中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）34(2)：145～156（1985）

水稻秧苗耐寒性之研究

Ⅱ.低溫處理前後溫度對耐寒性之影響[1]

曾東海　鄧耀宗[2]

摘要：以新竹矮脚尖、新竹糯4號、臺農育種2414、IR30、IR29、PI162319、USSR No. 45、Pratao 等8品種的秧苗達 3.5～4 葉齡時，以日夜溫 10°C 處理9天，處理前後分別以 30/25°C 及 20/15°C 培育秧苗，共2×2＝4處理，採覆因子完全逢機設計，重複10次，生長箱之光照强度爲 270μEm^{-2} Sec^{-1} 光照時間爲每天12小時，探討秧苗生長期之溫度對其耐寒性之影響，結果發現：高溫之前處理雖能促進秧苗之伸長，但其伸長勢與耐寒性無關，低溫處理前後之溫度顯著地影響低溫處理之結果，低溫處理前以 30/25°C培育時，較易顯出耐寒性之品種間差異，且各品種之平均存活率較低，葉片滲出液之導電度與秧苗存活率呈顯著的負相關。在低溫處理的第3或6天以後，所測之葉片導電度可反應該品種之耐寒性。鮮葉重受低溫處理影響顯著。且與存活率呈正相關關係。表示低溫處理後測得之葉片滲出液導電度與鮮葉重可供測驗水稻苗期耐寒性指標之一。

溫度是限制作物栽培及影響其產量之重要且難以控制的因素。本省位於亞熱帶，氣候雖係溫暖，但每年冬季常受大陸性冷氣團（寒流）之侵襲，氣溫常驟降使作物遭受寒害（chilling injury）本省水稻之寒害在一期作一般是引起秧苗延遲發芽、葉片變黃，生育受阻，甚而枯萎，但偶而異常時期的低溫亦會引起一期作水稻（早熟品種）發生不稔或降低稔實率。在二期作主要是生育後期的低溫，引起抽穗延遲，穎花退化、授粉不良、稔實率降低，穀粒不飽滿等情形。根據歷年氣象記錄，臺灣北部地區平均每年遭受低溫侵襲約爲6次，中部約8次，中部比北部更易出現低溫，且其氣溫下降的幅度較大，更易造成寒害。根據統計於1963年因低溫的侵襲而受害面積達 3,722公頃，又如1982年3、4月間冷峰面侵襲，彰化、雲林、嘉義、臺南、高雄、臺東等地水稻受害面積達一萬七千餘公頃，折算無收穫面積爲 7,677公頃（糧食局71年一期臺灣地區稻米生產量調查報告），因此耐寒性是以水稻品種重要特性之一。

根據汪[5]指出，水稻生長之最低溫度爲10～12°C，低溫對水稻之影響，因各產地之環境不同而異，同時在各生長期亦有顯著的差別。綜合各試驗研究報告之結果[14,17,20]，低溫對水稻各生長時期之影響如下：（1）苗期：降低發芽率，發芽勢較弱，苗的活力較差，葉色變黃葉片脫水捲曲阻礙生育，延長秧苗期等。（2）生育期：根與莖之發育受阻，植株矮小，分蘖減少，葉變色，延長抽穗期。（3）幼穗分化期：影響花粉及分生枝梗之形成。（4）抽穗期：穗軸抽出困難，且影響花粉分散及授粉作用降低結實率。（5）成熟期：谷粒充實不良、葉色變黃，植株老化較快，延遲收穫期。在任何時期受到寒害，直接或間接的都會影響稻穀產量。因此，引入耐寒基因，建立耐寒檢定技術，以選育耐

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第　1211　號，本文第一作者曾受行政院國家科學委員會獎助，謹此致謝。

2.本所農藝系助理研究員、前副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

寒的優良品種，確保稻米的產量，是產米國家的共同課題。

水稻耐寒性檢定方法，因各地發生寒害之天然環境不同，檢定方法亦各異，綜合各檢定方法[3,4,6,12,13,14,15,18,20]。可分兩大類，一爲利用田間自然檢定圃檢定，一爲在實驗室以人爲控制溫度進行檢定。自然檢定圃係利用高海拔自然低溫之環境，來檢定水稻之耐寒性，各檢定圃之氣溫不一，篩選效果也就不同。在實驗室之人爲控制溫度的方法又可分兩類，一爲冷水控制[16,22]，一爲冷空氣控制[8,9,10]，由於耐寒性檢定時只控制某生長期之某一段時間，復因使用之設備不一，因此培育之環境既異，接受低溫處理之條件也不一樣，故檢定結果往往不一致，其原因除了供試材料不同及處理方法不一等因素影響外，研究者未考慮處理前後溫度，而只控制處理期間之溫度是一重要因素，朱等[1]指出水稻幼苗在低溫（4～5°C）處理前之溫度對低溫反應程度有很大之影響，幼苗在30/25°C培育狀況下較 25/20°C 培育狀況下較易顯出受害程度之差異。

本試驗之目的是利用大型植物生長箱（Growth chamber）來探討低溫處理前後培育溫度對秧苗低溫處理之影響，進一步了解水稻不同品種秧苗對低溫之反應，並於處理期間測量苗高，葉重及葉片細胞滲出液之導電度等性狀，以探討該性狀與秧苗耐寒性之關係，並尋求最經濟最迅速可靠的檢定方法，俾供從事水稻耐寒育種或有關試驗之應用或參考。

材料與方法

供試品種：新竹矮脚尖（ACC），新竹糯 4 號（HCW 4），臺農秈育 2414（TNSY 2414），IR30, IR29, PI 162319, USSR No. 45, Pratao 等 8 品種。

試驗設計：低溫處理前後溫度各有日夜溫 30/25°C 及 20/15°C 等二處理，採複因子完全逢機設計共 $2 \times 2 = 4$ 處理，每處理各播10盆（10重複）。

試驗方法：供試品種之種子，經選種、消毒、浸種與催芽後，選擇發芽良好而整齊者點播於24×19×6cm 之塑膠盆中，以厚 4.5cm 經高壓蒸氣消毒之田土爲培養土，每個塑膠盆逢機播種全部八個參試品種，每品種每盆播90株，爲了使低溫處理開始時各秧苗之苗齡達到 3.5～4 葉齡，分兩批育苗，以配合低溫處理前兩種不同培育溫度之需要。第一次於70年12月21日播種，第二次於12月24日播種。播種後皆置於玻璃室中培育至1月5日，將第一批秧苗移入日夜溫 20/15°C 之植物生長箱，第二批秧苗移入日夜溫 30/25°C 之植物生長箱中，兩個生長箱除了溫度不同外，其他控制條件皆相同，箱內使用白色燈炮及日光燈，光照强度爲 270 $\mu Em^{-2}S^{-1}$，光照時間12小時。經過一星期後，兩批秧苗皆達3.5～4 葉齡，同時將兩台生長箱之溫度調整爲日夜溫都是 10°C，開始低溫處理，處理時間爲9天，至1月19日，將每台生長箱中之試驗材料分成二等份（各10盆），1 份留在原處，1 份搬至另一台生長箱中，同時將兩台生長箱分別調回原設定溫度（30/25, 20/15°C）。低溫處理後之秧苗分別培育至2月1日，即低溫處理後14天，調查各參試品種之成活率。另於低溫處理開始後 0，3，6，9 天共分 4 次取樣，每次每盒每品種各取10株，每株取其新葉第 2、3 葉共20葉片爲樣品，以測定其導電度，導電度測定法是將樣品先秤其葉重，再浸於含有 20ml、0.2M Mannitol 溶液之 9cm 發芽皿中，置於 25°C 之黑暗之恆溫箱中，經24小時後取出倒入測量管中，以導電度計(Kent, 5003 型)，測驗該溶液之導電度。

結 果

一、低溫處理前後培育溫度對秧苗生長速率之影響：供試之 HCW 4 等 8 品種，在不同溫度處理下，其生長速率有顯著的變化。前處理溫度在 30/25°C 下比在 20/15°C 下的生長速率快，此種優勢延續至低溫處理期，但其優勢有逐漸減退之趨勢。低溫處理後幼苗之生長速度，不論處理前之溫度是高或低，均以在 30/25°C 下培育之秧苗生長較快。比較處理前培育溫度對低溫處理後幼苗恢復能力

之影響，則以前處理溫度 20/15°C 較爲有利（表一）。

Table 1. The growth rate (cm/day) of seedling under different air temperatures.

Times & Temperature / Varieties	Pre-treatment at 30/25°C				Pre-treatment at 20/15°C			
	pre-treat.	cool-treat.	Post treat.		pre-treat.	cool-treat.	Post treat.	
	30/25° C	10° C	30/25° C	20/15° C	20/15° C	10° C	30/25° C	20/15° C
ACC	1.303	0.136	0.054	—*	0.513	0.118	0.257	(0.042)
HCW 4	1.386	0.101	0.656	0.648	0.380	0.079	0.551	0.313
IR 30	0.764	0.099	—	—	0.164	0.073	(0.097)	—
IR 29	0.742	0.126	—	—	0.255	0.059	(0.095)	—
PI 162319	1.157	0.435	0.373	0.065	0.443	0.009	0.453	0.199
USSR No. 45	1.653	0.127	0.745	0.391	0.411	0.077	0.813	0.213
TNSY 2414	0.957	0.200	0.249	—	0.154	0.064	0.391	(0.145)
Pratao	1.917	0.185	0.034	0.003	0.697	0.116	0.172	0.012
Mean	1.235	0.176	0.352	0.277	0.377	0.074	0.439	0.184

*All seedlings died before reading

秧苗在3.5～4葉齡時接受 10°C 之低溫處理9天後，各品種之存活率，因處理前後溫度不同而異（表二）。就存活率之變方分析（表三）得知，品種間之差異極顯著，即供試之8個水稻品種之耐寒性差異顯著。就各品種在不同生育條件下之平均存活率而言，以新竹糯4號（HCW 4）及 USSR

Table 2. Effects of air temperatures before and after low temperature treatment on survival rate (%) of rice seedlings.

Treatment / Varieties	Pre treat. at 30/25°C		Pre treat. at 20/15°C		Mean*
	Post treat.		Post treat.		
	30/25° C (A)	20/15° C (B)	20/15° C (C)	30/25° C (D)	
ACC	97.90± 4.35	69.70±24.79	88.80±15.91	84.90±26.70	85.33±10.18^{ab}
HCW 4	86.10±24.23	96.90± 6.39	96.40± 7.32	96.80± 6.94	94.05±4.59^{a}
IR 30	0.30± 0.90	0.40± 0.76	31.50±42.39	37.20±30.86	17.35±17.12^{d}
IR 29	0.60± 1.22	0.30± 0.99	17.69±28.50	42.50±42.37	15.27±17.22^{d}
PI 162319	89.00±22.54	96.90± 9.30	61.90±35.67	74.50±29.04	80.57±13.45^{b}
USSR No. 45	100.00± 0.00	95.20± 9.86	78.50±20.60	95.80±12.60	92.38± 8.22^{a}
TNSY 2414	40.30±30.78	15.20±15.04	92.10±17.63	92.50±12.20	60.02±33.47^{c}
Pratao	42.20±27.88	39.30±29.82	52.60±34.41	79.80±20.28	53.48±15.98^{c}
Mean	56.00±39.19^{c}	51.73±40.41^{c}	64.93±27.37^{b}	75.49±21.85^{a}	

*Means followed by the same letters are not significant difference at the 5% of probability.

Table 3. Analysis of variance of the survival rate of rice seedlings under different treatments.

S. O. V.	df.	M. S.	F.	P>F
Varieties	7	40,765.96	68.225**	0.0000
Error (A)	72	597.52		
Treatments	3	8,868.08	16.914**	0.0000
Var.×treat.	21	3,309.52	6.312**	0.0000
Error (B)	216	524.30		
Total	319			

No. 45 最耐寒，其次爲新竹矮脚尖（ACC）及 PI 162319，而以 IR30、29 之耐寒性最差。再就處理間之差異而言，低溫處理前後之培育溫度對水稻耐寒性反應有很大的影響，處理前幼苗在 30/25°C 培育狀況下較在 20/15°C 下對低溫之反應較敏感，前者之總平均存活率爲53.85%，後者爲70.21%。低溫處理後之培育溫度亦影響水稻耐寒性之反應，但是比低溫處理前之培育溫度影響小，低溫處理後幼苗在 30/25°C 培育狀況下其總平均存活率爲65.73%，而在 20/15°C 培育者爲 58.33%。品種與處理之交感效應亦達顯著水準，顯示不同水稻品種對低溫處理前後溫度之反應不一致。就處理前後培育溫度對秧苗存活率之影響而言，耐寒品種如新竹糯 4 號 USSR No. 45 等所受影響最小，耐寒性中等品種如臺農秈育 2414, PI 162319 所受影響最大。一般而言，低溫處理前之高溫（30/25°C）增加秧苗對低溫之感受性，而處理後之高溫（30/25°C）則對秧苗寒害之恢復有益。

二、前處理溫度，低溫處理時間對秧苗細胞滲出液導電度之關係：供試材料於低溫處理開始後第 0，3，6，9 天分別取樣（葉片），測其細胞滲出液之導電度之結果如表四及表五，由該兩表可知低溫處理前之溫度對導電度之影響極大，以 30/25°C培育之秧苗，其導電度均較於 20/15°C下培育爲大。低溫處理前培育於 30/25°C 下者（圖 1）；於低溫處理後第 3 天所測得之細胞滲出液之導電度

Table 4. Effects of low temperature on the conductivity (μV/cm) of cell leakage with pre-treatment of 30/25°C.

Varieties	Days of low temperature treatment			
	0	3	6	9
ACC	33.55±6.81	24.88± 6.13	52.44± 22.98	90.54± 43.25
HCW 4	34.78±6.24	19.17± 4.98	27.22± 8.28	38.02± 27.85
IR 30	34.24±5.51	22.95± 6.81	146.25± 32.90	323.85± 49.79
IR 29	33.40±5.95	139.61±49.31	346.05± 43.05	420.80± 45.74
PI 162319	31.33±7.03	17.72± 3.81	23.12± 4.71	45.26± 31.81
USSR No. 45	31.09±5.16	26.25±12.15	35.04± 10.80	54.11± 41.00
TNSY 2414	47.21±9.31	34.90±10.43	152.20± 33.66	257.10± 34.74
Pratao	34.34±9.16	37.79±18.38	121.09± 58.51	229.81± 74.81
Mean	34.99±4.79	40.41±38.06	112.93±101.93	182.44±136.57

Table 5. Effects of low temperature on conductivity (μV/cm) of cell leakage with pre-treatment of 20/15°C.

Varieties	Days of low temperature treatment			
	0	3	6	9
ACC	24.67±8.55	11.08±1.91	15.64± 3.27	35.48± 37.03
HCW 4	25.24±7.16	10.70±1.54	12.38± 2.75	26.61± 38.20
IR 30	24.36±6.43	12.53±2.79	33.98±38.62	137.25±111.34
IR 29	25.00±4.78	13.17±3.22	75.30±86.08	197.30±127.88
PI 162319	23.35±5.78	11.52±2.22	22.18±14.18	102.52±100.61
USSR No. 45	25.39±4.95	11.31±2.51	18.77±14.55	58.65± 75.19
TNSY 2414	28.25±9.51	14.01±2.76	19.30± 9.13	61.90± 67.46
Pratao	25.34±7.07	12.03±2.72	45.06±59.08	147.94±159.05
Mean	25.20±1.31	12.04±1.06	30.32±19.73	95.95± 56.70

除 IR29 及 Pratao 兩品種比基準日（第0天）具升高現象之外，其餘各品種皆降低。到第6天除 HCW4 及 USSR No. 45 之導電度較第3天略高，（但仍低於或近似0天）外，其餘6品種之導電度都增加。到第9天各品種所測得之導電度皆顯著增高，但品種間增加之幅度並不一致。低溫處理前以 20/15°C 培育者（圖2）；在低溫處理後第3天各品種之導電度都比基準日（0天）時低，在處理後第6天所測得之導電度雖較第3天爲高，但是除 IR30、IR29 及 Pratao 三品種所測得之導電度比基準日高之外，其餘仍低於基準日之導電度。

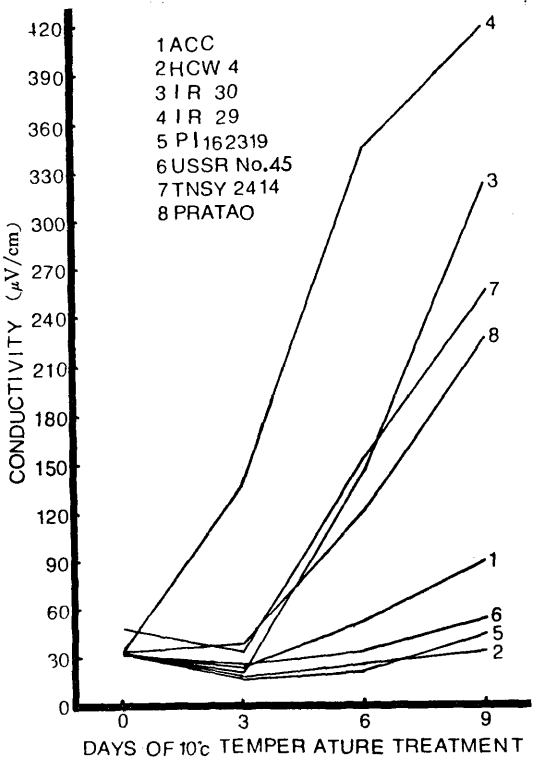


Fig. 1. Effect of low temperature treatment on the conductivity of cell leakage with the pre-treatment at 30/25°C

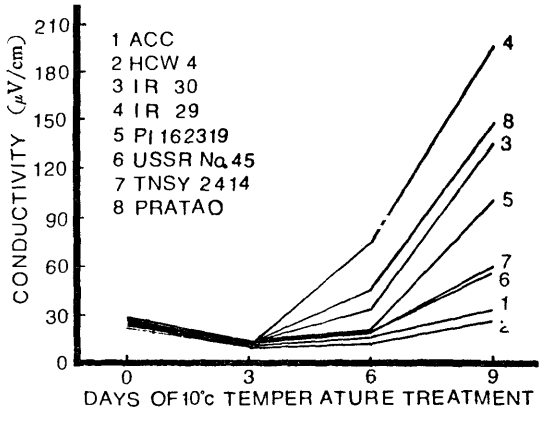


Fig. 2. Effect of low temperature treatment on the conductivity of cell leakage with the pre-treatment at 20/15°C

到處理後第9天，除 HCW4 之導電度仍與0天時近似外，其餘7品種之導電度都明顯的升高，惟品種間之差異很大。

三、秧苗細胞滲出液導電度與秧苗存活率之關係：就導電度與秧苗存活率進行相關分析之結果列於表六，由表六得悉，葉片細胞滲出液之導電度與存活率呈負相關，低溫處理前以 30/25°C 培育者

Table 6. The correlation coefficients between conductivity and survival rate.

Days of low temperature treatment	Treatment[a]			
	A	B	C	D
0	− 0.0673	− 0.0630	0.1605	0.1568
3	− 0.4989**	− 0.4806**	− 0.1865	− 0.1643
6	− 0.7743**	− 0.7710**	− 0.5219**	− 0.4604**
9	− 0.8677**	− 0.8913**	− 0.7869**	− 0.7116**

[a]: See Table 2. for description of treatments.

，其相關係數較以 20/15°C 培育者高，在低溫處理前以 30/25°C 培育者，不論處理後之培育溫度爲 30/25°C 或 20/15°C，在第3，6，9天所測得之導電度都與存活率呈極顯著之負相關，尤以在低溫處理後第9天之相關係數最高。在低溫處理前以 20/15°C 培育者，在第3天其相關不顯著，第6及第9天之導電度與存活率才達到負的極顯著水準，顯示葉片細胞滲出液之導電度與秧苗存活率關係密切，其相關程度受低溫處理前後溫度及低溫處理時間長短的影響。就導電度與存活率進行複迴歸分析的結果，求得下列4條複迴歸方程式及其複迴歸決定係數，所求得之複迴歸方程式經複迴歸顯著性測驗結果，都達到極顯著水準，顯示複迴歸有意義。

A. $\hat{Y}A=88.902+0.398A_0+0.210A_3-0.049A_6-0.279A_9$ $R^2A=0.77$

B. $\hat{Y}B=122.566-0.706B_0+0.280B_3-0.115B_6-0.237B_9$ $R^2B=0.83$

C. $\hat{Y}C=79.036+0.334C_0+0.455C_3+0.066C_6-0.262C_9$ $R^2C=0.63$

D. $\hat{Y}D=72.660+0.689D_0+0.448D_3+0.006D_6-0.274D_9$ $R^2D=0.52$

$\hat{Y}A$ 爲低溫處理前後皆以 30/25°C 培育秧苗（A處理）之存活率估值。

$\hat{Y}B$ 爲低溫處理前以 30/25°C，處理後以 20/15°C 培育秧苗（B處理）之存活率估值。

$\hat{Y}C$ 爲低溫處理前後皆以 20/15°C 培育秧苗（C處理）之存活率估值

$\hat{Y}D$ 爲低溫處理前以 20/15°C，處理後以 30/25°C 培育秧苗（D處理）之存活率估值。

$A_{0,3,6,9}B\cdots C\cdots D\cdots$分別爲該處理之第0，3，6，9天之導電度。

R^2A、B、C、D，分別爲其複迴歸決定係數。

四、秧苗鮮葉重與及存活率之關係：供試品種經 10°C 之低溫處理後，各品種之鮮葉重因處理不同而異（表七、表八），由表七、八得悉低溫處理前於 30/25°C 培育下之 IR29 在低溫處理開始後第3天即呈現負成長，其餘各品種在第6天以前葉之鮮重均繼續增加。但到低溫處理開始後第9天除新竹糯4號及 USSR No. 45 兩品種外，均呈負成長。比較兩種前處理溫度對秧苗低溫後之鮮葉重效應，由表七及表八得知在低溫處理開始後第0天及第3天止，在兩種不同溫度下培育品種間平均鮮葉重並無顯著之差異，表示低溫處理初期之葉重不受前處理溫度之影響，但在低溫處理開始後第6及第9天，前處理溫度在 20/15°C 之秧苗其鮮葉重有較重之趨勢。就葉重與存活率進行相關分析與複迴歸分析結果列於表九，由表九得悉，前處理以 30/25°C 培育者，不論處理後之培育溫度爲

Table 7. Effects of low temperature treatment on fresh leaf weight (g/leaf) of rice varieties with pre-treatment of 30/25°C

Varieties	Days of low temperature treatment			
	0	3	6	9
ACC	0.165±0.027	0.207±0.034	0.227±0.019	0.206±0.022
HCW 4	0.076±0.026	0.118±0.026	0.145±0.015	0.145±0.012
IR 30	0.147±0.029	0.189±0.034	0.190±0.027	0.124±0.018
IR 29	0.134±0.025	0.115±0.030	0.083±0.017	0.074±0.011
PI 162319	0.167±0.024	0.220±0.043	0.237±0.030	0.232±0.026
USSR No. 45	0.183±0.029	0.219±0.037	0.226±0.040	0.247±0.036
TNSY 2414	0.052±0.024	0.086±0.029	0.103±0.032	0.074±0.019
Pratao	0.273±0.025	0.298±0.066	0.308±0.045	0.268±0.048
Mean	0.149±0.063	0.182±0.066	0.190±0.071	0.171±0.072

Table 8. Effects of low temperature treatment on fresh leaf weight (g/leaf) of rice varieties with pre-treatment of 20/15°C.

Varieties	Days of low temperature treatment			
	0	3	6	9
ACC	0.165±0.025	0.192±0.041	0.226±0.018	0.224±0.026
HCW 4	0.091±0.025	0.142±0.044	0.156±0.017	0.153±0.026
IR 30	0.158±0.028	0.174±0.033	0.207±0.034	0.167±0.049
IR 29	0.129±0.026	0.154±0.036	0.172±0.038	0.141±0.044
PI 162319	0.174±0.028	0.195±0.031	0.232±0.040	0.208±0.040
USSR No. 45	0.188±0.028	0.213±0.035	0.237±0.024	0.226±0.044
TNSY 2414	0.067±0.021	0.086±0.032	0.138±0.014	0.125±0.019
Pratao	0.276±0.034	0.301±0.034	0.311±0.052	0.289±0.082
Mean	0.156±0.060	0.182±0.058	0.210±0.051	0.191±0.051

30/25°C 或 20/15°C，在低溫處理開始後第3天所測之葉重與存活率呈顯著的正相關，而第6天及第9天之葉重與存活率呈極顯著之正相關。前處理以 20/15°C 培育者，須到低溫處理開始後第9天，其葉重與存活率才有顯著之正相關。表示在低溫處理時所測的鮮葉重與存活率具有正相關之趨勢，惟其相關程度受低溫處理前後培育溫度及低溫處理時間所影響。葉重與存活率複迴歸分析結果，求得下列複迴歸方程式及其複迴歸決定係數，經複迴歸顯著性測驗結果，都達到極顯著水準，顯示複迴歸有意義。

Table 9. The correlation coefficients between fresh leaf weight and survival rate.

Days of low temperature treat.	Treatment[a]			
	A	B	C	D
0	0.0141	0.0953	− 0.1040	− 0.0912
3	0.2341*	0.2855*	− 0.1282	− 0.0351
6	0.3838**	0.4173**	0.0680	0.0660
9	0.5627**	0.6615**	0.4229**	0.2414*

[a] : See Table 2. for description of treatments.

1. $\hat{Y}A' = 27.055 - 418.158A_0' - 164.666A_3' + 42.207A_6' + 660.638A_9'$ $R^2A' = 0.62$
2. $\hat{Y}B' = 14.039 - 360.062B_0' - 122.958B_3' - 76.615B_6' + 771.393B_9'$ $R^2B' = 0.68$
3. $\hat{Y}C' = 47.702 - 161.170C_0' - 148.272C_3' - 95.901C_6' + 503.204C_9'$ $R^2C' = 0.40$
4. $\hat{Y}D' = 48.901 - 509.355D_0' + 13.938D_3' + 12.650D_6' + 477.504D_9'$ $R^2D' = 0.31$

$\hat{Y}A'$, B', C', D' 與導電度之複迴歸相同，分別是 4 種處理之存活率估值。

$A'_{0\cdot3\cdot6\cdot9}B'\cdots C'\cdots D'\cdots$分別爲該處理於低溫處理之第 0 、 3 、 6 、 9 天所測之葉重。

R^2A' 、B' 、C' 、D' 爲其複迴歸決定係數。

討 論

低溫影響植物形態及生理作用可分爲寒害（Chilling）和凍害（freezing）二種[2]，寒害係因低溫導致植物新陳代謝過程之不平衡，而凍害則是物理性之傷害。低溫對作物生理之影響以及導致寒害之作用機制，因學者研究的不同，有許多學說，目前低溫引起植物組織不良效果之合理解釋，依據朱等[2]報告指出，有[1] Sachs 等所倡，寒冷引起植物新陳代謝停止或被抑制時，原生質粘度即增加，產生非可逆性之原生質體的破壞；[2] Lyon 等提出在臨界低溫下胞膜由富有彈性之液晶態（Liquid）變成固態膠體（Solid Gel），即胞膜物理相的轉變。根據過去學者的研究，相對抗寒性與油脂不飽和的程度有密切關係，某些對耐寒冷敏感之植物，其胞膜油脂中含有豐富的飽和脂肪酸；而低溫可增加未飽和脂肪酸及磷化油脂（Plospholipid）的含量[2]。綜合前述，細胞膜的構成物如油脂、蛋白質等，以及胞膜物理性如對水或溶質透過性之改變等，都與耐寒性有關。因此，爲瞭解作物品種之耐寒性，可以測量非飽和性脂肪酸含量，或測定細胞透出物溶液的導電度，或溶液中其他物質含量之變化，作爲育種選拔指標。

水稻苗期之耐寒性檢定試驗，常因方法不同而有不一致的結果，即使試驗方法相同也可能由於環境條件不同而有不同之試驗結果，例如 Chung and Vergara[19] 以日夜溫 15/5°C 處理 3 葉齡或 6 葉齡之秧苗10天，發現不同葉齡對耐寒性反應之差異是極顯著的，在 3 葉齡之忍耐力較 6 葉齡略爲敏感，Lee[21] 以日夜溫 10/5°C 處理 2 、 4 、 6 葉齡之秧苗 4 — 5 天，認爲在 2 葉齡和 4 葉齡時，品種間對耐寒性之差異是顯著的，而在 6 葉齡時差不多都表現具有耐寒性。本省嘉義分所以冷水槽檢定秧苗耐寒性反應結果認爲以 10°C 冷水爲檢定之適當溫度，以 3 葉齡及 5 、 6 葉齡之反應敏較感[12]。農試所以恒溫箱用 3°C 處理秧苗 2 天，結果認爲在 3 葉齡時最易辨別水稻之耐寒性[3,4,7]。臺大[9]以人工氣候室進行耐寒性研究，結果認爲 2 至 5 不同葉齡之秧苗對 4°C 低溫處理後，苗齡愈大其受害程度亦愈嚴重。農試所曾等[8]用植物生長箱以 10°C 處理秧苗10天，認爲3.5～4 葉齡時，品種間之耐寒性差異最大，是耐寒檢定的適當時期。

本研究以植物生長箱控制低溫處理及處理前後培育期溫度，用以探討低溫處理前後培育溫度對秧苗生長速率，細胞滲出液之導電度、鮮葉重，以及存活率之影響。就溫度對秧苗之生長速率而言，低溫處理前在高溫（30/25°C）下培育之秧苗，其生長速率比在低溫（20/15°C）下培育者爲快，此種優勢持續至低溫處理期。至低溫處理後之恢復期，前處理屬高溫者，反居於不利地位，尤以中感及不耐寒品種最爲明顯。對於新竹糯4號及 USSR No. 45 等耐寒性較强之品種，前處理之不同培育溫度對秧苗之生長速率影響較小。

低溫處理前之培育溫度雖然影響細胞滲出液之導電度，但品種間之差異並不明顯，表示低溫處理開始前各品種葉部細胞正常。低溫處理開始後第3天除了 IR29 等少數品種之導電度有上升現象外，其餘品種均有下降之趨勢，表示短期內之低溫處理，促使細胞膜收縮，降低細胞滲出液之數量。低溫處理期超過6天以後，前處理之培育溫度爲 30/25°C 者除耐寒性較强品種如新竹糯4號、PI 162319 等之外，導電度開始急速上升，表示細胞膜已因低溫處理而遭受嚴重破壞。而前處理溫度爲 20/15°C 者，在低溫處理後第6天，僅 IR30、IR29 及 Pratao 三品種之細胞滲出液之導電度有上升現象外，其餘品種之導電度均比低溫處理前爲低。顯示前處理溫度較低者，耐低溫的時間有加長之趨勢。

再就溫度處理對鮮葉重之影響加以分析，不論低溫處理前之培育溫度爲高溫或低溫，於低溫處理開始後第6天，除不耐寒品種 IR29 之外，其餘品種之鮮葉重仍持續增加，表示低溫處理開始後第6天，除特別對低溫敏感之品種外，並未對鮮葉重造成傷害。惟低溫處理持續至第9天後，除耐寒品種如新竹糯4號及 USSR No. 45 所受影響較小外，其餘品種之鮮葉重有減輕之趨勢，表示秧苗經9天的低溫處理後，對葉部的生長已經造成嚴重的傷害，9天之處理時間已足以測驗各品種之耐寒性。

低溫處理後二星期調查秧苗存活率的結果（圖3），以新竹糯4號及 USSR No. 45 最爲耐寒，低溫處理前後培育溫度對該兩品種之影響較小。耐寒性中等品種如新竹矮脚尖、Pratao 臺農秈育2414 及 PI 162319 等對低溫處理前後培育溫度有不同類型之反應。對 PI 162319 而言前處理屬高溫者，其秧苗存活率顯比低溫者爲高，而後處理爲較低培育溫度者，有利於提高其秧苗存活率。對新竹矮脚尖而言，前處理對秧苗存活率之影響反比後處理之效應爲小。另外兩耐寒性中等品種包括臺農秈育2414號及 Pratao，對低溫處理前後培育溫度之反應與不耐寒品種如 IR29、IR30 相類似，即前處理屬高溫者嚴重降低其秧苗存活率，而後處理之培育溫度屬高溫者有提高存活率之趨勢。比較四種不同培育溫度處理對秧苗存活率之影響，以 B 處理（前處理爲高溫，後處理爲低溫）之變異範圍最廣，並最容易區分各品種秧苗之耐寒性。依據本試驗 B 處理之結果，以新竹糯4號，USSR No. 45

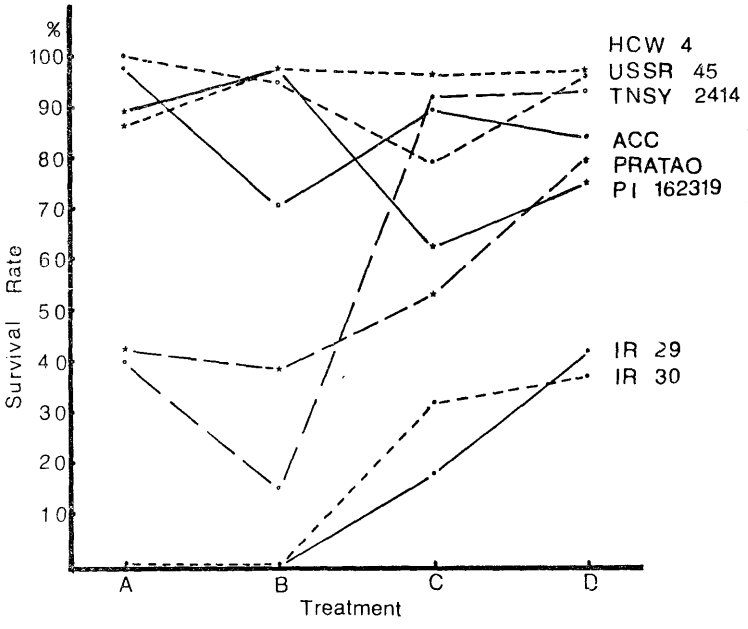


Fig. 3. The effect of air temperatures before and after low temperature treatment on the survival rates of rice seedlings

及 PI 162319 等品種之耐寒性最强，其次爲新竹矮脚尖及 Pratao 臺農秈育2414的存活率只有 15%，而以 IR29 及 IR30 的耐寒性最差，此項結果與桃園區農業改良場在桃園縣復興鄉所舉辦之耐寒性檢定試驗結果相類似[6]。Pratao 及臺農秈育 2414 曾被認爲耐寒性較强之品種[1]，與田間檢定結果顯然不相符合[6]，可能係由於該兩品種對低溫處理前後培育溫度較敏感所致。

分析細胞滲出液導電度，鮮葉重等與其秧苗存活率之相關關係結果，前處理培育溫度屬高溫者，於低溫處理開始後第 3 天起所測得之導電度已與其秧苗存活率有極顯著之負相關關係，其相關係數隨低溫處理時間之延長而提高，表示在低溫處理開始後第 9 天所測得之導電度較具意義。前處理溫度屬低溫者具相同的超勢，惟其相關關係延至低溫處理後第 6 天才達顯著水準，且其相關係數較小。表示低溫處理開始後第 9 天所測定之導電度，可供爲檢定稻品種耐寒性指標之一，導電度愈强表示品種秧苗期的耐寒性愈差。低溫處理開始後所測得之鮮葉重與其秧苗的存活率有正相關之關係，前處理屬高溫者於低溫處理開始後第 3 天起所測得之鮮葉重與其秧苗存活率之相關關係已達顯著水準，相關係數亦隨低溫處理時間的延長而提高。前處理溫度屬低溫者，其兩者之相關係數顯然較低，惟低溫處理開始後第 9 天所測得之鮮葉重與其存活率之相關關係亦達顯著水準。表示不論前處理之培育溫度爲高溫或低溫，低溫處理開始後第 9 天所測得之鮮葉重，均可供爲測驗稻品種耐寒性之指標之一，惟以前處理屬高溫者較佳。低溫處理開始後第 9 天所測得之鮮葉重愈重，表示其秧苗耐寒性愈强。

參考文獻

1.朱鈞、許東暉（1980、1981）秈稻在各生育期之冷害研究，行政院農業發展委員會69及70年度重點計畫（發展具有高產潛力之秈稻品種）年終報告。9P及22P

2.朱鈞、謝兆樞、張新軒（1979）植物對極端溫度之生理反應，科學農業27（11—12）：386—391。

3.邱善美、漆匡時、許東暉（1976）利用恆溫箱檢定稻苗耐寒性之研究，II低溫與處理時間對稻苗成活率之影響，中華農業研究25（1）：7—12。

4.邱善美、漆匡時、許東暉（1977）稻苗耐寒性品種檢定試驗，中華農業研究26（3）：123—126。

5.汪呈因（1955）稻作學，臺灣省立農學院出版委員會，P81

6.范明仁、楊嘉文（1981）秈稻雜種後代耐寒性檢定，行政院農業發展委員會70年度重點計畫（發展具有高產潛力之秈稻品種）年終報告，7P。

7.許東暉、邱善美、鄧耀宗（1975）利用恆溫箱檢定稻苗耐寒性之研究，I水稻類型及苗齡大小對低溫忍受力之差異，中華農業研究24（3、4）：8—11。

8.曾東海、鄧耀宗（1982）水稻秧苗耐寒性之研究，I水稻品種（系）及苗齡對低溫之反應，中華農業研究31（4）：255—264。

9.張新雄、顧元亮、賴光隆（1974）水稻秧苗抗寒性之研究。I不同苗齡及類型品種間抗寒力之差異，中華農學會報86：19—27。

10.湯文通（1961）作物栽培原理，臺大農學院叢書11：14—24。

11.湯文通、高景輝（1972）溫度對水稻生育之影響，中華農學報77：16～25。

12.楊遜謙（1976）長粒型秈稻不同苗齡耐寒性反應之研究，中華農業研究，25（2）：85—92。

13.角田公正等（1968）水稻の耐寒性檢定方法に關する研究，第1報 短期深水冷水處理法について，育種學雜誌18（1）33—40。

14.佐佐木多喜雄（1979）水稻品種の低溫發芽性と初期生育との關係。日作記48（1）：39—45。

15.蓬原雄三、鳥山国士（1964）水稻における耐寒性檢定方法に關する研究，育種學雜誌，14（3）：76—82。

16. Adair, C. R. 1968 Testing rice seedlings for cold water tolerance. Crop Sci. 8：264-265.

17. Chang, W. L. 1970 Reaction of rice varicetes to winter hardines J. Agric. Res. China 19(1)：26-40.

18. Coly Alioune. 1980. Testing rice varieties of indica type for cold tolerance at seedling stage. Japan Jour. Crop Sci. 49(4)：543-547.

19. Chung, G. S. and B. S. Vergara. 1981. Screening techniques for cold tolerance. IRRI International

Rice Research Conference, 14P.

20. Chung, G, S., B. S. Vergara and R. M. Visperas. 1981. Screening methods for rice cold tolerance at different growth stages. IRRI International Rice Research Conference.

21. Lee, J. H. 1979. Screening methods for cold tolerance at crop Experiment Station phytotron and at Chuncheon. *In* Report of a rice cold tolerance workshop. p77-90. IRRI, Los Banos, Philippines.

22. Jones, D. B., M. L. Peterson and J. N. Rutger. 1974. Screening rice seedlings for tolerance to low temperatures. Rice J. 77(7) : 41.

23. Ormrod, D. P. and W. A. Bunter, Jr. 1961. Influence of temperature on the respiration of rice seedlings. Crop Sci. 1 : 353-354.

Cold Tolerance of Rice at Seeding Stage.

II. Effects of Air Temperatures Before and After Chilling Treatment on Cold Tolerance[1]

T. H. Tseng and Y. C. Teng[2]

Summary

Eight rice varieties were used as experimental materials to study the effects of air temperatures (30/25°C or 20/15°C) before and after low temperature treatment (10/10°C) on the cold tolerance of rice seedlings. The duration for pre- and post-low temperature treatment was 1 and 2 weeks, respectively. Seedlings at 3.5—4 leaf age were subjected to 10°C of low temperature treatment for 9 days. The light intensity was 270$\mu Em^{-2}s^{-1}$ for 12 hrs per day in the growth chabmers.

The air temperatures before and after the low temperature treatment did affect the growth rate of rice seedlings in terms of seedling height. In general, seedlings under higher temperature at pre-treatment stage showed higher growth rate and the rate was maintained throughout the low temperature treatment period. Seedlings under lower temperature at pre-treatment stage, however, tended to have higher growth rate at the post treatment stage.

Results also showed that the treatment of 10°C for 9 days was adequate to reveal the varietal differences in conductivity of cell leakage, especially for pre- 30/25°C treatment to show a higher and wider range of conductivity. A similar result was also obtained on fresh leaf weight.

Based on the data of survival rate, which were read two weeks after low temperature treatment, rice seedlings under high temperature (30/25°C) at the pre-treatment

stage tended to have lower survival rate for semi-cold tolerant and cold sensitive varieties, especially with the low temperature (20/15°C) at post-treatment stage. However, rice seedlings under pre-30/25°C and post-20/15°C treatment showed the highest survival rate among the 4 treatments. In addition, the result from variance analysis revealed that the variety×treatment interaction reached the 1% significant level. Cold tolerant varieties such as HCW 4 and USSR No. 45 had little variation under different treatments. The semi-cold-tolerant varieties and cold sensitive varieties, however, had a relatively low survival rate if the air temperature at the pre-treatment satage was high, but the survival rate was higher if the air temperature at the pre-treatment stage was low.

Regression analysis between conductivity of cell leakge and survival rate, and fresh leaf weight and survival rate indicated that both conductivity of cell leakage and fresh leaf weight, measured at the 9th day of low temperature treatment, can be used as indicators for screening the cold tolerant rice varieties at seedling stage.

1. Contrilution No. 1211 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistent plant breeder and former plant breeder, respectivety, Department of Agronomy, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan 431, Republic of China.