

葉面微細構造物質，エピクチクラ ワックスの物理，化学的性質

宇都宮大学野生植物科学研究センター 竹内 安智

植物の葉は光合成を営む重要な器官であり、細胞壁、クチクラ膜（層）および撥水性のエピクチクラワックスで保護され、さらにその表面がごう毛、毛じや大小の乳状突起物などで覆われているので、紫外線、乾燥、病害虫、風、雨などの影響を直接受けることはない。また葉の表裏の両面には光合成と呼吸に必須のガス交換を司る重要な器官である気孔も存在して

いる。

茎葉処理型の除草剤や生育調節剤は主として葉から取り込まれ、クチクラ膜を移行して細胞に到達し、生理作用を発現する。葉表面の微細構造物が散布液の付着とその有効成分の移行に大きな障壁になるため、本来高い生理活性と優れた作用機構を持ちながら、茎葉処理剤として実用化に至らなかった候補化合物の数は膨大な

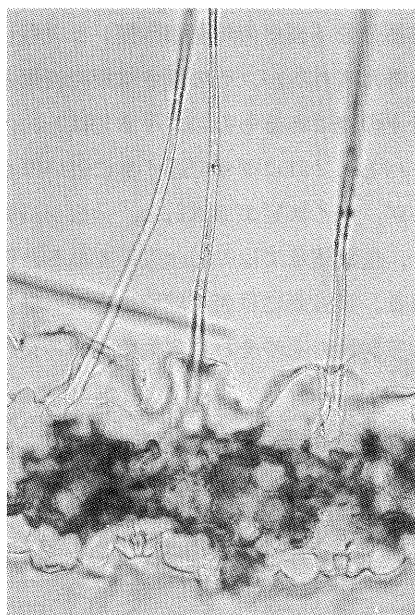
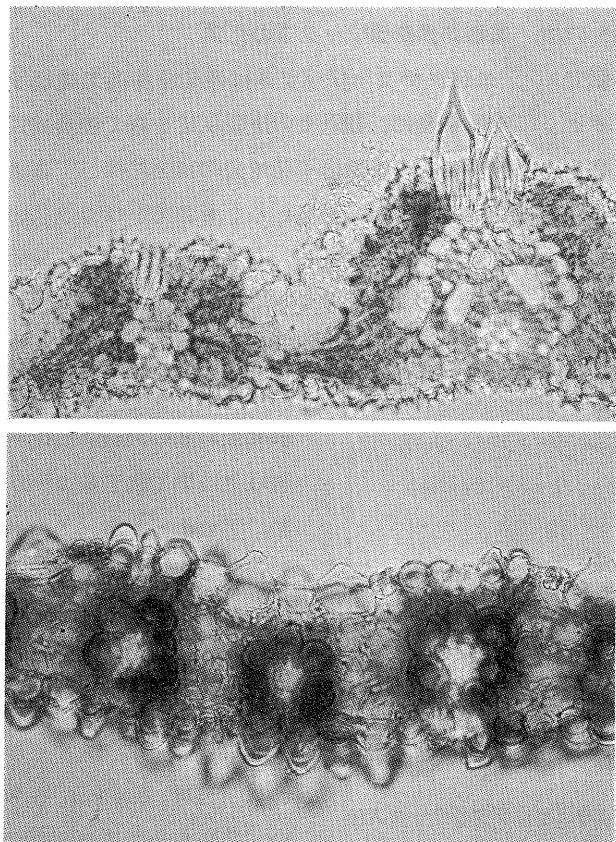


図-1 イネ(左上)、タイヌビエ(左下)
およびメヒシバ(上)の葉横断面
の構造(×400)

ものになろう。また既存の薬剤でも環境の変化や製剤・施用法によっては効力を十分発揮し得ない。

生理活性物質の葉面吸収の改善はそれらの効力の向上と安定化を通じて使用量の低減を可能にするものと期待される。本小文はそのような目的に少しでも役立つことができれば、幸甚である。

植物葉面の微細構造

図-1 にイネ、タイヌビエおよびメヒシバの葉の横断面構造を示した。中山は顕微鏡観察ではタイヌビエとケイヌビエは形態的な違いはほとんどなく、ともにイネにくらべて表皮細胞、薄膜柔細胞組織は疎大であり、外皮(表皮細胞の外側部分を意味するものと考えられる)の厚膜化は小さいとしている。野田らはこの外皮相当部分を「表皮の外側細胞膜」と表現したものと考えられるが、その厚さは葉の表側と裏側で若干の差はあるものの、イネでは $2-3\mu\text{m}$ 、オヒシバとエノコログサではイネに近い厚さを有するが、タイヌビエでは $2\mu\text{m}$ 、メヒシバでは $1\mu\text{m}$ で、広葉雑草では $0.5\mu\text{m}$ 以下であると報告している。葉表面には表皮細胞由来の単細胞または多細胞性の毛やそれに類似の大小の突起物が存

在し、その平面空間はワックス層で埋められている。植物によってはさらにその上を独特の形をしたワックスの結晶によって被覆されている。これらの表層ワックスはエピクチクラワックスと呼ばれ、その下層のクチクラ膜中のワックスとは成分や物性が大きく異なっている。

除草剤等の散布液の葉への付着と移行はとりわけ、エピクチクラワックスの成分、組成、結晶の立体構造や密度の影響を大きく受けるようである。エピクチクラワックスの沈着量は植物の栽培条件や生育ステージによって変動するが、少ないものでは $5-10\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、シロザ、セイヨウタンポポ、エゾノギシギシなどの雑草では $10-25\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、ネギ属やカンキツ類では $30-60\mu\text{g}/\text{cm}^2$ と報告されている。

エピクチクラワックスの化学

エピクチクラワックスは表皮細胞内で遺伝子支配を受け、30以上の酵素反応を経て生合成される。その後低分子量成分の蒸散に伴って表面に押し出され、結晶化したもので、ワックスの成分、組成を反映し、その種特有の形状を呈する。エピクチクラワックスの構成、成分は表-1と表-2に示すように炭素数の多い長鎖脂肪

族化合物である。炭素数が偶数個の直鎖の脂肪属化合物は主に第1級アルコール類、アセテート類、アルデヒド類と脂肪酸類を含む $\text{C}_{22}-\text{C}_{34}$ の化合物で、 $\text{C}_{12}-\text{C}_{18}$ の化合物の含量は少ない。これらに次いでアルキルエステル類($\text{C}_{36}-\text{C}_{72}$)とジオールエステル類($\text{C}_{52}-\text{C}_{60}$)も多い。アルキルエステルは $n-$

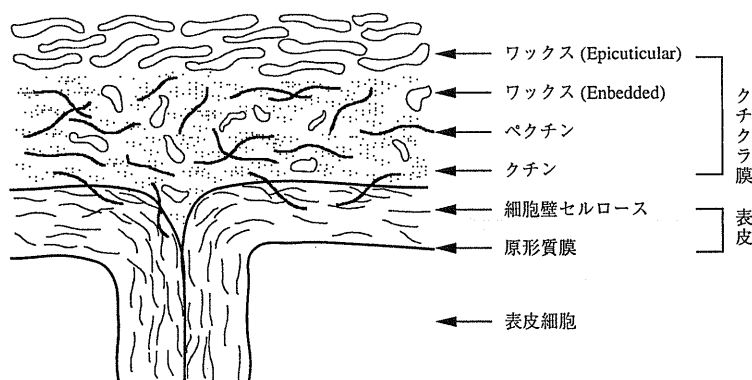


図-2 表皮細胞を含む表皮、クチクラ膜およびエピクチクラワックスの模式図 (Rosa 1985を改図)

表-1 植物のエピクチラワックス中に含まれる主要化合物*

化合物の系統	同族体	主 要 成 分
・主要偶数化合物		
脂肪酸類(短鎖)	C ₁₂ -C ₁₈	hexadecanoic; octadecanoic
脂肪酸類(長鎖)	C ₂₀ -C ₃₂	hexacosanoic; octadecanoic
アルデヒド類	C ₂₂ -C ₃₂	hexacosanal; octacosanal; triacontanal
第1級アルコール類	C ₂₂ -C ₃₂	hexacosanol; octacosanol; triacontanol
アルキルエステル類	C ₂₆ -C ₇₂	hexacosyl and octacosyl esters of hexadecanoic, octadecanoic, eicosanoic and docosanoic acids
・主要奇数化合物		
炭化水素類	C ₁₇ -C ₃₅	nonacosane; hentriacontane; tritriacontane
第2級アルコール類	C ₂₁ -C ₃₃	nonacosanol; hentriacontanol
ケトン類	C ₂₃ -C ₃₃	nonacosone; hentriacontanone
β-ジケトン類	C ₂₉ -C ₃₃	hentriacontane-14, 16-dione; tritriacontane-16, 18-dione
ヒドロキシβ-ジケトン類	C ₂₉ -C ₃₃	derivatives of hentriacontane-14, 16-dione
・環状化合物		
トリテルペノイド酸類		ursolic acid; oleanolic acid
トリテルペノール類		β-amyrin; α-amyrin; lupeol
トリテルペノイドエステル類		β-amyrinyl acetate; taraxeryl acetate; lupeyl acetate
トリテルペノイドケトン類		taraxerone; lupene-3-one

*Baker. E. A. (1992)

表-2 植物のエピクチラワックス中に含まれるマイナーあるいは常在度の小さい成分*

・脂肪族化合物
Unsaturated hydrocarbons
Branched-chain hydrocarbons
Branched-chain primary alcohols
Branched-chain acids
Branched-chain esters
Hydroxy ketones
α-ω-diols
α-ω-diol esters
γ-diols
Oxo-β-diketones
Acetates
Polyestolides
・環状化合物
Sterols
Steryl esters
Uvaol
Erythrodiol
Dihydroxy triterpenoid acids
・フェノール系化合物
Flavonoids
Flavonoid glycosides

*Baker, E. A. (1992)

アルコール類 (C₂₂-C₃₂) と短鎖脂肪酸類 (C₁₂-C₁₈) が縮合したエステル化合物である。典型的なジオールエステル類はC₈-C₁₂のα, ω-ジオールのドコセン酸エステル類とテトラコセン酸エステ

ル類である。短鎖のC₁₂-C₁₆の第1級アルコール類, 脂肪酸類やジオール類は少ない。

炭素数が奇数個の脂肪族化合物の主なものは炭化水素類, 第2級アルコール類, ケトン類, ケトール類, β-ジケトン類とそれらのヒドロキシおよびオキシ誘導体である。炭化水素類はC₁₇-C₃₅の化合物で, 主なものはC₂₉とC₃₁化合物である。第2級アルコール類も多く, それらは対称体のC₂₉-15-olとC₃₁-16-olか, 非対称体のC₂₉-10-ol, C₂₉-14-olおよびC₃₁-15-olである。ケトン類は第2級アルコール類と同じ生合成経路で合成される類似化合物である。ケトン類はブラシカ属の植物に存在する。また, hentriacontane-14, 16-dioneなどがイネ科植物に含まれる。

分枝脂肪族化合物と不飽和脂肪族化合物の炭化水素類, アルキルエステル類や第1級アルコール類も存在する。環状化合物の中では, ウルソル酸とオレアノール酸がよく見られるものである。フェノール類は突起物から生産された分泌物とも考えられている。しかし, エピクチク

ラワックス中には環状化合物の含量は低いようである。通常のエピクチクラワックスのなかにはヘキセコサノールやオクタコサノールなどのような第1級アルコール類が最も多い。長鎖脂肪酸化合物や環状化合物は普遍的に見られるが、含量は少ない。炭化水素類のなかではノナコサンは報告例が多く、ブラシカ類の葉では主要ワックス成分である。ウルソル酸は植物によっては葉または果実のエピクチクラワックスの主成分になっている。第2級アルコール類、ケトン類と β -ジケトン類はエピクチクラワックス以外のクチクラ膜のワックス中にも含まれる。 β -ジケトン類はイネ科作物の葉のエピクチクラワックス中では他の化合物と混在している。植物のエピクチクラワックスの成分、組成はこれまでに80種以上の植物で明らかにされているが、植物の種類によって異なる。表-3には8種類の植物の葉などのエピクチクラワックスの組成を示した。リーキ、シロイヌナズナ(茎)やキャベツではアルカン類やケトン類が多い。ラッカセイやアルファルファではアルカン類や脂肪酸類が多く、アルファルファでは第1級アルコール類も多い。そのほか、カンキツの葉のエピクチクラワックスでは炭化水素類が42-46%と最も多く、次いでアルコール類23-38%と脂肪酸類

が2-20%と報告されている。その成分、組成は生育時期や器官によって変動する。トウモロコシの葉で最も多い成分は新しい葉では第1級アルコールが63%、生育が進んだ古い葉ではエステル類が42%と報告されている。カンキツの葉でも若い時期には第2級アルコール類が最も多かったが、次第に第1級アルコールや炭化水素類が増加した。シロイヌナズナに含まれるケトン類の含量は茎の場合、葉の3倍多かった。

さらに生育環境も葉のエピクチクラワックスの成分、組成に大きく影響する。例えば、強光のもとでは長鎖の炭化水素類、第2級アルコール類やケトン類が増える。気温の上昇に伴い、長鎖化合物(ノナコサンやノナコサノール)の含量が低下する。湿度が低下すると、炭化水素類のケトン類への酸化が促される。

次にいくつかの植物のエピクチクラワックスについて詳細に述べよう。イネではワックスの沈着量、成分、組成は品種間では大きな差はないが、生育時期により異なる。その沈着量はKwonらの報告では分げつ期にくらべて、出穂期にはおよそ2倍に増加し、成分、組成では分げつ期には非極性物質のアルキルアルデヒド類、アルキルエステル類が大半を占めていたが、出穂期には非極性物質のほかに極性物質の脂肪酸

表-3 7種類の幼植物の葉および茎のエピクチクラワックスの化学組成*

	ワックス組成						
	A	B	C	D	E	F	G
リーキ(第1葉)	31.0(%)	...	...	57.8(%)	10.8(%)	...	6.4(%)
オオムギ(葉)	t	83.0(%)	...	...	1.7(%)	4.7(%)	10.3(%)
トウモロコシ(葉)	1(%)	63.0(%)	...	...	20.0(%)	16.0(%)	t
シロイヌナズナ(茎)	38.0(%)	11.8(%)	10.3(%)	30.4(%)	5.9(%)	0.8(%)	3.2(%)
シロイヌナズナ(葉)	73.6(%)	18.5(%)	0.7(%)	1.2(%)	2.1(%)	0.2(%)	3.6(%)
キャベツ(葉)	40.3(%)	1.9(%)	11.9(%)	3.9(%)	3.9(%)	3.9(%)	1.9(%)
ラッカセイ(葉)	35.7(%)	23.8(%)	...	1.9(%)	2.4(%)	...	38.1(%)
アルファルファ(葉)	20.0(%)	48.4(%)	...	3.9(%)	20.5(%)	11.0(%)	...

A: アルカン類, B: 第1級アルコール類, C: 第2級アルコール類, D: ケトン類,
E: アルデヒド類, F: エステル類, G: 脂肪酸(free)

*Post-Beittemmiller, D. (1996)

表-4 イネの葉のエピクチクラワックスの化学組成

アルカン類	C ₂₇ (15%)	C ₂₉ (34%)	C ₃₁ (18%)
アルコール類	C ₃₀ (100%)		
アルデヒド類	C ₃₀ (44%)	C ₃₂ (42%)	C ₃₄ (15%)
エステル類			
< アルコール部分	C ₂₀ (4%)	C ₂₂ (27%)	C ₂₄ (65%)
脂肪酸部分	C ₂₀ (34%)	C ₂₂ (57%)	C ₂₄ (9%)

内山武夫ら：農化 61(1) 45~47(1987)

類, アルコール類やジオール類の含量も増えた。

内山らの報告ではイネ(コシヒカリ)の葉(第1葉)のエピクチクラワックスはアルカン類6.2%, アルキルエステル類27.8%, アルキルアルデヒド類30.3%およびアルコール類20.4%であった。また渡部らの報告ではイネ(7品種)の葉(4-5葉期)ではアルキルエステル類60-70%, アルキルアルデヒド10-15%およびアルコール類20-25%であった。このような報告者による成分組成の差は生育ステージや生育環境の違いによるものであろう。内山はイネの葉のエピクチクラワックスの成分を調べ, 表-4のような結果を得た。イネのエピクチクラワックスは各成分とも直鎖

の飽和化合物から成り, アルカン類はC₂₇, C₂₉, C₃₁の化合物とを主成分とし, アルコール類はC₃₀化合物のみであった。アルデヒド類はC₃₀, C₃₂化合物がほぼ同程度, エステル類を構成するアルコール類はC₂₂, C₂₄化合物, 脂肪酸類はC₂₀, C₂₂化合物を

主成分にしていた。以上のようにイネのエピクチクラワックスではアルカン類は奇数個の炭素数を有するものを主成分としていたのに対して, 他の成分の同族体は全て偶数個の炭素数を有している。筆者らが浅水条件と深水(水没)条件で育てたイネの葉のエピクチクラワックスを調べたところ, 沈着量は前者は後者に較べて40%位

少なかった。組成は浅水下ではアルカン類50%, エステル類・アルデヒド類25%, 脂肪酸類8%およびアルコール類は16%であったが, 深水下ではアルカン類28%, エステル類・アルデヒド類37%, 脂肪酸類11%およびアルコール類23%で, 特にアルカン類の減少が目立った。このため葉の濡れ性が変化し, 除草剤等の散布液滴の付着, 有効成分の移行が大きく影響を受けると考えられる。

筆者らは野外で生育したコウライシバの葉のエピクチクラワックスについて調べた。その沈着量は2.7mg/g新鮮重で, 組成はアルカン類(C₂₅-C₃₅)23%, アルンドイン39%, シリンドリン3%, 脂肪酸類(C₁₄-C₂₈)9%, アルコール類(C₂₆)18%, その他7%であった。植物中に存在例の少ないトリテルペノイド類が全ワックスの39%を占めており, 注目された(図-3)。そのほかにn-アルカン類とアルコール類が多く, 脂肪酸類は少なかった。

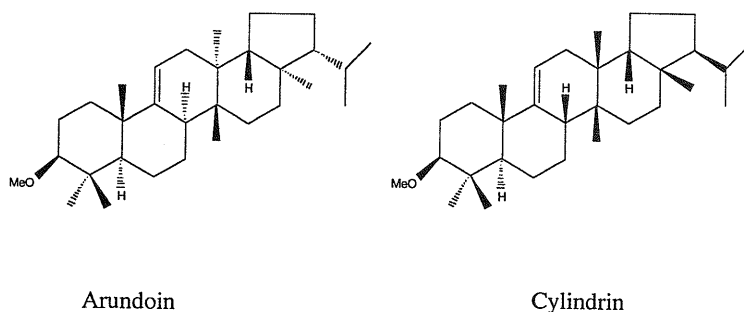


図-3 コウライシバの葉のエピクチクラワックスに含まれるトリテルペノイド類の化学構造

内山らはオオムギの第1葉期の葉のエピクチクラワックスについて調べた。その沈着量は0.83-0.87mg/gであった。クロロホルムとエーテルのいずれで抽出してもアルコール類が60-70%と最も多かった。筆者らが7-8葉期に調べたところ, 沈着量は8mg/gで, その内訳はアルコール類が35%, 脂肪酸類20%, ケトン類・アル

表-5 オオムギの葉のエピクチラワックスの化学組成

アルカン類	C ₂₅ (9%)	C ₂₇ (4%)	C ₂₉ (6%)
	C ₃₁ (16%)	C ₃₃ (48%)	
アルコール類	C ₂₂ (11%)	C ₂₄ (3%)	C ₂₆ (86%)
ケトン類	C ₂₂ (83%)		
エステル類			
< アルコール部分	C ₂₂ (27%)	C ₂₄ (11%)	C ₂₆ (54%)
脂肪酸部分	C ₁₆ (16%)	C ₁₈ (18%)	C ₂₀ (16%)
	C ₂₂ (22%)	C ₂₄ (4%)	C ₂₆ (24%)

内山武夫ら：農化 50(8) 351~355(1976)

表-6 イヌビエ類 (*E. crusgalli* var. *flumentacea* (Roxb.) W.F.Weight) の葉のエピクチラワックスの化学組成

アルカン類	C ₂₇ (15%), C ₂₉ (11%), C ₃₁ (28%)
	C ₃₃ (30%)
アルコール類	C ₂₆ (8%), C ₂₈ (33%), C ₃₀ (19%)
	C ₃₂ (38%)
アルデヒド類	C ₂₆ (15%), C ₂₈ (55%), C ₃₀ (15%)
エステル類	
アルコール部分	C ₂₂ (19%), C ₂₄ (36%), C ₂₆ (17%)
	C ₂₈ (21%)
脂肪酸部分	C ₂₀ (26%), C ₂₂ (32%), C ₂₄ (23%)
脂肪酸 (free)	C ₂₄ (21%), C ₂₆ (20%), C ₂₈ (24%)
	C ₃₀ (12%)

Tulocch A.P. ら；Phytochemistry(1980) 19:145-146.

デヒド類30%およびアルカン類16%

であり、若い葉にくらべて総ワックス量は著しく多く増加したが、アルコール類はかなり少なかった。このことは成長に伴い総沈着量が増加し、組成も変わることを示している。内

山は第1葉期のオオムギの葉のエピクチラワックスの組成を調べ、表-5のように報告している。アルカン類はC₂₅, C₂₇, C₂₉, C₃₁, C₃₃化合物でC₃₃化合物が最も多く、アルコール類はC₂₂, C₂₄, C₂₆化合物で、C₂₆化合物が最も多く、ケトン類はC₂₆化合物のみであった。エステル類はアルコール部分がC₂₂, C₂₄およびC₂₆化合物で脂肪酸部分はC₁₆, C₁₈, C₂₀, C₂₂およびC₂₆化合物であった。またGieseも内山とほぼ同様の報告をしている。

Tulloch らはイヌビエ類 (*E. crusgalli* var. *flumentacea* (Roxb.) W.F.Weight) の発芽105日後の栄養期の葉のエピクチラワックスについて調べ、表-6のような結果を得た。エステル

類は他のイネ科植物と同様にC₄₀-C₅₆の化合物が多かったが、その中でC₄₆化合物が主なものであった。それらの加水分解物のアルコール類はC₂₀-C₃₀化合物でC₂₄化合物が主たるものであった。エステル類は予想よりも炭素数が短く、含量も少ないと報告している。通常、熱帯域の植物のエピクチラワックスに含まれるC₅₀-C₆₀のような長鎖化合物は温帯域の植物では溶解が困難なことから、少ないのであろうと考察している。筆者らは浅水または深水下で育てたタイヌビエの2葉期の全葉のエピクチラワックスについて調べ、表-7のような結果を得た。深水下で育った場合はワックスの沈着量が著しく減少したが、なかでもアルカン類の減少が目立った。

表-7 異なる土壌水分下で育てたタイヌビエとメヒシバの葉(2-3葉期)のエピクチラワックス沈着量

	タイヌビエ		メヒシバ	
	mg/g	μg/cm ²	mg/g	μg/cm ²
過湿(湛水)区	6.09	16.19	16.46	35.46
多湿区	6.84	18.54	21.86	44.98
標準区	7.72	20.94	21.96	44.02
乾燥区	11.60	26.92	25.58	47.86

筆者らは異なる土壌水分下でメヒシバを育て、4葉期にそれらのワックスについて調べ、表-7のような結果を得た。低水分、強光、あるいは適量の施肥によりワックス沈着量が増加した。

除草剤のなかでも, carbamothioate (EPTC, triallate, diallateなど), chloroacetamide (alachlor, butachlorなど), 置換-pyridazinone類(pyrazone, norflurazone) やaryloxyphenoxy propionic acidやcyclopentanamide類は図-4に示したように脂肪酸の生合成阻害を通じてエピクチラワックスの組成や沈着量にも大きな影響を及ぼすことが報告されている。これらの除草剤によるエピクチラワックスの機能低下

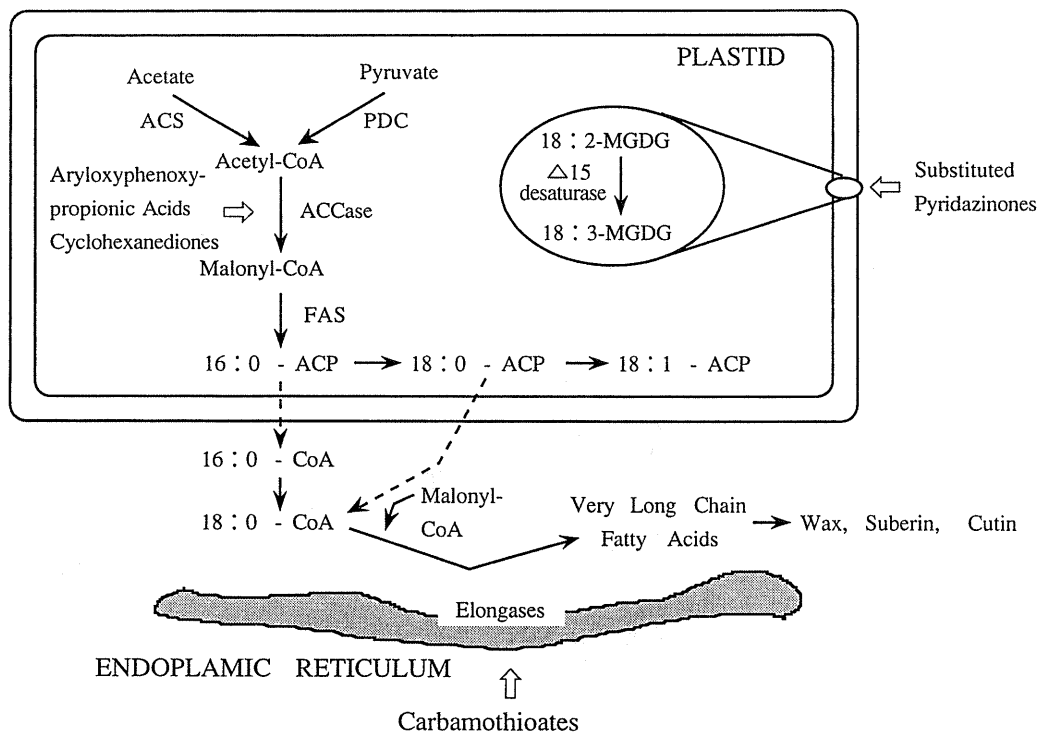


図-4 除草剤によるワックス類の生合成の阻害(Bronwald JW:Weed Sci. 39,435~49,1991を改図)

は植物の環境耐性の低下をもたらすであろう。また他の除草剤と組み合わせた時に見られる相乗効果の発現にはそれらの葉面吸収の促進の関与も大きいと考えられる。

エピクチクラワックスの結晶の形

多くのイネ科植物の葉面上では $1\mu\text{m}$ 位の大きさのエピクチクラワックスの結晶が沈着している。広葉植物の多くは比較的平滑なワックス層を形成するが、キャベツやシロザではその上にさらに結晶が沈着している。それらの形状は種に特有で、内部からの浸出液の成分、組成、濃度によって決定されるが、生育ステージや環境により若干変化する。エピクチクラワックスの形状(形、密度、方向)、物理化学的性質、特に、長鎖のケトン類、アルカン類の含量)は農薬の葉面への付着、吸収に大きく影響する。展

開直後の若い葉は無定形の平滑な薄いワックスで覆われるが、その後急速に無定形あるいは、特定の形の結晶物が沈着する。ワックスの結晶はプレート状、管状、リボン状、小棒状やフィラメント状などを呈する。その形は単一のワックス組成では著しく一様である。イネ科植物の葉のエピクチクラワックスに多い第1級アルコール類の結晶物はプレート状で、オオムギの葉では β -ジケトン類を多く含む薄い管状-板状の結晶が見られる。トリテルペノイド類の結晶は無定形であるが、アルコール類や他の物質と混在してプレート状を呈する場合もある。ブラシカ属植物の葉ではケトン類の結晶はヘチマ様の管状を呈する。アルデヒド類は他の成分と混在し、その結晶は小棒状を呈する。アルカン類、特に第1、第2級アルコールの多い結晶はフィラメント状、あるいは、鋸歯様の小棒状を呈する。

葉面の微細形態

イネでは葉面の微細構造は品種により若干の違いはあるものの、平滑なワックス層の上にフィラメント状の結晶が載り、その間に葉身の縦軸にそってイボ状の小さな乳状突起物が多数分布し、さらにその上にもワックスの結晶が存在している。また単細胞または多細胞性の微小毛も存在する。これらの微細構造物の存在とその形態がイネの葉の著しい撥水性の原因になっているのであろう(図-5)。筆者らの研究では水没下で育ったイネでは葉のエピクチクラワックスの沈着量が減少したが、さらに電子顕微鏡観察からはフィラメント状結晶が鋭利性を欠き、疎水性が減じたように観察された。コウライシバの葉面では筆者らの観察では平滑なワックス層の上にイネに似た突起物や結晶が多数分布していた。平滑なワックス層にはトリテルペノイド類とアルカン類およびアルコール類が混在しているのであろう。コウライシバの葉の撥水性はこれらの存在と形状に起因しているのであろう。

コムギとオオムギの葉面ではエピクチクラワックスの沈着量がイネよりもはるかに多く、平滑なワックス層の上にさらに板状に近い結晶が密に分布しているために撥水性を示すのであろう。

タイヌピエの葉面にはフィラメント状-鱗片状を呈したエピクチクラワックスの結晶物が密に分布している。水没下で育てた場合、ワックス沈着量が減少し、電子顕微鏡観察から結晶が鋭利性を欠き、疎水性を減じたように観察された。メヒシバの葉面でもフィラメント状のワックスの結晶が密に分布している。多湿条件下で育った場合、やはりワックスの沈着量が減少し

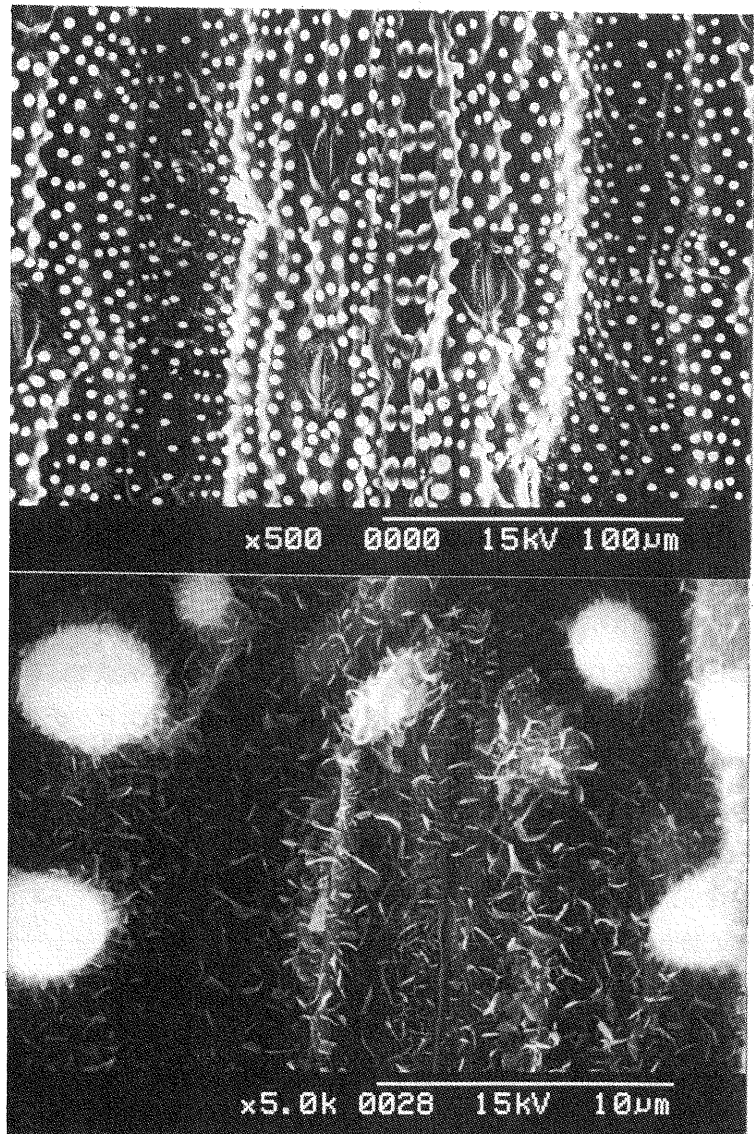


図-5 イネ表側葉表面の電顕写真(上(×500)), 下(×5,000))

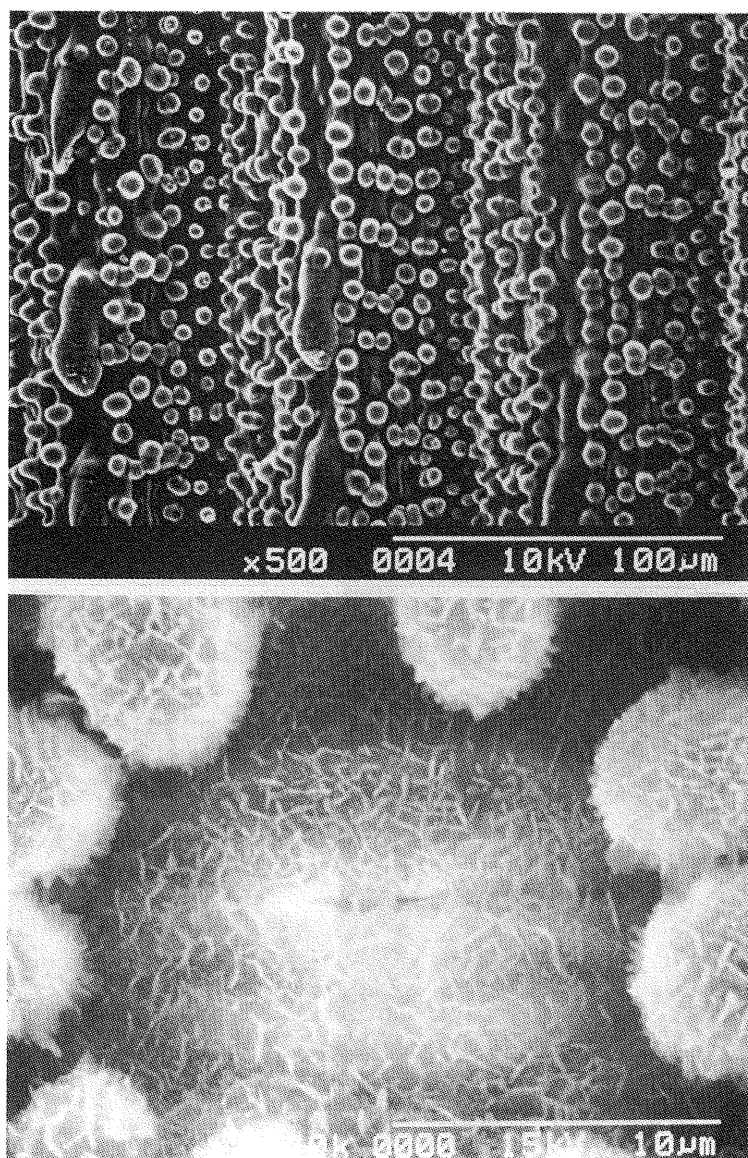


図-6 コウライシバ表側葉表面の電顕写真(上(×500)), 下(×5,000)

た。

スズメノテッポウと類似種のセトガヤの葉のエピクチクラワックス中にはアルコール類が最も多く、次いでケトン類、エステル類およびアルデヒド類が多く、結晶はフィラメント状に近い形を呈した。電子顕微鏡観察からは両植物の区別は困難であった。

葉面の微細構造と湿展性

茎葉処理型除草剤が効力を発揮するためには散布液滴が付着すること、次いで成分が作用点の細胞まで移行することが必須である。液滴の付着性は液滴および葉面の物理化学的性質によって決まる。葉の湿展性、濡れ性は葉面の微細構造の形、方向などの形状や成分の組成等によって決まる。表-8はHarrらの[The Leaf Surface of major Weeds]から抜粋したものである。主な雑草の幼植物期に葉のエピクチクラワックスの極性物質の割合、結晶の形状および葉の湿展性を調べた。湿展性の指標として葉面上における0.1%の界面活性剤(SAA, Sandovit)を含む液滴の接触角度を採用している。葉面上の液滴の湿展性はエピクチクラワックスの性質以外にも長毛、ごう毛、毛じや大小の突起物の影響

を受けるものと考えられる。多くの広葉雑草のエピクチクラワックスは比較的多くの極性物質を含み、0.1%SAAを含む液滴の接触角度は90度を超えず、湿展性が比較的良好。一方イネ科雑草は極性物質を多く含み、葉面上でのその液滴の接触角度は90度を超えないが、跳ね返ったり、散逸する。その原因はフィラメント状やプレート状を呈した結晶と大小突起物の存在によるの

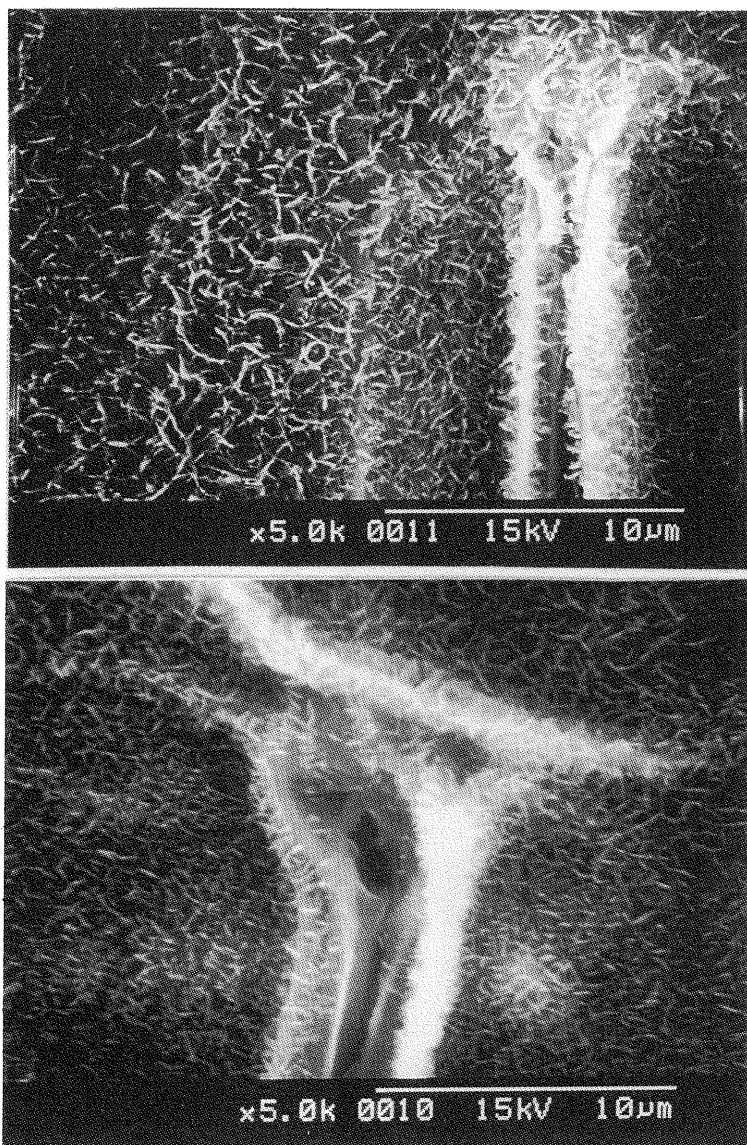


図-7 タイヌビエとメヒシバの表側葉表面の電顕写真 (いずれも×5,000)

であろう。ハマスゲの葉面でも液滴が跳ね返える。この原因は非極性物質の割合が大きく、それらが平滑に近い形状を呈しているからであろう。

イネの葉の撥水性の原因として、エピクチクラワックスの結晶、突起物のほかに微小毛の存在が考えられる。しかし、湿展性を示す突然変異体でも微小毛を有することから撥水性は主にエピクチクラワックスの成分、組成や形状に起

因していると考えることができる。オオムギの場合でも撥水性を示す突然変異体を使用した実験から撥水性は微小毛よりもエピクチクラワックス、特に結晶化物の存在に重要な原因があると推察された。水没下で育てたタイヌビエの葉では撥水性が減少したが、これはアルカン類および全ワックス量の減少に伴う疎水性の低下によってもたらされたものであろう。

葉の湿展性は界面活性剤によって大きく改善される。イネの場合、ChungらによればSAAのHLB値が12-13の時に液滴の接触角度が最小になり、その付着性が最大になった。Kadotaらによれば付着性を改善するSAAの最適濃度はPOElauryletherでは0.01%，POEnonylphenyletherでは0.1%で、POEsorbitanmonolaurateでは1.0%であった。

通常、SAAはタイヌビエの葉

にたいする液滴の付着性を高めるが、水没下で育ったタイヌビエの葉にたいしては同一濃度ではむしろ湿展性を低下させた。浅水下で育ったタイヌビエ葉鞘では湿展性は低下した。このようにSAAの至適濃度は植物葉面の物理的、化学的性質によって変動する。

SAAは除草剤溶液の茎葉への付着性を改善するだけでなく、浸透、移行性をも改善して除草

表-8 主な雑草葉面の微細構造の特徴(J. Harrら)

雑草	エピクチクラワックス中の 極性物質の含量(%)	葉面上の液滴の 接触角度	エピクチラワックスの形状
広葉雑草			
アオゲイトウ	55	71	比較的平滑
ナズナ	68	99	"
シロザ	66	…(撥水)	顆粒状突起物
チョウセンアサガオ	78	87	比較的平滑
ヤエムグラ	39	90	"
オオイヌタデ	86	99	繊維状結晶
スベリヒユ	63	78	比較的平滑
ノボロギク	34	81	"
ノハラガラシ	52	52	"
ハコベ	91	100	"
オナモミ	41	27	平滑な面上に粒状ワックス
イネ科雑草			
カラスムギ	90	84(撥水)	密なフィラメント~棒状結晶物
キョウギシバ	88	77(撥水)	密なフィラメント~鋸歯状結晶物
メヒシバ	62	93(撥水)	密なフィラメント~棒状結晶物
イヌビエ	72	82(撥水)	密なフィラメント~鮮片状結晶物
スズメノカタビラ	71	…(撥水著しい)	密なフィラメント~棒状結晶物
エノコログサ	88	84(撥水)	"
カヤツリグサ科雑草			
ハマスゲ	17	20>(撥水)	ほぼ平滑

- 注) 1) いずれも4~6葉期の植物の第2~3葉期の葉のエピクチラワックスを調べた。
 2) 葉の接触角度は0.1% Sandovit SAA(表面張力30mn/m)を含む水滴1 μ lを葉面に滴下した時の液滴の接触角度
 3) エピクチラワックスの形状はHarrらの葉表面の電子顕微鏡写真をもとに筆者が記載
 一部は筆者らの電子顕微鏡観察の結果も参考にした。

効果を著しく高めることができるので、アジュバント(補助剤)とよばれる。SAAのアジュバント作用については機会を改め、述べたい。

本小文は農林水産省の連携研究「植物の代謝系遺伝子を活用した新雑草防除技術の開発」にもとづいて行われた研究の一部である。

主な参考文献

1. Baker, E.A.1982. Chemistry and morphology of plant epicuticular waxes. In:Cutler,D.F.(eds.) The Plant Cuticle. Academic Press, New York. 139-166.
2. Chung, B.J. and Kwon, Y.W.1992. Relationship between surfactant properties and wettability of rice leaf surface for several nonionic surfactants. In:Foy, C.L.(eds.). Adjuvants for Agrichemicals. CRC Press. Boca Raton. 37-58.
3. Harr. J.,Guggenheim. R.,Schulke. G., and Falk, H.1991. The leaf surface of major weeds. Sandoz Agro. LTD. Witter-swil.
4. Gronwald,J.W.1991. Lipid biosynthesis inhibitors. Weed Science 39,435-449.
5. Kadota, G. and Matsunaka, S.1986. Effect of surfactants on foliar wettability J.Pesticide Sci. 11,597-603.
6. 切貫武代司 1990. 植物表面と付着. 日本農薬学会, 農薬製剤・施用法研究会編. 農薬の散布と付着. 日本植物防疫協会.

7. Kwon, Y. W. and Chung, B. J. 1992. Amount and chemical characteristics of the epicuticular waxes on leaves at active tillering and heading stages of rice cultivars. Korean J. Crop Sci. 37(2)185-197.
8. 中山治彦. 1968. ノビエ葉部組織について. 雑草研究. 7, 46-48.
9. 野田健治, 江口末馬. 1973. 主要雑草の解剖学的特徴. 雑草研究 15, 59-64
10. Post-Beittemmiller, D. 1996. Biochemistry and molecular biology of wax production in plants. Ann. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Bio. 47, 405-430.



ホクコーの水稲用除草剤

パピカ®フロアブル

レインジャー® **1キロ** 粒剤 55

イネグリーン® **1キロ** 粒剤 75
D粒剤 51

パピカ®
A
1キロ粒剤 36

レインジャー® **1キロ** 粒剤 51

バトル® **1キロ** 粒剤

クサメッツ®フロアブル

ユニハープ®フロアブル

マイキープ® **1キロ** 粒剤

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。

JAグループ

農 協 経 済 連

全 農



北興化学工業株式会社

〒103-8341 東京都中央区日本橋本石町4-4-20