

回ることもある。このように草丈が高く、しかも密生するためサトウキビの受光を妨げるだけでなく、さらに好窒素性の植物でもあるので当然のことながら窒素を肥料とするサトウキビとの間に養分の奪い合いを起し、サトウキビの生育、特に初期生育に著しい害を及ぼす。なお、タチスズメノヒエは1, 2, 3月を除いて常時発生し、一方タチアワユキセンダングサは四季の別を問わず発生する。雑草としての害は、これまでの調査結果から後者で著しいことがわかっている。両種の駆除が前述の機械力、労力もしくは除草剤の使用によって行なわれていることは言うまでもないが、土地・空間の占拠率が高い上に種子の生産量が多く、かつ伝搬力も極めて強いので、従来の慣行的防除方法による完全駆除は望めない実状にある。すなわち、土中の残存種子や根茎の処理もしくは種子の散布侵入

防止は、作業上の制約または障害が多く極めて困難である。いずれにせよ、従来の駆除手段は一時的な便法にはなりえても、恒久的対策を講じることにはならない。したがって、タチスズメノヒエとタチアワユキセンダングサの場合は、これらの駆除方法の足りないところを補ない、かつこれと併用できる効果的合理的な防除体系を組み立てる必要がある。すなわち、生態生理学的視点から両種の弱点を明らかにし、これを利用して両種の発芽または生育を抑制することにより、サトウキビの生育に及ぼす両種の影響を最小限度に少なくし収量の確保を図る方法が考えられるが、これに適応する栽培技術、管理技術の確立には少なからぬ課題が残されており、今後の調査研究にまっところが大きい。

引 用 文 献

- 1) 吉良龍夫：東亜南方圏の新気候区分。京都帝国大学農学部園芸学研究室，京都，p.16 (1945)。
- 2) 沖縄県関係統計資料（総括統計表）。沖縄県農林水産部，那覇，p.1～114 (1984)。
- 3) 沖縄の農林水産業：沖縄県農林水産部，那覇，p.1～49 (1984)。
- 4) 石嶺行男：琉球列島におけるサトウキビ畑の雑草植生の実態と強害草の生態・生理学的研究。九州大学学位論文，p.1～268 (1986)。

ウニコナゾールの作用機作について

住友化学工業株式会社宝塚総合研究所 泉 和夫・大塩裕陸

1. は じ め に

ウニコナゾール……(E)-1-(4-クロ
ロフェニル)-4,4-ジメチル-2-(1,2,4

ートリアゾール-1-イル)-1-ペンテン-
3-オール……(図1)は、住友化学工業が開
発を進めているトリアゾール系の矮化剤であり、

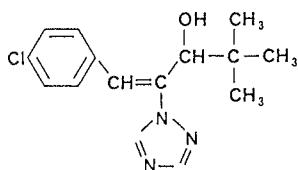


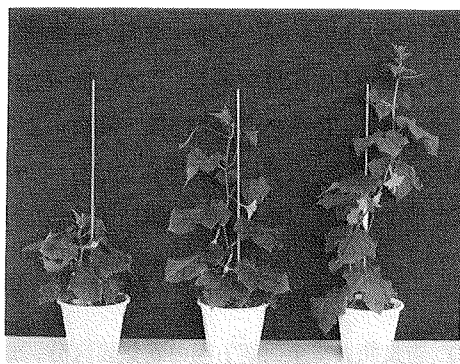
図1. ウニコナゾールの構造式

スミセブンの商品名のもとで、昭和60年より観賞植物用として実用化されている¹⁾。

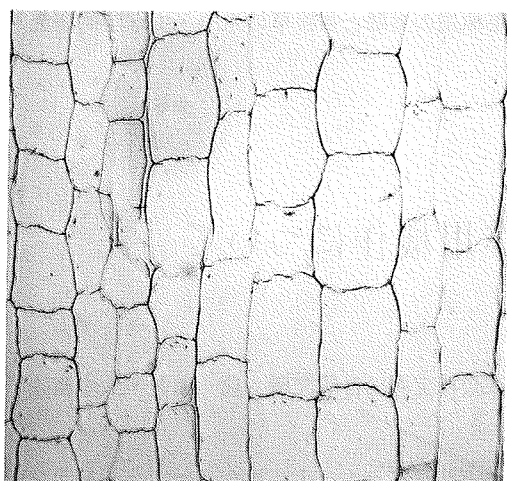
一般に、植物調節剤は植物の生育を人間の有利な方向に制御する剤であるため、作用機作・作用特性を明らかにすることは、その剤の適正な使用場面、使用方法を確立するために必須と考えられる。矮化剤の作用機作は、矮化剤がしばしばアンチジベレリンと呼ばれることから、植物ホルモンであるジベレリンと関連があることは容易に推測される。また、ジベレリンの研究は、その発見以来、日本での研究レベルは高い。このような中であって、著者らは東京大学農学部高橋研究室と共同で、ウニコナゾールの作用機構がジベレリンの生合成阻害であることを明らかにしてきた。その経緯を以下に述べてみたい。

2. ジベレリンとの関係

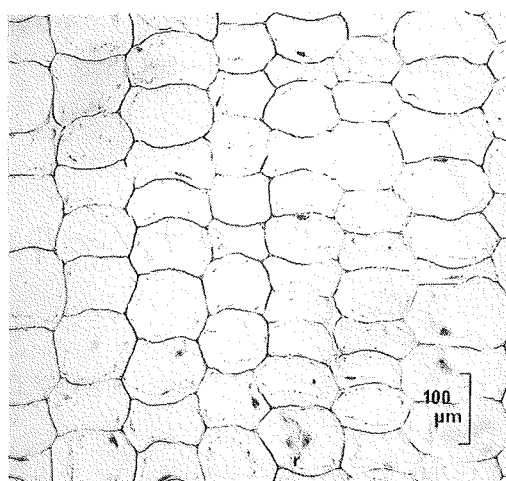
ウニコナゾールの作用は植物の伸長を抑制し、節間を短くすることであり、この性質はジベレリンとまったく逆の作用である(図2)。そこで、ウニコナゾールの作用機作を調べるにあたって、著者らはジベレリンとの相互作用から研究に着手した。まず、ウニコナゾール処理で矮化したイネにジベレリンを処理する実験を行なったところ、ジベレリンによる伸長回復は劇的であり、イネの伸長は、水門でせき止められていた川の水が開門と同時にいっきに流れ出した



ウニコナゾール 50ppm処理 ウニコナゾール 10ppm処理 無処理



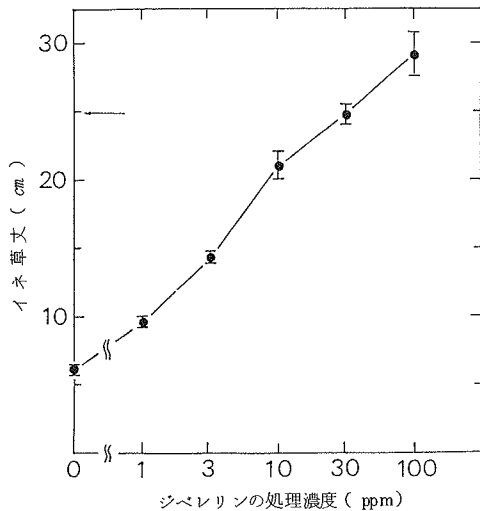
コントロール



ウニコナゾール 50 ppm処理

図2. ウニコナゾール処理で矮化したキュウリと第5節間細胞

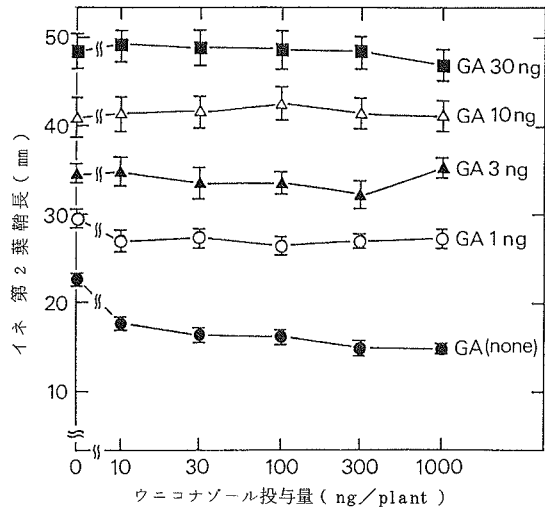
ごとく、急速に開始し、30ppm 処理で無処理イネと同程度の草丈まで回復した(図3)。次に、ウニコナゾールとジベレリンとを同時に植物に与え、ジベレリンによる伸長促進作用にウニコナゾールがどのような影響を与えるかイネの幼



注) ウニコナゾールを10g/aの濃度で土壌混層処理し、矮化したイネにジベレリンを茎葉散布処理した。矢印は、無処理イネの草丈を示す。

図3. ウニコナゾール処理で矮化したイネのジベレリンに対する反応

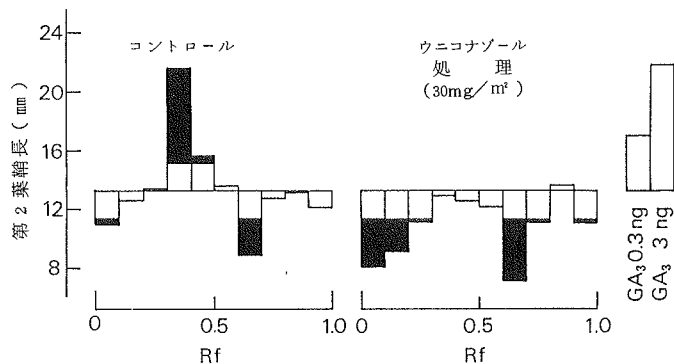
苗を使って調べてみた(図4)。第2葉鞘の伸長は、ウニコナゾールの有無にかかわらず、ジベレリンの量が一定ならば一定の伸長促進がみられた。ウニコナゾールがジベレリンによる伸長促進作用に影響を及ぼさないという事実は、ウニコナゾールによる植物の矮化作用は、ウニコナゾールがジベレリンのアンタゴニストとして働いたり、ジベレリンの活性発現機構に作用したりすることでは起こっていないことを示している。



注) ウニコナゾールとジベレリンの混合液1 μ lを発芽直後のイネに投与し、3日後に第2葉鞘長を測定した。

図4. ウニコナゾールとジベレリン同時処理によるイネ第2葉鞘の伸長

それでは、植物のジベレリン含量はどうであろうか。ウニコナゾール処理で矮化した、3葉期のイネ幼苗から常法にしたがってジベレリンを抽出し、薄層クロマトグラフィーを行なった後、短銀坊主を用いて生物検定を行なった(図5)。

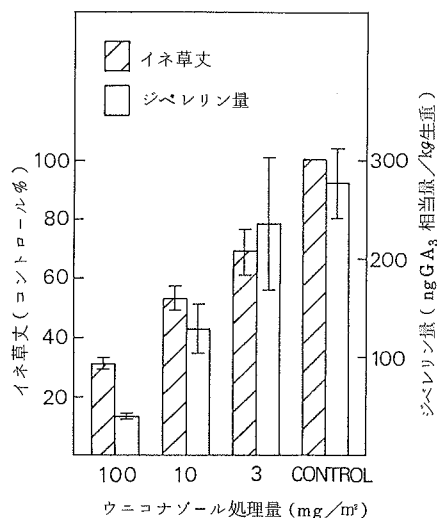


注) イネを苗床に播種したのち、ウニコナゾールを30mg/m²処理した。3葉期まで栽培し、地上部よりジベレリンを抽出した。抽出物は薄層クロマトグラムで展開し、10区画にわけ、各区画のジベレリン活性を短銀坊主による生物検定で調べた。図は生重10g抽出分の活性を示す。

図5. ジベレリン様活性のヒストグラム

無処理イネからはRf値が0.3～0.5にかけてジベレリン様活性がみとめられたが、ウニコナゾール 30 mg/m² の濃度で処理したイネからはこの活性はほとんどみられなかった。

次に、ウニコナゾールの処理量を変え、草丈の抑制とジベレリン様活性物質の含量との関係を同様の方法で調べたところ、ジベレリン様活性物質の含量はウニコナゾールの処理量が増加し、草丈が抑えられるほど減少した(図6)。



注) 図5と同様の方法で、イネにウニコナゾールを処理し栽培したのち、ジベレリンを抽出した。抽出物を薄層クロマトグラムで展開し、Rf値0.2～0.5の区画を生物検定した。

図6. ウニコナゾールによる伸長抑制とジベレリン含量

ジベレリン様活性物質の減少は明らかとなったが、ジベレリンそのものはどうか。イネの茎葉部にはGA₁₉とGA₁とが主なジベレリンとして含まれていることが明らかとなっている^{2, 3)}。また、微量なジベレリンの定量はGC-SIM分析法による組織的な分析・定量方法が確立している⁴⁾。この方法を用いてウニコナゾール処理で矮化したイネに含まれるGA₁₉とGA₁とを定量したところ、ジベレリンそのものの量も矮

化するにしたがい減少していることが明らかとなった(表1)。これらの事実、つまり、①ウニコナゾール処理で生体内のジベレリン含量が減少する。②ジベレリンの減少と草丈の抑制との間に比例関係がある。……これらのことは、ウニコナゾールの作用機作が植物体内のジベレリン量を低下させること、すなわちジベレリンの生合成阻害、に基づいていることを強く示唆する⁵⁾。

表1. ウニコナゾールによる伸長抑制とイネのGA₁およびGA₁₉含量

ウニコナゾール処理量 (mg/m ²)	イネ草丈 コントロール%	GA ₁ ・GA ₁₉ 量 hg/kg生重	
		GA ₁	GA ₁₉
100	29	N D	N D
10	49	81	N D
3	61	92	51
無処理	100 (18.9 cm)	124	506

N D: 検出限界以上

3. *Gibberella fujikuroi*を用いての検討

以上述べたように、ウニコナゾールの作用機作がジベレリンの生合成阻害であることが推定されたが、上記の実験だけでは推測の域を脱し得ず、また生合成経路のどの部位を阻害しているのか、合成阻害部位も明らかでない。無傷の植物を使用してこの点を直接解明したいところであるが、茎葉部でのジベレリン生合成量は非常に少ないために困難である。それゆえ、未熟種子や馬鹿苗病菌である*G. fujikuroi*などの、ジベレリンを多量に生産する系を用いた方法で確かめざるをえない。そこでまず、*G. fujikuroi*を用いて作用機構について検討した。

*G. fujikuroi*は非常に多量のジベレリンを生合成し、生合成経路も詳しくわかっている

ので、阻害部位の検討にはもってこいの材料と思われた。また、*G. fujikuroi* での生合成経路は、GA₁₂ アルデヒドまでは高等植物と同じであるので、*G. fujikuroi* で得られた結果は高等植物にもあてはまると思われた。実験方法は、*G. fujikuroi* を液体培養し、その培地にウニコナゾールを加え、培養後ジベレリンを抽出し、ガスクロマトグラフィーで定量する方法で行なった。ところで、ウニコナゾールには植物の伸長抑制活性と同時に、比較的強い殺菌活性がある。また、ウニコナゾールの構造上、光学異性体が存在し(図7)、光学異性体間

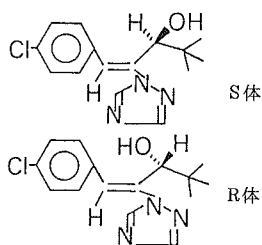


図7. ウニコナゾールの光学異性体

で殺菌および伸長抑制活性が異なっている⁶⁾。殺菌活性はR体がS体の約100倍ほど強いのにに対し、伸長抑制活性は逆にS体がR体の約100倍ほど強い。*G. fujikuroi* のジベレリン生合成に対しては、殺菌活性の高いR体は0.1ppm以下の濃度で50%生合成阻害を示したのに対し、矮化効果の高いS体は10ppm近くの濃度が必要であった。イネに対するS体の50%伸長抑制濃度は、浸漬方法では0.1ppm以下なのである。*G. fujikuroi* のジベレリン生合成に対するウニコナゾールの阻害作用は、ウニコナゾールの殺菌活性から発現されているようであり、致死濃度以下の濃度においても菌体内の代謝系がみだされ、それに伴ってジベレリンの生合成量も減少するよう思われた。高等植物に対す

る矮化作用と一致していないようであり、CH Oらが第四級アンモニウム塩の実験で得た、矮化効果と*G. fujikuroi* でのジベレリン生合成阻害活性とは必ずしも一致しないという実験結果と良く似ている⁷⁾。

4. セル・フリー系での作用部位の検討

Graebeらによって開発された、西洋カボチャの未熟種子から得たセル・フリー系(無細胞系)を用いて、近年高等植物でのジベレリン生合成経路の研究は大いに進んでいる^{8,9)}。ウニコナゾールの作用部位を、今度はこのセル・フリー系を用いて確かめてみた。ゼリー状の西洋カボチャ胚乳部を摩砕し、遠心分離などの操作を経て、ジベレリンの生合成に関与する酵素の含まれる粗酵素液を作る。この粗酵素液に補酵素を加え、ラベルしたジベレリンの前駆体を基質として反応させ、薄層クロマトグラフィーにより分離すると、この系の最終産物であるGA₁₂とともに、さまざまなジベレリンの前駆体が生合成される。このセル・フリー系にウニコナゾールを添加し、生合成反応が停止するか、またどの部位で停止するのかを調べることにより、ウニコナゾールの作用部位を明らかにできる。¹⁴C-メバロン酸を基質に用いた実験結果を図8に示す。コントロールにおいては、GA₁₂・GA₁₂ アルデヒドなどの最終生成物およびカウレンなどの中間生成物が薄層上で分離されるのに対し、ウニコナゾールを10⁻⁶Mの濃度で反応液に加えたものではGA₁₂は生合成されず、カウレンが蓄積した。生合成反応はメバロン酸からカウレンまで進むが、カウレン以降の反応が進まなかったことにより、カウレンが蓄積したのである。また、生合成反応の阻害範囲を明らかにするため、生合成系のカウレン以降の各中

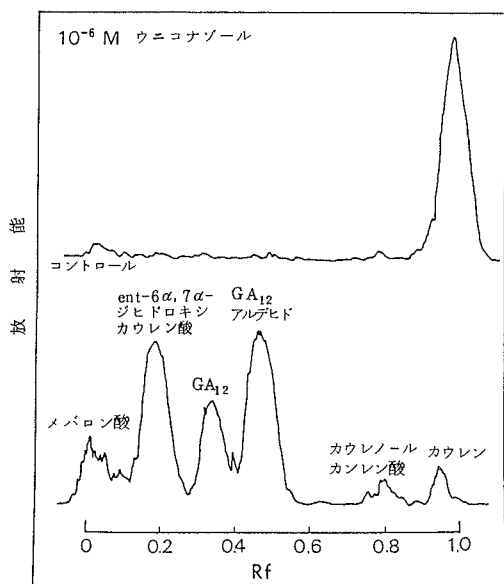
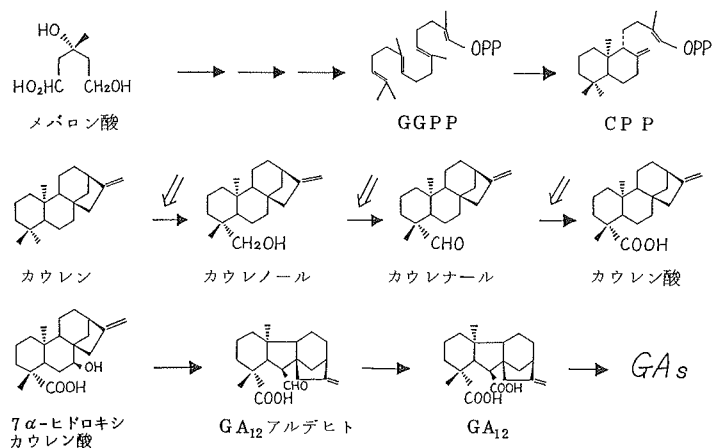


図8. ウニコナゾールのセル・フリー系におけるジベレリン合成阻害

間体を基質として調べたところ、ウニコナゾールは、カウレン・カウレノール・カウレナールの各酸化反応を等しく阻害し、カウレン酸以降の反応には影響しないことがわかった(図9参照)。セル・フリー系を用いたこれらの実験結果より、ウニコナゾールの作用機作はジベレリンの合成阻害であり、その阻害部位はジベレ



注) ∇ は、ウニコナゾールの阻害部位を示す。

図9. ジベレリンの生合成経路¹⁰⁾

リン生合成経路の、カウレンがカウレン酸までに酸化される3段階の酸化反応であることがわかった¹¹⁾。

5. おわりに

ウニコナゾールの阻害するカウレンからカウレン酸までの酸化反応は、活性の中心にチトクローム P₄₅₀ を含んでいる、ミクロゾームに結合した酵素であることが知られている。片木らのコンピューターによるウニコナゾールの構造解析によると、低エネルギーにおけるウニコナゾールの立体構造とカウレンとの構造の類似性から、ウニコナゾールのトリアゾール基のうち、4位に位置する窒素原子が、チトクローム P₄₅₀ のポルフィリン環に含まれる鉄原子と結合し、それによりカウレンの酸化反応が阻害されると考えられている。

以上、ウニコナゾールの伸長抑制効果について、主としてジベレリンとの関連で述べたが、ウニコナゾールにはほかに、花芽形成の促進作用¹²⁾や雌花の誘導作用など¹³⁾、いくつかの生理作用を植物に及ぼすことが知られている。植物の生長は植物ホルモンのバランスの上で成り立っていることを考えると、これらの現象はウニコナゾールにより植物ホルモンのバランスが変化することで起こると思われるが、その作用機構はどのようなのか。今後の研究課題の一つであると考えている。

参 考 文 献

- 1) 植調第19巻第3号, 35 (1985).
- 2) S. kuroguchi, N. Murofushi, Y. Ota and N. Takahashi : *Planta*, 146, 185 (1979).
- 3) 室伏 旭 : 植調第17巻第9号, 13 (1983).
- 4) 山口五十磨 : 植物の化学調節, 17, 71 (1982).
- 5) K. Izumi, I. Yamaguchi, A. Wada, H. Oshio and N. Takahashi : *Plant Cell Physiol.*, 25, 611 (1984).
- 6) 田中鎮也 : 化学と生物, 24, 180 (1986).
- 7) K.Y.Cho, A. Sakurai, N. Takahashi and S. Tamura : *Plant Cell Physiol.*, 20, 75 (1979).
- 8) J.E.Graebe, P. Hedden, P. Gaskin and J. Mac Millan : *Phytochemistry*, 13, 1433 (1974).
- 9) 神谷勇治 : 植物の化学調節, 19, 66 (1984).
- 10) 高橋信孝・広瀬和栄・佐藤幹夫・斎藤 隆・上本俊平 : 植物調整物質の園芸的利用, 誠文堂新光社(1980).
- 11) K. Izumi, Y. Kamiya, A. Sakurai, H. Oshio and N. Takahashi : *Plant Cell Physiol.*, 26, 821 (1985).
- 12) 国重正昭 : 植調第18巻第9号, 2 (1984).
- 13) 和田明美・泉 和夫・榎 正治・大塩裕陸 : 園芸学会昭和58年度秋季大会講演要旨, 174 (1984).

新 登 録 除 草 剤 一 覧

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課
昭和61年6月1日～11月30日

種類名	商品名	有効成分の種類および含有量	剤型	適用作物名・場所	適用雑草	適用地帯	適用土壌	使用時期	10a当り使用量	使用方法	登録会社
ジクワット・バラコート液剤	ブリグロックスL	1,1'-エチレン-2,2'-ビピリジリウムジブロミド ……7% 1,1'-ジメチ	液剤	水 稲	一年生雑草			秋期稲刈取後または春期水田耕起1か月前から直前ま	800～1,000ml 〔希釈水量100～150l以下す〕	雑草茎葉散布 〔本剤のみを使用する場合1回,ジクワットを含む農薬の	アイ・シー・アイ・ジャパン(株), 日本農薬(株), 武田薬品