

カエデの生物季節とモミジニタイケアブラムシの春の産子

誌名	日本応用動物昆虫学会誌
ISSN	00214914
著者	橋本, ほしみ 古田, 公人
巻/号	32巻3号
掲載ページ	p. 169-175
発行年月	1988年8月

カエデの生物季節とモミジニタイケアブラムシの春の産子

橋本ほしみ¹⁾・古田 公人

東京大学農学部

Reproduction of Maple Aphid (*Periphyllus californiensis*) in Spring in Relation to Phenology of Host Tree. Hoshimi HASHIMOTO²⁾ and Kimito FURUTA (Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **32**: 169-175 (1988)

The maple aphid (*Periphyllus californiensis*) infests maple trees the whole year round, and it spends the summer as aestivating dimorph, a first instar larva morphologically different from the normal larva. The reproduction of maple aphid in spring was investigated in relation to food resources. Maple aphids produced normal larvae on unexpanded leaves and aestivating dimorphs on expanded leaves. Even after they had produced aestivating dimorphs, they produced normal larvae when transplanted onto unexpanded leaves. Expanded maple leaves were nutritionally poor and the aphids reared on them produced only a few larvae. Unexpanded leaves showed high soluble nitrogen contents which decreased rapidly as the leaves expanded. Reproduction of aestivating dimorphs seemed to be correlated to the low soluble nitrogen contents in leaves. In a tree, inflorescences or new leaves, which were located in the terminal part of shoots contained higher amounts of soluble nitrogen and were suitable for the reproduction of the aphids. However such good feeding sites disappeared rapidly with time. Therefore, the migration of alates in the second generation to late budding trees was considered to be an efficient mechanism to secure food.

はじめに

モミジニタイケアブラムシ (*Periphyllus californiensis* (SHINJI)) は、1年中カエデ樹上に生息するが、夏期一関東地方では5月から9月末ないし11月まで一は越夏型幼虫で過ごす。これは特殊な形態の幼虫であり、1齢のまま成長しないで秋をむかえる (ESSIG and ABERNATHY, 1952)。

Periphyllus 属の越夏型幼虫がどのような条件下で産み出されるかに関し BONNEMAISON (1956) や BÜCKLE (1963) は、*P. testudinaceus* (FERNIE) や *P. acericola* (WALKER) を用いて研究を行った。それらによれば、寄主植物の栄養状態によって越夏型幼虫産下が制御されているという。また、ESSIG and ABERNATHY (1952) によると、*P. californiensis* の幹母と第2世代成虫は無翅虫、有翅虫、越夏型幼虫を、第3世代成虫は越夏型幼虫のみを産むという。しかし、*P. californiensis* の各世代虫がどのような条件下で、非越夏型幼虫あるいは越夏型幼虫を産下するかについての詳しい研究は行われていない。つまり、他の *Peri-*

phyllus 属の種と同様、越夏型幼虫が産下される条件は寄主植物の栄養なのか、あるいは、世代の経過や親の老化によるアブラムシ自体の生理的変化によるものなのかはわかっていない。ここでは、人為的に発育を制御したカエデ (*Acer amoenum* form *ohsakazuki*) の苗木上で、モミジニタイケアブラムシの幹母、第2、第3世代虫を飼育し、越夏型幼虫の産下される過程を調査した。

アブラムシの個体群動態に食物条件、とりわけ窒素含有量の及ぼす影響は大きい。樹木寄生性の *Drepanosiphum platanoidis* は、6、7月に成虫休眠に入るが、この時期は、寄主の葉の水溶性窒素含有率の低下する時期と一致し、窒素含有率の低い展開した葉上で休眠個体の割合が高くなる (DIXON, 1963)。今回の研究においても、寄主であるイロハモミジ (*Acer palmatum*) の葉の水溶性窒素含有率を調べ、その季節変化をみた。また葉以外にアブラムシの寄生場所となりうる花序や翼果についても測定した。特に含有率が急激に変化する時期は着葉部位によって違いのあることを比較検討した。

本論に先立ち、ご指導くださった立花観二教授、カエ

1) 現在 農林水産省林業試験場

2) Present address: Forestry and Forest Products Research Institute, P.O. Box 16, Tsukuba Norin Kenkyu Danchi-nai, Ibaraki 305, Japan.

1987年6月16日受領 (Received June 16, 1987)

デの窒素分析でお世話になった東京大学農学部の丹下健氏、中田 誠氏、多くのご助力をいただいた東京大学農学部演習林田無試験地の八木喜徳郎主任はじめ職員各位に厚く感謝申し上げます。

方 法

実験は、東京都田無市、東京大学演習林田無試験地で行った。

1. 苗木飼育による産子経過

同一の苗木上で成虫期間を飼育し続けた場合の産子状況は1983年に観察した。直径12.5 cmの鉢に植え、野外で育苗したカエデの苗木(高さ10~20 cm)に未経産の幹母を1頭ずつ4月13日に接種した。苗木には直径15 cm、高さ25 cmのガラス円筒をかぶせ、15°Cの恒温器中に置いた。ほぼ1日おきに、生まれている幼虫を多型別に数を記録したのち取り除いた。

幹母から生まれた第2世代虫、それから生まれた第3世代虫について、17°Cの恒温器中の苗木上で産子状況を調べた。アブラムシが成虫となったとき、苗木を新しいものに交換した。

苗木の状態と産子の関係を、3段階の展葉状態の鉢植え苗木上で1984年に観察した。越冬卵を4°C下で保存し、室温下でふ化させた幹母を4月8~12日に、次の3種類の苗木に接種した。

A区: 萌芽、ないし、掌状に展開する前のたたまった扇状の葉(幅3~8 mm)をもつもの。

B区: すべての芽から葉が生じており、葉は半ば展開した状態で幅5~17 mmのもの。

C区: ほぼ、あるいは完全に展葉したもの。

幼虫時は苗木(高さ25~30 cm)1本でおおよそ10匹飼育したが、成虫となりはじめた4月22日からは高さ5~12 cmの苗木上で個体飼育した。この際、A区のみは展葉が進むのに応じて、アブラムシを未展葉の株に次々移して飼育した。なお、鉢の下に直径15 cmのシャーレを敷き、上面にスクリーンを張った透明なプラスチックの円筒を枝葉に触れないように上からかぶせ、アブラムシを保護した。苗木は屋外の日陰に置いた。

幹母の産子は、4月26日からほぼ1日おきに調べた。その際、生まれていた幼虫は、多型別に数を記録したのち取り除いた。第2、第3世代虫は、越夏型幼虫を産み始めた個体でも非越夏型幼虫を産むかどうか重点をおいて実験を行った。A区の幹母から4月26日に生まれた幼虫(無翅虫)を、A区と同様に飼育し、産子状況をみた。第3世代虫の産子状況を調べるため、野外で採集し

た有翅虫(第2世代)の幼虫をA区と同様に飼育した。すなわち、5月8~10日に、有翅虫から生まれた幼虫を飼育し、産子を観察した。

1984年に使用した個体飼育用の苗木は、1本のオオサカズキ(*Acer amoenum* form *ohsakazuki*)に実った種子から生じたもので、1982年に鉢に植え、実験に用いるまでは野外に置いておいたものである。また、苗木の展葉程度の調節は、22°Cあるいは5°Cの恒温器を使用して行った。

2. カエデの水溶性窒素含有率の変化

樹高12 mのイロハモミジ(*Acer palmatum*)の葉、花序、翼果を、1984年8回、1985年13回、1986年12回採取し、それらの水溶性窒素含有率を測定した。採取した葉、花序、翼果は、風乾または40~50°Cで通風乾燥して保存しておき、1984年10月14日、1984年12月27日、1985年12月22日、1986年12月5日の4回にまとめて分析した。抽出方法は、作物分析委員会編(堤, 1983)に準じた。純水50 mlに乾燥試料約0.5 gを抽出させた。抽出液中の窒素化合物は、濃硫酸で加熱分解した後、インドフェノール法により比色定量した。

1984年、1985年には、葉柄の部分で葉を新梢から切り離して試料としたが、新梢も寄生部位であるので、1986年には新梢も含めて試料とした。とくに春季には新梢の基部のほうからI, II, III, …のような部位に細分して(Fig. 2参照)分析する一方、採取した葉および花序上のアブラムシを75%エタノールで液浸保存しておき、葉1枚あたりの密度、体長の分布等を調べた。また、4月9, 10, 13, 17日に、調査木の葉の幅を測定した。

イロハモミジの葉の幅は、芽が開いて葉身が半分出た時点で3~4 mm、2枚の葉が完全に芽から出た時点で約5 mm、葉身の先端が分離し始める時点で7~8 mm、完全に分離して掌状が完成した時点で約10 mmとなり、その後葉面が拡大し成葉に至る。枝上のすべての芽から葉が完全に出了た時期の葉幅は平均約8 mmとなるので、幅が平均8 mmとなる日を葉の日齢0とし、日齢の経過にともなう水溶性窒素含有率の変化をみた。

結果および考察

1. 苗木飼育による産子経過

同一の苗木上で飼育したもののうち、生理的寿命を終えたと思われる幹母3匹、第2世代有翅虫2匹、第2世代無翅虫2匹ともに、はじめは非越夏型幼虫を産んだ(Table 1)。その後、越夏型幼虫を産んだが、再び非越夏型幼虫を産むことはなかった。幹母1匹あたりの平均産子

Table 1. Number of normal larvae (no mark) and aestivating dimorphs (▲) produced by *P. californiensis* in 1st, 2nd and 3rd generations in 1983

Aphid No.	Fundatrix			Second generation				Third generation										
	4	5	7	Alate		Apterous		Alate				Apterous						
				3	9	21	22	31	34	41	42	36	37	38	39	40	43	
Date of first production of larvae	April 15			April 21		April 25		May 3										
Days after first production of larvae	1	0	8	8	23	20	17	10	▲2	0	▲11	▲6	▲7	0	▲18	▲15	▲8	▲4
	2	3	9	8	11	13	15	10										
	3	12	10	12	9	6	19	14										
	4	8	5	14	▲2	▲3	12	12										
	5	2	—	8	▲7	▲7	8	8										
	6	▲2	▲10	▲4	▲4	▲3	0	1										
	7	0	0	▲2			▲5	▲3										
	8	0	0	▲7														
	>9						▲2											
Total Normal larvae	25	32	50	43	39	71	55											
Total Aestivating dimorphs	2	10	13	13	13	7	3	34	4	24	10	22	11	37	34	19	12	

Table 2. Number of normal larvae (no mark), aestivating dimorphs (▲) and larvae of intermediate morphs (*) produced by fundatrices of *Periphyllus californiensis* under the following three conditions: A (reared on unexpanded leaves), B (reared on half-expanded leaves) and C (reared on completely expanded leaves) in 1984 →: Day when aphids were transplanted onto new seedlings under condition A

Aphid no.	Condition															
	A				B				C							
	2	4	6	7	9	10	11	12	14	15	16	17	18	23	24	
April 26	21	18	16	0	9	1	0	1	0	3	9	0	0	0	0	
27	7	8	7	9	3	6	5	7	0	4	0	0	0	0	0	
→ 30	7	12	10	16	6	▲4	11	—	7	*3	▲4	0	0	0	0	
May 2	—	—	4	7	4	▲5	5		▲2	▲7	▲4	▲4	0	0	0	
→ 3			3	6	0	0	0		0	▲1	▲1	▲1	0	0	0	
5			2	4	0	▲1	▲2*1		▲3	▲1		0	0	0	0	
→ 6			0	▲1	*2	0	2			0	▲4	▲1	0	0	0	
8			▲7	▲8		0	0		—	0	▲1	0	0	1▲1	0	
→ 10			▲1*3	▲2	1▲1											
12			1	0	▲1	▲3	—			—	—	0	▲2	0	0	
→ 15			2▲1	0	▲1	0						▲1	▲1	0	▲1	
17			0	0	0	0						0	0	0	▲1	
→ 19			1	0	0	0						0	0	1	▲1	
20			0	0	0	0						0	—	0	0	
Total	35	38	58	53	28	20	26	8	12	19	23	7	3	3	3	

数は、非越夏型幼虫 35.7±12.9 (S.D.), 越夏型幼虫 8.3±5.7 匹であった。第2世代有翅虫はそれぞれ平均 41.0 匹と 13.0 匹, 無翅虫は 63.0 匹と 5.0 匹であった。第3世代有翅虫 4 匹, 無翅虫 6 匹は最初から越夏型幼虫を産み, 1 個体あたりの産子数は最大 37, 最小 4, 平均 20.7±11.2 匹であった。幹母, 第2世代虫は飼育開始時, 苗木交換時とも芽がふくらんでいる苗木を供試した。しかし, 第3世代虫には葉が完全に開いているものを供試した。全

成虫期間を同一の苗木上で飼育した場合には, 各世代とも越夏型幼虫を産んでから非越夏型幼虫を産むことはないと考えられる。

葉の展葉程度の異なった苗木を与えた場合の幹母の産子状況を Table 2 に示した。A 区, B 区では最初非越夏型幼虫を, 後に越夏型幼虫を産んだ。A 区では葉が開きってしまった苗木は, 開いていない芽のある苗木と交換してアブラムシを飼育したが, 苗木をとりかえても越

Table 3. Number of normal larvae (no mark), aestivating dimorphs (▲) and larvae of intermediate morphs (*) produced by apterous females of *Periphyllus californiensis* in the 2nd and 3rd generations under condition A (see Table 2) in 1984 →: Day when aphids were transplanted onto new seedlings

Aphid No.	Second generation				Third generation					
	1	2	3	4	2	3	4	5	6	
→ May 6	5	—								
8	▲1	▲8	—	—						
→ 10	▲17	▲7	▲5	▲2						
12	▲1	4	▲5	▲6						
→ 15		3▲1	▲3	3▲2			—	—	—	
17		9	1	4▲1			▲2	0	0	
→ 19		10	3	1			▲12	▲1		
20		4	0	0	—	—	▲3	▲4		
→ 22		4	1▲1*1	0	0	0	1▲3	5▲4	0	
25		1	2▲1	—						
29		—	▲3		▲5	8	2▲6	12▲4	▲2	
June 2			—							

夏型幼虫を産み続ける個体 (No. 7) と、再び非越夏型幼虫を産みだした個体 (No. 6) とがみられた。B 区では、アブラムシ接種時点は半展葉の状態であったが、その後展開しても苗木の交換はしていない。B 区は A 区よりも、非越夏型幼虫を産下した期間が短く、越夏型幼虫を早く産み始めた。

最初から展葉した苗で飼育した C 区では、アブラムシの産子開始が遅れた。4 匹のうちの 1 匹は非越夏型幼虫も産んだが、3 匹は越夏型幼虫のみを産んだ。

以上から、幹母は寄主の展開葉上では最初から越夏型幼虫を産むこと、また、いったん越夏型幼虫を産んだ後でも未展開葉に移せば非越夏型幼虫を産みうるということがわかった。この現象は *P. testudinaceus* でも確認されており (DIXON, 1985), *Periphyllus* 属アブラムシに広くみられることではないかと思われる。

最初非越夏型幼虫を、ついで越夏型幼虫を産んだ後でも、寄主の条件が変われば非越夏型幼虫を産みうることは第 2 世代無翅虫でも同様であった (Table 3)。越夏型幼虫産下後に産んだ非越夏型幼虫の数は最大 35 匹、最小 7 匹、平均 16.7 ± 15.9 匹であった。開ききった葉上で越夏型幼虫を産んでいる個体でも、条件のよいところに移れば非越夏型幼虫を多数産むことが可能なことは明らかである。

越夏型幼虫産下後に産んだ非越夏型幼虫の数は幹母よりも第 2 世代虫の方が多 (Table 2, 3)。しかし、越夏型幼虫産下前に産んだ数は幹母のほうが多い。また 1983 年の実験では第 2 世代でも 40~70 頭ほどの非越夏型幼虫を最初に産んでいるのに比較して、今回の実験で最初に産んだ非越夏型幼虫の数は少ない。最初の非越夏型幼

虫の産下数が少なければ、越夏型幼虫産下後に産む非越夏型幼虫の数が多くなる可能性があるのではないかと推測される。また、苗木を交換しても非越夏型幼虫を再度産下することのなかった幹母が存在したことを考えあわすと、多数の子虫を産下した老齢の個体は寄主の条件が好転しても非越夏型幼虫を産むことができないものがあること、すなわち越夏型幼虫の産下にはアブラムシの生理的条件も影響しているのではないかと考えられる。

BÜCKLE (1963) が *Periphyllus* 属において、非越夏型幼虫と越夏型幼虫の間にいろいろな段階の中間型が存在すると述べているように、今回の実験でも中間型が得られた。Table 2, Table 3 に示したように、幹母も第 2 世代成虫も非越夏型幼虫と越夏型幼虫との転換の時期に中間型を産みやすいものと思われる。

第 3 世代無翅成虫は、1983 年の実験では越夏型幼虫しか産まないように思われた (Table 1) が、寄主の条件を人為的に制御すれば非越夏型幼虫も産む (Table 3)。しかし、好適と思われる苗木上で飼育したにもかかわらず、越夏型幼虫しか産まない個体も存在した。第 3 世代虫の飼育時は気温も高くなり好適と思われる苗木を供試しても葉がすぐに開いてしまう。このため、産みつけられる幼虫の型が寄主条件だけで決定されるのか、あるいは世代のような要因が関与しているのかを確かめることはできなかったが、少なくとも好適な条件下では第 3 世代虫でも非越夏型幼虫を産みうることは確かめられた。

展葉程度の異なる A~C 区の苗木上で幹母の累積産子数は、A 区で最も多く、続いて B 区、C 区の順であった (Table 2)。とくに No. 17, No. 23, No. 24 のように、幼虫時から展葉株で飼育した場合は、7, 3 匹と著しく少

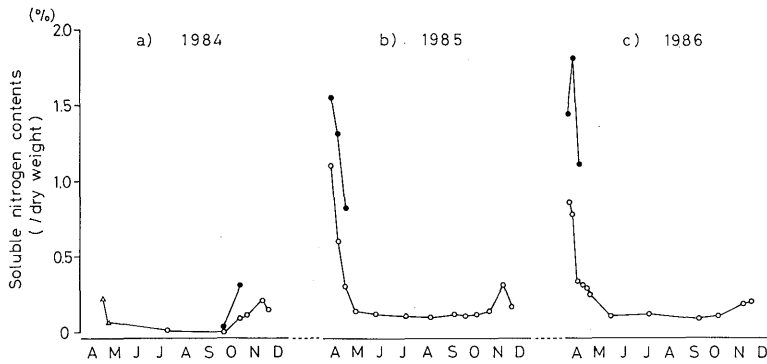


Fig. 1. Seasonal changes in soluble nitrogen contents of inflorescences or key fruits (solid), and leaves (open) of a maple tree, *Acer palmatum*. Δ : Collected from other trees.

ない。No. 6, No. 7 は, 58, 53 匹産み, No. 9, No. 10 は 28, 20 匹産んだ。アブラムシの増殖には寄主条件がきわめて大きく影響し, 未展開の葉上では多数の幼虫を産むが, 展開してしまつた葉上で育つたものはわずしか産子しない。開いてしまつた葉は増殖にとって不適なものであることは明らかである。

C 区の総産子数がきわめて少ないことは, よい条件の寄主で育たなければアブラムシは越冬型幼虫さえも十分には産めないことを示している。したがつて, 開いてしまつた葉に非越冬型幼虫をたとえ産下したとしても, その幼虫は成虫となつてから増殖することができない個体となる。つまり, 開ききつた葉に非越冬型幼虫を産下することは増殖にとって意味をなさないことになる。しかし, 逆に, 越冬型幼虫を産下すれば, それは秋になつて發育を再開して増殖することが可能である。本種は開いてしまつた葉では越冬型幼虫しか産めない種であるが, 実は越冬型幼虫こそ産まなければならぬものであると判断される。

2. カエデの水溶性窒素含有率の変化

イロハモミジの葉, 花序, 翼果に含まれる水溶性窒素について分析を行い, 試料の乾重に対する重量百分率を求めて (以下, 含有率という), 季節変化を 1984 年から 1986 年にわたつて示したのが Fig. 1 である。1986 年春には葉を部位別に分けて測定したが, ここでは平均値を示している。3 年間とも, 春の芽が伸びだしてから展葉する 1 か月あまりの間に, 初めは高かつた葉の水溶性窒素含有率がきわめてすみやかに低下し, 秋に再び上昇するまで低い値で推移した。11 月の後半付近で秋のピークがみられるが, 落葉直前の 12 月初めには再び低下し

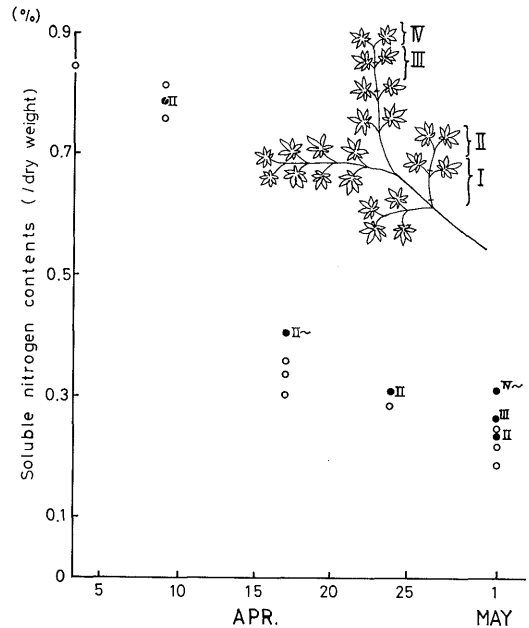


Fig. 2. Content of soluble nitrogen of maple leaves collected from different positions in shoots of a tree in 1986. I (○), II, III, IV, ... (●) refers to the order of the leaves from the base of each shoot.

た。

花序の水溶性窒素含有率は, 同じ時期の葉の含有率に比べてかなり高かつたが, やはり短期間のうちに低下した。1986 年には, 芽の先がほころび, 葉の先と花序の頭が出た初期 (4 月 3 日) の花序も分析しているが, 4 月 9 日より低い値であつた (Fig. 1c)。翼果の水溶性窒素含有率は, 秋には葉に先立つて上昇した (Fig. 1a)。

Table 4. Number of aestivating dimorphs and normal larvae of *P. californiensis* on different parts of a *Acer palmatum*

Part of host tree	No. of leaves or inflorescences	No. of aestivating dimorphs	No. of normal larvae			Total No. of normal larvae	No. of normal larvae per leaf
			~1.0 ²⁾	1.1~1.3	1.4~		
April 17, 1986							
I	514	0	0	5	52	57	0.11
Leaves ¹⁾ II	146	0	2	7	66	75	0.51
III~	50	0	9	8	50	67	1.34
Inflorescences	92	0	6	7	42	55	—
May 1, 1986							
I	40	145	0	0	6	6	0.15
Leaves ¹⁾ II~	20	16	2	0	0	2	0.10
Inflorescences ³⁾	12	18	1	1	11	13	—

Normal larvae were classified into three groups according to their body length.

1) See Fig. 2.

2) Body length (mm).

3) Include immature key fruits.

1986年4月3日~5月1日までの葉の水溶性窒素含有率を部位別に示した (Fig. 2)。サンプル間にはかなりばらつきはあるが、同一の時点では新梢の先端、つまり葉齢の若いものほど水溶性窒素含有率は高い傾向にある。1本の樹上では、新梢先端の葉がアブラムシにとって、より好適であることは明らかである。

1986年4月17日に調査木から得られたモミジニタイケアブラムシは、寄生部位が I, II, III~の順に、葉1枚あたりのアブラムシ密度が高くなり、体長 1.0 mm 以下の若齢幼虫の割合も高かった (Table 4)。5月1日には、Iの葉ではほとんどが越冬型幼虫で若齢幼虫は0であり、II~や花序 (一部若い翼果が形成され始めていた) においても非越冬型幼虫はわずかであった。

葉の日齢と水溶性窒素含有率の関係を Fig. 3 に示した。すべての芽から葉が出る時期にあたる日齢0までは、窒素含有率は高い値を維持するが、葉が出そろったところからは急激に低下する。芽がふくらみ始めてから開くまでの期間は数週間に及び、この時期発育する幹母の幼虫期間も1か月ほどに達する。これに対し第2世代の幼虫期間は12日ほどにすぎない。これは、葉が出てからの窒素含有率の急激な低下にもかかわらず第2世代虫が増殖するために好都合であるといえよう。しかし、第2世代虫が成虫となるころには、最初に開いた葉の窒素含有率は大幅に低下してしまっている。イロハモミジの芽から出る葉数は2枚が最も多く、大多数の芽から出る葉はすでに開ききっていて第2世代虫の産下には適しない。この時期長く伸び続ける新梢だけが若い葉を出し続けて、好適な産子の場となるが、そうした新梢は樹上の芽のうちわずか6%ほどしか出現しない。またイロハモ

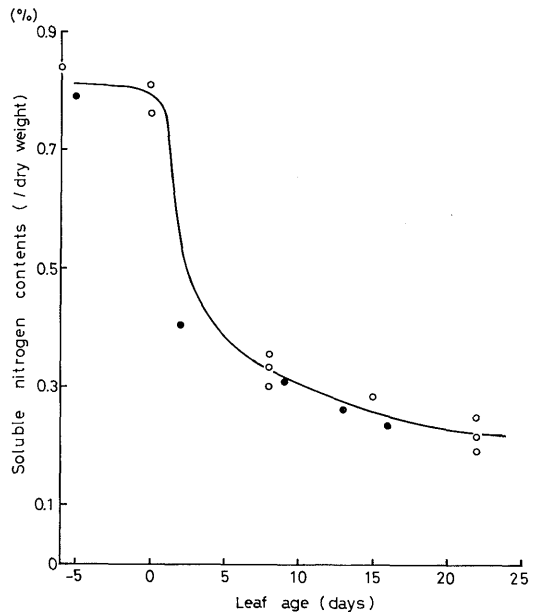


Fig. 3. Relationship between soluble nitrogen content of maple leaves and leaf age. ○: I, ●: II~ (See Fig. 2).

ミジでは、新梢の伸びが止まる5月はじめに有翅虫数がピークとなり、それらは分散していく (FURUTA et al., 1984)。第2世代虫が非越冬型幼虫を産むために、芽ぶきの遅いカエデを求めて分散していくものと推測された。

摘 要

カエデに寄生するモミジニタイケアブラムシの産子と食物条件との関連を調べ、春における繁殖のあり方を考察した。

1) 世代に関係なく、展開していない葉上では非越夏型幼虫を、展開した葉上では越夏型幼虫を産下した。また、越夏型幼虫を産んだ個体でも、展開していない葉上に移せば非越夏型幼虫を産んだ。

2) 展開した葉上で育ったアブラムシは、産子数はきわめて少なく、展開した葉は、アブラムシの繁殖に適さない。

3) 未展開の葉は窒素含有率が高いが展開した葉は窒素含有率が低い。カエデの葉の窒素含有率の低下とアブラムシの越夏型幼虫の産下は、同時に引き起こされている。

4) 花序や新梢先端の若い葉は、窒素含有率が高く、好適な寄生場所となりうるが、窒素含有率の高い部位は、急速に消えていく。このため第2世代虫が非越夏型幼虫を産むためには、芽吹きが遅い木を求めて移動していくことは有効であると推測された。

引用文献

- BONNEMAISON, L. (1956) Déterminisme de l'apparition des larves estivales de *Periphylus* (Aphidinae). Compt. Rend. Acad. Sci. Paris 243: 1166—1168.
- BÜCKLE, W. (1963) Morphendifferenzierung der Chaetophoriden des Ahorns in Abhängigkeit von Klimafaktoren und Physiologie der Wirtspflanze. Zool. Jahrb. Abt. Anat. Ontog. Tiere 80: 385—458.
- DIXON, A.F.G. (1963) Reproductive activity of the sycamore aphid, *Drepanosiphum platanooides* (SCHR.) (Hemiptera, Aphididae). J. Anim. Ecol. 32: 33—48.
- DIXON, A.F.G. (1985) Aphid Ecology. Glasgow: Blackie & Son Ltd., 54p.
- ESSIG, E.O. and F. ABERNATHY (1952) The Aphid Genus *Periphylus*: A Systematic, Biological, & Ecological Study. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 166p.
- FURUTA, K., H. HASHIMOTO and N. IWAMOTO (1984) The effect of budding and flowering of maple trees on the development of the maple aphid, *Periphylus californiensis* SHINJI (Homoptera, Aphididae) population. Z. ang. Ent. 98: 437—444.
- 堤 忠一 (1983) 水溶性たん白態窒素. 栄養診断のための栽培植物分析測定法 (作物分析法委員会 編), 東京: 養賢堂, pp. 244—246.