

## 벼 種實의 休眠 關聯 成分과 休眠性 및 穗發芽性과의 關係

金 容 旭\*

# Chemical Components Related with Seed Dormancy and Viviparous Germination in Rice

Yong Wook Kim\*

**ABSTRACT** : This experiment was conducted to investigate relation on seed dormancy and viviparous germination with sucrose content, fatty acid composition and abscisic acid content of rice seeds. The following results were obtained by this experiment.

Sucrose content of brown rice harvested at 20 and 40 days after heading was higher in Japonica and Sare type varieties than in Tongil and Indica type rices. Positive relationship was found between sucrose content of brown rice and viviparous germination rate of rice varieties tested.

Japonica and Sare type rice varieties showed low proportion of oleic acid and higher proportion of linoleic acid in brown rice harvested at 20 and 40 days after heading than Tongil and Indica rices tested. Viviparous germination was negatively correlated with the proportion oleic acid and positively with that of linoleic acid.

Abscisic acid content in hull of rice seeds stored for 30 days at 25/15°C fluctuation temperature condition was decreased more rapidly than 4°C, and Japonica varieties tested showed lower content of abscisic acid in rice hull than Tongil and Indica varieties used.

**Key words** : Rice, Sucrose, Fatty acid, ABA, Seed dormancy, Viviparous germination

벼의穗發芽性에 關聯된 要因에 對해서는 品種, 成熟度, 溫度, 圃場의 立地環境, 栽培條件 등이 報告된 바 있으나 穗發芽와 關聯된 벼 品種의 種子 休眠性에 對한 研究는 많이 있으며 더우기 休眠性과 關聯된 生理成分에 對한 研究가 많지 않고 최근 Majumder<sup>7)</sup>가 벼의 耐冷性과 關聯한 研究에서 脂肪酸 組成의 차이 및 休眠을 誘發하는 短鎖飽和脂肪酸(short-chain saturated fatty acid)에 對해 보고함으로서 이 分野의 研究가 활발히 進行되고

있는 實情이다. 앞으로 자포니카 型의 品種의 栽面 積이 점차 확대되므로 穗發芽性과 休眠에 對한 培 研究의 必要性이 증대될 것으로 思慮된다.

休眠을 誘發하는 要因에는 發育이 不完全하거나 生理的으로 未熟한 胚, 種皮의 機械的 抵抗 또는 不透水性, 그리고 發芽抑制物質 등과 같은 여러가 지가 알려져 있다. 벼 種子의 休眠性은 胚를 노출 하였을 때는 바로 發芽하므로 胚 休眠에 의하는 眞 性休眠은 아닌 것으로 알려져 있다<sup>9)</sup>. 그러나 機械

\* 東國大學校 農科大學 (Dept. of Agronomy, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea)

〈94. 12. 6. 接受〉

의不透水性이 休眠을 誘發하는 요인으로 작용하는지에 대해서는 아직 實驗的 證據가 불충분한 것으로 보고되고 있다<sup>5)</sup>.

Roberts<sup>12)</sup>는 種子를 둘러싸고 있는 組織이 休眠打破를 위한 酸化機作에 필요한 酸素의 확산을 抑制하므로 發芽抑制 效果를 가져오는 것으로 보았으며 벼에 있어 껍질에 의하여 胚에 이용될 수 있는 酸素가 排除되는 것을 休眠의 主要原因으로 보았다. 또한 穀粒 休眠의 減退는 類의 peroxidase 活性低下에 수반되고 있음을 발견하였다. Baun<sup>3)</sup>은 外皮에 있는 peroxidase가 胚와 酸素에 대한 競爭을 이룰 가능성이 있다고 하였으며, Takahashi와 Oka<sup>14)</sup>는 嫌氣的 조건 아래에서 休眠이 打破될 수 있음을 보고 하였다.

벼 種子를 싸고 있는 組織에서 内生 發芽抑制 物質이 발생되고 있는 것에 대하여는 여러 研究者들에 의하여 報告되어 왔다.<sup>4,6,9,10)</sup> Haysahi<sup>4)</sup>는 主 抑制物質은 Absciscic acid라고 하였으나, ABA가 벼에서 休眠機作에서의 결정적인 요인은 아닐 것이며 그 이유는 ABA는 發芽初期에 일어나는 作用들을 抑制하지 못하며 단지 幼根의 출현을 抑制할 뿐이기 때문이라고 하였다.

Takahashi등<sup>14)</sup>과 Mikkelsen등<sup>8,9)</sup>은 休眠 種子에서 추출한 物質이 非休眠 種子의 發芽를 抑制함을 觀察하였으며, Amen<sup>1)</sup>은 休眠의 시작, 調節, 終了등이 生長 抑制物質 또는 誘發物質의 均衡에 의하여 調節된다는 原理에 基礎하여 種子休眠에 대한 모델을 提示하였다.

Walker-Simmons<sup>15)</sup>는 穀類의 穗發芽 문제에 있어 ABA는 休眠種子 胚와 非休眠種子 胚間에 作用성을 달리함을 究明하여 밀 種子에서 胚의 ABA 誘起 休眠研究에서 分子生物學的 調節을 위한 研究體系를 개발하였는데 그는 水分을 흡수한 休眠 種子의 胚軸에서는 ABA 含量이 일시적으로 증가하며 耐熱性인 ABA 反應性 蛋白質의 合成이 遲延되는 반면, 非休眠 種자는 흡수하여도 胚軸에서 이러한 反應이 일어나지 않음을 觀察하였다.

不飽和脂肪酸들은 몇가지 揮發性 알데하이드와 그들의 Oxoacid 短片들을 만들고 이들 物質은 酸素作用에 의하여 생성된다는 것이 오래 전부터 확인되어 왔다. Linoleic acid(18:2)를 예로들면 여러 단계의 代謝過程을 통하여 短鎖飽和脂肪酸(C6~C9)

을 생성하게 되고 이후 이들 短鎖飽和脂肪酸은  $\alpha$ -또는  $\beta$ -oxidation 과정을 거쳐 다시 다른 형태의 短鎖飽和脂肪酸을 생성할 수 있다. 따라서, 短鎖飽和脂肪酸 含量과 그에 따른 登熟기간에 있는 種子의 休眠強度는 일차적으로 C18인 遊離 不飽和脂肪酸의 含量과 그 可用性에 支配를 받게 된다. 登熟期間 중에 이들 不飽和脂肪酸의 일부는 酵素作用에 의하여 분해되어 短鎖飽和脂肪酸으로 전환될 수 있으며, 실제로 강한 休眠성을 지닌 品種들은 분해에 關與하는 酵素를 가지고 있는 것으로 밝혀졌다<sup>7,13)</sup>.

休眠성이 강한 品種들은 非休眠性 品種들에 비하여 短鎖의 飽和脂肪酸 含量이 높게 집적한다. C6-C9의 4가지 短鎖 飽和脂肪酸 중에서 C9(nonanoic acid)이 가장 효과적으로 種子의 休眠성을 부여하는 것이며<sup>8)</sup>, 벼 種子의 休眠性 誘起物質은 種子껍질과 種皮에 含有되어있다<sup>1)</sup>. 귀리 種子에서 C5- C11 길이가 다른 脂肪酸이 種子 發芽에 있어 生理的 活力을 檢定한 결과 약  $2 \times 10^3 M$ 의 C9(nonanoic acid)가 非休眠性 귀리 種子의 發芽率을 50%까지 抑制하였으며 나머지 脂肪酸은 發芽抑制 效果가 없었다. 이들 脂肪酸 含量은 植物體內에 存在하며, 抽出되는 植物體의 부위에 따라 다른것으로 밝혀졌고, 왕성하게 生長하고 있는 곳에서보다 自然的으로 休眠하고 있는 組織에서 더 높은 含量을 나타냈다고 보고되었다<sup>15)</sup>.

## 材料 및 方法

公試材料로는 자포니카 品種으로 오대벼, 소백벼, 화성벼, 사래 系 栽培品種으로는 자광도, 중원벼 및 인디카 型 品種으로는 IR-20등 6개 品種을 가지고 sucrose 含量, 脂肪酸 組成 및 ABA 含量을 分析하고 이들 成分과 休眠性 및 穗發芽性과의 關係를 조사하였다.

### 1. Sucrose 含量과 脂肪酸 組成 分析

出穗後 20일과 40일에 穗發芽性 檢定을 위하여 採取한 試料중 일부를 40℃ 乾燥機에서 48시간 乾燥한 다음, 種實의 水分含量을 14%로 補正한 後 sucrose 含量과, 脂肪酸組成含量을 分析하였다.

sucrose含量은 玄米機로 製玄한 玄미를 이용하

여 AACC방법으로 定量하였다.

脂肪酸 組成의 分析은 Sodium methoxide를 觸媒로 하는 methanolysis 법으로 하였다. 玄米 試料를 粉碎하여 分析當 약 20mg을 添加하여 65±5℃의 湯曹上에서 2시간 동안 還流 冷却 시킨 後 脂肪酸의 에스테르화를 行하였다. 冷却 後 1% Phenolphthalein을 指示藥으로하여 1N 황산으로 中和시킨 다음 分液濾過로 hexane 층을 삼각플라스크에 濾過하여 無水 sodium sulfate를 넣어 2시간동안 방치하여 脫水 하였다. hexane 층을 濾過하여 濾液을 梨形 플라스크에 취한 다음 Mantle heater에서 hexane을 揮發 除去하여 기름을 취하였다. 이 기름에 에틸에테르 1 ml를 넣은 後 2 ml을 취하여 Gas chromatography에 注入하여 脂肪酸을 分析하였다. Gas chromatography의 條件은 내경 3 mm, 길이 3 m 의 glass column에 Chromosorb (A/W) 60~80 mesh를 擔體로 하여 10%의 DEGS를 충전하고, column 溫度를 200℃, Detector 溫度는 250℃로, Helium을 60ml/min로 흐르게 하여 FID로 檢出하였다. 사용 기종은 GC-6A형 Gas chromatography 였고, 각 脂肪酸의 Peak 면적은 자동 Integrator로 계산하였다. 脂肪酸 組成의 分析結果는 Palmitic acid(16:0), Oleic acid(18:1), Linoleic acid(18:2)의 組成비로 표시하였다.

## 2. Abscisic acid含量的 分析

前述한 貯藏中 種實의 休眠性 調査를 위한 試驗 圃場에서 소백벼, 화성벼, 자광도, 중원벼, IR-20의 5品種(系統)을 각각 出穗 後 40일에 收穫하여 상처없이 脫穀, 정선하고 10일간 自然乾燥한 다음, 밀봉하여 分析할때까지 냉장고(4℃)에 보관하였다가 전체 品種의 試料가 준비되었을때 種實의 水分含量을 14%로 補正하여, 玄米機로 種實에서 왕겨를 分離해 낸 다음, 이들을 ABA 含量을 分析하는 試料로 사용하였다. ABA 含量은 그림 1과 같은 農業技術 研究所 方法<sup>11)</sup>으로 分離 定量 하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 種實의 Sucrose含量과 發芽率

10g Fr. Wt./80%methanol(100mg Na-ascorbate, 200mg BHT) /

Grinding

Overnight at 4℃

Filtration

Evaporation

ad. to pH8. 0 with K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>  
Ext. with n-hexane. 3times

Aqueous

Hexane

ext. with ethylacetate. 3times

Aqueous

Ethylacetate

ad. to pH2. 5 with HCl  
ext. with ethylacetate 3times

Ethylacetate

Aqueous

Evaporation

PVP column

Elution : 0. 1M phosphate buffer (pH3. 5)  
4bed column  
ad. to pH2. 8

Sep-Pak (C18) activation: methanol 1mM HCl

Washing : 1mM HCl 10ml

Elution : methanol : 2mM H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>(75:25, V/V) 3ml

HPLC

1. Prep-HPLC

Column Bondapak /C-18, 15cm×1. 9cm i. d  
Solvent system : 0.2N acetic acid :  
Acetonitrile, 70:30,  
Flow rate : 4.0 ml /min

2. Anal. -HPLC

Column: porasil /silica, 10cm×8mm, i. d  
Solvent system: 45% Acetonitrile in CHCl<sub>3</sub>  
with 0.7N acetic acid,  
Flow rate : 1.0 ml /min

Fig. 1. Procedure for extraction, separation and analysis for ABA in hull of rice seeds.

表 1은 오대벼, 화성벼, 자광도, 중원벼, IR-20등 6品種에서 出穗 後 20일과 40일에 收穫한 種實을 製玄하여 玄米가 含有한 Sucrose의 含量을 나타낸 것이다. 玄米의 Sucrose 含量은 出穗 後 20일과

40일의 두 時期 모두 자포니카 型 品種인 소백벼, 6 品種에서 出穗 後 20일과 40일에 收穫한 種實을 製 玄하여 玄米가 含有한 Sucrose의 含量을 나타낸 것 이다. 玄米의 Sucrose 含量은 出穗 後 20일과 40 일의 두 時期 모두 자포니카 型 品種인 소백벼, 오 대벼, 화성벼등이 沙례系 在來品種인 자광도나 統 一型인 중원벼 및 인디카型 品種인 IR-20보다 많 은것으로 나타났다. 品種別로 두 時期間 Sucrose 含量의 變化를 보면 자포니카 型 品種들에서는 5. 9~9.9%의 含量增加가 있었고, 자광도는 19.9%, 중원벼는 44.1%, IR-20은 12.4% 增加함으로써 登 熟이 進전됨에 따라 이들 자포니카 型 品種들에서 그 增加程度가 적은것으로 나타났다.

그림 2에서는 出穗 後 20일 및 出穗 後 40일의 種實(玄米)이 含有한 Sucrose 含量과 穗發芽率의 關係를 표시하였는데 種實의 Sucrose 含量이 높은 品種일수록 穗發芽率 試驗에서의 穗發芽率이 높은 傾向을 보였는데 그 정도는 出穗 後 20일에서 좀더 뚜렷하였다.

Table 1. Sucrose content in brown rice

Variety	20DAH (% dry weight)	40DAH (% dry weight)
Sobaekbyeo	2.32	2.55
Odaebyeo	2.86	3.03
Hwaseongbyeo	2.87	3.10
Jakwangdo	2.11	2.53
Jungwonbyeo	1.61	2.32
IR-20	2.10	2.36

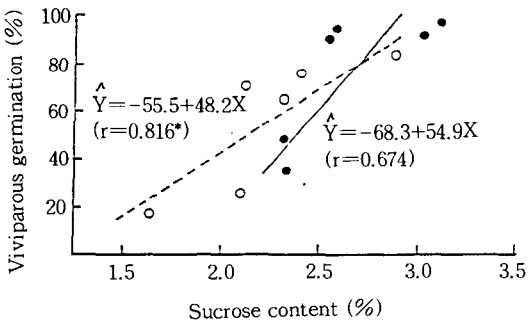


Fig. 2. Relationship between sucrose content and viviparous germination of rice seeds harvested at 20(---○---) and 40(—●—) days after heading.

즉, 登熟過程의 어느 時點에서 種實의 sucrose 含量이 높은 品種일수록 相對的으로 穗發芽의 比 率이 높을수 있다는 것을 나타낸 結果라고 할 수 있다.

한편, 出穗 後 20일에서 40일로 登熟이 進전됨에 따른 sucrose 含量 增加程度로 볼때 穗發芽率이 높 은 品種일수록 낮은 品種에 비하여 登熟 初中期부 터 相對적으로 높은 sucrose 含量을 보인다고 할 수 있었다. 種子의 發芽過程에서는 각종 貯藏成分의 分解와 再合成이 이루어지며 필요한 에너지는 初 期에 胚油에 존재하는 可用性 Glucose나 Maltose 가 여러 酵素에 의하여 이동이 용이한 sucrose가 形成되어 인접한 胚軸으로 이동, 이용되고, 차츰 胚油내 Amylose나 Amylopectin등의 貯藏澱粉이 Glucose나 Maltose로 分解되고 다시 sucrose로 再合成되어 胚軸으로 轉류되어 幼苗나 幼根의 生 長에 에너지원으로 이용된다.

本 實驗에서 玄米內 Sucrose 含量이 높은 品種 에서 穗發芽率이 높았던 것은 穗發芽過程에서 必 要한 可用性 Sucrose또는 再合成되어 이동되어야 하는 Sucrose의 濃度를 높이는쪽으로 作用했기 때 문으로 생각되었다. 그러나 試驗過程에서 種子內 의 Glucose나 Maltose 含量과 아울러 Sucrose 分 解合成 過程등을 追跡 分析하고 이와 發芽過程의 關係를 精밀히 調査하지 않은 現狀에서 發芽以前 種子에 含有된 Sucrose 含量이 發芽를 促進하는 役割을 하는지에 대하여는 앞으로 더 研究되어야 할것으로 생각되었다.

## 2. 種子의 脂肪酸 組成과 休眠

禾穀類 種子의 脂質合成은 탄수화물이나 지방질 에 의하여 그 含量이 매우 낮으나 호분층이나 배조 직에 주로 분포하여 發芽에 필요한 에너지원이다. 種子에 있는 지질은 대부분 貯藏形態인 Trigly ceride로 존재하고 發芽過程中 여러 종류의 산화작 용으로 분해되어 결국 Glycerol과 油脂脂肪酸으로 가수분해되고 遊離脂肪酸은  $\alpha$ - 또는  $\beta$ -oxidation 을 거쳐 에너지원이 되거나 탄수화물의 再合成에 이용된다.

표 2는 出穗 後 소백벼(J), 오대벼(J), 화성벼 (J), 자광도(沙), 중원벼(IxJ), IR-20(I) 品種에

서 각각 出穗後 20일과 收穫한 種實(玄米)이 함유한 지질을 추출하여 Palmitic acid(16:0), Oleic acid(18:1), Linoleic acid(18:2)의 組成比率로 나타낸 것이다. 이들 세 脂肪酸의 組成比는 전체적으로 보아 出穗後 20일 또는 40일 모두 Palmitic 20일 또는 40일 모두 Palmitic acid가 20% 전후, Oleic acid와 Linoleic acid가 각각 40%를 점하고 있었다. 품종별로 보면 Palmitic acid는 IR-20에서 그 比率이 조금높을뿐 다른 品種間에는 뚜렷한 차이를 찾아볼 수가 없었고, 統一型인 중원벼와 인디카형인 IR-20이 나머지 品種들과 비교할 때 Oleic acid의 組成比가 相對的으로 높은 반면, Linoleic acid는 낮은 값을 나타내었다.

出穗後 20일에서 40일로 登熟이 진전됨에 따른

Table 2. Fatty acid Composition in brown rice

Palmitic Variety	Oleic		Linoleic			
	20DAH	40DAH	20DAH	40DAH	20DAH	40DAH
	%					
Sobaebyeo	23.4	20.3	35.9	38.8	40.8	40.9
Odaebyeo	19.8	19.3	39.3	38.7	41.0	42.1
Hwaseongbyeo	21.5	20.7	36.5	37.1	42.0	42.3
Jakwangdo	—	18.4	—	39.1	—	42.5
Jungwonbyeo	21.6	20.5	41.3	40.6	37.1	38.9
IR-20	22.6	23.6	42.5	40.1	34.9	36.4

\* DAH : days after heading

品種別 脂肪酸 組成의 변화를 살펴보면 Palmitic acid의 경우 소백벼로부터 중원벼까지는 감소하는 경향인 반면 IR-20은 증가하였고, Oleic acid는 모두 증가하는 경향을 보였는데 중원벼와 IR-20은 다른 品種들보다 그 증가정도가 조금더 크게 나타났다.

그림 3은 이들 品種에서 出穗後 20일 및 40일에 조사한 種實(玄米)의 Oleic acid 및 Linoleic acid의 組成比와 穗發芽率의 關係를 나타내고 있다. 두 시기 모두에서 穗發芽率은 Oleic acid의 組成比와 부의 相關이 있었고, Linoleic acid의 組成比와는 正의 相關이 있는 것으로 나타났다. Majumder<sup>7)</sup> 등은 벼의 耐冷性和 種子내 함유된 脂肪酸의 종류와 組成比의 關係 研究에서 種子의 發芽는 Oleic acid, Linoleic acid와 같은 不飽和 脂肪酸과 이들이 분해되어 생성하는 短鎖飽和脂肪酸(Short-chain saturated fatty acids)의 均衡에 影響 받는다고 하면서, 특히 nonanoic acid(C9)가 種子의 休眠을 유도하는 物質이라 하였다. 또한 그는 休眠性이 강한 品種은 休眠性이 약한 品種보다 種子의 內生 nonanoic acid의 농도가 높아 외부에서 nonanoic acid를 처리할 때 상대적으로 낮은 농도를 처리하여도 休眠이 誘起됨을 보여주었다. 또한 그 種子의 休眠性에 차이가 있는 8개의 벼 品種 種子에서

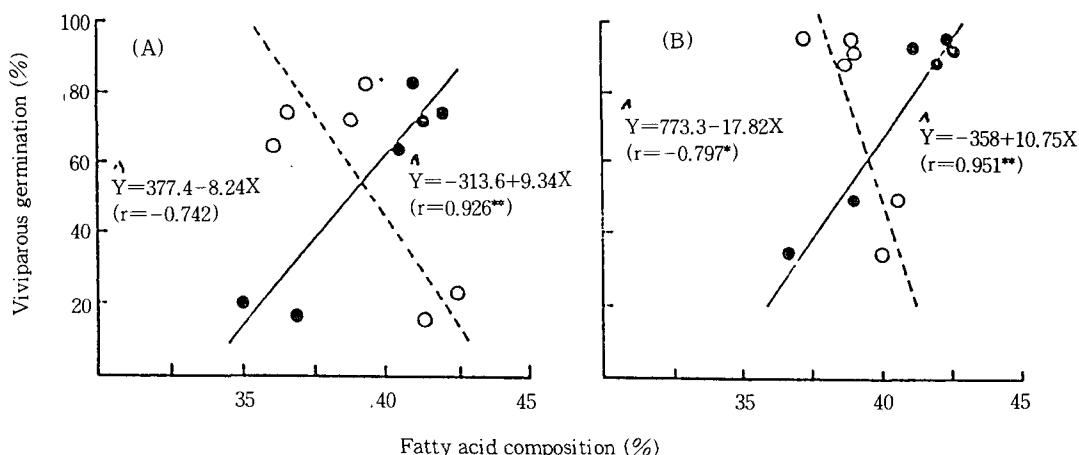


Fig. 3. Relationship between viviparous germination and unsaturated fatty acids, Oleic acid(-○-) and Linoleic acid(-●-), in rice seeds harvested at 20(-A-) and 40(-B-) days after heading.

脂肪酸 組成을 조사한 결과, Oleic acid는 休眠性이 강한 品種일수록, Linoleic acid는 休眠性이 약한 品種일수록 각각 그 組成比가 높은것으로 보고하고 있어 본 시험에서의 결과와 그 경향이 일치하고 있다.

### 3. 種子의 Absciscic acid(ABA)含量과 發芽率

表 3은 出穗 後 40일에 收穫한 種子를 晝夜 25/15℃와 4℃, RH 40%의 두 조건에서 30일간 貯藏한 다음, 製玄하면서 왕겨를 분리하여 그속에 함유된 ABA 含量을 分析 定量한 결과이다. 4℃, RH40%에 貯藏하였을 때는 실내조건과 유사한 25/25℃에 貯藏하였을 때보다 모든 品種에 걸쳐

ABA 含量이 높았으며, 品種別로 보면 統一型인 중원벼나 인디카型인 IR-20에서 그 含量이 높았다. 또한 25/15℃에 貯藏하였을 때 ABA 含量의 감소도 인디카型이나 統一型 品種보다 자포니카型 品種들에서 그 정도가 컸었다. 이와같은 品種別 ABA 含量의 차이와 發芽率과의 關係를 살펴보면 그림 4에서 보는바와 같다. 25/15℃ 및 4℃조건에서 모두 ABA 含量이 낮았던 자포니카型이나 사레型 品種들은 높은 發芽率을 보인 반면, 相對的으로 ABA 含量이 높은 統一型 品種이나 인디카型 品種들은 發芽率이 떨어지는것을 보여주고 있다.

Table 3. ABA content in hull of rice seeds at 30 days after storage under 25/15 (day/night)℃ and 4℃+RH40%

Variety	Varietal group	Storage condition	
		4℃	25/15℃
		μg	
Odaebyeo	Japonica	1.36	0.80
Hwaseongbyeo	Japonica	1.31	0.76
Jakwangdo Sare	Sare	1.77	1.42
Jungwonbyeo	Tongi	2.70	1.20
IR-20	Indica	3.03	1.76

## 摘 要

本 實驗은 벼種實의 休眠性 關聯成分과 休眠性 및 穗發芽性과의 關係를 究明하고자 遂行되었으며 實驗 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 出穗後 20일과 40일에 收穫한 種實의 玄米 중 Sucrose 含量은 모두 자포니카型 品種이 사레型, 統一型 및 인디카型 品種들보다 높았고, 자포니카型 品種에서는 모두 時期間에 그 含量의 변이도 작았다. 出穗後 20일 및 40일의 玄米 Sucrose의 含量과 穗發芽率은 正의 相關이 確정되었다.
2. 出穗後 20일 및 40일에 收穫한 種實의 玄米에 함유한 脂肪酸 組成은 자포니카型이나 사레型 品種들 보다 統一型 및 인디카型 品種들에서 Oleic acid의 比率이 높은 반면 Linoleic acid의 比率이 낮았으며, 種實의 穗發芽性은 Oleic acid의 組成比와 正의 상관, 그리고 Linoleic acid 比率과는 正의 相關關係가 있었다.
3. 出穗後 40일에 收穫한 種實의 晝夜 25/15℃ 변은 조건과 4℃의 저온 조건에 각각 30일간 貯藏한 後 왕겨에 함유된 ABA 含量을 조사한 결과, 25/15℃에 貯藏한 것이 4℃에 貯藏한 것보다 그 含量이 낮았으며, 穗發芽性이 높은 자포니카型 品種들이 穗發芽性이 낮은 統一型이나 인디카型 品種들 보다 ABA 含量이 크게 낮았다.

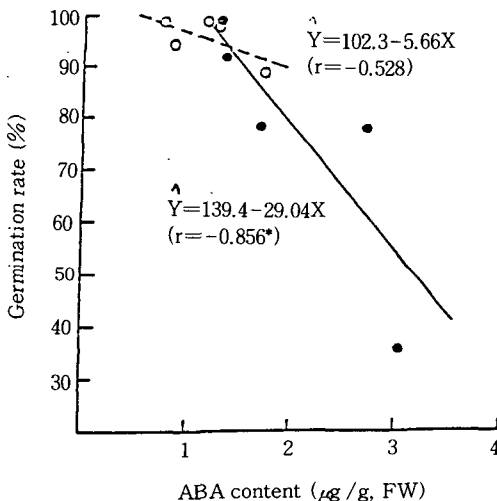


Fig. 4. Relationship between ABA content in hull and germination of rice seeds harvested at 20(-○-) and 40(-●-)days after heading.

## 引用文獻

1. Amen, R. D. 1968. A model of seed dormancy. *Botanical Review* 34(1):1-31.
2. Baun, L. C. 1972. Biochemical studies on Dormancy of the rice grain. M. S. thesis, Colledge of Agriculture, University of Philippines, Los Banos, 64p.
3. Hayashi, M., and Y. Hidaka. 1979. Studies on dormancy and germination of rice seeds. Temperature treatment effects on rice seed dormancy and hull tissue degradation in rice seed during the ripening period and after harvest. *Bull. Fac. Agr., Kagoshima Univ.* 29:21-32.
4. Hayashi, M. and M Himeno. 1973. Studies on the dormancy and germination of rice seeds. II. Relation between seed dormancy and growth substances in rice.
5. Karivarthan Raju, T.V., and Sakharam Rao. 1972. Possible role of seed coat characteristics on dormancy in rice. *Madras Agric. J.* 59(11/12):647-649.
6. 김석현, 최창휴. 1993. 收穫期の 降雨가 맥주 보리 發芽性에 미치는 影響. *韓作誌* 38(別策 1):40-41.
7. Majumder, M. K. 1989 Implication of fatty acids and seed dormancy in a new screening procedure for cold tolerance in rice. *Crop Sci.* 29:1298-1304.
8. Mikkelsen, D. S. 1967. Germination inhibitors as possible factor in rice dormancy. *Int. Rice Comm. Newsl. Sp. Issue*, p. 132-145.
9. Mikkelsen, D. S. and I. T. Glazewski. 1962. Occurrence and Physiological properties of endogeneous growth substances in hulls of *Oriza sativa*. *Proc. Rice Technical Working Group*, Huston, Texas.
10. Misra, B. and P. K. Misra. 1969. Certain considerations on seed dormancy in rice *Oriza sativa*. 6(2):18-22.
11. 農業技術 研究所. 1991. 植物 호르몬 分析. pp. 112-140.
12. Roberts, E. H. 1962. Dormancy of rice seed. III. The influence of temperature, moisture, and gaseous environment. *J. Exptl. Bo.* 13:75-94.
13. Slack, C. R., P. G. Roughan, and J. Terpstra. 1976. Some properties of a microsomal oleate desaturase from leaves. *Biochem. J.* 155:71-80.
14. Takahashi, N., and H. I. Oka. 1959. Factorial analysis of regulating Mechanism on germination velocity in rice seed. *Bull. Inst. Agric. Res. Tohoku U.* 10:207-212.
15. Walker-Simmons, M. K. 1990. Preharvest sprouting in cereals. *Agronomy News.* 1990(Feb):8.