl 63 angibt.

8. Die Siebröhren des Kallus sind oft polymorph und von verschiedener Grösse, wodurch ihre Radiallagerung gestört wird. Viele Siebröhren gehen längs der ursprünglichen Zellwände auseinander, was auf Querschnitten sichtbar ist, und ihre Zellwände biegen sich einseitig nach innen; diese Erscheinung wird durch den gegenseitigen Druck der Zellen und auch durch den äusseren Rindendruck hervorgerufen.

9. Die Markstrahlen können ein-, zwei- oder mehrschichtig sein. Im letzten Falle können sie sich spalten; in den mehrschichtigen Markstrahlen habe ich nie Harzkanäle angetroffen. Einschichtige Markstrahlen können bis 40 Parenchymzellenschichten besitzen.

10. Am Rande zwischen dem normalen und dem Kallusholz kann man mit dem blossen Auge einen rötlichen Streifen bemerken; unter dem Mikroskop erkennt man darin zahlreiche Harzkanäle mit Epithelzellen. Nicht so zahlreich und unregelmässig zerstreut kommen auch Harzkanäle in den jährlichen Kallusschichten vor.

11. Am Rande der jährlichen Zuwachsringe konnte ich einzelne oder einen geschlossenen Kreis bildende Parenchymzel-

len beobachten, die einen ähnlichen Bau, wie die bei *Pseudotsuga* und *Picea* (Fig. 28, 29), aufweisen.

12. Überall dort, wo der Kallus mit dem alten normalen Holze oder mit einem Aststummel in Berührung kommt, bildet sich immer eine dicke abgestorbene Parenchymschicht, die allmählich abstirbt und als Isolationsschicht dient. Auf diese stützen sich erst die gebogenem Markstrahlen und die Siebröhren.

13. Die Rinde, die hier vom Kallus gebildet wird, hat einen dem Kallusholz ähnlichen unregelmässigen Bau. Im älteren Kallusbast kann man eine grosse Anzahl von Sphäroidkristallen beobachten, die in grösseren oder kleineren Gruppen auftreten.

14. Auf der Rinde vernarbter Stümpfe sieht man aussergewöhnlich grosse Lentizellen; sie sind durch den anormalen Wuchs des Holzes bedingt und dienen ihm als einziger Durchlüftungsapparat.