

水稻におけるアブシジン酸の処理効果

愛知県農業総合試験場 中嶋 泰 則

はじめに

アブシジン酸は、ジベレリン、サイトカイニン、エチレン等の植物ホルモンに比べ、農業分野における実用化の事例が少ない。その理由として、従来、試験研究で供試されてきたアブシジン酸が、扱いにくい合成ラセミ体であったことがあげられる。合成ラセミ体のアブシジン酸は、光に分解されやすく、有機溶媒には溶けるが水には溶けない等の特性があり^{1) 2)}、その効果が評価されにくかった。近年、植物体内に存在する純粋な天然型のアブシジン酸((S)-2-cis, 4-trans体, (s)-(+) - ABA)が微生物による発酵法³⁾等によって、安価にかつ大量に生産されるようになった。この天然型アブシジン酸(以後、S-ABAと呼ぶ。)は、合成型のアブシジン酸と異なり、明条件でも分解しにくく²⁾、水にも比較的容易に溶ける。

アブシジン酸は、従来から休眠との関連が示唆されている⁴⁾。また、離層形成や老化促進、発芽や生育阻害などの作用が強調されてきた。しかし、S-ABAの登場により、ここ5年間ほどの間に、果樹、野菜、花卉、穀類、林木等で様々な生育促進効果や環境耐性向上効果等が報告されてきた²⁾。

本稿では、水稻に及ぼすS-ABAの出芽促進とその維持効果、苗の初期促進、穂ばらみ期の耐冷性向上効果等について、愛知県農業総合

試験場での成果を中心にとりまとめた。

1. 湛水直播における出芽促進と出芽活力の維持効果

(1) 出芽促進の維持効果

近年、水稻の低コスト生産のために、直播栽培の重要性が再認識されている。湛水直播栽培で、出芽の安定を図るため、種子への酸素発生剤被覆が一般的であったが、播種直前の被覆作業が代かき等の本田作業と競合し、最近では酸素発生剤の使用が敬遠されることもある。特に、数ヘクタール～数10ヘクタール規模の水田をまとめて実施するヘリコプターによる直播栽培や大型農家の直播栽培では、この酸素発生剤被覆作業が1ha当たり種子40kg、酸素発生剤80kg取り扱うことになり、栽培普及面積拡大の障害となっている。したがって、筆者らは、農作業の競合を回避するため、S-ABA利用による出芽活力の維持効果について検討した。

高橋ら⁵⁾は、当场安城農業技術センターにおいて長期間貯蔵したイネ、コムギ、オオムギ種子に、数段階の濃度のS-ABAを処理したところ、1ppm処理で種子の発芽率が向上することを認めた。イネの場合、乾もみS-ABA水溶液1ppm 5秒間処理では発芽促進効果がみられず、20ppm以上では抑制された。しかし、20℃の水24時間浸漬後、24時間1ppm S-ABA

B A水溶液浸漬処理では顕著な発芽促進効果が認められた。

この結果に従って、筆者ら⁶⁾は、イネ種子の発芽維持効果についてS-A B AとG Aを比較検討した。S-A B Aの処理法は高橋ら⁵⁾と同様とし、G A処理区は100 ppm、20℃水溶液に48時間浸漬した後、酸素発生剤を被覆した。風乾土と10 a 当り1 tの稲わらを充填したバットに代かき3日後、土面から1 cmの深度に被覆後2日目と33日目に播種した。その結果、被覆2日後播種において、100 ppm G A水溶液浸漬処理区ほどではないものの1 ppm S-A B A水溶液浸漬処理による出芽促進効果が確認された。被覆33日後においては、S-A B A水溶

液浸漬処理による出芽促進の持続は認められなかったものの、種子活力の判定法として有効な加齢法⁷⁾での検定では、発芽活力の維持効果が認められた。

さらに、出芽率促進の維持効果をねらってS-A B A水溶液の乾もみ処理を検討した。20℃のS-A B A 10 ppm水溶液に2時間浸漬処理後に酸素発生剤被覆した種子を、被覆2ヶ月後にバット試験⁷⁾及び被覆1ヶ月後に水田⁸⁾において深度約1 cmの湛水土壤中に播種したところ、S-A B A無処理に比べ出芽率が著しく高く、慣行の直前被覆と同程度である⁸⁾ことが確認された(図-1, 表-1)。

また、S-A B A 1 ppm及び10 ppm水溶

表-1 湛水直播栽培における酸素補給剤被覆種子の保存中

(中嶋ら⁹⁾)

種子処理	出芽率	播種50日後		稈長	穂長	穂数	収量
		草丈	葉齢				
	%	cm		cm	cm	本/㎡	kg/a
S-A B A 10 ppm (29日前被覆)	64	20.2	4.7	75	18.0	463	66.7
S-A B A 0 ppm (29日前被覆)	38	19.0	4.8	76	19.0	391	52.1
対 照 (3日前被覆)	63	23.5	4.9	72	19.0	467	60.7

1994年5月25日播種。供試品種ミネアサヒ。

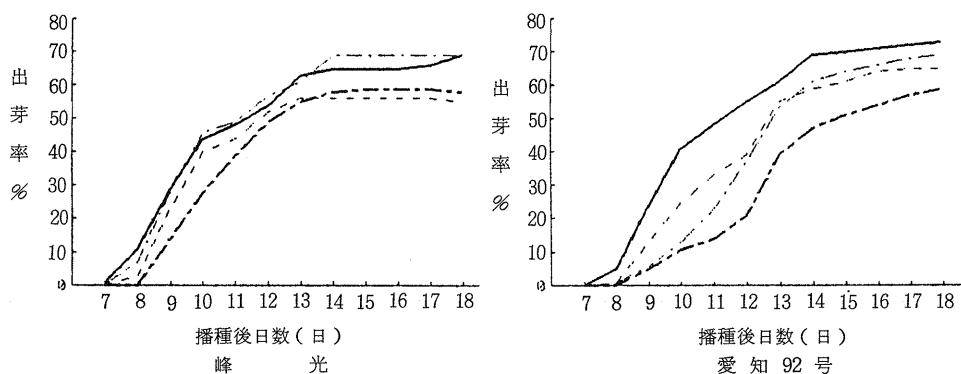


図-1 62日間貯蔵した酸素発生剤被覆種子の出芽率の推移 (中嶋ら⁷⁾)

(1993年6月25日バットに播種、野外に設置、播種後25日の平均気温19.2℃)

—— S-A B A + 乾熱 - - - S-A B A
 乾熱 - · - · 無処理

液による浸漬処理直後の発芽促進の程度を浸漬時間を替えて検討したところ、1 ppmでは6～24時間、10 ppmでは3～6時間で発芽促進効果が高いことが認められた(表-2)。さらに、著者らは、休眠性の異なる2品種を供試し酸素発生剤被覆2ヶ月後に湛水土壌中に播種し、S-A B A水溶液乾もみ処理と播種直前の50℃48時間の乾熱処理によって出芽が相加的に向上することを確認した⁸⁾(図-1)。

(2) 出芽促進効果

一方で、S-A B A処理した種子の出芽促進効果のみに注目した実験が、禿らによってさらに進められていた¹⁰⁾(表-3)。S-A B Aの処理濃度が高橋ら⁵⁾や著者ら⁶⁾が考えていた1 ppmより低く、0.2～0.04 ppmであることが明らかとなった。林ら¹⁰⁾は、当時安城農業技術

センターの水田において、S-A B A水溶液処理直後での出芽促進効果について、湛水散播条件で、S-A B A水溶液処理法は高橋らの方法に準じ、酸素発生剤被覆無で実施した。この結果、S-A B A濃度は、0.1～0.2 ppmで効果の高いことが確認された。また、S-A B Aの出芽促進効果は、播種後の湛水条件下より落水条件で顕著となることが認められた(表-4)。また、狩野ら¹²⁾は、ほ場での試験でS-A B A 0.1 ppm水溶液処理した種子を湛水土壌に直播し、播種後5日間の積算温度80℃以下の低温で出芽促進の効果が大きいことを確認した。

S-A B A濃度0.1～0.02 ppmでの出芽促進の持続性については、愛知県農業総合試験場作物研究所において現在検討中である。

S-A B Aを利用し出芽促進やその持続性を

表-2 S-A B A水溶液濃度、浸漬時間と発芽関連形質の関係(中嶋ら⁸⁾)

S-A B A 濃 度 (ppm)	発芽関連形質	浸 せ き 時 間							
		0	20min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1	播種12日出芽率 (%)	36	65	51	62	80	78	75	17
	平均発芽日数 (日)	12.9	12.4	12.7	12.0	11.1	11.4	11.9	14.0
	発芽係数	7.8	8.0	7.5	7.6	8.8	8.7	8.1	7.1
10	播種12日出芽率 (%)	36	46	41	61	66	45	59	13
	平均発芽日数 (日)	12.9	12.7	13.2	12.3	12.2	12.8	12.2	14.0
	発芽係数	7.8	7.7	7.2	7.7	8.1	7.1	7.9	6.9

乾もみを20℃のS-A B A水溶液に浸漬した。

表-3 S-A B A水溶液浸漬処理法、濃度と種子根長(1994年、禿ら²⁾)

処 理	S-A B A濃度と種子根長の無処理区対比(%)				
	5 ppm	1 ppm	0.2 ppm	0.04 ppm	0.008 ppm
シャーレ内連続*					
24時間浸漬後**	0.0	13.1	54.4	105.2	104.7
土 壌 播 種	52.1	90.8	125.2	116.6	106.4

* シャーレ内水溶液中、25℃で無処理区種子根長が10cm程度に伸びたとき。

** 種子を24時間浸漬後、ポットに播種し、21～22℃で無処理区種子根長が10cm程度に伸びたとき。

高める技術を実用化するためには、次のような試験を進める必要がある。例えば、病害防除に必須となる種子消毒剤との混合処理、酸素発生剤被覆種子の大量保存法、出芽活力の維持期間と品種間差異

表-4 湛水散播栽培におけるS-A B A水溶液浸漬処理と出芽期
落水による出芽促進効果

(1996年, 林ら¹⁰⁾)

ABA 処 理 濃 度	出芽期 の 水 管 理	推 定 出芽率	播種後21日		播種後 23 日	播 種 後 35 日		
			草 丈	葉 数	乾物重	草 丈	茎 数	葉 数
mm		%	cm		mg/本	cm	本/㎡	
0	湛 水	55.8	8.5	2.0	11.3	17.2	169	4.7
0.1		54.6	8.9	2.2	17.5	17.5	227	5.0
0.2		68.8	8.9	2.3	20.0	17.8	273	5.2
0	落 水	64.3	9.9	2.2	13.8	19.4	285	4.7
0.1		85.5	10.2	2.3	18.8	19.4	408	5.2
0.2		80.6	9.9	2.4	20.0	19.5	393	5.2

注 品種コシヒカリ, 1994年5月19日播き, 酸素発生剤無被覆。

の検討等である。

A B Aと水稻の発芽や出芽との関連について、合成型A B Aを供試したと思われる報告がいくつかある。これによると、A B Aは種子の休眠性と乾燥耐性獲得¹³⁾、アミラーゼ活性における発芽促進効果に關与するG Aとの拮抗作用等がみられた¹⁴⁾。また、タンパク質合成に關してもA B Aが抑制的に働くことが分子生物学的¹⁵⁾に報告されている。しかし、S-A B Aとイネ種子の発芽活力促進やその維持効果については知見が無く、今後の研究成果が

待たれる。

2. 幼苗期の低温障害抑制 と初期生育での生育促進 効果

(1) 幼苗における耐冷性向上

効果

S-A B Aは、低温や乾燥

などの環境ストレスを軽減する効果があることが、野菜、果樹、熱帯樹木、組織培養等多くの作物で報告されている²⁾。水稻についての報告は

比較的少ないが、Lee らの報告¹⁶⁾は興味深い。これによると、幼苗期の耐寒性について、強い品種と弱い品種を比較したところ、強い品種は低温処理によって常温条件下のイネ体に比べ茎葉部及び根部とも内生A B Aが多く分泌されるが、弱い品種はその差がなかった(表-5)。このこ

とから、A B Aが幼苗期の耐寒

性に關与していることが推察されている。Kabaki ら¹⁷⁾も、A B Aと幼苗の耐寒性の関係を認めている。しかし、これらは、合成ラセミ体A B Aを供試したものと考えられ、幼苗の耐寒性についてもS-A B Aとの関連の報告は無い。

(2) 移植前の苗処理による低温下での生育促進 効果

著者らは、標高550 mmの当场山間農業研究所において、5月中旬の水稲品種チヨニシキの乳苗に移植1~2日前S-A B A水溶液を茎葉

表-5 異なる温度条件下で幼苗耐冷性の異なる2品種における
茎葉と根で分泌される内生A B A量

(1993年, Leeら¹⁶⁾)

組 織	温 度 (℃)	A B A 濃度 (nmol ⁻¹ DW)	
		T N G. 67 (耐冷性強)	T N. 1 (耐冷性弱)
茎 葉	30	0.92 ± 0.02	0.87 ± 0.03
	25	1.26 ± 0.01	1.32 ± 0.01
	20	1.81 ± 0.01	1.70 ± 0.15
	15	2.09 ± 0.13	1.00 ± 0.02
	10	2.64 ± 0.03	0.89 ± 0.01
根	5	3.68 ± 0.01	0.74 ± 0.05
	30	0.69 ± 0.10	0.91 ± 0.06
	25	0.83 ± 0.06	1.56 ± 0.01
	20	1.23 ± 0.01	2.03 ± 0.03
	15	1.60 ± 0.04	1.15 ± 0.04
	10	1.87 ± 0.01	1.21 ± 0.01
	5	2.78 ± 0.01	1.08 ± 0.02

表-6 乳苗の初期生育に及ぼすS-A B Aの効果 (1994年, 愛知県農総試山間農研¹⁸⁾)

S-A B A 濃 度	移植後31日		移植後51日		移植後67日		稈 長	穂 長	穂 数	収 量
	草 丈	茎 数	草 丈	茎 数	草 丈	茎 数				
	cm	本/㎡	cm	本/㎡	cm	本/㎡	cm	cm	本/㎡	kg/a
1 ppm	23	138	35	323	55	561	70	18.6	515	77.4
10 ppm	18	155	32	275	52	491	69	18.7	529	79.6
Cont.	22	103	35	245	55	475	69	19.1	450	73.1

供試品種チヨニシキ, 10日苗を5月18日, 機械移植, 栽植密度14.0×30.0cm.

に噴霧処理し初期生育の促進効果について, 1992~1994年の3カ年検討した。表-6に1994年の結果を示したが, 濃度1.10 ppm, 100 cc/箱の茎葉噴霧処理で明らかな分げつ増が認められた¹⁸⁾。本県中山間から山間地域では移植後の生育初期において低温にしばしば遭遇し生育停滞がみられるので, S-A B Aの利用による初期生育の確保が多いに期待される。

3. 穂ばらみ期耐冷性向上効果

低温の1993年には, 北海道, 東北, 北陸地方のみならず関東以西の山間部においても水稻の障害型冷害の被害が多くみられた。著者らは, 当時山間農業研究所において, 1993年~1996年の4カ年, S-A B A水溶液の茎葉散布による穂ばらみ期耐冷性向上効果について検討した。

(1) S-A B A水溶液の散布濃度

極早生で代表的な耐冷性基準品種の極強から

●— はなの舞 (極強)
○— みやにしき (やや強)
▲— レイメイ (中)
◇— アキヒカリ (やや弱)
■— 森田早生 (極弱)

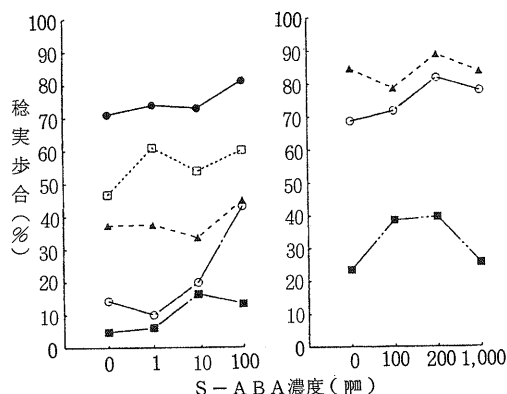
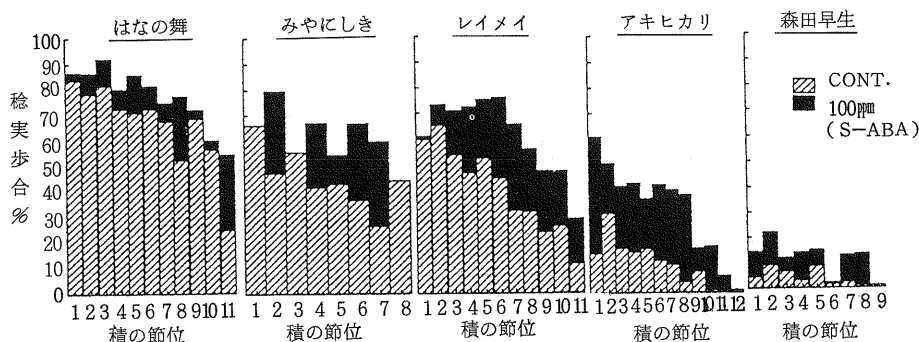


図-2 S-A B A水溶液散布濃度と耐冷性

注 () は耐冷性程度。(1995年, 井上²⁰⁾)

極弱の5品種(図-2)を1/5,000 aポットに移植し, 耐冷性検定用水槽に設置した。1993年7月22日から32日間, 1995年は7月19日から

図-3 穂の節位別穂実歩合 (1994年, 中嶋¹⁹⁾)

注 数字の小さい方が下位節。

表-7 S-A B A水溶液散布濃度と生育(1995年, 井上ら²⁰⁾) ことが報告²¹⁾されているので, 7葉期か

品 種 名		A B A 濃 度 (ppm)			
		0	100	200	1,000
レイメイ (中)	稈 長 (cm)	55	54	56	53
	穂 長 (cm)	14.1	14.1	14.0	13.4
	籾 数 (／穂)	46.3	53.3	67.3	48.1
アキヒカリ (やや弱)	稈 長 (cm)	57	54	58	49
	穂 長 (cm)	14.0	13.0	14.1	12.3
	籾 数 (／穂)	56.7	54.4	66.5	41.5
森田早生 (極 弱)	稈 長 (cm)	64	65	63	57
	穂 長 (cm)	14.0	14.4	14.8	12.9
	籾 数 (／穂)	54.6	56.3	58.3	49.3

注1. 1/5,000 a ポット, 1 処理 5 反復, 各主稈 3 穂調査, 散布時期は出穂前14日前後.

2. 品種名の () は耐冷性程度.

35日間, 18~20℃の河川水を掛け流し, 障害型冷害の発生を促した。この間, 1993年には8月2日の出穂前23日の稲体に, 1, 10, 100 ppm, 1995年には7月25日の出穂前14日の稲体に, 100, 200, 1,000 ppm の S-A B A水溶液 1 ポット当たり 100 cc 散布した。

図-2 にみられるようにどの品種においても, 散布した S-A B A 100 ppm 水溶液散布で稈実歩合が高くなり, 明らかに耐冷性が向上した。

この原因として, 穂の中位の枝梗のもみの稈実が向上したこと(図-3)によった^{19, 20)}。また, S-A B A 水溶液100~200 ppm 処理で生育が促進される傾向がみられた(表-7)。

(2) S-A B Aの散布時期

障害型冷害が発生しやすい冬季の温室において, 耐冷性「極強」のコシヒカリと「中」のミネアサヒを 1 / 5,000 a ポットに移植(1995年1月10日)し, 23℃に設定して置いた。また, 短日処理(10時間日長)によって障害型冷害の発生が助長される

ら出穂期までの期間は10時間日長の短日処理をおこなった。出穂前39日, 32日, 25日, 18日, 11日に 100 ppm S-A B A 水溶液をポット当たり 20 cc 散布した。その結果, 全体的に耐冷性中のミネアサヒは耐冷性極強のコシヒカリより著しく稈実歩合が低下したが, 供試 2 品種とも, 出穂前39日をのぞき対照区より稈実歩合が向上した(表-8)。しかし, 出穂前18日及び11日の処理では, 発育不全えい花の増加など生育抑制を受ける傾向がみられたので, 処理時期としては, 出穂前

32日~25日が適当と考えられた²⁰⁾。

(3) S-A B A水溶液散布による生育促進

夏季高温年の1993年は, 河川水を利用する当場山間農業研究所の耐冷性検定は場では, 障害型冷害による不稈が認められなかった。しかし, S-A B A水溶液の茎葉散布によって, 稈長, 穂長, 千粒重等で明らかな生育促進がみられた。すなわち, 供試した森田早生では出穂前24日~19日散布で生育促進が認められた²²⁾。

表-8 S-A B A水溶液散布時期と生育(1995年, 中嶋ら²²⁾)

諸 形 質	出 穂 前 日 数 (日)					無処理
	39	32	25	18	11	
稈実歩合 %	19.7	38.4	35.1	35.5	28.3	24.8
	9.4	15.5	8.6	9.9	15.1	5.2
稈 長 (cm)	49	48	44	42	37	43
	44	42	44	44	40	40
穂 長 (cm)	14.3	14.5	13.5	11.6	1.8	12.3
	16.9	17.3	17.1	17.5	12.5	15.4
1 穂 籾 数	47	49	40	32	24	41
	79	72	75	76	45	51

注1. 1 処理 4 反復, 各主稈 3 穂調査.

2. 供試品種上段コシヒカリ, 下段ミネアサヒ.

3. 100 ppm 散布.

水稻の障害型冷害を軽減するための耕種的方法としては、穂ばらみ期の深水湛水や穂肥の軽減が知られているが効果が安定しないとされている。今後は、S-ABAを利用した耐冷性向上技術の実用化が期待される。しかし、効果発現の機作を解明するとともに、これを散布することによる経済効果の検討が今後の課題となる。

以上で述べてきたように、S-ABAの登場により水稻でもこれまでこの植物ホルモンでは想像できなかった生育促進や耐冷性向上効果が認められてきた。また、ABAには植物体での耐乾性²³⁾ 24) 25) の向上効果や培養における再分化効率の向上効果²⁶⁾ 27) があることも報告されている。これらについては、合成型のABAが供試されたと思われる。今後、植物生理学や分子生物学的アプローチがさらに進められ、S-ABAによる生育促進や冷害や乾燥害などの環境ストレス、組織培養での再分化効率の向上などの要因が解明されるとともに、実用化のための試験が蓄積されることを期待する。

引用文献

- 1) 大熊和彦. 1970. 科学 Vol. 40, No. 2, 64-73.
- 2) 禿 泰雄. 1994. 植物の化学調節 Vol. 29, No. 2, 155-165.
- 3) 丸茂晋吾・李 相甲・禿 泰雄. 1990. 細胞工学 Vol. 2, No. 4, 27.
- 4) 山崎博子. 1996. 植調 Vol. 30, No. 1, 3-11.
- 5) 高橋成徳・中嶋泰則・伊藤和久. 1992. 日作紀別 1, 2-3.
- 6) 中嶋泰則・高橋成徳・関 稔. 1992. 日作紀別 1, 3-4.
- 7) 中嶋泰則・高橋成徳・井上正勝・関 稔. 1993. 日作紀 62 別 2, 31-32.
- 8) 伊藤俊雄. 1987. 愛知農総試研報 19, 37-42.
- 9) 中嶋泰則・井上正勝. 未発表.
- 10) 禿 泰雄. 1994. 植物化学調節学会第29大会研究発表記録集 106.
- 11) 林 元樹・釈 一郎・濱田千祐・井澤敏彦. 1996. 愛知県農総試研報 28. 投稿中.
- 12) 狩野幹夫・中川悦男. 1995. 平成7年度研究成果情報集. 農研センター. 印刷中.
- 13) 服部束穂. 1993. 植物の科学調節 Vol. 28, No. 1, 23-32.
- 14) 山口淳二. 1993. 植物細胞工学 Vol. 5, No. 3, 185-192.
- 15) 山本直樹・益守 也. 1993. 植物細胞工学 Vol. 5, No. 3, 165-173.
- 16) T.M. LEE, H.S. LUR and C.C. CHU 1993. Plant, Cell and Environment 16 481-490.
- 17) Kabaki and Tajima 1981. Japan. Jour. Crop Sci. 50 489-494.
- 18) 愛知県農総試山間農所概要集. 1994. 5.
- 19) 中嶋泰則・井上正勝・禿 泰雄. 1994. 日作紀別 1, 102-103.
- 20) 井上正勝・中嶋泰則・大竹敏也. 1995. 平成7年度研究成果情報集, 農研センター. 印刷中.
- 21) 遠山孝通・朱宮昭男. 1996. 愛知県農総試研報 28. 投稿中.
- 22) 中嶋泰則・井上正勝・禿 泰雄. 未発表.
- 23) 篠崎和子・篠崎一雄. 1991. 植物の科学調節 Vol. 26, No. 2, 128-137.
- 24) 篠崎一雄・篠崎和子. 1991. 植物細胞工学 Vol. 3, No. 7, 134-140.
- 25) 近藤矩朗. 1992. 植物細胞工学 Vol. 4, No. 4, 245-251.
- 26) M. Inoue and E. Maeda 1981. Japan. Jour. Crop Sci. 50 (3). 318-322.
- 27) N. Higuchi and E. Maeda 1990. Japan. Jour. Crop Sci. 59 (2). 359-368.