

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN—POLONIA

VOL. IX, 2.

SECTIO C

1954

---

Z Zakładu Fizjologii Zwierząt Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi U.M.C.S.  
Kierownik: vacat

M a r i a n R Y B I C K I

**Znaczenie roślin zielonych w życiu owadów**

**Значение зеленых растений в жизни  
насекомых**

**Die Bedeutung der grünen Pflanzen im Leben  
der Insekten**

C z ę ś ć II.

Spożycie, resorpcja i wyzyskanie liści różnych roślin zielonych przez gąsienice  
*Mimas tiliae* L. (*Sphingidae*) i *Phalera bucephala* L. (*Notodontidae*).

Praca niniejsza jest dalszym ciągiem tych badań, których zadaniem jest rozwiązanie zagadnienia mono- i polifagizmu u gąsienic luskoskrzydłych. Wyniki doświadczeń ogłoszone w pierwszej pracy (15) stwierdzają, że zamiana pokarmu roślinnego dokonana w różnych okresach rozwoju gąsienic, w obrębie tych roślin, którymi normalnie odżywiają się one w warunkach naturalnych, powoduje różną reakcję gąsienic. Wyrazem tej reakcji ustroju gąsienic jest przyspieszenie albo skrócenie czasu rozwoju poszczególnych okresów a niekiedy duża śmiertelność.

Zagadnienie możliwości odżywiania się gąsienic luskoskrzydłych liśćmi wielu roślin zielonych było przedmiotem badań, ale jest ono tak skomplikowane i tak zależne od wielu czynników, że doszukiwanie się jakiegokolwiek zależności jednostronnej, nie stwarza dostatecznej podstawy do tego, aby uznać to zagadnienie za rozwiązane.

W uzupełnieniu tych przyczyn jakimi różni autorzy usiłowali tłumaczyć możliwość odżywiania się gąsienic częściami zielonymi wielu roślin, a które podane zostały w pierwszej pracy (15) — dodać należy i inne. Zależność odżywiania się

gąsienic motyli liśćmi roślin zielonych tłumaczy Kozaneczikow (11) różnicą chemizmu liści w ciągu sezonu wegetacyjnego.

Trzyletnia praca tego autora polegała na odżywianiu gąsienic *Antheraea pernyi* liśćmi dębu w różnych miesiącach ich okresu wegetacyjnego — od 3.VI do 20.XI. W doświadczeniach tych autor stwierdził, że odżywianie gąsienic tego jedwabnika liśćmi wiosennymi (3.VI—10.VII) skraca czas ich wzrostu w przybliżeniu o tydzień. Ciężar ciała gąsienic i poczwerek jest wprawdzie w tym okresie znaczny ale nie maksymalny. Śmiertelność w tych hodowlach wynosi od 5 do 10%. Najlepsze wyniki otrzymano przy odżywianiu liśćmi letnimi (21.VI—31.VII). Odżywianie liśćmi jesiennymi (17.IX—20.XI) przedłuża czas wzrostu, towarzyszy temu spadek ciężaru ciała gąsienic i poczwerek oraz śmiertelność w pierwszych dwóch okresach rozwojowych od 10—15%, a w ostatnim okresie ponad 20%. W czasie tych doświadczeń autor stwierdził fakt, że najslabiej (28,7%) wyzyskane są liście spożywane od 21.VI do 31.VII, lepiej wiosenne (30,7%), a najlepiej (35,1%) liście jesienne. Wyzyskanie przez gąsienice jedwabnika dębowego liści — jak tłumaczy autor — wzrasta w związku z niedostateczną zawartością w nich zasadniczych, niezbędnych do wzrostu gąsienicom składników odżywczych. Wynika więc z tego — pisze autor — że odżywiając gąsienice liśćmi letnimi, część pokarmu wyzyskana na przyrost żywej masy jest minimalna przy umiarkowanej ilości wykorzystanej wody. Odżywianie liśćmi wiosennymi powoduje zużycie maksymalnej ilości wody i dużej ilości suchej substancji na przyrost żywej masy ciała gąsienic.

Dodanie do liści wiosennych 10—15% sacharozy — w stosunku do ciężaru świeżej masy liści — powoduje znaczne przyspieszenie wzrostu gąsienic, a końcowy ciężar ich ciała jest prawie taki sam jak przy odżywianiu pokarmem optymalnym. Dodanie sacharozy do liści letnich obniża wyzyskanie pokarmu. Na podstawie wyników tych doświadczeń autor dochodzi do wniosku, że liście wiosenne dębu charakteryzuje niedostateczna ilość cukrów prostych (co stwierdzają również dane biochemiczne) koniecznych gąsienicom do wzrostu.

Podobnego typu doświadczenia wykonane z kwasem asparaginowym wykazały, że związek ten nie wywiera dodatniego wpływu przy odżywianiu liśćmi letnimi, natomiast dodanie kwasu asparaginowego do liści jesiennych powoduje wyraźne przyspieszenie wzrostu gąsienic.

W końcowym wyniku rozważań autor dochodzi do wniosku, że oprócz specjalizacji jedwabnika dębowego w odżywianiu się liśćmi określonych gatunków dębu, ma miejsce również i specjalizacja w odżywianiu się liśćmi określonej fazy wegetacji, mianowicie w okresie działalności liści jako aparatu asymilacyjnego.

W doświadczeniach Kozaneczikowa, obiektem doświadczeń były nie tylko gąsienice *Antheraea pernyi*, ale i gąsienice innych gatunków należących do polifagów, a mianowicie: *Acrionicta rumicis* L., *Ocneria dispar* L. i *Malucosoma neustria* L.

Ciekawe wyniki otrzymał ten sam autor z doświadczeń przeprowadzonych z gąsienicami wybitnie polifagicznego gatunku — *Ocneria dispar* L. Odżywiano je liśćmi trzech gatunków roślin: *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia* i *Quercus robur*. Rozwój gąsienic nieparki odżywianych liśćmi tych roślin, znajdującymi się w różnych okresach wegetacji, cechuje bardzo różnorodna śmiertelność. W hodowli wiosennej na *Salix caprea* śmiertelność wynosi 6,4%, na *Sorbus aucuparia* — 17,1%,

a na *Quercus robur* — 10,0%, Hodowla letnia na *Salix caprea* — 12,1%, na *Sorbus aucuparia* — 100%, na *Quercus robur* — 68,3%. Zaś hodowla jesienna na *Salix* — 88,0% i na *Quercus robur* — 98,0%. Wyniki tych doświadczeń wskazują, że gąsienice *Ocneria dispar* mogą odżywiać się liśćmi jarzębiny tylko na wiosnę. Gąsienice odżywiane liśćmi tej samej rośliny w połowie czerwca giną nie osiągając dojrzałości, chociaż część z nich rośnie i linieje w ciągu kilku pierwszych stadiów. Giną natomiast wszystkie w pierwszym stadium przy odżywianiu liśćmi letnimi. W porównaniu więc z liśćmi iwy — jak podaje autor — liście jarzębiny spożywać mogą gąsienice tylko krótki okres czasu.

Inne wyniki otrzymał autor z hodowli gąsienic polifaga — *Acrionicta rumicis* L. odżywianych liśćmi *Salix fragilis*, *Potentilla anserina* i *Artemisia vulgaris*. Najlepsze rezultaty hodowli otrzymano przy odżywianiu gąsienic liśćmi *Salix fragilis* w czasie od I.VII do 3.VIII. Hodowlę prowadzoną w tym czasie cechuje brak śmiertelności wśród gąsienic, podczas gdy odżywiane w czasie od I.VI do 5.VII liśćmi *Artemisia vulgaris* giną w 100%, a odżywianie w tym samym czasie liśćmi *Salix fragilis* giną w 50%.

W końcowych swoich rozważaniach K o z a n c z i k o w dochodzi do wniosku, że pod względem specjalizacji pokarmowej, wśród gąsienic luskoskrzydłych odżywiających się liśćmi roślin drzewiastych daje się wyodrębnić dwie grupy:

1. Grupa gąsienic wyspecjalizowana w spożywaniu pokarmu bogatego w białko i wodę a ubożego w węglowodany. Są to gatunki odżywiające się liśćmi wiosennymi, a więc o niestłym składzie biochemicznym.

2. Grupa gąsienic wyspecjalizowana w odżywianiu się liśćmi bogatymi w węglowodany a uboższymi w białko, ale za to bardziej stałymi pod względem biochemicznym.

Z przytoczonej klasyfikacji wynika, że zależność odżywiania się gąsienic motyli liśćmi roślin zielonych tłumaczy K o z a n c z i k o w określoną fazą wegetacji rośliny. Nie ulega wątpliwości, że ten kierunek interpretacji posiada wiele słuszności, niemniej jednak wydaje się on dosyć jednostronny, bowiem cały ciężar zagadnienia sprowadzony zostaje do zmian składu chemicznego liści w okresie ich wegetacji.

Organizm gąsienicy jest również bardzo dynamiczny i w każdym okresie swego rozwoju posiada różne wymagania na określone składniki pokarmowe. Sprawę zapotrzebowania komplikuje fakt zależności funkcji fizjologicznych organizmu gąsienic od czynników fizycznych.

W zagadnieniu odżywiania się gąsienic motyli liśćmi roślin zielonych, mamy do czynienia z dwoma różnymi indywidualnymi fizjologicznymi ściśle ze sobą związanymi. Zdawać sobie również należy sprawę, że wykrycie wszystkich zależności funkcjonalnych jednego i drugiego organizmu jeszcze bardziej komplikuje to zagadnienie.

Zdolnością wyzyskania przez gąsienice *Phalera bucephala* różnych składników zawartych w liściach *Corylus avellana* zajmował się Evans (6). Stosując do-

kładne metody biochemiczne analizy liści i wydaliny autor stwierdził, że gąsienice tego gatunku przyswajają prawie 60% białek, 80% cukrów rozpuszczalnych, 60% tłuszczu oraz 35% składników mineralnych.

W drugiej pracy (7) ten sam autor badając zdolność odżywiania się gąsienic *Phalera bucephala* liśćmi *Carpinus betulus*, gąsienic *Malacosoma neustria* liśćmi *Salix viminalis*, *Aglais urticae* liśćmi *Urtica dioica* i *Pieris brassicae* liśćmi *Brassica oleracea capitata*, dla ułatwienia wyników dyskusji wprowadza spójczynniki: wyzyskania pokarmu, wzrostu (przyswajania) i zmetabolizowania.

W pracy tej autor stwierdził szereg następujących faktów:

1. Spójczynniki wzrostu (przyswojenia) u gąsienic *Phalera bucephala* zwiększa się do połowy trzeciego okresu a potem waha się nieregularnie. Prawie 90% wody zawartej w pokarmie wydalane jest w czasie pierwszych czterech dni życia larwalnego.

2. Spójczynniki wyzyskania pokarmu przez ten sam gatunek gąsienicy spada stale w czasie pierwszego i drugiego okresu rozwojowego, a w trzecim, czwartym i piątym waha się nieregularnie. Spożycie pokarmu, przyswojenie i zmetabolizowanie na gram larwy na dzień posiada przebieg podobny.

3. Gąsienice badanych przez Evansa (7) gatunków motyli przyswajają i spożywają pokarm w bardzo różnych ilościach. Tak samo różne są ilości przyswojonych węglowodanów, tłuszczów i składników mineralnych na gram larwy na dzień.

Wyniki pracy K o Ź a n c z i k o w a, usiłującego interpretować możliwość odżywiania się określonego gatunku gąsienicy określoną fazą węgetacyjną liścia jako aparatu asymilacyjnego, oraz wyniki prac Evansa dotyczące wyzyskania, przyswojenia i zmetabolizowania pokarmu roślinnego przez gąsienice odżywiane liśćmi *Corylus avellana* i *Carpinus betulus*, wysunęły potrzebę zbadania możliwości odżywiania się gąsienic *M. tiliae* L. i *Ph. bucephala* L. liśćmi różnych roślin, ale w obrębie tych gatunków, którymi odżywiają się one w warunkach naturalnych, stwierdzenia ich zdolności resorbcyjnej, wyzyskania i przyswojenia pokarmu oraz możliwie wszechstronnego zinterpretowania tych procesów.

### Metodyka

Obiektem doświadczalnym były gąsienice dwóch gatunków motyli: *Mimas tiliae* L. i *Phalera bucephala* L., które odżywiano liśćmi różnych drzew i krzewów.

Hodowla eksperymentalna obejmowała tylko piąty okres rozwoju tych gatunków gąsienic. Ponieważ pokarmem gąsienic były liście różnych drzew i krzewów, przeto poszczególne kultury gąsienic określano

mianem serii, z dodaniem nazwy rodzajowej tej rośliny, której liście służyły jako pokarm.

Gąsienice *M. tiliae* L. zebrane były we wczesnych stadiach rozwojowych w warunkach naturalnych.

Gąsienice *Ph. bucephala* L. serii: *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus* i *Tilia* pochodziły z jaj złożonych przez jedną samicę w warunkach laboratoryjnych; gąsienice serii: *Corylus* i *Quercus* z jaj złożonych przez drugą samicę, zaś gąsienice serii: *Alnus*, *Populus* i *Salix* zebrane były w czwartym okresie rozwoju w warunkach naturalnych na niskich drzewach: *Alnus glutinosa* G a e r t n. (16), (12) \*), *Populus nigra* L. i *Salix caprea* L.

Złożone przez motyle jaja dzielono na kilka grup, a wylęgłe w każdej grupie gąsienice odżywiano liśćmi innej rośliny. Poszczególne serie gąsienic do czwartej wylinki hodowano w cylindrach szklanych, zapewniających utrzymanie stałej wilgotności, w temperaturze 25°.

Wyjściowym materiałem doświadczalnym były gąsienice poszczególnych serii w okresie czwartej wylinki. Od tego momentu rozpoczęto hodowlę indywidualną. Nieruchome gąsienice umieszczano pojedynczo w krystalizatorach pojemności około 500 ml na krążku bibuły zwilżonym wodą destylowaną i przykrywano płytką szklaną, aby zawarte w krystalizatorze powietrze nasycić parą wodną. Z każdej serii umieszczano w krystalizatorach około 30 gąsienic (pojedynczo).

Część z nich (8—10 sztuk) używano do analiz po dwóch — czterech godzinach po wylince, pozostałe dzielono na dwie części, z których jedną uważano za kontrolną. Użyte do analiz gąsienice po czwartej wylince ważono, zabijano w temperaturze 100° i suszono początkowo na łaźni wodnej, a następnie do stałej wagi w suszarce próżniowej w temperaturze 45°. Po dokładnym wysuszeniu ważono je ponownie, oznaczając w ten sposób zawartość w nich wody i suchej substancji.

Gąsienice doświadczalne i kontrolne ważono przed podaniem pożywienia. Zerowanie rozpoczynały gąsienice zwykle w kilkanaście godzin po wylince.

Pokarmem gąsienic były liście drzew i krzewów, zbierane codziennie między godziną 6 i 7 rano, przy czym zrywano liście począwszy od szóstego lub siódmego w dół, licząc od wierzchołka pędu. Zbierano

---

\*) Wszystkie drzewa i krzewy — których liście były pokarmem gąsienic — oznaczano w tej pracy posługując się tymi dwoma źródłami.

je zwykle do większego słoja i zamykano szczelnie chroniąc w ten sposób przed utratą wody.

Określone wagowe ilości świeżych liści umieszczano w krystalizatorach z gąsienicami doświadczalnymi, w krystalizatorach z gąsienicami kontrolnymi, oraz w krystalizatorach ze zwilżoną bibułą ale bez gąsienic (liście kontrolne), a część liści, dokładnie odważonych, analizowano codziennie oznaczając w nich wodę, suchą substancję, przechowując w stanie suchym do dalszych analiz.

Następnego dnia ponownie ważono gąsienice, pokarm pozostały i wydaliny. W próbkach liści pozostałych i kontrolnych oznaczano codziennie podanym wyżej sposobem wodę i suchą substancję.

Po każdorazowym dokładnym zebraniu resztek pokarmu i wydaliny, bibułę ponownie zwilżano kilkoma kroplami wody destylowanej. Umieszczano w krystalizatorze gąsienicę wraz z określoną wagową ilością świeżych liści i przykrywano szkłem.

Oznaczenia wody i suchej substancji w liściach podanych gąsienicom, pozostałych i kontrolnych, dokonywano codziennie, oddzielnie dla każdej grupy liści. Nieznaczne niekiedy napotykanne odchylenia zawartości procentowej poszczególnych składników leżały w granicach błędów oznaczeń.

Wydaliny zbierano również codziennie do małych tygli porcelanowych i po oznaczeniu ich ciężaru świeżego, suszono je do stałej wagi w temperaturze 105°. Po wysuszeniu ponownie ważono i przechowywano w małych epruwetkach w celu dokonania dalszych analiz.

Zmianę pokarmu, oznaczenia ciężaru gąsienic doświadczalnych i kontrolnych, ciężaru wydaliny, liści podanych, pozostałych i kontrolnych, dokonywano codziennie, w miarę możliwości w równych 24-godzinnych odstępach czasu.

Gąsienice dojrzałe z chwilą ukończenia żerowania trzymano w krystalizatorach aż do momentu wydalenia przez nie z przewodu pokarmowego resztek pokarmu wraz z nadmiarem wody i składników mineralnych.

Dojrzałe gąsienice po uprzednim zważeniu zabijano w temperaturze 100° i suszono w ten sam sposób jak gąsienice w czwartej wylince.

W zebranych materiale doświadczalnym wysuszonym oznaczano azot metodą Kjeldahla.

Hodowlę gąsienic prowadzono w temperaturze 25°.

## Część doświadczalna

### 1. Spożycie pokarmu

Pokarmem gąsienic *Mimas tiliae* L. były liście drzew: *Alnus incana* Moench., *Betula verrucosa* Ehrh., *Tilia platyphyllos* Scop i *Ulmus campestris* L. Gąsienice zaś *Phalera bucephala* L. odżywiano liśćmi: *Acer platanoides* L., *Alnus glutinosa* Gaertn., *Betula verrucosa* Ehrh., *Carpinus betulus* L., *Corylus avellana* L., *Fagus sylvatica* L., *Populus nigra* L., *Quercus pedunculata* L., *Salix caprea* L. i *Tilia platyphyllos* Scop.

Duża ilość gatunków roślin, których liście mogą być pokarmem wymienionych gatunków gąsienic, nasunęła konieczność ustalenia, jaką ilość świeżych liści każdego gatunku rośliny spożywają gąsienice.

Pomiary ciężaru ciała gąsienic doświadczalnych po czwartej wylince przed rozpoczęciem żerowania i dojrzałych, dają wielkość przyrostu żywej masy ciała w piątym okresie rozwoju, a ilość spożytego w tym czasie pokarmu, daje obraz wartości liści poszczególnych roślin, wartości z punktu widzenia możliwości fizjologicznych gąsienic.

Dane liczbowe ilustrujące te stosunki zawarte są w tabeli I.

#### *Mimas tiliae* L.

Ten gatunek gąsienicy odżywiano liśćmi czterech roślin, a okres czasu jaki przypada na piąty okres rozwoju wynosi: dla gąsienic serii *Alnus* — od 7.VI do 13.VI.49, serii *Betula* — od 9.VI do 15.VI.49, serii *Tilia* — od 17.VII do 26.VII.49 i gąsienic serii *Ulmus* — od 6.VI do 13.VI.49.

Analizując poszczególne rubryki w tabeli, daje się zauważyć, że czas żerowania gąsienic różnych serii nie jest jednakowy. Najdłużej żerują gąsienice odżywiane liśćmi lipy, a najkrócej odżywiane liśćmi olszyny i brzozy. Wartość czasu charakteryzująca żerowanie gąsienic w piątym okresie ich rozwoju, a więc w tym okresie, w którym gąsienica gromadzi w organizmie tę ilość składników pokarmowych jaka jest potrzebna do dalszej metamorfozy, świadczyłaby o różnej reakcji gąsienic na spożywany pokarm. Reakcję tę — z konieczności — chwilowo łączyć należy tylko z pokarmem, a jak to się zwykło określać, wartością pokarmu.

**Tabela I.**

Spżycie liści, resorbcja i wyzyskanie pokarmu w piątym okresie  
(wartości średnie otrzymane  
Blätterverzehrung, Resorbition und Ausnutzung  
(in der individuellen Züchtung)

Serie	Liczba gąsienic w doświadczeniach Raupenzahl b. Experimenten	Czas trwania doświadczenia Zeitdauer d. Exper.	Ciężar ciała gąsienic po IV wylince *) Raupenkörper gew. nach d. IV Häutung	Przyrost ciężaru ciała Körpergewichtszunahme	
				całkowity total	w % ciężaru początkowego Prozentsatz des Anfangsgewichtes
		Dni—Tagen	g	g	%
M i m a s					
<i>Alnus</i>	10	7	0.580 ± 0.017	1.426 ± 0.028	246
<i>Betula</i>	10	7	0.612 ± 0.032	1.630 ± 0.032	266
<i>Tilia</i>	10	10	0.452 ± 0.010	1.405 ± 0.023	311
<i>Ulmus</i>	10	8	0.385 ± 0.011	1.341 ± 0.046	348
P h a l e r a					
<i>Acer</i>	9	11	0.505 ± 0.007	1.066 ± 0.015	211
<i>Alnus</i>	10	8	0.370 ± 0.012	1.066 ± 0.049	288
<i>Betula</i>	10	7	0.563 ± 0.014	1.461 ± 0.068	259
<i>Carpinus</i>	9	10	0.404 ± 0.011	1.000 ± 0.013	248
<i>Corylus</i>	10	8	0.462 ± 0.007	1.129 ± 0.019	244
<i>Fagus</i>	10	8	0.365 ± 0.012	1.011 ± 0.016	277
<i>Populus</i>	10	8	0.290 ± 0.013	0.842 ± 0.049	290
<i>Quercus</i>	10	7	0.391 ± 0.011	1.253 ± 0.041	320
<i>Salix</i>	10	8	0.295 ± 0.019	1.123 ± 0.036	381
<i>Tilia</i>	10	10	0.357 ± 0.011	0.744 ± 0.026	209

\*) W rubryce „4” umieszczono średnie otrzymane przeciętnie z trzydziestu gąsienic.



Tabela I.

rozwoju przez gąsienice *Mimas tiliae* L. i *Phalera bucephala* L.  
z hodowli indywidualnych)  
der Nahrung in der V Entwicklungsperiode  
erhaltene Durchschnittswerte).

7		8		9		10		11		12	
Liście spożyte Verzehre Blätter				Wydaliny Ausscheidungen		Pokarm zresorbowany Resorbierte Nahrung				Wyzyskanie pokarmu	
ilość całkowita Gesamtmenge	na gram przyrostu Auf ein g. des Anwachses			ilość całkowita Gesamtmenge		ilość całkowita Gesamtmenge		na gram przyrostu Auf ein g. d. Gewichts zunahme		Nahrungsaus- nutzung	
g	g			g		g		g		%	
<i>t i l i a e</i> L.											
6.901	4.839			4.493		2.408		1.689		34.89	
± 0.221				± 0.177		± 0.121					
9.978	6.121			6.761		3.217		1.974		32.24	
± 0.204				± 0.126		± 0.121					
8.193	5.831			5.834		2.359		1.679		28.79	
± 0.103				± 0.076		± 0.022					
6.047	4.509			4.029		2.018		1.505		33.37	
± 0.229				± 0.153		± 0.085					
<i>b u c e p h a l a</i> L.											
12.076	11.328			9.929		2.147		2.014		17.78	
± 0.154				± 0.145		± 0.032					
7.459	6.997			5.478		1.981		1.858		26.56	
± 0.259				± 0.207		± 0.071					
11.422	7.818			8.996		2.426		1.660		21.24	
± 0.327				± 0.202		± 0.127					
13.793	13.793			11.702		2.091		2.091		15.16	
± 0.236				± 0.201		± 0.050					
10.663	9.445			9.172		1.491		1.320		13.98	
± 0.395				± 0.343		± 0.091					
9.060	8.961			7.632		1.428		1.412		15.76	
± 0.244				± 0.266		± 0.054					
5.173	6.144			3.904		1.269		1.507		24.53	
± 0.333				± 0.284		± 0.061					
6.420	5.124			4.642		1.778		1.419		27.69	
± 0.161				± 0.138		± 0.082					
8.243	7.340			6.257		1.986		1.768		24.09	
± 0.165				± 0.164		± 0.061					
15.739	21.155			13.765		1.974		2.653		12.54	
± 0.264				± 0.284		± 0.053					

Liczby ilustrujące ciężar ciała gąsienic wchodzących w piąty okres rozwoju charakteryzuje znaczna rozbieżność. Największy ciężar początkowy posiadają gąsienice serii *Betula*, zaś najmniejszy — serii *Ulmus*. Ponieważ ciężar ciała gąsienicy jest wyrazem jej zdolności asymilacyjnej spożywanego pokarmu, to o 37% większy — w tym okresie — ciężar ciała gąsienic serii *Betula*, świadczyłby, że w ciągu pierwszych czterech okresów odżywiania się liśćmi brzozy, ten pokarm gąsienice lepiej asymilują, niż gąsienice tego samego gatunku odżywiane liśćmi wiązu czy lipy (wiązu 37%, lipy 26% mniejszy w stosunku do ciężaru gąsienic serii *Betula*). Mamy więc do zanotowania jeden fakt, że gąsienice *M. tiliae* L. odżywiane liśćmi różnych roślin, w pierwszych czterech okresach swego rozwoju larwalnego różnie asymilują spożywany pokarm, czego wyrazem jest ich różny ciężar ciała w pierwszym dniu piątego okresu rozwoju.

Odżywiając gąsienice *M. tiliae* w piątym okresie rozwoju liśćmi różnych roślin, na których one normalnie żerują w warunkach naturalnych, chodziło przede wszystkim o stwierdzenie, jakie ilości pokarmu są spożywane przez poszczególne serie gąsienic. Oznaczenie ciężaru ciała gąsienic dojrzałych daje nam pojęcie natężenia procesów asymilacyjnych, oraz zdolności wyzyskania spożywanego pokarmu.

Porównując przyrost ciężaru ciała gąsienic w poszczególnych seriach (Tabela I rubryka 5) stwierdzić należy i tym razem, że gąsienice odżywiane liśćmi brzozy wykazują największy przyrost, jest on o 18% większy niż u gąsienic serii *Ulmus* a o 14% większy od gąsienic serii *Tilia*. W rzeczywistości przyrost ten jest jeszcze większy, po uwzględnieniu czasu osiągnięcia dojrzałości, bowiem w serii *Betula* gąsienice osiągnęły dojrzałość w ciągu 7 dni, w serii *Tilia* w ciągu 10 dni, a w serii *Ulmus* w ciągu 8 dni.

Uzupełnieniem wartości liczb określających przyrost ciężaru ciała gąsienic w poszczególnych seriach są wartości w rubryce 6 ilustrujące przyrost wyrażony w procentach ciężaru początkowego. Porównując te wartości bez uwzględnienia czasu trwania piątego okresu musieliśmy przyjąć, że optymalnym pokarmem odżywiały się gąsienice serii *Ulmus*. Wydaje się jednak, że po uwzględnieniu czasu żerowania, wartości zawarte w tej rubryce byłyby do siebie bardzo zbliżone.

Analiza wartości liczbowych przyrostów ciężaru ciała za piąty okres rozwoju oraz wyrażenie tej wartości w procentach ciężaru początkowego, zmusza do zanalizowania wartości bezwzględnych ilości spożytych — w tym okresie rozwoju — liści.

W rubryce 7 (Tabela 1) podane są średnie wartości ciężaru liści spożytych w piątym okresie rozwoju przez jedną gąsienicę. Krańcowymi wartościami są: 9.978 g liści dla gąsienic serii *Betula* i 6.047 g liści dla gąsienic serii *Ulmus*. A więc gąsienice serii *Betula* spożywają o 39% więcej pokarmu niż gąsienice serii *Ulmus*, a o 18% więcej niż gąsienice serii *Tilia*. Obraz ten będzie nieco odmienny, jeśli uwzględnimy, że czas rozwoju gąsienic serii *Tilia* jest o 3 dni a gąsienic serii *Ulmus* o 1 dzień dłuższy, niż gąsienic serii *Betula*.

Ciekawie pod tym względem przedstawia się ilość spożytych liści przez gąsienice serii *Alnus* w porównaniu z ilością liści spożytych przez gąsienice serii *Betula*. Czas trwania piątego okresu rozwoju dla gąsienic tych dwóch serii jest jednakowy, ale ilość spożytych w tym czasie liści przez gąsienice serii *Alnus* jest o 31% mniejsza. W czym tkwi przyczyna tego zjawiska? W miarę dostarczania dalszych dowodów ilustrujących przebieg procesów fizjologicznych u gąsienic odżywiających się liśćmi różnych roślin, być może łatwiej będzie można znaleźć związek przyczynowy tego zjawiska z jakimś czynnikiem.

Porównując dane zawarte w rubryce 8 (Tabela 1) stwierdzić należy, że gąsienice serii *Ulmus* spożywają najmniej pokarmu (4.509 g) na gram przyrostu, zaś gąsienice serii *Betula* — najwięcej (6.121 g). Z porównania tych danych wynika ważny fakt, że gąsienice serii *Betula* na gram przyrostu spożywają największą ilość wagową liści. Wprawdzie ich czas rozwoju jest krótszy w porównaniu z czasem rozwoju gąsienic serii *Tilia* i *Ulmus*, ale identyczny z czasem rozwoju gąsienic serii *Alnus*, u których ciężar spożytych liści na gram przyrostu jest o 21% mniejszy od gąsienic serii *Betula*.

Wartości liczbowe ilustrujące ilość świeżego pokarmu zresorbowanego, otrzymane zostały przez odjęcie ilości świeżych wydaliny wyprodukowanych przez cały piąty okres rozwoju od ilości spożytego w tym czasie pokarmu. Zebrane są one w rubryce 10 (Tabela 1). Z porównania ilości pokarmu zresorbowanego przez poszczególne serie gąsienic wynika, że w serii *Betula* zresorbowwały one najwięcej (3.217 g), a najmniej w serii *Ulmus* (2.018 g). Ilość pokarmu zresorbowanego

przez poszczególne serie gąsienic będzie jeszcze mniejsza po uwzględnieniu czasu trwania piątego okresu. Wówczas najmniejsza wartość będzie dla gąsienic serii *Tilia*. Jeżeli porównamy ilość pokarmu zresorbowanego przez gąsienice serii *Alnus* i *Betula* to w jednakowym czasie gąsienice serii *Alnus* resorbują o 25% mniej pokarmu niż gąsienice serii *Betula*, a w tym czasie przyrost ich ciała jest tylko o 12% mniejszy.

Tak samo ilość pokarmu zresorbowanego przypadająca na gram przyrostu ciała (Tabela I rubryka 11) jest największa u gąsienic serii *Betula*. Wartość ta dla gąsienic serii *Alnus* jest o 14%, dla gąsienic serii *Tilia* o 15%, a serii *Ulmus* aż o 24% mniejsza w stosunku do gąsienic serii *Betula*.

Wydaje się, że zarówno całkowitą ilość zresorbowanego pokarmu jak i ilość jego na gram przyrostu ciała, nie można tłumaczyć składem chemicznym spożywanego pokarmu. O ile słuszne może się to wydawać do pewnego stopnia w odniesieniu do całkowitej ilości spożytego przez poszczególne serie gąsienic świeżego pokarmu, o tyle ilość zresorbowanego pokarmu będzie już funkcją nabłonka. Nie można zdaje się w tej interpretacji pominąć i tego faktu, że gąsienice spożywają pokarm mało dla nich dostępny. Czy nie należy więc dotychczasowych wyników doświadczeń wiązać z budową anatomiczną spożywanych przez nie liści i tu doszukiwać się przyczynowego związku? To zagadnienie szerzej będzie omawiane w dalszej części pracy.

Oczekiwać więc należało, że i wyzyskanie pokarmu przez poszczególne serie gąsienic będzie różne, bowiem ilość pokarmu zresorbowanego w stosunku do spożytego jest różna. Okazuje się, że najmniej wyzyskane są liście lipy (29%), a najwięcej olszyny (35%). Ten fakt również przemawiałby za tym, aby przyczyn tego zjawiska doszukiwać się w budowie anatomicznej spożywanych przez gąsienice liści.

#### *Phalera bucephala* L.

Hodowla eksperymentalna tego gatunku gąsienic dała znacznie większy materiał porównawczy ze względu na to, że odżywiano je liśćmi dziesięciu różnych roślin.

Piąty okres rozwoju tych gąsienic przedstawia się dla poszczególnych serii następująco: *Acer* — od 12.VII do 22.VII.49, *Alnus* — od 24.VIII do 30.VIII.49, *Betula* — od 19.VII do 25.VII.49, *Carpinus* —

od 10.VII do 19.VII.49, *Corylus* — od 29.VI do 6.VII.49, *Fagus* — od 28.VI do 5.VII.49, *Populus* — od 25.VIII do 1.IX.49, *Quercus* — od 17.VIII do 23.VIII.49, *Salix* — od 11.IX do 18.IX.49, *Tilia* — od 18.VII do 27.VII.49.

Czas rozwoju gąsienic *Ph. bucephala* przypada w miesiącach od 28.VI do 18.IX. Tak samo różny jest czas piątego okresu rozwoju poszczególnych serii gąsienic. Najdłużej bo 11 dni trwa piąty okres rozwoju gąsienic serii *Acer* a 7 dni gąsienic serii *Betula* i *Quercus*. Pozostałe serie gąsienic zajmują miejsce pośrednie, a wśród nich połowa przechodzi piąty okres rozwoju w ciągu 8 dni. Już ta znaczna rozbieżność w ilościach dni koniecznych do przebycia piątego okresu rozwoju świadczy, że mamy tu do czynienia z różnorodną reakcją gąsienic na spożywany pokarm. Z drugiej znów strony mamy tu do czynienia z roślinnymi indywiduami fizjologicznymi, które, biorąc pod uwagę iniesiąc w jakim gąsienice odżywiały się liśćmi — będą również różnie funkcjonowały, różny będzie ich skład chemiczny, i różna będzie ich budowa anatomiczna.

Reakcję gąsienic na różny pokarm i zdolność jego wyzyskania ale we wcześniejszych stadiach rozwoju, ilustrują dane w Tabeli I rubryka 4, w której podany jest ciężar gąsienic natychmiast po czwartej wylince. Skrajnymi wartościami są tutaj wartości dla gąsienic serii *Betula* (0.563 g) i dla gąsienic serii *Populus* (0.290 g).

Różny ciężar ciała gąsienic na początku piątego okresu rozwoju wskazywałby, że we wcześniejszych stadiach rozwojowych pokarm spożyty jest różnie przez nie asymilowany.

Ciężar ciała gąsienic serii *Betula* (Tabela I, rubryka 4) jest o 48% większy od ciężaru gąsienic serii *Populus*. Pozornie zdawałoby się mogło, że różnice ciężarów ciała gąsienic serii *Betula* i *Populus* dałoby się tłumaczyć ich wcześniejszym żerowaniem na liściach brzozy a późniejszym na liściach topoli. Nie wydaje się jednak, aby to był jedyny czynnik decydujący, bowiem ciężar ciała gąsienic na początku piątego okresu w serii *Betula* jest o 37% większy od gąsienic serii *Tilia*, które żerowały w tym samym miesiącu. Nasuwałoby to przypuszczenie, że przyczyny tych zjawisk muszą tkwić nie tylko w składzie biochemicznym liści, ale muszą istnieć jakieś inne przyczyny, o których w tej chwili trudno jest mówić ze względu na brak dowodów eksperymentalnych.

Porównując przyrost ciężaru ciała gąsienic za cały piąty okres rozwoju (Tabela I rubryka 5) znów na pierwszym miejscu należy postawić gąsienice serii *Betula* (1.461 g). Mimo, iż początkowy ciężar ciała gąsienic, serii *Populus* jest najmniejszy to najmniejszy przyrost za piąty okres rozwoju wykazują gąsienice serii *Tilia* (0.744). Przyrost ciężaru ciała gąsienic serii *Tilia* w stosunku do przyrostu ciężaru ciała gąsienic serii *Betula* okaże się jeszcze mniejszy, jeśli uwzględnimy czas trwania piątego okresu rozwoju (seria *Betula* 7 dni, seria *Tilia* 10 dni). Zwrócić należy uwagę, że początkowy ciężar ciała gąsienic serii *Quercus* jest o 30% mniejszy od ciężaru ciała gąsienic serii *Betula*, ale w tym samym czasie rozwoju (7 dni) ciężar ciała gąsienic serii *Quercus* osiąga wartość mniejszą tylko o 14% w stosunku do ciężaru ciała gąsienic serii *Betula*. Bardzo ciekawie przedstawia się ciężar ciała gąsienic serii *Populus* i *Salix*. Obydwie serie gąsienic charakteryzuje identyczny czas rozwoju piątego okresu oraz identyczny ciężar ciała po czwartej wylince. Natomiast przyrost ciężaru ciała w tym samym czasie jest u gąsienic serii *Salix* o 33% większy niż u gąsienic serii *Populus*. Jeśli uwzględnimy, że piąty okres rozwoju gąsienic serii *Salix* trwał od 11 do 18.IX a gąsienic serii *Populus* od 25.VIII do 1.IX, to wynika z tego, że gąsienice serii *Salix* spożywały liście o pół miesiąca starsze niż gąsienice serii *Populus*. Spożywane we wrześniu liście *Salix caprea* powinny być gorzej asymilowane ze względu na znaczne w tym czasie zmiany w nich zachodzące. Zmiany te dotyczą wzrostu elementów wzmacniających w tkance przewodzącej, oraz zmiany w półprzepuszczalności błony plazmatycznej; pewnego odwodnienia błon celulozowych oraz zmian biochemicznych związanych ze starzeniem się komórek. Znaczniejszy przyrost ciężaru ciała gąsienic serii *Salix* świadczyłby, że te zmiany jakim ulegają w tym czasie liście *Salix caprea* są korzystne dla gąsienic, powodują bowiem lepsze wyzyskanie spożytego pokarmu.

Przyrost ciężaru ciała gąsienic w piątym okresie rozwoju wyrażony w procentach ciężaru początkowego (Tab. I, ruhr. 6) wskazuje, że gąsienice serii *Salix*, a po nich gąsienice serii *Quercus*, osiągnęły najwyższą wartość (*Salix* 381%, *Quercus* 320%). Świadczyłoby to, że wskutek nieznanых nam dotychczas przyczyn, liście *Salix caprea* i *Quercus pedunculata* są lepiej wyzyskane, albo zawartość składników niezbędnych dla gąsienic, jest w nich większa niż w liściach innych roślin. Skrajną, najniższą wartość pod tym względem zajmują gąsienice serii

*Tilia*, chociaż ich ciężar ciała na początku piątego okresu rozwoju nie jest najmniejszy w porównaniu z początkowym ciężarem ciała gąsienic pozostałych serii.

Srednie ilości pokarmu jaki został spożyty przez gąsienice *Phalera bucephala* za cały piąty okres rozwoju (Tabela I rubryka 7) są bardzo różne. Najmniej — 5.173 g liści, spożywają gąsienice serii *Populus*, podczas gdy gąsienice serii *Tilia* spożywają trzykrotnie większą ilość liści (15.739 g). Również znaczną ilość liści (13.793 g) spożywają gąsienice serii *Carpinus*. Ciekawie pod tym względem przedstawiają się ilości spożytych liści przez gąsienice serii *Quercus* i *Betula*. W jednakowym czasie rozwoju piątego okresu gąsienice serii *Quercus* spożyły liści 6.420 g, podczas gdy gąsienice serii *Betula* aż 11.422 g. Tego rodzaju przykłady spożycia różnych ilości liści w ciągu takiego samego czasu znaleźć można u gąsienic serii *Alnus*, *Corylus*, *Fagus*, *Populus* i *Salix*, których wspólną cechą jest jednakowy (8 dni) czas rozwoju. Wszelkie próby znalezienia jakiegokolwiek zależności między ilością spożywanego pokarmu, czasem rozwoju piątego okresu lub miesiącem rozwoju, dały wyniki negatywne. Pewną zależność daje się jedynie zauważyć między przyrostem ciężaru ciała wyrażonym w procentach ciężaru początkowego, a czasem trwania doświadczenia. W zależności tej jest jednak zbyt mało punktów, aby ją można było wyrazić matematycznie.

Wartość spożytego przez gąsienice pokarmu można do pewnego stopnia określić przez przeliczenie jego na gram przyrostu. (Tabela I rubryka 8). Najwyższą wartość (5.124 g) wykazują liście spożywane przez gąsienice serii *Quercus*, zaś najniższą (21.155 g) liście spożywane przez gąsienice serii *Tilia*.

Liczby ilustrujące ilość zresorbowanego świeżego pokarmu (Tabela I, rubryka 10) posiadają znacznie zwężony zakres. Najwięcej (2.426 g) resorbują gąsienice serii *Betula*, zaś najmniej (1.269 g) gąsienice serii *Populus*. Resorbcja pokarmu jest to już funkcja nabłonka jelitowego. Jak więc tłumaczyć tę różną ilość pokarmu resorbowanego? W funkcji chłonięcia nie może decydować temperatura, bowiem ten warunek był jednakowy dla wszystkich gąsienic, a więc przyczyn zjawiska należy dopatrywać się w samym pokarmie. Mimo woli nasuwa się argument najczęściej wysuwany — wartość pokarmu. Jest to ogólnik nie wyjaśniający zjawiska, rozumiany zawsze jako skład

chemiczny pokarmu, a więc mniej lub więcej dokładna ilość dających się oznaczyć biochemicznie składników organicznych i nieorganicznych. Istnieją pewne podstawy do przypuszczenia, że duże różnice w ilości resorbowanego pokarmu przez gąsienice, tłumaczyć należałoby budową anatomiczną spożywanych przez nie liści. Temu zagadnieniu poświęcony zostanie specjalny rozdział tej pracy.

Ilość pokarmu zresorbowanego przeliczona na gram przyrostu ciała (Tabela I, rubryka 11), jest największa dla gąsienic serii *Tilia* (2.653 g), zaś najmniejsza dla gąsienic serii *Corylus* (1.326 g). Nawet w obrębie serii *Alnus*, *Corylus*, *Fagus*, *Populus* i *Salix*, których cechą charakterystyczną jest jednakowy czas trwania piątego okresu rozwoju, spotykamy dość znaczne różnice w ilości pokarmu resorbowanego na gram przyrostu. Podczas gdy gąsienice serii *Alnus* resorbują na gram przyrostu najwięcej pokarmu, bo 1.858 g, to poszczególne serie gąsienic ułożone w tej samej kolejności co poprzednio, resorbują mniej o 29%, 24%, 19% i 50%.

Różne ilości pokarmu resorbowanego przeliczone na gram przyrostu należałoby, zdaje się, tłumaczyć różną zdolnością resorbacyjną poszczególnych składników pokarmowych, której mechanizm mało jest nam znany.

Wyzyskanie pokarmu przez gąsienice *Ph. bucephala* cechuje wielka rozbieżność. Największą wartość pod tym względem wykazują gąsienice serii *Quercus* (27,69%), a po nich gąsienice serii *Alnus* (26,56%). Zdawać by się mogło, że wpływ pewien może mieć tutaj miesiąc rozwoju liści (koniec sierpnia). Nie wydaje się to jednak słuszne, bowiem gąsienice serii *Tilia*, *Corylus* i *Acer*, których okres rozwoju przypada na czas pełnego rozwoju liści wyzyskują w znacznie mniejszym stopniu (12,54%, 13,98%, 17,78%). Dotychczasowe dane, jakie charakteryzują spożycie liści, resorbację i wyzyskanie pokarmu nie pozwalają na wykrycie jakichkolwiek zależności, umożliwiających wyjaśnienie skomplikowanego zjawiska. Szereg stwierdzonych faktów, pozwoli jednak w następnych częściach pracy głębiej sięgnąć do przyczyn.

Otrzymane średnie wyniki z hodowli gąsienic *M. tiliae* i *Ph. bucephala* pozwalają na dokonanie porównań w zakresie odżywiania się tych dwóch gatunków gąsienic liśćmi różnych roślin.

Ponieważ początkowy ciężar ciała gąsienic obydwu gatunków, jak i przyrost ciężaru ciała w piątym okresie ich rozwoju jest największy



u gąsienic serii *Betula*, przeto istnieje podstawa do wnioskowania, że optymalnym pokarmem gąsienic *Mimas tiliae* L. i *Phalera bucephala* L. we wszystkich okresach rozwojowych są liście brzozy — *Betula verrucosa*.

Odmienne zupełnie będzie się sprawa przedstawiała, jeśli przyrost ciała wyrazimy w procentach ciężaru początkowego. W tym przypadku stwierdzić należy, że największy przyrost osiągnęły gąsienice *M. tiliae* L. serii *Ulmus* (348%), zaś gąsienice *Ph. bucephala* L. serii *Salix* (381%).

Powyższy sposób rozumowania słuszny znów będzie do chwili, w której nie uwzględnimy ilości pokarmu spożytego przez poszczególne serie gąsienic. Rozpatrywanie całkowitego przyrostu ciała pod kątem ilości spożytego pokarmu zmienia całkowicie obraz. Jeżeli za podstawę przyjmiemy przyrost ciężaru ciała, ale wyrażony w procentach ciężaru początkowego z najmniejszą ilością spożytego pokarmu, to optymalnym pokarmem dla gąsienic *M. tiliae* L. będą liście *Ulmus campestris*, a dla gąsienic *Ph. bucephala* L. liście *Quercus pedunculata*.

Porównując średnią całkowitą ilość pokarmu spożytego przez obydwa gatunki gąsienic w piątym okresie rozwoju z przyrostem w tym czasie ciężaru ich ciała, możnaby powiedzieć, że o przyroście ciężaru ciała gąsienic, decyduje nie ilość spożytego przez nie pokarmu, a prawdopodobnie różna jego przyswajalność przez gąsienice, skład chemiczny, a być może i inne czynniki.

Dowodem słuszności takiej interpretacji jest porównanie ilości pokarmu spożytego w przeliczeniu na gram przyrostu ciała. Mimo dość znacznej liczby roślin, których liśćmi odżywiano gąsienice tych dwóch gatunków motyli, są tylko dwie serie dające się użyć do porównania, a to *Betula* i *Tilia*. Gąsienice *M. tiliae* serii *Tilia* spożywają 5.831 g świeżych liści na gram przyrostu, podczas gdy gąsienice *Ph. bucephala* tej samej serii — 21.155 g. Faktu tego nie daje się wytłumaczyć zmianą sezonową składu biochemicznego liści, bowiem gąsienice obydwu gatunków żerowały w drugiej połowie lipca. Tak samo i czas trwania piątego okresu tych gąsienic jest jednakowy. Przyczyn

więc szukać należy w samych gąsienicach, w funkcjonowaniu ich nabłonka jelitowego, w jego zdolnościach resorbcyjnych. Czy mogą istnieć inne przyczyny, będzie przedmiotem dyskusji w dalszych częściach pracy.

Podobne zupełnie zjawisko występuje u gąsienic tych dwóch gatunków w seriach *Betula*. Gąsienice *M. tiliae* na gram przyrostu spożywają 6.121 g liści, a gąsienice *Ph. bucephala* tej samej serii 7.818 g liści. W danym przypadku — ponieważ piąty okres rozwoju gąsienic *M. tiliae* trwał od 9 do 15 czerwca, a gąsienic *Ph. bucephala* od 19 do 25 lipca — być może możnaby tłumaczyć zmianą sezonową składu biochemicznego liści, ale brak jest na to dowodów. Niewątpliwie i ten czynnik może mieć w tym przypadku pewne znaczenie, ale wydaje się, że nie jest to czynnik jedyny. Analizując ilość pokarmu na gram przyrostu ciała, przypuszczać należy, że przyczyn tych doszukiwać się należy w zwierzęciu. W oparciu o dotychczasowe rozważania możnaby powiedzieć, że gąsienice *Ph. bucephala* więcej spożywają pokarmu roślinnego na gram przyrostu ciała, niż gąsienice *M. tiliae*. Wynikałby z tego wniosek, że gąsienice *M. tiliae* lepiej wyzyskują pokarm roślinny, niż gąsienice *Ph. bucephala*.

Mimo znacznego zwięzienia zakresu wahań w ilości pokarmu zresorbowanego, średnią największą wartość wykazują u obydwu gatunków gąsienice serii *Betula*. *M. tiliae* 3.217 g — *Ph. bucephala* 2.426 g. Gąsienice *M. tiliae* serii *Betula* resorbują trzecią część pokarmu spożytego przez cały piąty okres rozwoju, a gąsienice *Ph. bucephala* tej samej serii zaledwie piątą część spożytego w tym czasie pokarmu. O zdolnościach resorbcyjnych tych gatunków możnaby powiedzieć, że gąsienice *M. tiliae* resorbują znacznie większe ilości pokarmu w porównaniu z gąsienicami *Ph. bucephala*. Jeszcze wyraźniej różnice te występują w seriach *Tiliae*. Gąsienice *M. tiliae* resorbują czwartą część spożytego pokarmu, a gąsienice *Ph. bucephala* zaledwie ósmą jego część. Nic też dziwnego, że i w konsekwencji wyzyskanie pokarmu roślinnego jest większe przez gąsienice *M. tiliae*, niż przez gąsienice *Ph. bucephala*.

Omówione wyniki doświadczeń pozwoliły w ogólnych zarysach zorientować się, jaka jest gospodarka fizjologiczna tych dwóch ga-

tunków we wcześniejszych okresach ich życia larwalnego przy odżywianiu ich liśćmi różnych gatunków roślin, czego wyrazem jest początkowy ciężar ich ciała w IV wylince, jaki maksymalny przyrost ciężaru ciała cechuje poszczególne serie gąsienic, ile na ten przyrost spożywają liści i jaka jest resorbcja pokarmu. Końcowym efektem tych wszystkich danych jest wyzyskanie pokarmu przez gąsienice. Ponieważ jest ono większe u gąsienic *M. tiliae* niż u gąsienic *Ph. bucephala*, ale jednak bardzo różne w obrębie poszczególnych serii gąsienic, przeto konieczna się stała analiza pokarmu i rozpatrzenie, jak jest wyzyskana woda, sucha substancja i azot, co będzie przedmiotem rozważań w drugiej części pracy.

## 2. Resorbcja i wyzyskanie pokarmu

Analizując dane zawarte w Tabeli I można było w zakończeniu stwierdzić, że gąsienice *M. tiliae* L. na ogół lepiej wyzyskują pokarm spożywany niż gąsienice *Ph. bucephala* L.

W doświadczeniach wykonanych w tej pracy ograniczono się do określenia trzech składników: wody, suchej substancji i azotu. Tego rodzaju analiza nie daje takich danych ilościowych, jakie mogą być osiągnięte przy stosowaniu dokładnych metod biochemicznych i z tego zdawano sobie sprawę. Uznane może to być za jedną ze słabszych stron tej pracy, co zresztą nie jest pozbawione słuszności. Z przyczyn jednak technicznych, ograniczono się do zastosowania metod najprostszych, a wyniki otrzymane przy ich użyciu traktować jako ogólne i orientacyjne. Stosując te proste metody chodziło o zorientowanie się, jakie jest wyzyskanie trzech wyżej wymienionych składników zawartych w tak różnym pokarmie roślinnym spożywanym przez gąsienice. Podstawą do analizy tego zagadnienia są oznaczenia zebrane z doświadczeń indywidualnych gąsienic, które ilustruje Tabela II.

Wartość charakteryzującą wyzyskanie pokarmu otrzymujemy z wyliczenia stosunku ilości pokarmu zresorbowanego w jelicie do ilości pokarmu spożytego i wyrażamy ją zwykle w procentach. W wyliczeniach tych popełniamy błąd, na co zwraca uwagę w pracy swej Białaśzewska (2). Ponieważ jednak w pracy niniejszej brane będzie pod uwagę wyzyskanie pokarmu za cały piąty okres rozwoju,

Tabela II.

Średnia zawartość procentowa składników  
Der prozentsatzmässige Durchschnittsinhalt der

Serie	Liście spożywane i pozostałe Verzehre u. übrig-gebliebene Blätter			Wydaliny Ausscheidungen		
	Sucha substancja Trockene Substanz	Woda Wasser	Azot ogólny Gesamt Stickstoff	Sucha substancja Trockene Substanz	Woda Wasser	Azot ogólny Gesamt Stickstoff
<i>M i m a s</i>						
<i>Alnus</i>	29.70	70.30	1.03	29.90	70.10	0.64
<i>Betula</i>	34.28	65.72	1.23	32.06	67.94	0.78
<i>Tilia</i>	25.66	74.34	0.78	25.52	74.48	0.47
<i>Ulmus</i>	36.47	63.53	1.17	35.47	64.59	0.79
<i>P h a l e r a</i>						
<i>Acer</i>	42.14	57.86	1.30	40.01	59.99	0.93
<i>Alnus</i>	37.48	62.52	1.47	34.64	65.36	1.12
<i>Betula</i>	35.99	64.01	1.23	31.70	68.30	0.89
<i>Carpinus</i>	39.69	60.31	1.07	35.80	64.20	0.68
<i>Corylus</i>	36.18	63.82	0.97	35.08	64.92	0.72
<i>Fagus</i>	33.58	66.42	1.02	31.77	68.23	0.86
<i>Populus</i>	34.11	65.89	1.01	31.43	68.57	0.58
<i>Quercus</i>	39.45	60.55	1.25	39.89	60.11	0.87
<i>Salix</i>	42.93	57.07	0.82	39.43	60.57	0.58
<i>Tilia</i>	25.96	74.04	0.92	27.60	72.40	0.82

przewidywać więc trzeba, że błąd ten zostanie wyeliminowany. Aby jaśniej przedstawić wyzyskanie pokarmu — mając do dyspozycji dane z analiz zawartości oznaczonych składników — przedstawione wyniki wykazują spożycie przez gąsienice poszczególnych składników na gram przyrostu ciężaru ciała i na dzień. Wyniki te zebrano w Tabeli III.

*Mimus tiliae* L.

Najwięcej świeżego pokarmu na określoną jednostkę ciężaru ciała i w określonej jednostce czasu spożywają gąsienice serii *Betula*.

Tabela II.

oznaczona w doświadczeniach indywidualnych  
Bestandteile bei individuellen Untersuchungen festgesetzt

Gąsienice po IV wylince die Raupen nach der IV Häutung			Gąsienice przed przepoczwarczeniem Die Raupen vor der Verpuppung			Gąsienice przed przepoczwarczeniem (kontrolne) Raup. v. d. Verp. (Kontrollsex.)		
Sucha substancja Trockene Substanz	Woda Wasser	Azot ogólny Gesamt Stickstoff	Sucha substancja Trockene Substanz	Woda Wasser	Azot ogólny Gesamt Stickstoff	Sucha substancja Trockene Substanz	Woda Wasser	Azot ogólny Gesamt Stickstoff

*t i l i a e* L.

13.12	86.88	1.90	21.86	78.14	2.02	21.86	78.14	2.02
12.16	87.84	1.67	24.33	75.67	1.98	24.32	75.68	1.98
12.92	87.07	1.50	22.21	77.79	1.94	22.22	77.78	1.94
14.80	85.20	1.98	23.03	76.97	2.07	23.03	76.97	2.06

*b u c e p h a l a* L.

14.03	85.97	2.13	24.04	75.96	2.45	24.05	75.95	2.47
14.14	85.86	1.64	28.88	71.12	2.54	28.88	71.12	2.53
14.51	85.49	1.98	29.53	70.47	2.52	29.55	70.45	2.52
13.00	87.00	1.65	26.98	73.02	2.32	26.97	73.03	2.33
14.17	85.83	1.83	28.39	71.61	2.56	28.39	71.61	2.55
15.52	84.48	2.05	26.41	73.59	2.42	26.42	73.58	2.43
16.03	83.97	1.83	26.50	73.50	2.55	26.52	73.48	2.56
15.24	84.76	2.07	30.75	69.25	2.71	30.75	69.25	2.71
16.25	83.75	2.01	27.60	72.40	2.38	27.60	72.40	2.38
14.35	85.65	1.73	23.24	76.76	2.21	23.24	76.76	2.21

Kolejność ilości spożycia poszczególnych składników (Tabela III) zgodna jest z kolejnością maksymalnego przyrostu ciała za cały piąty okres rozwoju (Tabela I, rubryka 5), z wyjątkiem różnic w ilościach spożytej suchej substancji u gąsienic serii *Ulmus* w porównaniu z gąsienicami serii *Tilia*, i dużej różnicy w ilości spożytego azotu u gąsienic tych samych serii (Tabela III)

Jeżeli będziemy usiłowali znaleźć jakąkolwiek zależność między ilością świeżego pokarmu spożytego na gram przyrostu ciała i na dzień, a procentową zawartością w pokarmie jednego z trzech ozna-

**Tabela III.**

Spżycie pokarmu i niektórych jego składiników w mg na gram przyrostu na dzień.

Verzehrung der Nahrung und einiger von seiner Bestandteile in mg auf ein Gram d. Gewichtszunahme,

Serie	Pokarm spożyty — Verzehrate Nahrung			
	świeży frische	suchej substancji trockene Substanz	wody Wasser	azotu Stickstoff
<i>Mimas tiliae</i> L.				
<i>Alnus</i>	691	205	486	2.1
<i>Betula</i>	875	300	575	3.7
<i>Tilia</i>	583	150	433	1.2
<i>Ulmus</i>	564	206	358	2.4
<i>Phalera bucephala</i> L.				
<i>Acer</i>	1030	434	596	5.6
<i>Alnus</i>	875	328	547	4.8
<i>Betula</i>	1117	402	715	4.9
<i>Carpinus</i>	1379	547	832	5.9
<i>Corylus</i>	1181	427	754	4.1
<i>Fagus</i>	1120	376	744	3.8
<i>Populus</i>	768	262	506	2.7
<i>Quercus</i>	732	289	443	3.6
<i>Salix</i>	917	394	523	3.2
<i>Tilia</i>	2115	549	1566	5.0

czonych składiników, to nie znajdziemy jej ani w stosunku do suchej substancji, ani do wody.

Jakakolwiek interpretacja tego zjawiska byłaby spekulatywna wobec zbyt małej ilości materiału porównawczego, ale więcej danych da się odnaleźć u gąsienic drugiego gatunku.

#### *Phalera bucephala* L.

Ilość mg świeżego pokarmu jaka spożyta zostaje na jeden gram przyrostu ciała na dzień przez ten gatunek gąsienicy układa się inaczej

niż średnia całkowita ilość spożytych liści za cały piąty okres (Tabela I, rubryka 7). Z przeliczeń zestawionych w tabeli III wynika, że najwięcej świeżego pokarmu spożywają gąsienice serii *Tilia*, zaś najmniej gąsienice serii *Quercus*. Usiłujmy znaleźć zależność między ilością spożytego świeżego pokarmu na gram przyrostu ciała i na dzień a procentową zawartością w pokarmie jednego z trzech oznaczonych składników. Uderzający jest fakt, że gąsienice serii *Tilia* spożywają najwięcej liści (2115 mg) i pokarm ten charakteryzuje najmniejsza zawartość procentowa (25,96%) suchej substancji w liściach. Jeśli miałyby to być cecha decydująca o ilości spożytych liści, to musiałaby ona znaleźć potwierdzenie w innych seriach gąsienic. Tej prawidłowości nie daje się jednak zauważyć. Na drugim miejscu pod względem ilości spożytego pokarmu na określoną jednostkę ciężaru i czasu znajdują się gąsienice serii *Carpinus* (1379 mg), a zawartość procentowa suchej substancji w liściach wynosi 39,69%. Gąsienice serii *Salix* spożywają tylko 917 mg pokarmu, a pokarm zawiera 43% suchej substancji, podczas gdy gąsienice serii *Acer* spożywają 1030 mg pokarmu a ilość suchej substancji w liściach wynosi w tym czasie 42%. Wreszcie gąsienice serii *Quercus*, które spożywają tylko 732 mg liści, przy zawartości w nich 39% suchej substancji. Tak samo nie udaje się znaleźć żadnej zależności między ilością spożytego pokarmu, a procentową zawartością w nim azotu.

Podobnie jak u gąsienic *M. tiliae*, tak samo i u gąsienic *Ph. bucephala* otrzymane wyniki doświadczeń nie dają podstawy do tego, aby ilość spożytych przez nie liści wiązać z jakąkolwiek wartością czy też czynnikiem charakteryzującym ten pokarm. Jednakże musi istnieć jakiś czynnik — a być może i nie jeden a więcej czynników — skoro na jednostkę czasu i określoną jednostkę ciężaru ciała gąsienice spożywają tak różną ilość liści.

Spożycie przez gąsienice obydwu gatunków liści różnych roślin, jak i trzech oznaczonych składników, jest tak różne, że trudno jest się nawet pokusić o jego interpretację. Mamy tu do czynienia ze zbyt wieloma czynnikami, aby można było tłumaczyć tylko różną jakością spożywanego pokarmu lub zmianami sezonowymi składu biochemicznego liści.

Mając wartość procentową trzech składników pokarmu, możnaby przystąpić do wyliczenia ilości zresorbowanego przez poszczególne

serie gąsienic nie tylko świeżego pokarmu, jak to uczyniono w pierwszej części pracy, ale i poszczególnych jego składników. Wartości ilustrujące resorbcję pokarmu podane są w przeliczeniu na gram przyrostu ciała na dzień, a zebrane zostały w Tabeli IV.

#### *Mimas tiliae* L.

Porównując ilość suchej substancji zresorbowanej przez poszczególne serie gąsienic, stwierdzić się daje, że najwięcej tego składnika resorbują gąsienice serii *Betula*, zaś najmniej gąsienice serii *Tilia*. Wyraźniej jednak tę wartość charakteryzuje przeliczenie jej w procentach ilości spożytej (wyzyskanie). Okazuje się, że wszystkie serie gąsienic tego gatunku, z wyjątkiem serii *Tilia*, resorbują różne ilości bezwzględne suchej substancji, ale w stosunku do ilości spożytej (wyzyskanie) dadzą się zamknąć w granicach od 35% do 37%. Tak więc z całkowitej ilości spożytej suchej substancji wyzyskane zostaje w jelicie przez gąsienice *M. tiliae* na gram przyrostu ciała na dzień od 29% do 37%. Reszta jako bezużyteczna zostaje wydalona.

Bezwzględne wartości ilości zresorbowanej wody na gram przyrostu na dzień są największe i prawie jednakowe dla gąsienic serii *Alnus* i *Betula*. Z pozostałych serii najmniejszą wartość wykazują gąsienice odżywiane liśćmi wiązu — *Ulmus campestris*. Jeśli chodzi natomiast o wyzyskanie wody, to jest ono największe u gąsienic serii *Alnus* (35%).

Resorbcję azotu na gram przyrostu na dzień cechuje znaczna rozbieżność. Gąsienice serii *Tilia* resorbują najmniejszą jego ilość, a gąsienice serii *Betula* trzykrotnie większą w porównaniu z gąsienicami serii *Tilia*. Ilości zresorbowanego azotu przez gąsienice serii *Alnus* i *Ulmus* są prawie jednakowe. Wyzyskanie więc tego składnika zamyka się w wąskich granicach od 54% do 59%, czyli przeszło połowa azotu jaka zostaje spożyta w pokarmie świeżym na gram przyrostu na dzień, zostaje w jelicie wessana. Spośród oznaczonych składników, związki azotowe wyzyskane są w najwyższym stopniu.

Charakteryzując ogólnie wyzyskanie pokarmu przez gąsienice *M. tiliae*, na gram przyrostu ciała na dzień, możnaby powiedzieć, że składniki stałe określone jako sucha substancja wyzyskane są w trochę wyższym



Tabl. IV.

Resorbcja i wyzyskanie świeżego pokarmu i niektórych jego składników w mg na gram przyrostu na dzień (na podstawie danych zawartych w tabeli I i II)  
Resorption und Ausnutzung von frischer Nahrung und einiger von seinen Bestandteilen in Milligram auf ein Gram d. Tagesgewichts-zunahme

Serie	Pokarm zresorbowany — Resorbierte Nahrung							
	Świeży	wyzyskanie w % pokarmu spożytego	suchej substancji	wyzyskanie w % pokarmu spożytego	wody	wyzyskanie w % pokarmu spożytego	azotu	wyzyskanie w % pokarmu spożytego
	Frische	Der prozent-satz ihrer Aus-nutzung	trocke-ne Subst.	Der prozent-satz ihrer Aus-nutzung	Wasser	Der prozent-satz ihrer Aus-nutzung	Stick-stoff	Der prozent-satz ihrer Aus-nutzung
<i>Mimas tiliae</i> L.								
<i>Alnus</i>	241	34.9	71	34.6	170	35.0	1.2	57.1
<i>Betula</i>	282	32.2	110	36.7	172	29.0	2.2	59.5
<i>Tilia</i>	168	28.8	44	29.3	124	28.6	0.7	58.3
<i>Ulmus</i>	188	33.3	73	35.4	115	32.1	1.3	54.2
<i>Phalera bucephala</i> L.								
<i>Acer</i>	183	17.8	95	21.9	88	14.8	2.5	44.6
<i>Alnus</i>	232	26.5	105	32.0	127	23.2	2.3	47.9
<i>Betula</i>	237	21.3	123	30.6	114	15.9	2.5	51.0
<i>Carpinus</i>	209	15.2	128	23.4	81	9.7	3.0	50.8
<i>Corylus</i>	165	14.0	71	16.6	94	12.5	1.6	39.0
<i>Fagus</i>	177	15.8	76	20.2	101	13.6	1.3	34.2
<i>Populus</i>	188	24.5	80	30.5	108	21.3	1.6	59.3
<i>Quercus</i>	203	27.7	78	27.0	125	28.2	1.8	50.0
<i>Salix</i>	221	24.1	119	30.2	102	19.5	1.6	50.0
<i>Tilia</i>	265	12.5	38	6.9	227	14.5	0.9	18.0

stopniu, niż woda, a w najwyższym stopniu wyzyskany jest azot.

*Phalera bucephala* L.

Uderzającym jest fakt, że spośród wszystkich serii gąsienic tego gatunku, gąsienice serii *Tilia* resorbują najmniejszą ilość suchej sub-

stancji na gram przyrostu na dzień. Najwyższą wartość pod tym względem wykazują gąsienice serii *Carpinus*. Wyzyskanie suchej substancji przez inne serie gąsienic zmieniają obraz stosunków. Najwyższą wartość w wyzyskaniu składników stałych wykazują gąsienice serii *Alnus* (32%), zaś najniższą (6,9%) gąsienice serii *Tilia*. Resorbcja suchej substancji a nie w mniejszym stopniu i wyzyskanie tego składnika jest tak różne w poszczególnych seriach, że zmusza to do doszukiwania się przyczyn głęboko tkwiących zarówno w materiale roślinnym, jak i w funkcjonowaniu jelita, co będzie przedmiotem rozważań w dyskusji wyników.

Niemniej różne wartości charakteryzują również ilości resorbowanej wody na gram przyrostu na dzień. Jak łatwo się zorientować, skrajnymi wartościami będą również gąsienice serii *Carpinus* i *Tilia*, ale w kierunku odwrotnym w stosunku do resorpcji suchej substancji. Najwięcej wody resorbują gąsienice serii *Tilia* (227 mg), najmniej zaś gąsienice serii *Carpinus* (81 mg). Ciekawy ten fakt pozwala wnioskować, że pokarm w jelicie gąsienic poszczególnych serii jest bardzo różnie uwodniony. Usiłowanie związania tego zjawiska z procentową zawartością wody w pokarmie spożywanym przez gąsienice nie daje żadnych pozytywnych wyników. Gąsienice serii *Quercus* resorbują 125 mg wody na gram przyrostu na dzień, a zawartość procentowa wody w liściach spożywanym wynosi 60%. Przy tej samej procentowej zawartości wody w pokarmie, gąsienice serii *Carpinus* resorbują zaledwie 81 mg. Podobne różnice w nieco mniejszym stopniu charakteryzują gąsienice innych serii. Tak samo nie udaje się znaleźć żadnych zależności w ilościach resorbowanej wody na gram przyrostu na dzień z miesiącem żerowania gąsienic.

Inne wyniki otrzymano przy wyliczeniu wyzyskania wody w jelicie gąsienicy. Dwie skrajne wartości dotyczą gąsienic serii *Carpinus* (9,7%) i serii *Quercus* (28,2%). Zwrócić należy w tym miejscu uwagę na wyzyskanie wody przez gąsienice serii *Tilia* i *Acer*. Obydwie te serie gąsienic charakteryzuje prawie jednakowe wyzyskanie wody (seria *Tilia* 14,5%, seria *Acer* 14,8%), podczas gdy w tym czasie w liściach *Tilia platyphyllos* znaleziono 74% wody, a w liściach *Acer platanoides* 58%. Liście *Quercus pedunculata* zawierają wody 60%, liście *Carpinus betulus* zawierają jej taką samą wartość procentową, a przecież wyzyskanie tego składnika przez te dwie serie gąsienic

jest bardzo różne. Dotychczasowe wyniki doświadczeń dostarczyły tak znacznego materiału porównawczego, że daje to podstawę do przeprowadzenia szerokiej i wielostronnej dyskusji oraz interpretacji przyczyn tych wielkich różnic charakteryzujących procesy fizjologiczne, co zostanie dokonane w ostatniej części pracy.

Ilość azotu zresorbowanego na gram przyrostu na dzień jest na ogół dość znaczna z wyjątkiem gąsienic serii *Tilia*. Najwięcej tego składnika z liści resorbują gąsienice serii *Carpinus*. Gdybyśmy usiłowali ilość resorbowanego azotu wiązać z procentową zawartością tego składnika w liściach, to otrzymamy wynik negatywny. Wprawdzie gąsienice serii *Tilia* resorbują tylko 0,9 mg, a znaleziona wartość procentowa tego składnika w liściach wynosi 0,92%, to jednak gąsienice serii *Salix* resorbują już 1,6 mg, a w liściach znaleziono 0,82%, zaś gąsienice serii *Carpinus* resorbują 3,0 mg, a w liściach znaleziono 1,07%. Te duże różnice w resorbacji związków azotowych możnaby różnie tłumaczyć. Z punktu widzenia biochemicznego tłumaczono by to zdolnością wykorzystania tylko tych związków azotowych, które może wessać nabłonek jelita gąsienicy. Reszta jako bezużyteczna musiałaby być wydalona. Ten kierunek interpretacji wskazywałby, że pokarm roślinny trawiony jest w jelicie gąsienicy podobnie jak u zwierząt wyższych. Wynikałoby więc z tego, że krótkie stosunkowo i mało zróżnicowane jelito gąsienicy zdolne byłoby do trawienia odpornego na działanie enzymów materiału roślinnego, który wyższe zwierzęta trawią całe dnie. Zagadnienie to szerzej omówione zostanie w dyskusji wyników.

W wyzyskaniu azotu na pierwszym miejscu postawić należy gąsienice serii *Populus*. Prawie 60% tego składnika wyzyskane zostaje w jelicie, podczas gdy gąsienice serii *Tilia* wyzyskują ten składnik zaledwie w 18%. Z danych zawartych w tabeli IV wynika, że spośród dziesięciu serii gąsienic *Ph. bucephala*, połowa wyzyskuje azot w 50% lub też nieco więcej, dwie serie w granicach 34—39%, dwie serie w granicach 45—48% i wreszcie najmniej, bo 18% gąsienice serii *Tilia*. Tego faktu również nie udaje się skorelować z żadnym znanym czynnikiem. Zależności żadnej nie udaje się również wykryć uwzględniając przynależność systematyczną roślin, którymi odżywiają gąsienice.

Porównując resorbację suchej substancji na gram przyrostu na dzień przez obydwie gatunki gąsienic, można znów tego dokonać w obrębie tylko dwóch gatunków roślin — *Betula verrucosa* i *Tilia platyphyllos*.

Gąsienice serii *Betula* jednego i drugiego gatunku resorbują najwięcej substancji suchej. Bardzo zbliżone są również wyniki w zakresie resorbpcji tego składnika przez gąsienice serii *Tilia*. Jeżeli będziemy uważali suchą substancję za mieszaninę związków stałych z ogromną przewagą celulozy, to z resorbpcji tego składnika przez gąsienice serii *Betula* i *Tilia* wynika, że ilość składników jaka może być resorbowana przez gąsienice *M. tiliae* jest 2,5 raza większa u gąsienic serii *Betula*, niż u gąsienic serii *Tilia*, a przez gąsienice *Ph. bucephala* serii *Betula* przeszło 3 razy większa w porównaniu również z gąsienicami tego gatunku serii *Tilia*.

Gąsienice *M. tiliae* cechuje na ogół większe wyzyskanie suchej substancji — w obrębie tych roślin, którymi były odżywiane — niż gąsienice *Ph. bucephala*. Pod tym względem szczególnie wyraźne różnice u obydwu gatunków znajdujemy w serii *Tilia*. Gąsienice *M. tiliae* wyzyskują suchą substancję liści lipy, przeszło 5 razy intensywniej od gąsienic *Ph. bucephala*. Niewielka różnica pod tym względem cechuje obydwie gatunki gąsienic serii *Betula*.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa z resorbpcją wody. Gąsienice *M. tiliae* serii *Betula*, resorbują jej znacznie więcej niż gąsienice tej samej serii drugiego gatunku. Odwrotnie zaś u gąsienic tych dwóch gatunków serii *Tilia*. Gąsienice *Ph. bucephala* — tej serii — resorbują prawie dwa razy tyle wody na gram przyrostu na dzień, co w tej samej jednostce przyrostu ciężaru i czasu gąsienice *M. tiliae* tej samej serii.

Cechą charakterystyczną i tym razem gąsienic *M. tiliae* jest lepsze wyzyskanie wody, czego nie można powiedzieć o gąsienicach *Ph. bucephala*. Największe wyzyskanie wody jakie cechuje gąsienice *Ph. bucephala* serii *Quercus* odpowiada najmniejszemu wyzyskaniu wody przez gąsienice *M. tiliae* serii *Tilia*. Należałoby wyzyskanie wody łączyć chyba z funkcją resorbpcji suchej substancji. Ponieważ resorbpcja stałych składników pożywienia może być dokonana w postaci roztworów, przeto konieczna się staje znajomość nasza, w jakim stanie stężenia znajduje się ciecz w jelicie. Najpewniejsze byłyby pomiary bezpośrednie, których nie przeprowadzono ze względów technicznych. W przybliżeniu obraz ten można osiągnąć przez wyrażenie w procentach ilości zresorbowanej suchej substancji w stosunku do ilości świeżego pokarmu zresorbowanego. Oczywiście nie są to dane dokładne, ale w przybliżeniu dają one pojęcie stężenia roztworu w jelicie. Dane te ilustruje Tabela V.

Dane te rozpatrywane bez uwzględnienia jednocześnie resorpcji innych składników wskazują, że u gąsienic *M. tiliae* stężenie roztworu w jelicie wynosi od 26% do 39%. U gąsienic zaś *Ph. bucephala* wahania te są znacznie większe i znajdują się w granicach od 14% do 61%. Jeżeli stężenie roztworu w jelicie będziemy usiłovali związać z ilością resorbowanej wody, to w niektórych seriach gąsienic *Ph. bucephala* znajdziemy zależność. Szczególnie wyraźnie znaleźć to można u gą-

#### Tabela V.

Stężenie roztworu w jelicie gąsienic (w %)  
(na podstawie danych zawartych w tabeli I, II i III).  
Konzentration der Lösung im Raupendarm in %  
(auf Grund der Tabellen I, II, III).

##### *Mimas tiliae* L.

Serie: *Alnus* — 29; *Betula* — 39; *Tilia* — 26; *Ulmus* — 39.

##### *Phalera bucephala* L.

Serie: *Acer* — 52; *Alnus* — 45; *Betula* — 52; *Carpinus* — 61; *Corylus* — 43;  
*Fagus* — 43; *Populus* — 43; *Quercus* — 38; *Salix* — 54; *Tilia* — 14.

sienic serii *Tilia*, słabiej natomiast u gąsienic serii *Quercus*, chociaż gąsienice serii *Betula* wykazują przy znacznej resorpcji wody również bardzo wysokie stężenie roztworu w jelicie. Fakt resorpcji różnych ilości wody przez gąsienice — odżywiane liśćmi różnych roślin — w połączeniu ze znacznym stężeniem roztworu w jelicie nasuwa przypuszczenie, że przyczyn tego zjawiska doszukiwać się należy w budowie anatomicznej spożywanych przez nie liści oraz w przepuszczalności błon komórek roślinnych. Przyczyn tych doszukiwać się również należy i w funkcjonowaniu nabłonka jelitowego, który — jeśli otrzymane liczby ilustrujące stężenie cieczy w jelicie są rzeczywiste — musiałby chłonać potrzebne organizmowi składniki z roztworu o bardzo różnym zagęszczeniu. Ten kierunek interpretacji wymaga jednak dalszych badań.

Na podstawie rozważań dotychczas przeprowadzonych, a opartych o wyniki zebrane w doświadczeniach możnaby powiedzieć, że zarówno wyzyskanie przez gąsienice *Mimas tiliae* poka-

mu świeżego, jak suchej substancji, wody i azotu cechuje małe wahania niezależne od gatunku rośliny. Wyzyskanie zaś pokarmu i jego składników przez gąsienice *Phalera bucephala* cechuje wielka rozbieżność nie leżąca w żadnym przyczynowym związku z uwzględnianymi dotychczas czynnikami.

Charakterystyka tych procesów fizjologicznych będzie przedmiotem dyskusji w ostatnim rozdziale pracy.

### 3. Asymilacja pokarmu

Punktem wyjścia w tej części pracy będą dane otrzymane w dużej mierze z wylczeń. Pokarm zasymilowany można było w ogólnych zarysach oznaczyć mając wartość poszczególnych składników w gąsienicach w IV wylince i w dojrzałych. Zasadniczym pokarmem podlegającym w ustroju gąsienicy zasymilowaniu i zmetabolizowaniu jest pokarm zresorbowany, a w pracy tej nie badano bezpośrednio tego pokarmu a otrzymano go z wylczeń różnicy odjęcia wydalin od świeżego pokarmu spożytego. Z tego też względu wyniki te należy traktować jako orientacyjne.

Wyniki przeliczeń, jakie dokonano w celu otrzymania danych charakteryzujących przyswojenie pokarmu ilustruje Tabela VI. Dla lepszego zobrazowania, wartości podane są w przeliczeniu na gram przyrostu na dzień.

#### *Mimas tiliae* L.

Z danych zawartych w tabeli VI wynika, że we wszystkich seriach gąsienice tego gatunku asymilują więcej niż połowę (od 50,7% do 66,5%) całkowitej ilości świeżego pokarmu zresorbowanego. Najwięcej świeżego pokarmu (66,5%) asymilują gąsienice serii *Ulmus*. Również i w stosunku do pokarmu spożytego, ta seria gąsienic wykazuje najwyższą wartość asymilacji (22,2%).

Zresorbowana ilość suchej substancji przyswajana jest w różnych ilościach, ale jak wskazują liczby, najwięcej, bo w 57% jest przyswajany ten składnik pokarmu przez gąsienice serii *Tilia*. Najmniejszą wartość pod tym względem wykazują gąsienice serii *Betula* (38%). W odniesieniu zaś do pokarmu spożytego, w najmniejszym stopniu

Tabela VI.

Przyswojenie świeżego pokarmu oraz niektórych jego składników na gram przyrostu na dzień  
(na podstawie danych zawartych w tabeli I, II i IV).  
Assimilation der frischen Nahrung und einiger seiner Bestandteile auf ein Gramm der Tagesgewichts-zunahme  
(Auf Grund der Tabellen I, II u IV).

Serie	Pokarm przyswojony — Assimilierte Nahrung																
	w % — in %		suchej substancji		w % — in %		wody		w % — in %		w % — in %						
	pokarmu zresorbowanego Der resorbierten Nahrung	pokarmu spożytego Der verzehrten Nahrung	mg	Trockene Substanz	mg	pokarmu zresorbowanego Der resorbierten Nahrung	pokarmu spożytego Der verzehrten Nahrung	mg	Wasser	mg	pokarmu zresorbowanego Der resorbierten Nahrung	pokarmu spożytego Der verzehrten Nahrung	mg	azotu Stickstoff	mg	pokarmu zresorbowanego Der resorbierten Nahrung	pokarmu spożytego Der verzehrten Nahrung
<i>Alnus</i>	143	59.3	20.7	37	52.1	7.6	106	62.3	21.8	0.7	58.3	33.3					
<i>Betula</i>	143	50.7	16.3	42	38.2	14.0	101	58.7	17.6	0.8	36.4	21.6					
<i>Tilia</i>	100	59.5	17.1	25	56.8	16.7	75	60.5	17.3	0.5	71.4	45.4					
<i>Ulmus</i>	125	66.5	22.2	32	43.8	15.5	93	80.9	26.0	0.6	46.1	25.0					
<i>Acer</i>	91	49.7	8.8	26	27.4	6.0	65	73.9	10.9	0.7	28.0	12.5					
<i>Alnus</i>	125	53.9	14.3	42	40.0	12.8	83	65.3	15.2	1.1	47.8	22.9					
<i>Betula</i>	142	59.9	12.7	50	40.6	12.4	92	80.7	12.9	1.3	52.0	26.5					
<i>Carpinus</i>	100	47.8	7.2	32	25.0	5.8	68	83.9	8.2	0.8	26.7	13.6					
<i>Corylus</i>	125	75.8	10.6	43	60.6	10.1	82	87.2	10.9	1.2	75.0	29.3					
<i>Fagus</i>	126	71.2	11.2	38	50.0	10.1	88	87.1	11.8	1.0	76.9	26.3					
<i>Populus</i>	125	66.5	16.3	38	47.5	14.5	87	80.5	17.2	1.0	62.5	37.0					
<i>Quercus</i>	143	70.4	19.5	51	65.4	17.6	92	73.6	20.8	1.5	83.3	41.7					
<i>Salix</i>	125	56.6	13.6	38	31.9	9.6	87	85.3	16.6	0.9	56.2	28.1					
<i>Tilia</i>	100	37.7	4.7	27	71.0	4.9	73	32.2	4.7	0.7	77.8	14.0					

przyswajają suchą substancję gąsienice odżywiane liśćmi *Alnus incana* (7,6%), a w największym, gąsienice odżywiane liśćmi *Tilia platyphyllos* (16,7%). Jak wynika z liczb zawartych w tabeli, o 100% więcej jest przyswajana sucha substancja liści lipy i wiązu w porównaniu z przyswajaniem jej z liści olszyny.

Dane zebrane w tabeli VI wskazują, że ilość przyswojonej wody jest bardzo różna w różnych seriach gąsienic i znacznie większa w porównaniu z przyswajaniem suchej substancji (od 58,7% do 80,9%). Spośród całkowitej ilości wody zresorbowanej, najwięcej (81%) przyswajają gąsienice serii *Ulmus*, zaś najmniej (59%) gąsienice serii *Betula*. Jeśli natomiast ilość przyswojonej wody porównamy z tą ilością jaka została spożyta w pokarmie świeżym, to zarówno gąsienice serii *Betula*, jak i gąsienice serii *Tilia* wykazują jednakową wartość (17,6% i 17,3%, tabela VI), mimo, że zawartość procentowa tego składnika w liściach lipy jest o 8% większa od procentowej zawartości wody w liściach brzozy. Interpretacja tych wyników nasuwa poważne trudności. Nie dają się one skorelować z żadnymi dotychczas branymi pod uwagę czynnikami. Być może, że przyswajanie wody łączyć należałoby z przyswajaniem suchej substancji.

Przyswajanie związków zawierających azot, a dających się oznaczyć stosowaną metodą, charakteryzuje wielka rozbieżność nie mająca swego odpowiednika w procentowej zawartości tego pierwiastka w spożytych liściach. Z całkowitej ilości azotu zresorbowanego, gąsienice serii *Tilia* przyswajają 71% i to jest wartość najwyższa, a najmniej (36%), przyswajają gąsienice serii *Betula*. Ten wysoki procent przyswajalności związków azotu mimo małej jego zawartości w spożywanych liściach świadczyłby prawdopodobnie, że skład aminokwasowy białka roślinnego, odpowiada zapotrzebowaniu tego gatunku gąsienicy. Być może również, że różne przyswajanie azotu posiada jakiś związek z różnym udostępnieniem białka zwierzęciu. O ile różnice w przyswajaniu wody, możnaby było częściowo wyjaśnić łatwą jej przenikliwością przez błony, to trudno byłoby w ten sam sposób tłumaczyć udostępnienie zwierzęciu białka, dla którego błona celulozowa komórki roślinnej jest nieprzepuszczalna. Gąsienica żerując spożywa kęsy liścia zawierające znaczną ilość komórek, a trudno sobie wyobrazić, aby w ciągu dwóch godzin, a niekiedy i szybciej (taka jest szybkość przesuwania się pokarmu w jelicie gąsienicy), mogły przeniknąć przez błonę celulozową



do wszystkich komórek enzymy zwierzęcia, aby działaniem swoim uprzystępnąć zwierzęciu niezbędne do budowy własnego białka -- aminokwasy.

### *Phalera bucephala* L.

Spośród dziesięciu serii gąsienic tego gatunku, najmniej pokarmu zresorbowanego — w wartościach bezwzględnych — przyswajają gąsienice serii *Acer*, *Carpinus* i *Tilia*. Dokładniejszy obraz tego procesu dają wartości wyrażone w procentach ciężaru zresorbowanego. Pod tym względem najniższą wartość wykazują gąsienice serii *Tilia* (38%), więcej nieco, bo 48% przyswajają gąsienice serii *Carpinus*. Połowę pokarmu zresorbowanego przyswajają gąsienice serii *Acer*. Wszystkie pozostałe serie gąsienic przyswajają ponad połowę pokarmu zresorbowanego, a najwięcej, bo 76% przyswajają gąsienice serii *Corylus*.

Aczkolwiek gąsienice serii *Corylus* w przyswajaniu zresorbowanego świeżego pokarmu wykazują najwyższą wartość, to jednak stopień przyswojenia wyrażony w procentach w stosunku do pokarmu spożytego jest dosyć niski (10,6%) i znajduje się pod tym względem na czwartym miejscu.

Mimo, że wartości bezwzględne ilości przyswojonej suchej substancji są najniższe u gąsienic serii *Acer* (26 mg) i *Tilia* (27 mg), to jednak wartość ta przedstawiona w procentach pokarmu zresorbowanego jest największa u gąsienic serii *Tilia* (71%), a najmniejsza u gąsienic serii *Carpinus* (25%) i serii *Acer* (27%). Stosunkowo niska wartość procentowa przyswajanej suchej substancji w stosunku do zresorbowanej charakteryzuje również gąsienice serii *Salix* (32%). Pozostałe serie gąsienic przyswajają suchą substancję od 40% do 65% w stosunku do całkowitej jej ilości znajdującej się w pokarmie zresorbowanym.

Porównanie przyswajania suchej substancji w stosunku do ilości pokarmu spożytego daje obraz odmienny. Najniższą wartość pod tym względem wykazują gąsienice serii *Tilia* (4,9%), *Carpinus* (5,8%) i *Acer* (6,0%). Wartości tych nie daje się skorelować ani z procentową zawartością suchej substancji w spożywanych liściach, ani z miesiącem żerowania.

Procentowe przyswojenie zresorbowanej wody jest najwyższe u gąsienic serii *Corylus* i *Fagus* (87,2% i 87,1%). Ponad 80% resorbo-

wanej wody przyswajają gąsienice serii *Betula*, *Carpinus*, *Corylus*, *Fagus*, *Populus* i *Salix*. Najmniej, bo zaledwie 32% wody zresorbowanej przyswajają gąsienice serii *Tilia*. Być może, że najmniejszą wartość procentową przyswojonej wody zresorbowanej, możnaby częściowo tłumaczyć u serii *Tilia* wysoką zawartością tego składnika w pokarmie spożywanym, ale nie wydaje się to słuszne. Gdyby przyswajanie wody było zależne od jej zawartości w liściach, to w takim razie maksymalnie przyswojony powinien być ten składnik pokarmu przez te gąsienice, które spożywają liście o najmniejszej procentowej zawartości wody. Analizując dane zawarte w tabeli II i VI nie daje się pod tym względem znaleźć żadnych zależności. Przeswajanie wody przez gąsienice *Ph. bucephala* nie da się skorelować z żadnym dotychczas znanym czynnikiem.

Przyswajanie azotu charakteryzuje wielka rozbieżność. Skrajną najniższą wartość wykazują gąsienice serii *Carpinus* (27%), a najwyższą — 83% gąsienice serii *Quercus*. Dane zawarte w tabeli VI wskazują, że spośród całkowitej ilości zresorbowanych związków zawierających azot, dwie serie, a mianowicie gąsienice serii *Carpinus* i *Acer* przyswajają trochę więcej niż czwartą ich część. Wysoki stopień przyswajania zresorbowanych związków azotowych właściwy jest gąsienicom serii *Corylus* (75%), *Fagus* (77%) i *Tilia* (78%).

Jeżeli porównamy procentowe przyswajanie związków azotowych, ale w stosunku do pokarmu spożytego, to okazuje się, że najmniej przyswajane są te związki przez gąsienice serii *Acer* (12,5%), a nieco więcej (14%) przez gąsienice serii *Carpinus* i *Tilia*, zaś gąsienice serii *Quercus* przyswajają trzy razy więcej (42%) w porównaniu z dwoma ostatnimi seriami.

Wyniki dotychczasowych doświadczeń dostarczyły szeregu bardzo ciekawych faktów, których interpretacja stwarzała niekiedy poważne trudności. Przyczyn tych należy doszukiwać się przede wszystkim w tym, że doświadczenia przeprowadzone mają charakter porównawczy, nie tylko ze względu na to, że użyto dwóch gatunków gąsienic, ale i w tym, że jeden gatunek gąsienicy odżywiany był liśćmi dziesięciu gatunków roślin, a drugi liśćmi czterech gatunków roślin. Tak właśnie przeprowadzone doświadczenie daje znacznie większy materiał do po-

równania, niż w przypadku, gdyby się ograniczono do odżywiania każdego gatunku gąsienicy liśćmi jednego gatunku rośliny.

Jak już wspomniano na wstępie tej pracy, w doświadczeniach tego rodzaju mamy do czynienia z dwoma różnymi indywiduami fizjologicznymi ściśle ze sobą związanymi. W tym tkwi prawdopodobnie przyczyna trudności w interpretowaniu szeregu danych otrzymanych z doświadczeń. Ale dotychczasowa analiza wyników posiadała charakter raczej jednostronny, dotyczyła głównie możliwości fizjologicznych gąsienic. Zbyt wielkie różnice, szczególnie w zakresie ilości spożytego pokarmu roślinnego, łączono z budową anatomiczną liści. Ile słuszności jest w takim ujęciu zagadnienia dają dowody zebrane w następnej części pracy.

#### 4. Budowa anatomiczna liści tych roślin, którymi odżywiano gąsienice

Przedstawione wyniki doświadczeń obejmujące spożycie świeżych liści — przez poszczególne serie gąsienic — resorpcji i asymilacji zarówno świeżego pokarmu, jak i oznaczonych w tej pracy składników nie znalazły dotychczas w tej pracy właściwej interpretacji. Tych danych, jakie otrzymano przy zastosowaniu metod biochemicznych nie udało się skorelować z żadnym dotychczas rozważanym czynnikiem. Również w bogatej literaturze w zakresie odżywiania gąsienic liśćmi roślin zielonych główny kierunek wyjaśnienia otrzymanych danych obejmował zwierzę, a pokarm spożywany traktowano jako sumę składników organicznych. Hodowla owadów pożytecznych sprawiła, że przyczyn różnej asymilacji pokarmu przez tę grupę zwierząt zaczęto dopatrywać się w zmianie składu biochemicznego liści, jaka zachodzi w ciągu okresu wegetacyjnego roślin. Nie wydaje się, aby zjawiska związane z różną resorpcją pokarmu roślinnego przez gąsienice motyli, można było wytłumaczyć tylko zmianą składu biochemicznego liści. Napotkamy tu na poważne trudności i stąd właśnie znaleźć można w pracach szereg ogólników, które nie tłumaczą zjawiska.

Jak już kilkakrotnie w czasie omawiania wyników doświadczeń podkreślano, przyczyn szeregu zjawisk, jakie zostały stwierdzone w tej pracy, można dopatrywać się w budowie anatomicznej liści spożywanych przez gąsienice. W kolejnym więc etapie pracy nasuwała się konieczność wykonania skrawków liści, i dokonania pomiarów poje-

dynczych komórek obydwu tkanek liścia oraz obliczenia ilości warstw w poszczególnych tkankach. Dane te zebrano w tabeli VII.

Najmniejszą grubość warstwy miękiszu palisadowego posiadają liście *Tilia platyphyllos* (52  $\mu$ ), zaś największą liście *Quercus pedunculata* (90  $\mu$ ). Grubość warstwy miękiszu palisadowego pozostałych roślin zajmuje miejsce pośrednie między tymi dwoma wartościami. Grubość warstwy miękiszu gąbczastego jest najmniejsza u *Salix caprea* (32,2  $\mu$ ), a największa u *Populus nigra* (128,0  $\mu$ ). Te ogólne pomiary grubości warstw w liściu dwóch tkanek zostały uzupełnione pomiarami pojedynczych komórek (dł. i szer.). Spośród dwunastu gatunków roślin, jakimi odżywiano gąsienice, największe (5,9  $\mu$ ) są komórki miękiszu palisadowego u *Acer platanoides*, zaś najszersze (12,1  $\mu$ ) w liściach *Alnus glutinosa*. Ważnym uzupełnieniem dającym obraz wielkości pojedynczej komórki miękiszu palisadowego jest jej długość. Pomiary wskazują, że najdłuższe są komórki liści *Quercus pedunculata* (57,1  $\mu$ ) i *Acer platanoides* (57,0  $\mu$ ), zaś najkrótsze komórki liści *Salix caprea* i *Alnus incana* (26,0  $\mu$ ).

Porównując długość komórek miękiszu palisadowego (tabela VII, rubryka d) z grubością warstwy tej tkanki w liściu nie trudno jest się dopatrzeć, że ilość warstw komórek miękiszu palisadowego w poszczególnych liściach będzie różna. Te dane zawarte są w tej samej tabeli w rubryce „g”.

Wyjątkowe miejsce pod względem rozmiarów zajmują komórki miękiszu gąbczastego liści *Populus nigra*. Zarówno pod względem długości, jak i szerokości, komórki liści tej rośliny są największe. Najmniejsze w wymiarach są komórki miękiszu gąbczastego liści *Salix caprea*. Jeżeli porównamy wymiary pojedynczych komórek miękiszu gąbczastego liści poszczególnych roślin z grubością warstwy miękiszu gąbczastego w liściu, i ilością warstw tych komórek (rubryka h), to łatwo sobie wyobrazić, że sposób ich ułożenia w liściu będzie mniej lub więcej ścisły. Pojęcie o tym, jak one są ułożone w liściu daje charakterystyka przestrzeni międzykomórkowych (tabela VII, rubryka i).

Zarówno ogólne wymiary grubości warstwy komórek miękiszu palisadowego, jak i warstwy komórek miękiszu gąbczastego, wymiary pojedynczych komórek tych dwóch warstw, ilość warstw tych dwóch różnych tkanek, jak i charakterystyka przestrzeni międzykomórkowych

Tabela VII.

Średnie wymiary tkanek i komórek liści, którymi odżywiają gąsienice *Mimas tiliae* L. i *Phalera bucephala* L. w mikronach (a, b, c, d, e, f. — średnia z 10 pomiarów) Durchschnittsausmassen der Gewebe und der Blätterzellen mit welchen die Raupen gefüttert wurden, in Mikronen (a-f-Mittelwert aus 10 Vermessungen)

Gatunek A r t	Miększy palsadowy Palsanden-parenchym		Miększy palsadowy Palsanden-parenchym		Średnia wielkość komórki miększu palsadowego (Durchschnittsdimensionen der Palsadenzellen)		Średnia wielkość komórki miększu gąbczastego (Durchschnittsdimensionen der Schwammzellen)		Ilość warstw miększu palsadowego (Schichtenanzahl d. Palsadenzellen)		Ilość warstw miększu gąbczastego (Schichtenanzahl d. Schwammzellen)		Charakterystyka przetrzeni międzykomórkowych Charakter der Räume zwischen Schwammzellen
	a	b	c	d	e	f	g	h	i				
<i>Acer platanoides</i>	60.1	60.9	5.9	57.0	12.4	14.3	1	3	duże — gross				
<i>Alnus glutinosa</i>	82.1	96.4	12.1	28.1	13.9	19.0	2 do 3	3 do 4	b. male — s. klein				
<i>Alnus incana</i>	58.0	53.6	6.7	26.0	10.3	13.0	2	5	b. male — s. klein				
<i>Betula verrucosa</i>	62.0	69.4	6.9	28.0	9.7	15.9	2	3	duże — gross				
<i>Carpinus betulus</i>	57.2	67.6	10.0	48.9	15.6	20.1	1	3	duże — gross				
<i>Corylus avellana</i>	61.0	86.4	8.5	36.0	14.2	21.2	2	3	duże — gross				
<i>Fagus sylvatica</i>	57.6	66.1	8.2	52.0	12.5	13.2	1	3	duże — gross				
<i>Populus nigra</i>	85.1	128.0	11.6	40.0	19.8	31.4	2	5	b. male — s. klein				
<i>Quercus pedunculata</i>	90.0	76.6	7.6	57.1	16.6	18.5	2	2 do 3	b. male — s. klein				
<i>Salix caprea</i>	56.0	32.2	7.6	26.0	7.7	8.7	2	2 do 3	b. male — s. klein				
<i>Tilia platyphyllos</i>	52.2	63.0	8.5	50.0	13.2	20.0	1	1 (niekiedy 2)	duże — gross				
<i>Ulmus campestris</i>	70.4	67.0	11.0	31.0	16.4	18.4	2	2 (niekiedy 3)	male — klein				

wskazuje, że gąsienice *M. tiliae* i *Ph. bucephala* spożywały pokarm o różnej budowie anatomicznej. Jeśli te dane, jakie charakteryzują budowę liścia połączymy ze sposobem żerowania tych gąsienic, to musi ulec zmianie dotychczasowy nasz pogląd na pokarm gąsienic. Nie możemy traktować pokarmu jako sumę składników organicznych i nieorganicznych stanowiących określoną wartość energetyczną dla zwie-

**Tabela VIII.**

Zależność spożycia świeżego pokarmu na gram przyrostu na dzień od długości komórek i ilości warstw tych komórek w miększu palisadowym (wg danych zawartych w tabeli III i VII)

Abhängigkeit der Verzehrerung der frischen Nahrung (in g. d. Gewichtszunahme pro Tag) von der Länge der Zellen und von der Zahl der Schichten dieser Zellen im Palisadenparenchym. (nach Tabellen III u. VII).

Serie	ilość pokarmu świeżego spo- żytego na gram przyrostu na dzień	Długość komór- ki miększu palisadowego	ilość warstw	Spółczynnik $P = \frac{a}{b \cdot c}$ Koeffizient
	Menge der verzehreten frischen Nahrung pro g der Tagesgewichtszu- nahme	Länge der Zelle des Palisadenpa- renchyma	Zahl der schichten	
	a	b	c	
<i>Mimas tiliae</i> L.				
<i>Betula</i>	875	28	2	15.6
<i>Alnus</i>	691	26	2	13.3
<i>Tilia</i>	583	50	1	11.7
<i>Ulmus</i>	564	31	2	0.1
<i>Phalera bucephala</i> L.				
<i>Tilia</i>	2115	50	1	42.3
<i>Carpinus</i>	1379	49	1	28.1
<i>Corylus</i>	1181	36	1.5	21.9
<i>Fagus</i>	1120	52	1	21.5
<i>Betula</i>	1117	28	2	19.9
<i>Acer</i>	1030	57	1	18.1
<i>Salix</i>	917	26	2	17.6
<i>Alnus</i>	875	28	2.5	10.9
<i>Populus</i>	768	40	2	9.6
<i>Quercus</i>	732	57	1.5	8.6

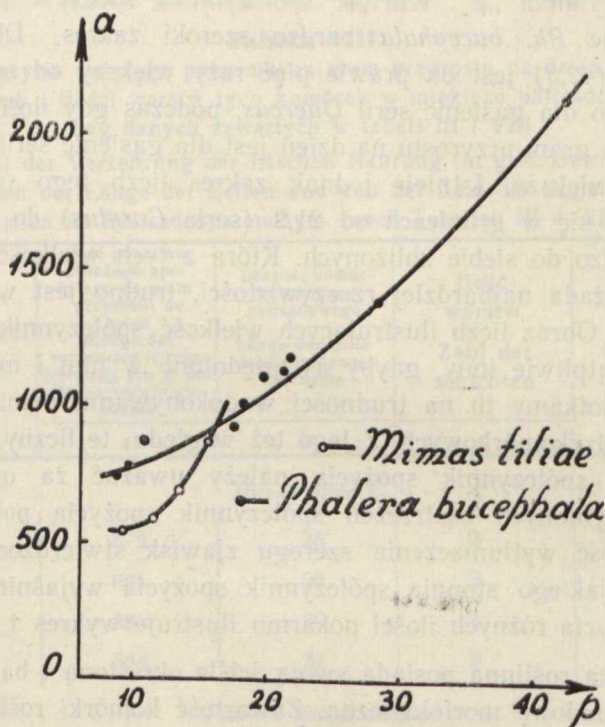
rzęcia. Musimy więc brać pod uwagę i jego budowę nie tylko pod względem biochemicznym, ale i pod względem anatomicznym.

W poszukiwaniu przyczyn spożycia tak różnej ilości liści wszystko zdaje się przemawiać za tym, że doszukiwać się ich należy w długości komórek i w ilości warstw tych komórek w miększu palisadowym. Zależność tę ilustrują dane zebrane w tabeli VIII, a określa ją wielkość współczynnika „p”. Wartość współczynnika spożycia (p) posiada dla gąsienic *Ph. bucephala* bardzo szeroki zakres. Dla gąsienic serii *Tilia* (42,3) jest on prawie pięć razy większy od współczynnika znajdującego dla gąsienic serii *Quercus*, podczas gdy ilość spożytego pokarmu na gram przyrostu na dzień jest dla gąsienic serii *Tilia* tylko trzy razy większa. Istnieje jednak zakres liczb tego współczynnika zamykający się w granicach od 21,9 (seria *Corylus*) do 17,6 (seria *Salix*) bardzo do siebie zbliżonych. Która z tych wielkości współczynnika odpowiada najbardziej rzeczywistości, trudno jest w tej chwili powiedzieć. Obraz liczb ilustrujących wielkość współczynnika spożycia, byłby niewątpliwie inny, gdyby uwzględniono w nim i miększ gąbczasty. Napotkamy tu na trudności w dokonywaniu pomiarów przeszerzeni międzykomórkowych. Z tego też względu, te liczby, które charakteryzują współczynnik spożycia należy uważać za orientacyjne. Mimo poczynionych zastrzeżeń współczynnik spożycia pokarmu (p) daje możliwość wytłumaczenia szeregu zjawisk stwierdzonych w tej pracy. Do jakiego stopnia współczynnik spożycia wyjaśnia wytłumaczenie spożycia różnych ilości pokarmu ilustruje wykres 1.

Komórka roślinna posiada swoją ściśle określoną i bardzo skomplikowaną budowę morfologiczną. Zawartość komórki roślinnej chroniona jest przez dwie różne błony. Różne nie tylko pod względem składu biochemicznego, ale różne również pod względem funkcjonalnym.

Z liczb zawartych w tabeli VII wnioskować można, że gąsienice *Ph. bucephala* odgryzając kawałek liścia, trafiają na drodze swych szczęk mniej lub więcej zbitą masę komórek, których przez zniszczenie błon — w pierwszym rzędzie celulozowych — cała zawartość tych komórek zostaje zatem udostępniona zwierzęciu. Pozostałe nieuszkodzone komórki roślinne w kawałku odgryzionego liścia chroni z górnej i dolnej strony liścia warstwa komórek skórki o błonach skutynizowanych, a każdą komórkę wnętrza liścia błona celulozowa i plazmatyczna

blona półprzepuszczalna. Nasuwa się więc pytanie, w jakim stopniu wykorzystywana jest przez zwierzę treść tych komórek w odgryzionym kawałku liścia, które nie zostały uszkodzone? Jeśli zważymy, że gąsienice użyte w tych doświadczeniach poza narządami szczękowymi przy użyciu których mogą odgryzać kawałki liści nie posiadają żadnych



Rys. 1. Wykres zależności spożycia pokarmu świeżego ( $a$ ) — od współczynnika spożycia ( $p$ ), wg tabeli VIII.

dodatkowych urządzeń, które ułatwiałyby im rozżarcie spożytego skrawka liścia, to w opraciu o wiadomości nasze w zakresie budowy anatomicznej komórki roślinnej musimy przyjąć, że zawartość tych komórek roślinnych, których błony celulozowe nie zostały uszkodzone, jest niedostępna dla zwierzęcia. Czy i o ile taki pogląd jest słuszny, będzie przedmiotem dyskusji w następnym rozdziale.



## 5. Dyskusja wyników

Zagadnienie odżywiania się gąsienic motyli liśćmi roślin zielonych posiada tak bogatą literaturę, że cytowanie jej w jednej pracy staje się niemożliwe, a zatem z konieczności musi być ograniczone do kilku najważniejszych i najbliższych pozycji ściśle wiążących się z omawianym zagadnieniem. Wszelka jednostronna interpretacja nie jest w stanie wytłumaczyć danego zjawiska. Ponieważ zagadnienia odżywiania się gąsienic motyli liśćmi roślin zielonych nie można rozpatrywać bez jednoczesnego głębszego wniknięcia w budowę anatomiczną spożywanym przez nie liści oraz ich stanu fizjologicznego, przeto interpretacja wyników otrzymanych w tej pracy wymaga postawienia dyskusji na płaszczyźnie szerokiej i możliwie wszechstronnej.

Podawane gąsienicom liście jako pokarm zrywano przez cały czas hodowli między godziną 6 i 7 rano. Wybór czasu zbioru liści nie był łatwy i decydowały tutaj dwa momenty. Liście zebrane wieczorem, zawierałyby najwięcej asymilatów, ale mniej miałyby wody, co ze względu na oznaczenie tego składnika w analizach było niekorzystne. Zebrane natomiast liście w godzinach rannych nie zawierają wprawdzie asymilatów (skrobii), ale zawartość w nich wody jest normalna, charakterystyczna w tym czasie dla danego gatunku. Można by więc postawić zarzut, że wszystkie gąsienice, ponieważ były odżywiane liśćmi zebranymi w godzinach rannych, odczuwały niedobór węglowodanów. Ten zarzut nie dotyczy gąsienic *Ph. bucephala*, bowiem jak stwierdzają wyniki oznaczeń dokonanych przez Evansa (6) skrobii wymieniony gatunek gąsienicy nie przyswaja. Brak danych w tym zakresie co do gąsienic *M. tiliae* utrudnia interpretację. Oznaczeń tych nie dokonano w tej pracy.

Analizując we właściwym miejscu zarówno ogólną ilość spożytego przez gąsienice pokarmu w piątym okresie rozwoju, jak i w przeliczeniu na gram przyrostu na dzień napotymano na poważne trudności w interpretacji tych liczb. Wartości tych nie udało się z niczym skorelować. W oparciu o wyniki pomiarów grubości warstw i pojedynczych komórek liści miękkiszu palisadowego i gąbczastego można by ogólnie powiedzieć, że ilość spożywanym przez gąsienice liści nie zależy ani od zawartości procentowej w nich wody, ani azotu, a prawdopodobnie i składników określonych nazwą

„sucha substancja“, a od wielkości komórek miększu palisadowego, a prawdopodobnie i gąbczastego i od ilości warstw tych komórek w liściu.

Chcąc zatem bliżej zanalizować zjawiska wyzyskania pokarmu roślinnego przez gąsienice *Mimas tiliae* i *Phalera bucephala* należy wyniki liczbowe otrzymane z doświadczeń w tym zakresie połączyć z danymi, jakie otrzymano z pomiarów liści. Będzie to tylko częściowo wyjaśniało zagadnienie wyzyskania pokarmu roślinnego, częściowo w tym sensie, że wyzyskana może być przez zwierzę zawartość tylko tych komórek, których błony zostały uszkodzone w czasie odgryzania kawałka liścia. Nasuwa się więc pytanie, czy zwierzęciu udostępniona jest zawartość tych komórek, których błony nie zostały uszkodzone?

Kuzniecow (13) (str. 284) podaje w swej monografii, że gąsienice odżywiające się liśćmi, przyswajają zawartość tych komórek, których błony uszkodzone zostały w czasie odgryzania skrawka liścia. Z tych komórek znika protoplazma i chloroplasty. (Biedermann i Moritz; Plateau). U gąsienic jedwabnika morwowego w przybliżeniu zaledwie trzecia część masy spożytych liści jest nadgryziona, izn. ma uszkodzone komórki (Kellner). Kuzniecow przytacza również i inne poglądy (Biedermann, Pojarkow), wg których enzymy trawienne gąsienic mogą przeniknąć przez błony celulozowe.

Zagadnienie możliwości resorbowania pokarmu przez gąsienice, stanowiącego treść komórki roślinnej o nieuszkodzonych błonach nie zostało dotychczas rozwiązane.

W jaki sposób z nieuszkodzonych komórek roślinnych kawałek liścia może zwierzę pobrać wodę? Ten proces zdaje się nie był badany, a tym samym nieznany jest jego mechanizm. Błona celulozowa komórek roślinnych nasycona jest wodą i ten składnik łatwo może przenikać z jednej komórki do drugiej. Ale oprócz tej wody, której pewna ilość krąży stale między micellami błon celulozowych, komórka zawiera jeszcze wodę stanowiącą integralną część żywej plazmy, a więc wodę związaną z biokoloidami, dla której błona protoplazmatyczna jest wprawdzie również przepuszczalna, ale której tak łatwo odciągnąć nie można, oraz wodę, wchodzącą w skład soku komórkowego, a stanowiącą wraz z innymi składnikami — wakuolę. Odciągnięcie więc

wody związanej ładunkami elektrycznymi z białkiem lub też wody znajdującej się w soku komórkowym, to już skomplikowany mechanizm. Sprawę pobrania wody przez zwierzę komplikuje fakt, że mamy tu do czynienia z kawałkiem liścia, w którym komórki ułożone są warstwami bardzo często ściśle do siebie przylegającymi.

Ponieważ użyte w tych doświadczeniach gąsienice nie produkują celulazy, a więc odebranie wody komórkom roślinnym o nieuszkodzonych błonach celulozowych, może się odbyć na zasadzie praw rządzących procesem przechodzenia wody z komórki do komórki roślinnej. Ursprung i Blum (19) stosując odpowiednie koncentracje  $\text{KNO}_3$  izotoniczne w stosunku do soku komórkowego stwierdzili, że ciśnienie osmotyczne określone metodą plazmolityczną jest różne w komórkach miększu palisadowego i gąbczastego liści buka. Wynosi ono dla komórek miększu palisadowego 1.017 mola  $\text{KNO}_3$ , zaś dla komórek miększu gąbczastego 0.571 m  $\text{KNO}_3$ . Wielkość ciśnienia osmotycznego w liściu układa się następująco: miększ palisadowy, > miększ gąbczasty, > górna epiderma, > dolna epiderma. Wprawdzie obiektem doświadczalnym pracy Ursprunga i Bluma były liście *Fagus sylvatica*, to jednak przypuszczać należy, że tę samą właściwość posiadają i komórki tych roślin, które użyte były w tej pracy. Powszechnie zwykło się uważać, że przechodzenie wody z komórki do komórki uwarunkowane jest różnicą ciśnień osmotycznych. Jak wynika jednak z pracy Meyera (14), w pewnych przypadkach woda może przechodzić z komórki posiadającej duże ciśnienie osmotyczne do komórki o mniejszym ciśnieniu osmotycznym, jeżeli turgor pierwszej komórki jest większy od drugiej. Taki proces możliwy jest w roślinie. Ponieważ w przypadku rozważanym mamy do czynienia z odciętym kawałkiem liścia umieszczonym w świetle jelita, przypuszczać należy, że odciąganie wody z komórek roślinnych, może przebiegać tylko dzięki różnicy ciśnienia osmotycznego między sokiem jelita, a komórką roślinną.

Już w dotychczasowych rozważaniach związanych z wytłumaczeniem pobrania przez gąsienice wody z komórek roślinnych natrafiamy na poważne trudności i właściwie wyjaśnić tego faktu nie potrafimy. Nie wiemy, czy zwierzę resorbuje tylko wodę, która krąży w błonach celulozowych, względnie wodę zawartą w soku komórkowym, czy też wodę związaną z biokoloidami. Wyniki oznaczeń dokonanych w tej pracy wskazują, że gąsienice *Mimas tiliae* z całkowitej

ilości wody, jaką spożyły w pokarmie wyzyskują na gram przyrostu na dzień od 29% do 35%, zaś gąsienice *Phalera bucephala* cechuje pod tym względem większa rozbieżność wyrażająca się w liczbach od 9,7% w serii *Carpinus* jako wartość najniższa, do 28% w serii *Quercus* jako najwyższa. Zawartość procentowa tego składnika w spożywanych liściach jest prawie jednakowa, jak więc tłumaczyć te wielkie różnice w resorbcji tego składnika. Musi tu istnieć mechanizm, który ułatwia pobranie wody z komórek liścia dębu, a utrudnia pobranie zwierzęciu tego składnika z liści grabu.

Częściowo tylko dałoby się może wytłumaczyć tę różnicę budową anatomiczną liści tych dwóch gatunków roślin. Mięksisz palisadowy liści *Carpinus betulus* ułożony jest w jednej warstwie, zaś mięksisz gąbczasty ułożony jest w trzech warstwach, ale w tej części liścia znajdują się duże przestrzenie międzykomórkowe. Liście zaś *Quercus pedunculata* posiadają dwie warstwy komórek mięksizu palisadowego i dwie do trzech warstw komórek mięksizu gąbczastego oraz małe przestrzenie międzykomórkowe. Gdybyśmy brali pod uwagę tylko resorbcję wody u gąsienic serii *Carpinus* i *Quercus*, to częściowo wyżej przytoczona interpretacja byłaby słuszna. Nie wydaje się jednak, aby budowa anatomiczna liścia była jedynym i decydującym tutaj czynnikiem. Wynika to z analizy danych ilustrujących wartość zresorbowanej wody przez inne serie gąsienic i z analizy wartości charakteryzujących budowę anatomiczną odpowiednich liści. Gdybyśmy ilość resorbowanej wody usiłovali tłumaczyć tylko budową anatomiczną liści, to gąsienice serii *Salix* powinny jej więcej resorbować niż gąsienice serii *Quercus*. W jeszcze lepszych warunkach pod tym względem znajdowałyby się gąsienice serii *Populus*.

Do interpretacji tego zjawiska należy dodać jeszcze jeden czynnik, który być może, nie jest bez znaczenia. Mniejsze wyzyskanie wody przez gąsienice serii *Salix* (19,5%) w porównaniu z wyzyskaniem tego składnika przez gąsienice serii *Quercus* (28,2%) możnaby tłumaczyć tym, że gąsienice serii *Salix* żerowały od 11.IX. do 18.IX., zaś gąsienice serii *Quercus* od 17.VIII. do 23.VIII. Różnica w czasie hodowli tych dwóch gatunków wynosi prawie miesiąc, przy czym jest to już okres starzenia się liści i okres głębokich zmian, a szczególnie tych zmian, jakie zachodzą w błonie celulozowej.

Dotychczasowa interpretacja zjawiska różnej resorbcji wody nie wyczerpuje wszystkich możliwości. Ponieważ odgryziony skrawek liścia

przez gąsienice utracił łączność z całą rośliną, tym samym więc zniszczone zostały te wszystkie mechanizmy, które regulowały czynność komórek. Taki skrawek liścia należałoby rozpatrywać jako chwilowo żywą część całego organizmu, która zachowała przez krótki okres czasu możliwość regulowania procesów tylko w zakresie możliwości pojedynczych lub kilku komórek. Z drugiej znów strony na ten skrawek liścia składający się z pewnej ilości komórek, zaczynają działać inne czynniki, obce komórce roślinnej.

Spożyty skrawek liścia zawiera żywe komórki posiadające określone ciśnienie osmotyczne, które jest wynikiem koncentracji soku komórkowego. Właśnie ta wielkość ulega znacznym wahaniom nie tylko w ciągu całego sezonu wegetacyjnego, ale jak wykazały badania Stoddarta (18) waha się ona w ciągu doby. Maksymalna koncentracja soku komórkowego ma miejsce wkrótce po południu, a spada do minimum we wczesnych godzinach rannych. Koncentrację soku komórkowego w ciągu dnia warunkuje działalność fotosyntetyczna roślin i zwiększenie deficytu wodnego w liściach. Wynikałoby więc z tego, że liście, którymi odżywiano gąsienice w tej pracy posiadały bardzo małą koncentrację soku komórkowego.

Dotychczasowe rozważania dotyczyły w pierwszym rzędzie stanu komórek znajdujących się w kawałku liścia w jelicie. Mimo tych wszystkich trudności, jakie ma zwierzę do pokonania w procesie odciągnięcia wody ze spożytego pokarmu, trudności wynikających z budowy anatomicznej tegoż pokarmu, część wody (takie bowiem są wyniki doświadczeń) zostaje odciągnięta. Jaki jest mechanizm tego procesu?

W momencie spożywania przez gąsienice pokarmu, każda z komórek liścia zawierała określoną ilość składników organicznych i nieorganicznych jaka cechuje żywą komórkę. Uznać musimy również, że zależnie od ilości komórek uszkodzonych w czasie gryzienia liści, natychmiast dostaje się do światła jelita pewna ilość zawartości komórek. Będzie ona tym większa, im więcej będzie warstw komórek miększu palisadowego i gąbczastego i im mniejsze będą przestrzenie międzykomórkowe. Wraz z określoną ilością składników organicznych i nieorganicznych stanowiących treść komórki, dostaje się i pewna ilość wody zależna od procentowej zawartości tego składnika w liściach. Wynika więc z tego, że ciecz resorbowana będzie w większym lub

mniejszym stopniu stężona, a stężenie to będzie zależało od ilości wody w komórkach.

Taki stan panowałby w jelicie wówczas, gdyby jego nabłonek był bierny w stosunku do spożytego pokarmu, a funkcja jego ograniczona byłaby tylko do funkcji chłonięcia. Tak jednak nie jest, bowiem poza funkcją chłonięcia pełni on również funkcję sekrecyjną. Na czym polega funkcja sekrecyjna, mało to jest zbadane w tej grupie zwierząt, ale istnieją dane świadczące o tym, że nabłonek jelita gąsienic pełni i funkcję wydzielniczą.

Analizując dane zawarte w tabeli IV, a dotyczące ilości zresorbowanej suchej substancji, widzimy, że jest ona wyzyskana w różnym stopniu przez obydwie gatunki gąsienic, zależnie od tego, jakiego gatunku rośliny liście były spożywane. Jeżeli ilość zresorbowanej suchej substancji na dzień i na gram żywej wagi gąsienic wyrazimy w procentach świeżej masy pokarmu resorbowanego, to otrzymany wartość procentową charakteryzującą stężenie pokarmu resorbowanego. Stężenie roztworu (tabela V) jaki resorbują gąsienice *M. tiliae* zamyka się w granicach od 29% do 39%, a dla gąsienic *Ph. bucephala* od 14% (seria *Tilia*) do 61% (seria *Carpinus*).

Jeżeli te liczby odpowiadają rzeczywistości, to musimy przyjąć, w konsekwencji, że ciecz jaką resorbują gąsienice stanowi roztwór o różnym stężeniu. Stężenie to nie wykazuje żadnej zależności ani od procentowej zawartości suchej substancji w liściach, ani też nie wpływa widocznie na wyzyskanie tego składnika. Koncentracja cieczy resorbowanej nasuwałaby przypuszczenie, że nabłonek gąsienic pełni funkcję wydzielniczą. Wydzielanie to musi być różne pod względem intensywności i zależne od podrażnień, jakie wywołuje zawartość komórek uszkodzonych, czego wyrazem jest mniejsze lub większe zagęszczenie resorbowanej cieczy.

Fakt, że nabłonek jelita gąsienic pełni funkcję wydzielniczą został stwierdzony histologicznie przez Deegera (5) u gąsienic *Deilephila euphorbiae* L. Badania histologiczne jelita gąsienic *Ph. bucephala* i *Amorpha populi* przeprowadzone przez autora dały również te same wyniki. Wyniki pracy Deegera i własne upoważniają do przyjęcia, że funkcja wydzielnicza nabłonka jelitowego, właściwa jest i gąsienicom *M. tiliae*. Ale nie wiadomo dotychczas, jakiego to rodzaju wydzielina. Nasuwa się więc przypuszczenie,

czy nie należałoby wiązać działalności wydzielniczej nabłonka gąsienic odżywiających się liśćmi roślin zielonych z pH ich jelita. Nie będzie to błędem, jeśli rozważania te oparte zostaną na wynikach pomiarów, dokonanych na gąsienicach innych gatunków, ale takich, które również odżywiają się liśćmi roślin zielonych. Jameson i Atkins (10) stwierdzili, że pH przedniego odcinka jelita *Bombyx mori* wynosi od 9,0 do 9,8, końcowego odcinka 9,2; zaś Galcowa (8) u starszych gąsienic tego samego gatunku znalazła pH = 9,9, a nawet 10,1. Skrijabina (17) u gąsienic *Porthetria dispar* znalazła pH = 9,3, u gąsienic *Pieris brassicae* — 9,4, zaś u gąsienic *Operophtera brumata* — 9,5. Istnieją więc wszelkie dane pozwalające przyjąć, że gąsienice użyte do doświadczeń w tej pracy posiadają pH jelita również w wysokim stopniu alkaliczne.

Znany jest fakt, że w składzie mineralnym gąsienic odżywiających się liśćmi roślin drzewiastych jest przewaga jonów potasu. Kuzniecowa (13) w swej monografii podaje za Versonem (str. 72), że alkaliczność soku jelitowego gąsienicy jedwabnika mrowowego warunkuje węglan potasu.

Mając obraz stosunków panujących w jelicie gąsienicy, wrócić należy do odgryzionych skrawków liści, z komórek których zwierzę musi pobrać pewną ilość składników pokarmowych. Jest to zawartość komórek roślinnych, którą chronią dwie błony: celulozowa przepuszczalna i plazmatyczna półprzepuszczalna. O ile warunkami panującymi w jelicie gąsienicy można byłoby wytłumaczyć odciążenie wody z soku komórkowego (różnica stężeń soku jelitowego i soku komórek roślinnych), to trudno jest wytłumaczyć udostępnienie zwierzęciu związków organicznych, które nie mogą być wyeliminowane na zewnątrz, do światła jelita, bez jednoczesnego zniszczenia półprzepuszczalności błony plazmatycznej. Aby mogła być udostępniona zwierzęciu zawartość komórek nieuszkodzonych, muszą istnieć czynniki działające destrukcyjnie na półprzepuszczalną błonę plazmatyczną. Czynniki te mogą być: niedostatek tlenu, podwyższona temperatura, nadmierna koncentracja substancji trujących, nadmierna koncentracja jonów wodorowych, oraz brak dostatecznej ilości związków organicznych. Wydaje się, że spośród wszystkich tych czynników, decydującym będzie tutaj pH. Wybranie tego czynnika uzasadnia fakt wysokiego pH w jelicie gąsienic, spowodowanego obecnością dużej koncentracji jonów potasu.

Zniszczenie półprzepuszczalności błony plazmatycznej wysoką koncentracją jonów potasu powoduje, że wszystkie składniki rozpuszczalne w wodzie mogą przeniknąć do światła jelita gąsienicy. Oczywiście, ilość wyeliminowanych do światła jelita składników organicznych będzie tym większa, im dłużej spożyty pokarm będzie się znajdował w jelicie, i im mniejszy będzie spożyty skrawek liścia. Jeśli ten tok rozumowania jest słuszny, to w takim razie wyzyskanie pokarmu przez gąsienicę, powinno być największe w stadiach młodszych, ponieważ im mniejsza gąsienica, tym mniejszy spożywa skrawek liścia. Słuszność tego rozumowania potwierdzają wyniki doświadczeń E v a n s a (7) z gąsienicami *Smerinthus populi*. Spółczynnik wyzyskania pokarmu przez ten gatunek gąsienicy w pierwszym dniu pierwszego okresu rozwoju larwalnego wynosi 0,925 (92,5%). Ulegając nieznacznym wahaniom w różnych dniach rozwoju, spada w ostatnim dniu tego okresu do 0,528. To samo zjawisko stwierdził E v a n s (7) dla gąsienic *Phalera bucephala*.

Nie ulega więc wątpliwości, że wyzyskanie pokarmu przez gąsienicę jest zależne od wielkości spożytego kawałka liścia, szczególnie jeśli uwzględnimy i budowę anatomiczną liścia, ale wydaje się, że nie można w interpretacji tej pominąć i udziału zwierzęcia, szczególnie w późniejszych okresach rozwoju. Właśnie zaobserwowany przez E v a n s a spadek wyzyskania pokarmu roślinnego cechuje nie tylko pewna prawidłowość w całym okresie larwalnym, ale różnice te występują nawet w obrębie poszczególnych okresów rozwojowych. Zwykle pierwsze dni po przejściu linienia cechuje większe wyzyskanie pokarmu niż w dniach następnych.

Jeżeli staniemy na stanowisku, że mechanizm eliminacji składników organicznych z wnętrza nieuszkodzonych komórek kawałka liścia jest taki, jaki został wyżej opisany, to musimy przyjąć w konsekwencji, że możliwość odżywiania się gąsienic liśćmi roślin zielonych, wybór tych roślin, a następnie i łączność biologiczna owada z rośliną, polega nie tylko na tym, że rośliny zielone są źródłem białka i innych składników pokarmowych, ale również i na tym, że mechanizm procesu wyzyskania zawartości komórek roślinnych nieuszkodzonych jest ściśle zależny od składu mineralnego organizmu zwierzęcego i od zdolności biochemicznej w tym czasie liści. Mówiąc o zdolności biochemicznej liści roślin zielonych, zwykło się rozumieć syntezę trzech



zasadniczych składników pokarmu zwierzęcego: białek, węglowodanów i tłuszczu. Pojęcie syntezy biochemicznej należy rozszerzyć i na te związki, które mogą mieć ujemny wpływ na proces wyzyskania zawartości tych komórek roślinnych, których błony nie zostały uszkodzone.

Białaszewicz i Landau (3) stwierdzili w piątym okresie rozwoju jedwabnika morwowego spadek jonów K ze 154 mg% w IV wylince do 121 mg% w ciągu 3,7 dnia żerowania. Właśnie wyzyskanie pokarmu przez gąsienice odżywiające się liśćmi roślin zielonych jest najintensywniejsze w pierwszych dwóch dniach. Spadek zawartości jonów K w hemolimfie łączy się charakterystycznie ze spadkiem ogólnego wyzyskania pokarmu. Czy te dane nie rzucają innego nieco światła — niż to było dotychczas — na mechanizm wyzyskania pokarmu przez gąsienice odżywiające się liśćmi roślin zielonych?

Jeżeli dotychczasowe rozumowanie jest słuszne, to w takim razie warunkiem wyzyskania pokarmu roślinnego przez gąsienice motyli byłby odpowiedni skład mineralny roślin i soków ciała owada, szczególnie w zakresie ilości jonów metali jednowartościowych. U jedwabnika morwowego stwierdził Białaszewicz (2) ogólne wyzyskanie pokarmu najintensywniejsze w pierwszym dniu żerowania piątego okresu rozwoju i wynosi ono 70%, a w ostatnim dniu żerowania spada ta wartość do 24%. Właśnie równoległe ze spadkiem ogólnego wyzyskania pokarmu Białaszewicz i Landau (3) stwierdzili znaczny spadek w hemolimfie zawartości jonów K, a w mniejszym nieco stopniu spadek zawartości jonów Na. W świetle tych wyników doświadczeń, jakie dotychczas zostały podane, a jakie osiągnięto z badania procesów odżywiania szczególnie u gąsienic jedwabnika morwowego, istnieją pewne podstawy do tego, aby przez analogię uznać za możliwe, że te same procesy mają miejsce na terenie jelita gąsienic *Ph. bucephala* i *M. tiliae*. Przemawiałby za tym zarówno sposób żerowania, pokarm roślinny (liście zielone), jak i budowa jelita. Różnicą wyraźnie rzucającą się w oczy byłby fakt, że gąsienice jedwabnika morwowego są monofagami, a gąsienice użyte do doświadczeń w tej pracy — polifagami. W końcowym wyniku rozważań na temat możliwości wyzyskania pokarmu przez gąsienice odżywiające się liśćmi roślin zielonych, wszystko zdaje się

wskazywać na to, że proces ten zależy od składu mineralnego gąsienic, szczególnie w zakresie stężenia jonów metali jednowartościowych.

Dotychczasowe rozważania pozwalały w znacznym stopniu tłumaczyć wyzyskanie przez gąsienice odżywiające się liśćmi roślin zielonych tych składników, które na zasadzie różnicy stężeń „soku jelita“ i komórek roślinnych, mogą dzięki bardzo wysokiemu pH spowodowanemu obecnością jonów metali jednowartościowych, zniszczyć półprzepuszczalność błony plazmatycznej nieuszkodzonych w czasie żerowania komórek, a tym samym uprzystępnić zwierzęciu te wszystkie składniki, jakie są rozpuszczalne w wodzie.

Zjawisko wyzyskania pokarmu przez gąsienice odżywiające się liśćmi roślin zielonych jest również przedmiotem rozważań Evansa (6). Autor ten w pracy swej przytacza dwa różne dotychczas istniejące poglądy. Reprezentantem jednego poglądu — jak podaje Evans — jest Acqua (1), który twierdzi, że pokarm ekstrahowany jest przez gąsienice jedynie mechanicznie z komórek uszkodzonych. Wprost przeciwne stanowisko zajmuje Biedermann (4) twierdząc, że zawartość komórek roślinnych może być wykorzystana nawet w tych komórkach, które nie zostały uszkodzone. Za taką interpretacją przemawiają wyniki badań mikroskopowych wydalin. Ten fakt stwierdzony przez Biedermann'a nie znalazł właściwej interpretacji.

Analizy biochemiczne Evansa (6) wykazują, że badane przez niego gąsienice wyzyskują ponad 50% białek, rozpuszczalnych cukrów i tłuszczu, zaś badania mikroskopowe skrawków pokarmu bezpośrednio po pogryzieniu oraz po ich wydaleniu w kaie wykazują, że większość komórek nie została zniszczona, a mimo to zawartość tych nieuszkodzonych komórek jest absorbowana.

Tych obserwacji Evans nie starał się wytłumaczyć, a więc mechanizm wyzyskania białek z komórek nieuszkodzonych pozostał przez niego niewyjaśniony.

Dane analityczne w pracy Evansa (6) potwierdzają słuszność dotychczasowej interpretacji mechanizmu wyzyskania zawartości komórek nieuszkodzonych, ale słuszna ona jest tylko w stosunku do tych składników, które są rozpuszczalne w wodzie. Interpretacja ta jednak nie tłumaczy zupełnie zjawiska wyzyskania białek, których duża czę-

słeczka nie może przejść przez błonę celulozową. Tak samo wątpliwy wydaje się pogląd powszechnie przyjęty, jakoby enzymy zwierzęcia przenikały przez błonę roślinną (celulozową), rozkładały białko plazmatyczne komórki roślinnej, udostępniając w ten sposób zwierzęciu aminokwasy, powstałe w procesie hydrolizy. Jeżeli błona celulozowa nieprzepuszczalna jest dla białka plazmy roślinnej, to znając strukturę enzymu musimy przyjąć, że jest ona również nieprzenikliwa dla białka wchodzącego w skład enzymu.

Trudność wyjaśnienia zjawiska wyzyskania przez gąsienice białka z komórek nieuszkodzonych rośliny polega na tym, że zbyt mało mamy danych, aby w oparciu o nie można było wyciągać wnioski, chociażby w przybliżeniu słuszne. Z konieczności więc wszelkie rozważania na ten temat muszą być podane w formie przypuszczeń. Będą to raczej spekulacje, które być może zwrócą uwagę, że procesów fizjologicznych nie można tłumaczyć na podstawie analizy biochemicznej określonych składników znajdujących się w pokarmie i w wydalinach, bowiem proces trawienia u gąsienic odżywiających się liśćmi roślin zielonych nie jest taki sam jak u kręgowców.

Rozważania na temat wyzyskania przez zwierzę białek z komórek roślinnych nieuszkodzonych musimy oprzeć na znanych faktach, że pH jelita jest bardzo wysokie, a badania histologiczne stwierdzają, że nabłonek jelita gąsienicy pełni również funkcję wydzielniczą.

Błona celulozowa jest nieprzenikliwa dla dużej cząsteczki białka, niezależnie od tego czy to będzie białko plazmy roślinnej czy też białko enzymu zwierzęcego. Musimy więc w konsekwencji przyjąć, że zmniejszenie półprzepuszczalności błony plazmatycznej komórki roślinnej — wywołane wysokim stężeniem jonów metali jednowartościowych — powoduje dużą zmianę w strukturze tej błony, połączoną prawdopodobnie ze znaczną dehydratacją plazmy komórki roślinnej. Brak jest dokładnych danych, które charakteryzowałyby wydzielinę nabłonka jelita gąsienicy. Jeżeli byłaby to wydzielina o charakterze enzymatycznym, to mogłaby ona działać na białko roślinne znajdujące się już w świetle jelita gąsienicy, a które dostało się tam z komórek uszkodzonych. Mamy jednak dowody, że i białko z komórek nieuszkodzonych jest absorbowane. Należałoby więc przyjąć, że wydzielina nabłonka jelita gąsienicy musi przechodzić przez błonę celulozową i działać hydrolizująco na białko komórki roślinnej; nie może to być

jednak czynnik o charakterze białkowym. Wiadomo powszechnie, że młode komórki roślinne posiadają pH raczej niskie, zresztą różne ono jest w pobliżu jądra, inne na terenie cytoplazmy, a jeszcze inne w wakuoli. Procesowi starzenia się komórki roślinnej towarzyszy odływ białka po uprzedniej hydrolizie właśnie przez enzymy znajdujące się na terenie komórki. Być może, że zniszczenie półprzepuszczalności błony plazmatycznej komórki roślinnej spowodowane dużą koncentracją jonów metali jednowartościowych w jelicie powoduje, że przeniknięcie tych jonów na teren plazmy zmienia pH aktywując w ten sposób działanie enzymów proteolitycznych w kierunku hydrolizy własnego białka. To przypuszczenie nie jest pozbawione słuszności.

Pozostałoby więc do wyjaśnienia, dlaczego zwierzę resorbuje zaledwie ponad 50% białek (E v a n s (6))? Tak samo w oznaczeniach ilości azotu wyzyskanego na gram przyrostu na dzień przez gąsienice *Mimas tiliae* i *Phalera bucephala* mamy różne liczby; dla *M. tiliae* od 54% do 59%, zaś dla *Ph. bucephala* od 18% (seria *Tilia*) do 59% (seria *Populus*). (Tabela IV). Na tak różne wyzyskanie azotu może się składać wiele czynników, ale najważniejszym zdaje się będzie między innymi szybkość przechodzenia pokarmu przez przewód pokarmowy gąsienicy. Czas przejścia pokarmu przez jelito byłby jednym z tych czynników, który nie pozwala na przeniknięcie wydzieliny nabłonka do warstw komórek liścia głębiej leżących.

Dotychczasowe rozważania na temat wyzyskania pokarmu przez gąsienice pozwoliły na wytworzenie nieco odmiennego obrazu mechanizmu procesu wyzyskania liści roślin zielonych przez gąsienice. Jeżeli rozważania te, wprawdzie nie oparte na bezpośrednio otrzymanych danych eksperymentalnych, lecz na wielostronnych faktach stwierdzonych przez innych badaczy nie są przekonywujące, to w każdym bądź razie wskazują one drogę właściwego kierunku badań, która przez jednostronne stosowanie metod została zaniedbana.

Stojąc na gruncie interpretacji takiej jaka wyżej została przytoczona, należy zanalizować wyniki oznaczeń jakie osiągnięto w przeprowadzonych doświadczeniach.

Z przedstawionych danych jakie zebrano w tej pracy wynika, że zarówno całkowitą ilość pokarmu spożytego, jak i ilość pokarmu spożytego na gram przyrostu na dzień zależna jest od budowy anatomicznej liścia, a szczególnie od ilości warstw i wielkości komórek mięksiszu

palisadowego. (Tabela VIII). Ponieważ budowa anatomiczna liścia, a szczególnie ilości warstw miękiszu palisadowego, jest zależna od warunków oświetlenia danej rośliny, przeto ilość spożytych przez gąsienice liści nie będzie wielkością stałą w stosunku do danej rośliny, a zmienną. Stąd też w szeregu prac spotykamy różne wyniki w zakresie bezwzględnej ilości spożytych liści przez jeden gatunek gąsienic, a tym samym różne w przeliczeniu na gram przyrostu na dzień. Tłumaczone to jest jakością pokarmu, lub wartością odżywczą pokarmu.

Ta ogólnikowa interpretacja miałaby może do pewnego stopnia swoje wytłumaczenie z punktu widzenia działalności fizjologicznej tych części rośliny — w różnych warunkach oświetlenia — które są pokarmem gąsienic. Zakres tej pracy przekracza jednak możliwości tego rodzaju szerszej interpretacji, a więc konieczność zmusza do ujęcia tych najważniejszych zmian w kilku punktach.

Dobre naświetlenie powoduje:

- a) zmianę natężenia procesów asymilacyjnych,
- b) zwiększa transpirację, a więc zmniejsza uwodnienie komórek roślinnych,
- c) zwiększa koncentrację soku komórkowego.

Słabe naświetlenie powoduje efekt przeciwny.

Jeżeli teraz te zmiany, jakie zachodzą w liściach roślin zielonych (a nie są to wszystkie) pod wpływem tylko jednego czynnika jakim jest światło, będziemy rozpatrywali pod kątem możności wyzyskania takiego pokarmu przez gąsienice, to stojąc na stanowisku takiej interpretacji wyzyskania pokarmu jaką podano w tej pracy, będziemy mieli tak różnorodną ilość skutków, że stosując tylko metody biochemiczne nie będzie ich można wytłumaczyć, bo każdorazowo będą inne wyniki.

Budowa anatomiczna liści tłumaczy ilość spożytego przez gąsienice pokarmu, na co w dotychczasowych pracach nie zwracano uwagi.

Porównując wartości liczbowe ciężaru spożytych liści przez gąsienice obydwóch gatunków w seriach *Betula* i *Tilia* stwierdzono znaczne różnice. Gąsienice *Ph. bucephala* spożywają znacznie więcej liści niż gąsienice *M. tiliae*. Wyjątkowo duże różnice w spożyciu świeżych liści cechuje gąsienice serii *Tilia* (*M. tiliae* 8.193 g; *Ph. bucephala* 15.739 g; Tabela I rubryka 7). Ponieważ jeden i drugi gatunek gąsienicy odżywiany był liśćmi jednego drzewa, przeto przyczynowego związku tego zjawiska dopatrywać się należy w sposobie gryzienia

blaszki liścia, tzn. w wielkości odgryzanych skrawków liścia. Za taką interpretacją przemawiałby fakt większego wyzyskania liści lipy przez gąsienice *M. tiliae* (29%) w porównaniu z gąsienicami *Ph. bucephala* (12,5%). Nie wyklucza to i innych możliwości.

Wyzyskanie przez gąsienice oznaczonych w tej pracy składników jest bardzo różne. W obrębie tych roślin, którymi odżywiano gąsienice *M. tiliae*, materiału porównawczego jest niewiele (4 różne rośliny), a ogólne wyzyskanie suchej substancji, wody i azotu za cały piąty okres nie wykazuje zbyt wielkich różnic. Inaczej zupełnie przedstawia się sprawa ogólnego wyzyskania oznaczonych składników przez gąsienice *Ph. bucephala*. W ocenie wartości wyzyskania, przyswojenia i zmetabolizowania zarówno świeżego pokarmu jak i poszczególnych składników, stosowano dwojakiego rodzaju oznaczenia. Najczęściej wartość ta wyrażana jest w procentach. Evans (7) wprowadził pojęcie współczynnika. W pracy swej (7) wprowadził współczynnik — wyzyskania:

$$Q^u = \frac{\text{ciężar pokarmu zresorbowanego}}{\text{ciężaru pokarmu spożytego}}$$

spółczynnik wzrostu (przyswojenia):

$$Q^g = \frac{\text{maksymalny przyrost ciężaru ciała gąsienicy}}{\text{ciężar pokarmu, zresorbowanego}}$$

oraz współczynnik zmetabolizowania:

$$Q^m = \frac{\text{ciężar pokarmu zresorbowanego} - \text{przyrost ciężaru ciała gąsienicy}}{\text{ciężar pokarmu zresorbowanego}}$$

Spółczynniki wyzyskania, przyswojenia i zmetabolizowania świeżego pokarmu oraz oznaczonych składników przez gąsienice *M. tiliae* i *Ph. bucephala* zebrane są w Tabeli IX.

Porównując wartości liczb jakie podaje w pracy swej Evans (7) dla gąsienic *Phalera bucephala* odżywianych liśćmi grabu z wartościami, jakie otrzymano w tej pracy dla tego samego gatunku gąsienic serii *Carpinus*, stwierdzić należy dużą różnicę. Gąsienice *Ph. bucephala* serii *Carpinus* w tej pracy spożywają średnio w piątym okresie rozwoju na gram przyrostu na dzień (Tabela III) 1.379 g świeżych liści, i jest to dwukrotnie większa ilość w porównaniu z ilością podaną przez Evans a. Tak samo wyzyskanie świeżego pokarmu (Tabela IV) oraz wody i suchej substancji jest znacznie niższe dla gąsienic serii *Car-*

Tabela IX.

Spółczynnik wyzyskania, wzrostu (przyswojenia) i zmetabolizowania pokarmu według danych zawartych w tabeli I i II. Ausnutzungskoeffizient der Assimilation und der Metabolisierung der Nahrung, nach Tabellen I u. II.

Seria	Q wyzyskania Q der Ausnutzung				Q wzrostu (przyswojenia) Q der Assimilation				Q zmetabolizowania Q d. Metabolisierung			
	świeżego pokarmu der frischen Nahrung	suchej substancji der trockenen Substanz	wody des Wassers	azotu des Stickstoffes	świeżego pokarmu der frischen Nahrung	suchej substancji der trockenen Substanz	wody des Wassers	azotu des Stickstoffes	świeżego pokarmu der frischen Nahrung	suchej substancji der trockenen Substanz	wody des Wassers	azotu des Stickstoffes
<i>Alnus</i>	0.349	0.345	0.351	0.592	<i>M i m a s t i l i a e L.</i>				0.408	0.487	0.375	0.408
<i>Betula</i>	0.322	0.366	0.300	0.596	0.592	0.513	0.625	0.592	0.493	0.668	0.410	0.664
<i>Tilia</i>	0.288	0.292	0.287	0.573	0.507	0.332	0.590	0.761	0.404	0.423	0.398	0.239
<i>Ulmus</i>	0.334	0.353	0.323	0.562	0.596	0.577	0.602	0.489	0.335	0.563	0.193	0.511
<i>Acer</i>	0.178	0.219	0.147	0.441	<i>P h a l e r a b u c e p h a l a L.</i>				0.504	0.725	0.264	0.735
<i>Alnus</i>	0.266	0.321	0.232	0.483	0.496	0.276	0.736	0.265	0.462	0.597	0.350	0.512
<i>Betula</i>	0.212	0.306	0.160	0.498	0.538	0.403	0.650	0.488	0.398	0.590	0.190	0.466
<i>Carpinus</i>	0.152	0.235	0.097	0.514	0.602	0.410	0.810	0.534	0.522	0.746	0.164	0.737
<i>Corylus</i>	0.140	0.166	0.125	0.381	0.478	0.254	0.836	0.263	0.343	0.397	0.127	0.273
<i>Fagus</i>	0.158	0.203	0.135	0.328	0.757	0.603	0.873	0.727	0.292	0.503	0.131	0.250
<i>Populus</i>	0.245	0.305	0.215	0.601	0.708	0.497	0.869	0.750	0.337	0.528	0.196	0.365
<i>Quercus</i>	0.277	0.269	0.282	0.491	0.663	0.472	0.804	0.635	0.295	0.345	0.264	0.198
<i>Salix</i>	0.241	0.303	0.194	0.507	0.705	0.655	0.736	0.802	0.434	0.680	0.148	0.432
<i>Tilia</i>	0.125	0.070	0.145	0.171	0.566	0.320	0.852	0.568	0.623	0.286	0.680	0.259

*pinus* w tej pracy, w porównaniu z wartościami jakie znalazł Evans. Jak już wspomniano we właściwym miejscu, liczb ilustrujących zarówno ogólną ilość spożytego przez gąsienice pokarmu jak i w przeliczeniu na gram przyrostu na dzień, nie można uważać za coś stałego. Wartość ta będzie zmienna i zależna od budowy anatomicznej i stanu fizjologicznego liści. Liczby jakie podaje Evans dla gąsienic *Ph. hucephala* odżywianych liśćmi grabu świadczyłyby, że roślina ta znajdowała się w dobrych warunkach oświetlenia, czego nie można powiedzieć o liściach tych egzemplarzy grabu, które były pokarmem gąsienic w tej pracy. Rośliny których liśćmi odżywiano gąsienice serii *Carpinus* w tej pracy, były to krzewy dość niskie, użyte do obsadzenia trawnika znajdującego się za dosyć dużym budynkiem a odsłonięte były od strony wschodniej, północnej i zachodniej. Dodać do tego należy fakt, że były one zrywane we wczesnych godzinach rannych. Evans w swych pracach nie podaje czasu zrywania liści. Tak samo nie podaje w przybliżeniu miesiąca w jakim przeprowadzone były doświadczenia z odżywianiem gąsienic, co nie jest bez znaczenia w świetle tych wszystkich rozważań jakie wyżej zostały przytoczone. Stosowanie współczynników przez Evansa nie wyjaśnia zagadnienia wyzyskania pokarmu roślinnego przez gąsienice, a w niektórych przypadkach zaciemniło obraz, jest on wyraźniejszy po zilustrowaniu go w procentach.

Evans (7) analizując w pracy swej wyzyskanie pokarmu przez gąsienice na gram przyrostu na dzień wprowadza dodatkową wartość otrzymaną ze stosunku wyzyskanej wody do wyzyskanej suchej substancji. Najwyższy współczynnik (9,7) otrzymał Evans w pierwszym dniu pierwszego okresu rozwojowego gąsienicy. Spada on w następujących dniach, osiągając wartość 6.6 w siódmym dniu pierwszego okresu rozwojowego. W następujących dniach daje się zauważyć dalszy spadek aż do 32 dnia w czwartym okresie rozwoju. W 41 dniu żerowania, ale już w piątym okresie rozwoju wartość ta wynosi 6.1 i spada w ciągu następujących 4 dni do 3.3.

W poszukiwaniu dalszych przyczyn dających podstawę możliwie wszechstronnego zintenpretowania zjawiska wyzyskania przez gąsienice takich składników jak wody i suchej substancji, dokonano wyliczeń stosunku wody do suchej substancji w liściach spożywanych przez gąsienice, w gąsienicach dojrzałych oraz w gąsienicach w IV wylince. Dane te zebrane są w Tabeli X i w wykresie graficznym Nr 2.



**Tabela X.**

Stosunek ilości wody do ilości suchej substancji w liściach spożytych, w gąsienicach przed przepoczwarceniem i w gąsienicach po IV wylince.

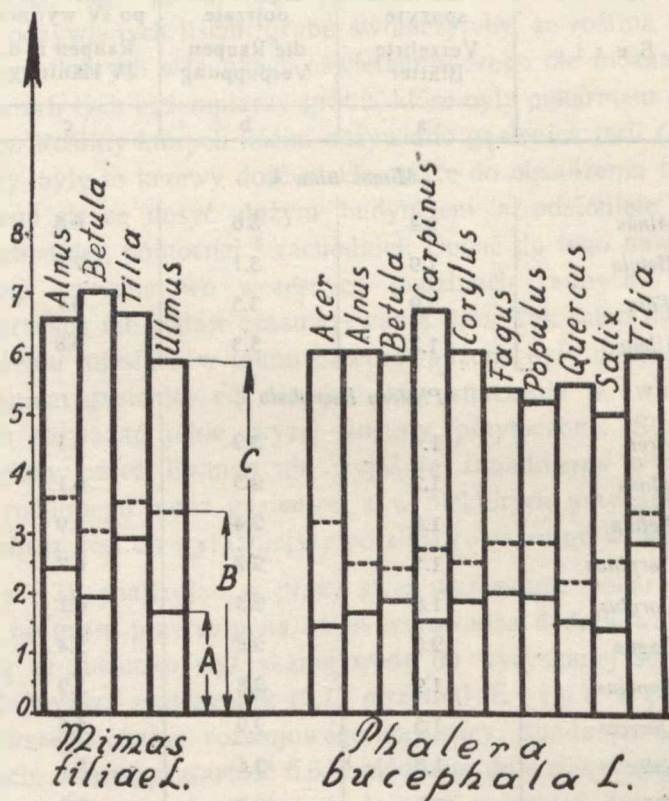
Das Verhältnis der Wassermenge zur Menge der Trockensubstanz in der verzehrten Blättern, bei Raupen von Verpuppung, und der Raupen nach der IV Häutung.

Serie	Liście spożyte	Gąsienice dojrzałe	Gąsienice po IV wylince
	Verzehrte Blätter	die Raupen Verpuppung	Raupen n. d. IV Häutung
	a	b	c
<i>Mimas tiliae</i> L.			
<i>Alnus</i>	2.4	3.6	6.6
<i>Betula</i>	1.9	3.1	7.2
<i>Tilia</i>	2.9	3.5	6.7
<i>Ulmus</i>	1.7	3.3	5.8
<i>Phalera bucephala</i> L.			
<i>Acer</i>	1.4	3.2	6.1
<i>Alnus</i>	1.7	2.5	6.1
<i>Betula</i>	1.8	2.4	5.9
<i>Carpinus</i>	1.5	2.7	6.7
<i>Corylus</i>	1.8	2.5	6.1
<i>Fagus</i>	2.0	2.8	5.4
<i>Populus</i>	1.9	2.8	5.2
<i>Quercus</i>	1.5	2.2	5.6
<i>Salix</i>	1.3	2.6	5.1
<i>Tilia</i>	2.8	3.3	6.0

Stosunek wody do suchej substancji w liściach spożywanych zamyka się wprawdzie w dość wąskich granicach, ale nie da się on skorelować z żadną wielkością, która wyjaśniałaby jakkolwiek proces fizjologiczny. Dane te przedstawione w wykresie graficznym, dają bardziej przejrzysty obraz tych stosunków.

Już w czasie omawiania wyników doświadczeń, a następnie w dyskusji wyników podkreślano niejednokrotnie, że fakt spożywania przez poszczególne serie gąsienic różnych ilości liści wiązać należy z budową

anatomiczną spożywanym liści. Interpretacja liczb charakteryzujących resorbcję pokarmu spożytego jest zupełnie odmienna od tej jaka była dotychczas, a wszystkie dane przemawiałyby za tym, że jest ona słuszna, bowiem tylko taka interpretacja tłumaczyłaby zjawisko resorbcji przez gąsienice zawartości komórek nieuszkodzonych.



Rys 2. Wykres graficzny — stosunku wody do suchej substancji w liściach spożytych, gąsienicach dojrzałych i w IV wylince.

Ale rozważania dotychczasowe wymagają jeszcze dalszych uzupełnień.

Możliwość odżywiania się dwóch badanych gatunków gąsienic liśćmi wielu roślin drzewiastych, ich różna zdolność resorbowania spożytego pokarmu roślinnego, różna zdolność asymilacyjna, musi być rozpatrzona jeszcze i z innego punktu widzenia.

W wyborze pokarmu dla gąsienic kierowano się danymi znalezionymi w pracy Gieysztora (9). Nie były to więc rośliny przy-padkowe, a takie, których liśćmi odżywiają się — użyte gatunki gąsienic — w warunkach naturalnych. Oczywiście błędy w wyborze pokarmu mogą dotyczyć gatunków roślin, bowiem w pracy swej Gieysztor nazwę rośliny żywiciela ogranicza do podania nazwy rodzajowej. Wszystkie gąsienice jakie użyte były do doświadczeń w tej pracy nie wykazywały objawów jakiegokolwiek choroby, co mogłoby zmieniać wyniki doświadczeń.

Spośród szeregu faktów rzucających się w oczy, najbardziej znanym jest różna ilość spożywanego pokarmu przez gąsienice w różnych seriach — znalazło to już swoje wytłumaczenie we właściwym miejscu.

Zwrócić również należy uwagę na różną resorbcję trzech oznaczonych składników: suchej substancji, wody i azotu. Gąsienice *Mimas tiliae* nie wykazują pod tym względem zbyt wielkich różnic. Wyraźnie natomiast występują one u gąsienic *Phalera bucephala*. W interpretacji liczb charakteryzujących proces resorbcji zarówno świeżego pokarmu, jak i oznaczonych składników zajmujemy stanowisko, że

udostępnienie zwierzęciu zawartości komórek nieuszkodzonych, może się odbyć na zasadzie różnicy ciśnienia osmotycznego między sokiem jelita a treścią komórek. Wysokie pH jelita gąsienic odżywiających się liśćmi roślin zielonych (drzew) spowodowane znaczną koncentracją jonów metali jednowartościowych, a szczególnie jonów K, działając destrukcyjnie na półprzepuszczalną błonę plazmatyczną, powoduje przepływ składników rozpuszczalnych w wodzie z wnętrza komórek do światła jelita. Stwierdzona histologicznie funkcja wydzielnicza nabłonka jelita pozwala wnioskować, że w wydzielinie tej jest prawdopodobnie pewna ilość składników mineralnych, a być może i innych substancji, które przenikając do wnętrza komórek nieuszkodzonych przez

zniszczoną półprzepuszczalną błonę plazmatyczną, aktywują proces hydrolityczny białka komórkowego, a powstałe w ten sposób aminokwasy na zasadzie różnicy ciśnienia osmotycznego mogą przeniknąć przez błony celulozowe do światła jelita gąsienicy.

Jeśli ten mechanizm rzeczywiście ma miejsce na terenie jelita gąsienicy, to pozostają do wytłumaczenia duże różnice — w poszczególnych seriach gąsienic *Phalera bucephala* — resorpcji oznaczonych w tej pracy składników.

Uderzające jest u gąsienic serii *Tilia* małe wyzyskanie suchej substancji (6.9%). Budowa anatomiczna spożywanego liścia wykazuje jedną warstwę komórek miękiszu palisadowego i gąbczastego i duże przestrzenie międzykomórkowe. Liść w porównaniu z innymi cienki, a więc odgryzane skrawki muszą być dosyć duże. Analiza wykazuje znaczną zawartość wody w komórkach (74.04%). Wyliczona koncentracja roztworu resorbowanego wynosi zaledwie 14% (Tabela V). Te fakty tłumaczyłyby przyczynowo małe wyzyskanie suchej substancji i azotu. Przegryzienie kilku komórek miękiszu liścia powoduje wylanie do światła jelita znacznie większych ilości wody, a wskutek tego i zmniejszenie koncentracji jonów metali. Małe ciśnienie osmotyczne w świetle jelita pozwala prawdopodobnie na wyzyskanie tylko najbliższych komórek, a krótkotrwały pobyt pokarmu w jelicie nie pozwala na wykorzystanie komórek głębiej leżących.

Do ogólnej charakterystyki liści lipy, jakimi odżywiano gąsienice w tej serii dodać należy, że było to duże drzewo rosnące w cieniu. Ta okoliczność nie jest bez znaczenia, jeśli weźmiemy pod uwagę rozważania jakie już na ten temat były przeprowadzone. Wydaliny tych gąsienic były luźne, bardziej uwodnione od innych i łatwo rozsypywały się za dotknięciem.

W wynikach otrzymanych zwraca uwagę fakt, że gąsienice serii *Carpinus* wyzyskują w najmniejszym stopniu wodę (9.7%), w znacznie większym stopniu ale nie najwyższym, wyzyskują suchą substancję (23.4%), a pod względem wyzyskania azotu zaliczyć je należy do grupy zajmującej jedno z przedostatnich miejsc (51%). Budowa anatomiczna liścia i jego charakterystyka podobna jest do liści lipy (z wyjątkiem ilości warstw miękiszu gąbczastego). Zawartość procentowa wody

w liściach wynosi 60.3%, ale za to wyliczone stężenie roztworu resorbowanego jest najwyższe (61%). Czym więc tłumaczyć to najmniejsze wyzyskanie wody w jelicie? Zjawisko to mogłyby tłumaczyć, zdaje się, dwa czynniki. Jednym z nich byłoby intensywniejsze wydzielanie soku przez nabłonek. Za taką interpretacją przemawiałoby duże wyzyskanie azotu. Znacznie mniejsze uwodnienie komórek roślinnych nie rozcieńczałoby wprawdzie wydzieliny nabłonka jelitowego, ale nie tłumaczy dużego stężenia roztworu resorbowanego. Małe uwodnienie komórek roślinnych wskazywałoby na wysoką koncentrację soku komórkowego. Wszystko zdaje się przemawiać za tym, że koncentracja soku komórkowego spowodowana jest znaczną zawartością cukru lub składników mineralnych. Z uszkodzonych — w czasie gryzienia — komórek wylewa się ich zagęszczona zawartość do światła jelita. W tej cieczy znajduje się prawdopodobnie znaczna zawartość cukru i składników mineralnych, która pobudza intensywniejsze wydzielanie soku alkalicznego przez nabłonek jelita. Wzrost zagęszczenia soku spowodowany wyeliminowaniem składników organicznych z komórek nieuszkodzonych powoduje, że z utworzonej w ten sposób gęstej cieczy mogą być resorbowane w pierwszym rzędzie cukry. Stąd małe stosunkowo ogólne wyzyskanie świeżego pokarmu, minimalne wyzyskanie wody, i wydłużenie do dziesięciu dni czasu rozwoju gąsienicy. Dowodem słuszności takiego rozumowania byłby fakt, że mimo najmniejszej resorbcji wody przez gąsienice tej serii, procentowa zawartość tego składnika w ciele gąsienicy nie jest mała (Tabela II). Wynikałoby więc z tego, że większość wody, zawarta w ciele gąsienic *Phalera bucephala* serii *Carpinus* powstaje w procesach zmetabolizowania jakichś związków. Możliwe byłoby postawić zarzut, że w tłumaczeniu zjawiska resorbcji składników pokarmowych przez gąsienice serii *Carpinus* jest dużo spekulacji, a za mało danych eksperymentalnych. Słuszne jest to do pewnego stopnia, ale nawet wobec braku niektórych bezpośrednich dowodów przyznać trzeba, że dotychczasowe usiłowania autorów — a było ich wielu — nie uwzględniały tylu czynników mogących mieć jakiś wpływ i znaczenie dla omawianych procesów, a wskutek tego wyniki tych prac — wykonanych niekiedy z dużym nakładem pracy i stosowaniem bardzo subtelnych metod analizy biochemicznej — nie znalazły właściwej interpretacji. W dokonywaniu możliwie wszechstronnej analizy zjawisk wynikających z danych otrzymanych w pracy, zmuszeni jesteśmy nie-

kiedy do skorzystania z wyników już osiągniętych, ale posługując się nimi wyciągnięte wnioski podajemy nie w formie twierdzącej a warunkowej. Zresztą interpretując zjawisko nawet możliwie wszechstronnie nigdy nie mamy dostatecznej pewności, że zostały już wyczerpane wszystkie możliwości.

Zwrócić należy jeszcze uwagę na gąsienice serii *Acer*. Cechą charakterystyczną tej serii gąsienic jest najdłuższy czas trwania piątego okresu rozwoju, który wynosi 11 dni. W tym czasie średnio, pojedyncza gąsienica spożywa 12.076 g świeżych liści. Resorbuje za cały piąty okres rozwoju 2.147 g pokarmu świeżego, a wyzyskuje świeży pokarm w 17,8%. Charakterystyczną cechą liści jakimi odżywiały się gąsienice tej serii jest jedna warstwa komórek miękiszu palisadowego, trzy warstwy komórek miękiszu gąbczastego i duże przestrzenie międzykomórkowe. Wyzyskanie poszczególnych składników na gram przyrostu na dzień wykazuje: suchej substancji 22%, wody 15% i azotu 45% (Tabela IV). Stężenie roztworu w jelicie wynosi 52% (Tabela V). Stosując do tych wyników interpretację taką, jaką przyjęto w stosunku do gąsienic serii *Carpinus*, stwierdzić należy mniejsze wyzyskanie suchej substancji i azotu, mimo dużej zawartości procentowej tego składnika w liściach spożywanych, ale za to większe wyzyskanie wody. Mając na uwadze te wszystkie czynniki, które mogą mieć znaczenie przy wyzyskaniu azotu zawartego w pokarmie, stwierdzić się daje również bardzo małe wyzyskanie azotu u gąsienic serii *Corylus* i *Fagus*. Na proces wyzyskania azotu przez gąsienice wyżej wymienionych serii musi wpływać jeszcze jakiś inny czynnik, a nie tylko te czynniki, jakie dotychczas brano pod uwagę. Faktu małego wyzyskania azotu przez gąsienice serii *Corylus* i *Fagus* nie da się wytłumaczyć małą zawartością tego składnika w spożywanych liściach. Liście *Salix caprea* posiadają tylko 0.82% tego składnika a wyzyskany jest on w 50%. Do interpretacji tego zjawiska należy dołączyć jeszcze — oprócz tych wszystkich czynników jakie już zostały omówione — jeden fakt, a mianowicie, gąsienice serii *Corylus* i *Fagus* pochodziły z jaj złożonych przez dwie różne samice.

Czy ten fakt może mieć jakiś przyczynowy związek z wyzyskaniem spożywanego przez gąsienice pokarmu? Tak postawione zagadnienie może być natychmiast obalone jako pozbawione wszelkich podstaw, bowiem gąsienice serii *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus* i *Tilia* pochodziły

z jaj złożonych przez jedną samicę, a jak wskazują wyniki oznaczeń, wyzyskanie azotu przez poszczególne serie gąsienic jest bardzo różne. Ta sama cecha charakteryzuje i gąsienice serii *Corylus* i *Quercus*, które pochodziły z jaj złożonych przez drugą samicę. Natomiast wysoki procent wyzyskania azotu charakteryzuje te gąsienice, które zebrano w warunkach naturalnych.

Aby zjawisko było bardziej jasne, a powyższe jego ujęcie mogło mieć pewne uzasadnienie, konieczne się stają dodatkowe wyjaśnienia. W okolicy Warszawy, a więc w tym miejscu skąd pochodziły motyle składające jaja z których wylęgłe gąsienice były obiektem doświadczeń, gąsienice *M. tiliae* znajdowano na tych wszystkich roślinach, którymi je odżywiano w przeprowadzonych z nimi doświadczeniach. Natomiast gąsienice *Ph. bucephala* znajdowano tylko na: *Tilia platyphyllos* i *T. cordata*, *Betula verrucosa*, *Carpinus betulus*, *Corylus avellana*, *Quercus pedunculata*, *Alnus glutinosa*, *Populus nigra* i *Salix caprea*. Nie bez znaczenia jest również i ten fakt, że czas ich żerowania na poszczególnych roślinach jest bardzo różny oraz to, że najczęściej można je znaleźć na lipach, rzadziej natomiast na innych gatunkach drzew. Dla całokształtu obrazu dodać trzeba, że mimo iż gąsienice *Ph. bucephala* są bardzo pospolite na lipach, nigdy dotychczas nie udało się ich znaleźć na drzewach starszych, takich które zaczynają kwitnąć. Niskie dęby, brzozy, graby, wierzby, topole, a więc liście młodych drzew i krzewów są pokarmem gąsienic *Ph. bucephala*. Jeśli zaś chodzi o miesiące żerowania tego gatunku gąsienic w warunkach naturalnych, to najwcześniej przechodzą swój rozwój na lipach (lipiec początek sierpnia), później znacznie na pozostałych drzewach, a najpóźniej znaleźć je można na *Salix caprea* i *Populus nigra*.

K o z a n c z i k o w (11) usiłuje to zjawisko tłumaczyć fazą składu biochemicznego liści. Może to do pewnego stopnia jest słuszne, ale nie w tym znaczeniu jak to ujmuje wspomniany autor.

Jeżeli wyniki doświadczeń otrzymanych w tej pracy charakteryzujące wyzyskanie azotu przez poszczególne serie gąsienic na gram przyrostu na dzień zwiążemy z faktem, że gąsienice serii *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus* i *Tilia* pochodziły z jaj złożonych przez jedną samicę, następnie ze spostrzeżeniami wskazującymi, że kilkuletnie poszukiwania tego gatunku gąsienic na *Acer platanoides* i *Fagus sylvatica* dały wyniki negatywne oraz z poglądem wysuniętym w pracy poprzedniej

(15), że istnieje monofagizm a zjawisko określane mianem polifagizmu polega na wytworzeniu ras w obrębie gatunku, to w oparciu o dotychczasowe wyniki doświadczeń oraz interpretacje wyzyskania pokarmu uzyskaliśmy jeden z dowodów słuszności wysuniętego przypuszczenia.

Spośród wszystkich wymienionych wyżej serii gąsienic wylęgłych z jaj złożonych przez jedną samicę (serie: *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus* i *Tilia*) w warunkach naturalnych spotykano w najbliższych okolicach Warszawy wszystkie z wyjątkiem *Acer* i *Fagus*. Stojąc na stanowisku wysuniętego przypuszczenia obecności ras, musielibyśmy przyjąć, że w najbliższych okolicach brak jest tych dwóch ras. A więc liście *Acer platanoides* i *Fagus silvatica*, w fizjologicznym tego słowa znaczeniu byłyby obce dla gąsienic wylęgłych z jaj złożonych przez samicę jakiejś nieokreślonej rasy. Ponieważ wylęgła z poczwarki samica mogła pochodzić od gąsienic, które odżywiano liśćmi lipy, dębu lub brzozy, a więc trudno jest ustalić z jaką rasą gąsienic wylęgłych z tych jaj mamy do czynienia. Sądząc z czasu wylęgu motyla, przypuszczać należy, że była to rasa *Tilia*. Dla pozostałych w tej grupie gąsienic a wylęgłych z jaj złożonych przez samicę, podany pokarm byłby obcy. Obcy nie w dosłownym znaczeniu tego wyrazu, ale w tym sensie, że spożywanie liści poszczególnych gatunków roślin przypada w serii *Acer* od 12 do 22.VII, *Betula* od 19 do 25.VII, *Carpinus* od 10 do 19.VII, *Fagus* od 28.VI do 5.VII i *Tilia* od 18 do 27.VII. Obserwacje dokonane w warunkach naturalnych wskazują, że jedynie gąsienice serii *Tilia*, *Populus* i *Salix* żerowały we właściwym dla nich czasie. Pozostałe serie gąsienic — z wyjątkiem serii *Acer* i *Fagus*, których ras brak jest w okolicy — żerowały w niewłaściwym dla nich czasie. A więc i przebieg procesów fizjologicznych będzie u nich nieco odmienny. Stąd też i w interpretacji zjawisk wyzyskania pokarmu — przez poszczególne serie gąsienic — należy uwzględnić i ten czynnik.

Na czym więc polega ta ścisła łączność gąsienic motyli z liśćmi roślin zielonych? Jeżeli uznamy za słuszną interpretację mechanizmu wyzyskania zawartości komórek nieuszkodzonych w czasie żerowania, to poza innymi czynnikami jakie już w tej pracy były kilkakrotnie wymieniane, dominujące znaczenie będzie miał tutaj skład mineralny soków ciała gąsienicy zsynchronizowany ze składem biochemicznym



liści. W tym składzie mineralnym wyjątkowe znaczenie będą posiadały jony metali jednowartościowych. W świetle takiego ujęcia zjawiska mono- i polifagizmu należałoby przypuszczać, że możliwość odżywiania się gąsienic motyli liśćmi roślin zielonych polega na braku w liściach takich związków, które mogłyby neutralizować działalność jonów metali jednowartościowych. Wynika z tego szereg dalszych wniosków, których przytaczanie byłoby przedwczesne. Istnieją jednak już teraz pewne podstawy pozwalające przypuszczać, że takie ujęcie jest słuszne, bowiem żerowanie gąsienic na tym czy innym gatunku rośliny jest ściśle związane ze stanem fizjologicznym liści (nie tylko jako aparatu asymilacyjnego, jak twierdzi K o Ź a n c z i k o w), jako narządu rośliny będącej pokarmem gąsienic.,

Z rozumowania tego wynika, że z tych jaj z których utworzono serie gąsienic *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus* i *Tilia*, jedynie te ostatnie były prawdopodobnie rasą *Tilia*, a czas ich żerowania w piątym okresie rozwoju był tylko trochę wcześniejszy od czasu ich żerowania w warunkach naturalnych. Wyniki jednak analizy wyzyskania poszczególnych składników wykazują najmniejsze wartości właśnie przez tę serię gąsienic, co jest w wyraźnej sprzeczności z rozumowaniem wyżej przytoczonym. Takie ono byłoby, gdybyśmy nie wniknęli głębiej w budowę anatomiczną liścia i nie uwzględnili tych okoliczności, że liście lipy jakimi odżywiano gąsienice *Ph. bucephala* pochodziły ze starego drzewa rosnącego w cieniu, a więc takiego, na którym już zwykle gąsienice tego gatunku nie żerują. Jest to tylko wyraźnym przykładem, jak fałszywa interpretacja mogłaby być tych wyników, bez jednoczesnego głębszego wniknięcia w budowę anatomiczną liścia oraz uwzględnienia całego szeregu innych czynników. Dodać należy, że gąsienice *Ph. bucephala*, odżywiano liśćmi tego drzewa z tego względu, że na nim właśnie znajdowano gąsienice *M. tiliae* i odżywiano ten gatunek gąsienicy również liśćmi tego drzewa. W świetle tych wszystkich wyjaśnień bardziej zrozumiałe stają się wyniki przeprowadzonych doświadczeń. Pozwalają one jednak w dalszym ciągu tylko na ogólne zorientowanie się w przebiegu niektórych procesów fizjologicznych. Nie rozwiązuje to jednak jeszcze zagadnienia mono- i polifagizmu. Fakty stwierdzone pozwolą głębiej szukać przyczynowego związku ściślej łączności fizjologicznej gąsienic motyli z roślinami zielonymi.

Panu Profesorowi Doktorowi R. S z r e t t e r o w i, Kierownikowi Zakładu Fizjologii Zwierząt Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie dziękuję uprzejmie za pozwolenie wykonania pracy w Jego Zakładzie a Mgr. Jadwidze T a r k o w s k i e j, st. asystentce Zakładu Anatomii i Cytologii Roślin Uniwersytetu Warszawskiego za wykonanie preparatów mikroskopowych liści.

### W y n i k i

1. Gąsienice *Phalera bucephala* L. spożywają więcej pokarmu na gram maksymalnego przyrostu ciała niż gąsienice *Mimas tiliae* L.
2. Gąsienice *Mimas tiliae* L. lepiej wyzyskują pokarm roślinny niż gąsienice *Phalera bucephala* L.
3. Gąsienice *Mimas tiliae* L. resorbują znacznie większe ilości pokarmu w porównaniu z gąsienicami *Phalera bucephala* L.
4. Ilość spożywanych przez gąsienice liści zależy od wielkości komórek miękkiszu palisadowego i od ilości warstw tych komórek w liściu.
5. Wyzyskanie pokarmu przez gąsienice odżywiające się liśćmi roślin zielonych zależy prawdopodobnie od składu mineralnego gąsienic, szczególnie w zakresie stężenia jonów metali jednowartościowych.
6. Wykorzystanie przez gąsienice zawartości komórek roślinnych nieuszkodzonych, może się odbyć na zasadzie różnicy ciśnienia osmotycznego między sokiem jelita a treścią komórek.
7. Przeniknięcie przez błonę celulozową nieuszkodzonych komórek roślinnych mocno alkalicznej wydzieliny nabłonka jelitowego, powoduje prawdopodobnie zniszczenie półprzepuszczalności błony plazmatycznej komórki roślinnej, a zmiana pH na terenie plazmy aktywuje proces enzymatyczny na terenie komórki w kierunku hydrolizy własnego białka.
8. Możliwość odżywiania się gąsienic liśćmi roślin zielonych uwarunkowana jest prawdopodobnie stężeniem — w zarodku — jonów metali jednowartościowych związanymi ściśle z funkcją biochemiczną liścia w kierunku syntezy takich związków, które nie są zdolne do wiązania jonów metali jednowartościowych w związku nierozpuszczalne w wodzie.

## LITERATURA

1. Acqua C. — Boll. Lab. Zool. Portici, 11, 1916.
2. Białaszewicz K. — Acta Biologiae Experimentalis. Vol. X. Nr 19, 1936.
3. Białaszewicz K. i Landau Ch. — Acta Biol. Exper. Vol. XII, 1938.
4. Biedermann W. — Arch. f. die ges. Physiol. 174, 1919.
5. Deegener P. — Arch. f. Naturgesch. 75. Jahrg. 1 Bd. 1909.
6. Evans A. C. — The proceedings of the royal entomol. Society of London. Series A. General entomology. Vol. 14, parts 2--3, 1939.
7. Evans A. C. — The transactions of the royal entomological society of London. Vol. 89. Parts 2, 1939.
8. Galcowa R. — Zool. Żurn XIII, 1935.
9. Gieysztor M. — Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej Polskiej Akad. Um T. LXXI. Kraków, 1936.
10. Jameson A. and Atkins W. — Bioch. Journ. XV, 1921.
11. Kożanczyk I. W. — Trudy Zool. Inst. T. IX, wyp. 3, 1951.
12. Krüssmann G. — Die Laubgehölze. Berlin, 1937.
13. Kuzniecowa N. J. — Osnovy fizjologii nasiekomych. T. I. Izd. Akad. Nauk SSSR. Moskwa—Leningrad, 1948.
14. Meyer B. S. — Bot. Rev. 4, 1938.
15. Rybicki M. — Ekologia Polska. T. I, zeszyt 2. 1953.
16. Schneider C. K. — Illustrierte Handbuch der Laubholzkunde. Bd. I, II, Register. Gustav Fischer, Jena, 1906, 1912.
17. Skriabina E. — Trudy Zaszcz. Rast. (3), VII, 1936.
18. Stoddart L. A. — Plant Physiol., 10, 1935.
19. Ursprung A. und Blum G. — Ber. deut. bot. Ges. 34, 1916.

## РЕЗЮМЕ

Гусеницы *Mimas tiliae* L. (*Sphingidae*) и *Phalera bucephala* L. (*Notodontidae*) откармливались листьями зелёных растений, названия которых указаны в первой части настоящей работы озаглавленной: „Потребление корма”. Названия отдельных серий гусениц происходят от родовых названий растений, листьями которых они откармливались.

Анализ чисел характеризующих абсолютное количество потреблённого гусеницами корма в пятый период развития (табл. I) и в переводе на грамм суточного прироста (таблица III) обнаруживает, что полученные результаты связаны с анатомическим строением потребляемых гусеницами листьев. Анатомическое строение листьев растений потребляемых гусеницами иллюстри-

руют данные таблицы VII. Фактором, решающим о количестве потребляемых листьев, является величина клеток палисадной ткани и количество слоев этих клеток в листе (таблица VIII, диаграмма I).

Так как гусеницы по мере роста отгрызают все большие куски листьев, возникает вопрос: пользуются ли они только содержимым тех клеток, оболочки которых повреждены или также содержимым клеток, оболочки которых не повреждены. Эванс (6) в своей работе рассматривает и этот вопрос.

Эванс приводит мнение Аки (I), согласно которому гусеницы потребляют только содержимое тех клеток, которые повреждаются в процессе отгрызания, но и цитирует противоположный взгляд Бидермана (4), который утверждает, что гусеницы абсорбируют также содержание тех клеток, оболочки которых не повреждены. Эванс (6) установил, применяя биохимические методы, что гусеницы *Phalera bucephala* абсорбируют из потребленного корма свыше 50% белков, растворимого сахара и жиров, причем микроскопическое исследование частей листа сейчас же после их отгрызания и после их удаления в экскрементах показывает, что большинство клеток неразрушено, а, несмотря на это, содержание этих неразрушенных клеток абсорбировано.

Соображения автора по вопросу, каким образом животное может взять воду из неповрежденных растительных клеток потребленной части листа, — основываются на литературе из области физиологии растений. Целлюлозная оболочка растительных клеток насыщена водой и она легко может проникать из одной клетки в другую. Но кроме этой воды, известное количество которой циркулирует постоянно между мицеллиями целлюлозных оболочек, растительная клетка содержит воду в соединении с белком плазмы, отделение которой весьма затруднительно, а также воду входящую в состав клеточного сока.

Отделение гусеницей воды из растительного корма объясняется разницей осмотического давления в просвете кишечника и растительных клетках.

Результаты, которые получил автор настоящей работы в ходе исследования, показывают, что гусеницы *Mimas tiliae* из всего количества потребленной в корме воды всасывают на грамм максимального суточного прироста (таблица IV) от 29% до 35%, а гусеницы *Phalera bucephala* — от 9,7% (серия *Carpinus*) до 28%

(серия *Quercus*), несмотря на то, что процентное содержание воды в потребляемых листьях почти одинаково (табл. II).

Эту значительную разницу в поглощении воды можно только частично выяснить анатомическим строением потребляемых листьев. Но это — не решающий фактор.

Так как отгрызенная часть листа потеряла связь с целым растением, произошло разрушение всех тех механизмов, которые регулировали их физиологические функции. Отгрызенную часть листа можно бы рассматривать как часть живого растительного организма, которая очутилась в изменённых условиях и подвергается воздействию всех тех факторов, которые связаны с функцией и строением кишечника. Следует обратить внимание на то, что растительные клетки, входящие в состав отгрызенного куса листа имеют определенное осмотическое давление, которое является результатом концентрации клеточного сока. Основываясь на работе С т о д д а р т а (18) можно предполагать, что листья, которыми откармливались исследуемые гусеницы, отличались наименьшей концентрацией клеточного сока.

В зависимости от количества клеток поврежденных в процессе обгрызания листа, попадает немедленно в просвет кишечника известное количество содержания клеток. Это количество будет тем больше, чем больше слоёв клеток палисадной и губчатой тканей и чем меньше межклеточные пространства. Вместе с определенным количеством органических и неорганических веществ, составляющих содержание клетки, попадает и известное количество воды в зависимости от процента её в листьях. Из этого следует, что всасываемая жидкость окажется в большей или меньшей степени плотной.

Уплотнение всасываемого раствора в кишечнике гусениц иллюстрирует таблица V. Для гусениц *Mimas tiliae* составляет оно от 29% до 39%, а для гусениц *Phalera bucephala* от 14% (серия *Tilia*) до 61% (серия *Carpinus*).

На основании значительного уплотнения всасываемого раствора можно предположить, что эпителий кишечника гусениц питающихся листьями зелёных растений исполняет выделительную функцию. Установил это *Deegener* (5) на основании гистологических препаратов кишечника гусениц *Deilephila euphorbiae* L. Автор настоящей работы подтверждает это на основании гистологических препаратов заготовленных из кишечника гусениц *Phalera bucephala* и *Amorpha populi*.

До сих пор неизвестно, что это за выделение. Джеймсон и Эткинс (10), Гальцова (8), Скрыбина (17) установили у гусениц питающихся листьями зелёных растений очень высокое рН от 9.2 до 10.1. Кузнецов (13) утверждает согласно Версону, что щелочность кишечного сока гусеницы тутового шелкопряда обусловлена нахождением углекислых солей калия. Это дает нам основание предполагать, что в выделении кишечного эпителия гусениц находится также значительное количество ионов калия.

Вышеприведенные соображения дают нам возможность понять процесс получения воды из неповреждённых растительных клеток, не объясняют однако процесса абсорбции сахара, жиров и белков. Сахар и жиры, находящиеся внутри клетки, охраняются полупроницаемой плазматической оболочкой, без разрушения которой вышеупомянутые вещества не могут проникнуть в просвет кишечника.

Исследования упомянутых авторов, которые установили высокое рН кишечника у гусениц, питающихся листьями зелёных растений, дают основание прийти к выводу, что высокое рН, вызванное введением в просвет кишечника ионов калия разрушает полупроницаемость плазматической оболочки. Разрушение полупроницаемости плазматической оболочки является причиной того, что все соединения растворимые в воде могут проникнуть в просвет кишечника. Из этого следует, что абсорбирование гусеницами органических и неорганических веществ будет тем больше, чем дольше потреблённый корм будет находиться в кишечнике и чем меньше будет потреблённый кусок листа.

Доказательством правильности такого рассуждения являются результаты опытов Эванса (7), который установил, что коэффициент использования корма гусеницами *Smertnthus populi* составляет в первый день первого периода развития 0.925 (92.5%). Этот коэффициент незначительно колеблется в течение отдельных дней периода развития и падает в последний день этого периода до 0.528. Такое же явление установил Эванс (7) у гусениц *Phalera bucephala*.

Для замеченного Эвансом падения использования растительного корма характерна некоторая закономерность, притом не только в течение всего личиночного периода, но и в границах отдельных фаз развития. Обычно первые дни развития

после линьки характеризует большее использование корма, чем в последующие дни.

Бялашевич и Ляндау (3) установили в пятом периоде развития тутового шелкопряда падение в гемолимфе ионов К с 154 мг % во время IV линьки на 121 мг % в течение 3.7 дня откармливания. Именно использование корма, установленное Бялашевичем (2) у гусениц тутового шелкопряда является также максимальным в течение этого периода. В первый день откармливания, корм используется на 70%, а в последний день откармливание падает до 24%.

Падение содержания ионов К в гемолимфе сочетается характерным образом с падением общего использования корма.

Приведенные экспериментальные данные автора настоящей работы и иных авторов дают основание предполагать, что таков именно механизм использования гусеницами, питающимися листьями зелёных растений, содержания неповрежденных клеток. Это также дает основание сделать дальнейший вывод — что использование корма гусеницами зависит от минерального состава гусениц, особенно в отношении концентрации ионов равноценных металлов.

Приведенные соображения не объясняют абсорбирования гусеницами белков из неповрежденных клеток. Нельзя ни в коем случае согласиться с всеобщим мнением, якобы эпителий кишечника гусеницы выделяет в просвет кишечника энзимы, которые, проникая через целлюлозную оболочку растительных клеток, гидролизуют белок плазмы растительных клеток. Зная химическое строение энзима, трудно себе представить, чтобы его значительная частичка белка могла проникнуть через целлюлозную оболочку. Поэтому кажется правильным и правдоподобным предположение, что высокое рН кишечника, вызванное высокой концентрацией ионов равноценных металлов, разрушает не только полупроницаемость плазматической оболочки. Ионы калия, проникая внутрь растительных неповрежденных клеток, изменяют рН содержания клетки, активизируя этим действие протеолитических энзимов растительной клетки в направлении гидролизы собственного белка. Подобным образом процессу старения растительной клетки сопутствует отлив белка после предварительной его гидролизы собственным энзимом. Эти предположения нуждаются в прямых доказательствах, но, кажется, такое

толкование использования гусеницей содержания неповрежденной клетки не лишено основания, а многое говорит в пользу этого толкования.

Остается еще выяснить вопрос, почему животное всасывает немногим больше 50% белков (Эванс, 6). Также в обозначении количества азота использованного на грамм максимального суточного прироста гусеницы *Mimas tiliae* и *Phalera bucephala* находим разные величины; гусеницы *Mimas tiliae* используют от 51 до 59%, а *Phalera bucephala* от 18% (серия *Tilia*) до 59% (серия *Populus* таблица IV). Могут быть разные причины этого явления, но, кажется, самой важной является быстрота продвижения корма через пищевод гусеницы. Скорость продвижения корма через кишечник была бы одним из факторов, который не дает секрету эпителия проникнуть в находящиеся глубже слои клеток.

Как следует из вышеприведенного, способность гусениц питаться листьями зелёных растений зависит от минерального состава гусениц, особенно концентрации ионов равноценных металлов.

Кожанчиков (11) объясняет результаты своих опытов изменением фаз биохимического состава листьев как ассимиляционного аппарата. Такое толкование правильно, но только в том смысле, что в определенной фазе биохимической деятельности листа, этот орган может синтезировать такие соединения, которые, вероятно, связывают выделяемые животным в просвет кишечника ионы равноценных металлов и, образуя соединения нерастворимые в воде, разрушают тем самым весь механизм использования растительного корма. Если бы это толкование оказалось правильным, объясняло бы оно в значительной степени явления моно- и полифагизма.



## ZUSAMMENFASSUNG

Die Verzehrerung, Resorbition und Ausnutzung der Blätter verschiedener grüner Pflanzen durch die Raupen *Mimas tiliae* L. (*Sphingidae*) und *Phalera bucephala* L. (*Notodontidae*).

Die Raupen *Mimas tiliae* L. (*Sphingidae*) und *Phalera bucephala* L. (*Notodontidae*) wurden mit Blättern grüner Pflanzen ernährt, deren Namenregister im ersten Teile vorliegender Arbeit unter dem Titel „Nahrungsverzehrerung“ angegeben wurde. Die Namen der einzelnen Serien der Raupen sind gebildet nach den Bezeichnungen der Pflanzenarten mit deren Blättern die Raupen gefüttert wurden.

Die Zahlenanalyse, welche gleichwohl die absolute Menge der verzehrter Nahrung durch die Raupen in der fünften Entwicklungsperiode (Tabelle I) wie auch bei Umrechnung auf Gramm des täglichen Anwuchses (Tabelle III) charakterisiert, zeigt an, dass die erhaltenen Ergebnisse mit dem anatomischen Bau der Blätter, welche durch die Raupen verzehrt wurden, in Verbindung stehen. Den anatomischen Bau der Blätter dieser Pflanzen, mit welchen die Raupen genährt wurden, illustrieren die in Tabelle VII vermerkten Angaben. Für den entscheidenden Faktor der verzehrten Blättermenge gilt die Grösse der Parenchymzellschichten und die Schichtanzahl dieser Zellen (Tabelle VIII Diagram 1).

Da die Raupen mit Zunahme der Wuchsgrösse immer grössere Blattstücke abbeissen, so ist das Problem nicht gelöst worden, ob Raupen nur die Füllung (Inhalt) derjenigen Zellen, deren Epidermis beschädigt wurde, ausnutzen, oder auch die Füllung derjenigen Zellen, deren Epidermis nicht beschädigt wurde. Evans (6) nahm in seiner Abhandlung auch dieses Problem in Erwägung. Evans zitiert die Ansicht von Acqua (1) nach welcher Raupen nur die Füllung derjenigen Zellen ausnutzen, welche während des Beissens beschädigt wurden, aber auch die Gegenansicht von Biedermann (4), welcher behauptet dass auch die Füllung derjenigen Zellen durch Raupen absorbiert wird, deren Epidermis nicht beschädigt wurde. Evans (6) biochemische Methoden anwendend stellte fest, dass die Raupen *Phalera bucephala* aus der verzehrten Nahrung über 50% Protein, lösbarer Zucker und Fett absorbieren, aber mikroskopische Untersuchungen von Blattstücken

sogleich nach ihrem Zerbeißen und nach ihrer Ausscheidung wiesen im Kot nach, dass die Mehrzahl von Zellen nicht vernichtet wurde und dass dennoch der Inhalt dieser unbeschädigten Zellen absorbiert wurde.

Erwägungen auf welche Art und Weise ein Tier aus den unbeschädigten Pflanzenzellen eines verzehrten Blattstückes Wasser entnehmen kann, stützen sich auf die Literatur betreff's Pflanzenphysiologie.

Die Zellulosemembran von Pflanzenzellen ist mit Wasser gesättigt und dieser Bestandteil kann leicht aus einer Zelle in die andere dringen. Ausser diesem Wasser aber, dessen eine gewisse Menge stets zwischen den Mycellen der Zellulosemembranen kreist, besitzt die Pflanzenzelle noch Wasser, welches mit dem Protein der Plasma gebunden ist und welches sich nicht so leicht abziehen lässt und ausserdem Wasser, welches teilweise den Bestand des Zellensaftes bildet.

Das Abziehen des Wassers aus der Pflanzennahrung durch Raupen wird durch den Unterschied des osmotischen Druckes zwischen dem Darmkanal und den Pflanzenzellen aufgeklärt.

Die Ergebnisse, welche in vorliegender Arbeit erreicht wurden, zeigen an, dass die Raupen *Mimas tiliae* aus der ganzen Wassermenge, welche sie bei der Aufnahme der Nahrung verzehren auf ein Gramm des täglichen maximalen Anwuchses (Tabelle IV) von 29% bis 35% resorbieren, dagegen Raupen *Phalera bucephala* von 9,7% (Serie *Carpinus*) bis 28% (Serie *Quercus*), obwohl der Prozentinhalt dieses Bestandteiles in den verzehrten Blättern fast gleichmässig ist (Tabelle II). Diese grossen Unterschiede in der Wasser-resorption lassen sich nur teilweise mit dem anatomischen Bau der verzehrten Blätter aufklären. Dieses ist aber kein entscheidender Faktor.

Da nun ein abgebissenes Blattstück den Zusammenhang mit der ganzen Pflanze verloren hat, so wurden damit alle Mechanismen zerstört, welche ihre physiologischen Tätigkeiten regulierten.

Ein abgebissenes Blattstück könnte man als einen Bestandteil eines lebenden Pflanzenorganismus betrachten, der sich in veränderten Bedingungen vorgefunden hat und daher der Wirkung aller derjenigen Faktoren unterliegt, welche mit der Funktion und dem Bau, des Darmes verbunden sind. Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass Pflanzenzellen des abgebissenen Blattstückes, welche seinen Bestand bilden, einen gewissen osmotischen Druck besitzen, welcher das

Ergebnis einer Konzentration des Zellsaftes ist. Sich auf die Arbeit von Stoddart (8) stützend, kann man vermuten, dass die Blätter mit welche man Raupen in der vorliegend erwähnten Abhandlung gefüttert hat, die kleinste Konzentration des Zellsaftes besaßen.

Je nach der Menge der während des Zerbeissens des Blattes beschädigten Zellen, gelangt sofort eine gewisse Menge des Zelleninhaltes in den Darmkanal. Diese wird um so grösser sein, je mehr es Palisaden und Schwammparenchymsschichten geben wird und je kleiner den Spatium cellulare sein wird. Zusammen mit einer gewissen Menge von organischen und unorganischen Bestandteilen welche die Zellenfüllung bilden, gelangt auch eine gewisse Wassermenge hinein, die von dem Prozentsatz des Inhalts dieses Bestandteiles in den Blättern abhängig ist. Daraus geht hervor, dass die resorbierte Flüssigkeit in einem grösseren oder kleinerem Grade dichtflüssiger wird. Die Dichtflüssigkeit der resorbierten Lösung im Raupendarme illustriert Tabelle V. Für Raupen *Mimas tiliae* beträgt sie von 29% bis 39%, aber bei Raupen *Phalera bucephala* von 14% (Serie *Tilia*) bis 61% (Serie *Carpinus*).

Diese beträchtliche Dickflüssigkeit der resorbierten Lösung wirft die Vermutung auf, dass das Epithelium bei Raupen, welche sich mit Blättern von Grünpflanzen ernähren, eine ausscheidende Funktion ausübt. Dieses hat Deegener (5) in seinen histologischen Darmpreparaten der Raupen *Deilephila euphorbiae* L. festgestellt. Der Verfasser der vorliegenden Arbeit stellte dasselbe fest und zwar auf histologischen Präparaten, welche aus den Därmen der Raupen *Phalera bucephala* und *Amorpha populi* hergestellt wurden.

Bisher ist es unbekannt, was für eine Art von Sekret es ist. Jameson und Atkins (10), Galcowa (8), Skriabina (17) stellten bei Raupen, die sich mit Blättern von Grünpflanzen ernähren ein sehr hohes pH fest, das von 9,2 bis 10,1 beträgt. Kuzniecowa (13) gibt nach Verson an, dass die Alkalischesheit des Darmsaftes bei der Raupe des Maulbeerbaumseidenspinners von der Anwesenheit von kohlen-saurem Kalium bedingt ist. Dieses ermächtigt zu der Vermutung, dass in dem Sekret des Raupenepithelium sich unter anderem eine beträchtliche Menge an Kaliumionen befindet.

Die bisherigen Erwägungen erlauben es, den Wasser-abnehmungsprozess bei den unbeschädigten Pflanzellen zu verstehen, das alles er klärt aber den Prozess der Absorb-tion von Zucker, Fett und Protein nicht auf.

Zucker und Fett befinden sich innerhalb einer Zelle, es schützt sie eine halbdurchlässige plasmatische Membran, ohne Zerstörung deren die oben erwähnten Bestandteile nicht in den Darmkanal gelangen können.

Untersuchungen der oben erwähnten Autoren, welche ein hohes pH des Darmes bei sich mit Blättern von Grünpflanzen ernährenden Raupen festgestellt haben, erlauben die Folgerung aufzustellen, dass das hohe pH, verursacht durch den Auswurf von Kaliumionen in den Darmkanal, die Halbdurchlässigkeit der Plasmamembran vernichtet. Das Vernichten der Halbdurchlässigkeit der Plasmamembran verursacht, dass alle im Wasser löslichen Bestandteile in den Darmkanal eindringen können. Daraus ergibt es sich, dass die Absorption der organischen und unorganischen Bestandteile durch Raupen um so grösser sein wird, je länger die verzehrte Nahrung sich im Darmkanal befinden wird und je kleiner das verzehrte Blattstück sein wird.

Ein Beweis für die Richtigkeit so einer Folgerung sind die Untersuchungsergebnisse von Evans (7), der festgestellt hat, dass der Ausnutzungskoeffizient der Nahrung durch die Raupen *Smerinthus populi* am ersten Tage, der ersten Entwicklungsperiode 0,925 (92,5%), beträgt. Er unterliegt in den verschiedenen Tagen der Entwicklung geringen Schwankungen und fällt am letzten Tage dieser Periode bis 0,528. Dieselbe Erscheinung stellte Evans (7) bei Raupen *Phalera bucephala* fest.

Die durch Evans beobachtete Abnahme der Ausnutzung von Pflanzennahrung charakterisiert eine gewisse Regelmässigkeit und nicht nur in der ganzen Larvenperiode, aber diese Unterschiede treten sogar innerhalb der einzelnen Entwicklungsperioden auf. Gewöhnlich zeichnen sich die ersten Tage der Entwicklung nach überstandener Häutung durch eine grössere Ausnutzung der Nahrung aus, als die folgenden.

Białaszewicz und Landau (3) stellen in der fünften Entwicklungsperiode des Maulbeerbaumseidenspinners eine Abnahme der Ionen K in der Hämolymphe von 154 mg% in der IV Häutung bis 121 mg% im Laufe von 3,7 Tagen der Nahrungseinnahme fest. Gerade die von Białaszewicz (2) festgestellte Ausnutzung der Nahrung ist bei Raupen des Maulbeerbaumseidenspinners gleichfalls die grösste zu dieser Zeit. Am ersten Tage des Fressens wird die Nahrung in 70% ausgenutzt und am letzten Tage des Fressens fällt sie bis 24%.

Die Abnahme des Ioneninhaltes K in der Hämolymphe steht als charakteristisch mit der Abnahme der allgemeinen Ausnutzung der Nahrung in Verbindung.

Hier erwähnte eigene Experimentalangaben und diejenigen von anderen Autoren erlauben es die Vermutung aufzustellen, dass der Mechanismus der Ausnutzung durch Raupen, welche sich mit Blättern von Grünpflanzen ernähren — des Inhaltes der unbeschädigten Zellen sich gerade so darstellt. Dieses ermächtigt zur weiteren Folgerung, dass die Ausnutzung der Nahrung durch Raupen von ihrem mineralischen Körperbau abhängig ist, besonders im betreff der Ionenverdichtung von Metallen mit Monovalenz.

Die bisherigen Erwägungen klären die Absorption von Protein durch Raupen in den unbeschädigten Zellen nicht auf. Die allgemein übliche Ansicht, als ob das Raupenepithelium in den Darmkanal Enzyme ausscheide, welche Zellulosemembranen der Pflanzenzellen durchdringend das Protein der Plasma von Pflanzenzellen hydrolysiert ist nicht annehmbar. Die chemische Struktur des Enzyms kennend, fällt es schwer sich vorzustellen, dass sein grosses Teilchen Protein durch die Zellulosemembran dringen könnte. Daher ist diese Voraussetzung richtig und höchstwahrscheinlich, dass das hohe pH des Darmes welches durch eine grosse Verdichtung der Ionen von Monovalenzmetallen verursacht wird, nicht nur die Halbdurchlässigkeit der Plasmamembran vernichtet, aber dass Kaliumionen, in das Innere der unvernichteten Pflanzen dringend, das pH des Zelleninhaltes verändern, indem sie auf diese Weise die Wirkung der proteolitischen Enzyme der Pflanzenzelle in der Richtung der Hydrolyse des eigenen Proteins aktivieren.

Dem Alterungsprozess ähnlich wird der Abfluss des Proteins nach seiner vorhergehenden Hydrolyse durch das eigene Enzym begleitet. Diese Voraussetzungen bedingen zwar direkter Beweise aber es sieht so aus, dass solch eine Interpretation der Ausnutzung der unbeschädigten Zellenfüllung durch Raupen einer Grundlage nicht enthoben ist, aber vielmehr viele Wahrscheinlichkeitsmerkmale besitzt.

Es bleibt noch das Problem aufzuklären, warum ein Tier fast nur etwas über 50% Protein resorbiert (E v a n s, 6). Ebenfalls bei der Festsetzung der Stickstoffmenge, welche auf ein Gramm des maximalen Anwuchses pro Tag durch die Raupen *Mimas tiliae* und *Phalera buce-*

*phala* ausgenutzt werden, haben wir verschiedene Zahlen: Raupen *Mimas tiliae* nutzen von 54 bis 59% aus, aber *Phalera bucephala* von 18% (Serie *Tilia*), bis 59% (Serie *Populus*, Tabelle IV).

Es kann für diese Erscheinung viele Ursachen geben, aber die wichtigste wird wohl wahrscheinlich, die Geschwindigkeit des Hindurchschiebens der Nahrung durch den Verdauungskanal der Raupe sein. Die Zeit des Hindurchschiebens der Nahrung durch den Darm wird wohl einer der Faktoren sein, welcher das Durchdringen des Epitheliumsekrets zu den tiefer liegenden Zellschichten nicht zulässt.

Wie es aus den oben erwähnten Urteilen hervorgeht, so ist die Ernährungsmöglichkeit der Raupen mit Blättern von Grünpflanzen vom mineralischen Körperbau der Raupen abhängig, besonders in betreff der Ionenkonzentration von Monovalenzmetallen.

Kozanczyk (11) klärt seine Untersuchungsergebnisse mit einer Phasenveränderung der biochemischen Zusammensetzung der Blätter als Assimilationsapparat auf.

Solche Interpretation ist richtig, aber in den Sinne, dass in einer gewissen Phase der biochemischen Aktivität des Blattes, dieses Organ solche Verbindungen synthetisieren kann, welche höchstwahrscheinlich die durch ein Tier in den Darmkanal ausgeschiedenen Ionen von Monovalenzmetallen binden, indem sie im Wasser unlösliche Verbindungen bilden. Auf diese Weise vernichten sie den ganzen Mechanismus der Ausnutzung der pflanzlichen Nahrung. Wenn diese Art der Interpretation richtig ist, so würde sie im grossen Grade die Erscheinung des Mono- und Poliphagismus aufklären.