

Über den Wasser- und Fetthaushalt der Imagines von Rhopalocera-Schmetterlingen

Von

G. GERE*

Abstract. The present paper discusses the water and fat content of *Lysandra coridon* (PODA) of various age collected in the field. Similar investigations have been carried out on old imagines of *Melanargia galathea* (L.). It was established that the quantity of these components in the butterfly imagines, and also the change in quantity are quite different in the course of its imago-life than those which do not feed as imagines, well known from the literature. These two butterfly groups represent two sharply diverging types as far as production biology is concerned.

The water content of male *Lysandra* specimens as average value fluctuates between 62.1 and 64.9%, while the fat content between 2.16 and 3.13% related to live body-weight. In the females the corresponding values are 58.8–63.7 and 3.64–6.13%, respectively. The relative quantity of lipids did not decrease during the life of the imagines. Obviously their fat content was kept constant by feeding. Similarly their water content was on a constant level. Ageing was not the result of a decrease in water content.

Die Reservenspeicher der Insekten bestehen vor allem aus Glykogen (Polysaccharid), Neutralglyzeriden oder Fetten. Den Reservenernährungsstoffen fallen an erster Stelle im Laufe der Lebensfunktionen mit hohem Energieanspruch (z.B. Eilegen, Flug) eine grössere Rolle zu. ORR (1964) hat nachgewiesen, dass die Fettreserve der Fettkörper bei den Weibchen von *Phormia regina* in das Ovarium wandert. Eine ähnliche Beobachtung machten auch im Zusammenhang mit dem Schmetterling *Galleria mellonella* DUTKOWSKI und ZIAJKA (1970).

Es scheint, dass bei den Insekten, die weniger ausdauernd fliegen können, vor allem das Glykogen und nur in sekundärer Hinsicht die Energiequelle das Fett bildet, da z.B. die Fruchtfliegen und Blattläuse in der Frühphase des Fluges hauptsächlich Glykogen verbrauchen und es kommt an die Oxydation der Fette erst später die Reihe (BURSELL, 1970). Demgegenüber nimmt bei den länger und auf weitere Entfernungen fliegenden Insekten die Rolle der Fette in der Energieversorgung zu. WEIS – FOGH (1952) hat zwar selbst bei den fliegenden Heuschrecken den Verbrauch der Glykogene vor dem der Fette nachgewiesen, können dennoch bei diesen die Lipide als unmittelbarer „Betriebsstoff“ des Flu-

* Dr. Géza Gere, ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék (Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie der Eötvös-Loránd-Universität), 1088 Budapest, VIII. Puskin u. 3.

ges betrachtet werden. Der Betriebsstoff der gut fliegenden Schmetterlinge mit sich nicht ernährenden Imagines ist sozusagen ausschliesslich das Fett. Im männlichen Imago von *Hyalophora cecropia* erreicht selbst bei einem sehr hohem Fettgehalt (Tab. 1) nicht einmal die Gesamtmenge des Glykogens und der nicht-glykogenen Kohlenhydrate den Wert von 1% des Lebendgewichtes (DOMROESE und GILBERT, 1964).

Die Schmetterlinge, die eine der Art *Hyalophora cecropia* ähnliche Lebensweise führen, nehmen ansonsten innerhalb der Gruppe der Insekten in Betracht ihres Stoffumsatzes einen ganz speziellen Platz ein. Ihr gemeinsamer Zug besteht darin, dass sie sich als Imagines nicht ernähren. Ihre Nahrungsaufnahme wird im Larvenstadium beendet und sie decken ihren ganzen Energiebedarf im Vorpuppen-, Puppen- und Imagostadium aus dem Reservespeicher, den sie im Larvenstadium angesammelt haben. Diesem Zustand haben sie sich auch von zwei Gesichtspunkten aus weitgehend angepasst. Einerseits richten sie sich in den nahrunglosen Stadien ihres Lebens auf einen ausserordentlich sparsamen Stoffwechsel ein, andererseits häufen sie schon vorausgehend in ihrem Körper Substanzen von hohem Energiegehalt an (GERE, 1956, 1964). Deshalb ist der Fett-Lipidgehalt ihres Körpers auffallend hoch. Die Männchen gebrauchen ihre Lipidreserve im Imagostadium zum Fliegen. Die Lipide sind für diesen Zweck auch aus zwei Gründen sehr vorteilhaft. Ihr verhältnismässig geringes Gewicht bedeutet ebenfalls einen beträchtlichen Energievorrat und ausserdem wird auch durch das bei der Oxydation der Fette entstandene Stoffwechselwasser ihr Wasserbedarf gedeckt. Während aus der Oxydation von 1 g Kohlenhydrat nur 0,55 g Wasser entsteht, wird dem Körper bei der Oxydation des Fettes von gleicher Menge – da die Fette in höherem Prozentsatz Wasserstoff enthalten – 1,07 g Wasser zugeführt (BURSELL, 1970). Deshalb nimmt der Fettgehalt der Männchen beim Flug allmählich ab, ihr relativer Wassergehalt verändert sich jedoch kaum (GERE, 1964). Die gewöhnlich weniger beweglichen Weibchen bauen ihren Fettvorrat fast restlos in ihre Eier ein (GERE, 1964; ERHAN, 1968), da aber die Eier auch sonstige Substanzen, vor allem Eiweisse enthalten müssen, ist der Fettgehalt – zugunsten der sonstigen Stoffe – stets niedriger, als bei den Männchen (GERE, 1956; NIEMIERKO und Mitarb., 1956; DEMYANOVSKY und ZUBOVA, 1957; JANDA und MAREK, 1960; GILBERT und SCHNEIDERMAN, 1961; JASIČ und MACKO, 1961; BALÁZS, KOVÁTS und BURG, 1962; DUTKOWSKI und ZIAJKA, 1970; usw.). Der sich im Fettgehalt zeigende Geschlechtsunterschied geht bei diesen Schmetterlingen mit dem Unterschied des Wassergehaltes von umgekehrtem Charakter einher (GERE, 1956, 1964; BURSELL, 1970).

Den Fett- und Wassergehalt einiger Arten der Schmetterlinge betreffenden Typs – unter welchen sich auch verschiedene spinnerartige Schmetterlinge und Zünsler (Pyralidae) finden – veranschaulicht in der Anfangsphase des Imagolebens aufgrund von literaturischen Angaben Tab. 1. Die Daten zeigen gut das oben Gesagte an und es ist auch zugleich sichtbar, dass an diesen Schmetterlingen bereits ziemlich viele Untersuchungen durchgeführt wurden. Auffallend ist hingegen, dass sich die ähnlichen, an Imagines unternommenen Untersuchungen sich fast gänzlich auf die sich nicht ernährenden Imagines beschränken und uns über sonstige Schmetterlinge in der Fachliteratur kaum welche Angaben zur Verfügung stehen. Aufgrund der in Sierra Leone durchgeführten Forschungsarbeit von CROSS und OWEN (1970) ist uns zwar bekannt, dass bei den Schwärmern *Deilephila nerii* und *Herse convolvuli* das anfängliche Energieniveau im

Laufe ihres Imagostadiums erhalten bleibt, und ähnliche Feststellungen teilt auch Sotavalta und Lavlajainan über den Eulenschmetterling *Phytometra gamma* (zit. von HANEGAN und HEATH, 1970) mit, sind wir dennoch über die Stoff- und Energiewirtschaft der Imagines von Rhopalocera und über die Gestaltung ihrer Reserven im Laufe ihres Lebens fast völlig unbewandert. Diese Tatsache – infolgedessen wir über die Schmetterlinge z.B. von produktionsbiologischem Gesichtspunkt aus sehr einseitig informiert sind, was in einzelnen Fällen schon zur Entstehung irreleitender Vorstellungen Gelegenheit gab – hat offenbar methodologische Ursachen. Während wir nämlich die Haltung und Untersuchung der Schmetterlinge mit sich nicht ernährenden Imagines im Laboratorium verhältnismässig einfach ist, stellt dies mit den sich ernährenden Schmetterlingen (insbesondere mit Rhopaloceren) bisher ein fast unlösbares Problem dar.

Tabelle 1. Wasser- und Fettgehalt von sich nicht ernährenden Schmetterlingimagines in der ersten Phase ihres Imagolebens, aufgrund literarischer Angaben

Art	Wassergehalt von		Fettgehalt von		Untersuchungsergebnisse von
	männlichen	weiblichen	männlichen	weiblichen	
	Schmetterlingen (%)		Schmetterlingen (Lebendgewicht %)		
<i>Hyphantria cunea</i>	63,8	70,0	12,2	5,1	GERE (1956)
<i>Leucoma salicis</i>	53,5	67,5	26,2	10,5	JANDA und MAREK (1960)
<i>Lymantria dispar</i>	56,5	73,5	18,1	5,5	GERE (1964)
<i>Hyalophora cecropia</i>	–	–	33,5	9,4	DOMROESE und GILBERT (1964)
<i>Galleria mellonella</i>	54,1	57,8	27,4	16,7	BALÁZS, KOVÁTS und BURG (1962)

Um die in unseren Kenntnissen bestehenden Mangelhaftigkeiten zum Teil beseitigen zu können, wurden meinerseits die folgenden Untersuchungen durchgeführt. Aus diesem Zwecke stellte ich die Gestaltung des Fett- und Wassergehaltes von zwei Rhopaloceren-Arten während ihres Imagolebens fest. Die Untersuchungen führte ich – wegen den erwähnten Ursachen – an Schmetterlingen durch, die nicht im Laboratorium gehalten, sondern im Freiland eingesammelt wurden. Ich versuchte solche Schmetterlinge auszuwählen, deren Flugzeit gut umgrenzt ist, die Mitglieder derselben Population, also annähernd von ähnlichem Alter sind und auf diese Weise wir aufgrund der Kalenderdaten auf das Durchschnittsalter der Individuen mit zuverlässiger Genauigkeit schliessen können. So fiel meine Wahl auf *Lysandra coridon* (Poda.) (Lycaenidae) und zum Vergleich auf *Melanargia galathea* (L.) (Satyridae).

Tabelle 2. Wasser- und Fettgehalt von zu verschiedenen Zeitpunkten gesammelten *Lysandra coridon-Imagines*

Sammelzeit	Zahl der Untersuchungs-tiere	Wasser-gehalt der männlichen Schmet-terlinge (%)	Zahl der Unters-uchungs-tiere	Wasser-gehalt der weiblichen Schmet-terlinge (%)	Zahl der Unters-uchungs-tiere	Fette-gehalt der männ-lichen Schmet-terlinge (Lebend-gewicht gewicht %)	Zahl der Unters-uchungs-tiere	Fette-gehalt der weib-lichen Schmet-terlinge (Lebend-gewicht gewicht %)	Anmerkungen
20. Juli	2	63,9	1	60,5	3	2,44	2	4,82	
	2	64,2			2	2,80			
	Durchschnittswerte	64,0		60,5		2,62		4,82	
26. Juli	4	63,4	2	60,9	6	2,64	5	2,98	
	4	62,7	2	61,3	5	2,39	4	4,31	
	4	60,5			5	2,73			
	3	61,9							
	Durchschnittswerte	62,1		61,1		2,59		3,64	
12. August	4	65,1	4	59,1	6	2,79	6	5,64	
	4	66,9	4	60,1	6	3,41	6	4,57	
	4	61,4	5	59,7	7	3,12	5	4,99	
	4	62,7							
	Durchschnittswerte	63,7		59,7		3,11		5,07	
28. August	5	64,3	4	58,1	5	2,92	4	4,19	mit rel. wohlerhaltenen Flügeln
	4	63,6	4	59,6	5	2,89	5	4,06	
	4	62,4							
	Durchschnittswerte	63,4		58,8		2,90		4,12	
28. August	4	63,4	3	64,6	6	3,10	6	4,85	mit abgewetzteren Flügeln
	3	65,2	3	62,8	6	3,16	4	5,03	
		Durchschnittswerte	64,3		63,7		3,13		4,94

7. September	5	4	61,8	5	2,03	6	5,92	mit rel. wohlerhaltenen Flügeln
	5	4	60,6	5	2,30	6	6,38	
4		63,1						
Durchschnittswerte								
	4	4	61,2		2,16		6,13	mit abgewetzteren Flügeln
7. September	4	2	61,9	5	2,74			
	3		62,2	6	2,98			
Durchschnittswerte								
			62,2		2,86			

Tabelle 3. Wasser- und Fettgehalt von alten *Melanargia galathea-Imagines*

Sammelzeit	Zahl der Untersuchungsstiere	Wassergehalt der männlichen Schmetterlinge (%)		Wassergehalt der weiblichen Schmetterlinge (%)		Zahl der Untersuchungsstiere	Fettgehalt der männlichen Schmetterlinge (Lebendgewicht %)		Fettgehalt der weiblichen Schmetterlinge (Lebendgewicht %)	
		Zahl der Untersuchungsstiere	Wassergehalt (%)	Zahl der Untersuchungsstiere	Wassergehalt (%)		Zahl der Untersuchungsstiere	Fettgehalt %	Zahl der Untersuchungsstiere	Fettgehalt %
26. Juli	10	6	62,8	6	62,2	5	3,69	5	4,48	
		6		6	60,3	5	3,92			
		6		6	63,7					
Durchschnittswerte			62,8		62,1		3,80		4,48	

Methode

Die Schmetterlinge wurden von mir im Budaer Gebirge, auf dem Hárs-bokorhegy und in seiner Umgebung gesammelt. Exemplare von *Lysandra coridon* wurden vom 20. Juli, vom Erscheinen der ersten Imagines bis 7. September 5mal eingefangen. In der dem letzten Einsammeln folgenden Woche waren die Schmetterlinge auf dem Gelände nicht mehr anzutreffen. Das Sammeln von *Melanargia galathea* habe ich ein einzigesmal, am 26. Juli vorgenommen. Dies war einer ihrer letzten Flugtage.

Die Schmetterlinge wurden in geschlossenen Glasgefäßen untergebracht, sodann ins Laboratorium gefördert. Hier stellte ich nach dem Gewichtsmessen bei einem Teil ihrer den Wassergehalt, bei einem anderen Teil den gesamten Fett-Lipoidgehalt fest. Die anlässlich der zwei letzten Zeitpunkte eingesammelten Schmetterlinge wurden aufgrund ihrer aus dem Flügelzustand geschlossenen kleineren Lebensaltersabweichungen in eine verhältnismässig jüngere und ältere Gruppe geteilt und absondert den Untersuchungen unterzogen.

Den Wassergehalt der Tiere habe ich nach dem Messen des Lebendgewichtes mit Trocknung, sodann mit wiederholtem Messen des Gewichtes bestimmt. Die Trocknung erfolgte bei 104 °C bis Gewichtskonstanz.

Die Lipidstoffe wurden mit Hilfe des Soxhlet-Extraktionsapparates nachgewiesen. Vor der Extrahierung homogenisierte ich die Schmetterlinge mit wasserfreiem Na₂SO₄. Als Extraktionsmittel wurde Petroläther angewendet.

Es soll hier noch bemerkt werden, dass zur Flugzeit von *Lysandra coridon* auf dem Gelände fast ununterbrochen eine trockene, warme Witterung war. Nach dem 7. September folgten jedoch kühlere, niederschlagsreichere Tage und vielleicht dies trug auch dazu bei, dass die Schmetterlinge so rasch verschwunden sind.

Untersuchungsergebnisse

Die Messergebnisse haben gezeigt, dass ein Vergleich des Gewichtsunterschiedes zwischen den Männchen und Weibchen von *Lysandra* bloss minimal zugunsten der Weibchen ausfällt und die Imagines von ihrem Gewicht im Laufe ihres Lebens höchstens nur wenig verlieren. Das Durchschnittsgewicht der am 20. und am 26. Juli, also im jungen Alter gesammelten Männchen betrug 0,0461 g, das der Weibchen 0,0474 g. Am 7. September fand ich die Durchschnittswerte 0,0425 bzw. 0,0450 g vor.

Tab. 2 zeigt den Wasser- und Gesamtlipidstoffgehalt von *Lysandra coridon* in verschiedenen, nacheinanderfolgenden Zeitabschnitten. Die Daten lenken vor allem darauf unsere Aufmerksamkeit, dass im Körper dieser Schmetterlinge die Fettspeicherung viel geringer ist als bei den sich nicht ernährenden Schmetterlingen. Dies kann mit der Tatsache der Ernährung im Imago stadium annehmbar begründet werden.

Es lässt sich ferner feststellen, dass der Fettgehalt der Schmetterlinge im Laufe ihres Imagolebens nicht abnimmt, sondern sich vielleicht in geringerem Masse erhöht. Wenigstens hierauf lässt der hohe Fettgehalt der Weibchen zur Beendigung der Flugzeit schliessen, ferner auch dass von den zu ein und demselben Zeitpunkt gesammelten Schmetterlingen die mit abgewetzteren Flügeln mehr Fettstoff hatten, als die Exemplare mit relativ wohl erhaltenen Flügeln.

Wir haben jeden Grund anzunehmen, dass auch bei den sich ernährenden Schmetterlingen das Fett eine wichtige Energiequelle des Fluges ist. Diese Anpassungserscheinung hat sich nämlich auch bei den Rhopaloceren ausgebildet, um ihr Körpergewicht vor dem Beginn des Fluges auf das Minimum zu verringern. Die Gewichtsabnahme bei dem Schmetterling *Pieris brassicae* ist z.B. bei der Entpuppung 50%-ig (SRIHARI, 1972). Eine Grundbedingung des geringen Körpergewichtes ist aber — wie wir weiter oben gesehen haben — dass die Bewegungsenergie vor allem von kalorienreichen Fetten gedeckt wird. Aus dem Gesagten folgt, dass diese Schmetterlinge ihren zur kontinuierlichen Anwendung kommenden Fettvorrat aus ihrer Nahrung ersetzen. Da ihre Hauptnahrung — der Nektar — vor allem reichlich Kohlenhydrat enthält, ist es wahrscheinlich, dass im Körper der Schmetterlinge während ihres ganzen Lebens eine Fettsynthese vor sich geht, also sie trachten die aufgenommenen Kohlenhydrate je schneller zu Fetten umzuwandeln.

Es ist auffallend, dass — im Gegensatz zu den Schmetterlingen mit sich nicht ernährenden Imagines — von der Art *Lysandra coridon* stets die Weibchen den grösseren Fettgehalt aufweisen. Durch die Eigenartigkeiten der Schmetterlinge in der Lebensweise ist dies auch verständlich. Die beiden Geschlechter von *Lysandra* sind fast gleich beweglich. Zu ihrem Flug beanspruchen sie demnach fast in gleicher Menge Energie (Fettstoff), gleichzeitig benötigen aber die Weibchen zu ihrer Eiproduktion auch mehr Fett. In dieser Hinsicht ähneln sie vielen anderen, vielleicht der Mehrheit der Insekten. Sie ähneln verschiedenen, nicht holometabolen Insekten, z.B. auch den Orthopteren. Aus den Untersuchungen von LIPSITZ und McFARLANE (1970) wissen wir, dass in den adulten Weibchen von *Acheta domesticus* 11,5%, in den Männchen bloß 9,7% der Gesamtlipidstoffgehalt ist. Fettgehaltverhältnisse ähnlichen Charakters hat GYLLENBERG (1969) an der Makropterenform der Art *Chortippus parallelus* nachgewiesen. Jedenfalls muss die Gültigkeit der Bemerkung von DUTKOWSKI und ZIAJKA (1970) — wonach dem Anschein nach nur bei den Schmetterlingen die männliche Puppe und das entwickelte Individuum viel mehr Lipide enthalten, als die Weibchen — auf eine Gruppe der Schmetterlinge eingeeengt werden.

Bei beiden Geschlechtern von *Lysandra coridon* ist auch die Gestaltung des Wassergehaltes von gerade entgegengesetztem Charakter, als bei Schmetterlingen mit sich nicht ernährenden Imagines. In den Männchen unserer Versuchstiere ist nämlich der Wassergehalt höher, in den Weibchen hingegen geringer. Der Zusammenhang des Wasser- und Fettgehaltes von verkehrtem Verhältnis besteht folglich — zwar mit Werten entgegengesetzter Grössenordnung — auch bei diesen.

Es lohnt sich zu erwähnen, dass — wie dies Tab. 2 zeigt — die Veralterung der Imagines nicht mit der Abnahme ihres Wassergehaltes einhergeht. Dadurch wird im Gegensatz zur älteren Dehydratationstheorie jene gerontologische Feststellung unterstützt, wonach sich das Verhältnis zwischen Trockensubstanz und Wassergehalt in den verschiedenen Organismen und auch bei den Insekten nicht verändert (HAYDAK, 1959; BALÁZS, KOVÁTS und BURG, 1962). Die Austrocknung tritt nämlich in den bradytrophischen Geweben und Intrazellularsubstanzen auf, jedoch wird dies durch die Zunahme der interzellulären Flüssigkeit ausgeglichen.

Mit den Feststellungen über *Lysandra coridon* stehen in völligem Einklang diejenigen einigen Untersuchungsdaten, die ich an alten Imagines von *Melanar-*

gia galathea durchgeführt habe (Tab. 3). Diese in verschiedene Familien gehörenden Schmetterlinge können ihren Fett- und Wasserhaushalt und wahrscheinlich hinsichtlich ihrer mehreren sonstigen Stoffwechselverhältnisse als gleiche Typen betrachtet werden. Es ist anzunehmen, dass auch die sonstigen, den betreffenden zwei Arten ähnlich über verhältnismässig kurzem Imagostadium verfügenden, einer Diapause nicht unterliegenden Rhopalocera-Schmetterlinge von ähnlichem Typ sind. Dieser Typ ist völlig anders, als der der Schmetterlinge mit sich nicht ernährenden Imagines und steht vermutlich dem grösseren Teil der in die sonstigen Ordnungen gehörenden Insekten näher als zu den erwähnten. Im Laufe der produktionsbiologischen Auswertung der Schmetterlinge, bei der Erwägung ihrer in den Ökosystemen gespielten Rolle müssen der Tatsache, wie gross die Unterschiede zwischen den Arten sind, unbedingt mehr Beachtung geschenkt und entsprechende weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Vorliegende Mitteilung gibt die Gestaltung des Wasser- und Fettgehaltes von Imagines verschiedenen Alters der Art *Lysandra coridon* (PODA.) bekannt. Ähnliche Untersuchungen wurden auch an alten Imagines von *Melanargia galathea* (L.) vorgenommen. Es wurde festgestellt, dass im Körper dieser Schmetterlinge die Menge der erwähnten Komponenten und die quantitative Änderung im Laufe des Imagostadiums ein ganz anderes Bild zeigt, als die der in dieser Hinsicht aus der Fachliteratur gut bekannten Schmetterlinge mit sich nicht ernährenden Imagines. Diese beiden Schmetterlingsgruppen vertreten in produktionsbiologischer Hinsicht auffallend abweichende Typen.

Der Wassergehalt der männlichen Lysandren schwankte zwischen den Durchschnittswerten 62,1–64,9%, ihr Fettgehalt hingegen zwischen 2,16–3,13 Lebendgewichtprozent. Bei den Weibchen waren die entsprechenden Werte zwischen 58,8–63,7 bzw. 3,64–6,13%. Die relative Menge der Lipiden hat im Laufe des Lebens der Imagines nicht abgenommen. Die Schmetterlinge ersetzen also ihren Fettvorrat aus ihren Nahrungen kontinuierlich. Auch der Wassergehalt der Tiere bleibt fast auf dem gleichen Niveau durchgehend. Die Veralterung geht nicht mit einer Verminderung des Wassergehaltes einher.

SCHRIFTTUM

1. BALÁZS, A., KOVÁTS, Z. & BURG, M. (1962): *Biochemical analysis of premortal involution process on aphagus imagines*. – Acta Biol. Hung., 13: 169–176.
2. BURSELL, E. (1970): *An introduction to insect physiology*. – London and New York: 1–276.
3. CROSS, R. M. & OWEN, D. F. (1970): *Seasonal changes in energy content in tropical hawkmoths (Sphingidae)*. – Rev. Zool. Bot. Afr., 81: 110–116.
4. DEMYANOVSKY, S. Ya. & ZUBOVA, V. A. (1957): *Fats in the organism of the oak silkworm*. – Biochimija, 21: 698–704. (Consultant's Bureau Inc. translation.)
5. DOMROESE, K. A. & GILBERT, L. I. (1964): *The role of lipid in adult development and flight-muscle metabolism in Hyalophora cecropia*. – J. Exp. Biol., 41: 573–590.
6. DUTKOWSKI, A. & ZIAJKA, B. (1970): *Sexual dimorphism in the content of lipid in fat body of Galleria mellonella L. (Lepidoptera) and utilization of these lipids by developing oocytes for vitellogenesis*. – Zoologica Pol., 20: 55–70.

7. ERHAN, E. (1968): *Cu privire la bilanțul energetic la unele larve de lepidoptere fitofage*. — St. și Cerc. Biol. Seria Zoologie, 20: 315—320.
8. GERE, G. (1956): *Untersuchung und produktionsbiologische Bewertung der chemischen und gewichtsmässigen Veränderungen der Hyphantria cunea Drury während ihrer Umwandlung*. — Zool. Jb. (Physiologie), 66: 531—546.
9. GERE, G. (1964): *Change of weight, lipid and water content of Lymantria dispar L. with special regard to the chemical and energetic changes during insect metamorphosis and imaginal life*. — Acta Biol. Hung., 15: 139—170.
10. GILBERT, L. I. & SCHNEIDERMAN, H. A. (1961): *The content of juvenile hormone and lipid in Lepidoptera: Sexual differences and developmental changes*. — Gen. Comp. Endocrinol., 1: 453—472.
11. GYLLENBERG, G. (1969): *The energy flow through a Chortippus parallelus (Zett.) (Orthoptera) population on a meadow in Tvärminne, Finland*. — Acta Zool. Fenn., 123: 3—75.
12. HANEGAN, J. L. & HEATH, J. E. (1970): *Activity patterns and energetics of the moth, Hyalophora cecropia*. — J. Exp. Biol., 53: 611—627.
13. HAYDAK, M. H. (1959): *Changes with age in weight and nitrogen content of honeybees*. — Bee World, 40: 225—229.
14. JANDA, V. jr. & MAREK, M. (1960): *Celková látková přeměna hmyzu. 9. Metabolismus šukel bekyňe vrbové Leucoma salicis L. (Gesamtstoffwechsel der Insecten. 9. Stoffwechsel der Weidenspinnerpuppen (Leucoma salicis L.))*. — Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovenicae, 24: 271—279.
15. JASIČ, J. & MACKO, V. (1961): *Some results of experimental study of fall webworm (Hyphantria cunea Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) ecology*. — Bratislava: 1—127.
16. LIPSITZ, E. Y. & McFARLANE, J. E. (1970): *Total lipid and phospholipid during the life cycle of the house cricket, Acheta domestica (L.)*. — Comp. Biochem. Physiol., 34: 699—705.
17. NIEMIĘRKO, S., WŁODAWER, P. & WOJTCZAK, A. F. (1956): *Lipid and phosphorus metabolism during growth of the silkworm (Bombyx mori)*. — Acta Biol. Exp. Warsaw., 17: 255—276.
18. ORR, C. W. M. (1964): *The influence of nutritional and hormonal factors on the chemistry of the fat body, blood and ovaries of the blowfly, Phormia regina (Meig.)*. — J. Insect. Physiol., 10: 103—119.
19. SRIHARI, T. (1972): *Observations sur le poids et la taille au cours de la croissance et de la métamorphose chez Pieris brassicae*. — Ann. Soc. Ent. Fr., 8. 359—376.
20. WEIS—FOGH, T. (1952): *Fat combustion and metabolic rate of flying locusts (Schistocera gregaria Forskal)*. — Phil. Trans. R. Soc. London, 237: 1—36.