

図 6 オーキシンの荷電間距離 (Porter and Thimann, 1963)

若い葉は維管束組織が異常に発達し、クロロフィルの少ないコンパクトな葉肉組織をもった奇型葉となる。このような植物は養水分の吸収能を失い、光合成も阻害され、篩管がふさがってついには死に至る¹⁾。このような現象は、内生オーキシンの植物体内で生化学的な分解反応によって、その濃度がうまくコントロールされているのに対し、合成オーキシンは組織内に長く存在し、蓄積するため、組織内のオーキシンの異常分布を起し、他のホルモンとのバランスがくずれるなどのためオーキシン本来の機能が攪乱されるため起こると考えられる²⁾。また、2,4-Dによって活性を阻害される酵素は広範にわたり、通常のオーキシン濃度をこえた組織ではハイレベルのエチレンが放出されることが明らかにされているが、それらがフェノキシ除草剤の殺草作用の直接の原因ではないとされている。オーキシンが酵素タンパクを生成す

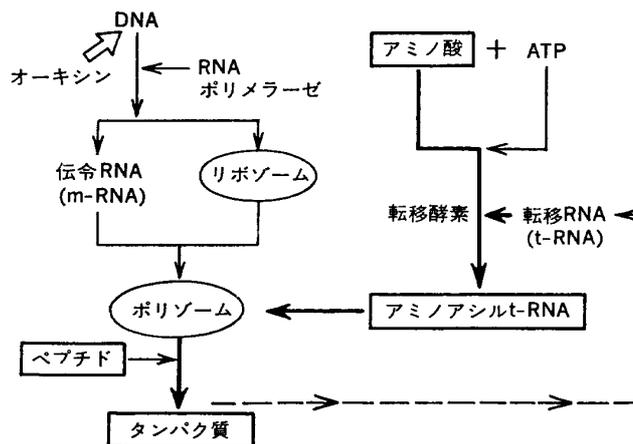


図 7 オーキシンの影響を受けるタンパク質合成の模式図 (松中, 1976)

るために必要な伝令 RNA の働きを活性化作用 (図 7) が明らかにされていることから、作用点の一つが細胞核にあり³⁾、異常生長の発端を核酸代謝の異常に求めることは不自然ではない。しかし、核酸→タンパク質のように時間のかかる経路では説明のつかない事実も知られており、オーキシンが細胞内の既存の系、たとえば、酵素タンパクや膜構造のミクロな構造変化のような直接的な作用や、酸生長と呼ばれる水素イオンによる生長の誘導などが注目をあびつつある⁴⁾。

引用文献

- 1) F. M. Ashton & A. S. Craft: "Mode of Action of Herbicides," Wiley Interscience, 1973
- 2) P. C. Kearney & D. D. Kaufman: "Herbicides; Chemistry, Degradation and Mode of Action," 1975
- 3) 古谷雅樹ほか: 植物生理学講座 3 生長と運動, 朝倉書店, 1971
- 4) 増田芳雄ほか: 植物ホルモン, 朝倉書店, 1971
- 5) 松中昭一: 植物毒理学入門, 東京大学出版会, 1976
- 6) 菅 洋: 作物の発育生理, 養賢堂, 1979

除草剤グリホサートの作用点と作用機構

早坂利将, 脇森裕夫

日本モンサント株式会社農薬部製品開発課

除草剤グリホサートは、ユニークで強力な殺草作用を示す新しい茎葉吸収移行型で、植物の地下部組織を含め非選択的に植物全体を枯殺する除草剤として知られている。本剤の活性成分は、図 8 に示した、N-(ホスホノメ

チル)グリシンのイソプロピルアミン塩、41% の水溶液剤となっている。

さて、グリホサートに関し、これまで多くの研究報告がなされているが、作用機構についてはかなり明確にさ

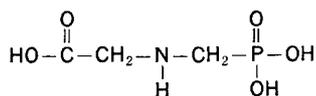


図8 グリホサートの構造式

れているが、作用点については未だに定説は出ていない。本稿では、マクロな作用機構とマイクロな作用点の研究報告結果を要約しながら、本剤の殺草機構をさぐってみたい。

1. マクロな殺草機構

グリホサートは、生育している植物の緑色茎葉部を通じ植物体内にすみやかに吸収され、引き続き連続的に移行し、地上部はもとより根や地下茎などの地下部組織まで植物全体に移行分布してゆく。このグリホサートの移行分布は、生長生理活性の高い地上部の生長部位と地下部にとくに多く集積される。植物全体に移行分布した本剤は、それぞれの部位で後述のマイクロな殺草機構により、植物全体を枯死に至らしめる。

グリホサートの殺草作用における最大の特性は、地上部の緑色茎葉部を通じて地下部へ多く移行集積し、地下部組織を含め植物全体を枯死させることである。このことは、多年生雑草や雑灌木類などの根絶防除における不可欠の特性となっている。植物体内における本剤の地下

部指向性の移行作用は、植物体内の光合成物質の流れと密接な関係があり、節部の流れに乗って移行していきとされている。とくにその地下部移行量は植物の生育時期と大きな関連があり、地下部組織への光合成産物の移行貯蔵の最も盛んな時期が最も多いと報告されている。

グリホサートの可視的な殺草作用の進展は、一般にまず植物体がしおれ、生育停止し、頂端生長部の黄化やクロロシスが生じ、その後、褐色化が全体に進み、同時に地下部組織も破壊し、植物体全体が枯死する。殺草作用の完成は、一年生植物では約4～7日、多年生植物では約14～30日程度である。本剤の殺草作用は、ほとんどすべての植物に発揮され、非選択的である。なお、グリホサートは土壌表面に落下接触すると直ちに吸着不活性化され、土壌を介しての殺草作用は持たない。

2. ミクロな殺草作用点の機構

グリホサートのマイクロな殺草作用点の機構については、これまで多くの仮説が提案されているが、まだ定説は確立されていない。

電子顕微鏡による微細構造の観察によれば、Prosopis uniflora (mesquite), purple untsages および Lemna gibba (ウキクサ)の茎をグリホサート処理すると葉緑体の膨張と破壊にともない、タンパク質合成に重要な役割を果たす粗面小胞体 (RER) の膨張がみられ、またウキ

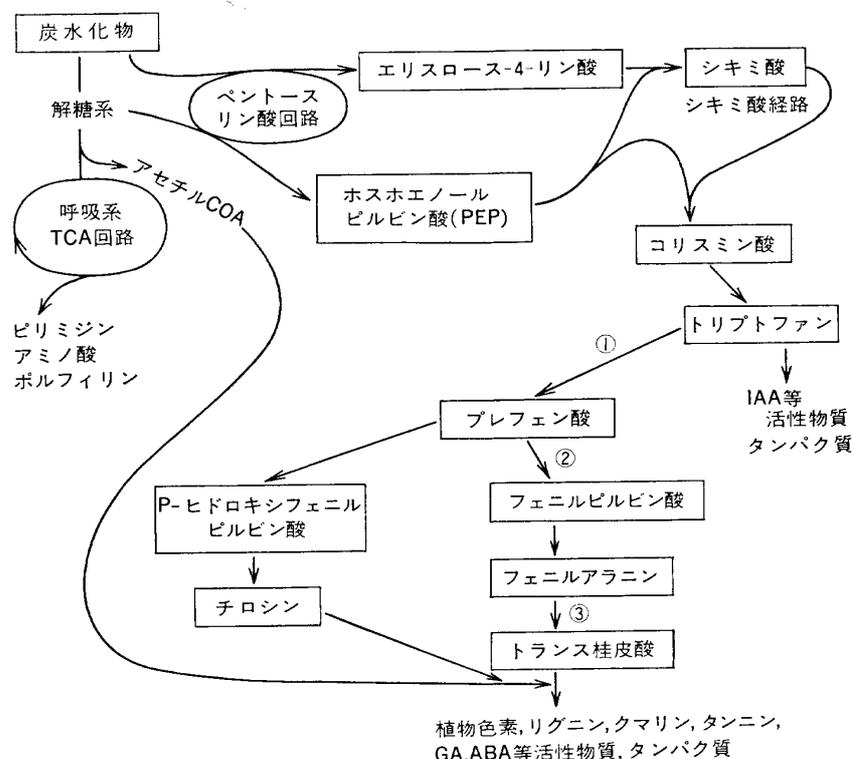


図9 シキミ酸経路の植物体全体の代謝系の中での位置、おもな代謝経路との関係と二次代謝産物

クサでは細胞壁の異常なわん曲が認められている。

本剤の生理化学的作用機作の分野で最初に報告を出している Jawdrski (1972) によれば、図 9 に示した芳香族アミノ酸を合成するシキミ酸経路に関与するコリスミン酸ムターゼ(①)および、プレフェン酸デヒドロゲナーゼ(②)の阻害が示唆されている。

シキミ酸経路では、生体に不可欠なトリプトファン、フェニルアラニン、ケロシンという芳香族アミノ酸が合成される。しかし植物の物質代謝の中でのシキミ酸経路の重要性は、ここで合成された芳香族アミノ酸がタンパク質の構成要素となっていくばかりでなく、さらに二次代謝の根源物質として多くの重要な生理活性物質にかかわっているということである。たとえば、植物ホルモン (IAA, GA, ABA など) をはじめクマリン類、リグニン

類やタンニン類、色素類はすべてこの経路を経て合成されている。最近の知見によれば、グリホサートは、このシキミ酸経路から生じたフェニルアラニンをフェニルプロパノイドへの代謝する律速酵素とみられ、植物の生理化学的作用に劇的変動をもたらす PAL (フェニルアラニンアンモニラーゼ) (③) の活性を高めることによって、芳香族アミノ酸の欠乏と有害なフェノール類の増加が示唆されている (Duke, Hoagland, 1977)。

いずれにせよ、グリホサートが高等植物のタンパク質合成や生理活性を持つ二次代謝産物の生合成の鍵となっている部分になんらかの激しい変化を与え、植物体を枯死に導いているといえそうである。しかし、グリホサートの構造や反応性からの説明は他のほとんどの薬剤と同様に、いまだに解明されていない。

ブタクロールの作用点と作用機構

早坂利将, 脇森裕夫

日本モンサント株式会社農薬部製品開発課

除草剤ブタクロール [2-クロール-2,6-ジエチル-N-(プトキシメチル)アセトアニリド] は、土壌処理により発芽時の水田雑草に強い殺草効果を持ち、ノビエをはじめ各種一年生雑草やマツバイ、ホタルイ、ミズガヤツリなどの多年生雑草にも幅広い殺草効果を有する水田用初期除草剤として広く知られている。

ブタクロールは、発芽・発生時の植物幼芽部よりおもに吸収され、その強力な殺草力を発揮するが、幼根部よりの吸収も二次的にある。

本剤の作用点と作用機構についての報告は未だになされていないので、本稿でブタクロール自体について残念ながら述べることはできない。しかしながら、同じ α -ハロゲンアセトアミド系除草剤であるプロバクロール (N-イソプロピル-2-クロロアセトアニリド) や CDA

(N,N-ジアリル-2-クロロアセトアニリド)については報告例があるので、これらからと他のタンパク質合成阻害型除草剤との殺草症状の類似性から類推することにより参考に供したい。

1. α -ハロゲンアセトアミド系除草剤の作用機構

Duke (1967) は、ブタクロールと類似構造をもつプロバクロールが植物の生長阻害や核酸合成阻害にさきだち、タンパク質合成を阻害すること、またこの阻害は、酸化リン酸化 (ATP 生成) あるいは、リボソームと伝令 RNA との結合物の生成などは阻害しないことを証明した。これは、図 10 に示したように、これら以外の経路、すなわちアミノ酸の活性化 (アミノアシル t-RNA の形成) あるいはポリソーム上へのアミノアシル t-RNA の結合の部分の阻害の二つを示唆しているが、クロラム

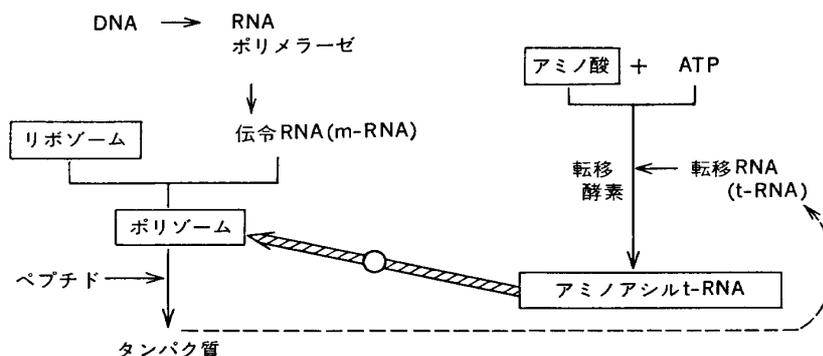


図 10 タンパク質合成の模式図