

ニホンカブラハバチ *Athalia japonica* (Klug)
幼虫の選好性に関する実験的研究*

木村 尚子・北野日出男

東京学芸大学教育学部

Experimental study on color preferences in the larvae of the turnip sawfly,
Athalia japonica (Klug)

NAOKO KIMURA and HIDEO KITANO

Department of Science Education and Biology, Division of
Natural Science Education, Faculty of Education, Tokyo Gakugei University

Synopsis

In the present research using an apparatus which has been outlined by Hundertmark (1937), an examination was conducted to determine differences in the color preference found between fourth instar larvae maintained on a diet of host plant leaves, *Raphanus sativus*, and fifth instar larvae at the stage of their burrowing into the soil in order to pupate following the last molting.

Considerable variation was noted in the preference for color (brightness) among fourth instar larvae while fifth instar larvae tended to prefer color papers with low Munsell value.

Seventy per cent of the fourth instar larvae were attracted to the yellow paper, Munsell notation 7Y 8/12, among 10 different color hues used in the present study. In the color-brightness preference experiments, there was no case in which the larvae were attracted to a color having the same brightness as yellow. It thus may be considered that fourth instar larvae choose yellow paper on the basis of color hue.

The peaks of the spectral reflectance curves for all the plant leaves used in this experiment as well as the peak of the spectral reflectance curve at less than 600 nm for yellow paper were in the vicinity of 555 to 565 nm.

The preference of short wavelength colors such as blue and purple and colors with low brightness, all attracting fifth instar larvae, may be considered to hold adaptive significance on the basis of the observation that fourth instar larvae started burrowing into the ground within 24 hours following the fourth molting.

* 筑波大学菅平高原実験センター研究業績 108号

(1986年12月26日受理)

**Present name and address; NAOKO NASU, Ito Secondary School, Shinagawa-ku,
5-1-37 Oi, Tokyo.

結 言

昆虫の色覚に関する研究は成虫については古くから数多く行われているが (PROKOPY and OWENS, 1983), 幼虫については数少なく, 鱗翅目 (GOTZ, 1936; HUNDERTMARK, 1937; SAXENA and KHATTAR, 1977; KHATTAR and SAXENA, 1978) および鞘翅目幼虫 (TANTON, 1977) などに限られている。

今回の研究はニホンカブラハバチ (*A. japonica*) 幼虫が黄・黄緑・緑の, それぞれ色鉛筆で着色したる紙片に定位し接近していく行動を観察し, 本種幼虫の明度および色彩の選好性を実験的に解析し, その生態的意味を考察したものである。

材料および方法

東京都八王子市内の大根畑から採集したニホンカブラハバチ幼虫を飼育し, そのうち雌成虫だけを取り出し, これらの未交尾個体が産んだ卵から得られた雄幼虫のみを実験に供した。

カブラハバチ属雄幼虫の令期は5令であることから (阿部・伴野, 1986) 実験にはカイワレダイコンの葉を摂食中の4令幼虫と第4回目の脱皮を終えた5令幼虫とを使用した。なお, 5令幼虫はほとんど食草を摂食することなく, 第4回目の脱皮終了後1~2日以内に土中に潜入して蛹化の準備をする。

幼虫の色相選択実験は HUNDERTMARK (1937) の装置をやや改良したものをを用いた。すなわち, 画用紙で作った直径 30 cm, 高さ 27 cm の円筒と高さ 12.7 cm, 一辺 1.8 cm の角材に各種の色紙 (日本色彩株式会社 改訂新色名帖) を貼り, ラップフィルム (ポリエチレン製「ハイラップ」三井東圧包材製) で全体を包んだ棒を 10 本用意し, それらの棒を円筒の内周にそって一定間隔で立てた (Fig. 1)。円筒底面の中央に直径 1.8 cm, 深さ 1.5 cm の穴をつくり, 実験に供する幼虫を 1 個体穴の中に入れ穴からはいだしてきた幼虫の行動を 10 分間観察した。予備実験で, 穴からはいだした幼虫は頭部を左右に振りながら周囲にある色紙棒に反応し, 特定の色紙棒 (黄色) に定位, 接近し, さらに棒を登って行く行動を示すことが観察されている。このような行動を示した幼虫は, ある特定の色紙棒を選択したものとして記録した。実験は暗室内で実施し, この装置の真上から白色光源 (三菱ネオルミスーパーFLR 40 SW/M) 2 本を照射した。実験室内の温度は約 20°C, 装置中央の照度は 530~560 lux である。また, 色紙棒の配置および装置底面に敷いたろ紙は実験個体ごとに変えた。

1) 明度選択に関する実験

幼虫が色彩選択能力をもつかどうかを調べる前に, マンセル表色系により定められた, 白から黒までの各明度段階の無彩色色紙を用いて, 特定の明度に選好性を示すかどうかを検討した。

2) 色相選択に関する実験

色彩に対する選択性の有無を検討した。用いた色紙は各色相のうちの代表色 (赤・橙・黄・緑・青・紺青・紫) 7 色のほか, 食草の葉の色に最も近い若緑, 明度選択実験において最も多く選択された灰色 2 種, および白の, 計 11 色を使用した。

3) 4 令幼虫による黄色色紙と食草の選択実験

黄色色紙を貼った棒と, その色と同じ長さと同幅のカイワレダイコンの葉を棒に固定し, ラップフィルムで被って葉の匂い物質の拡散を防いだ棒を, 中心角 72° の位置 (幼虫の視角範囲内) に立てて, 幼虫がどちらを選ぶか実験した。対照実験として, 黄色色紙棒と裸出したカイワレ

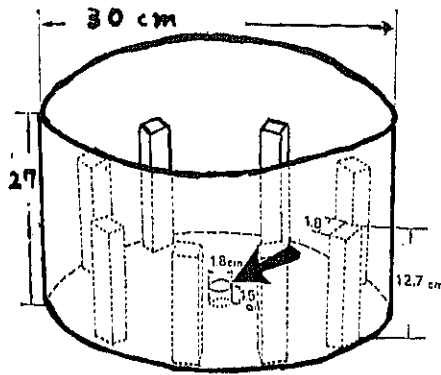


Fig. 1 Diagrammatic representation of an apparatus* used for studying on the color (brightness and hue) preference of the fourth or the last (fifth) instar male larvae of *Aithalia japonica*.

* The apparatus, which has been outlined by Hundertmark (1936), was used with slight modification.

The square rod (1.8 cm X 1.8 cm, 12.7 cm in height) surrounded by color paper was used on tests to compare the attractiveness of color paper (Nihon Shikisai K. K.).

The larvae were starved for 2 to 3 hrs at about 20°C and then tested under the condition of 530 to 560 lux.

Each of the test larvae was put in a hole (Arrow: 1.8 cm in diameter and 1.5 cm in depth) and color-preference behavior of the larva was observed for 10 minutes after creeping out from the hole.

ダイコンの葉を貼った棒との間で同様の実験を行った。

4) 5令幼虫の明度の似た色相に対する選択実験

5令幼虫を用いて、明度2.5から4.0までの色相の色紙を用い選択実験を行った。

今回の実験では1)~4)の実験以外に次の測定を行った。

5) 明度および色相選択実験に用いた各種色紙と各種植物葉の反射スペクトルの測定

実験に用いた各種色紙の色相と、ニホンカブラハバチ幼虫の生活環境内に存在する各種の植物葉の色相を客観的に比較するために、各種の色紙および植物葉の反射率を反射型分光光度計（日立2波長自記分光光度計、光源：重水素放電ハロゲンランプ）を用いて測定した。

結 果

1) 明度選択に関する実験

白から黒までの明度の異なる色紙を選択させたところ (Fig. 2), 4令幼虫では明度6.5をピークとしながらも全体にばらつく傾向がみられた。また、供試個体30個体のうちの7個体(23.3%)は、どの棒にも反応せず、10分たった後も、どの棒にも登らないか、または周囲の白い壁面に登る行動を示した。したがって、これらの個体の反応率は図に示されていない。10本の試験棒のうちのどれか1本を必ず幼虫が選択して登るとすれば、1本の棒に反応する確率

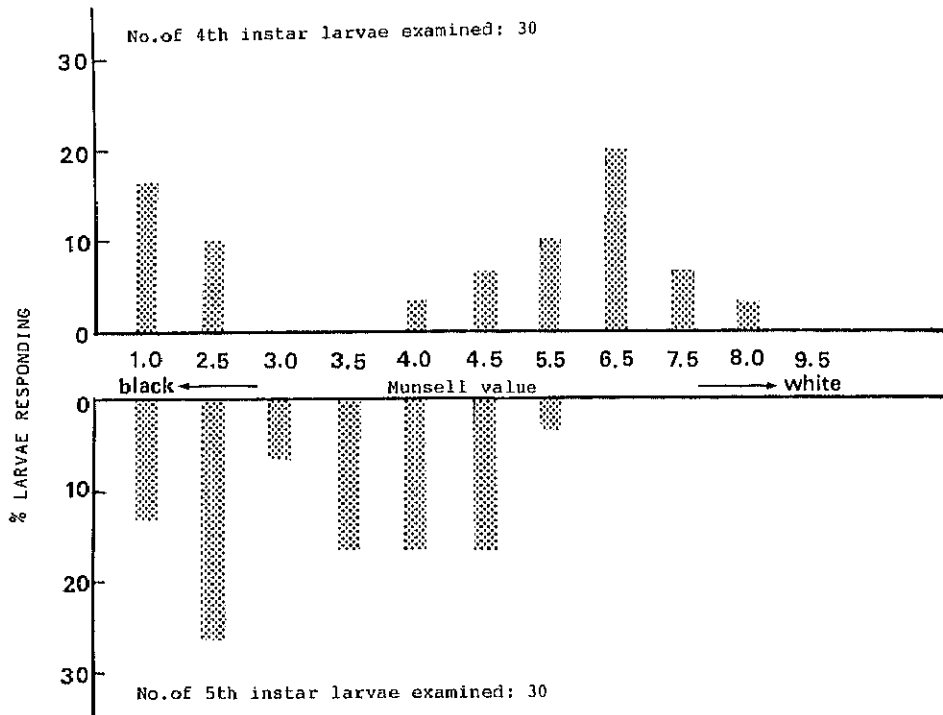


Fig. 2 Color (brightness) preference of the fourth and the last (fifth) instar male larvae of *Athalia japonica*.
Munsell value 1.0 ivory black, 2.5 charcoal gray, 3.0 dark gray, 3.5 slate gray, 4.0 mineral gray, 4.5 steel gray, 5.5 medium gray, 6.5 aluminium gray, 7.0 silver gray, 8.0 pearl gray, 9.5 snow white.

は10%である。したがって、反応率が10%に近い場合はとくにその棒を選択したことにはならない。

また、5令幼虫では明度2.5を選んだ個体が26.6%と最も多く、3.5, 4.0, および4.5を選んだ幼虫が16.7%で、全体として明度4.5以下の低い明度を選択する結果がえられた。5令幼虫の場合は供試個体30個体のすべてが、いずれかの棒に反応を示した。

2) 色相選択に関する実験

4令幼虫では全体の70%が黄色棒に正の反応を示した (Fig. 3)。黄色の明度は8.0である。明度選択実験では8.0の灰色はほとんど選択されていないので、4令幼虫は明度とは無関係に黄色を選択したのと考えられる。

5令幼虫については、青、ついで紫が選択されたが、4令幼虫における黄色の選択のようなある特定の色に集中して反応する傾向はみられなかった。

3) 4令幼虫による黄色色紙と食草選択実験

黄色色紙と食草に対する4令幼虫の反応率を調べた結果、カイワレダイコンの葉の匂い刺激の有無にかかわらず、幼虫は有意な差で黄色棒に正の反応を示した (Table 1, Fig. 4)。しかし、黄色は視覚的に幼虫をひきつけるものの、定着させることができない。すなわち、黄色棒にた

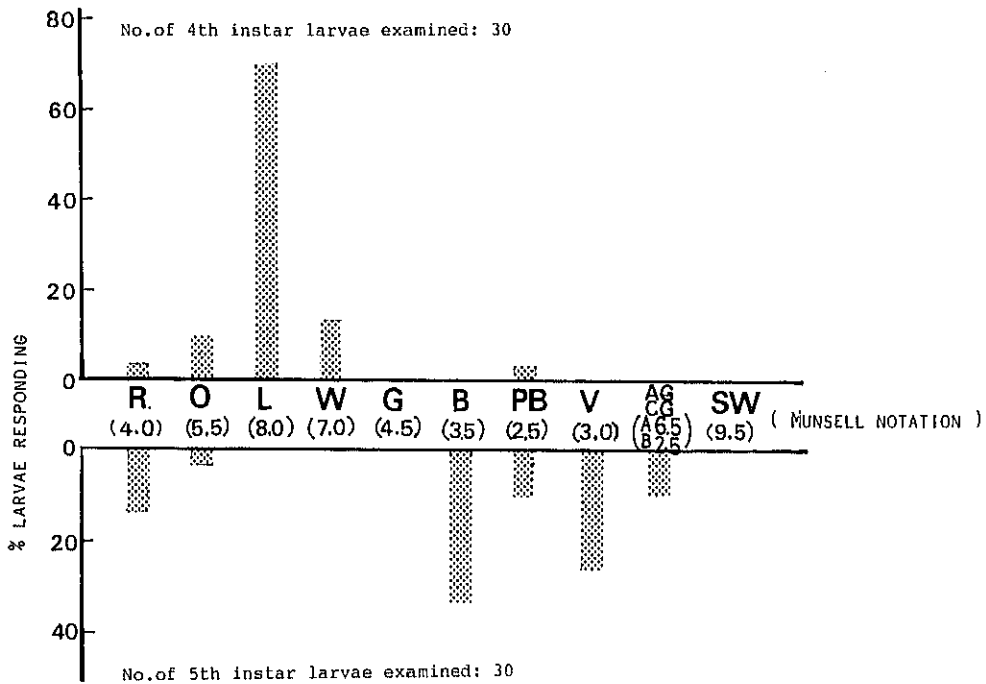


Fig. 3 Color (hue) preference of the fourth and the last (fifth) instar male larvae of *Athalia japonica*.

R: carmine red 5R 4/14 (Munsell notation), O: orange 1YR 5.5/12.5, L: lemon yellow 7Y 8/12, W: willow 7GY 7/7, G: gay green 5G 4.5/10, B: cobalt blue 3PB 3.5/11, PB: purplish blue 7PB 2.5/8.5, V: pansy violet 5P 3/11, SW: snow white N 9.5, CG: charcoal gray N 2.5, AG: alminium gray N 6.5

どりついた幼虫は一旦棒を登るが、途中で下行し食草の方へ向う場合が多い。ラップフィルムで被った食草の場合も黄色棒と同様、幼虫を定着させることができない。

幼虫の定位行動は不安定で再び黄色棒の方に向う個体もあらわれる。しかし裸出させた食草にたどりついた幼虫は、直ちに摂食を開始した。

4) 5令幼虫の明度の似た色相に対する選択実験

明度および色相選択実験の結果から、再び明度の近い色を集め、その中から5令幼虫が青や紫を選択するか否かを確かめる必要が生じ、この実験を行った。その結果、色相選択実験と同様の傾向がみられた。5令幼虫は同じような明度の中でとくに青、次いで紺青を選択した(Fig. 5)。

5) 明度および色相選択実験に用いた各種色紙と各種植物葉の反射スペクトル

明度選択実験に用いた無彩色色紙の各波長における反射率を Fig. 6 に、色相選択実験に用いた色紙のそれを Fig. 7 に、また、カブラハバチ幼虫の生活環境内にみられた植物葉のそれを Fig. 8 に示した。但し、Fig. 6, 7, 8の縦軸に示される反射率は、測定技術的問題のために、率そのものにはあまり意味がなく、反射曲線の全体の形が重要である。

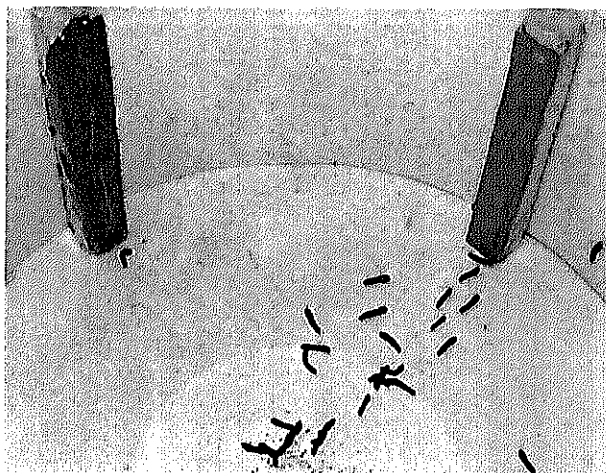


Fig. 4 Orientational responses* of the fourth instar male larvae of *Athalia japonica* to 2-visual stimuli (right side: yellow paper, left side: host plant leaf-sheet** surrounded by a wrap film).

* In this case, thirty larvae tested were put in a hole (Fig. 1) at a time. Most of the larvae exhibited a preference for the yellow paper (Munsell notation: 7Y 8/12).

**Host plant: *Raphanus sativus* subsp.

Table 1 Orientational responses of the fourth instar male larvae* of *Athalia japonica* to visual and olfactory stimulants.

Stimuli	Visual		Visual and olfactory	
	Yellow paper**	Leaf*** without odor	Yellow paper	Leaf with odor
No. of larvae examined	20		20	
% larvae responding	75 ^a	25 ^a	85 ^b	15 ^b

* The larvae examined were starved for 2 to 3 hours at 20 °C and then tested.

** The Munsell notation (hue) 7Y 8/12

*** Host plant leaf-sheet, *Raphanus sativus*, surrounded by a wrap film to exclude odor stimuli.

a, b: The same letters are significantly different at the 5 % (a) or the 1 % (b) level.

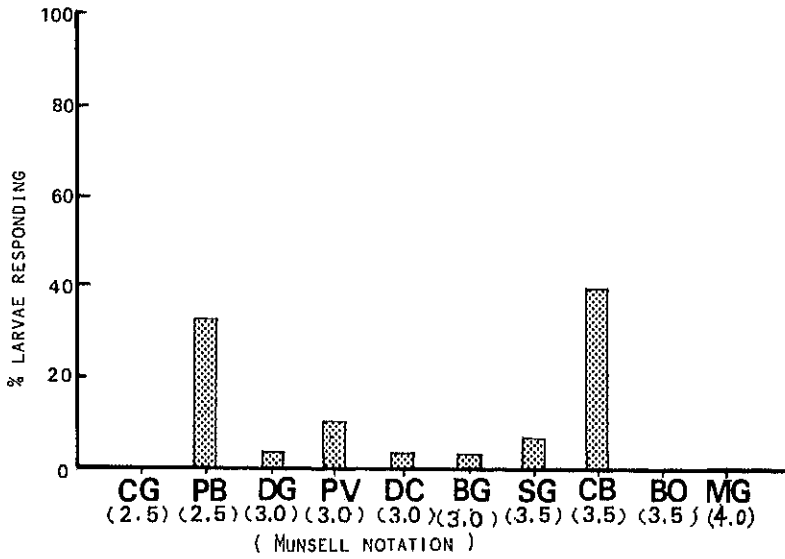


Fig. 5 Orientational responses of the last (fifth) instar male larvae of *Athalia japonica* to color papers which have similar brightness.

CG: charcoal gray N 2.5, PB: purplish blue 7PB 2.5/8.5, DG: dark gray N 3.0, PV: pansy violet 5P 3/11, DC: deep carmine 5R 3/8.5, BG: bottle green 5G 3/4.5, SG: slate gray N 3.5, CB: cobalt blue 3PB 3.5/11, BO: brown olive 3Y 3.5/4.5, MG: mineral gray N 4.0

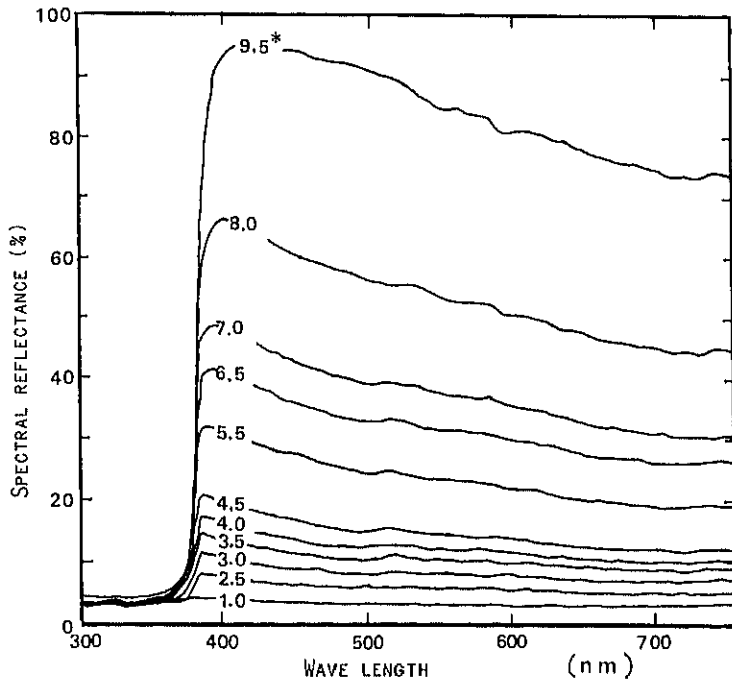


Fig. 6 Spectral reflectance curves of papers with different brightness shown by the Munsell value*.

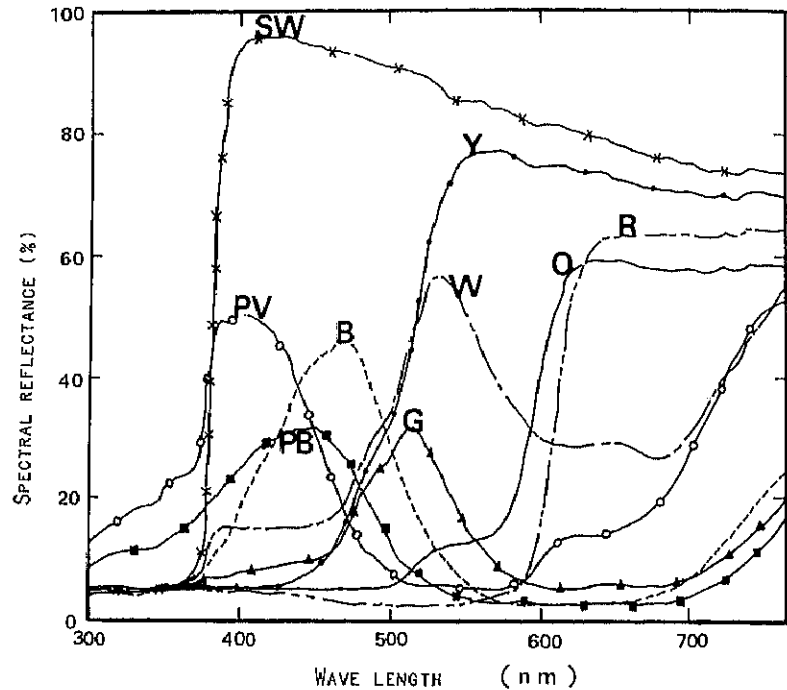


Fig. 7 Spectral reflectance curves of color papers with different hue.

R: carmine red 5R 4/14, O: orange 1YR 5.5/12.5, Y: lemon yellow 7Y 8/12, W: willow 7GY 7/7, G: gay green 5G 4.5/10, B: cobalt blue 3PB 3.5/11, PB: purplish blue 7PB 2.5/8.5, PV: pansy violet 5P 3/11, SW: snow white N 6.5

考 察

一般に、昆虫類の黄色に対する選好性はよく知られた事実であるが (KEVAN and BAKER, 1983; 田中他, 1986), 今回の実験においてもニホンカブラハバチの4令幼虫が、明度や食草からの匂い刺激に関係なく黄色を選好することが示唆された。一方、摂食を中止し、蛹化のために土中に潜入する発育段階に達した5令幼虫は、低い明度および青、紫、紺青などの色相を選好している。青や紫の明度は色相選択に用いられた色紙の中で比較的低いので、この実験結果から、5令幼虫が青や紫の色相をとくに選好していると結論することはできない。しかし、4令と5令の幼虫の間で色に対する反応が異なる事実は興味深い。青や紺青は反射曲線のピークがほぼ450~480 nmの波長範囲にある。これを色相選択実験の結果と併せ考えると、色に対する反応が4令と5令の間で560 nm付近から460 nm付近へスイッチされるものと考えられる。5令幼虫にみられるこの色相選好性の変化は、本種幼虫が終令脱皮完了後(一般に24時間以内)土中に潜入しはじめることと考え合わせ、適応的な意味をもつものといえよう。

各種植物の葉の反射曲線にみられる類似性は葉の形質上当然のことであるが、それらの反射率のピークは4令幼虫が最も選好した黄色のピークと一致した。一般に、植食性昆虫が黄色に

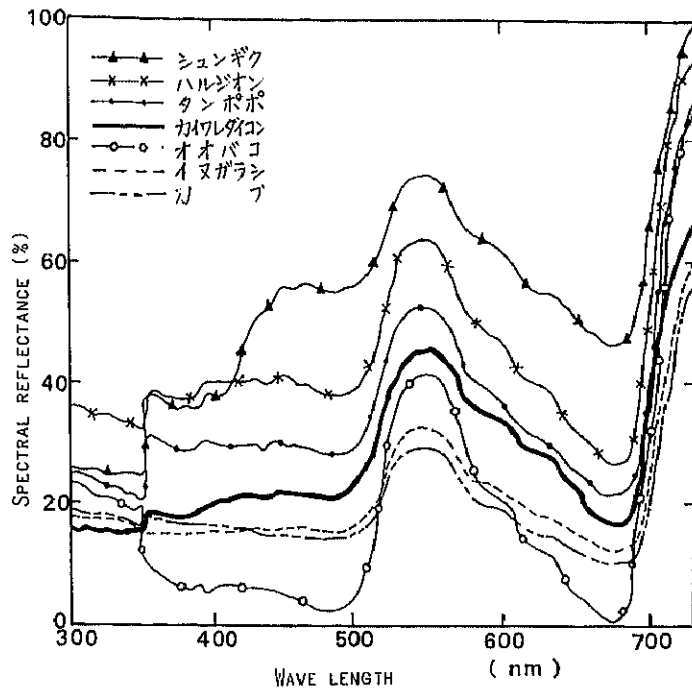


Fig. 8 Spectral reflectance curves in leaves of different plants which grow in the habitat of *Athalia japonica* larvae.

- シュンギク *Chrysanthemum coronarium* L.
 ハルジオン *Erigeron philadelphicus* L.
 (セイヨウ) タンポポ *Taraxacum officinale* WEBER.
 カイワレダイコン *Raphanus sativus* subsp.
 オオバコ *Plantago asiatica* L.
 イヌガラシ *Rorippa indica* (L.) HIERN
 カブ *Brassica campestris* L. subsp. *Rapa*

誘引されるのは、このグループの昆虫類の特性であろうと考えられている (PROKOPY and OWENS, 1983)。ニホンカブラハバチ 4 令幼虫においても、黄色に対する選好性は視覚による食物探索と何らかの関連性があるものと思われる。

謝 辞

稿を終るにあたり、分光光度計の使用を心よく承諾くださり機械の使用などについてご教授いただいた東京農工大学工学部教授小林駿介博士ならびに赤池敏宏博士と両研究室の諸氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

阿部正喜・伴野豊 (1986) 日本産カブラハバチ (*Athalia*) 属 4 種の分類学的研究——幼虫体

- 液蛋白質を利用して——Pulex No. 73 : 348-349.
- GOTZ, B. (1936) Beiträge zur Analyse des Verhaltens von Schmetterlingsraupen beim Aufsuchen des Futters und des Verpuppungsplatzes. Z. vgl. Physiol. 23 : 429-503.
- HUNDERTMARK, A. (1937) Helligkeits- und Farbenunterscheidung-svermögen der Eirauen der Nonne (*Lymantria monacha* L.) Z. vgl. Physiol. 24 : 42-57.
- KEVAN, P. G. and H. G. BAKER (1983) Insects as flower visitors and pollinators. Ann. Rev. Entomol. 28 : 407-453.
- KHATTAR, P. and K. N. SAXENA. (1978) Interaction of visual and Olfactory stimuli determining orientation of *Papilio demoleus* larvae. J. Insect Physiol. 24 : 571-576.
- PROKOPY, R. J. and E. D. OWENS (1983) Visual detection of plants by herbivorous insects. Ann. Rev. Entomol. 28 : 337-364.
- SAXENA, K. N. and P. KHATTAR (1977) Orientation of *Papilio demoleus* larvae in relation to size, distance, and combination patterns of visual stimuli. J. Insect Physiol. 23 : 1421-1428.
- 田中福三郎・近藤 章・逸見 尚 (1986) 黄色粘着トラップによるフタテンヒメヨコバイ成虫の誘殺. 応動昆, 30 : 305-307.
- TANTON, M. T. (1977) Behavioral response to different wavelength bands and attraction to colour by larvae of the mustard beetle *Phaedon cochleariae*. Entomol. Exp. Appl. 22 : 35-42.