

# ワックスレス型アブラナ科作物に見られる耐虫性

農林水産省東北農業試験場 <sup>たかしの</sup>高篠 <sup>けんじ</sup>賢二・<sup>のだ</sup>野田 <sup>たかしの</sup>隆志

## はじめに

基本的にすべての陸生植物の表面はワックスの層（エピクチクラワックス）によって覆われている。しかし、これらのワックスの化学的組成、物理的構造、量などは植物の種類、部位、生育段階、生育条件などにより大きく異なり、見るからに厚い層を持つものから、ワックス層の存在をほとんど感じさせないものまで様々である。エピクチクラワックスはその物理的・化学的性質により植物の生育環境における各種の生物的・非生物的ストレスから植物体を保護する役割を果たしている。例えば、生物的ストレスには植物病原菌の感染、植食性昆虫による食害、非生物的ストレスとして乾燥、低温、太陽光線、物理的擦傷などが考えられる。したがって、ある植物がより豊富な厚いワックス層を持つことは、一見その植物の生存にとって有利であるように思われるが、実際には必ずしもそうではないということを示す例が、昆虫とエピクチクラワックスの関係において報告されている。アブラナ科作物の耐虫性に関するこれらの報告では、むしろワックスの量が少なく、見た目にはワックスがないように見えるものが、ワックスの豊富なものに比べて圃場における耐虫性が高いとする興味深い結果が示されている。そこで、本稿では、アブラナ科作物のワックスと耐虫性に関するこれらの報告を紹介するとともに、筆者らが行っているワックスレス型ナタネの耐虫性に関する研究について紹介する。なお、植物のエピクチクラワックス一般に関する総説として、JENKS (1999) によくまとめられているので参考にされたい。

## I 用語について

本題に入る前に、本稿で用いているエピクチクラワックスの性状を表す用語について整理しておく。紹介する各原著論文では複数の表現が使用されているが、ここでは「従来型」および「ワックスレス型」という表現に統一する。「従来型」は、エピクチクラワックスの外層部に白い粉状の分泌物であるワックスブルームがあるもので、ツヤ消しの白みがあった緑色の葉をしているものに

対して用いる。現在栽培されているキャベツやブロッコリーなどのほとんどの品種は従来型に相当する。一方、「ワックスレス型」は植物体表面にワックスブルームを欠き、表面が滑らかで光沢のある緑色をしている系統や品種、突然変異体に対して用いる。ワックスレスといっても、ワックス層が全く存在しないわけではない。

ちなみに、原著論文で用いられている用語として、従来型については「normal type (普通型)」、[glaucous type (粉ふき型)]、ワックスレス型では「glossy type (光沢型)」、[bloomless type (ブルームレス型)]などが用いられている。さらに、原著では、今回紹介する現象に対して resistance (一般的な訳語は抵抗性) という語が用いられているが、内容を考慮した結果、本稿では「耐虫性」を訳語として用いた。

## II ワックスレス型アブラナ科作物の耐虫性に関する報告

### 1 圃場耐虫性

ワックスレス型アブラナ科作物に圃場耐虫性が認められることは、今から30年以上前にすでに報告されている。THOMPSON (1963) は圃場に栽培した従来型とワックスレス型のケールにおいて、ダイコンアブラムシ (*Brevicoryne brassicae*) とコナジラミの一種 (*Aleuroides brassicae*) の寄生状況を調べた結果、ワックスレス型ケールではこれらの虫の寄生が少なく、耐虫性が認められたことを報告している。

鱗翅目害虫については、DICKSON and ECKENRODE (1975) がワックスレス型カリフラワー PI 234599 を圃場で栽培した場合にイラクサギンウワバ (*Trichophtusia ni*) やモンシロチョウ (*Pieris rapae*) に耐虫性があることを示した。また、LIN et al. (1983) は71種類のアブラナ科作物を供試した圃場試験で、同じカリフラワー PI 234599 やワックスレス型キャベツ G 8329、ハクサイ、パクチョイへのコナガ (*Plutella xylostella*) の寄生数が少なく被害も少ないことを示している。

また、STONER (1990) は、ブロッコリー、カリフラワー、芽キャベツ、コラード、ケールの5種類の作物から遺伝的背景の異なるものを含む8種類のワックスレス型系統と従来型品種を用いた圃場耐虫性試験を行っている。その結果、モンシロチョウとダイコンアブラムシに

については8種類すべてのワックスレス型系統で耐虫性が認められた。このことは、遺伝的背景よりもワックスレスという形態そのものが圃場耐虫性を有するために重要であることを示唆している。

さらに、植物体表面のワックスブルームという物理的構造の有無が圃場耐虫性に重要であることを裏付ける別の報告もある。EIGENBRODE and SHELTON (1992) は、従来型のキャベツにカーバメート系除草剤 S-ethyl di-propylthiocarbamate (EPTC) を処理すると葉表のワックスが減少し、遺伝的にワックスレス型のものと同様な形態となることから、この除草剤によって「ワックスレス様形態」に変化したキャベツを用いて、コナガに対する耐虫性を調査した。その結果、除草剤によってワックスレス型形質が誘導されたものでも、遺伝的にワックスレス型であるものと同様にコナガの生存率が減少することが示された。

このように、ワックスレス形質を持つアブラナ科作物は共通して、鱗翅目を中心に複数の害虫に対する圃場耐虫性があり、また、ワックスブルームを欠くという形態そのものが圃場耐虫性の重要な要素であることが示唆される。

## 2 耐虫性が見られない事例

しかし、ワックスレス型作物の耐虫性が圃場のような野外条件において限定的に認められるものであることが、耐虫性を報じた初期の報告で同時に述べられている。DICKSON and ECKENRODE (1975) は、前述の論文の中で圃場耐虫性を示したワックスレス型カリフラワーが、温室で栽培した場合には耐虫性の効果が劣ることを示しており、同様に LIN et al. (1983) も温室で行った試験では、ワックスレス型作物にはコナガの産卵数が多く被害も大きくなることを報告している。つまり、温室のような閉鎖条件では、これらの耐虫性は劣るか、認められないということである。

また、圃場のワックスレス型アブラナ科作物がすべての害虫に対して常に耐虫性を示すわけではない。ノミハムシの仲間やモモアカアブラムシについては従来型よりもワックスレス型の作物を好むとする報告もある (ANSTAY and MOORE, 1954; WAY and MURDIE, 1965)。

## III ワックスレス型ナタネの耐虫性

### 1 ワックスレス型ナバナ「はるの輝」

東北農試ではナタネの育種を行っており、1994年にワックスレス型ナバナ「はるの輝」を品種登録した。ナバナは蕾や花茎の部分を食用にするアブラナ科作物の総称であるが、一般的には油糧作物であるナタネ (洋種ナ

タネ: *Brassica napus*, 在来ナタネ: *B. rapa*) の野菜食専用品種を指す。「はるの輝」は東北の寒冷積雪地帯でも容易に栽培できる耐寒耐雪性に優れた良食味品種として、「トワダナタネ」のロウ質を欠いた突然変異株から劣悪形質を除去して育成したもので、他のナバナ品種と比べて甘みが強く、青臭みや辛みが少ないこと、またロウ質がないことで鮮やかな緑色をしていることが特徴である。

「はるの輝」に限らず、ナタネのワックスレス型品種における耐虫性を検討した事例はこれまでにない。また、ワックスレス型作物の耐虫性を、国内の圃場と国産の害虫に対して試験した例もない。

## 2 圃場試験

### (1) 方法

圃場におけるワックスレス型ナタネ品種の耐虫性を確かめるため、これまでに1997~99年の3年間、岩手県盛岡市下厨川の東北農試圃場において調査を行った。ワックスレス型品種として、「はるの輝」および現在東北農試の資源作物育種研究室で育成途中である「Waxless mutant」の2品種、従来型品種として、「トワダナタネ」、「キザキノナタネ」および「農林16号」の3品種を用いた。

それぞれの品種は各3反復ずつブロック状に配置し、無農薬、慣行施肥で栽培した。東北地域における通常の栽培では秋に播種し翌春に収穫するが、害虫の発生量が多い時期に調査を行うために、本試験では5月中旬に播種した。予備試験的に栽培した(ワックスレス型2品種とトワダナタネのみ)1997年は、コナガの産卵数を調査し、1998年以降は各種害虫の発生消長を調査した。調査は6月中旬から7月下旬まで週1回行い、各区5株もしくは10葉の任意抽出サンプルについて各害虫数を記録した。また1998年には、葉の欠損部面積の比較による被害程度の定量的評価を試みるため、採集した葉を複写機でコピーした後、スキャナーで葉の画像をパソコンに取り込み解析した。

### (2) 被害の違い

1997年7月10日に撮影した「はるの輝」、「Waxless mutant」および「トワダナタネ」の圃場における被害の様子を表す写真を口絵①~③に示した。1997年の栽培初期のコナガ卵の調査において、耐虫性を期待したワックスレス型品種では、従来型品種に比べてコナガ卵数が多かったことから、これらの品種に耐虫性は認められないのではないかと思われた。しかし、時間の経過に伴い、ワックスレス型品種と従来型品種では、写真に示すような顕著な被害程度の差が認められた。

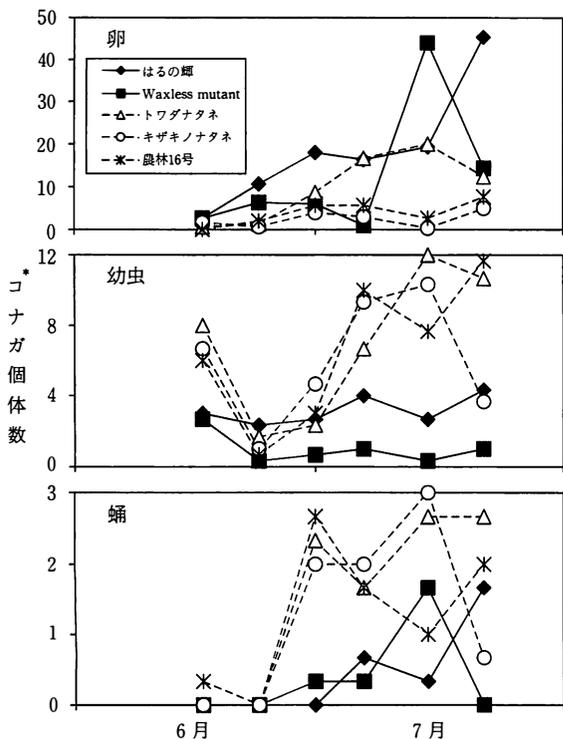


図-1 ナタネ5品種におけるコナガの発生活長 (1998年)  
 \*6月中は5株当たり, 7月以降は10葉当たりの個体数。

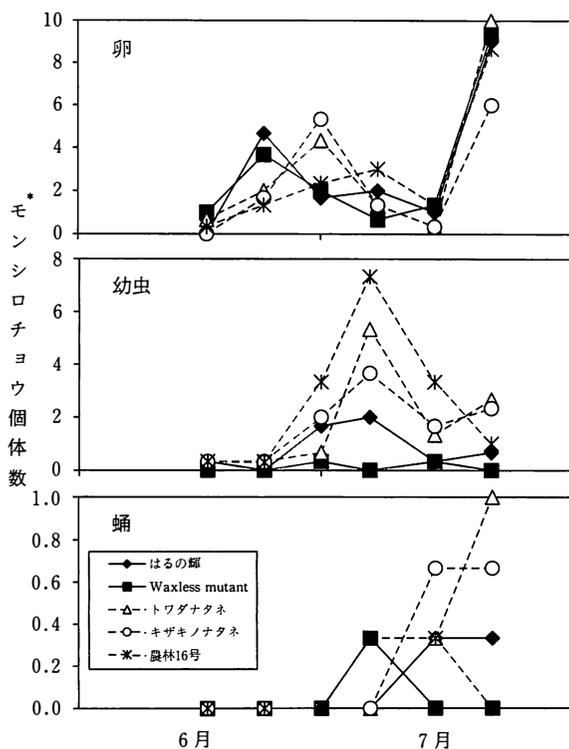


図-2 ナタネ5品種におけるモンシロチョウの発生活長 (1998年)  
 \*6月中は5株当たり, 7月以降は10葉当たりの個体数。

また、葉の欠損部面積の比較による被害程度の定量的評価においても、これまでに解析を終えたものに対して統計処理を行ったところ、ワックスレス型は従来型よりも欠損部が有意に少なく、食葉性の害虫による被害が少ないことが示唆されている (データ略)。

(3) 害虫の発生活長

ワックスレス型と従来型の各品種における害虫の発生活長の具体例として、コナガ、モンシロチョウおよびアブラムシ類の1998年の発生活長を、それぞれ図-1~3に示した。なお、1999年のデータは示さないが、害虫の発生活長は1998年と似た傾向を示している。

① コナガ

コナガの卵については3年分のデータがあるが、いずれの年も、コナガ卵はワックスレス型品種のほうが従来型よりも多い傾向を示している。しかし、幼虫数では逆にワックスレス型のほうが従来型より少なく、特に7月に入ると従来型では個体数が急増したのに対して、ワックスレス型ではあまり増加せず、両者の個体数は大きく異なった。蛹も、幼虫と同様にワックスレス型のほうが少ない傾向にあった。

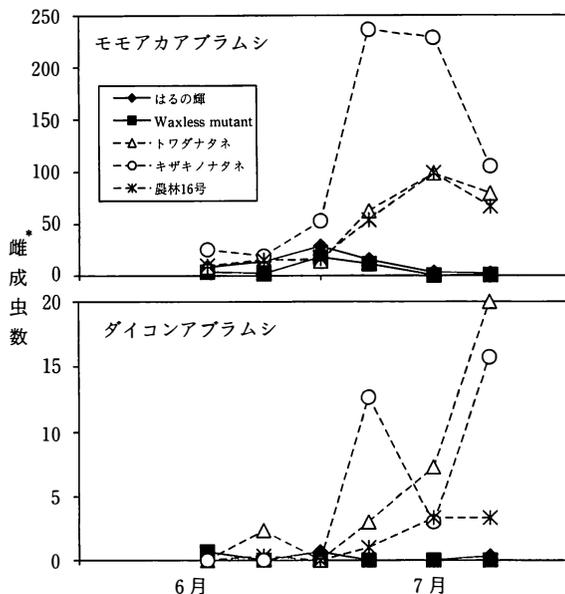


図-3 ナタネ5品種におけるアブラムシ類の発生活長 (1998年)  
 \*6月中は5株当たり, 7月以降は10葉当たりの個体数。

## ② モンシロチョウ

モンシロチョウの場合、卵数は品種間でコナガのような顕著な差は認められなかった。しかし、幼虫および蛹数は、コナガと同様にワックスレス型品種のほうが少ない傾向であった。

## ③ アブラムシ類

アブラムシ類については、モモアカアブラムシとダイコンアブラムシの雌成虫個体数の変動を示した。両アブラムシとも、圃場外からの飛来虫が中心と思われる6月の個体数は少なく、品種間であまり差が見られないが、7月に入ると従来型品種では個体数が急激に増加したのに対し、ワックスレス型2品種ではほとんど増加が見られなかった。

### (4) まとめ

圃場試験の結果、ナタネのワックスレス型品種は従来型品種と比較して各種害虫の発生量が少なく、害虫による被害も少なかった。この結果は、これまでに他のワックスレス型アブラナ科作物で報告されている圃場耐虫性と一致しており、ワックスレス型ナタネ品種「はるの輝」と「Waxless mutant」には圃場耐虫性が認められた。

### 3 室内試験による生存率の調査

圃場試験で示された耐虫性が、植物により生産される毒性物質や摂食阻害物質などの化学物質によるものかどうかを調べる目的で、室内飼育試験を行った。試験には、餌として前述の5品種を用い、コナガ、モンシロチョウ、モモアカアブラムシの3種類の害虫の生存率と発育を調査した。

その結果、いずれの害虫の発育や生存率も、ワックスレス型品種と従来型品種とでほとんど差がなかった(データ略)。このように、ワックスレス型ナタネにおいても、室内の試験では圃場と結果が異なり、化学物質が圃場耐虫性の主要因ではないことが示唆された。

## IV ワックスレス型耐虫性のメカニズム

それでは、なぜワックスレス型作物には圃場耐虫性が認められるのであろうか。ワックスレス型耐虫性のメカニズムについて言及している報告を以下に紹介する。

### 1 ワックスブルームの有無と昆虫の行動

#### (1) コナガの移動量

EIGENBRODE and SHELTON (1990) および EIGENBRODE et al. (1991) は、ワックスブルームの有無とコナガふ化幼虫の行動から、コナガに対する耐虫性を説明している。ワックスレス型および従来型キャベツの葉上におけるコナガふ化幼虫の行動を調査したところ、ワックスレ

ス型ではふ化幼虫の移動(歩行)速度が速く、摂食よりも移動に費やす時間が長くなること、およびコナガ1齢幼虫が本来行方葉への穿孔が少なくなることがわかった。また、ふ化幼虫の移動量は4齢幼虫までの生存率と負の相関が認められたことから、ワックスレス型でふ化幼虫の移動量が多いことは、コナガに対するワックスレス型作物の耐虫性の要因となると述べられている。さらに、ワックスブルームを除去した従来型品種では、ふ化幼虫の行動がワックスレス型品種と変わらないこと、両者の揮発成分やワックスの抽出物はふ化幼虫の行動に影響を及ぼさないことから、両者における行動の違いには物理的構造が重要であることが示されている。

#### (2) ノミハムシ

耐虫性とは逆の報告になるが、ノミハムシの仲間の行動とワックスブルームに関する興味深い報告もある。STORK (1980) は、ノミハムシの一種 *Phaedon cochleariae* がワックスレス型および従来型の芽キャベツの葉に、どのように付着しているかを調査している。その結果、このハムシは従来型のワックスブルームに覆われた葉よりもワックスレス型の平滑な葉の表面のほうが付着しやすく、ワックスブルームは葉への付着を妨げる役割を果たしていることを報告している。このことは、ノミハムシの一種 *Phyllotreta cruciferae* による被害がワックス量の多い従来型で少なく、ワックスレス型で大きい(BODNARYK, 1992) ことの原因であると思われる。

### 2 捕食性天敵とワックスレス型耐虫性

ワックスレス型作物が圃場のみで耐虫性を示すことについて、捕食性天敵の関与により説明している報告がある。EIGENBRODE et al. (1995) はコナガの捕食者として3種類の捕食性天敵(ヤマトクサカゲロウ *Chrysoperla carnea*, ヒメハナカメムシの一種 *Orius insidiosus*, テントウムシの一種 *Hippodamia convergens*) を用いた試験を行っている。ワックスレス型、もしくは従来型のキャベツを入れたケージにコナガとそれぞれの捕食者を同時に放飼し、5~7日後のコナガの生存数を調査した。その結果、どの天敵においてもワックスレス型では従来型と比較してコナガの生存数が有意に少なく、葉の表面構造が異なる両者間で天敵の捕食効率が異なることが示唆された。したがって、捕食性天敵が存在する圃場などでは、これと同じことが起きている可能性がある。つまり、ワックスレス型作物に寄生している害虫が効率よく天敵に捕食されることにより害虫数が減少し、被害も減少するために圃場耐虫性が示されるということである。

また、天敵の捕食効率の違いは、前述のハムシの例と同様に、ワックスブルームの存在が天敵の葉への付着し

やすさや歩行効率を低下させることで説明される。テントウムシ類のアブラムシ捕食効率は植物の形態に影響される (GREVSTAD, 1992) とする報告もあり, 捕食性天敵の捕食能力とその天敵が活動する植物体表面の形態・構造などの物理的性質には密接な関係があると考えられる。

### おわりに

ワックスレス型アブラナ科作物の耐虫性は圃場耐虫性であり, 試験を行う圃場の様々な環境や条件に影響されている。そして, 今回紹介した耐虫性のメカニズム以外にも複数の機構が複雑に関与して圃場耐虫性が示されていることが考えられるので, それらを解明していくことも今後の課題の一つである (例えば, 降雨などの気象要因や昆虫病原菌などの捕食性天敵以外の生物要因など)。

また, 捕食性天敵の関与については, その土地の害虫のみならず, 天敵相や天敵の年次変動にも影響されることになるので, 各地域における圃場耐虫性の評価が必要となるかもしれない。

### 引用文献

- 1) ANSTEY, T. H. and J. F. MOORE (1954) : J. Heredity 45: 39~41.
- 2) BODNARYK, R. P. (1992) : Can. J. Plant Sci. 72: 1295~1303.
- 3) DICKSON, M. H. and C. J. ECKENRODE (1975) : J. Econ. Entomol. 68: 757~760.
- 4) EIGENBRODE, S. D. and A. M. SHELTON (1990) : Environ. Entomol. 19: 1566~1571.
- 5) ——— et al. (1991) : J. Econ. Entomol. 84: 1609~1618.
- 6) ——— and A. M. SHELTON (1992) : Entomol. Exp. Appl. 62: 139~145.
- 7) ——— et al. (1995) : ibid. 77: 335~342.
- 8) GREVSTAD, F. S. and B. W. KLEPETKA (1992) : Oecologia 92: 399~404.
- 9) JENKS, M. A. and E. N. ASHWORTH (1999) : Hort. Rev. 23: 1~68.
- 10) LIN, J. et al. (1983) : J. Econ. Entomol. 76: 1423~1427.
- 11) STONER, K. A. (1990) : Environ. Entomol. 19: 730~739.
- 12) STORK, N. E. (1980) : Entomol. Exp. Appl. 28: 100~107.
- 13) THOMPSON, K. F. (1963) : Nature 198: 209.
- 14) WAY, M. J. and G. MURDIE (1965) : Ann. Appl. Biol. 56: 326~328.

発行

日本植物防疫協会

# 「昆虫の飼育法」

湯嶋 健・釜野静也・玉木佳男 共編

収録種(項目)数 126 種

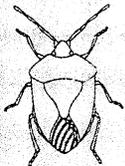
B5判 本文 400 ページ

定価 12,232 円(本体 11,650 円+税)

送料サービス

## 昆虫の飼育法

湯嶋 健  
釜野静也 編  
玉木佳男



社団法人 日本植物防疫協会

昆虫の飼育法について, 実際に飼育に従事されている方に, 独持のコツを含めて詳述していただいた。総論では, 共通性のある, 餌の種類/人工飼料の調整/飼育虫の病気対策/虫質管理/飼育環境/飼育施設/飼育計画と作業計画などを, 各論では, 126 種(項目)の虫につき, 材料の採集/餌/飼育法/作業計画/注意事項と問題点/参考文献などを詳述。付録に, ビタミン混合とその作り方, 無機塩混合物とその作り方, 昆虫用市販人工飼料リストを付す。

〈お申し込みは前金(現金書留・郵便振替)で本会まで〉