

Gibberellic Acid與Abscisic Acid

對矮生稻幼苗生長的影響⁽¹⁾

胡 森 琳⁽²⁾ 楊 冠 政

摘 要

GA_3 明顯地促進矮生稻 (*Oryzae Sativa* C.V. *I-Geo Gon*) 幼苗的生長, ABA 則強烈抑制之。當 ABA 與 GA_3 同時存在時, 兩者之間顯現出相互作用的現象。

RNA 總量的測定和 ^{32}P 嵌入 (*incorporation*) 的實驗都顯示出 GA_3 促進 RNA 的合成在生長受促進之前發生, 而 DNA 的增加則在 RNA 之後。

ABA 抑制幼苗的生長, 降低核酸與蛋白的含量。當 ABA 與 GA_3 同時存在時, 其結果顯示:

1. 當 ABA 濃度達到 $5 \times 10^{-5} M$ 以上時, 加入 GA_3 無相互作用的現象。

2. ABA 濃度低於 $5 \times 10^{-5} M$ 時, GA_3 與 ABA 之間有拮抗作用 (*Antagonism*) 發生。以 $5 \times 10^{-6} M ABA$ 和 $5 \times 10^{-4} M GA_3$ 共同處理幼苗至第五天, 幼苗的高度已經恢復到蒸餾水培養的水準, RNA 的含量有明顯的回昇, 但仍有部份的抑制, DNA 蛋白質和幼苗乾重雖有參差不等的增加, 却仍有 50% 以上的抑制。

由此可見 ABA 與 GA_3 之間的相互作用為部份 (*partial*) 和非競爭性 (*non-competitive*) 者, 亦即這兩種荷爾蒙之間的作用可能只有部份的相連, 這一相關部份顯示出拮抗的現象。非相關部份的 ABA 的抑制作用則非加入 GA_3 所能解除。

另外, 本實驗亦就 GA_3 與 ABA 在種子發芽時, α -澱粉酶的合成和根生長間之相互作用情形一併加以討論。

緒 言

自從 Kurosawa (1926) 在台灣發現激勃素 (*gibberellin-GA*) 以來, 至今已陸續發現四十餘種。其中最重要和被用來研究最多的是激勃酸 (*gibberellic acid-GA₃*)。做為一種植物內生的調節者 (*endogenous regulator*), 其重要而熟知的生理作用如下 (參考 Jones, 1973):

- (1) 促進大麥胚乳中養份的利用。
- (2) 促進遺傳或生理性矮化植株生長習性 (*growth habit*) 的正常化。

growth habit) 的正常化。

(3) 促進許多光休眠 (*photodormancy*) 種子的發芽。

(4) 促進羊齒植物孢子的發芽。

(5) 促進休眠芽 (*dormant buds*) 的生長。

自從 Paleg (1960) 和 Yomo (1960) 首次分別發現 GA_3 能代替胚 (*embryo*) 的一系列功能而導致養分的輸送 (*substrate mobilization*) 之後, 便吸引了大量的研究。目前, 在大麥和其他的種子中, 這種作用的已知過程如后: GA_3 在胚軸

(1) 本論文部份接受國家科學委員會補助

(2) 食品工業研究所助理研究員

(*embryonic axis*) 中被合成之後，經由子葉 (*scutellum*) 而轉移到糊粉層 (*aleurone layer*) 之中，在此 GA_3 誘發一些水解酶 (*hydrolases*) 的新合成 (*de novo synthesis*)，繼而這些酶便進入胚乳之中，進行養料的水解，最後這些水解後的養分便經由子葉而輸送到生長的胚芽之中，做為幼苗生長所需 (參考 Jones, 1973)。

至於 GA_3 如何在糊粉層中作用的研究已知， GA_3 在游離的糊粉層中有 4—20 小時的遲延時間 (*lag time*)，隨各種酵素而異， α -澱粉酶 (*α -amylase*) 約為 8—10 小時 (*Chrispeels & Varner, 1967a.*)。由於 α -澱粉酶的合成會被 *Actinomycin D* 所抑制；*Chrispeels & Varner* (1967b.) 乃推測， α -澱粉酶的合成有賴於一種特異的核糖核酸 (*specific RNA*) 的產生。這種假設已被用做 GA_3 會誘導 *mRNA* 的引證。最近 *Zwar & Jacobson* (1972) 確已證知， GA_3 能促進一種 *polydisperse RNA* 的合成，而 α -澱粉酶則有賴於此種 *RNA* 的合成。

Evins (1971) 和 *Evins & Varner* (1972) 發現，在大麥糊粉層以 GA_3 處理到 α -澱粉酶產生的 8—10 小時中，核糖體 (*ribosome*) 和多核糖體 (*polysome*) 的合成都會增加；另外，膜 (*membrane*) 的形成，特別是內質網膜 (*endoplasmic reticulum-ER*) 的形成亦告增加 (*Jones 1969*)。

Evins (1971) 又發現，從 GA_3 處理的細胞中分離的蛋白質具有與 α -澱粉酶相類似的高 *tryptophan / tyrosine* 的比率，同時，細胞中多核糖體也和較多的 α -澱粉酶相連結。*Jonson & Kende* (1971) 更推論道：在大麥糊粉層中，水解酶的合成只有當多糖體連結到新合成的 *ER* 之上時才能進行，同時， GA_3 的任務是在產生膜以供多核糖體連結，作為一些先前即已存在的 *mRNA* (*preexistent mRNAs*) 進行轉譯 (*translation*) 之用。另外有關於 GA_3 對細胞膜通透性 (*permeability*) 影響方面的研究顯示， GA_3 可能會經由改變糊粉層內各種細胞器官 (*organells*) 的膜的通透性，使得一些基質 (*substrate*) 能有效地用做合成代謝而最後導致於水解酶的合成 (參考 *Jones, 1973*)。

在生長的組織中，有關於 GA_3 對 *DNA*，*RNA* 和蛋白質代謝的影響方面的研究甚多，這些結果均

顯示荷爾蒙對於細胞所引起的最初反應是在核酸和蛋白質代謝的基準上，亦即：荷爾蒙可能係引發新的 *mRNA* 或特異酶 (*specific enzyme*) 的合成終而導致種種的生理反應 (*Key, 1969*)。有些研究指出 GA_3 對 *RNA* 合成的促進與 *DNA* 模版活性 (*template activity*) 的增加 (*Jarvis et al., 1968*) 或 *RNA* 聚合酶 (*polymerase*) 活性的增加 (*McComb et al., 1970; Jarvis et al., 1968*) 有關。比較重要的資料來自於四季豆 (*Phaseolus vulgaris*) 胚乳中多核細胞核 (*endopolyptoid nuclei*) 的研究。*Nagl* (1971) 發現 GA_3 能促進許多核仁 (*nucleoli*) 的形成；用組織化學的方法 (*histochemical tests*) 發現這些核仁中含有可被 *Actinomycin D* 所抑制的 *RNA*。這種核仁小體 (*nucleolar bodies*) 的出現至少說明 GA_3 對此種的 *RNA* 合成具有一種質的影響 (*qualitative effect*)。

ABA (*abscisic acid*)，先前被稱做 *dormin* 或 *abscisin II*，亦是一種植物內生的生長調節者，它能影響許多的生理作用，諸如休眠 (*dormancy*)、葉子老化 (*senescence*)、離層 (*abscission*) 的形成，開花和芽 (*bud*) 生長的抑制等等。同時它也可能與植物生長素 (*auxins*)，激勃素和細胞分裂素 (*cytokinins*) 之間有相互拮抗 (*antagonism*) 的作用 (*Wareing & manuel, 1968*)。

跟其他植物荷爾蒙一樣，*ABA* 的作用機構也可能是在影響核酸和蛋白質代謝的基準之上 (*Key, 1969*)。*Van Overbeek et al.* (1968) 指出，*ABA* 的最初作用是抑制 *DNA* 的合成，*Chrispeels & Varner* (1967b.) 則推測 *ABA* 可能是影響某些特殊部份的 *RNA* (*specific fraction of RNA*)。*Khan & Anojulu* (1970) 果然在梨 (*pear*) 的切離胚中發現 *ABA* 處理時，快速標識 (*rapidly labeled*) 的 *RNA* 中，其核苷酸組成 (*nucleotide composition*) 發生改變。*Leshem and Schwarz* (1972) 在煙草的髓 (*pith*) 中發現，*ABA* 抑制了 *rRNA* 却明顯地促進了 *sRNA* 的合成，說明 *ABA* 對 *RNA* 的合成具有選擇性 (*selective*) 的抑制。

有部份的報導謂：*ABA* 抑制 *RNA* 的合成係經由抑制 *RNA* 聚合酶 (*Johnson & Purves, 1970*) 或是促進 *RNA* 水解酶 (*ribonuclease*) 活性 (

Pilet, 1970) 的結果, 然而由前者發生在 ABA 處理後 6 小時 (Bex, 1972b.), 而後者則需 8 小時 (Pilet, 1970) 的情形看來, 這似乎不會是 ABA 的最初作用 (Newton, 1974)。

Newton (1974) 最近指出, 在 *Lemna minor* 中, ABA 處理後 1 小時, 根的生長便被抑制, 而 RNA 合成的抑制則在 2 至 4 小時後發生。Barkley & Leopold (1970) 也在大豆和豌豆的莖切節 (stem section) 中發現, ABA 處理 3 至 5 分鐘後, 生長便被抑制。由這兩件事實說明, 似乎 ABA 對生長的抑制不可能是經由對 RNA 合成抑制的結果。此外 ABA 對氣孔開張的抑制 (Mansfeld & Jones, 1971), 以及對膨壓 (Shih & Rappaport, 1971) 和細胞膜通透性 (Tanada, 1972) 的改變, 都只有極短的遲延期 (lag time), 顯示出 ABA 最初的作用可能是在細胞膜之上。

由於 GA_3 與 ABA 在許多例子中有相互拮抗的現象, 因此 ABA 曾經被認為是 *in vivo* 中 GA_3 的拮抗者 (antagonist) (Thomas et al., 1965)。目前則已經知道 ABA 與其他種類的促進性荷爾蒙 (promotive hormone) 之間亦有相互作用的情形, 但其機制則屬未知。本實驗利用一種對 GA_3 和 ABA 均有極為明顯之反應的矮生水稻—矮腳尖為材料, 來研究這兩種荷爾蒙對 *elongation growth* 的影響, 以及其間相互作用的情形。由於水稻幼苗外形單純, 生長整齊, 培養、採收和測量均甚容易, 故用來研究這兩種荷爾蒙間之相互作用或作為生物檢定 (bioassay) 均不失為一種良好的材料。

一、材料與處理

1. 材料：

由台北農業試驗所供給之四種水稻 (*Oryza Sativa L.*) 種子, 分別為: 台中 65 號, 台農 61 號, 矮腳尖和大黑矮。前兩者為正常高度的品種, 後兩種則為單一基因突變之矮生種; 在本實驗室中; 為避免因發芽率之不均而造成幼苗伸長 (*shoot elongation*) 的各項實驗中測定的困難, 因此, 除發芽試驗 (實驗三. 1) 和胚乳中 α -澱粉酶 (實驗三. 2) 的檢定外, 其餘概以無菌水浸漬 48 小時後, 選取發芽平均之水稻種子, 以下述培養法做為幼苗伸長實驗的材料。

2. 培養與荷爾蒙的處理

將水稻種子以 1% 之次氯酸鈉 (*sodium hypochloride*) 消毒 20 分鐘後, 以無菌蒸餾水 (*sterile distilled water*) 洗滌三至五次, 置入已高壓滅菌 ($2\text{kg}/\text{cm}^2$, 15') 內有一張濾紙之培養皿中, 在恆溫箱 (*incubator*) 中, 保持 30°C , 以無菌水浸漬 48 小時取出, 選取剛冒芽 (*sprouting*) 而未長根之種子, 以水耕法 (*water culture*) 種植於 30cm 寬, 8cm 高之洗淨的塑膠盆中或 12cm 長, 13cm 高之大培養皿 (*Petri dish*) 中, 盆 (皿) 底墊以多孔之塑膠網架, 上覆無菌之紗布, 俾使種子浮於水面, 而根得以穿入水中, 並得以固定而使幼苗長直。將培養盆 (皿) 移入恆溫箱, 在 30°C 和光照下培養, 於特定時間中分別收取, 並即時將幼苗部份 (*shoot*) 小心剪下, 供各項實驗之用。

水耕法以無菌水為控制組 (*control*), 含有 GA_3 或 ABA 者為處理組 (*treatment*), 溶液之 pH 一律調至中性。 GA_3 溶液以高壓滅菌, ABA 溶液則以 0.45μ 大小之微細孔膜 (*millipore*) 過濾。

二、幼苗之鮮、乾重量與長度之測定：

於第二、四和六天中, 每次採收二十株幼苗, 稱取其鮮重量之後, 置於 65°C 之烘箱中烘乾二十四小時, 精確稱取其乾重量, 求其平均值。幼苗長度則以新鮮之幼苗, 以尺或具有微細刻度之放大鏡測量之。

三、葉綠素之淬取與測定：

取幼苗十株, 以冰冷之 80% 丙酮 (*acetone*) 在研鉢中磨碎, 離心後沉澱物再重複淬取, 離心; 直至沉澱物變白為止。將上層液混合, 用光電比色儀 (*spectrophotometer*, Hitachi 101 型) 測其 645 和 663nm 之吸光度, 依照 Arnon (1949) 之方程式求出葉綠素含量。

四、還原糖含量之測定：

以不同濃度之 GA_3 培養所得之幼苗各十株, 用 4ml 之蒸餾水研磨淬取之, 離心 4000rpm, 十分鐘。各取 1ml 之上層液, 依照 Somogyi-Nelson 的方法 (Somogyi, 1952), 讀取 560nm 之吸光度, 測定還原糖之含量。

五、核酸和蛋白質總量之測定：

取二十株水稻幼苗, 依照 Cruz et al (1970),

參見附錄二)法分離核酸和蛋白質。蛋白質定量以 Lowry *et al.* (1951)法為之, RNA和DNA則分別依照地衣酚法(*orcinol method*)(Schneider 1945)和雙苯胺反應(*diphenylamine reaction*)(Burton, 1956)。

六、RNA合成之測定:

本實驗以 $^{32}\text{P}(\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4)$ 為先驅體(*precursor*)來測定矮腳尖品種幼苗中植物激素對RNA合成及代謝的影響。依照前述方法培養水稻幼苗,唯在溶液中添加 $250\mu\text{C}^{32}\text{P}(\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4, \text{pH}$ 調至中性),亦於第二、四和六天中收取幼苗,以無菌水洗淨後抽取RNA。

RNA抽取法係依照 Trewavas (1970)由 Loe-ning & Ingle (1967)的酚液抽取法所修改的方法。本實驗中所不同者為在研磨的同時即加入事先純製所得不帶有 ^{32}P 之水稻RNA,以做為攜帶者(*carrier*)。

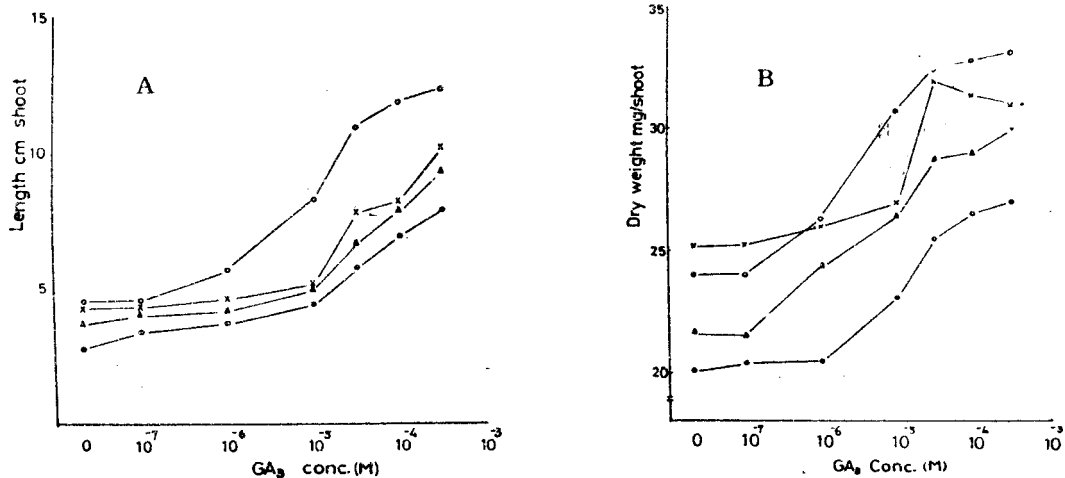
七、MAK圓柱色層分析

MAK圓柱之製備依 Mandell & Hershey (1960)方法(見附錄六),將純製所得之RNA約8mg溶於0.3M緩衝鹽液(*buffered saline*), pH 6.7, 注加於圓柱上,以0.3至1.6M直線梯度(*linear gradient*)之緩衝鹽液各200ml沖洗之,俟氯化鈉沖洗完畢後,殘留於圓柱上被圓柱牢

固吸附之 *tenaciously-bound RNA (TB-RNA)* 再以1.5M氫氧化鈉溶液沖洗之。以 ISCO 310 型 pump 控制流速 $1\text{ml}/1\text{min}$, 用分部收集器(*fraction collector*)每5ml收為一管,並以 ISCO UA-2 型紫外光分析儀(*UV analyzer*) 254 nm 記錄之,收集的每一管再用分光比色儀(Hitachi 101型)260nm測其吸光度,其後將收集液烘乾,用放射計數器(*Nucleus counter Model KT*)測其放射性。

八、胚乳中 α -澱粉酶活性之測定

去殼之矮腳尖水稻種子消毒後,在無菌水中浸漬一天後取出,依照 Roy *et al.* (1973)的方法,切取無胚之半胚乳(*embryoless half endosperm*),置入50ml之無菌三角瓶中,內含1ml之 $2\mu\text{M}$ 醋酸緩衝液 pH 5.4 含 $20\mu\text{M}$ 氯化鈣, $12.5\mu\text{g}$ Chloramphenicol, 和 GA_3 或 ABA, 在 30°C 中培養48小時後取出以醋酸緩衝液研磨萃取之,離心 $3000\text{g}, 0^\circ\text{C}, 15'$ 。取上層液 $1\text{ml} + 1\text{ml}$ 1% Potato starch, pH 4.6, 置入 30°C 之恆溫箱中三分鐘,依照 Bernfeld (1955 參見附錄七)之法測定 α -澱粉酶的活性,並以麥芽糖(*maltose*)做標準曲線換算出每10個半胚乳三分鐘所釋出之麥芽糖的量。



圖一 四種水稻種子於發芽兩天後,移植於不同濃度之 GA_3 溶液中,在光下 30°C 之恆溫箱中生長五天後,其幼苗長度(A)與乾重量(B)之比較。O:矮腳尖品種; X:台中 65 號品種; ▲:台農 61 號品種; ●:大黑矮品種。

實驗結果

一、數種水稻品種對 GA_3 之生長反應比較

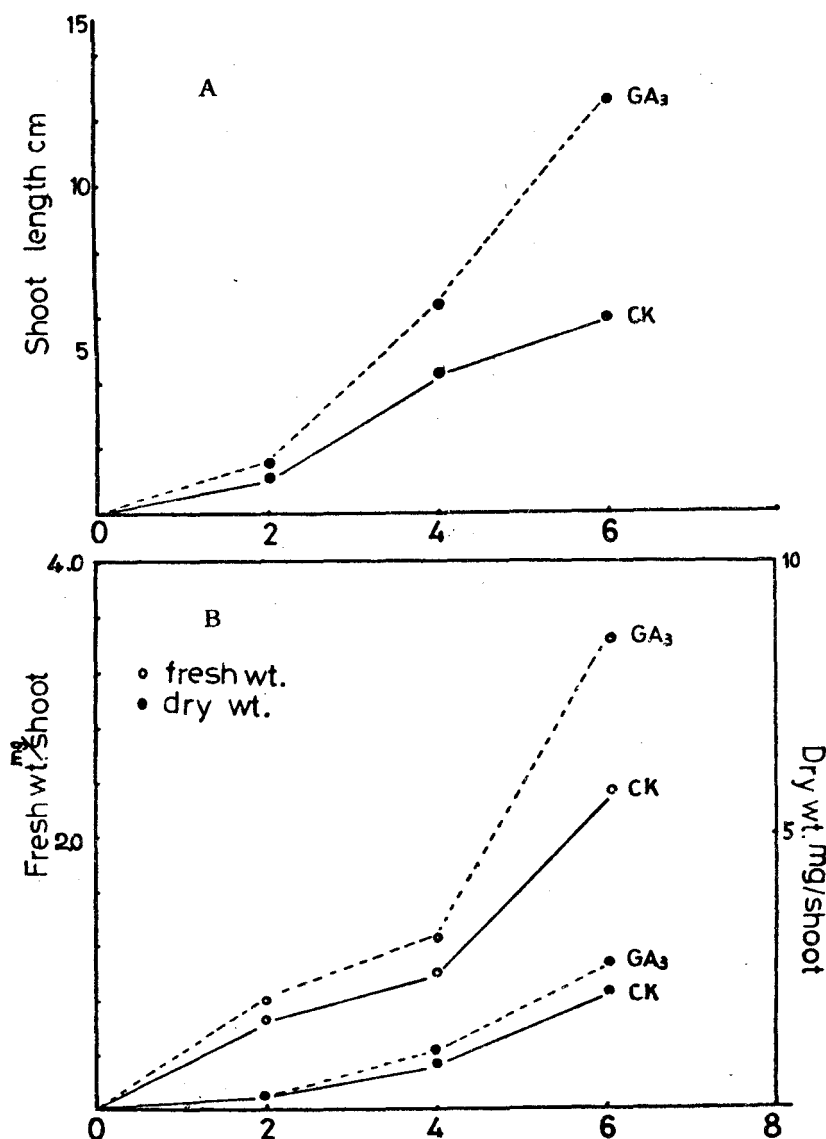
在 $30^{\circ}C$ 光照下，以不同濃度之 GA_3 連續處理五天，測量幼苗的長度，發現四種水稻對 GA_3 均有顯著的反應，唯程度上有所差異而已。由圖一可見，四種水稻幼苗之高度從 $10^{-7} M GA_3$ 起，隨濃度增加而增高，其中以矮腳尖幼苗伸長最為快速，但濃度達到 $10^{-4} M$ 以上時，四種水稻品種均有顯著黃化和易折之現象，同時乾重量的增加亦不再明

顯。故筆者乃選用矮腳尖水稻為材料，並選取 $5 \times 10^{-5} M GA_3$ 的濃度，進行第二大項有關於生理方面的實驗之用。

二、 GA_3 對矮腳尖幼苗生長的生理影響

1. 鮮、乾重量與幼苗長度

GA_3 處理後第一天(即浸漬後第三天)，幼苗尚短，採收不易，故於第二、四和六天中分別採收之。由圖二中可見， GA_3 處理後兩天，長度的差異已明顯可見，鮮重量亦告增加，這種差異逐漸增大，至第六天時長度增加達 122% 之多。乾重量則在第



圖二 矮腳尖幼苗以 $5 \times 10^{-5} M GA_3$ 處理六天中與無處理之幼苗在幼苗長度(A)與鮮重量和乾重量(B)之比較。

二天時尚無改變，至第四天方見明顯，說明 GA_3 對幼苗伸長的促進是在生長（乾重量）增加之前。

2. 葉綠素，還原糖和蛋白質含量

GA_3 處理後第二天，葉綠素含量尚低於控制組，第四天後則顯著增加高過控制組。Knypl & Chylinska (1972) 曾指出， GA_3 處理後的兩天左右，會抑制葉綠素的合成。

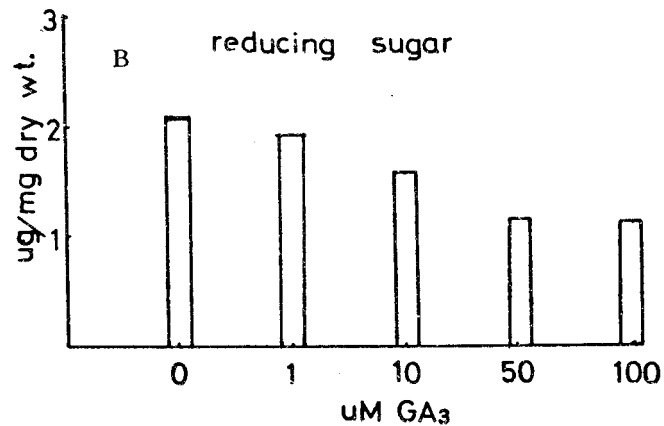
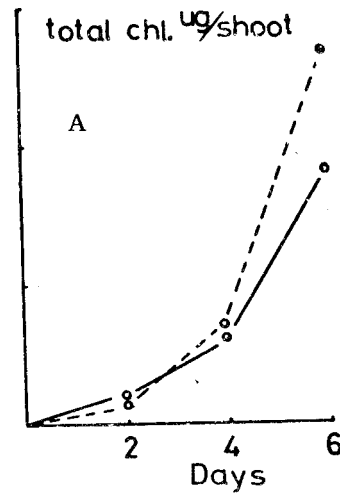
還原糖的含量（圖三）顯示出， GA_3 處理者比控制組者為低，同時 GA_3 濃度愈高，還原糖含量則愈低，這可能是因為 GA_3 會促進呼吸作用，因而促使還原糖快速消耗之故（Katsmi, 1970）。

蛋白質含量自處理後第二天起即告增加，並逐漸擴大。顯然， GA_3 對蛋白質合成的促進作用係在乾重量增加之前。

3. RNA與DNA含量

GA_3 顯著地促進RNA的合成，自第二天起即明顯可見（圖A），DNA則到第四天時方有輕微的增加（圖C）。說明RNA的增加係在乾重量和DNA增加之前發生。

以 ^{32}P 為前驅體去測定RNA合成的種類並經圓柱色層分析時，發現在 GA_3 處理後第二天各種RNA（*sRNA*，*DNA-RNA*，*rRNA*和*TB-RNA*）的合成都告增加，隨時間增長而愈趨明顯，此種

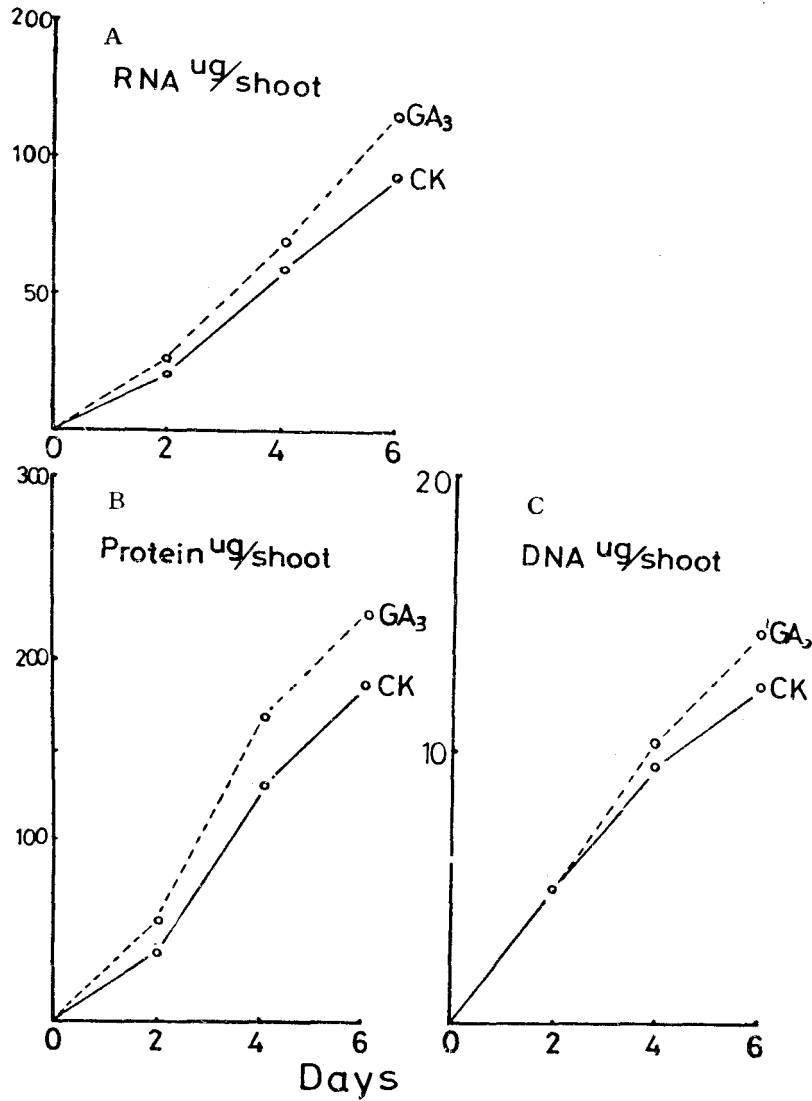


圖三 GA_3 對矮腳尖幼苗葉綠素含量(A)和還原糖含量 (B)處理四天後)的影響。

增加之趨勢與RNA總量的變化情形相符（圖五，表一），此種結果說明 GA_3 對RNA合成的促進為一般性的增加，並未對何種RNA有特殊的促進。

	Control					GA_3				
	SRNA	DNA RNA	rRNA	TB-RNA	total count	SRNA	DNA RNA	rRNA	TB-RNA	total counts
2 Days	2,866	1,359	13,933	2,219	20,337	4,018	1,594	20,834	3,370	29,816
4 Days	4,248	1,524	20,363	2,860	28,995	5,290	1,834	28,401	5,369	40,874
6 Days	6,769	2,330	27,954	4,930	41,983	8,687	2,876	41,094	6,405	59,062

表一 矮腳尖幼苗以 GA_3 處理之六天中，*sRNA*，*DNA-RNA*，*rRNA*與*TB-RNA* 合成之 ^{32}P 併入量與無 GA_3 處理者之比較。*Total counts* 為以上四種RNA併入量相加所得。



圖四 矮腳尖水稻生長二、四和六天中 GA_3 對 RNA (A), 蛋白質 (B) 和 DNA (C) 含量的影響

三、ABA 對矮腳尖水稻有關的抑制作用及其與 GA_3 間的相互作用

1. 對種子發芽的影響

在含有 4ml 無菌水或無菌之荷爾蒙溶液和一張 9 cm 的濾紙的培養皿中發芽兩天，水稻種子的胚根可充分生長。本實驗中發芽的標準以胚軸冒出 (*Sprouting*) 為準，而不論胚根和幼苗長出與否，因胚軸一旦冒出，種子在形態和生理上均已發生不可回復的轉變 (陳學潛博士專題演講)。

表二中發芽百分比表示每百顆種子中冒芽之數字，由之可見 ABA, GA_3 和 BA (*benzyladenine*)

對發芽率均無影響。右邊之數字是以每一培養皿中置放 30 顆種子於發芽 2.5 天後取出，量其根與胚芽長度，發現 ABA 明顯的抑制胚芽和根的生長，加入 GA_3 對 ABA 的作用並無影響，加入 BA 則能促進胚芽的生長。這些結果可歸納如下：

(1) ABA 對矮腳尖種子發芽的作用是在發芽後期 (*post germination*) 或幼苗生長初期對根和胚芽之生長發生抑制。

(2) 在發芽的兩天半中， GA_3 與 ABA 之間並無拮抗作用的現象，但是 BA 則能克服 ABA 對胚芽生長的抑制作用。

2. ABA與GA₃對胚乳中α-澱粉酶的作用

GA₃明顯地促進胚乳中α-澱粉酶的合成，結果顯示(表三)50 μM GA₃比100 μM有更大的促進作用。ABA則強烈地抑制了α-澱粉酶的合成。10⁻⁴ M ABA幾乎完全抑制了α-澱粉酶的合成，但其抑制作用却可被低於其一半濃度的GA₃(5 × 10⁻⁵ M)所克服，甚且尚高於無任何處理的半胚乳中所產生的α-澱粉酶的活性，這種結果還顯示ABA與GA₃之間似乎有競爭性的拮抗作用(competitive interaction)。

3. ABA對幼苗生長的抑制及其與GA₃之間的相互作用

(1) 根之生長

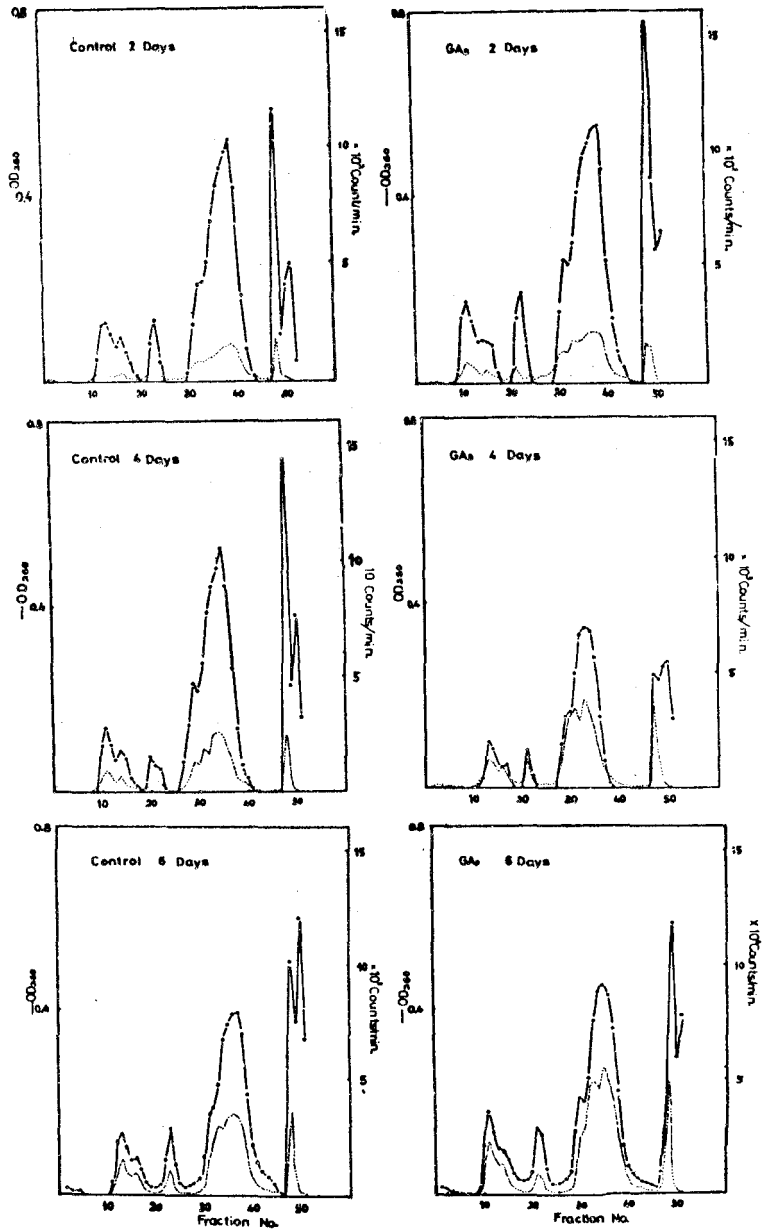
ABA明顯地抑制幼苗期根的生長，有效的濃度自10⁻⁷ M起，至10⁻⁴ M時，根的生長完全被抑制(圖六A)。同時，這種抑制不能被GA₃所克服(表四)。

(2) 幼苗之生長

ABA強烈地抑制幼苗的生長，圖六B為不同濃度之ABA處理五天後之結果。1 × 10⁻⁴ M ABA完全抑制了幼苗的生長。若ABA濃度低於10⁻⁵ M其抑制作用可被濃度漸增的GA₃逐漸克服。圖七顯示，在5 × 10⁻⁶ M ABA下，逐漸增加GA₃的濃度時，幼苗的高度也逐漸增加，至第五天時在5 × 10⁻⁴ M之下，幼苗的高度已接近到蒸餾水培養的水準。明顯地表示兩種荷爾蒙之間的拮抗作用，但ABA的濃度高於5 × 10⁻⁵ M時，GA₃則失去拮抗的作用(表五)。

(3) ABA與GA₃的拮抗作用與核酸和蛋白質含量的關係

本實驗欲測定上述GA₃與ABA拮抗作用中核酸和蛋白質含量的消長情形，並藉以了解拮抗作用



圖五 矮腳尖幼苗以GA₃處理之六天中，其RNA經MAK圓柱色層分析之圖式。圖中之實線部份代表所加入之carrier之OD₂₆₀讀數，虛線則為³²P之併入量(cpm)

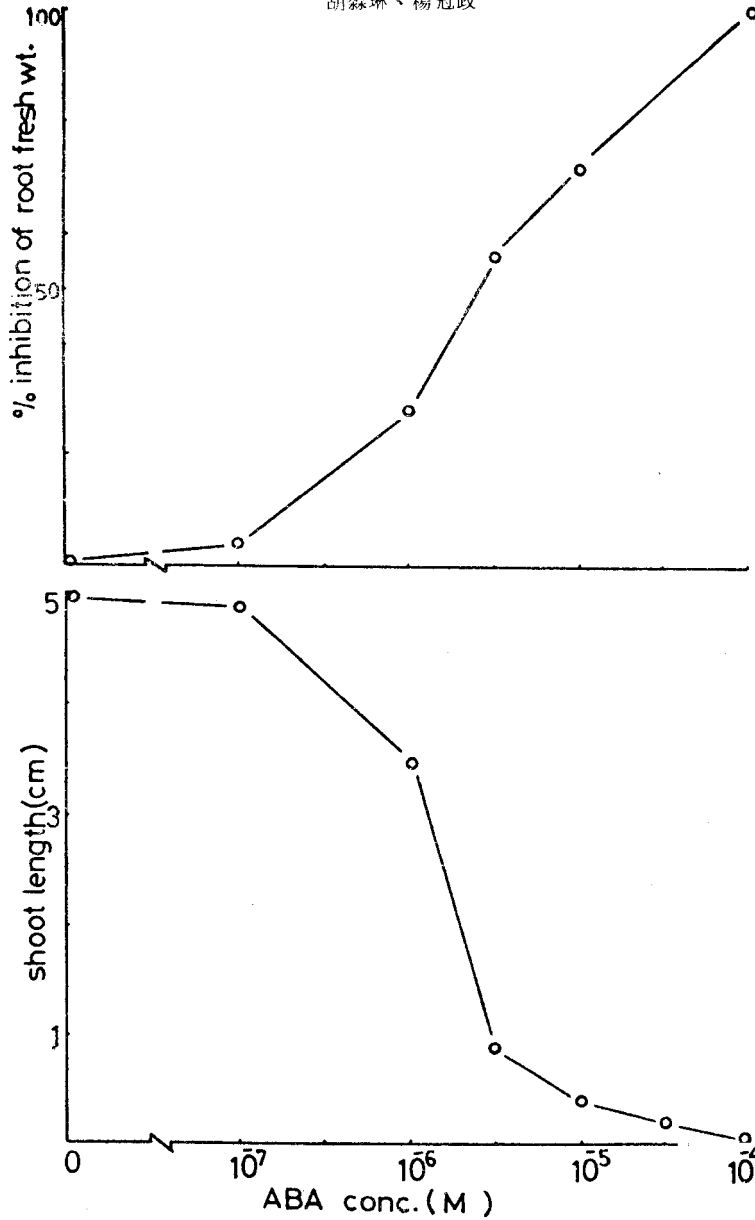
的可能機制。由表六可知，DNA，RNA蛋白質和乾重量都被ABA強烈地抑制，而增加GA₃的濃度時，亦可參差地恢復此四者的量。GA₃濃度增高至5 × 10⁻⁴ M時，幼苗長度的抑制只剩9.7%，RNA也有大量回升，但仍有23.88%的抑制，然而乾重量、DNA和蛋白質則尚有一半以上的抑制。顯然GA₃對ABA所抑制的生長儘有部份的回復作用。

表二 各種不同處理與矮腳尖種子之發芽。表左邊之百分數為發芽 2.5 天後每百顆種子發芽之數字，三重覆平均而得，中、右邊之數字為三十顆種子測量其幼苗和根長，三重覆之平均值

	<i>germination</i> %(<i>sproouting</i>)	<i>shoot</i> <i>length</i> (cm)	<i>root</i> <i>length</i> (cm)
H_2O	87	0.65	2.94
$5 \times 10^{-4} M$	87	0.74	3.02
GA_3			
$1 \times 10^{-4} M$	89	1.08	1.82
BA			
$1 \times 10^{-5} M$	89	< 0.10	1.55
ABA			
$1 \times 10^{-4} M$	88	< 0.10	< 0.10
ABA			
$1 \times 10^{-5} M$	88	< 0.10	1.82
$ABA+$			
$5 \times 10^{-4} M$			
GA			
$1 \times 10^{-5} M$	87	0.51	0.45
$ABA+$			
$1 \times 10^{-4} M$			
BA			
$1 \times 10^{-5} M$	89	0.50	0.52
$ABA+$			
$5 \times 10^{-4} M$			
$GA+$			
$1 \times 10^{-4} M$			
BA			

表三 矮腳尖種子於 $30^\circ C$ 中浸漬 24 小時，切取其半胚乳，以 ABA 和 GA_3 單獨或共同處理 48 小時， $30^\circ C$ ，其 α -澱粉酶活性比較。 α -澱粉酶活性以 10 顆半胚乳在 $30^\circ C$ 中，3 分鐘所產生的 *maltose* (μg) 之量表示。

<i>Treat-ment</i> \ <i>Conc.</i>	<i>ABA</i> (μM)			
	0	1	10	100
<i>Control</i>	1625	1050	550	150
$50 \mu M GA_3$	4400	3350	3375	2480
$100 \mu M GA_3$	4300	2975	2300	2480



圖六 以不同濃度之 ABA 處理矮腳尖幼苗五天 (浸漬後第七天), 對根(A)生長和幼苗(B)伸長的影響。

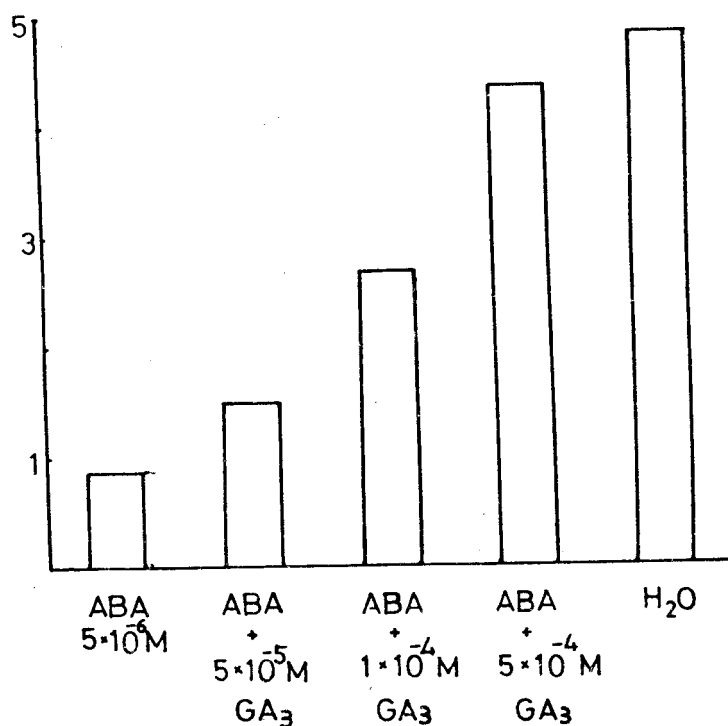
表四 矮腳尖幼苗以不同濃度之 ABA 與 GA₃ 處理五天, 對根生長的影响 (mg / 10 shoots)。

	ABA conc. (M)					
	0	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	5 × 10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴
H ₂ O	146.30	140.00	104.21	65.05	42.55	0.00
5 × 10 ⁻⁵ M GA	131.79	126.47	74.62	58.40	40.90	0.00
1 × 10 ⁻⁴ M GA	—	—	87.60	60.40	54.60	—
5 × 10 ⁻⁴ M GA	—	—	—	46.23	44.05	—

表五 矮腳尖幼苗以不同濃度之 ABA 與 GA₃ 處理五天，對幼苗長度 (cm/shoot) 之影響。

	ABA conc. (M)						
	0	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	5×10 ⁻⁵	10 ⁻⁴
H ₂ O	4.84	4.83	3.51	0.88	0.39	0.27	<0.10
5×10 ⁻⁵ M GA	10.05	8.79	4.99	1.49	0.64	0.30	<0.10
1×10 ⁻⁴ M GA	—	—	9.22	2.71	1.74	0.29	—
5×10 ⁻⁴ M GA	—	—	—	4.37	4.06	0.31	—

Shoot length (cm)

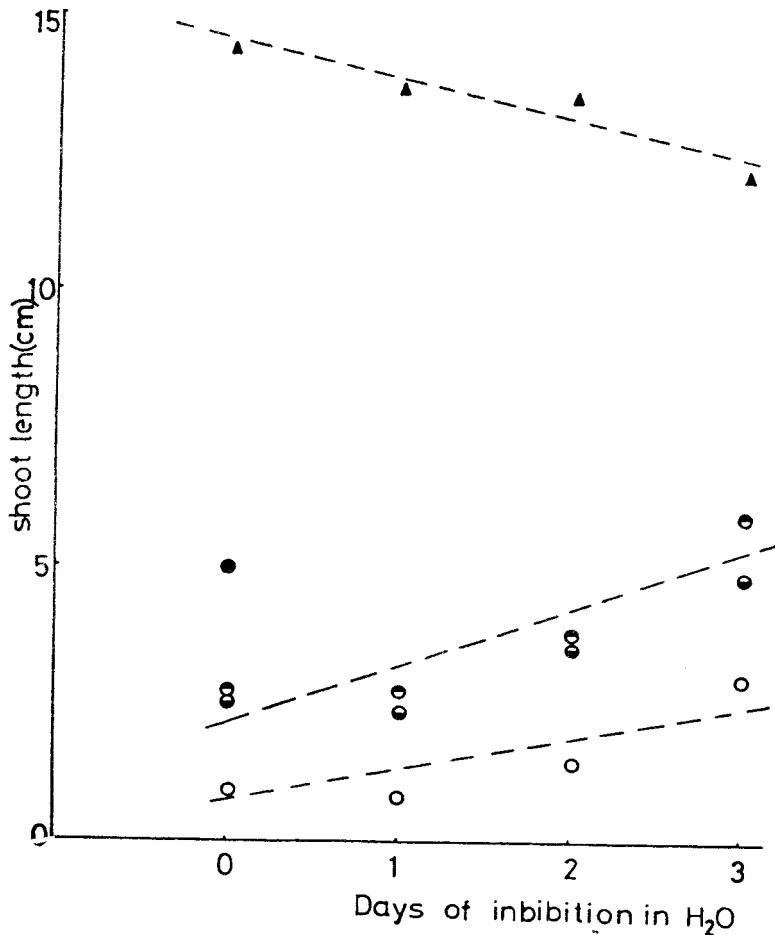
圖七 ABA (5×10⁻⁶ M) 處理五天後，對幼苗伸長之抑制，及其與不同濃度之 GA₃ 拮抗之情形。4. ABA 與 GA₃ 作用時期的探討

爲了解 ABA 與 GA₃ 對矮腳尖幼苗伸長的作用時間，本實驗分別以乾燥種子（零天）和浸漬一到三天大小的種子以 5×10⁻⁴ M GA₃ 和 5×10⁻⁶ M ABA 分別或共同處理。在同樣生長六天後（處理時間不同，但生長日數相同），比較其幼苗之高度。

由圖八中可見，愈早以 GA₃ 處理者或謂以 GA₃ 處理愈久者，長得愈高，反之則反是。說明 GA₃ 一經處理即有促進作用發生。而 ABA 處理者，零至三天大小之幼苗所受到的抑制分別爲 82.8%，84.4%，72.36% 和 40.58%。說明 ABA 處理時間愈長，抑制愈大。但是零天處理者與發芽一天處理者其結

表六 矮腳尖幼苗以 $5\mu\text{M}$ ($5 \times 10^{-6}\text{M}$) ABA 和加入不同濃度之 GA_3 共同處理五天後,其生長與核酸蛋白質含量間之比較

treatment inhibition	$ABA +$ $5\mu\text{M}$	$ABA +$ $100\mu\text{M}$ GA_3	$ABA +$ $100\mu\text{M}$ GA_3	$ABA +$ $500\mu\text{M}$ GA_3
	Shoot length	81.80	69.20	44.00
Dry weight	83.49	79.50	75.74	61.15
DNA content	77.60	74.82	60.00	60.00
RNA content	53.93	52.12	46.80	23.88
Protein content	78.57	73.40	70.70	52.56



圖八 以 ABA 與 GA_3 分別或共同處理發芽日數不等之矮腳尖種子, 於生長六天後 (處理時間不同, 生長日數相等) 取出, 比較其幼苗高度之結果。▲: $5 \times 10^{-4}\text{M}$ GA_3 處理者; ○: $5 \times 10^{-6}\text{M}$ ABA 處理者; ●: 蒸餾水培養者; ◐: $5 \times 10^{-6}\text{M}$ $ABA + 5 \times 10^{-4}\text{M}$ GA_3 處理者; ◑: $5 \times 10^{-6}\text{M}$ $ABA + 1 \times 10^{-3}\text{M}$ GA_3 處理者。

果相似，表示 *ABA* 的抑制作用是在浸漬一天以後方才發生。此種結果與發芽試驗中所見之 *ABA* 作用在發芽後期的結果相符。

若將 *ABA* 與 GA_3 共同處理時發現，零至三天處理之幼苗比 *ABA* 單獨處理時分別高出 32.4%，30.6%，41.48% 和 34.98%。若將 GA_3 的濃度提高至 10^{-3} M 時，幼苗之增高率，零至三天處理者分別為：36.6%，38.6%，47.36% 和 58.58%。這些結果說明矮腳尖幼苗以 *ABA* 和 GA_3 共同處理的六天中，其幼苗之伸長受 *ABA* 處理時間之長短的控制較大，而與 GA_3 處理時間之長短的相關較少。

討 論

GA_3 (Lang, 1970) 與 *ABA* (Addicott & Lyon, 1969) 為兩種植物生長的內在調節者 (*endogenous regulators*) GA_3 顯著地促進水稻的伸長而 *ABA* 則強烈地抑制之。同時， GA_3 與 *ABA* 之間並顯示出明顯的拮抗作用，充分說明這兩種荷爾蒙與水稻生長間的密切相關。

在供做試驗的四種水稻中，對 GA_3 生長的反應以兩種矮性的品種 (矮腳尖和大黑矮) 較為強烈，這可能是因為矮生的品種含有較少的內生之 *GA* 的關係 (Harads & Vergara, 1971)。

矮腳尖的幼苗對 GA_3 的生長反應首見於長度的增加，處理後第二天 (浸漬第四天)，幼苗之鮮重量，*RNA* 和蛋白質含量都告增加，但乾重量和 *DNA* 含量則未有改變，葉綠素含量甚且低於無處理者。 ^{32}P -incorporation 的結果亦顯示處理第二天時，各種 *RNA* (*sRNA*, *DNA-RNA*, *rRNA* 和 *TB-RNA*) 的合成已有明顯的對加，可見 *RNA* 和蛋白質的增加不是 GA_3 促進了生長的結果。處理後第四天和第六天， ^{32}P -incorporation, *RNA* 和蛋白質總量的增加愈趨顯著，乾重量、*DNA* 和葉綠素含量亦告增加。 ^{32}P 標識的 *RNA* 在 *MAK* 圓柱色弱分析中所見到的各種 *RNA* 一般性的增加，當不會是 GA_3 最初作用的結果 Johri & Varner (1967) 在矮生豌豆游離核的研究中發現， GA_3 促進 $3H$ -CTP (*tritium labelled cytidine triphosphate*) 標識到 *DNA-RNA* (與 *DNA* 相連之 *RNA*) 和 *TB-RNA* (*tenaciously bound RNA*)

之中比無處理者高出 20—25% 之多，但是對 *rRNA* 則無影響。Jarvis et al. (1968) 在榛子 (*hazel seed*) 胚軸 (*embryonic axis*) 的研究中指出， GA_3 係先促進 *DNA* 模板的活性 (*template activity*) 和 *RNA* 聚合酶的活性而造成 *RNA* 的增加，其後才有胚軸的生長。他並且推測 GA_3 也可能只是改變了某一部份的 *RNA*，而 *rRNA* 和 *sRNA* 的增加只是一種次級的反應，以做為蛋白質合成之用。

GA_3 所促進的伸長與 *DNA* 合成的關係亦是多所爭端的問題 (Key 1969)。Nitsan & Lang (1965) 在扁豆上胚軸證明 GA_3 能促進 *DNA* 的合成，並且認為 GA_3 對伸長的促進有賴於 *DNA* 的合成。相反的論證亦有之 (Holm & Key, 1969; Haber & Luipold, 1960)。在矮腳尖幼苗中，*DNA* 含量在 GA_3 處理後第四天方有少量的增加，說明 *DNA* 可能不會是 GA_3 促進伸長所必須。目前一般的看法是，細胞的伸長無論是由內在或外加 (*exogenous*) 的 GA_3 所控制者，與 *DNA* 合成可能並無直接的關係，但是 GA_3 在促進細胞伸長的同時，會引起伸長帶 (*elongation zone*) 旁邊的細胞分裂，因而造成 *DNA* 的增加 (Jones, 1973)。

較早的研究指出，合成之 *ABA* (*synthetic ABA*) 處理植物時，會造成發芽的抑制、伸長的停止，葉子的老化 (*leaf senescence*) 和木本植物芽體的休眠 (Sumner & Lyon, 1967; Aspinall, et al., 1967)。同時 GA_3 會克服 *ABA* 對高品種玉米葉切節 (*leaf section*) 和燕麥幼芽鞘 (*Avena coleoptile*) 伸長的抑制 (Thomas et al., (1965)；葛苳種子 (*Grand Lake lettuce*) 發芽的抑制 (Aspinall et al., 1967) 以及對大麥糊粉層中 α -澱粉酶合成的抑制作用 (Chrispeels & Varner, 1967b.) 等等。本研究亦針對這些作用就 *ABA* 對矮腳尖種子的發芽，胚乳中 α -澱粉酶的合成和幼苗伸長等等的影響以及 *ABA* 與 GA_3 之間的相互作用加以探討。

Khan (1968) 曾指出， GA_3 對 *Grand Rapid* 品種之葛苳種子發芽的促進作用可被 *ABA* 所抵消。而增加 GA_3 的濃度並無作用，除非加入 *kinetin*。因此他便推測， GA_3 與 *ABA* 有不同之作用系統，*kinetin* 為 *ABA* 之拮抗物 (*antagonist*)，而 GA_3

則只是促進發芽 (Khan 1967; Khan & Waters 1969)。在矮腳尖水稻中，芽的冒出 (*sprouting*) 並不受 *ABA* 的抑制，但其根和胚芽的繼續生長則受到抑制 (表二)。說明 *ABA* 的作用主要是在發芽後期 (*post germination*) 或幼苗生長初期。在 *ABA* 與 GA_3 作用時間的研究中也發現，零天到發芽一天後之種子分別以 *ABA* 處理而於同樣生長至六天時，測量其幼苗長度，發現這兩者有相同的抑制。此種結果也說明 *ABA* 的抑制作用當在種子浸漬一天以後之發芽後期中發生。Bex (1972) 在發芽中之莠苳種子中亦發現，*ABA* 雖然抑制根的生長，但對細胞之開始延伸 (*initiation of cell expansion*) 則無影響。再者，在種子發芽的兩天半之中，加入 GA_3 並未顯示與 *ABA* 有何拮抗作用存在。但加入 *BA* 則能克服 *ABA* 對胚芽生長的抑制，而當三者同在時亦儘表現出 *ABA* 與 *BA* 同在時之特性。

在大麥糊粉層中，*ABA* 會抑制 GA_3 對 α -澱粉酶合成的誘發作用 (*induction*)，但增加 GA_3 的濃度則可解除之，Chrispeels & Varner (1967b) 認為係因 *ABA* 抑制了合成 α -澱粉酶所須的 *mRNA* 之故，同時，*ABA* 與 GA_3 在此似乎並非競爭性的拮抗現象 (*competitive interaction*) 在玉米 (*Zea mays*) 的胚乳中， GA_3 亦能克服 *ABA* 對 α -澱粉酶的抑制作用 (Harvey & Oaks, 1974)；但在發芽的豌豆子葉中則否 (Yomo & Varner, 1973)。在矮腳尖的胚乳中，*ABA* 強烈地抑制 α -澱粉酶的合成，但可被 GA_3 克服之 (表三)，同時，這兩種荷爾蒙之間似乎顯現出相互競爭的現象，理由是：(1) *ABA* 濃度愈高 GA_3 的回復作用則愈少，反之，*ABA* 濃度愈低， GA_3 的回復作用愈高；(2) $10^{-4} M$ 的 *ABA* 幾乎完全抑制了 α -澱粉酶的產生，但是比 *ABA* 濃度低達一半的 GA_3 ($5 \times 10^{-5} M$) 却可將之完全恢復，甚且尚高於無任何處理之半胚乳中所產生的 α -澱粉酶的活性。至於 GA_3 與 *ABA* 在此一作用中是否為競爭性的拮抗作用的問題，Jacobsen (1973) 認為可能與該組織所培養的時間長短有關。他在大麥糊粉層中發現，*ABA* 對 α -澱粉酶合成時之 *time course* 的影響類似於 GA_3 濃度減少時的情形，如上先前已知的種種事實，諸如：*ABA* 與 GA_3 都不改變呼吸 (*respiration*)，磷酸化 (*phosphorylation*) 和 *RNA* 與蛋白質總

量的合成等等代謝作用 (Chrispeels & Varner, 1966; Zwar & Jacobsen, 1972) 但 *ABA* 會特異性地抑制 GA_3 所誘發的 *RNA* 合成 (Addicott & Lyon, 1969)；*ABA* 會抑制 GA_3 所促進的卵磷脂合成酶 (*lecithine synthesizing enzyme*) (Johnson & Kende, 1971)，細胞膜 (Evins & Varner, 1972) 以及水解酶 (Chrispeels & Varner, 1966) 等等的合合作用。Jacobsen 乃推測 GA_3 與 *ABA* 可能作用在相同的過程中。

在發芽試驗中曾顯示，*ABA* 的作用是在發芽後期或幼苗生長初期抑制胚芽和根的生長。矮腳尖幼苗以 *ABA* 處理時更明顯可見。圖六 A 顯示，*ABA* 顯著地抑制了根的生長，在其他的植物中亦有這種情形 (Bex, 1972a., Newton, 1974)。同時 *ABA* 對根生長的抑制並不能被 GA_3 所克服 (表四)。說明 GA_3 與 *ABA* 在此並無相互作用。 GA_3 對幼苗伸長的抑制亦極明顯 (圖六 B)，在 $10^{-5} M$ 以下時，其抑制作用可被漸增的 GA_3 濃度逐漸克服 (表五)，但 *ABA* 濃度達到 $5 \times 10^{-5} M$ 時則否。這種 GA_3 與 *ABA* 間之拮抗作用的現象在遺傳性高品種玉米葉切節中和燕麥幼芽鞘中亦曾有發現 (Thomas et al., 1965)，但在莠苳下胚軸和無 GA_3 合成的矮生玉米 Dwarf 1 中則無相互作用的情形 (Wareing & Manuel, 1968)。

Chrispeels (參考 Chrispeels & Varner, 1967b.) 曾發現，*ABA* 抑制扁豆上胚軸 (*lentil epicotyl*) 的伸長和 *DNA* 的合成。而加入 GA_3 則能部份回復上胚軸的伸長和 *DNA* 的合成。以 $5 \times 10^{-5} M$ *ABA* 處理矮腳尖幼苗五天，幼苗的伸長和核酸與蛋白質的合成都被強烈地抑制 (表六)。加入 GA_3 共同處理時，幼苗長度、乾重量、核酸和蛋白質的含量都有參差不等的增加。當 GA_3 濃度達到 $5 \times 10^{-4} M$ 時，幼苗長度已經恢復到接近蒸餾水所培養的水準，*RNA* 含量也有顯著的回升，但仍有相當的抑制，而乾重量、*DNA* 和蛋白質含量則仍有一半以上的抑制。顯然 GA_3 並未能恢復 *ABA* 對生理上的抑制作用。這種結果，再加上高濃度的 *ABA* 之抑制作用不能被 GA_3 所克服的事實，說明 *ABA* 與 GA_3 對幼苗生長的抑制作用可能只有部份的相關。而且只有此一相關部份才能被外加的 GA_3 所克服。Wareing & Manuel (1968) 在玉米

葉切節的研究中亦有相同的結論。他們還認為，此一相關部份為 *ABA* 對內在的 GA_3 合成的抑制作用，而非 *ABA* 與 GA_3 之間有某種競爭性的作用。至於 *ABA* 其餘（或大部份）的抑制作用則非加入 GA_3 所能克服。這種理由也說明，為何在不能合成 GA_3 的矮生玉米 Dwarf 1 品種中， GA_3 與 *ABA* 之間無相互拮抗的作用。

然而這種說法如何去解釋其他的現象，諸如蒿苣種子發芽時，*ABA* 與 *kinetin* 而不是 GA_3 相拮抗（Khan, 1968）；*ABA* 與 GA_3 對 α -澱粉酶形成的相互作用以及芽休眠之解除等等？

關於 GA_3 和 *ABA* 作用的機制尚不清楚，惶論其相互作用之機制了。但此一問題仍可以用目前的基本知識加以解說：

1. 植物組織中各種不同之生理現象（發芽、生長、開花等等）可能是由 *ABA* 和不止一種的生長荷爾蒙之間的相互作用所控制；同時，其間作用之競爭或非競爭性則與其荷爾蒙間之配合（*combination*）的情形和該組織之特徵所決定（參考 Aspinall *et al.*, 1967）。

2. 從 *ABA* 和促進性荷爾蒙（*promotive plant hormone*）的最初作用點到產生最後影響的過程之中，可能有好幾種相互作用發生。再者，雖然目前 *ABA* 之最初作用機構尚不清楚，但 *ABA* 和其他荷爾蒙一樣，會影響核酸和蛋白質的代謝作用，自然也可能跟其他促進性荷爾蒙之間發生非專一性（*unspecific*）的相互作用（參加 Galston & Davis, 1969）。

參考文獻

1. Addicott, F. T., and J. L. Lyon, 1969. Physiology of abscisic acid and related substances. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20: 139-164
2. Arnon, D. I. 1949, Copper enzyme in isolated chloroplasts polyphenyloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24:1-15
3. Aspinall, D., L. G. Paleg, and F. T. Addicott, 1967. Abscisin II and some hormone-regulated plant responses. *Aust.*

- J. Biol. Sci.* 20: 869-882
4. Barkley, G. M., and A. C. Leopold, 1970. Oscillatory transients of etiolated stem segments in response to various plant hormones. *Plant Physiol.* 46, Suppl. :47
5. Bernfeld, P. 1951. Enzymes of starch degradation and synthesis. *Advances in Enzymology* 12: 380-424
6. Bex, J. H. M. 1972 a. Effects of *ABA* on oxygen uptake and ribonucleic acid synthesis in germinating lettuce seed. *Acta Bot. Neerl* 21: 203-210
7. Bex, J. H. M. 1972b. Effects of abscisic acid on the soluble ribonucleic acid polymerase activity in maize coleoptiles. *Planta (Berl.)* 103:1-10
8. Burton, K. 1956. Study of the conditions and mechanism of the diphenylamine reaction for the colorimetric estimation of deoxyribonucleic acid. *Biochem J.* 62:315-323
9. Chrispeels, M. J., and J. E. Varner, 1966. Inhibition of gibberellic acid induced formation of α -amylase by abscisin II. *Nature* 212:1066-1067
10. Chrispeels, M. J., and J. E. Varner, 1967 a. Gibberellic acid enhanced synthesis and release of α -amylase and ribonuclease by isolated barley aleurone layers. *Plant physiol.* 42:398-406
11. Chrispeels, M. J., and J. E. Varner, 1967 b. Hormonal control of enzyme synthesis: On the mode of action of gibberellic acid and abscisin in aleurone layers of barley. *Plant physiol.* 42:1008-1016
12. Cruz, L. J., G. B. Cagampang, and B. O. Juliano, 1970. Biochemical factors affecting protein accumulation in the rice grain. *Plant physiol.* 46:743-747
13. Evins, W. H. 1971. Enhancement of polyribosome formation and induction

- of tryptophan-rich protein by gibberellic acid. *Biochemistry* 10:4295-4303
14. Evins, W. H., and J. E. Varner, 1972. Hormonal control of polyribosome formation in barley aleurone layers. *Plant physiol.* 49: 348-352
 15. Galston, A. W., and P. J. Davis, 1969. Hormonal regulation in higher plants. *Science* 163: 1288-1297
 16. Haber, A. H., and H. I. Luipold, 1960. Effects of gibberellin on gamma-irradiated wheat. *Am. J. Bot.* 47:140-144
 17. Harada, J., and B. S. Vergara, 1971. Response of different rice varieties to gibberellin. *Crop Sci.* 2:373-374
 18. Harvey, B. M. R., and A. Oaks, 1974. The role of gibberellic acid in the hydrolysis of endosperm reserves in *Zea Mays*. *Planta (Berl.)* 121: 67-74
 19. Holm, R. E., and J. L. Key, 1969. Hormonal regulation in the hypocotyl of rootless Soybean: Anevaluation of the role of DNA synthesis. *Plant physiol.* 44:1295-1302
 20. Jacobsen, J. V. 1973. Interactions between gibberellic acid, ethylene, and abscisic acid in control of amylase synthesis in barley aleurone layers. *Plant Physiol.* 51:198-202
 21. Jarvis, B. C., B. Frankland, and J. H. Cherry, 1968. Increased nucleic-acid synthesis in relation to the breaking of dormancy of hazel seed by gibberellic acid. *Planta (Berl.)* 83: 257-266
 22. Johnson, K. D., and H. Kende, 1971. Hormonal control of lecithin synthesis in barley aleurone cells: regulation of the CDP-choline pathway by gibberellin. *Proc. Nat. Acad. Sci. (Wash.)* 68:2674-2677
 23. Jones, R. L. 1969. Gibberellic acid and the fine structure of barley aleurone cells. *Plants (Berl.)* 88:73-86
 24. Jones, R. L. 1973. Gibberellins: Their physiological role. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:571-598
 25. Johnson, K. D. and W. K. Purves, 1970. Ribonucleic acid synthesis by cucumber chromatin. *Plant Physiol.* 46:581-585
 26. Johri, M. M., and J. E. Varner, 1968. Enhancement of ribonucleic acid synthesis in isolated pea nuclei by Gibberellic acid. *Proc. Nat. Acad. Sci. (Wash.)* 59: 269-276
 27. Katsumi, M. 1970. Effect gibberellin A₃ on the elongation, α -amylase activity, reducing sugar content and oxygen-uptake of the leaf sheath of dwarf maize seedlings. *Physiol. Plant.* 23:1077-1084
 28. Key, J. L. 1969. Hormones and nucleic acid metabolism. *Ann. Rev. Plant physiol.* 20: 449-474
 29. Khan, A. A. 1968. Inhibition of gibberellic acid-induced germination by abscisic acid and its reversal by cytokinins. *Plant Physiol.* 43: 1463-1465
 30. Khan, A. A., and C. C. Anojulu, 1970. Abscisic acid induced changes in nucleotide composition of rapidly labeled ribonucleic acid species of pear embryos. *Biochem. Biophys. Rev. Commu.* 38: 1069-1075
 31. Khan, A. A., and E. C. Waters, 1969. On the hormonal control of post-harvest dormancy and germination in barley seeds. *Life Sci.* 8: 729-736.
 32. Knypl, J. S., and K. M. Chylinska, 1972. Chlorophyll accumulation and protein synthesis in lettuce cotyledons treated with growth retardants, GA and benzylaminopurine. *Z Pflanzenphysiol.* 66: 297-306

33. Kurosawa, E. 1926. Experimental study on the secretion of *Fusarium heterosporum* on rice plants. J. Nat. Hist. Soc. Formosa 16:213-227
34. Lang, A. 1970. Gibberellins: structure and metabolism. Ann. Rev. Plant physiol 21: 537-570
35. Leshem, Y., and L. Schwartz, 1972. The selective effect of abscisic acid on ribonucleic acid components. Physiol. Plant 26:328-331
36. Loening, U. E., and J. Ingle, 1967. Diversity of ribonucleic acid components in green plant tissues. Nature 215:312-317
37. Lowry, O. H., W. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall, 1961. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:265-275
38. Mandell, J. D., and A. D. Hershey, 1960. A fractionation column for analysis of nucleic acids. Anal. Biochem. 1:66-77
39. Mansfeld, T. A., and R. J. Jones, 1971. Effects of abscisic acid on potassium uptake and starch content of stomatal guard cells. Planta (Berl.) 101: 147-158
40. McComb, A. J., J. A. McComb, and C. I. Duda, 1970. Increased ribonucleic acid polymerase activity associated with chromatin from internodes of dwarf pea plants treated with gibberellic acid. Plant Physiol. 46:221-223
41. Nagl, W. 1971. Gibberellic acid stimulated gene activity in the endosperm of *phaseolus*. Planta (Berl.) 96:145-151
42. Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153:375-389
43. Newton, R. J. 1974. Abscisic acid effects on growth and metabolism in the roots of *Lemna minor*. Physiol. Plant 30: 108-112
44. Nitsan, J., and A. Lang. 1965. Develop. Biol. 12:358-376 (Cited from R. L. Jones. 1973. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:571-598)
45. Paleg, L. G. 1960. Physiological effects of gibberellic acid: I. on carbohydrate metabolism and amylase activity of barley endosperm. Plant Physiol. 35: 293-299
46. Pilet, P. E. 1970. The effects of auxin and abscisic acid on the catabolism of ribonucleic acid. J. Exp. Bot. 21:446-451
47. Ralph, R. and A. R. Bellamy, 1964. Isolation and purification of undergraded ribonucleic acids. Biochem. Biophys. Acta 87:9-16
48. Roy, T., B. Ghose, and S. M. Sircar, 1973. Cyclic AMP promotion and abscisic acid inhibition of α -amylase activity in the seed of rice. J. Exp. Bot. 24:1064-1068
49. Schneider, W. C. 1945. Determination of nucleic acids in tissue by pentose analysis. J. Biol. Chem. 161:293-301
50. Shih, C. Y. and L. Rappaport, 1971. Regulation of bud rest in tubers of potato, *Solanum tuberosum* L. VIII. Early effects of gibberellin A₃ and abscisic acid on ultrastructure. Plant physiol. 48:31-35
51. Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem, 195:19-23
52. Sumner, D. C., and J. L. Lyon, 1967. Effects of (-)-abscisin II on seed germination in four species of grasses. Planta (Berl.) 75:28-32

53. Tanada, T. 1972. Antagonism between indo-3-acetic acid and abscisic acid on a rapid phytochrome-mediated process. *Nature* 236:460-461
54. Thomas, T. H., P. F. Wareing, and P. M. Robinson, 1965. Action of the sycamore 'Dormin' as a gibberellin antagonist. *Nature* 205:1270-1271
55. Trewavas, A. 1970. The turnover of nucleic acid in *Lemna minor*. *Plant physiol.* 45:742-751
56. Van Overbeek, J., J. E. Loeffler, and M. I. R. Mason, 1967. Dormin (Abscisin II), inhibitor of plant DNA synthesis? *Science* 156:1497-1499
57. Wareing, J. G. and J. Manuel, 1968. Some possible physiological roles of abscisic acid. In: *Biochem. and physiol. of Plant Growth Substances.* (Ed. F. Wightman and G. Setterfield). Runge press. Ottawa. P. 1561-1579
58. Yomo, H. 1960. *Hakko Kyokaishi* 18:600-602 (Cited from R. L. Jones, 1973. *Ann. Rev. plant physiol.* 24:57-598)
59. Yomo, H. and J. E. Varner, 1973. Control of the formation of amylases and proteases in the cotyledons of germinating peas. *Plant physiol.* 51:708-713
60. Zwar, J. A. and J. V. Jacobsen, 1972. A correlation between a ribonucleic acid fraction selectively labeled in the precursor of gibberellic acid amylase synthesis in barley aleurone layers. *Plant physiol.* 49:1000-1006

Abstract

GA_3 enhances the elongation growth of early dwarf rice (*Oryzae sativa* cv. I-Geo-Gen) seedlings. Markedly preceding growth of the shoots is an increased RNA synthesis, as shown by total RNA determination and ^{32}P -incorporation into RNA. But the increase in DNA content is later and is evident after treatment with GA_3 for 4 days.

ABA inhibits shoot elongations, nucleic acid and protein synthesis. When GA_3 is added together with ABA, it is found:

- 1) the inhibition of shoot growth by higher concentration of ABA (above $5 \times 10^{-5} M$) can't be overcome by the addition of GA_3 even at reasonably high concentration.
- 2) the inhibition of growth by ABA below the concentration of $5 \times 10^{-6} M$ can be gradually overcome by increasing the conc. of GA_3 . When ABA ($5 \times 10^{-6} M$) is added together with $5 \times 10^{-4} M$ GA_3 for 5 days, shoot length of the dwarf rice seedlings reaches the level of dist. water control. RNA content is largely reversed, but the content of DNA, protein and shoot dry weight, though increased slightly, are still markedly inhibited over 50%.

These results suggest that the interaction between GA_3 and ABA is partial, incomplete and non-competitive, i. e., GA_3 can only overcome part of the inhibitory action of ABA, while the other part, maybe the most part, on which they both act differently and independently can't be overcome by the addition of axogenous GA_3 .

In addition, the interaction between these 2 hormones in the control of seed germination, α -amylase synthesis in embryoless half endosperms, and root growth of seedlings are studied and discussed.