Badanie mykotrofizmu roślinności wydm nadmorskich i śródlądowych

Recherches sur le mycotrophisme des associations végétales sur les dunes du littoral de la mer et sur les dunes continentales.

TADEUSZ DOMINIK

(ogólna redakcja pracy)

wpl. 4.IV.51.

(Jest to praca wykonana zespołowo przez pracowników i współpracowników Zakładu Fitopatologii i Ochrony Roślin Uniwersytetu we Wrocławiu).

1. *Ewa Dobrowolska* — Charakterystyka krajobrazu wydm nadmorskich nad Łebą.
2. *Andrzej Nespiak* — Mykotrofizm roślinności wydmy przedniej.
3. *Andrzej Nespiak* — Mykotrofizm roślinności bagienek, leżących w głębi wydm nadmorskich.
4. *Helena Kobryń* — Mykotrofizm drzew i krzewów wydm nadmorskich.
5. *Maria Ziemiańska* — Mykotrofizm roślin runa lasów wśród wydm nadmorskich.
6. *Roman Pachlewski* — Mykotrofizm roślinności wydm śródlądowych.
7. *Tadeusz Dominik* — Łączność grzybów i traw wydmowych — fragmenty wybrane.

Zanim przejdziemy do podania wyników badań, pokrótce przedstawimy cel pracy, miejsce badań terenowych, metodykę i trochę danych z literatury.

Celem pracy jest zapoczątkowanie systematycznych badań nad mykotrofizmem asocjacji roślinnych w ściśle określonych warunkach ekologicznych, aby po zebraniu odpowiednio obszernego materiału, móc wyjaśnić zagadnienie mykotrofizmu z punktu widzenia ekologicznego.

Wydmy piaszczyste, a szczególnie nadmorskie, nastroczają bardzo dobre możliwości stwierdzenia zależności między skąpo rosnącą roślinnością zieloną i grzybami, w warunkach łatwych do określenia ekologicznego. Dlatego właśnie badania zaczynamy od wydm.

Bardzo często na dużych obszarach piasków wydmyowych, np. po kilkaset arów, występuje tylko jeden lub dwa gatunki roślin zielonych. Na powierzchniach kilkwarowych można spotkać „czyste kultury“ jednego gatunku rośliny zielonej i obok niej tylko jednego, owocującego masowo grzyba, jak to jest z *Ammophila arenaria* i *Psilocybe ammophila*. Zależności między tymi roślinami muszą istnieć, a piaski nadmorskie, bardzo ubogie w składniki pokarmowe (np. brak azotanów i soli amonowych), pozwalają na śmielsze wnioski, co do sensu tych zależności.

Do spraw tych wrócimy później.

Badania terenowe i zbiory były prowadzone w lipcu i sierpniu 1950 roku na terenie projektowanego parku natury nad Łebą, gdzie znajdują się największe wydmy nad Bałtykiem, oraz w sierpniu i wrześniu na terenie wydm śródlądowych w Miłosnej pod Warszawą.

Badania terenowe ograniczyły się do określenia asocjacji roślinnych, w których zbierano korzenie, do określenia warunków glebowych, pobrania próbek piasków do analizy chemicznej, oraz do określenia grzybów występujących w asocjacjach roślin zielonych.

Badania laboratoryjne polegały na sporządzeniu preparatów mikroskopowych metodą parafinową z zebranych korzeni i na dokładnym oznaczeniu typu życiowego badanych roślin.

Badanie przekrojów odbywało się przy zastosowaniu najlepszych obiektywów immersyjnych Zeissa przy powiększeniu 1000—1700 $\times$ i Numerycznej Aperturze = 1,30.

* * *

Rzadko które tereny, ciekawe z botanicznego punktu widzenia, były tak szczegółowo badane jak wydmy nadmorskie.

Dlatego nie będzie od rzeczy zapoznanie się, choćby pobieżne, z danymi, obrazującymi warunki ekologiczne, panujące na wydmach.

Ponieważ woda, uwilgacająca wydmy bliskie morza, jest wodą słoną, więc też zawartość NaCl w piaskach wydmyowych jest ważnym czynnikiem ekologicznym.

M a s c l e f (1888) podaje następujące cyfry dla północnego wybrzeża Francji: wydmy najbliższe morzu zawierają 0,351% NaCl, w odległości 150 m od brzegu 0,17%, a w odległości 1500 m już tylko 0,041%. Dane te obliczone są z suchego piasku.

K e a r n e y (1904) podaje, że na stanowiskach *Ammophila arenaria* piaski zawierają od 0,03—0,003% NaCl, podczas gdy wydmy głębiej leżące (za wydumą przednią) posiadają już tylko 0,003—0,004% NaCl.

Równocześnie autor ten przypomina, że dobre gleby uprawne zawierają od 0,02—0,3% NaCl.

M a s s a r t (1893), opierając się na analizach Klotza, uważa piaski wydymowe brzegu belgijskiego za pozbawione soli, gdyż zawierają one jedynie 0,02% substancji rozpuszczalnych.

Woda gruntowa, pobrana w odległości 10 m od brzegu morza, na głębokości 3 m, zawierała 0,08% wszystkich soli razem. Zaś woda gruntowa z wydym dalszych, z głębokości 12 m, zawierała 0,024% soli mineralnych.

S t o c k e r (1924) podaje następujące zasolenie roztworów glebowych piasków nadbrzeżnych wyspy Darss koło Stralsundu: piasek płaskiego brzegu 0,21%, płaska wydma przednia 0,33%, szczyt wydmy przedniej 1,5 m wysokości 0,32%.

D a r b i s h i r e (1924) i R e i n k e (w/g B e n e c k e i A r n o l d a, 1931) określają dla wybrzeży Anglii i Niemiec przeciętne zasolenie piasków wydymowych w sposób następujący: wydma przednia 0,21%, wydmy głębsze 0,006% soli, obliczonych w stosunku do suchego piasku.

H o c q u e t t e (1927) badając zasolenie piasków w różnych asocjacjach roślinnych, stwierdził, że *Ammophiletum* rozwija się jeszcze przy maksimum 0,4 g chlorków w 1 kg suchego piasku, co odpowiada 0,04%.

Określenie ogólnego zasolenia piasków nadmorskich przez wytytrowanie zawartości chlorków jest praktycznym sposobem, gdyż mnożąc ilość chlorków przez współczynnik 1,8, otrzymujemy z dostateczną dokładnością ogólną zawartość soli mineralnych w piaskach. (Woda morska ma stały stosunek między chlorkami i innymi anjonami. Chlorków jest zawsze 55,6%).

B e n e c k e - A r n o l d (1931) dochodzą do innego wyniku maksymalnego zasolenia dla *Ammophiletum* koło Nordeney, mianowicie maksimum według nich stanowi 1% zasolenia. W sztucznych warunkach kultury *Ammophila* znosiła 1,5—2% zasolenia.

Dokładne studium ekologiczne wydym nadmorskich i głębiej leżących przeprowadzili T o m u s c h a t i Z i e g e n s p e c k (1929) na wydymach wschodnio-pruskich. Wyniki ich przytaczam szczegółowiej, gdyż warunki ekologiczne wydym nad Łebą są prawie identyczne.

Zawartość procentowa fosforu i potasu według ich badań przedstawia się następująco:

Piasek pod	P ₂ O ₅	K ₂ O
Lichenetum	0,094 ^{0/0}	0,103 ^{0/0}
Callunetum	0,058 ^{0/0}	0,072 ^{0/0}

Te same piaski, badane metodą N e u b a u e r a, na przyswajalny fosfor i potas dały następujące wyniki:

Piasek pod	P ₂ O ₅	K ₂ O
Lichenetum	1,22	3,46
Callunetum	0,00	0,25

Badając na zawartość azotynów i azotanów, ci sami autorowie uzyskali następujące wyniki:

Piasek pod	NO ₂	NO ₃
Lichenetum	—	—
Callunetum	—	—

Dopiero w czterotygodniowych kulturach piaskowych mogli wykryć ślady azotynów i azotanów.

Stąd autorowie przypuszczają, że w „dzikich“ piaskach wydymowych żyją jakieś mikroorganizmy, które wytwarzają ciała hamujące procesy nitryfikacyjne.

Bowiem piaski wydymowe, zaszczerpione bakteriami gleb ogrodowych, dawały dość szybko znaczne ilości azotanów. (Jest to wskazówką na obecność w piaskach wydymowych związków organicznych).

Gdy do piasków wydymowych dodawali peptonu lub asparaginy, uzyskiwali dość znaczne ilości amoniaku na skutek fermentacji.

Zatem mikroflora bakteryjna piasków wydymowych jest zdolna do dostarczania bakteriom nitryfikacyjnym amoniaku z rozkładu związków organicznych, lecz mikroskopowe ilości tych związków nie pozwalają na wykrycie amoniaku, azotynów i azotanów, przy stosowaniu grubych metod analizy chemicznej.

Badania na obecność w piaskach wydmy *Azotobacteria* wykazały przeważnie jego nieobecność, lub ślady bardzo źle rozwijającego się, co można uważać za skutek zanieczyszczeń laboratoryjnych.

Szkoda, że przy tak dokładnych badaniach laboratoryjnych, autorowie nie uwzględnili piasków pod zespołami wydym bliskich brzegu morskiego, mianowicie *Ammophiletum arenariae*.

Analiza piasków z pod *Ammophiletum* z wydmy przedniej, zebranych przez nas w sierpniu 1950 roku, wykonana przez Stację Chemiczno Rolniczą JUNG we Wrocławiu, dała następujące rezultaty:

Próba piasku pobrana z	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. z wydmy przedniej na 3 m nad poziomem morza	1,1	1,0
2. z wydmy przedniej na 6 m wysokości	0,6	1,0
3. ze szczytu 10 metrowej wydmy przedniej	0,6	1,0
4. zagłębienia wśród wydym dalszych, pokryte przez <i>Salicetum repentis argenteae</i>	0,3	1,0

Równocześnie przeprowadzone badania na obecność NH₃ i NO₃ wykazały brak tych dwóch związków. Według oświadczeń Kierownika Stacji zastosowano najczulsze możliwe metody. Pozatem w piaskach wyżej wymienionych wykryto drobne ślady, Ca, Mg i Fe.

Zestawienie wyników naszej analizy z wynikami niemieckimi pokrywa się, możemy więc powiedzieć, że wydmy nadmorskie jak i dalsze (śródlądowe) należą do najuboższych znanych gleb.

Z załączonych zestawień wynika, że ilości soli mineralnych, potrzebne dla normalnego rozwoju przeciętnie wymagających roślin, w piaskach wydmy spadają mocno poniżej wartości minimum, ustalonych przez Neubauera. Np. fosforowe minimum według niego wynosi 6 mg a potasowe 16 mg.

Chcąc tłumaczyć utrzymanie się roślinności w tych warunkach (*Ammophiletum*, *Lichenetum*, *Callunetum*), T o m u s c h a t i Z i e g e n s p e c k przypisują dużą rolę grzybom mykorrhizowym na wydmach. Znana jest bowiem rzeczą, że grzyby szczególnie łąpczywie wychwytyują z podłoża fosfor i zatrzymują go na stałe w swych plechach.

Wyżej wymienieni autorowie zbadali systemy korzeniowe kilku charakterystycznych roślin z wydm piaszczystych nadmorskich, uwzględniając poza morfologią i anatomią ich mykotrofizm lub bakteriotrofizm. Dane uzyskane przez nich zestawiamy w tabelkę.

Gatunek	bakterio- troficzn.	autotroficzn.	mykotro- ficzny
<i>Ammophila arenaria</i>		+	
<i>Astragalus arenarius</i>	+		
<i>Cakile maritima</i>		+	
<i>Calamagrostis epigeios</i>		+	
<i>Carex arenaria</i>		+	
<i>Corynephorus canescens</i>		+	
<i>Elymus arenarius</i>		+	
<i>Eryngium maritimum</i>		+	
<i>Honckenya peploides</i>		+	
<i>Epipactis rubiginosa</i>			+
<i>Festuca rubra</i> v. <i>arenaria</i>			+
<i>Lathyrus maritimus</i>	+		
<i>Linaria odora</i>		+	
<i>Petasites tomentosus</i>		+	
<i>Hippophaë rhamnoides</i>			+
<i>Betula spec.</i>			+
<i>Ericaceae</i> (bez wyjątku)			+
<i>Pinus spec.</i>			+

Tomuschat i Ziegenspeck uważają, że zbyt wolnemu obiegowi azotu w warunkach wydmowych, przeciwstawia się mykotrofizm i bakteriotrofizm roślin zielonych. Nie jest on jednak zbyt silnie rozwinięty, gdyż brak w piaskach wydmowych próchnicy.

Nasuwa się pytanie, czy w związku z minimalną ilością próchnicy w piasku wydmowym, w ogóle istnieją grzyby, które by mogły wchodzić w stosunki symbiotyczne z roślinami zielonymi?

Otóż ze znanych nam badań fizjograficznych nad rozmieszczeniem grzybów na wybrzeżu Bałtyku (Teodorowicz, 1936) wynika, że na dawnym polskim wybrzeżu w ciągu jednego sezonu zebrano niespełna 200 gatunków, z których kilkanaście rosło na wydmach przybrzeżnych, a kilkadziesiąt na wydmach porośniętych lasem.

Nasze badania ściśle poparły dane Teodorowicza. Przy poszczególnych opisach asocjacji roślinnych będziemy podawać listy grzybów, występujących w asocjacjach.

Najdokładniej pod względem mikrobiologicznym zostały zbadane piaski wydymowe Sahary. Choć klimatycznie leżą one w zupełnie innych warunkach, to jednak dane są tak frapujące, że pokrótce je przytoczymy.

K i l l i a n i F e h e r (1935, 1938) znaleźli następujące ilości soli mineralnych w piaskach wydymowych koło Beni-Ounif w Algerii:

P_2O_5	K_2O	H_2O	NO_3	próchnicy	pH
1,39	1,76	0,2 ⁰ / ₀	6,09	0,0	8,36

W tych warunkach w gramie piasku znaleźli 8000 bakterii i 2000 grzybów (był to okres letni). Natomiast w okresie wiosennym, kiedy zawartość wody podnosi się do 5,6⁰/₀ (wagowo), w gramie piasku znaleźli 89600 bakterii i 97300 grzybów.

Piaski wydymowe nad Bałtykiem są uboższe w sole mineralne a przede wszystkim w azot, ale zato warunki wodne w nich są korzystniejsze, więc i mikroflora winna być przynajmniej taka jak w Beni-Ounif.

Do ekologicznych właściwości wydym nadmorskich, poza opisanymi warunkami glebowymi, należą jeszcze:

1. bezstrukturalność podłoża i piasku,
2. brak powietrza w niewielkiej już głębokości wydmy,
3. brak cząsteczek pylastych w piasku,
4. silna przepuszczalność piasków,
5. łatwe wypłukiwanie związków rozpuszczalnych,
6. odwieranie korzeni lub przysypywanie pędów,
7. częste i ulewne deszcze, przynoszące trochę przyswajalnego azotu.
8. silne wilgotne wiatry, wiejące przeważnie z morza,
9. silne promieniowanie ogólne i odbite od jasnego piasku,
10. częste i duże wahania temperatury w okresie wegetacyjnym,
11. najwyższe ciśnienie barometryczne w stosunku do innych części lądu.

Różnice między wydymami nadbrzeżnymi i śródlądowymi polegają na tym, że:

1. w piasku wydym śródlądowych znajdują się części pylaste,
2. w zależności od klimatu miejscowego, stosunki wilgotnościowe wydym śródlądowych mogą być gorsze lub lepsze, ale zawsze gorsze od tychże na wydymach nadmorskich,

3. w okresie wegetacyjnym temperatury są wyższe niż nad morzem,
4. przeciętne ciśnienie barometryczne jest zależne od wzniesienia nad poziom morza.

Tylko punkty 1 i 2 wybitnie różnią wydmy nadmorskie od śródlądowych.

C h a r a k t e r y s t y k a k r a j o b r a z u w y d m n a d m o r s k i c h n a d Ł e b ą .

Z kilku załączonych zdjęć fotograficznych można wytworzyć sobie pojęcie o charakterze krajobrazu wydmowego nad Łebą.

Jego istnienie zawdzięczamy działalności morza i wiatru. Przy pewnej sile fali morze wyrzuca na brzeg piasek. Piasek ten, po przeschnięciu na silnym słońcu, jest w ciągu dnia odnoszony wiatrem na ląd. W dalszej lub bliższej odległości od brzegu tworzą się z niego małe wydemki, które w czasie nocy zwilża rosa a wiatr wiejący nocą od lądu na morze (zwykle słaby) nie jest w stanie wrzucić piasku z powrotem do morza.

Codziennie przybywa piasku małym wydemkom. Łączą się one powoli między sobą i wytwarzają wydmy przednią. Ta zaś, o ile nie jest umocniona, wędruje w głąb lądu przy pomocy wiatru.

Niesiony wiatrem piasek usypuje najfantastyczniejsze formy, co można obserwować na zdjęciach.

Gdy piasek na swej drodze spotyka opory, np. kępy trawy, pnie drzew, kamienie itp. rzeczy, wtedy przed takimi oporami kopie doły, a za nimi usypuje długie piaszczyste języki. W ogóle piasek zachowuje się podobnie do sypkiego śniegu.

Na terenie Łeby wydmy dalsze od brzegu przybierają olbrzymie wymiary. Największa z nich, już w odległości 800 m od brzegu, dochodzi do 43 m wysokości, a ciągnie się na kilka kilometrów z zachodu na wschód. Wydma ta bardzo powoli posuwa się naprzód, zasypując wklęsnięcia śródwydmy, porośnięte lasem.

Można spotkać takie lasy, świeżo zasypane piaskiem, gdzie wystające szczyty sosen są jeszcze zielone. Z przeciwnej strony wydmy proces bywa odwrotny. Tam piaski usuwając się, odsłaniają dawno zasypane zwęglone pnie i całe drzewa dawnych lasów sosnowych. Między odsypanymi sosnami trafiają się grube pnie, zupełnie czarne, należące do zwęglonych dębów. Taki odsypany las robi wrażenie spalonego.

Rys. 1—8. 1. Krajobraz wydmy przedniej widziany od lądu. 2. Piaski płaskiego wybrzeża przed wydmy przednią z silnie zaznaczoną erozją wiatrową. 3. Krajobraz wydym głębszych z najwyższą wydmy w terenie (43 m). 4. Piramida starej wydmy ustalonej zasypwana lotnym piaskiem. 5. Zakłębnięcia wśród wydym z *Salicetum repentis*. 6. Ołbrzymia wydma ruchoma zasypuje stare wydmy utrwalone. 7. *Salix repens* wkracza na spokojniejszą wydmy ruchomą po stronie odwieznej wydmy. 8. Fragment ołbrzymich ruchomych wydym o krajobrazie Sachary.

Rys. 9—14. 9. Krajobraz zespołu *Ammophila arenaria* i *Psilocybe ammophila*. 10. Jak rys. 9. 11. *Carex arenaria* na lotnych piaskach głębiej leżących wydmy. 12. *Festuca rubra*. v. *arenaria* z owocującym *Ithyphallus iosmus* na przedniej wydmy. Po prawej stronie jeszcze nie wystrzelone „jajo” *Ithyphallusa*. 13. Krajobraz wydmy pokrytych lasem sosnowym. 14. Czasem wśród wydmy nadmorskich można spotkać dobrze wyrośnięty jałowiec.

Fot. E. Dobrowolska

Na terenie wydmy młodych można spotkać, podobne do piramid, występy starej gleby leśnej, czasem z licznymi horyzontami orsztynu próchnicowego.

W innych znów miejscach bywają odwiewane stare gleby leśne, na których już niema śladów drzew. Są to „wykopaliska” z czasów innego klimatu, gdyż miąższość orsztyków dochodzi do 80 cm. W publikacjach niemieckich spotyka się przypuszczenia, że wiek

tych gleb sięga aż do Litoriny (*Litorina-Meer*). Do odłożenia takich orsztyków trzeba bardzo intensywnych procesów bielcowania.

Wśród wydym istnieją miejsca, gdzie jak okiem sięgnąć, ciągną się oślepiająco białe piaski; od horyzontu do horyzontu, robiąc wrażenie pustyni afrykańskiej. Takie fragmenty były wyzyskiwane do nakręcania filmów z Sahary.

Jednak nie wszędzie istnieje taka pustynia. Są piaski mniej ruchome, wtedy rośliny mogą się zakorzenieć i powstają mniej lub więcej urozmaicone zespoły roślinne do lasów włącznie. Na przykład przeważnie tuż za wydumą przednią wyrasta las sosnowy z bążyną (*Pinetum empetrosum*), w którym poza *Empetrum nigrum* wyrasta wrzos (*Calluna vulgaris*). W miejscach wilgotniejszych można tu nawet spotkać domieszkę olszy.

Nie jest rzadkością wśród wydym bór bagno. Wtedy między sosnami i pojedynczymi brzożami, poza wrzosem, znajdujemy poduszki torfowców, *Vaccinium uliginosum*, *Oxycoccus palustris*, *Ledum palustre* i trzcinę. Trzcina rośnie tu często wprost w poduszkach torfowców.

W takich borach bagnistych, na polanach, występują masowo rosiczki: *Drosera anglica*, *Drosera rotundifolia* i *Drosera intermedia*.

Do jeszcze innego typu krajobrazu należą tereny porośnięte wierzbą (*Salix repens* f. *argentea*). Takie tereny robią smutne wrażenie tundry.

Gdy między zespoły wierzbowe wkracza wrzos, wtedy wierzby rosną gorzej i *Salicetum repentis* przechodzi w *Calunetum*. Na terenach odkrytych i w mrozowiskach utrzymuje się jednak tylko do okresu silnych mrozów.

Gdy wrzos wymarźnie, wtedy wszystko zaczyna się od początku. Bywa, że nim zaczną rosnąć trawy pionierskie, wiatr uruchamia piasek i wydma idzie dalej.

Nie ma miejsca na opisanie szczegółów, które czy to ze strony estetycznej, czy to botanicznej zasługują na uwagę. Jednak trzeba słów kilka poświęcić grzybom.

Na wydymie przedniej, wśród traw pionierskich, jak *Ammophila arenaria*, *Ammophila baltica*, *Festuca rubra* v. *arenaria*, *Elymus arenarius* i *Corynephorus canescens*, występują na ruchomych piaskach dwa gatunki grzybów tak pospolicie, że należą do elementów krajobrazu nadmorskiego. Są to: *Psilocybe ammophila* i *Ithyphallus iosmus*.

Psilocybe jest nieodłącznym towarzyszem *Ammophili*, choć raz spostrzegliśmy go w towarzystwie *Corynephorus canescens*, gdzie w dużej odległości żadna inna trawa nie rosła.

Zato *Ithyphallus iosmus* wyrasta przy wszystkich trawach wydmy przedniej. W jego towarzystwie trawy gorzej rosną a nawet obumierają.

W głębi wydmy do najpospolitszych grzybów, miejsc nie objętych lasem, gdzie rośnie choćby kilka małych brzoźek wśród wrzosów, należy kozak (*Boletus scaber*).

Inne grzyby będą podawane przy opisach szczegółowszych zespołów.

Na zakończenie części opisowej terenu podam wyniki badań nad odczynem piasków wydmych.

Rys. 15. Przedstawia odczyn piasków wydmych

Przekrój, przedstawiony na rysunku, został wykonany w poprzek przesmyku między morzem i jeziorem Łeba, które czasem nazywają „małym morzem“. Miejsce zostało wybrane za najwyższą wydmy, zwaną Białą Górą lub Łysą Górą, a dawniej nazywającą się Lontzken.

Trzeba jeszcze wspomnieć, że sosny, wyrastające wśród wydmy, nawet gdy rosną w zwarcu, wyrastają niewysokie, krępe, o szerokich koronach i pokręconych gałęziach.

Inne gatunki drzew są tu rzadko spotykane poza brzozą, która czasem towarzyszy sośnie. Z krzewów można natknąć się na jałowiec, który zwykle na wydmych śródlądowych występuje masowo.

Gdy dobry obserwator rozgląda się po wydmych, zauważy wszędzie erozję wiatrową. Czasem zbocza wydmy są nią pocięte jakby jakimś fantastycznym heblem. Niekiedy z piasku powstają grzyby lub miniaturowe zamki z murami obronnymi. Nigdy odkryty piasek

nie leży na miejscu. Nawet niezbyt wielki wiatr przenosi go z miejsca na miejsce. Mokry piasek i zbity również nie uleży spokojnie, gdy niesiony wiatrem suchy piasek szlifuje go jak szmergiel.

Taki niesiony piasek w czasie sztormów potrafi wbijać się w tkanki korowe roślin młodych, nie okrytych jeszcze korowiną lub specjalnie zgrubiałą błoną zewnętrzną epidermy, jak to jest u traw wydmych. Rośliny silnie porażone piaskiem obumierają.

Dlatego przeważnie wśród wydym spotykamy rośliny sztywne, twarde, łatwo przecinające ręce, przy próbach ich zerwania.

Do czynników charakterystycznych w życiu wydym należą mrówki, których tu żyją masy. Szczególnie na wydymach ustalonych. Mogą one brać udział w przenoszeniu grzybów na nowe stanowiska.

Gdy już rozpatrujemy krajobraz z punktu widzenia ekologicznego, to należy poświęcić kilka słów takiemu czynnikowi jakim jest leśnik.

Leśnicy przez swe sztuczne zalesianie wydym lub pokrywanie ich kwadratami, utkanymi z chrustu, dopomagają roślinom wydmy do opanowania piasków, lecz równocześnie niszczą pierwotne piękno krajobrazu, co nie powinno mieć miejsca przynajmniej na terenie projektowanego parku natury koło Łeby.

Poza tym leśnicy wprowadzają na wydmy gatunki sosen, obce dla terenu, np. kosodrzewinę lub sosnę czarną. Gatunki te również nie powinny się znajdować w rezerwach przyrodniczych.

Mimo tego w badaniach nad mykotrofizmem zostały one uwzględnione, gdyż ciekawe jest, czy znajdują grzyby symbiotyczne na takich zupełnie obcych dla siebie terenach.

Mykotrofizm roślinności wydmy przedniej.

Wydma przednia jest najbliższą wydumą brzegu morza. W wypadku badanym przez nas była przeważnie stromą ścianą o przeciętnym kącie pochyłości większym od 45° . Wystawa wydmy była albo czysto północna, albo północno-zachodnia.

Jest to miejsce najbardziej wystawione na morskie wiatry i na oprysk z fal przy wielkich sztormach.

Przeciętnie odczyn piasków wydmy przedniej, badany na miejscu metodą kolorymetryczną, wahał się od $\text{pH} = 6,5 - 7,0$. Z tym, że podstawa wydmy była więcej alkaliczna niż jej szczyt; a w tym samym czasie zbadana woda morska wykazywała $\text{pH} = 9,0$.

Przy analizie chemicznej próbek piasków nadmorskich, zebranych z przedniej wydmy, odczyn wypadł więcej przesunięty w kierunku kwaśnym, $\text{pH} = 5,0 - 5,2$

Trudno powiedzieć dlaczego po przewiezieniu do laboratorium i przeschnięciu piaski stały się kwaśniejsze. Podobne zjawisko zaobserwowali również badacze niemieccy.

Z punktu widzenia fitosocjologicznego na wydmie przedniej można wyróżnić dwa skupienia roślinności: tuż pod przednią wydumą na plaży lub na małych wydembkach występują pojedynczo rośliny, nie tworzące jeszcze asocjacji oraz asocjacje wydmy przedniej.

Obserwacje nasze, co do składu gatunkowego, pokrywają się z danymi H u e c k a (1932) i E r n y M a y e r (1936), którzy podają, że przed wydumą przednią występują luźno:

Honckenya peploides,
Ammophila arenaria,
Cakile maritima.

Na przedniej zaś wydmie, od podnóża do szczytu panuje *Ammophiletum arenariae* (= *Psammetum*), z następującym kompletem gatunków:

Ammophila arenaria,
Ammophila baltica
Elymus arenarius,
Festuca rubra v. *arenaria*,
Corynephorus canescens,
Viola tricolor f. *maritima*,
Jasione montana,
Hieracium umbellatum v. *stenophyllum*,
Artemisia campestris f. *typica*,
Artemisia campestris f. *maritima*,
Lathyrus maritimus,
Anthyllis vulneraria.

W zespole tym główną masę tworzy *Ammophila* a miejscami *Festuca*. Niekiedy *Anthyllis vulneraria* tworzy lite skupienia na wielkich powierzchniach.

Do tego zespołu należą jeszcze trzy gatunki bardzo wierne, mianowicie

Psilocybe ammophila,
Ithyphallus iosmus
Tarsetta ammophila,

oraz mniej wierny gatunek grzyba

Hygrophorus chlorophanus (*maritimus*?)

Wreszcie miejscami wchodzi wyraźnie w zespół również wierzba *Salix repens*, która wewnątrz wydmy tworzy całe zespoły.

Wyżej opisana asocjacja tuż poza szczytem wydmy przedniej przechodzi w *Corynephorum* lub miejscami w *Salicetum repentis*.

W tych to warunkach ekologicznych i fitosocjologicznych zostały zebrane wszystkie systemy korzeniowe roślin, wchodzących w skład asocjacji. Zebrano po kilka systemów korzeniowych z różnych miejsc, żeby wykluczyć przypadkowość. Korzenie zakonserwowano w 95% alkoholu.

Metoda badań laboratoryjnych została opisana we wstępie do pracy. Wyniki badań zestawiono w załączonej tabeli.

Gatunek rośliny	włośniki	autotrof.	mykorhiza		bakteriotrof.
			ektotr.	endotr.	
<i>Ammophila arenaria</i>	+	+	—	—	—
<i>Ammophila baltica</i>	+	+	—	—	—
<i>Elymus arenarius</i>	—	+	—	—	—
<i>Festuca rubra</i> v. <i>arenaria</i>	—	+	—	—	—
<i>Corynephorus canescens</i>	+	+	—	—	—
<i>Viola tricolor</i> v. <i>maritima</i>	+	+	—	—	—
<i>Jasione montana</i>	+	+	—	—	—
<i>Hieracium umbellatum</i>	—	+	—	—	—
<i>Artemisia campestris</i>	—	+	—	—	—
<i>Honckenya peploides</i>	+	+	—	—	—
<i>Linaria odora</i>	+	+	—	—	—
<i>Cakile maritima</i>	+	+	—	—	—
<i>Rumex acetosella</i>	—	+	—	—	—
<i>Lathyrus maritimus</i>	+	—	—	—	+
<i>Anthyllis vulneraria</i>	+	—	—	—	+
<i>Salix repens</i>	—	—	+	—	—

Z powyższego zestawienia, obejmującego wszystkie znalezione przez nas rośliny na wydymie przedniej, wynika, że zespół *Ammophiletum* jest pozbawiony współżycia grzybowego. Rodzina *Papilionaceae* i tutaj zachowuje swój bakteriotrofizm, a wierzbą jest wyjątkiem nie tylko w zespole, lecz również w ogóle między wierzbami na wydymach, gdyż ten sam gatunek wewnątrz wydym nie tworzy mykorhizy ektotroficznej, lecz słabą endotroficzną. Zespół więc uznajemy za autotroficzny.

Większość roślin autotroficznych wytwarza najcieńsze korzonki, bardzo nieregularne. Na przekroju poprzecznym nie tylko kontur korzenia jest nieregularny, lecz i błony komórkowe rhizodermy i zewnętrznych warstw komórek mięszku korowego są bardzo silnie powyginane.

Zastanawiający jest również fakt, że część gatunków autotroficznych albo zupełnie nie wytwarza włośników, albo tworzy je sporadycznie i to w bardzo niewielkiej ilości.

Mykotrofizm roślinności bagienek, leżących w głębi wydym nadmorskich.

Tereny badań przedstawiały się jako zakłębienia wśród nagich wydym o powierzchni około 1—1,5 km² lub mniejsze.

Otoczające wysokie wydmy (do 43 m) chroniły „bagienka“ od bezpośredniego wpływu wiatrów morskich.

Gleba zakłębień przedstawia się jako zbity piasek, pokryty gęstym pokrowcem mchów i tuż prawie pod powierzchnią mający trudną do rozerwania i przebicia warstwę darni, złożonej z zasypanych pędów i chwytników mchów, oraz korzeni i pędów podziemnych roślin kwiatowych.

Pod tym pokrowcem bezpośrednio zalegał orsztyń próchnicowy, około 5 cm miąższości, a zaraz pod nim zaczynał się piasek wydymowy, zbity, wilgotny.

Odczyn gleby na terenach takich wynosił na powierzchni, między mchami pH = 5, w poziomie orsztyń, pod zbitym pokrowcem, wyżej opisanym pH = 4—5. (Objaw splukiwania kwasów próchnicowych w głębsze pozbawione wapnia horyzonty).

Analiza gleby wykazała:

P ₂ O ₅	K ₂ O	NH ₃	NO ₃	Ca	Fe	Mg
0,3	1,0	0,0	0,0	ślady	ślady	ślady

Na takich terenach można było wyróżnić trzy pasy roślinności, przechodzące łagodnie jeden w drugi.

Brzegi niecki porośnięte były *Callunetum* z niewielką ilością siewek sosnowych i brzozowych.

Miejscami *Callunetum* przechodziło w *Empetretum*, z tym, że *Empetrum nigrum* w takich miejscach było elementem cofającym się przed inwazją wrzosu.

W *Callunetum* i *Empetretum* znajdowaliśmy następujące rośliny:

Calluna vulgaris
Linaria odora,
Carex arenaria,
Lycopodium clavatum,
Corynephorus canescens,
Anthyllis vulneraria,
Salix repens.

Głębiej, bez wyraźnego odgraniczenia, zalega krąg *Salicetum repentis* z następującym składem gatunkowym:

Salix repens,
Salix nigricans,
Salix spec.
Betula verrucosa,
Betula pubescens,
Populus tremula,
Pinus silvestris.

Gatunki te nie tworzą żadnego zwarcia. Wiek ich nie przekracza 15—20 lat, a wzrost 2 m. Wśród roślin drzewiastych znaleziono:

Carex spec.,
Juncus effusus,
Juncus lamprocarpus,
Lycopus europaeus,
Erytrea centaurium,
Epilobium palustre,
Lythrum salicaria,
Ranunculus flammula,
Lotus uliginosus.

Poza tym w zespole tym gęsty pokrowiec mchów tworzyły:

Polytrichum juniperinum,
Racomitrium canescens,
Ceratodon purpureus,
Brachytecium albicans,
Tortula ruralis.

Centrum niecki przeważnie z rzadka porastały drzewka wyżej wymienione, oraz między gęstym pokrowcem mchów następujące rośliny:

Drosera rotundifolia,
Drosera anglica,
Drosera intermedia,
Pirola minor,
Andromeda polifolia,
Eriophorum vaginatum,
Phragmites communis.

Po całym terenie zdarzały się kępki, słabo rozwiniętej trawy *Aira caryophyllea*.

Wśród roślinności wymienionej w nieckach śródwymowych zebrano następujące gatunki grzybów:

Boletus scaber,
Boletus luteus,
Galera mniophila,
Hygrophorus chlorophanus (maritimus?)
Mycena spec.
Psilocybe ericacea,
Russula fragilis,
Telamonia rigida.

Z każdego gatunku roślin zielonych zebrano korzenie i jak już poprzednio opisano, poddano badaniom mikroskopowym.

Wyniki zestawione są w następującej tabeli:

Gatunek rośliny	włośniki	autotrof.	mykorhiza		bakterio- troficzna
			endotr.	ektotr.	
Carex arenaria	+	+	---	---	---
Carex spec.	+	+	---	---	---
Juncus effusus	+	---	+	---	---
Juncus lamprocarpus	+	---	+	---	---
Lycopodium clavatum	+	+	---	---	---
Drosera rotundifolia	---	+	---	---	---
Drosera anglica	---	+	---	---	---
Drosera intermedia	---	+	---	---	---
Eriophorum vaginatum	---	+	---	---	---
Aira caryophyllea	+	---	+	---	---
Corynephorus canescens	+	+	---	---	---
Phragmites communis	+	+	---	---	---
Linaria odora	+	+	---	---	---
Lycopus europaeus	---	+	---	---	---
Erytrea centaurium	+	+	---	---	---
Epilobium palustre	---	+	---	---	---
Lythrum salicaria	---	---	---	+	---
Ranunculus flammula	---	+	---	---	---
Anthyllis vulneraria	---	---	---	---	+
Lotus uliginosus	+	---	+	---	+
Pirola minor	---	---	+	---	---
Andromeda polifolia	---	---	---	+	---
Calluna vulgaris	---	---	+	---	---
Empetrum nigrum	---	---	+	---	---
Betula verrucosa	---	---	---	+	---
Betula pubescens	---	---	---	+	---
Populus tremula	---	---	---	+	---
Pinus silvestris	---	---	---	+	---
Salix repens	---	---	+	---	---
Salix nigricans	---	+	---	---	---
Salix spec.	---	---	+	---	---

Analizując powyższe zestawienie, znajdujemy w nim ciekawe przypadki z punktu widzenia fizjologicznego, mianowicie mykorhizę ektotroficzną u *Lythrum salicaria* i mykorhizę endotroficzną u rodzaju *Juncus*. Mykotropizm *Juncus spec.* w ogóle nie był znany, a mykorhiza ektotroficzna u *Lythrum* jest rzadkim wyjątkiem, gdyż normalnie rośliny zielne tworzą mykorhizy endotroficzne (poza wyjątkami, opisanymi przez H e s s e l m a n a u *Polygonum viviparum* za kołem podbiegunowym w Szwecji).

Mykrotroficznymi okazują się tutaj wszystkie rośliny drzewiaste i krzewiaste, wrzosowate i trawa (Aira).

Ciekawie na wydmach zachowują się wierzby, tworząc typowe współżycie endotroficzne, podczas gdy zawsze podawano u wierzby mykorhizę ektotroficzną.

Lotus uliginosus poza bulwkami, w których nie można było dopatrzeć się bakterii, tworzył mykorhizę endotroficzną i rozwijał się bardzo słabo.

Rys. 16. *Carex spec.* przekrój poprzeczny młodego korzonka

Rys. 17. *Juncus spec.* przekrój poprzeczny młodego korzonka autotroficznego

W ogóle można powiedzieć, że wszystkie rośliny w wyżej opisywanych warunkach, wykazały wybitną karłowatość, a ich systemy korzeniowe (za wyjątkiem roślin bagna wysokiego) etiolację głodową.

Załączone rycinki przedstawiają stosunki anatomiczne u ciekawszych gatunków, co lepiej je przedstawia niż opisy.

I w tym wypadku trzeba zwrócić uwagę na fantastyczne powyginanie błon komórkowych u roślin sterylnych, a regularność konturu korzenia i błon komórkowych u roślin mykotroficznych i bakteriotroficznych.

Rys. 18. *Juncus lamprocarpus*, fragment przekroju podłużnego korzonka mykotroficznego. Widoczna strzępka przenikająca przez włóśnik do kory korzenia

Rys. 19. *Lythrum salicaria*, fragment przekroju poprzecznego korzonka mykotroficznego z mykorhizą ektotroficzną

W powyżej opisanych asocjacjach stosunek roślin samożywnych do mykotroficznych i bakteriotroficznych zmienił się na korzyść roślin symbiotroficznych, gdyż jest ich 53%, czyli zespół można określić jako zespół symbiotroficzny z przewagą roślin mykotroficznych (47%).

Ogólnie określając stopień symbiotrofizmu, można powiedzieć, że współżycie w tym zespole jest jeszcze słabe, a mykorhizy wy-

kształcają się rzadko i mało intensywnie, jeśli chodzi o przegrzanie korzeni.

Bardzo charakterystycznym objawem w glebach zespołu jest stała obecność grubych brązowych strzępek, które przylegają do korzeni nawet z reguły autotroficznych roślin, jak na przykład *Carex arenaria*, *Drosera rotundifolia* itp., czasem tworzą nawet gęściejsze skupienia, a rzadko kiedy przenikają do zewnętrznych komórek korzeni (włośniki).

Strzępki te nie wydają się szkodzić roślinom i należą do mikroflory rhizosfery.

M y k o t r o f i z m d r z e w i k r z e w ó w n a w y d m a c h n a d m o r s k i c h .

Zadaniem moim było zebranie i zbadanie korzeni wszystkich drzew i krzewów, które na wydmach można spotkać.

Opisywanie asocjacji czy agregacji roślinnych, w których rośliny drzewiaste występowały, stworzyłoby dodatkową publikację, której podobne już z terenu ogłoszono w niemieckich czasopiśmie (H u e c k, 1932).

Dlatego ograniczę się jedynie do umieszczenia w zestawieniach rubryki z podaniem nazwy otoczenia lub asocjacji, z której pobrałam próbki do badań anatomicznych.

Ogólny charakter otoczenia opisała dla całego terenu Ewa Dobrowolska. Dlatego nawet nie potrzeba tutaj przytaczać charakteru gleb.

Dla przypomnienia tylko podam, że tereny piasków w zaklęśnięciach, objętych przez *Sphagneta*, posiadały odczyn zbliżony do $\text{pH} = 4,0$ a tereny wyższe pod laskami sosnowymi wykazywały $\text{pH} = 4,2 - 5,2$.

Gleby w laskach były pokryte ściółką, przeważnie słabo rozkładającą się, choć były i takie miejsca, gdzie ściółka rozkładała się sprawniej.

Niektóre lasy miały charakter wysokobagiennych (*Pineta sphagnosa*) z całym kompletem charakterystycznej roślinności runa.

Zawartość soli mineralnych i związków azotowych, łatwo przyswajalnych przez rośliny zielone, w glebach pod lasami wydmyowymi była następująca:

P_2O_5	K_2O	NH_3	ON_3	Ca	Fe	Mg
0,4 — 1,2	1,0 — 2,0	0,0	0,0	ślady	ślady	ślady

Azot mógł się znajdować tylko w postaci organicznej w niewielkiej domieszce próchnicy.

Łatwo przesiąkliwe podłoże uprawia szybko rozpuszczalne związki próchnicowe w głąb wydmy, gdzie korzenie nie sięgają. W glebie sole mineralne znajdują się w ilościach, leżących poniżej przyjętych minimów, dla normalnego rozwoju roślin zielonych.

Ponieważ roślinność runa jest opracowana osobno, więc tutaj jedynie wymienię grzyby, które zebrano w różnych asocjacjach.

Pinetum empetrosum i Pinetum callunosum:

Boletus chrysenteron
Boletus scaber
Boletus variegatus
Boletus edulis
Cantharellus cibarius
Clitocybe laccata v. rufocarnea
Gomphidius viscidus
Rhizopogon luteolus
Lactarius rufus
Russula emetica

Pinetum vacciniosum:

Amanita pantherina
Amanita mappa
Amanita rubescens
Amanita phalloides
Lactarius piperitus
Lactarius serifluus
Limacium spec.

Pinetum graminosum:

Boletus edulis
Boletus variegatus
Boletus bovinus
Boletus luteus
Gomphidius viscidus

Pinetum sphagnosum:

Cantharellus aurantiacus
Hygrocybe chlorophana
Rosites caperata
Pezizales (liczne gatunki)

Alnetum glutinosae:

Clitocybe laccata v. ametystina
Limacium olivacea-album
Myxarium collinitum
Paxillus atro-tomentosus
Paxillus involutus

Materiał korzeniowy został zebrany osobno z poszczególnych asocjacji. Metodę badań stosowałam podaną na wstępie pracy.

Wyniki badań zostały zestawione w następującej tabeli:

Gatunek rośliny	Asocjacja	wło- sniki	auto- trof.	mykorhiza		bakte- riotroff
				ekto	endo	
<i>Alnus glutinosa</i>	Alnetum	—	—	—	+	—
<i>Betula verrucosa</i>	Ammophiletum	—	—	—	+	—
<i>Betula pubescens</i>	Pinetum sphagnosum	—	—	+	—	—
<i>Juniperus communis</i>	Pinetum callunosum	—	—	—	+	—
<i>Juniperus communis</i>	Pinetum callunosum	—	—	+	—	—
<i>Juniperus communis</i>	Pinetum vacciniosum	—	—	—	+	—
<i>Pinus silvestris</i>	Pinetum empetrosum	—	—	—	+	—
<i>Pinus silvestris</i>	Pinetum callunosum	—	—	+	—	—
<i>Pinus montana</i>	uprawa	—	—	—	+	—
<i>Pinus montana</i>	Pinetum cladoniosum	—	—	+	—	—
<i>Populus tremula</i>	Pinetum vacciniosum	—	—	+	—	—
<i>Populus tremula</i>	Pinetum callunosum	—	—	+	—	—
<i>Populus tremula</i>	uprawa	—	—	+	—	—
<i>Myrica gale</i>	Pinetum sphagnosum	—	—	—	+	—
<i>Salix viminalis</i>	Pinetum vacciniosum	—	—	—	+	—
<i>Salix nigricans</i>	Pinetum callunosum	—	—	+	—	—
<i>Salix repens</i>	Pinetum empetrosum	—	—	—	+	—
<i>Sorbus aucuparia</i>	Pinetum	—	—	+	—	—
<i>Quercus sessilis</i>	Pinetum vacciniosum	—	—	+	—	—
<i>Ribes spec.</i>	Pinetum empetrosum	+	—	—	+	—

UWAGA: *Alnus glutinosa* i *Myrica gale* nie współżyją z grzybami lecz z promieniowcami (*Actinomycetales*), lecz żeby nie rozdymać niepotrzebnie rubryk w zestawieniu, włączyłam te rodzaje po staremu do mykorhizy endotroficznej.

Z zestawienia widać, że bez wyjątku wszystkie drzewa i krzewy lasów wydmyowych są mykotroficzne.

Niektóre gatunki w różnych zespołach wykazały różny typ współżycia, lecz zbyt skąpe ilości próbek nie pozwalają na wyciąganie jakichś wiążących wniosków z tych kilku faktów. Po prostu można będzie w przyszłości zwrócić uwagę, czy zjawisko to jest stałe, czy przypadkowe.

Jeden wniosek zupełnie pewny można wyciągnąć z moich badań, mianowicie, że drzewa i krzewy, wyrastające na wydmach, są mykotrofami obligatorycznymi, bo nawet w tak ubogich glebach, jak piaski wydmyowe, wchodzą w związki z grzybami.

M y k o t r o f i z m r o ś l i n r u n a l a s ó w w ś r ó d w y d m n a d m o r s k i c h.

Opisując warunki bytu drzew i krzewów lasów wydmyowych, Helena Kobryń równocześnie dała podstawy pod ekologię roślin runa tych lasów.

Chcę jeszcze tylko dorzucić słów kilka na temat struktury biologicznej tych lasów.

Otóż są to przeważnie naturalne asocjacje różnowiekowe, o nieregularnym lukowatym zwarcu. Wysokość silniej zwartych zespołów sosnowo-brzozowych lub brzozowo-sosnowych dochodzi w najlepszym wypadku do 8 m. Wiek trudno określić, gdyż sosny na wydmie nie dają typowego wzrostu dla znanych wymiarów, skoordynowanych z wiekiem, na innych bonitacjach. Jednak z charakteru kory można niektórym okazom przyznać około 80—100 lat, a może nawet i więcej.

Nierównomierność zwarcia i wysokości stwarza bardzo różne warunki rozwojowe dla runa i daje dzięki temu dość duże urozmaicenie jeśli chodzi o ilość gatunków.

Metodykę badań stosowałam podaną na początku pracy. Następująca tabela zestawia wyniki badań według asocjacji.

Pinetum empetrosum jest w 50% symbiotroficzne. Mykorhizowe rośliny stanowią 47,2%.

Pinetum callunosum jest w 40% mykotroficzne.

Pinetum sphagnosum wykazuje w 52,5% mykotroficzność, a 47,5% roślin prowadzi życie autotroficzne, jeśli chodzi o korzenie; natomiast rosiczki dożywiają się owadami, więc właściwa heterotroficzność roślin bagna wysokiego wynosi 68,5%, nie osiągając 100%, czego można było się spodziewać.

Gatunek rośliny	Asocjacja	włó- śniki	auto- trof.	mykorhiza		bakte- riotrof.
				ekto	endo	
<i>Agrostis alba</i>	Pinetum empetrosus	+	—	—	+	—
<i>Agrostis spec.</i>		+	+	—	—	—
<i>Aira caryophylla</i>		—	+	—	—	—
<i>Carex arenaria</i>		+	+	—	—	—
<i>Luzula campestris</i>		+	+	—	—	—
<i>Holcus lanatus</i>		+	+	—	—	—
<i>Stellaria spec.</i>		+	+	—	—	—
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		+	+	—	—	—
<i>Lycopodium clavatum</i>		+	+	—	—	—
<i>Hieracium umbellatum</i>		—	+	—	—	—
<i>Anthyllis vulneraria</i>		+	—	—	—	+
<i>Jasione montana</i>		—	+	—	—	—
<i>Viola tricolor</i>		+	+	—	—	—
<i>Viola tricolor f. maritima</i>		+	—	—	+	—
<i>Rumex spec.</i>		—	+	—	—	—
<i>Urtica dioica</i>		+	+	—	—	—
<i>Artemisia maritima</i>		—	—	—	+	—
<i>Epilobium angustifolium</i>		—	—	—	+	—
<i>Epilobium spec.</i>		—	—	—	+	—
<i>Arctostaphylos uva ursi</i>		—	—	—	+	—
<i>Pirola rotundifolia</i>		—	—	—	+	—
<i>Pirola secunda</i>		—	—	—	+	—
<i>Goodyera repens</i>		—	—	—	+	—
<i>Orchis maculatus</i>		—	—	—	+	—
<i>Empetrum nigrum</i>		—	—	—	+	—
<i>Aspidium thelypteris</i>		+	—	—	+	—

Gatunek rośliny	Asocjacja	wło-	auto- rof.	mykorhiza		bakte- riotrof.
				ekto	endo	
<i>Calluna vulgaris</i>	Pinetum callunosum	—	—	—	+	—
<i>Aira caryophyllea</i>		—	+	—	—	—
<i>Corynephorus canescens</i>		—	+	—	—	—
<i>Stellaria spec.</i>		—	+	—	—	—
<i>Luzula pilosa</i>		—	+	—	—	—
<i>Taraxacum officinale</i>		—	—	—	—	—
<i>Cirsium lanceolatum</i>		—	—	—	+	—
<i>Epilobium angustifolium</i>		—	+	—	—	—
<i>Epilobium hirsutum</i>		—	+	—	—	—
<i>Linaria odora</i>		—	+	—	—	—
<i>Veronica teucrium</i>		—	—	—	+	—
<i>Potentilla spec.</i>		—	—	—	+	—
<i>Rumex spec. spec.</i>		—	+	—	—	—
<i>Melampyrum vulgatum</i>		+	+	—	—	—
<i>Polypodium vulgare</i>		+	+	—	—	—
<i>Carex Goodenoughi</i>	Pinetum sphagnosum	+	+	—	—	—
<i>Carex spec.</i>		+	+	—	—	—
<i>Juncus bufonius</i>		+	+	—	—	—
<i>Juncus lamprocarpus</i>		+	+	—	—	—
<i>Eriophorum vaginatum</i>		—	+	—	—	—
<i>Drosera rotundifolia</i>		—	+	—	—	—
<i>Drosera anglica</i>		—	+	—	—	—
<i>Drosera intermedia</i>		—	+	—	—	—
<i>Veronica spec.</i>		—	—	—	+	—
<i>Ranunculus flammula</i>		—	—	—	+	—
<i>Phragmites communis</i>		—	—	—	+	—
<i>Orchis maculatus</i>		—	—	—	+	—
<i>Oxycoccus palustris</i>		—	—	—	+	—
<i>Vaccinium vitis idea</i>		—	—	—	+	—
<i>Calluna vulgaris</i>		—	—	—	+	—
<i>Erica tetralix</i>		—	—	—	+	—
<i>Ledum palustre</i>		—	—	—	+	—
<i>Lycopus europaeus</i>		—	—	—	+	—
<i>Phleum Boemmeri</i>		+	+	—	—	—

W badaniach moich *Juncus lamprocarpus* i *Juncus bufonius* okazały się autotroficznymi.

Poza stwierdzeniem faktów i przeglądem statystycznym żądanych wniosków nie wyciągam, pozostawiając je przyszłości, gdy się zbierze więcej materiału faktycznego.

M y k o t r o f i z m r o ś l i n n o ś c i w y d m ś r ó d l ą d o w y c h.

Wydmy okolic Miłosnej pod Warszawą leżą w ciągu wydmy-
wym Celestynów—Zegrze. Powstały one podczas cofania się ostat-
niego lodowca, są zatem fluwioglacjalne.

Jeśli chodzi o ogólny czas powstania, to wydmy podwarszaw-
skie są znacznie starsze od wydm nadmorskich koło Łeby.

W składzie swym fizycznym piaski wydmy podwarszawskie
zawierają domieszkę części pylastych, a miejscami mogą się w nich
znajdować nawet stare muły osadowe z czasów, gdy Wisła rozlała
się w szerokie jezioro, przy cofaniu się lodowca.

Przeciętny odczyn piasków badanych przeze mnie wynosił
 $\text{pH} = 5,0$. Dokładne badania fitosocjologiczne na tych terenach prze-
prowadziła J u r a s z k ó w n a (1928).

Badania moje objęły jedynie roślinność wydm ruchomych.
Dlatego przytoczę tylko dane fitosocjologiczne, odnoszące się do nie-
ustalonych piasków.

Według J u r a s z k ó w n y (1928) tereny silnie ruchome
pokrywa w pierwszym rzędzie *Elymetum arenariae*, *Calamagrosti-*
detum i *Corynephorum canescentis* z następującym składem ga-
tunkowym:

Elymus arenarius,
Calamagrostis epigeios,
Festuca rubra,
Festuca rubra v. *vivipara*,
Agrostis canina v. *arida*,
Carex arenaria,
Carex precox
Carex hirta,
Carex Goudenoughii,
Triticum repens,
Astragalus arenarius,
Peucedanum oreoselinum,
Koeleria glauca,
Corynephorus canescens,
Viola canina v. *ericetorum*,
Pinus silvestris,
Quercus robur,
Salix spec.
Populus nigra,
Juniperus communis.

Według obserwacji, poza wymienionymi gatunkami, trafiają się i inne. W załączonej tabeli znajdujemy wykaz gatunków, których korzenie zebrałem i przebadalem. Jest ich więcej niż to podaje Juraskówna, gdyż zbierałem również rośliny z brzegów ruchomych pisków.

Na badanym przeze mnie terenie, w okresie obu pobytów, znalazłem tylko jednego grzyba.

Bovista tunicata,

który tworzył czarcie kręgi wokół kęp, złożonych z *Quercus pedunculata*, *Betula verrucosa*, *Rumex acetosella* i *Carex arenaria*.

Poniżej załączona tabela przedstawia wyniki badań nad mykotropizmem roślinności wydymowej koło Miłosnej pod Warszawą:

Gatunek rośliny	Włośniki	Autotrof.	Mykorhiza		Bakterio-troficz.
			ekto	endo	
<i>Agrostis canina</i>	—	—	—	+	—
<i>Calamagrostis epigeios</i>	—	—	—	+	—
<i>Corynephorus canescens</i>	—	+	—	—	—
<i>Festuca rubra</i>	+	+	—	—	—
<i>Koeleria glauca</i>	+	+	—	—	—
<i>Poa nemoralis</i>	—	+	—	—	—
<i>Poa pratensis</i>	—	+	—	—	—
<i>Panicum lineare</i>	—	+	—	—	—
<i>Carex arenaria</i>	+	+	—	—	—
<i>Carex hirta</i>	+	+	—	—	—
<i>Hieracium pilosella</i>	+	—	—	+	—
<i>Linaria vulgaris</i>	—	+	—	—	—
<i>Jasione montana</i>	+	—	—	+	—
<i>Polygonum aviculare</i>	—	+	—	—	—
<i>Polygonum persicaria</i>	—	+	—	—	—
<i>Rumex acetosella</i>	—	+	—	—	—
<i>Scleranthus perennis</i>	—	+	—	—	—
<i>Solidago virga aurea</i>	+	—	—	+	—
<i>Thymus serpyllum</i>	+	—	—	+	—
<i>Viola canina</i>	+	—	—	+	—
<i>Calluna vulgaris</i>	—	—	—	+	—
<i>Crataegus monogyna</i>	+	—	—	+	—
<i>Juniperus communis</i>	—	+	—	—	—
<i>Pinus silvestris</i>	—	—	+	—	—
<i>Pirus communis</i>	+	—	—	+	—
<i>Quercus pedunculata</i>	—	—	+	—	—
<i>Quercus sessilis</i>	—	—	+	—	—
<i>Salix acutifolia</i>	—	—	—	+	—
<i>Salix capraea</i>	+	—	—	+	—

Zespół ruchomych piasków na wydmach podwarszawskich wykazuje 51,7% mykotroficznych roślin i ani jednej rośliny bakteriotroficznej. Tylko niektóre trawy okazały się mykotroficzne, a *Festuca rubra*, która w literaturze uchodzi za mykotroficzną, i tutaj i nad morzem żyje autotroficznie. Wszystkie drzewa i krzewy, za wyjątkiem jałowca, wykazały mykotrofizm. Jałowiec w innych zespołach zawsze tworzy mykorhizę i to zarówno ekto- jak i endotroficzną. Być może, że nie znalazł swych właściwych symbiontów.

Badając preparaty mikroskopowe wszystkich roślin wydmych, doszedłem do wniosku, że mykorhizy w piaskach ubogich rozwijają się bardzo słabo. Opilśń grzybowa u mykorhiz ektotroficznych jest bardzo cienka, a często zdarzają się powierzchnie korzeni, gdzie jej w ogóle nie ma. Strzępki mykorhizy endotroficznej są w wielu wypadkach bardzo słabo widoczne, a trawione splątki nie dają tak intensywnych nasyceń komórek fagocytowych, jak to ma miejsce u drzew leśnych w dobrych bonitacjach. Zarówno więc rozwój ogólny roślin na wydmach, jak i rozwój mykorhiz, przedstawiają się słabo.

Łączność grzybów i traw wydmych — fragmenty wybrane.

Badania Nespiaka wykazały, że zarówno *Ammophila arenaria* jak i *Festuca rubra* v. *arenaria* są trawami autotroficznymi.

Co do *Ammophila*, to wyniki innych autorów zgadzają się z wynikami badań Nespiaka, lecz jeśli chodzi o *Festuca*, to istnieje dość utarty pogląd w literaturze (J a c z e w s k i, T o m u s c h a t i Z i e g e n s p e c k, S c h l i c h t), mówiący, że trawa ta jest mykotroficzna.

Do szczegółowszych badań wziąłem te dwie trawy dlatego, że rosną one w specyficznych warunkach, które w pewnych miejscach można przyrównać do czystych kultur. Mianowicie w ruchomym, przepłukanym i przewianym piasku wydmy przedniej, a nawet i przed nią, na świeżo wyrzuconym z morza.

Jak już w pracy wspomniano, na znacznych przestrzeniach można spotkać tylko jeden gatunek trawy bez żadnych domieszek.

Nawet w tych warunkach stale znajdujemy obok *Ammophila* grzyba kapeluszowego *Psilocybe ammophila*, którego trzon, głęboko zanurzony w piasku, przechodzi w widoczny, walcowaty splot grzybni, zlepionej z piaskiem, przez który często przerastają korzonki *Ammophila*.

Ostrożnie odgrzebując, można wyjąć taką całość z piasku, zakonserwować i sporządzić preparaty mikroskopowe.

Rys. 20. W agregacji *Ammophila arenaria* wyrasta *Psilocybe ammophila*
 fot. T. Dominik

Rys. 21. *Psilocybe ammophila* wyrasta nawet na silnie ruchomych piaskach
 towarzysząc wiernie zespołom *Ammophila arenaria*
 fot. T. Dominik

Grzybnia *Psilocybe ammophila* jest bezbarwna, złożona z cieniutkich strzępek.

Pod mikroskopem można obserwować korzonki ostatniego rzędu, oplecione dokoła grzybnią „przedłużonego“ trzonka *Psilocybe*, lecz nie ma między tkanką i plechą żadnej łączności anatomicznej.

Z licznych obserwacji wynika, że mimo rzucającej się w oczy wierności *Psilocybe ammophila*, grzyb ten nie tworzy mykorhizy z *Ammophila arenaria*.

Poza tym *Psilocybe* występuje bardzo rzadko w towarzystwie *Festuca rubra* v. *arenaria* lub *Corynephorus canescens*, również nie tworząc mykorhizy. Grzyb ten musi korzystać chyba ze złuszczających się tkanek kory pierwotnej korzeni traw lub z wydzielin korzeniowych, jako ze źródła węgla. Inne substancje organiczne w piasku nadbrzeżnym, jak wykazała ścisła analiza chemiczna, istnieją w mikroskopijnie małych ilościach, nie wyróżnialnych przy stosowaniu zwykłych metod analitycznych. To samo odnosi się do związków azotowych, których analiza chemiczna nie wykrywa.

Ammophila arenaria tworzy bardzo rozwlekły system korzeniowy, bogato rozgałęziony i pokryty olbrzymią ilością włosników, bardzo długich i dobrze rozwiniętych (mimo braku wapnia), więc znając przykłady na wielkość takiego systemu korzeniowego i jego olbrzymią powierzchnię, skłonni jesteśmy przypuszczać, że *Ammophila* starczą do rozwoju homeopatyczne dawki związków odżywczych, znajdujące się w piasku. Tym bardziej, że część trawy nadziemna jest w stosunku do systemu korzeniowego bardzo mała i dobrze chroniona grubą kutikulą.

Więc i trawa i grzyb jej towarzyszący są roślinami wybitnie oligotroficznymi, tworzącymi chyba najprymitywniejszy zespół roślinny.

Często na korzeniach *Ammophila*, szczególnie końcowych, znajdujemy podpadające nabrzmienia, o których wspominają T o m u s c h a t i Z i e g e n s p e c k (1929), uważając je za mykodomacja, lecz nie mykorhizę.

Otóż takie zgrubienia, z wykruszającą się tkanką, są niczym innym, jak zooecydiami, wywołanymi przez bardzo drobne, nieznane zoologom węgorki (*Aphelenchus* lub *Heterodera*). Strzępki w takich rozkładających się tkankach są czynnikiem wtórnym i mogą należeć do *Psilocybe ammophila*, która tym sposobem może znajdować dość obfity pokarm dla swego rozwoju. Kto wie, czy to nie jest właśnie jeden z łańcuchów biocenotycznych; badanie bowiem mikroskopowe nie znajduje różnicy między strzępkami wewnątrz zooecydiiów węgorkowych i strzępkami wymienionego grzyba.

Zdarza się również, że obok *Ammophila arenaria* wyowocowuje *Ithyphallus iosmus*, którego pępowinowe rhizomorfy oplatają korzenie trawy. Można, przy troskliwym wygrzebywaniu, znaleźć korzenie, zarówno grube jak i najcieńsze, oplecione puszystą, fioletową grzybnią, odrastającą od pępowiny tego grzyba

Rys. 22. *Ammophiletum* z owocnikiem gat. *Ithyphallus iosmus* Berk
fot. ś. p. F. Teodorowicz

Preparaty mikroskopowe wykazują wtedy w komórkach korzeni fioletowe grube strzępki grzyba, lecz nie tworzy się mykorhiza. Brak bowiem warstwy trawiennej, a raczej można wykryć i mikroskopowe i makroskopowe objawy degeneracji u rośliny zielonej. Zatem *Ithyphallus iosmus* pasożytuje na *Ammophila arenaria*.

Jednak nie zawsze grzyb ten jest w stanie wedrzeć się w tkanki korzeni *Ammophila*, przeważnie, nawet gdy pępowina grzyba oplata lub obrasta korzenie, tkanki trawy pozostają sterylne.

Festuca rubra v. *arenaria* normalnie wyrasta jako roślina autotroficzna. W niektórych jednak wypadkach, gdy przy niej rośnie *Ithyphallus iosmus*, można w korzeniach znaleźć obrazy typowe dla mykorhizy endotroficznej typu tolypofagicznego.

Przekrój poprzeczny takich korzeni jest zbliżony do korzeni *Ammophila*, lecz kontury komórek kory są regularniejsze. W warstwie trawiennej widać bardzo intensywne trawienie strzępek.

Grzybnia *Ithyphallus* na zewnątrz korzenia fioletowawa, wewnątrz komórek kory korzeniowej staje się bezbarwna, zachowuje jednak wymiary identyczne. Strzępki są grube z wyraźną ziarnistą plazmą.

Warstwa trawienna leży tuż przy endodermie.

Wnioskując z obrazów anatomicznych, należałoby powiedzieć, że jest to normalna mykorhiza endotroficzna, lecz równocześnie obserwacje nad rozwojem *Festuca rubra*, koło której wyrastały owocniki *Ithyphallus iosmus*, wskazują, że trawa ta źle się rozwija, a często nawet obumiera.

Grzyb nie przechodzi do walca osiowego, nie atakuje więc jak zwykły pasożyt. Jest trawiony i to silnie, więc jedynie można przypuścić, że substancje, które strzępki wnoszą do tkanek korzeni są szkodliwe. Jest to jeszcze jeden przykład na zły wpływ *Ithyphallus* wywierany na najbliższe im rośliny zielone.

Duża ilość gleby (piasku) wokół owocników *Ithyphallus iosmus* przeniknięta jest mdłym zapachem spermy, potem przechodzącym w zapach trupi. Może te wyziewy wpływają trująco na rośliny trawiaste? Przypuszczenie to nasunęło mi znane fakty z allopatji, o wpływie zapachów na rozwój roślin.

W żadnym razie *Ithyphallus iosmus* nie jest korzystnym symbiontem dla *Festuca rubra*.

Te dwa przykłady nie wyczerpują życia lotnych piasków nadmorskich, które wydają się sterylne. Badań nad ich mikroflorą nie było. Dlatego we wstępie do niniejszej pracy cytowałem wyniki badań Killiana i Fehera (1935—1938) nad mikroflorą lotnych piasków Sahary, aby zwrócić uwagę, że nawet wypralone przez słońce i suche (0,2% wody) piaski zawierają czynne i dość bogate życie mikroskopowych istot.

Badania mykotrofizmu zapoczątkowują prace z dziedziny mikrobiologii gleb, od lotnych piasków począwszy, które nasz Zakład planuje w 6-leciu. Przy tych badaniach wyłaniają się problemy inne, które mogłyby rozwiązać zakłady mikrobiologii gleb, a wtedy powstałby obraz całości życia glebowego, na pewno nie obojętny dla racjonalnego nawożenia i skorygowania jednostronnego poglądu na odżywianie się roślin zielonych. Teorie Liebiga, słuszne dla roślin hodowanych w sztucznych warunkach, winny być sprawdzone przez zbadanie ich założeń w naturalnych i pierwotnych asocjacjach, aby uniknąć degradacji gleb przez jednostronne nawożenie, bez brania pod uwagę biocenotycznych powiązań między mikroflorą glebową i roślinami zielonymi. Być może, że zajdzie potrzeba zmiany poglądów. Być może, że na tej drodze unikniemy gleb chorych, pokrywających prawie całe Niemcy, które przez kilkadziesiąt lat stosowały przepisy liebigowskie w nawożeniu.

Rozważania ogólne nad wynikami badań.

Badania mykotroficzne nad asocjacjami roślinnymi są zupełnie nowym kierunkiem badań. Pierwsze podobne badania przeprowadził w Japonii A s s a i (1934), od brzegu morza do szczytu góry najwyższej w kraju.

Jednakże A s s a i nie bada roślinności według właściwych zespołów, lecz według grup środowiskowych, np. rośliny wodne, błotne, na tufach, na skałach itp., zatem podchodzi do zagadnienia z czysto ekologicznego punktu widzenia, eliminując wpływy socjalne asocjacji roślinnych.

P e y r o n e l (1922) bada występowanie mykorhizy w różnych roślinach, nie przywiązując większej wagi do opisów środowiska, z którego bierze korzenie do badań.

S t a h l (1900), podobnie jak Peyronel, bada obecność mykorhizy u roślin, wiążąc jej występowanie z cechami takimi, jak transpiracja, odkładanie skrobi itp., znów pomija opisy środowiska, jakby ono nie miało wpływu na symbiotrofizm.

Liczni autorowie jednak stwierdzili, że nie we wszystkich okolicznościach mykorhizy powstają (wpływ roztworów glebowych, wpływ siły naświetlenia, nieobecność odpowiednich symbiontów w glebie itp.), co u roślin obligatorycznie mykotroficznych wywołuje obumieranie, np. u sosny, na terenach dla niej dziewiczych (R a y n e r, S t a r r - C h e s t e r, 1942).

Niedawno wydana syntetyczna praca Björkmana (1949), ujmująca całość zagadnień mykotrofizmu, nie wspomina o badaniach nad tym zjawiskiem w zależności od asocjacji roślinnych.

A przecież istnieją rośliny, wchodzące w różne asocjacje, żyjące w różnych warunkach ekologicznych i składające się z różnych elementów zarówno kwiatowych, jak i grzybowych. Jako przykład przytaczam sosnę, która żyje w bardzo wielu asocjacjach, a nawet musi się rozwijać na terenach porolnych, gdzie w ogóle o asocjacji mowy być nie może. Ciekawą jest więc rzeczą zachowanie się tych roślin i ich stosunek do grzybów, charakterystycznych dla poszczególnych asocjacji.

Gdy będziemy znali zachowanie się gatunku rośliny zielonej w różnych asocjacjach i gdy będziemy znali cechy różniące ekologicznie i fitosocjalnie poszczególne asocjacje, to będziemy mogli wnioskować więcej o sensie mykorhizy, niż z badań anatomicznych lub doświadczeń próbówkowych.

Dlatego zapoczątkowaliśmy badania nad mykotrofizmem w zależności od zespołów roślinnych i warunków ekologicznych.

Wyniki badań dadzą się ocenić dopiero po zgromadzeniu większej ilości materiału faktycznego. Praca niniejsza jest zapoczątkowaniem cyklu badań na ten temat.

Jest ona fragmentem, ale już można z niej wyciągnąć wniosek, że mykotrofizm nie jest aż tak silnie rozpowszechniony, jak mniemano, gdyż na wydymach naprzykład maksymalny procent mykotroficznych roślin zielnych na bagnie wysokim wynosi 52,5%. Reszta roślin jest samożywna. Poza bakteriotroficznymi, których na bagnie jest pare procent i to bardzo źle rozwiniętych, może przypadkowo wyrosniętych.

Następujące zestawienie procentu przegrzybienia roślinności zespołów wydymowych przedstawia wyniki naszych badań:

<i>Ammophiletum arenariae</i>	0 %
<i>Callunetum</i>	47 %
<i>Empetretum</i>	47 %
<i>Salicetum repentis</i>	47 %
<i>Pinetum empetrosum</i>	47,2%
<i>Pinetum callunosum</i>	40 %
<i>Pinetum sphagnosum</i>	52,5%
<i>Elymetum arenariae</i>	51,7%
<i>Calamagrostidetum</i>	51,7%
<i>Corynephoretum</i>	51,7%
Drzewa i krzewy	100 %

Wyjątek stanowił jałowiec z wydm podwarszawskich, lecz mógł to być tylko przypadek.

Z powyższego zestawienia widzimy, że za wyjątkiem *Ammophiletum* wszystkie zespoły (przy uwzględnieniu roślinności niskiej, a wyodrębnieniu drzew) wykazują mniej więcej równy % mykotrofizmu.

Na *Viola tricolor* v. *maritima* można prześledzić zależność wchodzenia w symbiozę od asocjacji: gatunek ten w *Ammophiletum* jest sterylny, a w *Pinetum empetrosum* tworzy słabą mykorhizę endotroficzną. Również Z a b ł o c k a (1936) na okazach, zebranych koło Wielkiej Wsi nad Bałtykiem i koło Helerowa, mykorhizy nie stwierdziła, za to na okazach wśród wydm koło Karwi, stwierdziła obfitą mykorhizę endotroficzną. Autorka ta myli się, nazywając tworzy w warstwie trawiennej, przedstawione na rysunkach drzewinkami i pęcherzykami, gdyż są to silnie nadtrawione splątki (tolypofagia), inaczej zwane kłębuszkami (Knäelverdaung). Szkoda że autorka podając stanowiska, nie podała w jakim zespole badane fiołki występowały.

Artemisia campestris f. *maritima* w *Ammophiletum* jest autotroficzna, gdy w *Pinetum empetrosum* i w *Salicetum repentis* wykazuje obfitą mykorhizę endotroficzną.

Salix repens w *Ammophiletum* tworzy mykorhizę ektotroficzną, gdy w *Pinetum empetrosum*, *Salicetum repentis* i *Callunetum* tworzy wyłącznie mykorhizę endotroficzną. Inne wierzby na piaskach wydmyowych zarówno morskich, jak i śródlądowych, tworzą mykorhizy endotroficzne, za wyjątkiem *Salix nigricans*, która wytworzyła mykorhizę ektotroficzną w *Pinetum callunosum*, wchodząc w symbiozę z jakąś grzybnią, budującą wokół korzeni czarną, pseudoparenchymatyczną opilśń.

Andromeda polifolia, tworząca na bagnie wysokim, jak i inne rośliny rodziny *Ericaceae*, mykorhizę endotroficzną, w zespole *Salicetum repentis* wytworzyła mykorhizę ektotroficzną typową choć bardzo słabą. *Andromeda polifolia* w tych warunkach rozwija się bardzo słabo i dorasta około 7 cm wysokości. Jednak nie widać na niej szkodliwego wpływu nowego symbionta.

Z tych kilku przykładów widzimy, że nie tylko warunki ekologiczne biotopu, lecz i biocenotyczne asocjacje wywierają silny wpływ na formowanie się mykorhizy.

Ogólnie można pozatem powiedzieć, że tylko rośliny obligatoryjnie mykotroficzne są i na wydmach złączone ze swymi symbiontami. Do takich należą drzewa, krzewy i rodzina *Ericaceae*. Inne rośliny mogą się różnie zachowywać.

Nasuwa się również wniosek, że Tomuschat i Ziegenspeck (1929) nie mają racji, przypisując dużą rolę mykotrofizmowi w odżywianiu się roślinności wydymowej, bo zaledwie około 50% tej roślinności żyje w symbiozie, a są i takie asocjacje, które żyją zupełnie autotroficznie.

Brak azotu w formie przyswajalnej, małe ilości (poniżej minimum), związków fosforowych i potasowych, ślady jedynie wapnia, magnezu i żelaza w piaskach wydmy przedniej winny według przypuszczeń Björkmana (1940—41) hamować rozwój mykorhizy, co potwierdza się na całym zespole *Ammophiletum*, który jest autotroficzny (wyjątek *Salix repens*). Tak sprawę możnaby postawić, gdybyśmy nie przebadali innych zespołów na wydmach głębiej leżących, gdzie warunki glebowe są identyczne. Ilość soli mineralnych identyczna, kompletny brak przyswajalnego azotu i równocześnie asocjacje wykazują 47 — 52% roślin mykotroficznych, a w tym wszystkie drzewa i krzewy silnie mykotroficzne. Zatem badania wyżej wymienionego autora na terenie Szwecji, a może tylko jego wnioski nie zgadzają się z wynikami naszych badań.

Można by powiedzieć, że raczej na rozwój mykorhizy na wydmach ma wpływ zestaw gatunkowy roślin zielonych i grzybów, a mniejszą rolę odgrywają warunki glebowe martwe, jak zawartość roztworów glebowych lub struktura fizyczna gleby (wniosek ten tymczasowy, można przyjąć tylko w stosunku do zespołów wydmyowych). Jednak jest to wniosek warunkowy, który być może ulegnie modyfikacji, gdy przebadamy zespoły roślin wysokogórskich i potem skomplikowane zespoły nizinne.

Na marginesie tej pracy chcemy zwrócić uwagę, że roślinności brzegowej Bałtyku nie można uważać w żadnym wypadku za halo-filną, gdyż znosi akurat zasolenie gleb mniejsze niż rośliny gleb uprawnych, a piaski nadbrzeżne są mniej zasolone niż dobre gleby uprawne, których zawartość NaCl może dochodzić do 0,3% (według Kearneya). Erhardt (1935) podaje, że w glebach glino-krzemianowych może być do 2,77% Na_2O . Gdy tymczasem piaski wydym nadmorskich zawierają od 0,006 — 0,21% NaCl. Natomiast roślinność brzegową możnaby nazwać głodomorami, gdyż jest wybitnie oligotroficzną, może więcej nawet niż roślinność bagna wysokiego.

Dalsze wnioski będzie można wyciągnąć dopiero po zgromadzeniu danych z różnych warunków ekologicznych i różnych asocjacji roślinnych.

Z ZAKŁADU FITOPATOLOGII I OCHRONY ROŚLIN UNIWERSYTETU
WROCŁAWSKIEGO

LITERATURA

- Alechin W. Geografia rastienij. Moskwa 1938.
- Asai T. Über das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Jap. Journ. of Botany, Vol. VII. Tokyo 1934.
- Björkman E. The ecological significance of the ectotrophic mycorrhizal association in forest trees. Svensk Botanisk Tidskrift, Bd. 43. Uppsala 1949.
- Bonecke W. Beiträge zur Physiologie und Ökologie von Stranddünen — und Salzpflanzen. Deutsche Forschung (sine anno).
- Bonecke W. Zur Biologie der Strand und Dünenfora I und II Teil. Berichte d. Deutschen Botan. Ges. 1930, 1931.
- Christiansen W. Die Vegetationsverhältnisse der Dünen auf Föhr. Botanische Jahrb. Leipzig 1927.
- Hocquette M. — Étude sur la végétation et la flore du littoral de la Mer du Nord de Nieuport à Sangatte. Arch. de Bot. Tome 1. 1927.
- Dominik T. Mykorhiza. Warszawa 1951.
- Erhart H. — Traité de pédologie. Tom I. Strassbourg 1935.
- Hueck K. Erläuterungen zur Vegetationskundlichen Karte der Lebanehrung (Ostpommern) Beitr. zur Naturdenkmalpflege, Bd. 15, 1932.
- Killian Ch. i Feher D. Recherches sur les phenomenes microbiologiques des sols sahariens. Annales de l'Institut Pasteur, Tome 55, 1935.
- Killian Ch. i Feher D. Le role et importance de l'exploration micro-biologique des sols sahariens. La vie dans la region desertique nord-tropicale de l'ancien mond. Paris 1938.
- Kolumbe E. Vegetationsverhältnisse der Inlanddünen Schleswig-Holstein. Ber. Deutsch. Botan. Ges. Bd. 43, 1925.
- Kulesza W. Zarys stosunków fitogeograficznych i fitosocjologicznych nad polskim morzem. Badania Geograficzne, 1934.
- Kearney T. — Are plants of sea beaches and dunes true halophytes? Bot. Gaz. Vol. 37. 1904.
- Lundegårdh H. Klima und Boden. Jena 1930.
- Masclef A. — Études sur la géographie botanique du Nord de la France. Journ. de Bot. 1888—1889.
- Massart J. — La biologie de la végétation sur le littoral belge. Bull. de la Soc. Roy. de Bot. de Belgique. Tome 32. 1893.
- Mayer E. Beiträge zur Pflanzengeographie der Europäischen Sandstrand — und Küstendünengebie'e. Münster, 1936.
- Paul K. Morphologie und Vegetation der Kurischen Nehrung. Nova Acta Leopoldina, Bd. 13. Halle an der Saale, 1944.
- Peyronel K. Sulla normale presenza di micorize nel grano e in altra piante coltivate spontanee. Bull. mens. di inf. et no⁴. della Reg. Stanz. di Pat. Veg. di Roma, III, 1922.
- Rayner C. M. — Trees and Toadstools. London (sine anno).
- Redmann H. — Untersuchungen über die Waldgeschichte der Frischen Nehrung, Schriften der Phys.-ökon. Ges. zu Königsberg, Bd. 70, 1938.
- Stocker O. — Beiträge zum Halophytenproblem. Ökologische Untersuchungen an Strand — und Dünenpflanzen des Darss (Vorpommern). Zeitschr. f. Botanik, Jahrg. 16, 1924.

- Stahl E. — Der Sinn der Mykorrhizenbildung. Jahrb. f. wiss. Bot. Leipzig 1900.
- Teodorowicz F. — Grzyby wyższe polskiego wybrzeża. Badania Przyrodnicze Pomorskie. Toruń 1936.
- Tomuschat E. i Ziegenspeck H. — Beiträge zur Kenntnis der Ostpreussischen Dünen. Schriften der Königsberger Gelehrten Gesellschaft. Halle an der Saale, 1929.
- Walther H. — Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Jena 1927.

R É S U M É

Les auteurs mentionnées dans les sous-titres du present travail, ont fait des recherches sur le végétation des dunes maritimes près de Łeba sur Baltique ainsi que des dunes à Miłosna près de Varsovie.

Les conditions écologiques des dunes maritimes, décrites dans ce travail, dénotent une grande pénurie de sels alimentaires et un manque complet d'azote en sa forme assimilable. Le phosphore et la potasse se trouvent dans une quantité à peu près 10 fois inférieure au minimum de Neubauer. Les dunes contiennent de 0,003 — 0,21% de chlorure de sodium, par conséquent moins que les sols cultivés qui peuvent en renfermer 0,02—0,3%.

Le tableau ci-dessous présente le degré de mycotrophisme des différentes associations végétales. Le pourcentage indique les quantités des espèces mycotrophiques, sans faire mention du degré du développement des champignons dans les racines.

Association végétale	Nombre des espèces	% des espèces mycotrophiques
Ammophiletum arenariae	15	0
Callunetum	8	47
Empetretum	8	47
Salicetum repentis	23	47
Pinetum empetrosum	27	47
Pinetum callunosum	16	40
Pinetum sphagnosum	19	52
Elymetum arenariae	29	52
Calamagrostidetum		
Corynephorretum		
Arbres et arbustes		100

De nombreuses espèces montrent un mycotrophisme très variable c'est-à-dire qu'elles sont autotrophiques dans une association et mycotrophiques dans une autre. Ceci dépend de la présence ou du manque de champignons donnés, car les autres conditions, à savoir les propriétés du sol et du climat ne varient pas dans l'étendue des dunes.

L'azote en sa forme assimilable n'existe pas dans les dunes, la potasse et le phosphore s'y rencontrent en quantités inférieures au minimum et l'on ne trouve que des traces des autres métaux.

D'après les supposition de B j ö r k m a n n (1949) ces conditions écologiques doivent donc s'opposer à la formation de la mycorrhize. On pourrait trouver la confirmation de cette supposition dans l'Amphiphileum de la dune première du littoral de la mer, qui est une association autotrophique; pourtant d'autres associations, au fond des dunes, dans les mêmes conditions du sol et du climat, souvent situées à quelques mètres en arrière de la dune première, possèdent déjà un grand pourcentage de mycotrophisme, atteignant 50% des espèces formant l'association. Ainsi donc la supposition de Björkmann ne se trouve pas confirmée par la nature.

On pourrait dire, par contre que c'est l'ensemble des espèces des plantes vertes et des champignons formant l'association, qui exerce la plus forte influence sur le développement de la mycorrhize.

Les conditions du biotope semblent n'influer que sur l'intensité du développement des champignons dans les racines, qui est d'autant plus grande que le sable des dunes contient plus d'humus. Cette conclusion n'est pas absolument certaine et la nécessité d'une modification peut apparaître, après l'examen d'autres associations.

Les auteurs entreprennent des recherches systématiques sur des associations variées et de plus en plus compliquées, en étudiant d'abord les dunes maritimes, des associations alpestres au-dessus de la limite du *Pinus montana* où l'on peut facilement déterminer les conditions écologiques, puis les forêts et le prés naturels et artificiels, et en fin les associations les plus compliquées, celles des forêts vierges. Grâce à ces recherches qui tiennent compte des conditions sociologiques des associations, on pourra trouver, en se basant sur l'étude de la nature, la solution de bien de problèmes, difficiles à résoudre au laboratoire.