

第12回林木生理シンポジウム

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	相場, 芳憲 坂上, 幸雄
巻/号	53巻9号
掲載ページ	p. 302-305
発行年月	1971年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



第12回 林木生理シンポジウム*

——樹木の代謝と化学物質——

相場 芳憲**・坂上 幸雄***

最近話題となっている除草剤を含め、化学物質が樹木の代謝にどのように作用しているかをテーマにとりあげ、第12回林木生理シンポジウムは4月18日東京農工大学農学部1号館111号教室で、35名の参加者を集めて開催された。

東京農工大学本間 慎氏にはクワの場合を、そして10年ぶりにアメリカから帰国された佐々木恵彦氏にはレゾノサマツの場合を話題として報告していただき、座長は根岸賢一郎氏にお願いした。話題と討論の内容のあらましは次のとおりである。

クワの生理におよぼす ATA, PCP, DCMU の影響

本間 慎 (東京農工大・農)

桑樹において、生理的に活性の高い1mm以下の根の分布は地表から10~20cmのところまで最大であり、つぎに0~10cmのところである。したがって、雑草の根系と桑樹の生理的活性根とは競合しているので、桑園における除草剤の施用は雑草を殺草すると同時に桑樹の生理的活性根の機能を低下させるであろうことが推察される。もし、除草剤施用によって桑樹の生理的活性根の機能が低下したならば、たとえ肉眼的に葉害が観察されなくとも、桑樹の生長は阻害されるであろう。さらに経根のあるいは経葉的に体内へとりこまれた除草剤は桑樹の代謝にたいして何らかの影響をもたらすことが考えられる。実際に、桑園で用いられている除草剤濃度は約 10^{-2} ~ 10^{-3} Mといった高濃度である。この濃度は桑園において除草剤の土壤中での流亡、拡散あるいは土壤吸着による不活性化が伴ったとしても、桑樹の生理にたいして影響をおよぼす濃度の少なくとも10~100倍の高濃度である。

従来、除草剤に関する研究の多くは雑草防除に目が向けられ、作物に対してどのような影響をもたらすかについての研究は少ないようである。

本日は、除草剤(ATA, DCMU, PCP)の桑樹に対す

る葉害生理を中心にして話題提供したい。

まず、ポット栽培した桑樹の葉面ならびに土壤に除草剤を処理し、その後展開してきた桑葉の葉害観察および乾量増加について調査した。

10^{-4} M 除草剤の葉面処理では葉害が現われないか、現われても軽微であった。しかし 10^{-2} M 除草剤の葉面処理では三除草剤とも葉害が現われた。 10^{-4} M 除草剤の土壤処理ではPCP処理を除いて葉害が見られた。 10^{-2} Mの場合には葉害がさらに強く現われ、3除草剤とも桑葉は落葉した。

桑葉の乾量増加は 10^{-4} M 除草剤処理でも阻害された。この濃度は桑園で使用されている濃度の1/10~1/100の低濃度である。

さらにATAについてみると、処理後展開してくる桑葉はクロロシスを起こし、高濃度(10^{-2} M/kg 乾土)の場合は落葉するが、それより低濃度の場合には、クロロシス状の葉がその後展開してくる。しかし乾物増加量は少ない。

処理前に展開している葉には、クロロシスは現われにくい、処理後展開した葉を摘葉するとクロロシスが現われやすくなる。また桑葉を全部摘葉すると側芽の発生をみるが、この側芽は全部クロロシス葉になる。クロロシスを起こした桑葉の組織切片では、葉害の程度に応じて桑葉のクチクラ層、柵状組織の発達に阻害された。さらに桑葉のクロロフィル量、カロチノイド量、光合成量、呼吸量、還元糖量、デンプン量、葉面積重は葉害の程度に応じて減少した。

ATA処理による新展開葉への窒素のとりこみは対照区に比べ阻害されたが、単位面積当たりの窒素含量は対照区と同程度であった。一方、窒素の形態別含量を調べてみると、ATA処理区では、タン白態窒素量が減少し、その分だけ非タン白態窒素含量が多く、タン白代謝の阻害がみられた。

桑樹の養分吸収に及ぼす除草剤の影響をみると、PCPは、特にリン酸、カリウムの吸収を阻害し、負の吸収量

* Yoshinori AIBA and Yukio SAKAGAMI: The 12th symposium of the forest tree physiology—The effects of chemical substances on the metabolisms of tree—

** 東京農工大学農学部 Fac. of Agr., Tokyo Univ. of Agr. & Tec., Musashi-Fuchu, Tokyo

*** 農林省林業試験場 Gov. For. Exp. Sta., Meguro, Tokyo

が示された。DCMU も、特にリン酸、カリウムの吸収を阻害したが、PCP に比べれば、その阻害度は大きくなかった。ATA は上記除草剤に比べて養分吸収の阻害度は小さく、養分吸収に関連する代謝に対して直接的な影響は少ないと考えられる。

以上の実験は、ポット実験であるため圃場実験より強く影響が現われたものと考えられるが、少なくとも、基本的には圃場に散布された除草剤の作用と同一であり、特に桑樹のような永年作物の場合、毎年除草剤の連用は桑樹の生長に対して抑制的に作用するものと思われるが、この面の研究は殆んど行なわれていない。

質 疑 応 答

佐々木: DCMU は従来、光合成との関係で注目されていたが、今報告された DCMU とホスファターゼの関係は興味深い。シマジンとホスファターゼとの関係はどうか。組織培養でのシマジンの影響は 10^{-4} モルで、カサの生長がとまるというデータがある。

本間: それらのことについてはまだ調べていない。

佐々木: 土壌に除草剤を散布した場合に、構造はこわれるか。

本間: これも調べていない。

根岸(東大): クロロシスを起こした葉の大きさはどうか。

本間: 高濃度になると小さくなるが、クロロシスを起こす限界濃度ではあまり差はない。

レジノーマツ (*pinus resinosa* Ait.) の生長におよぼす除草剤および抗生物質の影響

佐々木恵彦 (農林省林業試験場)

植物におよぼす除草剤の影響はいろいろな条件、たとえば環境、除草剤の形態(調製方法)、撒布方法、それに植物の生長段階によって異なった形をとる。今回は問題をしぼり、環境条件を一定にした場合に、除草剤およびその他の阻害剤がマツにどう作用してくるかを見ることにしたい。

以下の実験には、レジノーマツ (*Pinus resinosa* Ait.) を使った。このマツの生長は個体差が少ない。Growth chamber (温度 25°C, 光 10,000 Lux, 16 時間日長) で発芽させると、前処理なしで、5 日目には約 80%, 6 日目には 95% の発芽率を示す。10 日目には子葉が出はじめ、14 日頃には種皮が落下し、子葉が展開する。生長過程が均一であり、阻害剤の影響がはっきりとした結果を示す。

(I) 除草剤の種類とレジノーマツに対する影響

除草剤をホルモン系と非ホルモン系に分け、さらに化学構造上の類似点によって細分できる。この分類によると、マツの代謝と除草剤の作用との関係が比較的よく説明できる。非ホルモン系の Triazine や Phenylurea などの光合成阻害剤は発芽には影響が少ないが、発芽後の苗木の光合成を押さえ、最終的にはマツの苗木を枯らす。

マツに対する Triazine および Phenylurea の阻害能力は化学構造から見て、側鎖のわずかなちがいでより変わってくる。

これに対して EPTC, CDEC などの Thiocarbamate, CDAA などの Amide, その他 NPA などは発芽時に影響力が大きい。特にマツの若い組織に作用した場合には組織分化に変化をきたすことが多い。

2, 4-D, 2, 4, 5-T, Pichloram (Tordon) などは細胞組織を変形させ異常分裂や多核細胞を作り出す。高濃度のホルモン系の除草剤が作用した場合には、二次的な作用として呼吸、光合成の低下がいちじるしい。

除草剤による生長抑制、変形、その他の影響をはっきりと知るために、マツの発芽およびその後の生長生理を解析する必要がある。

(II) レジノーマツの種子の発芽と苗木形成

(i) 発芽過程における胚の形態分化

休眠中のマツの種子は lipid や protein body の入った貯蔵組織(雌性配偶体)と、完全には組織分化をしていない胚とからなっている。休眠中の胚は子葉、頂芽、胚軸、幼根からなり、胚軸には procambia の分化が見られる。胚の細胞には貯蔵物質と不定形の核が存在する。水分吸収一日後には各細胞の核は肥大し、仁の存在がはっきりする。二日目に protophloem が分化し、三日目に細胞分裂が procambia, cortex, epidermis に同時に起こる。5 日目になると、胚軸に xylem と気孔の形成が見られ、さらに一次葉の原基が頂芽の側辺に形成される。

子葉の分化は胚軸よりおそく、7 日目後に分化が始まる。

このような生長階段に、CDEC または EPTC が作用すると、子葉または一次葉の異常ゆちゃくが起こる。CDAA が作用した場合には、マツの苗木が矮小になる。2,4-D または Tordon を与えると callus の形成、通導組織の disorganization が起こる。これらの形態異常の問題はさらに、蛋白質合成と関係があると考えられる。

(ii) 発芽時における貯蔵物質および光合成による同化物質の利用

休眠中のマツの胚は貯蔵物質を含み、発芽の初期では

胚自体の物質を利用している。外部の貯蔵器官からの物質供給は発芽の 4~5 日目に始まる。形態分化能力は胚個有のものであり、貯蔵物質外部からの供給とはあまり関係がない。光合成組織は胚軸では 8 日目に完成し、10 日以後には子葉の光合成組織が子葉のつけ根から先端に向かって完成していく。14 日をすぎると子葉の光合成能力は非常に高く、光合成生産物は一次葉の生長と根の発達にきわめて重要な役割をもっている。

Phenylurea または Triazine のような光合成の阻害剤が、上記のような光合成の開始時点で作用した場合、マツの一次葉の生長と根の発達が完全に押さえられる。特に一次葉の生長抑制は光合成阻害剤の阻害能と比例した関係をもっている。たとえば Triazine 系の中では Atrazine, Simazine, Propazine の順で光合成の阻害能が低下するが、同じ順でマツの一次葉の生長抑制が低下する。

(iii) レジノースマツの発芽初期における核酸および蛋白合成機構の発達

CDA, EPTC, CDEC, 2, 4-D, Pichloram などが未分化のマツの組織に与えられた場合に起こる異常な形態分化を説明するには、発芽時の核酸および蛋白合成の機構を調べることが必要である。

(a) 発芽時における正常なマツの核酸量の変化

休眠中のレジノースマツの胚には多量の DNA と少量の tRNA (transfer RNA), 5sRNA, rRNA (ribosomal RNA) が含まれている。一方、雌性配偶体には比較的多量の tRNA, 5sRNA, rRNA が含まれているが、DNA は非常に少ない。発芽期間中、雌性配偶体の核酸の量は殆ど変化しないが、胚の核酸は水分吸収 2 日目から急速に増加する。特に発芽初期 3 日間に rRNA の増加が大きく、DNA との比率が逆になる。発芽後期になると、形態分化と関連して、tRNA の増加がいちじるしい。

(b) 休眠から発芽初期における蛋白合成機構の変化

休眠中のマツの胚には、核酸の全種類が存在しており、蛋白合成は発芽のきわめて初期に始まると考えられる。蛋白合成の機構で重要な役割をもつ ribosome の状態を休眠から発芽初期にわたって調べた。休眠中のマツの胚には ribosome は monomer unit として存在している。この monomer ribosome は非常に安定したもので、休眠の機構の解明のカギであると考えられる。吸水 4 時間目には ribosome が monomer から polyribosome に変化していくことがわかる。

マツの胚だけをとり出して培養した場合、胚の吸水はほぼ 1 時間で完了する。したがって吸水完了から polyribosome の形成までの時間に何かの変化が起こってい

なければならぬ。現在、この分野の研究がさかんで、いろいろの学説があるが、レジノースマツの場合には、mRNA (messenger RNA) の生成および原形質膜にある不明の因子の作用が polyribosome の形成の制限要因として入ってくるものと考えられる。

(iii) レジノースマツの発芽に対する CDA および抗生物質の影響

マツの発芽過程における核酸増加および polyribosome の形成を見ると、蛋白合成阻害剤が発芽抑制をすることが可能である。

実験した抗生物質のうち、cycloheximide は発芽を押さえ、polyribosome の形成がさまたげられる。RNA の合成を抑制する Actinomycin D はマツの胚のみに与えられる場合に多少の抑制作用を示したが、種子そのままを Actinomycin D で処理してもマツの発芽は抑制されない。大きな分子量の抗生物質の場合には、とりこみに問題がある。

CDA の作用を調べてみると、まず polyribosome の形成が抑制され、その結果 tRNA および rRNA の生成が阻害される。さらに、in vitro の実験結果では、アミノ酸と tRNA を結合させる Aminoacyl-tRNA synthetase の作用を阻害する。

以上の実験結果から推察して、CDA は蛋白合成の第一段階を阻害し、結果的には polyribosome の形成を抑制しているものと考えられる。

質 疑 応 答

森田 (北海道林試): 休眠中のマツのタネに DNA が多い理由はなにか。

佐々木: 分化のための information source として必要。休眠に入る前に蛋白合成はかなり落ちる。一方、DNA の方は残っていないなければならない。ここに貯蔵形態の問題がでてくる。DNA がこわされるような貯蔵形態はだめで安定な形で原形質膜リボソーム DNA (クロマチン) を保護するような形でなければならない。

総 合 討 論

畑野 (東大): 最近 2, 4, 5-T が問題になっているが、佐々木氏の資料の表中で人体に問題のある除草剤はどれか。

佐々木: DNC, DNBA, DNAP などは問題になる。2, 4, 5-T や 2, 4-D なども量が多いと危険である。これら動物実験で調査する必要がある。核酸レベルでは動物も植物も同じと思われる。2, 4-D を与えた植物では多核細胞ができた RNA も変化する。林業でも薬剤を使う

人と使わせる人はうまく連絡をとっていなければならない。

根岸: 2,4-D の形態はいろいろあるが、どういう型でとりこまれるか、水溶性、非水溶性では吸収機構は違うか。

佐々木: 水溶性は根から吸収され、非水溶性はクチクラ層から吸収されやすい。エステル化したものは揮発性がないため、地中でどのぐらい残っているかわからない。さらにベトナムでの 2,4-D 散布量は 34~64 ポンド/エーカーと、一般林地の散布量の 30~40 倍である。この場合には、2,4-D そのものの害のほかに、溶媒や表面活性剤などの影響も大きいと思う。

畑野: この表の中で、わが国で一番多く使用されている薬剤はどれか。

本間: 表中の除草剤はすべて使用されていると思われるが、使用量はわかっていない。

郷(東大): 初生葉の細胞分裂はかなり早い、根の分裂はいつごろか。

佐々木: 初生葉より前に根の分裂が始まる。根の分裂は 3 日目、初生葉は 5 日目ぐらいからである。

八木(東大): 2~3% の不発芽種子があるが、その原因は。

佐々木: わずか 2~3% であるので気にしなかった。原因はわからない。

根岸: レジノーサマツの子葉数は。

佐々木: 平均 7~8 本。

根岸: 同化量測定の方法は。

佐々木: 20 個体を普通の Gas-analyser を用いて、closed system で、400 cc の空気をつかって敏感になるようにして測定した。

根岸: 子葉のゆちゃくを起す薬剤はほかにどのようなものがあるか。

佐々木: CDEC, EPTC, 2,4-D などである。ただし、2,4-D の場合は形態が CDEC とはちがう。遺伝的にも子葉、一次葉がゆちゃくするものがある。

森田: 北海道でトドマツにフェノキシ系の薬剤を散布すると、葉がねじれる。また年齢の高いトドマツをつぎ木すると、同じような現象がみられる。この二つは関連があるか。

佐々木: ねじれる現象は、細胞間げきの変化や分裂が激しいためである。

本間: シマジンはクワの葉脈にクロロシスを生じさせる。

坂上(林試): 休眠の問題に関して、苗木の芽の場合の核酸はどうなっているか。

佐々木: 日長を短くし、温度を下げるとポリマーがモノマーに変わる。タンパク合成が不活性になる。リボゾームのモノマーは不活性型のリボゾームであると考えられ、これは最近動物でも同じことがいわれてきている。

坂上: リン吸収の場合、マイナスの吸収がみられたが、これは葉からの溶脱か、根からの溶脱か。

本間: 根からの溶脱と考える。

塚原(山形大): クロロシスの生じ方は、温度によってどのようにかわるか。

本間: 直接温度とは関係ないと思われる。しかし、低温では生育が悪くなるので、クロロシスのでかたが悪くなる。ATA はクロロフィルの合成に関係しているといわれている。ATA でクロロシスが起こさせたものに、リボフラビンを与えると、クロロシスが解除される。わたくしの実験はとり込みを問題にしたので、温度については実験していない。

塚原: レジノーサマツの芽生えの実験で用いた日長と温度条件の意味は。

佐々木: 25°C, 16 時間の場合、生長が一番良かった。

塚原: 除草剤の動物実験はどのような機関で現実におこなわれ、どのようにやればよいか。

相場(農工大): 現状は、農業が政府機関に登録されねば、使用も販売もできない。昭和 43 年度以降の新規化合物農薬の登録にあたっては、慢性毒性に関する幾つかの資料が必要である。一つを例にとると、毒性試験、これには急性と亜急性、慢性とある。この試験は、マウスとラットというように 2 種類の動物を最低 3 か月、長い場合 1~2 年間にわたって、体重、食物摂取、死亡率、催奇性、発がん性などにつき、原則として 2 機関以上で行なわれた資料が必要となっている。この資料から、許容量もきめられている。実際にはどのような機関から出た資料か、昭和 43 年以前の登録農薬の処置についてはわたくしは知らない。2,4,5-T は本年 4 月から毒物、劇物に指定され、使用方法はきびしくなる。

森田: 新しい薬剤が使用されるときシステムにも多くの問題があるだろうが、われわれ試験研究機関にもちこまれるときには、そのようなデータはついていない。われわれが実験して除草剤として効果あるとなると、それだけで実効をもちメーカーは販売している。この点も問題であろう。

(1971 年 5 月 22 日受理)