

Ernährungswert der Biomasse von Tagfaltern der gemäßigten Zone und der Tropen, I

By

G. GERE*

Abstract. Estimated and compared were the crude lipid and crude protein content calculated on the basis of total nitrogen content accumulated in the body of butterflies feeding in imago phase, too, and inhabiting areas of the moderate climatic zone (Hungary) as well as the tropics (Vietnam). Aim of these investigations was to clear the quantities and qualities of the biomass build up in their organism. Fat content of the butterflies *Pieris rapae* sampled in Hungary during the spring and in September was higher than that in specimens caught in mid-summer and in October (Table 1). Body composition of the species *Pieris rapae* and *Pieris napi* seems to be different. From the butterflies collected in January in Vietnam in the northern cooler areas as well as in the southern warmer region, that ones inhabiting the cooler areas had fat substances in higher quantities in their body than that ones which were collected in a warmer area (Table 2). It can be concluded that higher temperatures — irrespectively the climatic zone — do not promote the building up of fat substances. Fat content was strongly determined by the feeding abilities of the animals. The fat content in the studied female specimens was somewhat larger than that one of the males, except the situation when eggs have been laid down formerly by the female (this happens in Hungary in October) or the animals were forced to a temporary starvation (as in Hanoi in the middle of January).

The crude protein content of the studied butterflies varies between 47,1 and 69,2 per cent of exsiccated body weight. Butterflies from tropical areas show a higher tendency of these values than those from temperate areas.

Das Funktionieren der Lebensgemeinschaften ermöglicht jener Stoff- und Energiefluss, dessen Ausgangspunkt — mit wenigen Ausnahmen — in den grünen Pflanzen liegt, und welcher von einem streng einheitlichen Ernährungssystem verschiedenster Organismen sowie von den Individuen selbst in Bewegung gehalten wird. Die Qualität der Biomasse bestimmt grundlegend die Produktivität der ganzen Lebensgemeinschaft. Eben deshalb, wenn wir uns das Ziel setzten, eine tatsächlich gegebene Lebensgemeinschaft von diesem Gesichtspunkt aus zu charakterisieren, so müssen wir vor allem die Qualität der Biomasse an Aufbau der betreffenden Lebensgemeinschaft beteiligten Lebewesen erkennen. Auf diesem Wege weiter vorwärts dringend werden wir einmal in der Lage sein, uns ein zusammenfassendes Bild von der Produktivität der ganzen Biosphäre und auf diesem Grunde auch über ihre Belastungsfähigkeit zu schaffen.

In der Bearbeitung des aufgeworfenen Problems leitete uns der Gedanke, dass es in der Mehrzahl der terrestrischen Lebensgemeinschaften infolge ihrer grossen Art-

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

und Individuenzahl die Schmetterlinge eine dominante Rolle besitzen. Der hohe Gehalt ihren Körpers an eiweiss- und stickstoffhaltigen organischen Stoffen weiterhin an Lipoiden ist nicht nur aus physiologischem Gesichtspunkt sehr wichtig, sondern hat den hohen Futterwert ihren Körpers zur Folge. Es ist schon bekannt, dass zwischen den verschiedenen Schmetterlingen in dieser Hinsicht — vor allem — ihrer Lebensweise entsprechend — grosse Unterschiede gibt, sind unsere diesbezüglichen Kenntnisse in erster Reihe hinsichtlich der auch im Imago-Zustand sich ernährenden Tagfalter noch immer sehr lückenhaft. Wir sind uns von weitem nicht im klaren, wie die chemische Zusammensetzung ihren Körpers von dem Klima des Biotops so wie von der Jahreszeit beeinflusst wird.

Die erwähnten Probleme vor unseren Augen haltend haben wir mit einer Untersuchungsserie begonnen und als den ersten Teil dieser Serie führten wir vergleichende Untersuchungen an einigen Tagfaltern der gemässigten Zone und der Tropen durch.

Jene Tagfalter, die im Imago-Zustand sich nicht ernähren, mobilisieren zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensvorgänge sozusagen in sämtlichen Teilen ihren Körpers die aufgestapelten organischen Substanzen (GERE, 1964). Die Männchen, die am Anfange ihrer Flüge, grosse Lipid- und Fett-Vorräte in ihrem Körper aufgestapelt haben, verbrennen diese Stoffe in erster Reihe um nur Energie zu gewinnen, und das Wasser, das als Nebenprodukt entsteht, dient ihnen zur Deckung des Wasserbedarfs. Die Weibchen dagegen verbrauchen den grössten Teil dieser Stoffe zur Produktion der Eier. Im Gegenteil zu diesen Arten jene Tagfalter, die sich auch im Imago-Zustand weiterhin ernähren, sind in der Lage den Stoff- und Energiebedarf ihren Organismus weiterhin zu decken. Das war der Fall bei den von uns gesammelten Imagines von *Ly sanda coridon* (Lycaenidae) und *Melanargia galathea* (Satyridae). Sowohl das Körpergewicht als auch der Lipoid- und Wassergehalt der Tiere veränderte sich kaum mit fortschreitendem Lebensalter (GERE, 1978). Dasselbe konnten auch GROSS und OWEN (1970) ans Schwärmern, wie *Deilephila nerii* und *Herse convolvuli*, weiterhin SOTAVALTA und LAVLAJAINAN (zit. HANEGAN und HEATH, 1970) an Eulenaltern wie *Phytometra gamma*, nachweisen.

Trotz den oben dargelegten kann die Zusammensetzung des Körpers der erwähnten Tagfalter (u. a. die Menge der aufgestapelten Lipiden) den äusseren Umständen entsprechend weitgehend variieren (MASON und Mitarbeiter, 1989). Bestimmt wird dieses Variieren vor allem durch die Futterversorgung oder die Vorbereitung des Organismus auf die Diapause. PULLIN (1987) fand auffallende Unterschiede hinsichtlich des Lipid-Gehaltes bei den zu der Familie Nymphalidae gehörenden Schmetterlingen und zwar vor und nach der Überwinterung. Ähnliche Beobachtungen machte auch ITO (1986) an den Wanzen *Cletus punctiger*.

Hinsichtlich der Qualität des Körpers der Insekten besitzt die Temperatur einen entscheidenden Effekt. CHANDRAKANTHA und MATHAVAN (1986) haben festgestellt, dass bei dem Käfer *Callosobruchus maculata* nicht nur die Zeitdauer des Wachstums und die Menge der im Tierkörper gebildeten Biomasse, sondern auch der Energiegehalt des Körpers von der Temperatur der Umwelt abhängig ist. Nach JAMES (1986) sollen die Schmetterlinge der Art *Danaus plexippus* (Danaiidae), die sich aus dem Gesichtspunkt der Fortpflanzung im Ruhestadium befinden (reproductively dormant), sowohl bei hoher (36 ± 1 °C) als auch bei niedriger Temperatur (10–18 °C) organische Stoffe in ihrem Körper aufstapeln, während bei mittleren Temperaturen (20–30 °C) das nicht tun.

Unter solchen Umständen halten wir es begründet, über die Körperzusammensetzung der Schmetterlinge, die in verschiedenen klimatischen Zonen beheimatet sind, oder zu verschiedenen Jahreszeiten aktiv sind, je mehr Informationen zu sammeln.

Material und Methodik

Zur Klärung der aufgetauchten Fragen haben wir von den in der gemässigten Zone lebenden Tagfaltern zwei Arten ausgewählt, und zwar *Pieris rapae* L. und *Pieris napi* L. (Familie Pieridae). Diese Falter kommen auch in Ungarn massenhaft vor. Sie fliegen in mehreren Generationen von Frühling bis Spätherbst.

Die von uns untersuchten tropischen Schmetterlinge stammten aus Vietnam. Sie wurden im Januar einerseits in den nördlichen Gebieten Vietnams (Hanoi und Thac Bo), andererseits in südlichen Gebieten des Landes (Saigon) gesammelt. Zu dieser Zeit sind die klimatischen Unterschiede zwischen den nördlichen und südlichen Gebieten Vietnams am grössten. Im Norden schwankt die Temperatur tagsüber zwischen 14 und 18 °C, einen Niederschlag gibt es nicht, obwohl der Himmel den ganzen Tag mit Wolken bedeckt war. Im Süden des Landes erhöhte sich die Temperatur um den Mittag bis 30–34 °C und die Sonne schien fast ununterbrochen.

Für vergleichende Untersuchungen haben wir aus Nord-Vietnam die Art *Pieris canidia* SPARRMAN gewählt, die in enger Verwandtschaft mit unserer *rapae* steht. (Es scheint uns nicht ausgeschlossen, dass dieser Taxon sich von *Pieris rapae* nur auf unterartlicher Ebene unterscheidet.) In den südlichen Gebiete des Landes haben wir die Art *Delias hyparete indica* WALL. gesammelt, die ebenfalls zu der Familie Pieridae gehört. Zur Ergänzung des Untersuchungsmaterials sammelten wir im Norden Vietnams die Art *Zemeros fleggas* CR. (Erycinidae), während im Süden *Junonia atlites* L. (Nymphalidae).

Die gesammelten Schmetterlinge wurden in 96%igem Ethanol aufbewahrt. Als ersten Schritt der Laboratoriumsuntersuchungen bestimmten wir nach Abdunstung des Ethanols das Trockengewicht der Tiere. Nachdem wurde mit dem Soxhlethschem Extraktionsapparat der Rohfett-Gehalt des Körpers der zur Untersuchung herangezogenen Exemplare bestimmt. Als extrahierendes Mittel wurde Petroläther gewählt. Und schliesslich wurde der Gesamt-Stickstoffgehalt mit der Kjeldahlschen Methode bestimmt. Aus den auf dieser Weise gewonnenen Gesamt-Stickstoffwerten wurde die Menge des Proteingehaltes berechnet. Es muss aber zugleich bemerkt werden, dass mit der Anwendung dieser Methode gegebenenfalls auch jene Stickstoffmenge mitbestimmt wurde, die nicht als an Eiweissstoffen gebundener Stiockstoff im Untersuchungsmaterial vorhanden war.*

Ergebnisse und deren Auswertung

Die Ergebnisse an den aus Ungarn stammenden *Pieris*-Exemplaren durchgeführten Untersuchungen sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Die Angaben scheinen darauf hinzuweisen, dass der Rohfettgehalt der Tiere in der Sommermitte niedriger als im Frühjahr oder im Herbst ist. Im Spätherbst nimmt die Menge des Gesamt-Fettgehaltes in den noch fliegenden Schmetterlingen wieder ab. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist diese Abnahme die Folge des ungünstigen Wetters und der verminderten Nahrungsaufnahme der Tiere, die so sich in einem Hungerzustand befinden. Die meisten weiblichen Exemplare der Art *Pieris rapae* enthielten etwas grössere Mengen von Fettsubstanzen in ihrem Körper als die Männchen. In dieser Hinsicht sind sie den Tagfalter *Lysandra coridon* ähnlich (GERE, 1978).

* Die chemischen Analysen wurden im Central-Laboratorium der Veterinärmedizinischen Universität durchgeführt, wofür der Autor seinen aufrichtigsten Dank aussprechen möchte.

Es ist ja bekannt, dass die Weibchen nicht nur für die Deckung des Energiebedarfes des Fluges, sondern auch für die Bildung der Eier viele Fettstoffe brauchen. Jene Weibchen, die im Spätherbst Fettreserve in kleineren Mengen enthalten, haben ihre Eier schon früher abgelegt. Es lässt sich aber damit nicht erklären, warum in den Weibchen von *Pieris napi* auch im Sommer nur kleinere Mengen von Rohfetten vorhanden waren als in den Männchen.

Es scheint uns nicht wahrscheinlich, als verkörperten diese Tagfalter in produktionsbiologischer Hinsicht einen anderen Typ. Unserer Meinung nach ist viel wahrscheinlicher, dass diese Situation durch die unter Umständen aufgetretenen Schwankungen des Fett-Depots hervorgerufen wurde. Wie oben schon erwähnt wurde, und auch die an den vietnamesischen Schmetterlingen gewonnenen Angaben beweisen (siehe unten), können diese Schwankungen von besonders grossen Ausmassen sein.

Gesamt-Stickstoffgehalt der Tiere und der aus diesen berechneten Rohproteingehalt kann als ziemlich hoch betrachtet werden. Es darf aber nicht ausser acht gelassen werden, dass ein Teil des Gesamt-Stickstoffs nicht in Eiweiss-Substanzen, sondern in Form von Chitin vorhanden ist, und dieser Substanz nur schwer und langsam von den Mitglie d nern der Lebensgemeinschaft ausgenutzt werden kann. Bei einer Bewertung der Schmetterling-Biomasse müssen beide vorerwähnten Umstände in Betracht gezogen werden.

Die weiblichen Exemplare enthielten in ihrem Körper etwas kleinere Mengen von Stickstoff als die männlichen. Die Exemplare der Art *Pieris napi* haben sich auch in dieser Hinsicht als abweichend erwiesen.

Die Ergebnisse der an vietnamesischen Tagfaltern durchgeführten Untersuchungen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst worden. Aus diesen Angaben geht vor allem hervor, dass der Körper der aus den nördlichen (d. h. kühleren) Gebieten stammenden Schmetterlinge enthielten im allgemeinen grössere Mengen von Rohfett als jene, die in den südlicheren Gebieten beheimatet waren. Werden diese Angaben mit den jahreszeitlichen Schwankungen des Fettgehaltes jener Schmetterlinge verglichen,

Tabelle 1. Rohfett- und Rohproteingehalt ungarischer Tagfalter

Art	Geschlecht	Stückzahl	Datum	Rohfett	Rohprotein
				Gehalt in %-en des Körpermasses	
<i>Pieris rapae</i>	♂	12	14. 04.	12,27	63,0
<i>Pieris rapae</i>	♀	6	14. 04.	18,25	59,0
<i>Pieris napi</i>	♂	12	14. 04.	10,63	66,1
<i>Pieris napi</i>	♂	13	14. 04.	12,48	64,6
<i>Pieris rapae</i>	♂	31	9. 07.	9,87	63,8
<i>Pieris rapae</i>	♀	14	9. 07.	12,5	59,0
<i>Pieris napi</i>	♂	11	9. 07.	14,0	52,4
<i>Pieris napi</i>	♀	16	9. 07.	9,35	57,6
<i>Pieris rapae</i>	♂	12	18. 09.	13,28	66,0
<i>Pieris rapae</i>	♀	12	18. 09.	13,76	62,9
<i>Pieris rapae</i>	♂	9	9. 10.	10,10	61,1
<i>Pieris rapae</i>	♀	6	9. 10.	8,16	51,6

die in der Tabelle 1 aufgezählt sind, so erscheint uns als sehr wahrscheinlich, dass die sich ernährenden Schmetterlinge, die in einer wärmeren Umwelt leben, Fettsubstanzen in kleineren Mengen aufstapeln als Schmetterlinge, die in einer kühleren Umwelt zu Hause sind. Aus dem Gesichtspunkt des Energiehaushaltes scheint dies als selbstverständlich, auch dann, wenn es berücksichtigt wird, das wir poikilotherme Tiere vor uns haben. Weitere Untersuchungen werden vielleicht zur Lösung der Frage beitragen, ob nicht diese Schmetterlinge unter kühleren Umweltverhältnissen während ihren Fliegens Fettsubstanzen in grösseren Mengen verbrennen als bei höheren Temperaturen. Dieser Typ der Thermoregulation ist schon aus anderen Fällen bekannt geworden, wenn poikilotherme Tiere ihre Körpertemperatur erhöhten.

Es ist weiterhin auffallend, dass der Rohfett-Gehalt im Körper von den Männchen der Art *Pieris canidia* zwischen weiten Grenzen schwankte.

Tabelle 2. Rohfett- und Rohproteingehalt vietnamesischer Tagfalter

Art	Geschlecht	Stückzahl	Datum	Fundort	Rohfett	Rohprotein
					Gehalt in %-en des Körpermasses	
<i>Pieris canidia</i>	♂	9	10. 01.	Hanoi	9,54	67,4
<i>Pieris canidia</i>	♂	13	15. 01.	Hanoi	21,60	67,5
<i>Pieris canidia</i>	♀	8	10. 01.	Hanoi	5,64	58,6
<i>Zemeros fleggas</i>	♂	5	13. 01.	Thac Bo	16,50	64,5
<i>Delias hyparete indica</i>	♂	16	20. 01.	Saigon	7,08	67,1
<i>Delias hyparete indica</i>	♂	9	21. 01.	Saigon	6,33	69,2
<i>Delias hyparete indica</i>	♀	8	20. 01.	Saigon	6,85	60,4
<i>Junonia atlites</i>	♂	17	19. 01.	Saigon	7,82	47,1

Wie oben schon erwähnt wurde, im Januar schwankten in Hanoi die Witterungsverhältnisse um die unteren Grenze der zur Aktivität der Schmetterlinge unbedingt notwendigen Bedingungen. Es gab Tage, an welchen sie überhaupt nicht flogen. Gestalteten sich jedoch die Verhältnisse günstiger für die Schmetterlinge, so suchten sie sofort Blüten auf, um Futter zu sich nehmen. Es scheint uns sehr wahrscheinlich, dass die sich auch unter solchen Umständen ernährenden Arten die verzehrten Substanzen in Form von Fetten in ihrem Körper aufstapeln, aber nötigenfalls verbrauchen. Der Fettgehalt der männlichen Exemplare von *Delias hyparete indica*, die in einer ständig warmen Umgebung leben, war viel ausgeglichener. Die Menge der Fettsubstanzen, die im Körper der weiblichen Tiere nachgewiesen werden konnten, entsprach im grossen und ganzen der erwarteten. In den Weibchen der Art *Pieris candida* konnten dagegeben Fettsubstanzen in deutlich niedrigeren Mengen nachgewiesen werden, und dies ist wieder ein Beweis eines vorübergehenden Hungerzustandes. Die Angaben über den Fettgehalt der Arten *Zemeros fleggas* und *Junonia atlites* stehen im guten Einklang mit jenen, die an den unter ähnlichen Bedingungen lebenden Pieridae-Arten gewonnen wurden.

Hinsichtlich des Rohproteingehaltes weisen die tropischen Schmetterlinge keine grösseren Unterschiede untereinander auf, aber die Mehrzahl dieser Tiere enthält Stickstoff in etwas höheren Mengen als die Schmetterlinge der gemässigten Zone. Eine Ausnahme scheint die Art *Junonia atlites* zu sein, deren Körper einen auffallend

niedriger Stickstoffgehalt besitzt. Um dies erklären zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig. Im allgemeinen haben wir den Eindruck, dass auch die Weibchen der tropischen Schmetterlinge über einen niedrigen Stickstoffgehalt verfügen als die Männchen derselben Arten.

SCHRIFTTUM

1. CHANDRAKANTHA, J. & MATHAVAN, S. (1986): Changes in developmental rates and biomass energy in *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptara: Bruchidae) reared on different foods and temperatures. — *J. Stored Prod. Res.*, 22: 71—75.
2. CROSS, R. M. & OWEN, D. F. (1970): Seasonal changes in energy content in tropical hawkmoths (Sphingidae). — *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 81: 110—116.
3. 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 Zool. Acad. Sci. Hung.*, 15: 139—170.
4. GERE, G. (1978): Über den Wasser- und Fetthaushalt der Imagines von Rhopalocera-Schmetterlingen. — *Opusc. Zool. Budapest*, 15: 83—91.
5. HANEGAN, J. L. & HEATH, J. E. (1970): Activity patterns and energetics of the moth, *Hyalophora cecropia*. — *J. Exp. Biol.*, 53: 611—627.
6. ITO, K. (1986): Starvation longevity and lipid accumulation in non-diapausing and diapausing adults of the coreid bug, *Cletus punctiger*. — *Entomol. Exp. Appl.*, 40: 281—284.
7. JAMES, D. G. (1986): Effect of temperature upon energy reserves of the Monarch Butterfly, *Danaus plexippus* (L.) (Lepidoptera: Danaidae). — *Aust. J. Zool.* 34: 373—379.
8. MASON, L. J., JOHNSON, S. J. & WOODRING, J. P. (1989): Influence of carbohydrate deprivation and tethered flight on stored lipid, fecundity, and survivorship of the Soybean Looper (Lepidoptera: Noctuidae). — *Environ. Entomol.*, 18: 1090—1094.
9. PULLIN, A. S. (1987): Adult feeding time, lipid accumulation, and overwintering in *Aglais urticae* and *Inachis io* (Lepidoptera: Nymphalidae). — *J. Zool. Lond.*, 211: 631—641.