

植物・害虫・天敵間に介在するアレロケミカルとその働き(1)

東京農業大学総合研究所 ^{みつ} 満 ^い 井 ^{たかし} 喬

はじめに

植物は、長い進化の過程において、病原菌、害虫やその他の食植性動物あるいは生存競争から身を守るために、テルペノイド、アルカロイド、フラボノイドなど数々の二次代謝産物を生産してきた。これら代謝産物に関する研究は、天然物化学研究の成果として多く蓄積されている。1964年、EHRlich と RAVEN (1964) が共進化の概念を発表して以来、植物の生産する化学物質と植物をめぐる種々の生物に対する作用に興味を持たれるようになり、さらにその上、天然物化学技術の進歩により個々の植物化学成分の分離・同定が数を増し、現在おびただしい数の二次代謝産物が主に被子植物から分離・同定されている。さらに最近は、植物が微生物や動物の攻撃を受けたときにこれに対抗するために生産する物質に注目が集まっている。特に、DICKE ら (1990) がリママメがナミハダニに食害されると、揮発性の物質を生産し、捕食者であるチリカブリダニを誘引することを報告して以来、化学生態学の研究は、生産者である植物、それを食べる食植動物(害虫)、食植動物を食べる食肉動物(寄生者や捕食者などの天敵)の食物連鎖(3栄養段階食物連鎖)に介在する特定の化学物質(他感作用物質, Allelochemicals)の解明へと展開しつつある。通常、植物が病原体や害虫などに加害されたとき、これに対抗するため植物がとる防御反応には次の三つが知られている。①活性酸素を増加させる。②揮発性の二次代謝産物を合成する。③ proteinase inhibitor のような遺伝子産物を合成する (BI et al., 1994) (これを全身獲得抵抗性, Systemic Acquired Resistance, という)。

ここでは、②の二次代謝産物(他感作用物質)を中心に、植物・害虫・天敵3者間の相互作用について解説する。

他感作用物質は、通常、発信者と受信者が受ける利益、不利益から、次のように分類されている。

	発信者	受信者
アロモン (Allomone)	有利	不利
シノモン (Synomone)	有利	有利

Allelochemical Interactions among Plants, Insect Pests and their Natural Enemies. By Takashi MITSUI

(キーワード: 他感作用物質, 二次代謝産物, 共進化, 選択蓄積)

カイロモン (Kairomone)	不利	有利
アンチモン (Antimone)	不利	不利

発信者にとって有利になり、受信者に不利になる反応を引き起こす物質をアロモンといい、逆に発信者に不利で、受信者に有利なものをカイロモンという。また、両者に有利なものをシノモン、両者に不利となるものをアンチモンという。しかし、これらの用語使用に論争の余地がないわけではない。ある種が生産する物質が多様な機能を同時に持つことがある。例えば、松のテルペンは、アロモン、カイロモン、シノモンとして働く。すなわち、このテルペンは食植性昆虫を寄せ付けず、松にとってはアロモンとして働く。しかし、キクイムシの一種 bark beetle (Scolytidae) はこの物質に誘引されるので、カイロモンとなる。キクイムシの捕食者は、このテルペんに誘引されるので、松と捕食者の両方に有利に働く、すなわちシノモンである (WOOD, 1982)。

Cucurbitaceae (ウリ科植物) が生産するククルビタシンは、非常に苦く、味が悪いばかりでなく、昆虫に対して有毒でもあるので、アロモンとして働く。しかし、ハムシ科の甲虫 (Chrysomelidae 科) である cucumber beetle 類には摂食刺激として働く、すなわちカイロモンである。ククルビタシンを摂取したハムシは、この物質を血液や細胞に「選択蓄積 (深海, 1992) (Sequestration)」して、カマキリ等の捕食者から身を守っている。すなわち、ハムシはククルビタシンをアロモンとして利用している。ハムシの成虫は主に花粉を食べるので、ククルビタシンを摂取しないが、幼虫時代に摂取した毒物を解毒・排せつすることなく一生持ち続けるという、実に合理的な自己防衛を行っている (FERGUSON and METCALF, 1985; FERGUSON et al., 1985)。

このように、植物が身を守るために防御物質を苦勞し

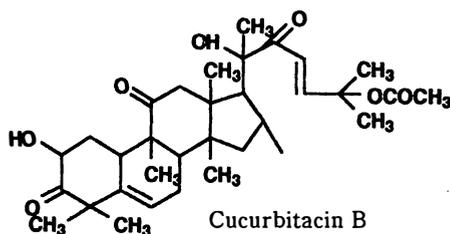


図-1

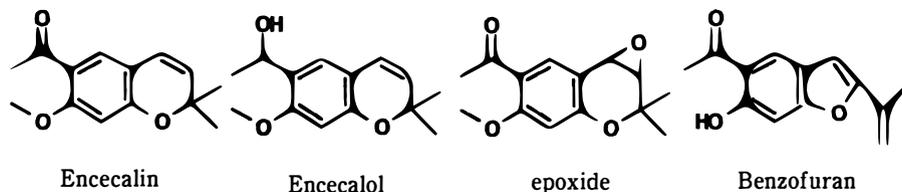


図-2

て作り上げ、食植性動物はその防御物質に対して抵抗性あるいは耐性を獲得したり、さらにそれを自分の防御物質に利用したりする方法を進化させてきた。その過程を共進化 (Coevolution) という。

カイロモンやアンチモンの概念には疑問がある。なぜならば、生物は自分に不利な進化はしない。すなわち、生存に不利な変異は素早く淘汰されると考えられるからである。しかし、生物は多くの種と相互関係を持っており、ある条件下では不利な物質でも条件が変わると有利となり、有利のほうが大きければ多少の不利は我慢するよう進化的に受け入れられてきたのであろう。このように、他感作用物質は機能的に多様性を持っているので、絶対的に価値評価をすることは難しく、あくまである一定の条件下での評価によって分類されていることを理解する必要がある。

これらの用語の使用に論争の余地はあっても、物質と生物との相互関係を整理したり理解する上で、あるいは生態的進化の意義を考える上でも助けとなる。したがって、これらの用語は、特定の条件に限って用いるならば、また、異なった条件下では、多様な目的に用いられていることを理解していれば、非常に価値のあるものである。

I Allomone (アロモン)

1 植物が生産するアロモン

植物が食植性生物の攻撃から身を守るためには、毒物あるいは動物の嫌がるアロモンを持つことである。代表的な例としては、除虫菊のピレスリン、タバコのニコチン、デリス根のロテノン、ニームに含まれるアザディラクチンやヒマワリ (Asteraceae 科) に含まれるクロメンなどがあげられる。

クロメン誘導体および構造的に近い benzofuran は、Asteraceae 科の植物に存在する。特に、若い葉や花に高濃度に含まれている。ワタリバッタ (migratory grasshopper, *Melanophus sanguinipes*), variegated cutworm (*Peridroma saucia*), Egyptian armyworm (*Spodoptera littoralis*, ヨトウガの一種) などは、クロ

メン化合物の一つである encecalin を嫌ってこれを食べない。

逆に、ハムシの一種 (*Trirhabda geminata*, Chrysomelidae 科) はクロメンを含む植物を好んで食べる。バッタなどクロメンを嫌う昆虫では、encecalin は活性型の epoxide になるが、後者では、これを極性の encecalol に変えて腸から吸収することなく排せつする (KUNZE et al., 1996)。

2 害虫によって誘導されるアロモン

アロモン物質が、害虫に対して忌避、摂食阻害あるいは毒など直接の効果を持つ例は多いが、最近では、植物が害虫の攻撃を受けるとアロモン物質を生産して、それ以上の害虫の攻撃をかわしたり、天敵を誘引する物質の生産や酵素活性を高めることなどもわかってきた。

多くの昆虫は、産卵後にマーカ―を付けて、次にやってきた雌がその場所に卵を産まないようにするためのサインとしている。そしてその物質を“host marking pheromone”と呼ぶ。オオモンシロチョウ (*Pieris brassicae*) の産卵抑制に働く物質として3種のアルカロイドが報告されていた。しかし、その後の研究から、このアルカロイドには産卵抑制作用はなく、卵をカビから守る役割を果たしていることがわかった。では、産卵抑制物質は何か？ オオモンシロチョウ雌成虫の産卵行動を観察すると、彼女は既に卵が産みつけられているか否かを接触ではなく、嗅覚で感じているので、揮発性物質の存在が考えられた。BLAAKMEER らはキャベツ葉から揮発性のアロモンを分離したが、化学構造はまだわかっていない。このアロモンは、オオモンシロチョウの産卵が刺激となって、植物が生産することは確かである (BLAAKMEER et al., 1994)。

ワタの子葉期にハダニを接種し、5日後にこれを取り除いた「前処理」ワタと無処理ワタでは、外見、大きさ、葉の数などに変わりはないが、両者にハダニを導入すると、「前処理」葉では成長も産卵も抑制されて、密度が低下する。「前処理」で用いたハダニと導入したハダニが同種であっても異種であっても結果は同じである (KARBAN and CAREY, 1984)。この抑制因子やメカニズム

はまだわからないが、この因子は、植物全体にゆきわたり、種特異性はない。このような成長抑制因子の誘導は、多くの昆虫で報告されており、今後物質の解明が待たれている*1)。

多くの植物は、それぞれに特有の害虫がつく。植物は二次代謝産物を生産することによって、害虫から身を守ってきたが、これを誘引あるいは摂食刺激物質として用いる特定の害虫が共進化してきた結果である。アブラナ科植物のシニグリンとモンシロチョウ、ガガイモ科植物のカルデノライドとオオカバマダラなど多くの例がみられる。これら特定の害虫の毒物質に対する対応も、ハムシとクロメシの例のように解毒したり、ハムシとククルピタシンやオオカバマダラとカルデノライドの例のように選択蓄積したり(後述)様々であるが、摂食行動によって毒を回避する例を紹介しよう。

ニジュウヤホシテントウの一種(*Epilachna borealis*)は、幼虫も成虫もズッキーニ、スイカ、キュウリなどククルピタシンを作るウリ科植物の害虫であるが、決してククルピタシンを好む虫ではない。彼らはまず、葉の表面に、真皮の最下層を残して、深い溝を丸く掘り、その内側を食べる。これらの植物の葉に傷を付けると、3時間後にはククルピタシン合成が誘導され、ククルピタシン含量が増えるが、溝が掘ってあるので内側まで毒は回ってこない。彼らは、実に巧妙な行動を開発したものである。したがって、彼らは、食害などの傷付いた部分をもとより周囲も食べようとしない。傷を付けた葉のみを与えると、幼虫の生存率は著しく低下し、雌成虫の体重、産卵期間、産卵数も減少する。葉に溝を切って3時間後にテントウとハムシに与えると、ハムシは外側を、テントウは内側を食べる。ハムシにとってはククルピタシンは摂食刺激に、テントウにとっては忌避に働いていることを示している(TALLAMY, 1985)。

3 植物の物理的、化学的自己防衛

タバコガの一種(bollworm, *Heliothis zea*)幼虫やゾウムシの一種(boll weevil, *Anthonomus grandis*)は、抵抗性品種のワタでは定着性が悪く、捕食者に捕食されるのも感受性品種の2倍率が高まる(LINCOLN et al., 1971)。Mexican bean beetle (*Epilachna varivestis*, テントウムシ科の一種)を捕食するカメムシ *Podisus* sp. の捕食率は、タンニン含量の高いダイズにbeetleが生息しているときのほうが高い。タンニンは、Mexican bean beetleの消化酵素活性を阻害し、食物の栄養素の

利用を低下させるので、虫の活性が低下するからである。クモ(*Lycosa pseudoannulata*)やメクラカメムシ(*Cyrtorhinus lividipennis*)は、トビイロウンカの捕食者で、抵抗性と感受性イネで比較すると、抵抗性品種でトビイロウンカを約2倍捕らえる(KARTOHARDJONO and HEINRICH, 1984)。

このように、植物の害虫抵抗性は二次代謝産物の生産や酵素活性を高めることによって達成され、植物が抵抗力を強める時期には害虫の成長が遅れ、密度が減少する。多化性昆虫では、一年間の世代数が減少する(WHITMAN, 1988)。

植物の中には長い進化の過程で、実に巧妙に物理的、化学的な害虫退治を身につけたものがある。野生のジャガイモ(*Solanum berthaultii*)の葉や茎は多くの毛で覆われている。この毛にはAとBの二つのタイプがあり、Aに触れると先端が割れて速乾性の液を放出し、Bからはねばねばした液を出す。アブラムシ、ヨコバイなどの害虫がBのねばねば液に触れてもがくと、Aの頭がはじけてA液に捕らえられる。このように、物理的に身を守っている野生種の中にも抵抗性の強弱がある。これは、Bのねばねば液に秘密があり、これに忌避物質や毒物質が含まれているか否かによっている。B液は、caryophyllene, (E)- β -farnesene等多くのテルペノイドを含み、特に(E)- β -farneseneは、アブラムシ類の警報フェロモンであるためアブラムシを寄せ付けない。実際、野生種の匂いや(E)- β -farneseneを含む空気を送ると、アブラムシは退散することが確かめられている。栽培種は、まれにAタイプの毛を持つが、Bは持たないので、全く害虫に対して無防備で、害虫にに対する防衛を人間にまかせている(GIBSON and PICKETT, 1988)。しかしそのかわり、自己防衛のためのエネルギーを栄養物質の生産に回し、人間に栄養と食味を提供してくれている。

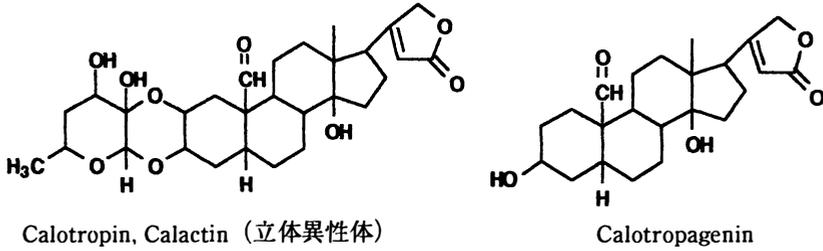
4 植物由来のアロモンを自己防衛に利用する昆虫

植物・アロモンを蓄積する害虫・天敵の関係について、代表的な二つの例を紹介しよう。①は狭食性で、完全変態のオオカバマダラで、②は広食性で、不完全変態のバッタ lubber grasshoppersである。これらの昆虫は、植物に含まれる“毒”を積極的に取り込み、これを体内に選択的に蓄積することによって外敵から身を守っている。これを「選択蓄積」といい、現在では40種以上が知られている。

(1) Monarch butterfly (オオカバマダラ)

1967年 REICHSTEIN が初めて cardenolides の蓄積をオオカバマダラ(monarch butterfly, *Danaus plexippus*)

*1) 最近、このような植物の免疫は、システミンやジャスモン酸がシグナル伝達物質として働き、プロテアーゼ・インヒビターの合成を促すことが明らかになってきている。



主なカルデノライドの化学構造

図-3

で見つけた (REICHSTEIN et al., 1968)。Danaus 属のチョウが鳥に食われないことは、100年以上も前から知られていた。彼は、オオカバマダラ幼虫が cardiac glycosides を含む種々の Asclepiadaceae 科の milk weed (ガガイモ) で育つことから、蛹および成虫のカルデノライドを分析した結果、calactin, calotropin, calotropagenin の3種のカルデノライドが主に含まれていることを初めて示した。

成虫は、特別の“毒”分泌腺を持っているわけではなく、体全体に毒を持つ。また、成虫は“毒”植物を食べないので、幼虫が摂取した毒を体内に蓄積保存している (REICHSTEIN et al., 1968; SEIBER et al., 1980)。それでは、何のためにこのような毒物質を蓄積するのであろうか？ BROWER らは、このチョウを鳥に与えて、毒物質は天敵から身を守るために存在することを示した (BROWER et al., 1968)。オオカバマダラ成虫を食べた鳥は、カルデノライドで毒作用を受けて嘔吐し、その後はこれを避けるようになった。しかしこの物語は、それほど単純ではない。哺乳動物や鳥による捕食に関して多くの報告があるが、その中には、オオカバマダラが鳥によく食われる報告も多い。オオカバマダラは、亜熱帯から熱帯に住み、milk weeds を食害するが、milk weeds にもカルデノライド含量の多いものからほとんど含まないものがあることがわかった。カルデノライドを含まない植物で幼虫を育てると、毒のないチョウが得られ、今まで毒のあるチョウを経験したことのない鳥は、これを喜んで食べる。しかし、一度毒のあるチョウを経験すると、二度と食べようとしなくなる。このように、植物品種が、昆虫の毒の度合いに影響しているのである (BROWER et al., 1968)。品種のみならず、同一植物で幼虫が並んで育っても、蓄積する濃度が異なり、したがって嘔吐作用も異なっている。カルデノライドは、体内に均一に分布しているのではなく、翅とボディに多い。また、雌のほう

が雄よりも多いことなどが明らかとなった。自然界にはむしろ毒のないもののほうが多く存在し、75%がベーツ型擬態のミミックで、味は良く、残りの25%がモデルで、味が悪く毒を持つ。オオカバマダラが通常群をなして行動するのは、なるべく犠牲を少なくするための知恵である (深海, 1992)。BROWER らの実験は、毒の選択蓄積は身を守るためであることを証明しただけでなく、ベーツ型擬態の証明としても高く評価されている*2)。

(2) Lubber grasshoppers

バッタ (*Romalea guttata*) にも同じようなことが見られる。*R. guttata* は、警戒色を持ったバッタで、アメリカの南東地方原産である。卵越冬、春羽化して、夏に成虫となる。このバッタも、化学的防御物質を持つ昆虫の典型として知られている。大型で、飛翔力は弱く、集合性、昼行性、不活発で、視覚的な警戒表示だけではなく、聴覚、嗅覚、あるいは機械的な警戒表示を持っている。このバッタを驚かすと、後翅の赤色を呈示し、身を左右にゆらして目立たせ、腹部の先端をあたかも刺すようにツイストさせる。触れると、臭いのあるアワを中胸の気門からシューという音とともに発する。これらの「おどし」行動以外に「味悪」のアロモンも用いる。鳥がバッタを食べると吐き戻し、次からはこれを嫌って、食べようとしなくなる (WHITMAN, 1988)。

このバッタの防御物質は、50以上の化合物の混合物で、フェノール、キノン類から成る。フェノール、ヒドロキノン、カテコール、guaiacol、*p*-ベンゾキノン、4-メトキシベンツアルデヒド、*p*-クレゾール、ベルベノン、isophorone、romallenone 等が多い。

*2) ベーツ型擬態とは、最も普通の擬態で、①モデルは味悪く毒を持つために捕食者がこれを避ける、②モデルを真似たミミックは、真似ることによって利を得ている、③捕食者はモデルとミミックを区別できない、という三つの条件を満たした擬態をいう (ヴィックラー, 1993)。

同種でも、分泌物の構成は異なる。同一集団や同じ齢の雌でも、これらの濃度には70倍以上の違いがあり、ある化合物に関しては、全く含まない個体もある(JONES et al., 1986)。

EISNER ら (EISNER et al., 1971) は、除草剤の2,4-Dが散布された地域から採集されたバッタの防御物質の中に2,5-dichlorophenolが含まれていることを発見した。塩化物は、天然には少ないし、2,5-dichlorophenolは2,4-dichlorophenol (2,4-D) によく似ているので、合成化合物を化学修飾して、防御物質に取り込んだ最初の例であることを示している。

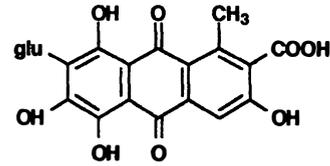
果たして餌が、分泌物の構成の違いの原因であろうか？ 単一の植物や人工餌で飼育して分泌物を分析すると、その構成は、餌に由来することがわかった。単一植物で飼育したものは、その植物成分を分泌物中に含んでいた。例えば、タマネギでは、タマネギに特異な硫黄を含む臭いの成分を含んでいた。これらの特異な成分は、他の餌で飼育したバッタには含まれていなかった(JONES et al., 1989)。これらのことから、このバッタ (*Romalea*) は、植物アロモンを選択蓄積していることは明らかである。興味深いことは、このバッタが広食性であることである。一般には、アロモンの選択蓄積は、単食、狭食性の昆虫に多い。

BROWERによると、忌避には条件づけされていない負の刺激(Class 1)と、条件づけされた負の刺激(Class 2)とがある。Class 1は、物質そのものが有害で、直接回避するかまたは、摂取後に毒作用が現れるもので、Class 2は、Class 1の物質による毒作用で条件づけられることによって回避するようになる。バッタのフェノール性物質やオオカバマダラのカルデノライドは、捕食者が一度経験したら「嫌な思い」を思い出させる警戒刺激すなわちClass 2として働く。

しかし、防御は絶対的なものではない。化学的防御物質を持つ昆虫にも、必ずこれを回避し得る天敵が存在することも忘れてはならない。

5 昆虫の分泌するアロモン

アリは、この世の中で最もどう猛な昆虫で、多くの昆虫から恐れられている。しかし反面、非常にだまされやすく、多くの昆虫、ダニなどにだまされて彼らを巣に招いて世話をする。中にはアリの幼虫を食べて育つ天敵もいるが、彼らに対しても非常に寛容に振る舞う。ではこれらの同居者や捕食者は、どのようにしてアリをだますのであろうか？ アリの巣は真っ暗なので、視覚的に擬態しても意味がなく、彼らは化学的にアリの体表物質と同じ物質を持つことで擬態している(HOLLDÖBLER,



Carminic acid

図-4

1971; 山岡, 1995)。

甲虫の一種 myrmecophilus beetle (*Myrmecaphodius excavaticollis*) は、ホストのアリの体表の炭化水素群とそれより分子量の大きい炭化水素群の両方を持っていて、前者でアリをだましている (VAN DER MEER and WOJEIK, 1982)。アリを取り除いて2週間後に体表炭化水素を分析すると、後者を残してアリと共通の炭化水素群は失っている。この甲虫を別のアリのコロニーに移すと、アリから激しく攻撃を受けるが、甲虫は死んだふりをして耐え、アリが静まるのを待つ。この間に、アリの体表の炭化水素を盗み取るようである。

ハネカクシ (*Trichopsenius frosti*) は、シロアリ (*Reticulitermes flavipes*) の巣に同居している。彼らは、グルーミングなどでシロアリの体表の炭化水素の組成を認識して、ホストの体表の炭化水素とほとんど同じ物質を自分自身で合成している。両者の炭化水素はわずかに量的な差があるだけで、組成は全く一致している (HOWARD, 1980)。

このような「なだめてだます」物質以外に、アリを「混乱させる」物質を発して略奪する昆虫がいる。奴隷狩りアリ (*Formica sanguinea*) の働きアリは、同一または近縁属のアリのコロニーを襲い、その巣の働きアリを追い払ったり、殺したりして蛹を奪い、自分の巣に持ち帰って奴隷として働かせる。奴隷狩りアリのデュファ腺には、3種のアセテート (デシル, ドデシル, テトラデシル) を大量に含み、これが奴隷狩りアリにはアラーム・シグナルとして働き、仲間を誘引し、守備側のアリに対しては分散させたり、混乱に陥れたりする。これを“propaganda”物質という (REGNIER and WILSON, 1971)。

捕食者であっても、他の肉食生物から身を守る必要がある。テントウムシのコシネリン、アリの蟻酸、カメムシの青葉アルデヒドなど捕食虫も防御物質を出す。これらの物質の多くは、餌から得ている。シマメイガ科の一種 (*Laetilia coccidivora*) の幼虫は、コナカイガラムシ (*Dactylopius confusus*) から carminic acid を得て、アリの攻撃を防いでいる。

Carminic acid は、図-4に示すようなアントラキノンで、コナカイガラ虫体に含まれる赤の色素で、19世紀後半アニリン染料が開発されるまでは、最も重要な赤の染料として利用されていた。ベンゾキノンやナフトキノン類は、摂食忌避物質として作用するとはわかっていたが、アントラキノンの生物学的意義は不明であった。EISNER ら (EISNER and NOWICK, 1980) は、コナカイガラから carminic acid を抽出し、アリで試験をした結果、忌避作用があることを明らかにした。ところが、シマメイガ幼虫はコナカイガラを好んで食べる。この幼虫をつまんだりすると、口から赤い液を出す。これは、コナカイガラに由来し、コナカイガラ以上に carminic acid を多く含んでいる。天敵であるアリに出くわすと、この赤い液を出して応戦しながら退散する。

6 植物を操る昆虫アロモン

アロモンを利用して植物を巧みに操る昆虫もいる。ゴールを作る昆虫 (ゴールメーカー) は、物質を出して、植物にガン性の異常な生長を起こさせ、ゴールを作らせる。このゴールは、ゴールメーカーに栄養と安定した住みかを提供するだけでなく、天敵から身を守る役割も果たしている。ゴール作りに要するエネルギーは、すべて植物の支出で、ゴールメーカーはただで栄養豊富な食物や天敵の嫌がる物質を植物に作らせている。ゴールのと

げや針状物は他生物を近寄せない。糖を含んだねばねばした分泌物を出すものもある。このねばねば物質は、ゴールメーカーの天敵を引きつけることによって植物に有利に働くのか? トラップとしてアリなどの天敵を寄せ付けないためにゴールメーカーに有利にはたらくのか? まだよくわかっていない (WHITMAN, 1988)。

食植性昆虫が植物の生長のパターンを巧みに操るのは、昆虫の唾液に植物生長調節物質が存在するからであろうと考えられている。植物に機械的に傷を付けた場合と、害虫が食って傷を付けた場合とでは、その後の植物の回復に差があることは多く報告されている。例えば、植物に傷を付けて、バッタの一種 lubber grasshopper の唾液を傷口に塗ると、植物生産の減少は傷だけのものよりも大きい (DETLINGS and DYER, 1981)。これは、唾液による誘導で活性酸素が増し、オーキシン活性が低下するためと考えられている (ISHIAYA and STERNLICHT, 1971; HORI and ATALAY, 1980)。ビタミンCの含量も30%減少する (BI and FELTON, 1995)。ハダニが植物に生長阻害物質を注入するのは、「植物に糖の利用を減らさせて、自分により多く利用させる」ためであると考えられている (WHITMAN, 1988)。

(つづく、引用文献は次回に掲載)

人事消息

(12月1日付)

森田利夫氏 (門司植物防疫所長) は農業検査所長に
橋谷昭夫氏 (農業検査所検査第二部長) は門司植物防疫所長に

向井清博氏 (横浜植物防疫所札幌支所長) は那覇植物防疫事務所長に

刈屋 明氏 (農業検査所長) は退職

諸橋公徳氏 (那覇植物防疫事務所長) は退職

植物防疫所 (12月1日付)

秦 二郎氏 (横浜・業務部統括植物検疫官 (輸出及び国内検疫担当)) は横浜・札幌支所長に

今村 毅氏 (神戸・関西空港支所統括植物検疫官 (輸出及び国内検疫担当)) に

後藤正昭氏 (名古屋・統括植物検疫官 (総括及び輸入検疫担当)) は横浜・調査研究部統括調査官 (企画調整担当) に

佐藤輝男氏 (横浜・札幌支所室蘭・苫小牧出張所長) は横浜・成田支所統括植物検疫官 (第2 PTB 旅客担当) に

山内淳司氏 (横浜・成田支所統括植物検疫官 (第2 PTB 旅客担当)) は名古屋・統括植物検疫 (総括及び

輸入検疫担当に)

溝淵崇生氏 (農業検査所検査第一部技術調査課長) は神戸・業務部統括植物検疫官 (コンテナ貨物担当) に
村上昭夫氏 (神戸・姫路出張所長) は神戸・関西空港支所統括植物検疫官 (航空貨物担当) に

福島 清氏 (門司・統括植物検疫官 (総括及び輸入検疫担当)) は門司・福岡支所長に

阿久根光明氏 (門司・統括植物検疫官 (輸出及び国内検疫担当)) は門司・統括植物検疫官 (総括及び輸入検疫担当) に

小原傳一氏 (神戸・業務部統括植物検疫官 (コンテナ貨物担当)) は門司・統括植物検疫官 (輸出及び国内検疫担当) に

一戸文彦氏 (横浜・調査研究部統括調査官 (企画調整担当)) は農業検査所検査第二部長に

清水憲治氏 (門司・福岡支所長) は退職

農業検査所 (12月1日付)

阪本 剛氏 (調整指導官) は検査第一部技術調査課長に
小野 仁氏 (農業審査官) は調整指導官に

山下幸夫氏 (検査第一部技術調査課検査管理官) は農業審査官に