

放射免疫測定法에 의한 水稻種子發芽中 Abscisic Acid 含量變動

黃台益 * · 林賢玉 ** · 金容在 * · 李民化 ***

Changes in Abscisic Acid Level During Seed Germination of Rice by Radioimmunoassay

Tae Eak Whang*, Hyun Ock Lim**, Yong Jae Kim* and Min Wha Lee***

ABSTRACT

A radioimmunoassay technique has been developed for the determination of abscisic acid (ABA) in crude extracts from germinating rice (*Oryza sativa* L.). By this method, the changes in ABA level of rice during germination was investigated.

The ABA content in rice seeds was found to be 76.5ng/g dry weight in Dong-jin variety and 91.1ng/g dry weight in Sam-gang variety.

A rapid decrease in ABA content of rice occurred during germination within 24 hours after seed imbibition. The decreasing rate of ABA content during germination showed a significant direct proportion to the imbibition temperature and water-absorbing rate of rice. The decrease in ABA content during germination was found to be caused partly by an elution of ABA from the tissue to the imbibing fluid, and partly by a metabolic conversion of ABA to another compounds.

The germination process of rice occurred only when the tissue ABA level decreased below a certain level, and the decreasing rate of ABA level during germination correlated with the ability for germination at low temperature of rice.

緒 言

Abscisin酸(Abscisic acid, ABA)은 일찍부터 inhibitor- β 로 알려져 오다가 1963年 Eagles⁹등에 의하여 "Dormin"이라고 명명될 만큼 種子의 休眠과 關係가 깊고 發芽에도 직접 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다.

Koshimizu⁹는 水稻幼苗에서 abscisin II를 分離

해냈으며 成長抑制도 報告했으며 Hayashi^{6,7}는 胚乳, 穎에 抑制物質이 있는데 이는 틀림없이 ABA 일 것이라고 主張했다. Tamura¹⁶와 Oritani^{12,13}는 ABA를 水稻幼苗에 처리하여, 生長抑制를, 또한 Kuroguchi¹⁰는 水稻幼苗에서 ABA를 檢出했으며 Takahashi^{17,18}는 ABA 처리가 第2節間신장을, 그리고 Wakizuka¹⁹는 發芽를 각각 억제시켰다고 했다. 반면에 Inoue⁸는 組織배양에서 ABA는 器官의 형성에 관여했다고 報告했다. 이와같이 水稻

* 全南大學校 農科大學(Coll. of Agriculture)

** 全南大學校 自然科學大學(Coll. of Natural Science)

*** 全南大學校 醫科大學(Coll. of Medicine, Chonnam National Univ. Kwang Ju 500, Korea) (1985. 1. 9 接受)

에 대한 ABA 연구의 중요성은 쌀생산이 곧 식糧問題 해결이라는 데서 찾을 수 있다. 1972년에 Indica × Japonica의 새로운 短稈, 耐病, 多收性 品種이 育成보급 됨에 따라 1977年 主穀의 自給化가 이룩되었으나 耐冷性이 弱하여 低溫期 育苗나 低溫 發芽性 不良등 크나큰 問題點을 안고 있는 實情이다.

이와같이 主要한 水稻에 얼마만큼의 ABA가 含有되어서 發芽過程에서는 어떠한 變動을 하는지를 究明하고 低溫에서 發生되는 發芽不良에도 關與하는지 알아보는 것은 水稻뿐만 아니라 一般作物의 生理機作 解明과 植物 生長調節劑의 研究에 基礎資料로서 충분한 意義가 있다고 하겠다.

一般的으로 植物호르몬 含量은 극미량이기 때문에 分析이 어렵고 發芽過程에서 그 變化를 調查하기 위해서는 同時에 많은 量의 試料를 一時에 正確하게 分析할 수 있는 方法이 필요하다. 이를 위해서 ABA에 對한 放射免疫測定法(Radioimmunoassay, RIA)을 開發하고 이를 利用하여 水稻發芽中 ABA 含量의 變動을 分析하였다.

그 結果 本法은 ABA의 測定과 研究에 바람직한 方法이었으며 水稻 發芽中 ABA 含量變動의 機作을 一部 究明하였기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 材 料

本實驗에서 使用한 水稻種子는 全南農村 振興院 시험국에서 분양받았으며 蒸溜水는 美國 Barnstead社의 NANO pure cartridge system을 通過시켜 금속이온을 제거하고 이것을 다시 Organic pure system을 통과시켜 有機物까지 산화시킨 순수한 것을 사용했다.

2. 方 法

1) 水稻發芽

東津벼와 三剛벼를 1回用 플라스틱 사레(11×1.5 cm)에 濾紙를 깔고 그 위에 놓은 다음 약 1cm 깊이로 증류수를 채워 浸漬상태로 만들었다. 이상과 같이 준비된 사레는 7°C, 12°C, 17°C, 22°C, 27°C로 調整된 Growth Chamber(美 Hotpack社)와 Water Jacketed Incubator(美 formascientifi社)에서 最高의 發芽가 이루어지는 時間까지, 그리고 발아가 잘 안되는 品種과 溫度에 있어서는 30일간 발아시켰다.

發芽過程에서 모든 測定과 RIA를 위한 試料채취는 첫 24시간은 4時間마다 그리고 그 이후는 24時間마다 했으며 이때에 물갈이도 했다.

한편 水分含量은 化學天秤으로 種子 무게의 變化를 秤量해서 計算했다.

2) ABA의 抽出

벼씨 100粒씩을 磨碎하고 여기에 抽出溶媒(80% methanol 100 ml, 10 mg 12,6 di-t-butyl-4-methyl phenol(BHT), acetic acid 20 ml) 20ml씩을 加하여 vortex mixer로 數秒동안 振盪混合하였다. 이 混合液을 48時間동안 放置하면서 2~3回 정도 vortex mixer로 振盪하고 浮遊物이 침전된 다음 上層液을 0.1ml씩 取하여 직접 分析에 使用했다.

3) 薄層 chromatography

薄層 chromatography는 Gelman社의 silicagel impregnated glass fiber sheet(20×20cm)上에서 chloroform: toluene: acetic acid(50:100:5, v/v) 溶媒로 試料를 展開한 다음 0.5cm 간격으로 silicagel sheet를 切斷하여 여기에 含有된 放射能을 직접 計測하거나 MeOH로 溶出하였다.

4) 기 타

모든 實驗은 9反復으로 하였으며 실험에서 얻어진 데이터는 IMS-8,000 컴퓨터에 依해서 電算처리하였다.

結 果

1. 水稻의 發芽와 ABA 含量變動

1) 水稻種子の 水分吸收와 發芽

東津벼와 三剛벼 種子是 완전 浸漬상태에서 水分吸收는 모두 高溫일수록 빠르게 일어났다. 發芽에 필요한 水分吸收率은 東津벼에서 種子重 약 24%, 그리고 三剛벼에서는 23.5% 정도이었고 溫度가 높을수록 水分吸收의 增加에 따라서 발아가 빨리 나타나 27°C에서는 48時間만에 이루어졌으나 7°C에서는 30일까지도 發芽에 필요한 水分吸收가 일어나지 않았다. 12°C에서 東津벼와 三剛벼의 吸水差異가 두드러졌는데 東津벼는 置床 9日傾에 發芽할 수 있는 정도의 水分이 흡수된 반면에 三剛벼는 浸漬 30日 동안에도 충분한 含水率에 도달하지 못하였다.(그림 1)

表 1에서 표시한 바와 같이 東津벼는 27°C, 22°C, 17°C에서 정상 발아되었고 12°C에서는 86%만 발

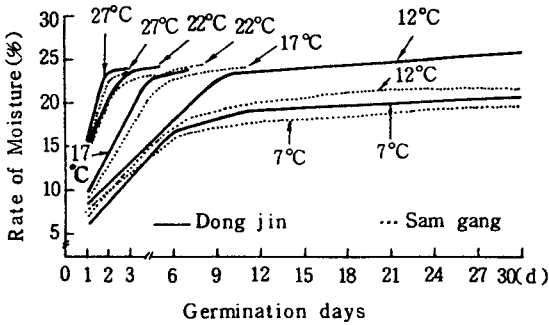


Fig. 1. Changes of moisture content at different temperature in Dong-jin and Sam-gang rice varieties.

Table 1. Germination rate at different temperatures of rice varieties

	Temp.	Ger. days	Ger. days	Ger. Coefficient
Dong jin	27 C	99%	3	27
	22	97.8	5	10.2
	17	97	8	4.3
	12	86	30	0.25
	7	-	30	-
Sam gang	27	99	3	26.3
	22	98	7	4.75
	17	95	11	2.4
	12	-	30	-
	7	-	30	-

Table 2. Abscisic acid content in rice varieties Dong jin and Sam gang.

	Dong jin	Sam gang
	ng / g dry weight	
I	76.5	91.1
II	56.4(%)	62.6(%)
III	21.5	17.8
IV	22.1	19.6
I ; Total		
II ; Glume		
III ; Aleurone layer		
IV ; Embryos & endosperm		

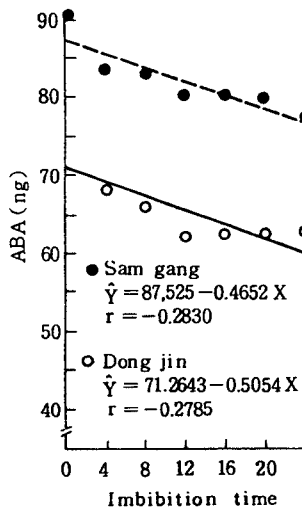


Fig. 2. Changes in ABA content at 7°C

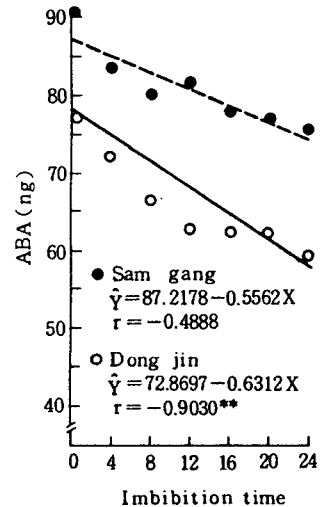


Fig. 3. Changes in ABA content at 12°C

芽되었고 三剛벼에서는 12°C와 7°C에서 發芽하지 않았다.

2) ABA 含量的變動

① 發芽時間과 浸漬溫度와의關係

表 2 에서와 같이 水稻種子의 ABA 含量은 東津벼에 있어서는 76.5 ng/g dry weight, 三剛벼는 91.1 ng/g dry weight 이었다.

ABA의 種子內 部位別 분포율은 外·內穎중에 東津벼는 56.4%, 三剛벼는 62.6% 였다.

水稻의 發芽에 따른 ABA 含量의 變動을 보면 그림 2~6 에 表示한 바와 같이 置床 24 時間 동안의 ABA 含量은 대체로 浸漬溫度에 比例되는 減少를 보이며 高溫일수록 減少率이 높았다. 各溫度에 있어서 浸漬時間과 ABA 含量變動間의 關係式을 誘導한 다음 이로부터 算出한 直線의 勾配(slope)는 ABA 含量의 減少를 나타내는 것이기 때문에 各溫度에 있어서의 ABA 減少率(勾配值)을 浸漬溫度에 對하여 plot 하면 그림 7 에 나타난 바와 같이 ABA 減少率은 浸漬溫度에 對하여 대체로 直線的인 比例關係가 成立이 되었다.

한편 置床時間이 24 時間 以上으로 延長되면 ABA 減少率은 어느 浸漬溫度에 있어서나 時間이 경과할 수록 완만해졌다(그림 8~12).

② 吸水率과의關係

前記한 바와 같이 吸水率은 種子의 浸漬溫度에 比例하는 關係를 나타내고 또 ABA 減少率은 浸漬溫度에 比例하였으므로 ABA 含量變動은 吸水率의 變

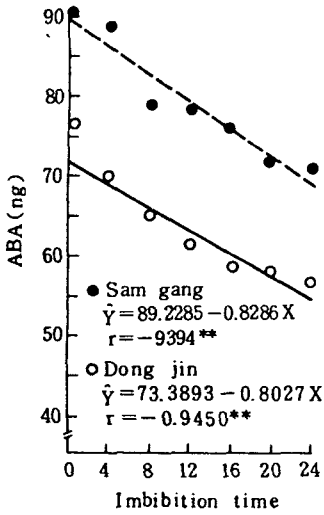


Fig. 4. Changes in ABA content at 17°C

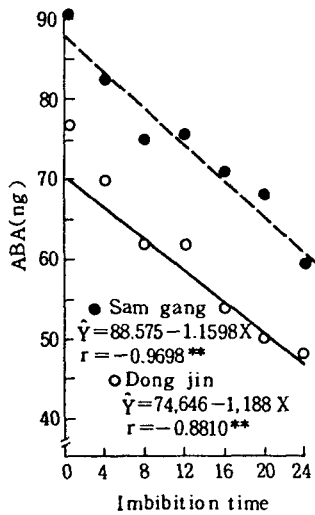


Fig. 5. Changes in ABA content at 22°C

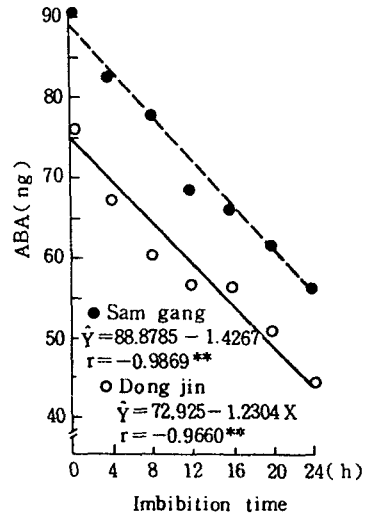


Fig. 6. Changes in ABA content at 27°C

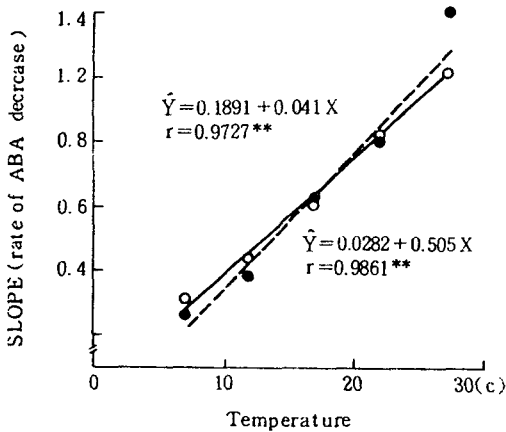


Fig. 7. Relationship between rate of ABA decrease and germinating temperature. ○ - Dong-jin, ● - Sam-gang rice variety.

動과 有關함이 示唆된다. 따라서 27°C와 7°C에 있어서 時間경과에 따른 吸水率과 ABA 含量的 變動을 比較한 바 그림 13 과 14 에서 보는 바와 같이 高溫에서 吸水率의 變動이 심할때는 ABA 減少도 심하고 반대로 低溫에서 吸水率이 低下하는 경우에는 ABA 의 減少率도 低下하였다.

그림 15 는 水稻種子의 發芽中 含水量과 ABA 含量變動과의 相關關係를 본것으로 ABA 含量은 含水量이 높을수록 減少되는 逆相關關係($R = -0.68^{**}$)를 나타냈다.

③ ABA 의 減少機作

以上の 實驗結果로 부터 水稻種子內 ABA 含量은 發芽過程중에 점차 減少됨을 알 수 있었다.

이와같은 ABA 減少에 對한 機作을 알아보기 위해 다음과 같은 두가지 實驗을 하였다.

첫째는 浸漬 發芽中 물에 溶出되는 量을 調査하였다. 卽 東津벼와 三剛벼의 두 種子를 100 粒씩 증류수 20 ml 에 加하여 發芽시키면서 一定時間에 물갈이를 해주는 경우와 물갈이를 하지 않는 경우를 比較하였다.

그 結果 東津벼와 三剛벼는 品種間에 약간의 差異는 있지만 물갈이를 해주는 경우(그림 16)나 그렇지 않는 경우(그림 17) 모두 비슷하게 ABA 는 물에 溶出되어 나왔으며 溶出量도 24 時間까지는 두 경우 거의 비슷하였다.

24 時間 以後에 있어서는 물갈이를 하지 않는 경우 ABA 含量이 그 以前것에 비하여 減少되었고 물갈이의 경우 48 時間제에 最大 溶出量을 보이다가 그후는 減少되었다.

以上の 結果로 보아 浸漬 24 시간까지는 種子內 ABA 는 單純한 擴散에 의한 外液으로의 溶出이 아닌 것으로 생각되며 그 以後는 溶出이 점차 減少함을 알 수 있다.

둘째 方法은 種子內部에서 代謝作用에 의해서 分解되는 ABA 量을 調査하였다.

^3H -ABA 2.45×10^6 dpm/ml 存在下에 두 品種을 6 時間동안 浸漬시켰다가 27°C에서 3 일동안 發

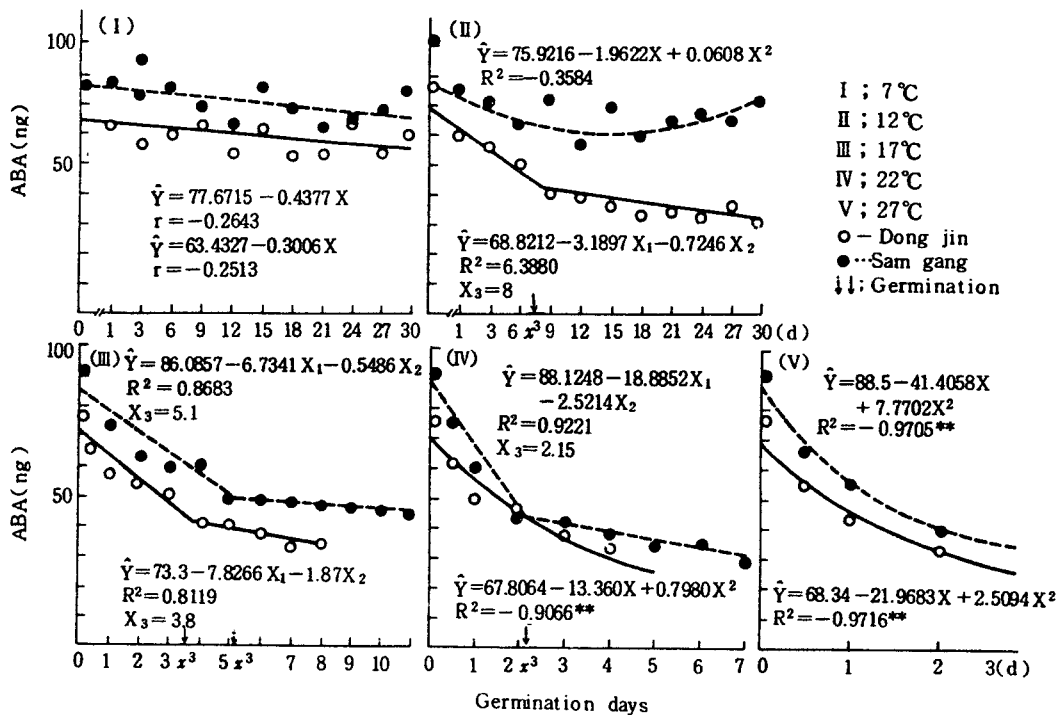


Fig. 8~12. Changes in ABA content

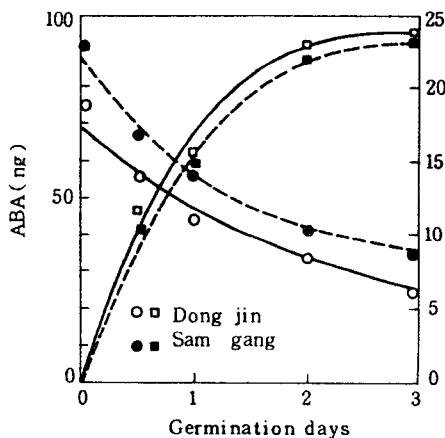


Fig. 13. Relationship of moisture content increase and ABA decrease at 27°C. □ & ■ Moisture content, ○ & ● ABA content. Germination.

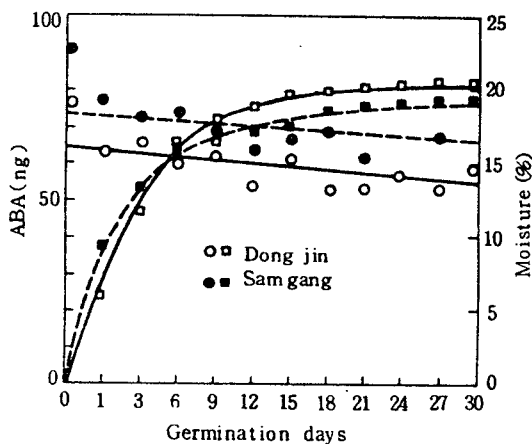


Fig. 14. Relationship of moisture content increase and ABA decrease at 7°C. □ & ■ Moisture content, ○ & ● ABA content.

芽시켰다. 浸漬 24時間과 72時間後에 種子를 50粒씩 取해서 水洗한 다음 磨碎하여 10ml methanol로 種子에 吸收된 ^3H -ABA와 代謝分解産物을 抽出하였다. 抽出된 ^3H -ABA와 代謝分解産物은 薄層 chromatography에 의해서 分離하였다. 그림 18

에 表示한 바와 같이 ^3H -ABA는 24時間後에 약 50% 水準으로 減少를 보이면서 M_1 과 M_2 의 分解産物이 생겨나기 시작했고 72時間後에 發芽가 시작되면 ABA의 放射能은 더욱 줄어들면서 東津버는 28% 그리고 三剛버는 30%로 감소되는 反面

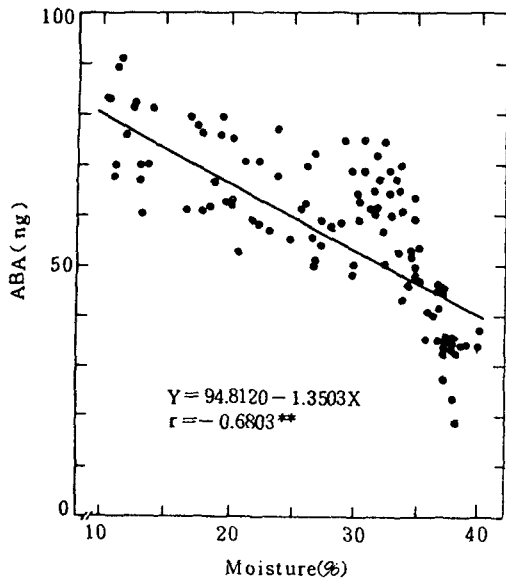


Fig. 15. Relationship of ABA decrease and water content.

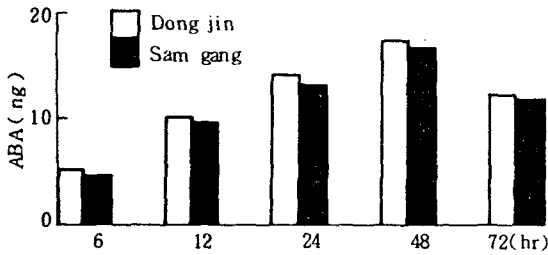


Fig. 16. Elution of ABA by water exchange. Rice (100 grains) were immersed in 20 ml water at 27°C. Water was exchanged at the indicated time during incubation. The washates were assayed for ABA.

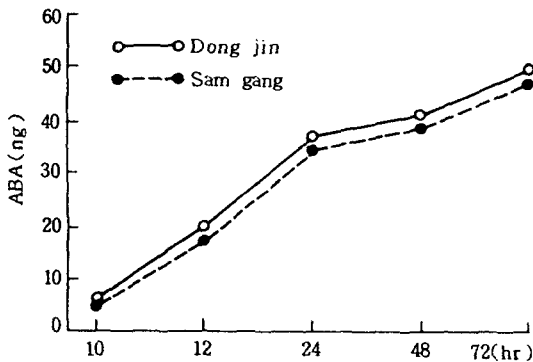


Fig. 17. ABA eluted out during incubation at 27°C. Water was not exchanged.

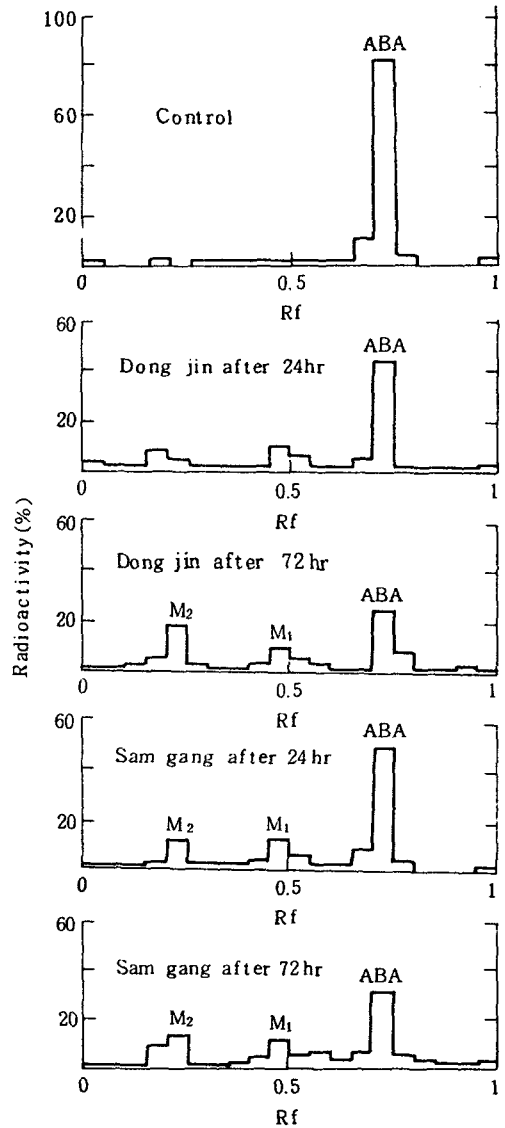


Fig. 18. Metabolic conversion of ABA to M₁ and M₂ during germination. Thin layer chromatography was carried out on silica gel impregnated glass fiber sheets with CHCl₃ : toluene : CH₃-COOH (50 : 100 : 5 v/v)

M₁과 M₂는 더욱 증가되었다.

이때의 ABA代謝物質로 생각되는 M₁과 M₂를 silica gel sheet로부터抽出하여 ABA에 대한放射免疫測定法으로 ABA量을測定한 결과, ABA는 1% 미만으로檢出될 뿐이어서 M₁과 M₂는 이미 ABA가 아닌 다른物質임을確認하였다.

2. 水稻의 低温 發芽性和 ABA

水稻의 品種間에는 低温 發芽性에 큰 差異가 있는 것으로 알려지고 있는데 이러한 水稻의 低温 發芽性和 ABA와의 關係를 調査하였다. 19個供試 品種을 32°C와 22°C 그리고 12°C 發芽조건에서 各 各 6일동안 置床하여 ABA含量的 變化를 調査하였다. 그 結果는 表3과 같다. 32°C와 22°C에서의 ABA 減少率은 低温發芽性和 關係를 찾을 수 없다.

그러나 低温(12°C)에서의 ABA 減少率은 低温 發芽性和 正의 關係가 成立되었다. 即 12°C에서 6일간 置床後 變化된 ABA의 減少率은 低温發芽性이 높을수록 높은 反面에 低温發芽性이 낮은 品種群에 있어서 Kd 値는 낮게 나타났다. 그러나 fair로 表示된 26~50%의 低温發芽性을 가진 品種에 있어서는 Jin-heung의 Kd 値가 높게 나타났다.

低温 發芽過程에서 ABA 代謝의 分解를 보기 위

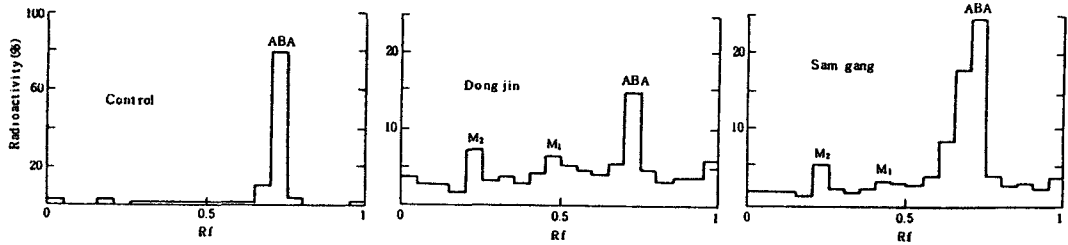


Fig. 19. Metabolic conversion of ABA after germination at 12°C for 9 days. Thin layer chromatography was carried out as described in fig. 17.

Table 3. Changes in ABA levels of various rice varieties during germination at various temperatures.

Varieties	original	ABA level at			Kd *	L**
		32 C	22 C	12 C		
		ng/g dry weight				
Soo-sung	67.9	23.4	36.4	50.0	2.98	poor
Soo-woon 82	72.9	29.0	22.6	46.3	4.43	good
Shirogane	73.1	22.9	22.8	46.1	4.50	good
Sensuraku	63.7	26.3	25.8	46.3	2.90	fair
Shin 2	76.8	29.0	40.7	59.3	2.90	poor
Ishigarishiroge	69.2	30.8	45.8	57.1	2.02	poor
Fujisaka	72.9	34.0	37.0	66.5	1.07	fair
Fal-dal	68.3	21.1	24.4	34.0	5.72	excellent
Jae-goen	65.3	26.3	28.0	42.7	2.27	fair
Poong-gwang	70.2	18.4	26.9	42.1	4.70	excellent
Norin 25	66.9	25.1	20.8	54.5	2.07	poor
Nong-gwang	67.3	33.9	23.1	50.5	2.80	poor
Norin 6	62.5	16.9	25.0	34.1	4.73	good
Man-gyung	69.7	21.0	29.5	63.2	1.09	poor
Soo-won 213	69.3	40.8	34.8	66.6	0.45	poor
Kinmaze	66.8	24.9	36.4	47.5	3.22	poor
Nong-bek	81.3	30.5	33.4	58.2	3.85	poor
Jin-heung	71.2	23.2	43.2	43.9	4.70	fair
Fal-keum	68.8	23.9	26.3	46.9	3.66	fair

$$* \text{Kd (rate of decrease)} = \frac{(\text{original ABA level} - \text{ABA level after germination at } 12^{\circ}\text{C})}{6 \text{ (days)}}$$

** L : germination ability of rice at low temperature³⁾

excellent ; >70% germination, good ; 51-69% germination, fair ; 26-50% germination, poor ; <25% germination.

하여 東津벼와 三剛벼에 ^3H -ABA를 吸收시키고 9일동안 12°C에 置床했다가 種子內 ABA와 代謝 分解產物을 前記한 方法으로 抽出하여 薄層 chromatography로 分析하였다.

그림 19에 나타난 바와 같이 東津벼에서는 吸收된 ^3H -ABA로부터 M_1 과 M_2 등 많은 代謝產物이 나타난 반면에 三剛벼에서는 吸收된 ^3H -ABA가 代謝되지 않고 많은 量이 變하지 않은채 蓄積되어 있는 것이 관찰되었다.

考 察

1. 水稻의 發芽와 ABA

1) 水稻發芽

水稻種子の 發芽는 溫度와 水分에 의해서 크게 지배되는데 東津벼와 三剛벼는 高溫에 의해서 水分吸收가 빨랐으며 12°C에서 置床 9일째에 吸水率의 차이가 크게 벌어지기 시작했다. 即 東津벼는 24%의 水分吸收로 발아가 시작되었으나 三剛은 19%로 발아가 되지 않았다. 이것은 日本型과 統一型의 品種 特性을 나타낸 것으로 보인다. 또한 이 점은 두 品種의 낮은 發芽性에 큰 差異가 있다는 것이고 그 原因은 水分과 溫度에 의한 것이라는 것도 알 수 있다.

2) 發芽中 ABA의 變動

ABA는 種子の 類에 많이 含有된 것으로 나타났다.

Hayashi^{6,7)}는 類에 두 종류 抑制物質이 存在하는데 한 종류는 틀림없이 ABA일 것이라고 말한바 있어 本實驗을 뒷받침하고 있다. 또한 Sondheimer^{14,15)}는 Fraxinus種의 종자 果皮에 높은 비율의 ABA가 存在하면서 休眠에 관여 한다고 했으며 Milborrow도 Avocado 종피에 342pmol g^{-1} 이 함유되어 胚의 178pmol g^{-1} 보다 많은 量이 포함돼 있다고 제시하고 있어서 一般적으로 ABA는 種皮에 많다는 것이 示唆되고 있다.

水稻種子の ABA 含量은 東津벼에서 76.5ng/g dry weight, 三剛벼에서 91.1ng/g dry weight 이었고 發芽過程에서 많은 量이 減少되었다. 특히 浸漬를 시작해서 24時間內에 크게 減少가 되었다. 東津벼는 27°C 發芽에서 첫 24時間에 43.8ng/g dry weight 까지 감소가 되었고 그 이후는 小幅으로 줄어들었다. 溫度가 내려감에 따라서 減少의 幅은 줄어들었다. 이와같은 현상은 三剛벼에서도 관찰되었다.

그리고 발아소요 일수는 品種間 差異는 있지만 發芽開始日이나 ABA 감소曲線의 轉換點(X_3)에서 ABA 含量은 50ng/g 以下로 감소가 되었다.

ABA가 生長抑制物質이라는 것은 周知의 事實인데 水稻의 發芽過程에서 ABA變動을 체계적으로 研究한 것은 찾아 보기 힘들었다.

그러나 Webb²¹⁾는 ABA는 sycamore 種子발아 抑制를 보고 했으며 Diaz⁴⁾도 복숭아의 種皮와 胚에서 ABA 減少에 따라 發芽가 증가된다고 했다. 이는 本實驗 결과와 일치된다고 보겠다.

本實驗에서 ABA는 발아중 두가지 機作을 통하여 減少되는 것이 究明되었는데 27°C에서 두 품종은 ABA 溶出量이 비슷했는데 이는 두 品種이 粒重當 비슷한 含量을 가지고 있기 때문이라 생각된다. 種子是 浸漬과 同時에 水分吸收가 일어나고 이때부터 ABA는 外液으로 溶出되었으므로 이過程은 단순한 擴散에 의한 것이 아닌 것으로 생각된다.

Williams²²⁾, Bonamy¹⁾는 땅콩의 종피와 果皮층에 함유된 ABA의 61%가 德過에 의해서 상실된다고 했으며 Hayashi⁷⁾도 牧草種子を 浸種했을 때 流出에 의해 抑制物質의 감소를 報告하고 있다.

두번째 ABA의 組織內 代謝의 分解는, Walton²⁰⁾과 Sondheimer¹⁵⁾ 그리고 Chanson²⁾ 등도 ABA는 M_1 과 M_2 로 代謝되었으며 M_1 은 phaseic acid (PA), M_2 는 dihydrophaseic acid (DPA)라고 밝히고 있다. 따라서 本實驗에서 M_1 化合物은 PA 그리고 M_2 는 DPA에 該當되는 것이라 示唆된다.

3) 水稻의 낮은發芽性과 ABA

本實驗에서는 崔³⁾ 등의 報告를 바탕으로 低溫 발아성이 다른 품종을 택하여 ABA와의 關係를 檢索한 바 低溫 發芽性이 높은 품종이 낮은 품종에 비하여 ABA 減少率(Kd)이 더 높음을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 낮은 발아성에 差異를 나타낸 東津벼와 三剛벼는 ABA의 代謝의 轉換에도 差를 나타내었다. 따라서 ABA 減少率의 差異가 組織內 代謝差에 一部起因함으로 생각된다.

Takahashi¹⁸⁾는 水稻種子에 ABA처리에 의한 中莖伸長 抑制를 報告했고 Koshimizu⁹⁾도 水稻幼苗의 生長억제를 보고 했다. 또한 Hayashi^{6,7)}는 類의 抑制物質이 ABA라고 주장했다.

이와같은 研究報告와 本實驗結果로 미루어 보아 ABA는 여러 다른 植物種子の 發芽調節에 있어서 처럼 水稻種子の 發芽過程에 있어서도 抑制的 作用을 하는 것이라 示唆된다.

摘 要

Abscisic acid (ABA)의 放射免疫測定法을 利用하여 發芽過程에 있는 水稻에 있어서 ABA 含量이 어떻게 變動되는가를 究明하였다.

水稻種子中에 含有된 ABA 含量은 東津벼에 있어서는 76.5 ng/g 乾物重 이었고 三剛벼는 91.1 ng/g 乾物重 이었다.

發芽中에 있는 水稻의 ABA 含量은 種子 浸漬後 24 時間內에 크게 減少되었으며 이와같은 ABA 減少率은 浸漬溫度와 發芽中 水分吸收率에 有意味한 正의 相關關係를 나타냈다.

水稻發芽中 ABA의 減少는 組織內 ABA가 浸漬液中으로 一部 溶出되고 一部는 組織內에서 다른 化合物로 代謝되는 것에 起因함을 알 수 있었다.

水稻의 發芽는 體內的 含量이 一定水準 以下에서 만 일어나며 發芽中 ABA 含量의 減少率이 水稻의 品種間 低溫 發芽性과도 관련이 있었다.

引 用 文 獻

1. Bonamy, F. 1982. Abscisic acid in seeds of Peach. I. Changes during maturation and storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(1): 23-26.
2. Chanson, A. and Pilet, P. E. 1982. Transport and metabolism of (2-¹⁴C) Abscisic acid in maize root. *Planta* 154:556-561.
3. Choi, H. O., Ahn, S. B., Lee, J. H., Heu, H., Lee, S. S. and Sohn, J. K. 1971-1976. Effects of low temperature on germination of rice. *CES. reserch reports*:11-54.
4. Diaz, D. H. and Martin, G. C. 1972. Peach seed dormancy in relation to endogenous inhibitors and applied growth substances. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(5):651-654.
5. Eagles, C. F. and Wareing, P. E., 1963. Dormancy regulators in woody plants. Experimental induction of dormancy in *betula pubescens*. *Nature* 199:874-875.
6. Hayashi, M. and Himeno, M. 1973. Studies on dormancy and germination of rice seed. II. Relation between seed dormancy and growth substances in rice. *Jap. J. Trop. Agri.* 16(4):270-275.
7. Hayashi, M. and Kuroki, O. 1973. Studies on the seed dormancy and thebreaking of seed dormancy of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli* beav. var. *royzicola ohwi*). *Jap. J. Trop. Agri.* 16(4):276-282.
8. Inoue, M. and Maeda, E. 1981. Stimulation of shoot bud and plantlet formation in rice callus by two step culture method using abscisic acid and kinetin. *Jap. J. Crop. Sci.* 50(3):318-322.
9. Koshimizu, K., Fukui, H., Mitsui, T. and Ogawa, Y. 1966. Identity of lupin inhibitor with abscisic acid and its biological activity on growth of rice seedling. *Agri. Biol. Chem.* 30(9):941-943.
10. Kuroguchi, S., Murofushi, M., Ota, Y. and Takahashi, N. 1978. Gibberellins and inhibitors in the rice plant. *Agri. Biol. Chem.* 42(1): 207-208.
11. Milborrow, B. V. 1967. The identification of (+) abscisic acid II (+-Dormin) in plants and measurement of its concentrations. *Planta* 76:93-113.
12. Oritani, T., Oritani, T. and Yoshida, R. 1973. Studies on nitrogen metabolism in crop plants. XII, cytokinin and abscisic acid-like substances levels in rice and soybean leaves during their growth and senescence. *Proc. Crop. Soc. Jap.* 43(3):280-287.
13. Oritani, T., Oritani, T. and Yoshida, R. 1975. Growth inhibitor in immature seeds of rice plant. *Proc. Crop. Soc. Jap.* 44(3):329-334.
14. Sondheimer, E., Tzou, D. S. and Galson, E. C. 1968. Abscisic acid levels and seed dormancy. *Plant physiol.* 43:1443-1447.
15. Sondheimer, E., Galson, E. C., Tinelli, E. and Walton, D. C. 1974. The metabolism of hormones during seed germination and dormancy. IV. The metabolism of (s)-2-¹⁴C-abscisic acid in seed. *Plant physiol.* 54:803-808.
16. Tamura, S. and Nagao, M. 1969. 5-(1,2-epoxy-2,6,6, trimethyl-1-clohexyl)-3-methyl cis trans

- 2,4-pentadienoic acid and its esters: new plant growth inhibitors structurally related to abscisic acid. *Planta* 85:209-212.
17. Takahashi, K. and Sato, K. 1972. On the growth process of rice mesocotyl. I. Effect of abscisic acid on the growth correlation between mesocotyl and shoot. *Proc. Crop. Soc. Jap.* 41(4):426-430.
 18. Takahashi, K., Sato, K. and Wada, K. 1974. Regulation of stem and leaf elongation in Japonica rice seedlings by exogenous growth substances. *Proc. Crop. Soc. Jap.* 43(1): 127-128.
 19. Wakizuka, K. and Yanaguchi, T. 1979. Thickening growth of scutellum in rice caryopsis induced by abscisic acid. *Jap. J. Crop. Sci.* 48(2):317-318.
 20. Walton, D. C. and Sondheimer, E. 1972. Metabolism of 2-¹⁴C-(±)-abscisic acid in excised bean axes. *Plant physiol.* 49:285-289.
 21. Webb, D. P. and Wareing, P. F. 1972. Seed dormancy in acer. Endogenous germination inhibitors and dormancy in acer pseudo-platanus L. *Planta* 104:115-125.
 21. Williams, P. M., Ross, J. D. and Bradbeer, J. W. 1973. Studies in seed dormancy. VII. The abscisic acid content of the seeds and fruits of corylus avellana L. *Planta* 110:303-310.