利用過氧化鈣改進水稻直播栽培之研究[1]

洪梅珠　侯福分[2]

摘　要

濕田水稻直播，因受發芽率不良及生育後期倒伏兩項之影響，致使無法大面積推廣。爲改進這些缺點，在臺中區農業改良場溫室及農場進行試驗，探討過氧化鈣單獨混合種子與配合浸泡植物生長調節劑，對直播水稻發芽率及抗倒伏之改善效果，以供改進水稻直播栽培及提高產量之參考。

溫室發芽試驗顯示，在濕田條件下直播，以種子播於土表之發芽率最佳，且播種越深發芽率越差。以整地與不整地而言，不整地發芽率優於整地。種子混合過氧化鈣均有提高發芽率之效果，而以混合比率1：1最佳。在以1：1混合之各處理中，發芽率越差的處理，使用過氧化鈣對發芽率的增進效果越顯著。其中以整地直播3公分深之發芽率最低，但其混合1：1過氧化鈣後較不混合者發芽率指數則可增加73%，而發芽率最佳之不整地表土直播，混合1：1之過氧化鈣後發芽率指數則只比不混合者增加8%。

田間試驗直播之成活苗數，以1：1混合過氧化鈣直播深2公分者爲高（162株/m^2），較單純直播表土之140株/m^2增加16%，係因直播表土發芽後，易於倒伏而影響成活率與產量。若混合過氧化鈣外，再配合浸泡植物生長調節劑又可提高成活率，植物生長調節劑GA_3與Kinetin均有效，惟Kinetin稍優於GA_3。以種子浸泡Kinetin再混合1：1過氧化鈣直播二分分深，可增產一成多，其增產原因係由於明顯增加穗數、一穗粒數與千粒重。

前　言

近年來由於工商業急速發展，農業所得偏低，致使大量農村勞力湧向都市或工廠，因而農村勞力嚴重缺乏，機械化插秧雖可緩和農村勞力之不足，惟水稻育苗與插秧工作所需之勞力支出仍多，且由此付出之生產成本，在整個水稻栽培過程中仍佔相當大的比例，因此如何運用直播栽培有效地節省勞力與降低生產成本，成爲重要之研究課題。

水稻直播栽培是一種不必育苗、插秧，而直接將種子播在本田之省工栽培法，但由於種子裸露土表，根系較淺，常出現浮苗及倒伏現象，若將種子深植土中，又造成發芽不良，這些因素使得本省直播栽培面積一直無法擴大。

國外學者[4,6]指出：種子如經CaO_2處理或配合激勃素(GA_3)之混合處理，即可改善直播水稻幼苗的萌芽與植株生育，並維持生育後期稻根的活力，增強植株抗倒伏性。惟有關此種研究之本省試驗資料極爲缺乏，故本試驗主要目的，即在探討過氧化鈣(CaO_2)、激勃素(GA_3)及Kinetin等化學藥劑對直播水稻發芽率及抗倒伏性之影響，以供爲本省改進水稻直播栽培技術之參考。

---

[1] 臺中區農業改良場研究報告第 0102 號。

[2] 分別爲臺中區農業變良場助理及臺東區農業改良場副研究員兼課長（前臺中場助理研究員）。

材料與方法

本研究包括三個小試驗，均以水稻臺農67號爲材料，於1984年一期作在臺中區農業改良場之溫室及試驗田進行試驗。

試驗一：

供試種子播種於長42公分寬32公分高15公分的塑膠盆，每盆播種60粒（30粒32行），試驗處理如下：1.種子與CaO_2粉末混合比例分三個變級(1) 1g CaO_2/1g seed。(2)2g CaO_2/1g seed。(3)不使用CaO_2。2.盆中土壤狀況分二個變級(1)未經搗碎土地（代表不整地）。(2)經搗碎之泥狀土壤（代表整地）。3.播種深度分四個變級(1)0公分（土表）。(2)1公分。(3)2公分。(4)3公分。完全組合成爲24個處理，試驗採逢機完全區集設計，四重複，播種後7天測定種子發芽率。

試驗二：

供試種子直播於不整地的田間，播種前田間先行灌水。行距30公分，播種量45 kg/ha，試驗處理分五種(1)種子未經任何處理，播種於2公分深。(2)種子經CaO_2(1：1)處理，播種深度2公分。(3)種子先浸泡於50 ppm GA_3溶液中24小時，再用CaO_2(1：1)處理，播種深度2公分。(4)種子經CaO_2(1：1)處理，直播於土表。(5)種子未經任何處理，直播土表（對照）。試驗採逢機完全區集設計，小區面積10m^2，四重複，播種後15天調查苗高及成活苗數，成熟時調查倒伏性、產量及產量構成因素。

試驗三：

供試種子直播於經整地之試驗田，試驗採裂區設計，主區爲兩種灌排水處理（播種後田間浸水及播種後田間排水僅保持濕潤），副區爲下列四種種子處理法1.種子經CaO_2(1：1)處理。2.種子先浸泡於50 ppm GA_3溶液中24小時，再用CaO_2(1：1)處理。3.種子先浸泡於10 ppm Kinetin溶液中24小時，再用CaO_2(1：1)處理。4.種子未經任何處理。播種量45 kg/ha，副區面積10m^2，四重複。播種後15天調查苗高及成活苗數，成熟時調查產量及產量構成因素。

結　果

試驗一：

從表1發現，在溫室中不整地直播條件下，播種於土表之種子，先以1：1比例與CaO_2混合者，其發芽率比未經CaO_2處理者增加8%，但以2：1(CaO_2：seed)比例處理之發芽率與未用CaO_2處理之結果相似。播1公分深時，1：1與2：1兩處理之效果相近，分別比未用CaO_2處理之發芽率分別增加13%與18%。播種2公分深時之發芽率與播種深度1公分者相近，使用CaO_2處理者比未使用者，分別增加17%與21%之發芽率。播種深度爲3公分時，以1：1混合之處理提47%之發芽率，以2：1混合則提36%之發芽率。但無論使用CaO_2與否，發芽率均以播種於土表者最高，其次爲播種於1公分深者，而均以播種深度3公分者最低。

溫室中處地直播條件下，種子播於土表，並以1：1比例與CaO_2混合之處理，提高18%之發芽率，而以2：1比例混合之效果則不顯著。播種深度爲1公分者，1：1與2：1兩處理之效果相似，分別提高發芽率21%及19%。播種深度爲2公分之發芽率與播種深度爲1公分者無顯著差異，然使用CaO_2處理比未使用者，增加35~43%之發芽率。播種深度爲3公分者，以1：1與CaO_2混合可提高73%之發芽率，以2：1混合則提高43%之發芽率。就播種深度而言，無論種子以1：1或2：1與CaO_2混合，甚至未使用CaO_2，其發芽率均以播種於土表者最高，播種深度爲3公分者最低。

由溫室內的發芽試驗（表1）同時發現，無論種子有無使用CaO_2處理，在不整地直播條件下之發芽率，遠比在整地直播條件下之發芽率高。但在整地直播條件下，種子使用CaO_2處理所提高之發芽率，則比在不整地直播條件下所增加的發芽率多。

表一　溫室內臺農 67 號各處理發芽率之平均值

Table 1. The germination rates of Tainung 67 seeds at different rates of CaO_2 coating and depth of seeding. (Taichung DAIS greenhous, 1984)

Soil condition	Depth of seeding	Rate of CaO_2 coated on seeds					
		1:1	index	2:1	index	none	index
Non-tillage	soil surface	84[a]	108	79[b]	101	78[b]	100
	1 cm depth	71[c]	118	68[cb]	113	60[e]	100
	2 cm depth	70[c]	121	68[cb]	117	58[e]	100
	3 cm depth	66[d]	147	61[e]	136	45[f]	100
	mean	73	122	69	115	60	100
Puddled soil	soil surface	79[a]	118	71[b]	106	67[b]	100
	1 cm depth	58[c]	121	57[c]	119	48[e]	100
	2 cm depth	57[c]	143	54[cd]	135	44[ef]	100
	3 cm depth	52[d]	173	43[f]	143	30[g]	100
	mean	62	132	56	120	47	100

value within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

試驗二：

田間在不處地直播的條件下（表2），以播種於土表且未經任何藥劑處理者爲對照時，發現種子經CaO_2 (1：1)處理並播於土表之成活苗數比對照增加7%，苗高則與對照無顯著差異。播種深度爲2公分，種子未經任何藥劑處理之成活苗數比對照降低19%，苗高與對照無顯著差異，若種子以1：1比例與CaO_2混合時，發芽率比對照增加16%，苗高則與對照相同，而CaO_2與GA_3兼用之處理，其發芽率比對照增加20%，苗高亦顯著高於對照。

表二　不整地直播下播種後 15 天之苗高及成活苗數

Table 2. Seedling number per m^2 of Tainung 67 at different seeding depths and chemical treatments under non-tillage condition.

Depth of seeding	Chemicals applied	Pant height (cm)	No. of seedlings per m^2	Index
A. 2 cm depth	none	18[c]	114[d]	81
B. 2 cm depth	CaO_2(1：1)	19[bc]	162[a]	116
C. 2 cm depth	GA_3+CaO_2(1：1)	21[a]	168[a]	120
D. soil surface	CaO_2(1：1)	20[ab]	150[b]	107
E. soil surface (CK)	none	19[bc]	140[c]	100

Data were taken at 15 days after sowing.

Values within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

從表3發現不同處理間之產量有顯著差異，各處理中以播種2公分深且CaO_2(1：1)與GA_3兼用之稻谷產量最高，每公頃達5.54噸，比對照增加13%，其增產原因爲穗數、粒數與千粒重之增加。其次爲播種2公分深而只用CaO_2(1：1)之處理，其產量(5.4 t/ha)比對照增加10%，增產原因仍爲穗數、粒數又千粒重之增加。再其次爲播種2公深，但無使用任何藥劑處理者，其

產量爲5.16 t/ha，比對照增產5%，增產原因可能是千粒重之增加。播種於土表但種子經CaO_2(1：1)處理，其產量爲5.01 t/ha，比對照增加2%。播種於土表之處理（D與E），到乳熟期時約有80%之植株倒伏，但播種於2公分深之處理（A，B與C），則無倒伏現象。

試驗三：

田間在整地直播條件下，播種後施行浸水之處理，播種後15天單位面積之成活苗數，以Kinetin及CaO_2並用之處理最高爲124支/m^2，GA_3及CaO_2並用之處理效果與單獨使用CaO_2相同，單位面積成活苗數爲96支/m^2，對照（無使用任何藥劑）則只有78支/m^2。播種後15天的苗高，以GA_3與CaO_2並用及Kinetin與CaO_2並用兩處理較高爲15公分，單獨使用CaO_2處理及對照之株高均爲13公分。

表三　不整地直播下不同處理之產量及產量構成因素之平均值

Table 3. Yield and yield components of Taichung 67 at different seeding depths and chemical treatments under non-tillage condition.

Depth of seeding	Chemicals applied	No. of panicles per m^2	No. of seedlings per m^2	Sterility (%)	Weight of 1000 grains (g)	Yield (t/ha)	Index (%)
A. 2 cm depth	none	320[b]	109[b]	11.3[a]	24.78[a]	5.16[b]	105
B. 2 cm depth	CaO_2(1：1)	334[a]	119[a]	11.0[a]	24.80[a]	5.40[a]	110
C. 2 cm depth	GA_3+ CaO_2(1：1)	345[a]	113[a]	10.4[a]	25.09[a]	5.54[a]	113
D. soil surface	CaO_2(1：1)	320[b]	108[b]	10.9[a]	24.00[b]	5.01[bc]	102
E. soil surface (CK)	none	315[b]	108[b]	11.0[a]	23.77[b]	4.90[c]	100

Value within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

由表4同時發現，田間在無浸水(Non-flooding)情況下，種植後15天單位面積的成活苗數，均以對照最低（148支/m^2），無論單獨使用CaO_2（160支/m^2）、或GA_3與CaO_2並用（160支/m^2）、或Kinetin與CaO_2並用（164支/m^2）之效果均優於對照。播種後15天的苗高，以GA_3與CaO_2並用及Kinetin與CaO_2並用兩處理較高爲22公分，單獨使用CaO_2處理及對照之株高均爲10公分。一般而言，無論是早期的苗高或成活苗數，浸水區比無浸水區差，但種子利用CaO_2處理後，成活苗數所增加的百分比，以浸水區高於無浸水區。

表四　整地直播下不同處理的株高和成活苗數

Table 4. Plant height and seedling No. at different treatments under puddled soil.

Treatments	Plant height (cm)		Seedling No. /m^2			
	F*	NF	F	Index	NF	Index
CaO_2(1：1)	13[b]	20[b]	96[b]	123	160[a]	108
GA_3+ CaO_2(1：1)	15[a]	22[a]	96[b]	123	160[a]	108
Kinetin+CaO_2(1：1)	15[a]	22[a]	124[a]	159	164[a]	111
Control	13[b]	20[b]	78[c]	100	148[b]	100
Mean	14	21	99		158	

*F: Flooding NF: Non-flooding

(Data were taken at 15 days after sowing)

** Values within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

田間在處地直播條件下各處理之產量列於表5，浸水區中對照之產量爲4.57 t/ha，各處理中產量最高者爲Kinetin與CaO_2並用之處理，其產量爲5.32 t/ha，比對照增加16%。其次爲GA_3與CaO_2配合使用之處理（5.17 t/ha），比對照增加13%，再其次爲單獨使用CaO_2之處理（4.99 t/ha），比對照增加9%。無浸水區中對照之產量爲5.5 t/ha，各處理中產量最高者爲Kinetin與CaO_2並用之處理，其產量爲6.04 t/ha，比對照增加10%。其次爲GA_3與CaO_2並用之處理（5.92 t/ha），比對照增加8%，再其次爲單獨使用CaO_2之處理（5.85 t/ha），比對照增加6%。但整個浸水區的平均產量爲5.01 t/ha，比無浸水區（5.83 t/ha）低。

表五　整地直播下各處理產量之平均值

Table 5. Grains yield at different treatments uner puddled soil.

Treatment	Grain yield (t/ha)			
	Flooding	Index	Non-flooding	Index
CaO_2(1：1)	4.99^{b}	109	5.85^{a}	106
GA_3+ CaO_2(1：1)	5.17^{ab}	113	5.92^{a}	108
Kinetin+CaO_2(1：1)	5.32^{a}	116	6.04^{a}	110
Control	4.57^{c}	100	5.50^{b}	100
Mean	5.01		5.83	

Values within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

整地直播條件下各處理之產量構成因素列於表6，發現無論是在浸水區或無浸水區，除了不稔率在藥劑處理間無顯著差異外，單位面積的穗數、每穗粒數及千粒重，均以經過CaO_2處理（包括單獨使用CaO_2，及與GA_3或Kinetin混合使用）者爲高。若以浸水區與無浸水區相比較，則穗數及千粒重以無浸水區爲高，不稔率以浸水區較高。

表六　整地直播下各處理之產量構成因素

Table 6. Yield components Tainung 67 at different treatments under puddled soil.

Treatments	No. of panicles per m^2		No. of spikelets per panicle		Sterility (%)		Weight of 1000-grains (g)	
	F*	NF	F	NF	F	NF	F	NF
CaO_2(1：1)	336^{a}	440^{a}	110^{a}	110^{a}	19.1^{a}	11.3^{a}	24.00^{a}	26.10^{a}
GA_3+ CaO_2(1：1)	351^{a}	433^{a}	117^{a}	115^{a}	18.7^{a}	11.4^{a}	24.29^{a}	25.17^{a}
Kinetin+CaO_2(1：1)	348^{a}	444^{a}	116^{a}	117^{a}	18.3^{a}	11.7^{a}	24.41^{a}	25.20^{a}
Control	314^{b}	418^{b}	102^{b}	103^{b}	19.0^{a}	11.6^{a}	23.02^{b}	24.00^{b}
Mean	337	434	111	111	18.8	11.5	23.93	24.87

*F: Flooding NF: Non-flooding

** Values within the column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

討　論

氧氣供給的充足與否，對作物種子萌芽有決定性的影響，尤其播種後若處於浸水或排水不良狀態，常導致種子發芽不良及根系發育受阻。過氧化鈣(CaO_2)爲白色粉末，在潮濕土壤中，會緩慢分解並釋放氧氣，供爲種子萌芽之用。〔$2CaO_2+H_2O\rightarrow 2Ca(OH)_2+O_2\uparrow$〕，平均1公斤$CaO_2$可釋放56升氧氣[3]，故種子經$CaO_2$裹覆後再予播種，對種子萌芽及幼苗發育均有促進作用。

水稻直播栽培是一種不必經過育苗插秧的省工栽培，但由於種子裸露土表，根系較淺，常造成浮苗及倒伏現象；若將種子深植土中，又因通氣不良，導致發芽率低落，致使本省直播栽培無法大面積推廣。溫室發芽試驗中，即發現種子發芽率隨播種深度之增加而遞減；種子利用CaO_2裹覆後，發芽率有顯著提高之趨向，且播種愈深效果愈佳，但播種深度達3公分時，其實際發芽率偏低，無採用價值；而CaO_2覆蓋量以1g種子裹覆1g CaO_2較爲適當，裹覆2g CaO_2時，可能由於石灰過多，產生碱性障害，效果反而不佳[1]。實際田間試驗，發現種子播於土表之發芽率並非最高，此可能種子裸露土表，濕度不易保持，同時較易遭受質其他生物危害，且其至生育後期又有80%以上植株倒伏，但播種深度爲2公分者，則無倒伏現象，尤其是種子經CaO_2處理者，其幼苗成活率顯著提高。故由溫室與田間試驗綜合觀之，種子播入土中1~2公分及配合CaO_2之使用，可解決水稻直播發芽不良及倒伏之困擾。

省工降低生產成本是農業發展的一個重要方針，CaO_2對發芽率的提高，在整地濕田直播之效果雖高於不整地直播，但不整地直播之實際發芽值高於整地濕田直播，產量亦與整地濕田直播相差不遠，故在勞工不足的情形下，省工的不整地直播栽培，頗具推廣價值。

本試驗現發CaO_2配合GA_3或Kinetin之使用，不但改善種子發芽並可促進幼苗生長，尤其在浸水狀態下之效果比無浸水顯著，此結果與前人研究相似[4,5,6]。IRRI[2,3]的報告曾指出，田間在浸水的情況下，種子若經CaO_2處理，可增加產量。本試驗則發現CaO_2可同時提高浸水區及無浸水區之產量，惟在浸水區增產的比例大於無浸水區，而增產的原因，主要爲千粒重及每穗粒數增加的結果。

綜合上述，我們瞭解種子經CaO_2處理，或配合GA_3及Kinetin等藥劑之使用，不但提高種子發芽率、增強植株抗倒伏性，同時提高產量，惟Kinetin略優於GA_3。而不整地直播栽培，可節省勞力，降低生產成本，若配合CaO_2等藥劑之施用，則更具推廣價值。惟應注意播種深度應以1~2公分爲最適宜。

參考文獻

1. 蔡養正、嵇偉康　1986　過氧化鈣處理對水稻幼苗生育之影響　科學農業　34(7~8): 164~168。
2. IRRI. 1979. Chemical control of seedling emergence from flooded soil. IRRI annual report for 1978, p. 338-339.
3. IRRI. 1980. Chemical control of seedling emergence from flooded soil. IRRI annual report for 1979, p. 195-302.
4. Ishimoto, N. 1982. The agent based on calcium peroxide. An Improved method of water-seeded rice cultivation by use of rice coated with calper dust. Japan ppesticide information 41: 25-28.
5. Ogawa, M. and Y. Ota. 1973. Plant growth-regulating activities of 3-hydroxy-5-methyl isoxazole I. Effects of 3-hydroxy-5-methyl isoxazole and metabolites in plants on growth of rice seedings. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 42(4): 499-505.
6. Tanaka, A. 1977. Stable Technic of direct-seeding of paddy rice. Framing Mechanization 2: 20-22.

Studies on Calcium Peroxide Seed Coating for the Improvement of Direct-seeding in Rice[1]

Mei-Chu Hong and Fwu-Fenn Hou[2]

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of calcium peroxide and growth regulators on the seed germination rate and the lodging resistance of direct-seeded rice, three experiments were conducted either at the greenhouse or at the experimental farm of Taichung District Agricultrual Improvement Station.

The results showed that under the non-tillage and the puddled soil condition in the greenhouse, the seed germination rate is lower when the seeding depth is deeper. Calcium peroxide helped increase the seed germination rate, and the best result was obtained from the treatment with 1g CaO_2 coating on 1g seeds. But poor germination at the seeding depth of 3 cm in the soil suggested that it was too deep.

When the calcium peroxide coated rice seeds were seeded at the depth of 2cm in the field, the seed germination rate was considerable increased and no lodging occurred in the later stage of growth.

Grain yield was 14% lower in the flooded field as compared with the drained field. Under the flooded condition the germination of seeds was significantly improved as the result of calcium peroxide seed coating. The results were much better when the seeds were soaked with growth regulators solution (such as GA_3 and kinetin) before coating CaO_2, and yield increased by 10% due to increasing the number of panicles, number of grains and weight of 1000-grains.

---

[1] Contribution No. 0102 from Taichung DAIS.

[2] Assistant of Taichung DAIS and Head of Crop Improvement Division of Taitang DAIS (Former Assistant Agronomist of Taichung DAIS), respectively.