

学 位 論 文 要 旨

セイヨウチャヒキが生産する根寄生植物種子発芽刺激物質の構造解析と発芽刺激活性におけるストリゴラクトンの構造要求性に関する研究

Studies on structure determination of seed germination stimulants for root parasitic plants produced by *Avena strigosa* and structural requirements of strigolactones for germination stimulation

生物生産学科学専攻 生物制御科学大講座
金 賢一

ストライガ (*Striga* spp.) やオロバンキ (*Orobanch* spp.) などのハマウツボ科の根寄生植物は、世界の農業に甚大な被害を与えている。これらの根寄生植物は、1 個体当たり数万～数十万粒の微小な種子を生産し、その種子は土壤中で 10 年以上生存可能である。そのため、根寄生植物が侵入した圃場では、宿主となる作物は長年に亘って栽培できなくなる。一般的な植物の種子とは異なり、根寄生植物の種子は、宿主の根から分泌される発芽刺激物質を受け取った時にだけ発芽する。代表的な発芽刺激物質がストリゴラクトン (SL) であり、現在までに 20 種類以上の SL が単離されている。SL は植物の共生菌であるアーバスキュラー菌根 (AM) 菌の宿主確認に不可欠であり、植物地上部の枝分かれや根の形態形成を制御する植物ホルモンでもある。

これまでに単離された天然 SL はすべて 3 環性の母核 (ABC 環) に、5 員環の D 環がエノールエーテル結合している。根寄生植物種子の発芽刺激活性発現には、AB 環部分の置換基の種類と位置および D 環の C-2' の立体配置が重要であることが示されている。なお、植物は単一の SL ではなく、少なくとも 2 種類以上の SL の混合物を分泌しているが、その組成は植物種と生育条件、生育ステージによって異なる。

第 1 章では、日本国内に自生するハマウツボ科の根寄生植物である *Orobanch* *minor* (ヤセウツボ) と、世界各地で農業生産に大きな被害を与えている *Phelipanche ramosa* を被験植物として、発芽刺激活性発現における SL の構造要求性を検討した。単独の SL に対して *O. minor* の方が *P. ramosa* に比較すると若干高い感受性を示した。供試したすべての SL は 100 nM で 2 種類の根寄生植物種子に対して 60% の発芽を誘導したが、SL の活性には最大で 10,000 倍程度の差が認められた。例えば、*O. minor* 種子に対して最も強い発芽刺激活性を示した *ent*-2'-*epi*-*orobanchol* では、10 pM で 80% 以上の発芽を誘導したのに対して、最も

活性の低かった *rac*-2'-*epi*-solanacyl acetate では、100 nM で 60%程度の発芽を誘導したに過ぎなかった。

O. minor と *P. ramosa* では、SL に対する感受性がかなり異なっていることも分かった。例えば、モノヒドロキシ SL の中で最も活性の高かったのは *O. minor* と *P. ramosa* 共に *ent*-2'-*epi*-orobanchol であったが、最も活性の低かったのは *O. minor* では sorgomol であるのに対して、*P. ramosa* では strigol であった。また、前述のように *rac*-2'-*epi*-solanacyl acetate の *O. minor* に対する発芽刺激活性は他の solanacol 誘導体に比較して極端に低かったが、*P. ramosa* に対しては solanacol 誘導体の中では最も高い発芽刺激活性を示した。これらの結果は、SL の AB 環の置換様式を根寄生植物が認識できることを示している。なお、本研究で検討した範囲では、2 種類の SL の混合による相乗効果や拮抗効果は確認できなかったが、植物種によって異なった組み合わせの SL 混合物を分泌していることを考え合わせると、SL 混合物の組成が根寄生植物の宿主認識に関わっていることが強く示唆された。根寄生植物以外の根圏生物も、SL 混合物の組成から植物種を認識している可能性も考慮すべきであろう。

アレロパシー活性を示すマメ科植物をトウモロコシやソルガムの畝間に栽培し、ストライガの被害を軽減するという農法がアフリカで実践されている。双子葉作物に寄生するオロバンキの被害を軽減するためには、ライムギやエンバクなどイネ科のアレロパシー植物の利用が効果的であると考えられた。そこで、第 2 章ではエンバクの一つでアレロパシー作用があるセイヨウチャヒキ (*Avena strigosa*) が生産する発芽刺激活性の単離・構造解析を行った。セイヨウチャヒキは少なくとも 6 種類の発芽刺激物質を生産していたが、既知の SL は検出できなかった。根浸出液抽出物を *O. minor* 種子に対する発芽刺激活性を指標として精製し、2 種類の新奇発芽刺激物質を単離した。その内の 1 つは量が少なく二次元 NMR データを取得できなかったが、既知の SL などとの ¹H-NMR データの比較から、carlactone 誘導体と考えられ、その構造を methyl 3-oxocaractone-5-carboxylate と推定した。他方は各種機器分析から分子量 376、分子式 C₂₀H₂₄O₇ であることが分かった。更に、CD、一次元、二次元 NMR データからその構造を [5-((4-(3-hydroxy-1,5,5-trimethyl-2-oxobicyclo[4.1.0]heptan-7-yl)-2-oxodihydrofuran-3(2*H*)-ylidene)methoxy)-3-methylfuran-2(5*H*)-one] と決定し、avenaol と名付けた。Avenaol は、SL の発芽刺激活性発現に必須であるとされている CD 環部分構造を有するが B 環を持たないユニークな構造である。

SL 生合成中間体である carlactone の炭素数 19 であることから、avenaol などの新奇発芽刺激物質は carlactone の 5 位(C18)あるいは 9 位のメチル基(C19)がカルボン酸まで酸化され、メチルエステルとなった、methyl 5-desmethylcarlactone-5-carboxylate および methyl 9-desmethylcarlactone-9-carboxylate から生合成されると考えられる。なお avenaol は 10 nM で *P. ramosa* 種子の約 50%の発芽を誘導したが、*O. minor*, *O. cumana* および *S. hermonthica* 種子の発芽誘導には 1 μM 以上の濃度が必要であった。

ごく最近、avenaol を始めとする carlactone 誘導体と考えられる発芽刺激物質がイネ、トウモロコシ、ヒマワリなど多様な植物種から単離されている。このことは、carlactone からは SL だけではなく、恐らく SL と同様に AM 菌に対する生理活性や植物ホルモンとしての活性も併せ持つ新しいタイプの生理活性物質が生合成されることを示唆している。今後、これらの新しいタイプの生理活性物質の探索研究とその生理的役割の解明が重要である。