ヨトウガの休眠に関する内分泌学的研究

I. 変態のための脳ホルモン分泌時期

八 木 繁 実・本 多 隆¹

東京教育大学農学部

(1977 年 2 月 17 日 受 領)

Endocrinological Studies on Pupal Diapause of the Cabbage Armyworm, *Mamestra brassicae*
L. I. Critical Period of the Brain Hormone Secretion for Metamorphosis. Shigemi YAGI and Takashi HONDA (Laboratory of Applied Zoology, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Education, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153) *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **21** : 90~93 (1977)

The critical period of the brain hormone (prothoracicotropic hormone) secretion for pupation was about 2 days before pupation in larvae destined for both nondiapause and diapause. Some day 4 larvae destined for nondiapause ecdysed to pupae even after neck ligation. The critical period of the brain hormone secretion for adult development varied in nondiapause pupae, while it became very uniform on chilling in diapause pupae. When a brain from a last-instar larva destined for nondiapause was implanted into a larva of the same stage destined for diapause, diapause was prevented after pupation.

緒 言

ヨトウガの蛹休眠は幼虫期の環境条件、主に日長と温度により決定されることはすでによく知られた事実である。このような多化性の昆虫の休眠機構をしらべる利点は、環境条件と休眠との関連性を検討できるとともに、幼虫期から非休眠に条件づけた個体と休眠に条件づけた個体とにおいて、生理的な変化を比較できることにある。

この昆虫の休眠に関しては、とくに幼虫期における幼若ホルモンの役割が検討され、終令初期にアラタ体の活性は休眠に条件づけた幼虫でとくに高まり、幼若ホルモンがより多く分泌されることにより非休眠個体に比べて精子形成が抑制され、令期間も延長することが明らかとなっている (八木, 1975; YAGI, 1976)。さらに蛹化後の休眠性と脳との関係についても報告されている (八木, 1975)。筆者らは この昆虫の休眠における 神経内分泌系の役割、とくに蛹化および成虫化発育のための脳ホルモン (前胸腺刺激ホルモン) 分泌時期についてさらに詳細な研究を行なった。

本文に先だち、この研究に終始ご指導を賜った東京教

育大学農学部、故深谷昌次教授に厚くお礼申し上げる。

材料および方法

供試昆虫

実験に用いたヨトウガは、東京都目黒区駒場の東京教育大学農学部構内で採集した成虫をもとに、人工飼料により累代飼育したものである (安居院ら, 1975)。温度 20~22°C において、長日 (16L—8D) および短日 (12L—12D) の 2 つの光周条件で飼育を行なったが、これらの条件で飼育した場合、前者では 100% 非休眠蛹に、後者では 100% 休眠蛹になった (八木, 1975)。

結さつと除脳

蛹化のための脳ホルモン分泌時期をしらべるため、非休眠 (長日) および休眠 (短日) に条件づけた終令幼虫の頭胸間を結さつし、その後の蛹化を観察した。また成虫化発育におよぼすこのホルモンの影響を検討するため、非休眠蛹および蛹化後 45 日目より 55 日間、5°C の低温接触を行なった休眠蛹の両者について除脳を行なった。手術後 60 日以内に複眼の色素沈着を生じた蛹を、成虫化発育を起した個体と判定した。なお除脳の場合、1 区 30~40 頭の蛹を使用した。除脳の方法は以下の通

1 現在、海城学園

りである。すなわち、炭酸ガスで麻酔した蛹の頭頂部に小窓を開け、鋭利なピンセットで脳周辺の気管、神経を除いた後、脳のみをとり出し、再び傷口をパラフィンで封じた。なお結さつおよび除脳は毎日ほぼ一定時刻に行なった。

脳の移植

幼虫 (donner) から摘出した脳は、一旦マキシモフ・スライド中の滅菌した生理的食塩水中に移した後、移植した。移植される幼虫 (host) はあらかじめエーテル麻酔を施し、先の細いハサミで幼虫の第3腹脚先端を切断し、その傷口からピンセットで脳を体内に挿入した。対照としては脳と同様な方法で食道下神経球を移植した。なお除脳および移植実験では、成虫化発育を促進させるため、手術後は全て長日条件で飼育した。

結 果

蛹化のための脳ホルモン分泌時期

非休眠および休眠に条件づけた幼虫の終令期に、毎日頭胸間の結さつを行なって脳一側心体・アラタ体連合体を除いたところ、結さつ後も蛹化を起こす個体が現われる時期は、非休眠では終令7日目、休眠は9日目以降であることがわかった。この実験での平均終令期間は非休眠では10日、休眠では13日であるので、両者とも蛹化2日前の結さつにより、ほとんどの個体が蛹化することが観察された。さらに非休眠に条件づけた幼虫においては、終令4日目にも10%の個体が蛹化した。この場合、蛹化までの日数は、終令7日目以降のそれと比べ長いことがわかった (第1表)。

成虫化発育のための脳ホルモン分泌時期

ヨトウガにおいて非休眠蛹の羽化までの日数は、かなりのばらつきがあることが知られている (八木, 1975)。そこで成虫化発育を起こさせるための脳ホルモンの分泌時期をしらべるため、蛹化1日後より除脳を行なったところ、蛹化後3日目より成虫化発育を起こす個体が出現し、11日目まで次第に増加した。なお蛹化後12日目からは除脳に用いる材料の一部に、すでに成虫化発育を起こしている個体が出現したので、記録はこの11日目までにとどめた (第1図A)。

一方、蛹化後55日間の低温接触を行なった休眠蛹を再び加温した場合、除脳後も成虫化発育を起こす個体は、加温後3日目よりかなり高率で出現し、その後も急激な増加を示すことがわかった (第1図B)。

幼虫期における脳の移植

休眠に条件づけた終令8日目の幼虫に、非休眠に条件

第1表 蛹化のための脳ホルモン分泌時期

条件	結さつ日*	結さつ後毎日の蛹化個体数														蛹化率 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
非休眠	1															0
	2															0
	3															0
	4								1			1				10
	5															0
	6															0
	7				4											20
	8	1	12	2		2										85
	9	15	5													100
休眠	1															0
	2															0
	3															0
	4															0
	5															0
	6															0
	7															0
	8															0
	9					1	4	1	1							35
	10				2	1	1	1		2						35
	11	1	8	6		1	1	1								90
	12	1	15		4											100

* 終令幼虫を毎日20頭ずつ頭胸間結さつした。

第1図 成虫化発育のための脳ホルモン分泌時期。

A : 非休眠蛹, B : 低温接触 (5°C, 55日間) 後加温した休眠蛹。

づけた終令7日目の幼虫の脳を移植したところ、無処理区と同様、蛹化後60日以内にそのほとんどが成虫化発育を引き起こした。しかしながら、非休眠に条件づけた終令7日目の幼虫の食道下神経球、あるいは休眠に条件づけた同時期の脳を移植した対照区では、成虫化発育を起こした蛹は全く観察されず、全てが休眠に入った (第2表)。

考 察

本実験からヨトウガにおいて蛹化のための脳ホルモン

第2表 幼虫期における脳の移植と休眠の回避

移植に用いた 幼虫の条件*1	移植した 器官*2	供試 虫数*3	蛹化個 体数	成虫化発育 率(%)*4
非休眠	脳	27	7	86
	食道下神経球	19	7	0
	無処理	20	20	100
休 眠	脳	20	16	0
	無処理	20	19	0

*1 移植に用いた個体は終令7日目の幼虫 (donner)。

*2 脳あるいは食道下神経球はそれぞれ1個を移植した。

*3 移植を受ける個体は終令8日目の休眠に条件づけた幼虫 (host)。

*4 蛹化個体の成虫化発育率。

(前胸腺刺激ホルモン) は、非休眠、休眠個体とも蛹化2日前までにはその臨界に達することがわかった (第1表)。この結果は他のりん翅目昆虫、ニカメイガ *Chilo suppressalis* (FUKAYA, 1955), モンシロチョウ *Pieris rapae crucivora* (KONO, 1973) での報告とほぼ一致する。興味ある事実、非休眠に条件づけた終令4日目の幼虫においては、頭胸間結さつを行なっても、低率ではあるが蛹化がみられたことである。その後の結さつ実験によってもこの事実をほぼ支持する結果が得られている (八木・本多, 未発表)。おそらくこれは *ecdysone titer* の変動と関係があるものと思われる。すなわち、ほぼこの時期に非休眠に条件づけた幼虫において、*titer* は一時的に増加することが報告されている (八木, 1975)。しかしながら、タバコスズメガ *Manduca sexta* (TRUMAN and RIDDIFORD, 1974) と同様、ヨトウガにおいても、終令期に脳ホルモンが2回分泌されるかどうかは、毎日のサーカディアンリズムを考慮した、時間的に更にくわしい実験が必要とされよう。

ヨトウガでは、非休眠蛹においても羽化までの日数がかなり長く、 33.7 ± 5.5 日 (八木, 1975) であった。この原因は羽化のための脳ホルモンの分泌時期がばらつくことによると考えられる (第1図A)。一方、一般に言われているように、ヨトウガでも休眠蛹を低温接触することにより、脳ホルモンの分泌が斉一化することがわかった (第1図B)。

休眠に条件づけた終令8日目の幼虫に同時期の非休眠個体より得た脳を移植することにより、蛹化後、休眠の回避が認められたという結果から、ヨトウガにおいても蛹化後の休眠を支配しているのは脳そのものであり、しかもすでに幼虫期において、その休眠性が決定されていることが考えられる (第2表)。一般に日長は直接昆虫の

脳そのものが感受するといわれており、おそらくヨトウガにおいても同様なことが考えられる。CLARET (1966) はオオモンシロチョウ *Pieris brassicae* を用いて、すでに光感受性のなくなった脳をもつ幼虫に感受性をもったやや若い脳を移植し、その幼虫を長日条件に移すことにより休眠が妨げられることから、移植された脳そのものが直接日長に反応したものと推論している。ヨトウガ幼虫の日長に対する感受性は、3令期に最も高いことがわかっており、長日から短日への日長転換を4令期以降に行なっても、その休眠性はほとんど変化しないことが知られている (八木, 1975)。したがって、終令中期まで長日—非休眠条件で飼育された幼虫の脳は、その後、短日—休眠に条件づけた個体に移植されても日長に対する感受性はすでに失われており、その後、蛹化までの短日日長にはほとんど影響されないものと思われる。おそらく移植された脳の神経分泌細胞は、モンシロチョウで報告されているような長日—非休眠の分泌パターン (KONO, 1975) をその後も維持しており、そのため、蛹化後休眠の回避が起るものと推定される。

摘 要

蛹休眠するヨトウガにおいて、とくに蛹化および成虫化発育におよぼす脳ホルモン (前胸腺刺激ホルモン) の分泌時期について検討した。

1) 蛹化に必要な脳ホルモンの分泌は、非休眠および休眠に条件づけた幼虫とも、蛹化2日前にはその臨界に達することがわかった。非休眠個体では、終令4日目に低率ではあるが頭胸間結さつしても蛹化がみられた。

2) 成虫化発育のための脳ホルモン分泌時期は、非休眠蛹の場合かなりのばらつきが認められ、除脳後も成虫化発育を起す個体は蛹化後3日目に初めて出現し、その後11日目まで次第に増加することがわかった。一方、低温接触により休眠蛹の脳ホルモン分泌は斉一化することが確かめられた。

3) 蛹化後の休眠を支配するのは脳そのものであり、しかもすでに終令幼虫期にはその休眠性決定がなされていることがわかった。

引 用 文 献

- 安居院宣昭・小倉信夫・大河原通高 (1975) 人工飼料によるヨトウムシ *Mamestra brassicae* L. および数種りん翅目昆虫の飼育. 応動昆 **19**: 91~96.
- CLARET, J. (1966) Mise en évidence du rôle photorecepteur du cerveau dans l'induction de la diapause, chez *Pieris brassicae*. Ann. Endocrinol. **27**: 311~320.

- FUKAYA, M. (1955) The role of the brain in the metamorphosis of the rice stem borer, *Chilo suppressalis*. Jap. J. appl. Zool. **20** : 179~183.
- KONO, Y. (1973) Light and electron microscopic studies on the neurosecretory control of diapause incidence in *Pieris rapae crucivora*. J. Insect Physiol. **19** : 255~272.
- KONO, Y. (1975) Daily changes of neurosecretory type-II cell structure of *Pieris* larvae entrained by short and long days. J. Insect Physiol. **21** : 249~264.
- TRUMAN, J. W. and L. M. RIDDIFORD (1974) Physiology of insect rhythms. III. The temporal organization of the endocrine events underlying pupation of the tobacco hornworm. J. exp. Biol. **60** : 371~382.
- 八木繁実 (1975) 数種りん翅昆虫の休眠に関する内分泌学的研究. 東教大農紀要 **21** : 1~49.
- YAGI, S. (1976) The role of juvenile hormone in diapause and phase variation in some lepidopterous insects. In "The Juvenile Hormones" (L. I. GILBERT ed.), Plenum Press, New York and London : 289~300.

Applied Entomology and Zoology Vol. 12, No. 2 の目次

杉本 毅 : 空間的構造からみたキツネノボタンハモグリバエとその寄生蜂 <i>Kratochviliana</i> sp. 関係に関する研究 I. 寄生蜂の寄主に対する探索攻撃行動	87
高橋史樹 : カブトエビの雑草の生活	104
桐谷圭治・中筋房夫 : 普通期稲におけるイネ萎縮病伝播の予測モデル	118
植田信明・高田 肇 : モモアカアブラムシの 2 色彩型の寄主植物, 季節による相対的発生量の差異	124
野田博明 : ヒメトビウナ脂肪体内酵母様共生微生物の組織および組織化学的観察	134
勝野貞哉 : 家蚕の有核および無核精子に関する研究 I	142
中園和年 : ニセフクロセンチュウ雌による性誘引と両性生殖集団および単為生殖集団の間における誘引の差異	154
中村和夫・川崎健次郎 : ハスモンヨトウの性フェロモンの有効範囲とそれを決定するフェロモンの構成要素	162
根岸 務・石渡武敏・浅野昌司 : チャノコカクモンハマキの性フェロモンに対する共力物質	178
中筋房夫・松崎征美 : ピニールハウス栽培のナス, ピーマンにおけるハスモンヨトウの要防除密度	184
桑原雅彦 : 5 系統のカンザワハダニに対するクロルジメホルムの毒性	190
短 報	
高橋史樹 : 高い水温によるアジアカブトエビ卵のふ化抑制	196
井上 斉 : イネおい化病の新媒介虫マラヤツマグロヨコバイ	197
島津光明 : <i>Entomophthora delphacis</i> のワタアブラムシに対する病原性	200
若村定男 : カブラヤガの配偶行動における雄成虫の発音について	202
和合治久 : 視覚刺激に関する <i>Zizeeria maha argia</i> の交尾行動	203
小倉信夫 : ワモンゴキブリ神経節抽出物のカイコに対する卵形成阻害効果	205
玉木佳男他 7 名 : コナガの性フェロモン成分 : (Z)-11-ヘキサデセナールおよび (Z)-11-ヘキサデセニルアセテート	208
石渡武敏・根岸 務・浅野昌司 : チャノコカクモンハマキにたいする <i>Cis-9, trans-12</i> TDDA と <i>Cis-11</i> TDA の混合物のフェロモン活性	211