

エチレン生成阻害蛋白のホルモン型除草剤 による水稲薬害の防止効果について

馬場 赳*・酒井 慎吾**

最近高濃度のオーキシシンによる植物の生長抑制などの被害は、オーキシシンにより誘導されたエチレンの被害であるとされ (Burg and Burg 1966, 1968. Chadwick and Burg 1967), 合成オーキシシン系除草剤による生長阻害, 分げつ抑制, 上偏生長, 脱葉, 黄化などの異常はこれら化学物質により誘導されたエチレンによることが大きいと考えられるようになった。

Sakai and Imaseki (1973 a, b) は黄化ヤエナリの下胚軸から抽出した蛋白がオーキシシンで誘導されるエチレンの発生を阻害することを発見し, その抽出, 精製に成功した。

このエチレン発生阻害蛋白が合成ホルモン型除草剤によって誘導されるエチレンの発生を阻害し, その薬害を軽減することが期待される。

従来, 天候不良や使用法の誤りなどの関係で水稲などのホルモン型除草剤による薬害が起った場合, あるいは起るおそれのある場合の適切な対策がなかった。またホルモン型除草剤は薬害の発生を懸念して水稲の生育が進んで薬害がなくなってから使用されている。エチレン生成阻害蛋白がこのような場面において薬害防止を軽減できるかどうかを明らかにするため研究を行なった。

その結果の一部は略報したが (馬場・酒井 1975), その後の研究も含めて報告する。

本研究に当り, 有益な助言を頂いた名古屋大学今関英雅博士, 実験を援助された中川恭二郎博士の御好意に深謝するとともに, 実験に協力した田辺佳代子氏に感謝する。

実 験 方 法

実験は1974~1975年に硝子室内で行なった。水田土壌をつめた5千分の1アールポットに稲苗を移植し, 3本立として育てた。肥料は化成肥料(15:15:15)を1ポット当たり3gを用いた。供試品種はヤマビコ。使用したホルモン型除草剤は, 2-メチル-4-クロロフェノキシシン酢酸アリルエステル(AM)および2, 4-ジクロロフェノキシシン酢酸ジメチルアミン(2, 4-Dアミン)である。

ヤエナリ胚軸からとったエチレン生成阻害蛋白は水溶液として葉面に散布または塗布した。

供試エチレン生成阻害蛋白はヤエナリ胚軸から部分的に精製したもので(Sakai and Imaseki 1973 a, b), その水溶液の濃度は3.5~14 unitsである。なお1 unitは黄化ヤエ

* 現東京農業大学農学部

** 現埼玉大学理学部

ナリ 10 切片が 0.5 mM オーキシン処理によって 6 時間に生成するエチレン量を 50% 阻害する量である。エチレンの発生量の測定にはガスクロマトグラフィーを用いた。

実 験 結 果

1. 移植後の水稲におけるエチレン生成阻害蛋白のホルモン型除草剤 AM の薬害防止効果 (1974)

本田期の稲についてエチレン生成阻害蛋白の除草剤 AM による薬害防止の実験を、第 1 表の試験区を設けて行なった。1 区 2 鉢。4 月 15 日草丈約 15 cm の苗を 1 ポットに 3 本ずつ移植した。草丈 20 cm になった 4 月 23 日、AM 水和剤の水溶液を土面処理した。5 月 14 日、AM 処理区の水稲にホルモン型除草剤処理に特有の筒状葉（ロール葉）の発生が初めて観察されたので、エチレン生成阻害蛋白の水溶液（7.0 units）を葉の表裏両面にていねいに噴霧器で散布した。蛋白液無散布区には純水を散布した。

その結果、筒状葉の発生は、AM の処理量にかかわらず蛋白液散布で減少した。なお筒状葉は、蛋白液無散布区では弱小分げつばかりでなく、主稈や大きな分げつにも発生したが、蛋白液散布区ではおもに弱小分げつに発生した。

第 1 表 エチレン生成阻害蛋白液葉面散布のホルモン型除草剤 AM による水稲薬害の防止効果 (実験 I)

区 別	5 月 21 日			6 月 4 日			7 月 2 日
	草 丈 (cm)	茎 数 (本)	筒状葉 発生率 (%)	草 丈 (cm)	茎 数 (本)	筒状葉 発生率 (%)	幹物重 (g)
手 取 除 草	52.8	18.5	0	63.6	19.5	0	20.2
" +蛋白液散布	53.2	19.5	0	62.3	20.5	0	22.2
AM 5 g/a	55.0	17.0	23.5	60.4	18.5	16.2	20.0
" +蛋白液散布	52.1	17.5	20.0	60.4	20.0	7.5	22.9
AM 10 g/a	51.5	14.0	53.6	59.8	18.5	45.9	17.2
" +蛋白液散布	50.5	16.5	42.4	64.8	19.0	21.1	21.0

また、第 1 表のように草丈は各区の間で差が少なかったが、茎数は、蛋白液散布で AM 少量、AM 多量区のいずれも増加した。7 月 2 日、株を抜取って乾物重を測定した。乾物重はいずれも蛋白液散布で増加したが、その増加は、手取除草 < AM 少量 < AM 多量の順に大きかった。

2. 移植苗に対するエチレン生成阻害蛋白液散布のホルモン型除草剤による薬害の防止効果 (1975)

AM の場合 (実験 I)

移植苗に対する蛋白液散布の AM による薬害防止効果をみるために、実験を行なった。5 月 29 日、草丈約 15 cm、第 5 葉抽出始めの苗の葉の表裏両面に蛋白液（7.0 units）をていねいに噴霧器で散布し、これを 1 ポット 3 本ずつ移植した。蛋白液無散布区では苗

第2表 移植苗に対するエチレン生成阻害蛋白液散布の2,4-Dによる水稲葉害の防止効果

実験	区別	草丈 (cm)	茎数 (本)	筒状葉発生茎 (%)	主茎生存葉数
I	AM 10 g/a	35.8	2.15	38.10	3.40
	" +蛋白液散布	39.6	2.30	2.95	3.50
II	2,4-D 4.1 g/a	64.5	5.00	2.5	
	" +蛋白液散布	64.7	5.50	0	
	2,4-D 8.2 g/a	63.7	4.50	28.8	
	" +蛋白液散布	65.3	5.60	2.3	

(注) 肥料: 化成 (15:15:15) 2g/1ポット

実験I: 7月4日調査.

実験II: 7月22日調査.

に純水を散布し移植した. 1区2鉢.

移植後両区の水稲の生育に差がなかったが, 6月20日頃から蛋白液無散布区に筒状葉が現れ, 7月4日の調査では第2表のように蛋白液散布によって草丈, 茎葉が増加し, 生存葉数もやや多くなった.

2. 4-D アミンの場合 (実験 II)

2, 4-D アミンの水溶液の所定量を予めポットの水面に6月27日処理し, 4日後の7月1日, 草丈約20cm, 第6葉未展開の苗の葉の表裏両面に蛋白液 (7.0 units) 散布および純水散布 (蛋白無散布) を行ない, これをポットに4本ずつ移植した. 1区2鉢.

7月22日, 生育調査の結果は第2表のように2, 4-D量のいかんにかかわらず茎数は蛋白液散布で増加し, 草丈も2, 4-D多量区では蛋白液散布でやや大となった. 筒状葉の発生数も蛋白液散布で減少した.

3. 苗の種類および蛋白処理方法を異にする場合の蛋白の葉害防止効果 (1975)

水苗, 畑苗の別および蛋白液の葉面散布と葉面塗布の別を設け, 蛋白の2, 4-Dアミンの葉害防止効果を明らかにするための実験を行なった.

5月10日苗箱に畑状態で播種し, 養成した畑苗 (草丈20cm) および5月20日水苗代

第3表 苗代様式およびエチレン生成阻害蛋白処理方法を異にする場合における移植苗に対する蛋白液処理の2,4-Dによる水稲葉害の防止効果

区別	草丈 (cm)	茎数 (本)	根数 (本)	1茎当筒状 葉発生数	
水苗 稲	2,4-D 8.2 g/a	42.8	1.27	23.7	0.65
	" +蛋白液葉面散布	44.1	1.42	25.7	0.37
	" +蛋白液葉面塗布	45.1	1.75	27.5	0.00
畑苗 稲	2,4-D 8.2 g/a	45.6	1.75	34.2	0.54
	" +蛋白液葉面散布	49.6	1.83	39.0	0.31
	" +蛋白液葉面塗布	49.4	1.97	36.0	0.21

用の苗箱に播種し、養成した水苗（草丈 18 cm）を 6 月 28 日、1 ポット 4 本ずつ移植した。

蛋白液無散布、蛋白液葉面散布、蛋白液葉面塗布の区別を設け、蛋白液無散布区では苗に純水を散布、蛋白液葉面散布区では蛋白液（7.0 units）を噴霧器で葉面に散布し、蛋白液葉面塗布区では蛋白液（7.0 units）に苗を浸漬して蛋白を葉に塗布した。

2, 4-D アミンは 2, 4-D 有効成分量で 8.2 g/a を 6 月 30 日全区の土面に施用した。

7 月 19 日、調査した結果は、第 3 表のように水苗稲、畑苗稲ともに蛋白液処理で草丈、茎数、根数が増加した。筒状葉の発生は蛋白液処理で減少した。しかし水苗稲と畑苗稲との間および蛋白液の葉面散布と葉面塗布の間には蛋白の生育に及ぼす効果に差がなかった。

4. エチレン生成阻害蛋白の 2, 4-D による水稻葉害の防止効果（1975）

水耕培養した水稻について蛋白の地上部および地下部に対する 2, 4-D による葉害の防止効果をしらべるために実験を行なった。

3 月 3 日、パーミキュライトに播種し、培養液を加えて育てた水稻農林 8 号の苗に、5 月 18 日蛋白液（7.0 units）を散布し、これを 5 月 21 日ポットに 4 本ずつ移植し、水耕培

第 4 表 移植苗に対するエチレン生成阻害蛋白液散布の 2, 4-D による水稻葉害の防止効果（水耕試験）

区 別	6 月 19 日						7 月 5 日	
	草 丈 (cm)	茎 数 (本)	主茎生 存葉数	根 数	最 長 根 長 (cm)	筒状葉 発生数 (1 茎当)	乾 物 重 (g)	
							地上部	根
2, 4-D 加用	31.5	1.0	3.8	13.2	12.7	0.50	0.48	0.29
〃 +蛋白液散布	39.0	1.0	4.4	15.7	17.4	0.13	0.73	0.41

養を行なった。水耕法は既報（馬場・酒井 1976）と同じで、2, 4-D は 2, 4-D アミンで 4 ppm になるように水耕液に加えた。1 区 2 鉢。

実験の結果は第 4 表のように蛋白液の葉面散布で草丈、主茎生存葉数、根数、根長ともに増加し、筒状葉の発生も減少した。7 月 5 日調査した乾物重では地上部、根ともに蛋白液散布区が顕著に多かった。

5. エチレン生成阻害蛋白の水稻葉からのエチレン発生の阻害効果

2, 4-D により誘導されたエチレンの発生が実際にエチレン生成阻害蛋白によってどの程度阻害されるかをしらべるために、水稻の培地に 2, 4-D を施用した場合の葉からのエチレン発生の葉面散布したエチレン阻害蛋白による阻害割合を測定した。

供試材料は水耕培養および土壌栽培の水稻農林 22 号の成稲である。

水耕栽培の材料では、5 千分の 1 アールポットで養成した成稲について水耕液に、2, 4-D の $0.5 \times 10^{-4} M$ 濃度になるように、2, 4-D アミンを加えるとともに所定濃度のエチレン生成阻害蛋白を葉面散布した。対照区は純水を葉面散布した。24 時間後に葉 1 g を採取し

て 200 ml の容器に入れ
密閉して 2 連制で 20 時
間中に発生したエチレン
量をしらべた。

土壤栽培の材料では、
径 8 cm のビニールポッ
トに灌水状態で育てた水
稲に対して、 $0.5 \times 10^{-4} M$
の 2, 4-D 液 30 ml を土
面に施用、同時に所定濃
度のエチレン生成阻害蛋
白液を葉面に散布し、24
時間後、水耕培養した水
稲の場合と同じ要領で、
20 時間中に発生したエ

チレン量を測定した。なお供試した蛋白の濃度は 3.5~14.0 units である。

実験の結果は、第 5 表のように水耕培養した材料の場合も、土壤栽培の材料の場合も、エチレン生成阻害蛋白によって葉からのエチレン発生量が 20~25 % 減少することが認められた。なお蛋白の濃度の 3.5~14 units の間ではエチレン生成阻害効力に大きな差がなかった。

考 察

本研究からホルモン型除草剤の薬害をうけた、あるいはうけるおそれのある水稲にエチレン生成阻害蛋白液を葉面に施用することによって、ホルモン型除草剤による草丈、莖数、根数、根長、生存葉数の減少、筒状葉の発生等の生育阻害、すなわち薬害が軽減されることが認められた。

また、ホルモン型除草剤を施した土壤の場合に、予めエチレン生成阻害蛋白液を葉面散布または葉面塗布した苗を移植する場合にもホルモン型除草剤による薬害が軽減されることがわかった。

この場合、エチレン生成阻害蛋白の用いかたとしては葉面散布と葉面塗布の間に、また水苗と畑苗の間に差がないことが認められた。

エチレン生成阻害蛋白のホルモン型除草剤による薬害防止の効果が予想ほどは大きくなかったが、蛋白は水溶液として用い葉への蛋白の展着がわるいこともその原因の一つと考えられる。

またオーキシシン (IAA)、ホルモン型除草剤の高濃度の害が誘導されたエチレンの害のほかにオーキシシン独自の害も考えられる (Ables 1973)。それに対するこの蛋白の作用性の有無も考えなければならない。

また、Todaka *et al.* (1978) によると、エチレン生成阻害蛋白にはエチレン生成を阻害する作用のほかに蛋白合成、核酸合成、リン酸の吸収等を阻害する作用もあることが指

第 5 表 2,4-D により誘導されたエチレンの生成に
対するエチレン生成阻害蛋白の阻害効果

区	別	エチレン発生量 $\mu\text{l}/\text{gr f.w.}/\text{hr}$	左 %	同
I	2,4-D $0.5 \times 10^{-4} M$ (水耕液)	対 照 (-蛋白)	0.86	100
		蛋白 3.5 units	0.66	77
		" 8.0 "	0.72	84
		" 14.0 "	0.66	77
		対 照 (-蛋白)	0.71	100
	蛋白 7.0 units	0.56	79	
II	2,4-D $0.5 \times 10^{-4} M$ 30 ml 土面加用	対 照 (-蛋白)	1.34	100
		蛋白 7.0 units	1.11	83

(注) 1) 蛋白液は I では 10 ml/ポット, II では 5 ml/1ポット
葉面散布, 対照では同量の純水散布

摘されている。また、エチレン生成阻害蛋白の影響は作物の種類、器官、環境条件によって異なることが考えられる。

本実験は基礎的段階のものであり、本剤の実用化のためには展着剤のほか圃場使用の剤の効力の持続性および安定性、剤形の問題等多くの応用化および実用化の諸問題点を解決することが必要である。

摘 要

エチレン生成阻害蛋白のホルモン型除草剤 (AM, 2, 4-D) による水稻の生育抑制等の葉害の防止効果を明らかにするためポット実験を行なった。

1) 土壤に AM を施し、施用後 21 日に葉害の徴候である筒状葉の発生が認められたので、エチレン生成阻害蛋白水溶液 (濃度 3.5~14 units) を葉面散布した結果、AM による生育の抑制、筒状葉の発生が軽減された。

2) AM または 2, 4-D を施用した土壤にエチレン生成阻害蛋白液を葉面散布した稲苗を移植した場合、エチレン生成阻害蛋白により水稻の生育抑制、筒状葉の発生が軽減された。

3) 水耕培養した水稻の場合、苗に対するエチレン生成阻害蛋白液の葉面散布は水耕液に加えた 2, 4-D による地上部および根の生育抑制を軽減した。

4) 移植苗に対するエチレン生成阻害蛋白の使用法としては葉面散布と葉面塗布の間に差がなかった。また、苗として水苗と畑苗との間で蛋白の効果がなかった。

5) 水耕培養または土壤栽培の水稻について水耕液、または土壤に施用した 2, 4-D により誘導された葉からのエチレン発生はエチレン生成阻害蛋白液の葉面散布で 20~25% 減少した。

文 献

- Ables, F. B. 1973. Ethylene in Plant Biology. Academic Press. New York.
- 馬場 越・酒井慎吾. 1975. エチレン発生阻害蛋白のホルモン型除草剤による葉害防止について. 日本雑草防除研究会第 14 回講演要旨: 112-113.
- 馬場 越・酒井慎吾. 1976. 作物の大気汚染の発生機構に関する生理学的研究. 第 2 報 栄養条件および土壤還元が作物の亜硫酸ガス被害に及ぼす影響. 農学研究 55: 189-198.
- Burg, S. P. and Burg, E. A. 1966. The interaction between auxin and ethylene and its role in plant growth. Proc. Natl. Acad. Sci. 55: 262-269.
- Burg, S. P. and Burg, E. A. 1968. Ethylene formation in pea seedlings, its relation to the inhibition of bud growth caused by indole-acetic acid. Plant Physiol. 43: 1069-1074.
- Chadwick, A. V. and Burg, S. P. 1967. An explanation of the inhibition of root growth caused by indole-acetic acid. Plant Physiol. 42: 415-420.
- Sakai, S. and Imaseki, H. 1973 a. A proteinaceous inhibitor of ethylene biosynthesis by etiolated mungbean hypocotyl sections. Planta 113: 115-128.
- Sakai, S. and Imaseki, H. 1973 b. Properties of the proteinaceous inhibitor of ethylene synthesis: Action on ethylene production and indoleacetylaspargate formation.

Plant and Cell Physiol. 14 : 881-892.

Todaka, I., Watanabe, A. and Imaseki, H. 1978. Multiple effects of the inhibitory protein of ethylene production on cellular metabolisms. Plant and Cell Physiol. 19 : 361-572.



純水葉面 散布 エチレン生成阻害
 蛋白葉面散布
 (注) 水稲区 2,4-D土面施用

第1図 水稲苗に対するエチレン生成阻害蛋白液散布の
 2,4-D葉害防止効果



純水葉面 散布 蛋白液葉面
 散布
 (注) 水耕液中の 2,4-Dアミン 4 ppm

第2図 移植苗に対するエチレン生成阻害蛋白液葉面散布の
 2,4-D葉害防止効果 (水耕試験)