

土壌病害抑制と根由来抗菌物質

北海道大学農学部生物機能化学科生物有機化学講座 よし 原 照 彦

はじめに

人類の保護を受けない野生植物は自然による淘汰を受け、それに打ち勝った個体のみが現在まで生きのびてきた。このことは野生植物が高い病害抵抗性を有することを示している。農業の歴史の中では、野生植物から栽培作物へ、そして品種の改良へという流れがあるが、その際、野生植物の有する病害抵抗性遺伝子が利用されている。病害抵抗性遺伝子がどのようにして植物に抵抗性を発現させるかについては種々の事例がある。例えば、抗菌物質を含む阻害物質の生成、抵抗反応に関与する酵素の生合成、侵入病原体封じ込めに作用する過敏反応などである。本稿では、土壌病害抵抗植物による土壌病害の抑制現象を説明する抗菌物質について述べる。

I 近縁野生種の抗菌物質

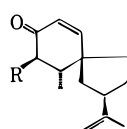
新品種作出のための遺伝子源として、世界各地から資源植物の収集作業が進められている。病害抵抗性遺伝子を目的として集められた近縁野生種については、温室や圃場における抵抗性の検定がなされ、おのおの病害抵抗性についての評価を受けている。ソラナム属近縁野生種については現在問題になっている半身萎ちょう病 (*Verticillium dahliae*) と青枯病 (*Pseudomonas solanacearum*) の2種のナス土壌病害に対する検定試験が行われた (小餅ら, 1984)。 *Solanum abutiloides* は両病原菌の被害を受けず、ナス台木として用いられている *S. torvum* も強い抵抗性を示した。また、 *S. aethiopicum* (エチオピアナス)、 *S. fraxinifolium*、 *S. pseudolulo* も遺伝子源として有望である。

S. aethiopicum は、 *S. gilo*、 *S. integrifolium*、 *S. olivare* と共にアフリカ原産のスカレットナスに属し、果実と葉は食用に供されている。 *Fusarium oxysporum* (半枯病) を生物検定に用いた抗菌物質の検索結果によると、フェノール化合物6種、ステロイド4種、トリテルペン4種、セスキテルペン9種 (1~9) が単離されている。このような方法で植物から単離されるフェノール化合物は高い抗菌活性を示すことが多いが、構造も単純でかつ植物に普遍的に存在する場合が多い。そのため、植

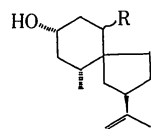
物の特異的病害抵抗性を説明するには問題がある。*S. aethiopicum* の場合、土壌病原菌に対する特異的抑制効果に関与するのはセスキテルペン類 (1~9) と考えられる。

S. torvum (スズメナスビ) は高さ1 m程度の低木状多年草で、熱帯アジア各地に野生化している。インド、スリランカなどでは栽培され、果実、若い茎葉が食用に供されている。根に含まれる抗菌物質は2種のステロイドアルカロイド (10, 11) と4種のステロイド配糖体 (12~15) であった。*S. aethiopicum* に特有なセスキテルペンはみられず、同じソラナム属でも原産地の違いにより両者の成分は大きく異なっている。

現在、近縁野生種の評価は主として温室や圃場での検定試験によって行われている。植物分類の分野で化学分類という方法があるように、抗菌物質の種類や量によって病害抵抗性を評価する方法も確立されるなら、資源植

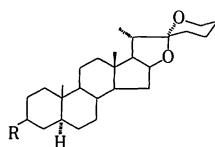


- 1 R=H ソラベチボン
2 R=OH

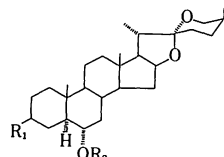


- 3 R=◀CHO エピルビミン
4 R=◀CHO ルビミン
5 R=◀COOH
6 R=◀COOH
7 R=O
8 R=◀OH
9 R=◀OH

図-1 *S. aethiopicum* の抗菌物質



- 10 R=◀NH₂
11 R=◀NH₂



- 12 R₁=O R₂=6-deoxy-D-glc
13 R₁=O R₂=6-deoxy-D-glc-D-xy
14 R₁=OH R₂=6-deoxy-D-glc
15 R₁=OH R₂=6-deoxy-D-glc-D-xy

図-2 *S. torvum* の抗菌物質

物の収集も体系化され、抵抗性品種の作出も簡便化されるであろう。

II 台木の抗菌物質

集約的農業の発達により古くからある連作障害問題が新しい課題としてクローズアップされている。農水省のアンケート調査によると（野菜試験場研究資料 18 号）、連作障害の対策技術は耐病性品種及び台木利用による接木栽培と土壌消毒が根幹となっている。台木による土壌病害回避は、我が国においては 1930 年代に始められたスイカのつる割病対策にユウガオを用いたのが最初であり（山川, 1978）、その後、第 2 次大戦後からナスに対する技術が確立されている。台木の種類として、近縁野生種、栽培品種に近縁野生種の抵抗性遺伝子を導入した交雑種、さらには強抵抗性栽培品種が用いられている。

トマトは交雑可能な近縁野生種が抵抗性育種材料として多く自生することから、歴史の新しい作物ではあるが抵抗性品種の利用が進んでいる野菜である。トマト台木の一つである“耐病新交 1 号”は栽培品種 H 1359 × Anahu の後代と近縁野生種 *Lycopersicon hirsutum* var. *glabratum* の種間雑種で、褐色根腐病 (*Pyrenochaeta lycopersici*)、半身萎ちょう病 (*V. dahliae*)、根ぐされ萎ちょう病 (*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) に対して耐病性を有する。“耐病新交 1 号”と栽培品種“強力

米寿”根のエタノール抽出物を溶媒で振り分け、4 種の土壌病原菌を用いた生物検定を行うと、褐色根腐病以外はエーテル可溶部と酢酸エチル可溶部に阻害効果がみられ、いずれも“耐病新交 1 号”の抽出物のほうが阻害活性が高い。このことは、病原菌に対する抵抗性を物質レベルで明らかにできる可能性を示している。

エーテル可溶物のうち、酸性区分から 4 種の C_{18} -ヒドロキシ不飽和脂肪酸 (16~19) が単離されている (NAGAOKA et al., 投稿中)。これらの化合物は *Phytophthora parasitica* や *V. albo-atrum* を感染させたトマト抵抗品種からも単離され、ファイトアレキシンとして報告されている (VERNENGI et al., 1986)。塩基性区分からは 9 種類のステロイドアルカロイド (20~28) の存在が明らかとなっている (NAGAOKA et al., 1993)。上記不飽和脂肪酸 (16~19) の含量が HPLC 測定により調べられているが、台木と栽培品種の間に差が認められない。このことから、“耐病新交 1 号”の病害抵抗性に関与する抗菌物質は、“強力米寿”に比較して抗菌活性、含量共に高いエーテル可溶塩基性物質であるステロイドアルカロイド (20~28) と考えられている。

ナス台木“耐病 VF”は栽培ナス (*S. melongena*) と近縁野生種であるヒラナス (*S. integrifolium*) との交雑種と推定されている。萎ちょう病 (*F. oxysporum*) と半身

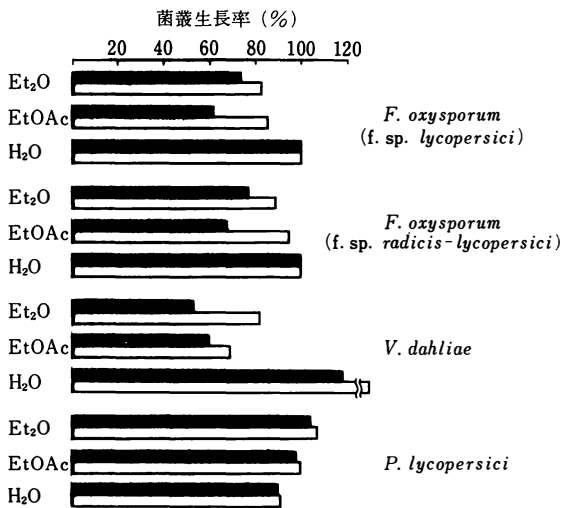


図-3 トマト台木と栽培品種の菌叢生長試験 (500 ppm)

■ トマト台木 (耐病新交 1 号)
 □ 栽培品種 (強力米寿)
 Et₂O エーテル可溶区
 EtOAc 酢酸エチル可溶区
 H₂O 水可溶区

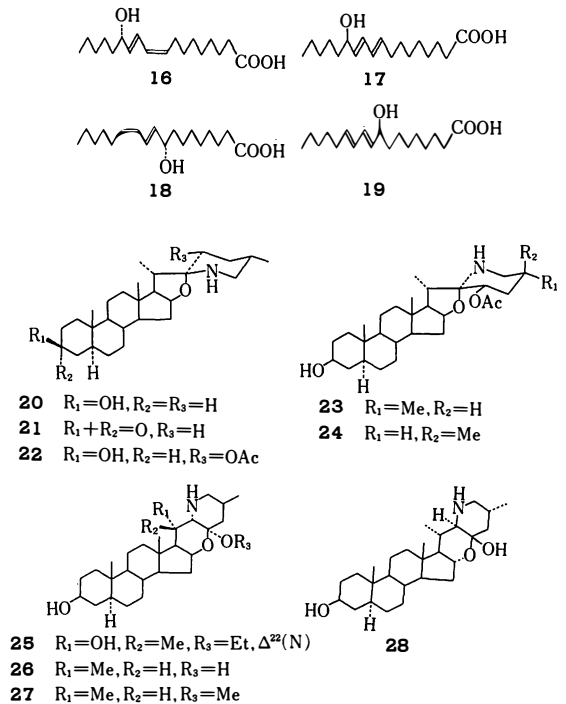
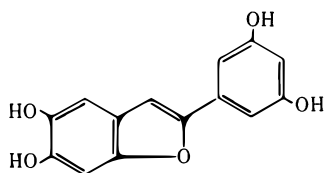


図-4 トマト台木の抗菌物質

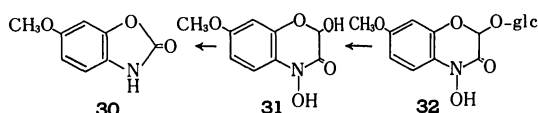
萎ちょう病 (*V. dahliae*) に対して抵抗性を示す。その抗菌物質として3種のセスキテルペン (図-1, 1, 3, 4) の存在が明らかになっている (YOSHIIHARA et al., 1988)。“耐病 VF” と栽培品種“千両”における含量を調べると、パーミキュライトを用い温室で育てた両作物根には差が認められないが、圃場で長期間生育した根には多量の増加がみられ、なかでも耐病 VF のソラベチボン (1) 量は特異的に高い。これらのことは、“耐病 VF” が圃場で土壤微生物や線虫などによるストレスを受けた場合、対応する手段としてセスキテルペン、特にソラベチボン (1) の生成を増大させ、土壤病原菌に対して抵抗性を獲得していることが示唆される。上記 *S. aethiopicum* にも存在しているこれらのセスキテルペンはスチロベチボンセスキテルペンと呼ばれ、ナス科植物における典型的なファイトアレキシンである。これらの生合成に際しては、まずソラベチボン (1) が生成し、その後抗菌活性の異なる酸化生成物に変化していくことが明らかにされている (MURAI et al., 1982; SATO et al., 1985)

接木作業を伴う接木栽培は現代農業における省力化傾向に逆らっている。しかし、台木の作出は主として土壤病害抵抗性だけを育種目標にすればよい点、収量、品質なども考慮しなければならない抵抗性品種育成よりは容易と思われる。また、台木には思い切った抵抗性遺伝子導入がなされているので、抵抗性品種の抵抗機作を調べるのにはよい材料となっている。



29

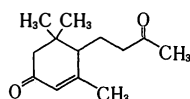
図-5 アルファルファの抗菌物質



30

31

32



33

図-6 トウモロコシの抗菌物質

III 養分ストレスと抗菌物質

鉄欠乏土壤におけるオオムギのムギネ酸分泌や難溶性鉄-リン酸土壤におけるピジョンピー (キマメ) のピス Dein 酸の役割 (AE et al., 1990) が知られている。マメ科牧草アルファルファは鉄が不溶化しやすい高 pH 土壤でも生育が可能である。鉄欠乏状態で Fe^{3+} をキレートする機能物質を分泌していることが予想されるので、鉄欠乏培養液でアルファルファを生育させた。その結果、培養液中には種々のストレス化合物が分泌され、鉄をキレートする物質としてアルファフラン (29) が単離されている (MASAOKA et al., 1993; NOGUCHI et al., 1994)。アルファフランは *F. oxysporum* に対する抗菌活性も有している。上記鉄欠乏培養液中にはキレート作用のないストレス化合物としてフラボノイド類が分泌されており (KOSHINO et al., 1993), これらも抗菌活性を示すことが予想される。病原菌侵入ストレスに対してはファイトアレキシンが生産されるが、養分ストレスに対しても抗菌物質が分泌される興味ある現象である。

IV 清浄作物の抗菌物質

輪作では経営の中心になる基幹作物と補完作物の他に、土壤条件を整える清浄作物を作付けする場合がある。イネ科作物のムギ、オカボ、トウモロコシなどが清浄作物として選ばれている。理由は有機物の生産量が多く、堆肥源になることが挙げられるが、結果として土壤養分、土壤微生物を調節し、基幹作物と補完作物を多収・安定に導くといわれている (松田, 1981)。特にトウモロコシを前作に用いた場合、*F. oxysporum* (トマト萎ちょう病, キュウリつる割病, タマネギ乾腐病など), *Rhizoctonia solani* (テンサイ根腐病), *Cephalosporium gregatum* (アズキ落葉病) などの土壤病害の被害を軽減することが知られている。

土壤微生物相の調節に際しては、根に存在する抗菌物質も関与する可能性もあることから、トウモロコシの根の抗菌物質を検索した結果、6-methoxybenzoxazolin-2-one (coixol, 30) が単離されている。この化合物は生体内では配糖体 32 として存在し、酵素分解あるいは抽出過程で生成した 31 を経て得られたものと思われる。これらはイネ科作物に特異的に存在しており、糸状菌 (LONG et al., 1978) やバクテリア (LASV et al., 1979) に対し阻害効果があることが知られている。一方、トウモロコシ根分泌物中の抗菌物質の検索の結果、33 が得られている。これら2種の抗菌物質と清浄作用との関係はまだ明らかにされていないが、植物根から生産される抗菌物

質を利用した土壌病害防除もあながち夢ではないと考える。

引用文献

- 1) AE, N. et al. (1990) : Science 248 : 477~480.
- 2) 小餅ら (1984) : 野菜試験場施設栽培部研究年報
- 3) KOSHINO, H. et al. (1993) : Phytochemistry 33 : 1075~1077.
- 4) LONG, B. J. et al. (1978) : Crop Sci. 18 : 573~575.
- 5) LASY, G. H. et al. (1979) : Phytopathology 69 : 757~763.
- 6) MASAOKA, Y. et al. (1993) : Plant and Soil 155/156 : 75~78.
- 7) 松田明 (1981) : 植物防疫 35 : 108

- 8) MURAI, A. et al. (1982) : J. Chem. Soc. Chem. Commun. : 32~33.
- 9) NAGAOKA, T. et al. (1993) : Phytochemistry 34 : 1153~1157.
- 10) ——— et al. : Ann. Phytopath. Soc. Japan 投稿中
- 11) NOGUCHI, A. et al. (1994) : Biosci. Biotech. Biochem. 58 : 2312~2313.
- 12) SATO, N. et al. (1985) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 51 : 494~497.
- 13) VERNENGHI, A. et al. (1986) : Can. J. Bot. 64 : 973~982 (1986).
- 14) 野菜試験場研究資料 18 号, 最近における野菜・花きの連作障害の実態 (1984)
- 15) 山川邦夫 (1978) : 野菜/抵抗性品種とその利用, 全国農村教育協会.
- 16) YOSHIHARA, T. et al. (1988) : Ann. Phytopath. Soc. Japan 54 : 453~459.

農薬紹介

「その他」

ブルウェル・ロウカルア剤 (5.9.30 登録)

本剤は農林水産省農業環境技術研究所, 千葉県及び信越化学工業 (株) の三者による共同研究により開発されたもので, 芝の害虫であるシバツトガ及びスジキリヨトウの2種の害虫の性フェロモン剤である。本剤は, ブルウェアの3成分とロウカルアの2成分の計5種類の成分を所定の割合で混合しており, シバツトガ及びスジキリヨトウの交尾を連続的に攪乱して交尾を低下させ, 両害虫の発生密度を抑制する効果を持つ。

商品名: コンフューザー-G

成分・性状: 製剤は, (Z) -11-ヘキサデセナール, (Z) -9-ヘキサデセナール及び (Z) -11-ヘキサデセン-1-オール, (Z) -9-テトラデセニル=アセタート及び (Z, E) -9,12-テトラデカジニル=アセタートをそれぞれ 32.0%, 1.5%, 1.5%, 30.0%, 7.0% 含む淡黄色澄明油状液体である。ブルウェルの3成分中, (Z) -9-ヘキサデセナール及び (Z) -11-ヘキサデセン-1-オールは新規の化合物であり, その純品は両者とも淡黄色澄明油状である。比重はそれぞれ 0.846, 0.850, 沸点は 138~142°C, 151~156°C, 引火点は 158°C, 171°C。溶解度は両者とも: 水 0.002 g/l 以下, ヘキサン, メタノールに任意割合で溶解する。強酸, 強アルカリで分解または重合, 直射日光や空気との激しい攪拌により自動酸化を受けやすい。

(構造式)

- ① (Z) -11-ヘキサデセナール
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{CHO}$
 (Z)
- ② (Z) -9-ヘキサデセナール
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CHO}$
 (Z)
- ③ (Z) -9-テトラデセニル=アセタート
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{OCOCH}_3$
 (Z)

適用作物・使用目的及び使用方法: 表-1 参照。

使用上の注意事項:

- ① 本剤は, シバツトガ及びスジキリヨトウ成虫の交尾を

表-1 ブルウェル・ロウカルア剤 (コンフューザー-G)

作物名	使用目的	適用害虫名	使用時期	10アール当たりの使用量	使用方法
芝	交尾阻害	シバツトガ スジキリヨトウ	成虫発生前から 終期	20~40m (20cmチューブに換算して 100~200 本)	対象地帯の樹木等に巻付け固定する

連続的に阻害して, 交尾率を低下させることによる密度低下を目的としているので, 両害虫の発生前から, 比較的広範囲の地域で使用する事が望ましい。

- ② 本剤は, 対象地帯の樹木等になるべく高い位置に均一になるように設置することが望ましい。また, 立地条件や風向, 傾斜等の諸条件によりその効果が振れることがあるので, 諸条件から判断し効果が劣る恐れがある場合には所定の範囲内で多めの量で処理することが望ましい。
- ③ 急傾斜地, 風の強い地域等本剤の濃度を維持するのが困難な地域では使用しないこと。
- ④ 50 m の製剤を適当な長さに切って使用する場合は, 20 cm 毎にシールされている部分を切る。
- ⑤ 外装のアルミ箔袋を開封したまま放置すると, 有効成分が揮散するので必ず使用するまでは, 密封したまま冷暗所に保管し, 使用直前に開封し, 使いきる。
- ⑥ 本剤の使用に当たっては, 使用量, 使用時期, 使用方法等誤らないように注意し, 特に初めて使用する場合には, 病虫害防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性: (急性毒性) 普通物

通常の使用法ではその該当がない。

(魚毒性) A 類