Korean Jour. Botany
Vol. 18, No. 1, 31—37(1975)

水稻冷害의 發生機構와 그의 對策에 關한 硏究
第 1 報 水稻의 生長과 無機養分吸收에 미치는 溫度의 影響

任 炯 彬·吳 潤 鎭
(서울大學校 農科大學 農生物學科)

Causes of Cold Damage of Rice Plant and Its Control
1. Effects of Temperature on the Growth and Absorption of Mineral Nutrients

Im, Hyong Bin and Yun Jin Oh
(Dept. of Agr. Biology, College of Agriculture, Seoul National University, Suwon)

ABSTRACT

Seedlings of Nongbaek representing strong cold tolerant variety of rice plant, Jinheung of medium variety and Tongil of weak variety were used respectively for the present study. These seedlings were water cultured in phytotron which maintained at the daytime and night temperature of 30—25°C, 20—20°C, 20—15°C and 15—10°C. The growth rate of plant height, tillering rate, increase in dry weight and absorption pattern of important mineral nutrients at their early growth stage under each temperature conditions were observed.

Generally, it appeared that Nongbaek was more active in the growth of plant height than Jinheung, and Jinheung was more active than Tongil under low temperature condition. The tillering rate of these three varieties was equally rapid while it was decreased in the order of weak cold tolerant variety, such as Tongil, Jinheung and Nongbaek as the temperature declined gradually. The dry weight increasing curve showed almost the same pattern in the varieties at the treatment of each temperature.

Under low temperature conditions, Nongbaek showed higher absorption rate of N per dry weight and higher absorption amount of per plant body, Jinheung followed and Tongil was the lowest.

The absorption amount of P_2O_5 increased in the top part compared with the roots as temperature rose and decreased as temparature declined. There seemed to be no difference of absorption among the varieties which have different cold tolerance each other.

Under low temperature the absorption rate of K per dry weight was high, as a whole, especially Nongbaek was markedly higher than the other two.

The absorption rate of Ca, Mg and Fe was also equally high in all varieties under low temperature and Nongbaek showed a more absorptive tendency in the absorption amount under low temperature.

本 硏究는 1974年度 文敎部 學術硏究助成費에 依하여 이루어졌음.

序 論

우리나라 日本型벼의 冷害에는(Kondo, 1956a, 1956b; Wadanabe, 1959) 벼 生育期間中 比較的 短時間의 低溫이 마침 低溫에 對하여 抵抗力이 弱한 生育時期와 合致되어서 植物體의 一部組織 또는 器官이 障害를 받는 障害型冷害가 있는데 主로 出穗前 10~14日頃의 花粉母細胞의 減數分裂期에 받는 일이 많다. 둘째는 所謂 遲延型冷害라고 하여 長期間의 低溫에 依하여 發育이 대단히 늦어져서 秋冷期까지 登熟이 되지않어 被害를 받는 경우이며, 셋째型은 高冷地 또는 山間溪谷에서 흐르는 찬물을 灌水치 않고 계속 流水灌漑하는 논의 取水口 쪽에서 흔히 보는 低水溫에 依한 冷害인 것이다(崔 등, 1969; 강 등, 1971).

그런데 最近에는 우리나라에서도 印度型벼에 가까운 통일(IR-667)을 많이 심게되어 우리나라 벼의 冷害問題는 벼의 發芽 및 幼苗期때 부터 登熟期까지 크게 關心을 가져야 하게끔 되었다(Oh *et al.* 1972).

本 硏究는 耐冷性이 强한 品種 農白, 中程度인 振興 그리고 弱한 統一을 여러가지 溫度條件의 phytotron에서 各各 길러 耐冷性이 다른 이들의 生長과 無機養分吸收가 나타내는 溫度에 對한 應酬를 보기 위하여 實驗한 것인데 結果가 얻어졌으므로 여기에 報告하는 바이다.

材料 및 方法

위에서 말한바와 같은 耐冷性이 다른 統一, 振興 및 農白을 供試하였다. 이들을 20—25°C에서 育苗하여 葉齡이 各各 2.8, 3.1 및 2.8, 草丈이 17.2cm, 24.6cm 및 19.4cm인 均一히 자란 幼苗를 500cc Erlenmyer flask에 2本식 移植하여, 첫 2週에는 週에 1回, 다음부터는 週에 2回씩 水耕液을 交換하면서 水耕하였다. 水耕液은 pH 5.1로 調整한 國際米作硏究所(IRRI)標準液(Lab. Mannual for Physiological Studies of Rice; 1972)을 使用하였으며 約 1個月間 晝夜의 溫度隔差가 5°C인 4가지 溫度條件, 즉 밤과 낮의 溫度 1) 30—25°C, 2) 25—20°C, 3) 20—15°C, 4) 15—10°C의 phytotron에서 길러 初期生育의 草丈生長速度, 分蘖速度, 乾物量增加 및 主要 無機養分吸收의 패턴을 보았다.

N의 分析은 Micro Kjeldahl法으로, P는 ammonium vanado molybdate yellow法, K, Ca, Mg, Fe의 分析은 atomic absorption spectrophotometric法에 依하였다.

結果 및 考察

1) 草丈生長에 미치는 溫度의 影響

各溫度處理가 草丈生長에 미치는 結果는 Fig.1에 나타냈다. 낮과 밤의 溫度 30—25°C와 25—20°C의 處理에서는 3品種中 耐冷性이 强한 農白의 生長이 가장 活潑한것 같이 보이나 大體로 그 品種이 가지고 있는 全生長能이 充分히 發揮된것 같다.

그러나 20—15°C에서는 耐冷性이 强한 順序 卽 農白, 振興 그리고 統一의 順으로 生長應酬가 낮았다. 15—10°C에서는 統一과 振興은 거의 生長하지 않았으나 農白은 多少生長하였다. 따라서 水稻 耐冷性品種 農白은 振興보다 또 振興은 統一보다도 一般的으로 低溫에서의 生長이 活潑한것 처럼 보였다.

Matsushima 및 Kakuda(1959)에 依하면 16°C 以下에서는 銀林 25號는 全然草丈의 生長이 없었다는 것이다. 本實驗에서는 낮과 밤이 15—20°C 處理에서는 거의 生長이 없었으나 耐冷性이 强한 農白은 多少 자랐다.

Chapman and Peterson(1962) 그리고 Phillis(1962)는 벼의 幼苗期 生長의 最適水溫範圍는 25—20°C이며 가장 잘 자라는 溫度는 30°C이라는 것이며, 또한 發根을 爲한 地溫은 이보다 낮은 것이 좋다는 것이다. Yoshida(1973)는 22—31°C이라고 하였으며 벼의 初期生長速度의 溫度係數를 2로 報告하였다. Sasaki and Yamazuka(1970)는 幼苗의 草丈生長은 溫度에 比例한

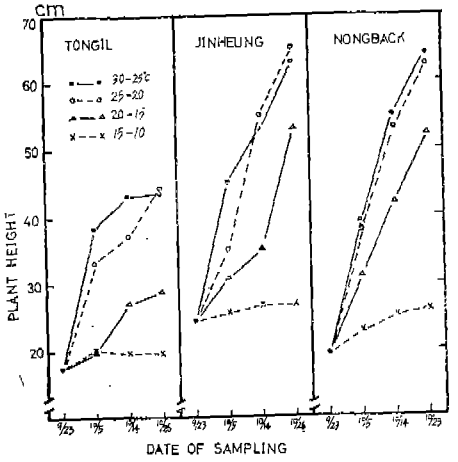

Fig. 1. Growth of plant height in the three varieties under different temperature.

다고 하였다. 그리고 藤坂 5號와 Datakan은 恒常 IR8보다 草丈이 컸다는 것이다. 이와같은 結果들과 우리나라 品種을 供試한 本實驗의 結果와는 거의 같다.

2) 分蘖速度에 미치는 溫度의 影響

各 溫度處理에 依한 分蘖數 增加曲線은 Fig. 2에 나타냈다. Fig. 2에서 보는 바와같이 낮과 밤의 온도 30—25°C, 25—20°C 및 20—15°C에서의 分蘖數 增加는 대체로 3品種에서 溫度影響의 差는 별로 없었다. 단지 統一만은 以上의 溫度範圍에서 그 數가 대단히 많았다. 이것은 印度型 벼의 初期分蘖이 旺盛한 그 特徵을 나타낸 것같다.

Fig. 3은 各 溫度處理에 따르는 分蘖速度를 나타낸 것인데 統一은 25—20°C에서 떨어지기 시작하여 그 以下 溫度에서는 急激히 그 速度가 떨어졌으며, 農白은 15—10°C에서 떨어졌다. 이와같은 分蘖速度의 溫度影響은 耐冷性의 强弱이 나타내는 性質인 것 처럼 보였다.

Kikkawa(1929)에 依하면 벼의 分蘖 最適溫度는 32°C라고 하며 Matsushima 등(1964)은 31°C라고 하였다. Kondo(1954), Date(1963), Takeshima(1965) 등에 依하면 分蘖速度가 急激히 떨어지는 限界 溫度는 15—19°C라는 것이다. Yoshida(1973)는 平均溫度 22—31°C의 phytotron에서 分蘖數는 溫度의 高低에 크게 影響된다고 하였다.

本 實驗에서도 統一과 振興은 비슷한 結果를 보였으나 農白은 이 溫度範圍에서는 溫度影響을 별로 받지 않았다.

Vergara and Visperas(1971)에 依하면 IR8의 移植 30日後의 分蘖數는 溫度와 正의 相關(0.8115)을 나타냈으며 耐冷性品種인 藤坂 5號와 Datakan은 相關이 없었다는 것이다. 우리나라 品種을 供試한 本實驗의 結果도 이들 外國 品種들과 같은 傾向을 나타냈다.

3) 乾物量增加에 미치는 溫度의 影響

乾物量은 30—25°C, 25—20°C 兩處理에서는 各其 다른 耐冷性品種들인 統一, 振興, 農白에서 거의같게, 크게 增加하였다. Tanaka 등 (1968)에 依하면 밤낮 平均 31°C 以上에서 벼는 例外없이 乾物量의 急增이 일어난다고 하였다. 그런데 그 以下에서도 本 實驗에서는 乾物量이 크게 增加하였다. 이것은 夜溫이 多少 낮았으므로 밤의 代謝消耗가 적어서 그렇다고 생각된다. 20—15°C, 15—10°C 區에서는 純同化에 依한 乾物量 增加가 떨어졌는데 그 比率은 各 品種에서 傾向이 같았다. 그리고 各 品種이 本 實驗範圍에서는 乾物量增加의 Q_{10}이 2 以上으로 보였다. Vergara와 Visperas(1971)에 依하면 印度型의 IR8은 다른 品種들 보다 生育初期에서는 乾物量增加가 빨랐다는데 本 實驗에서는 統一은 그렇치 않았다.

4) 無機養分吸收의 패턴

高低溫度條件에서의 벼의 初期生長中의 各 養料의 吸收蓄積을 보기 위하여 水耕을 한 後 植物體의 葉身, 葉鞘+莖部, 뿌리의 3部로 나누어서 分析하였다.

N의 吸收는 統一에 比하여 農白은 高溫에서보다 低溫에서의 식물체內 농도인 吸收率이 더 높은 傾向을 나타냈다(Table 2). 即 統一은 高低溫에서 거의 吸收率이 같은데 耐冷性인 農白은 低溫에서 吸收率이 顯著

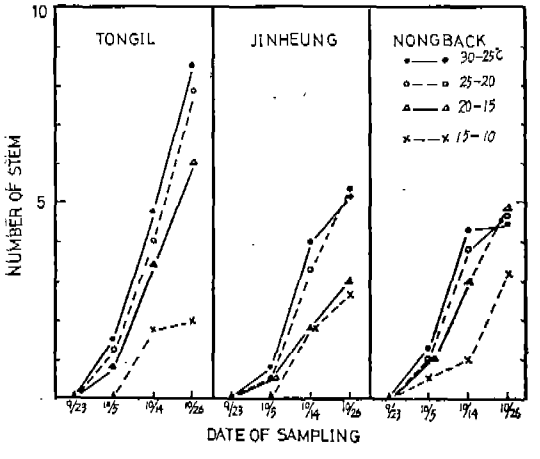

Fig. 2. Stem numbers in the three varieties under different temperature.

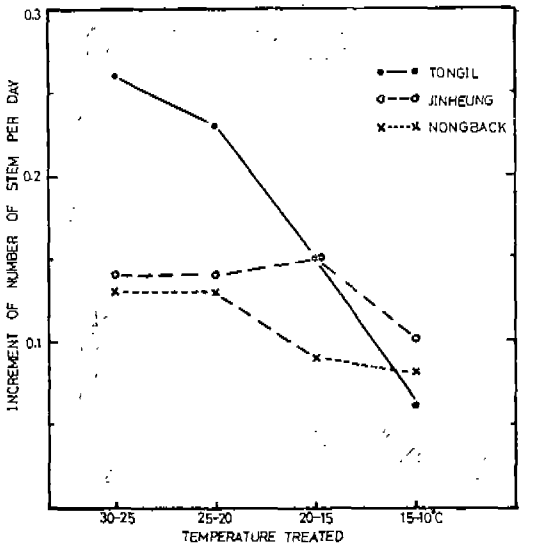

Fig. 3. Increase of stem number per day in the three varieties in different temperature.

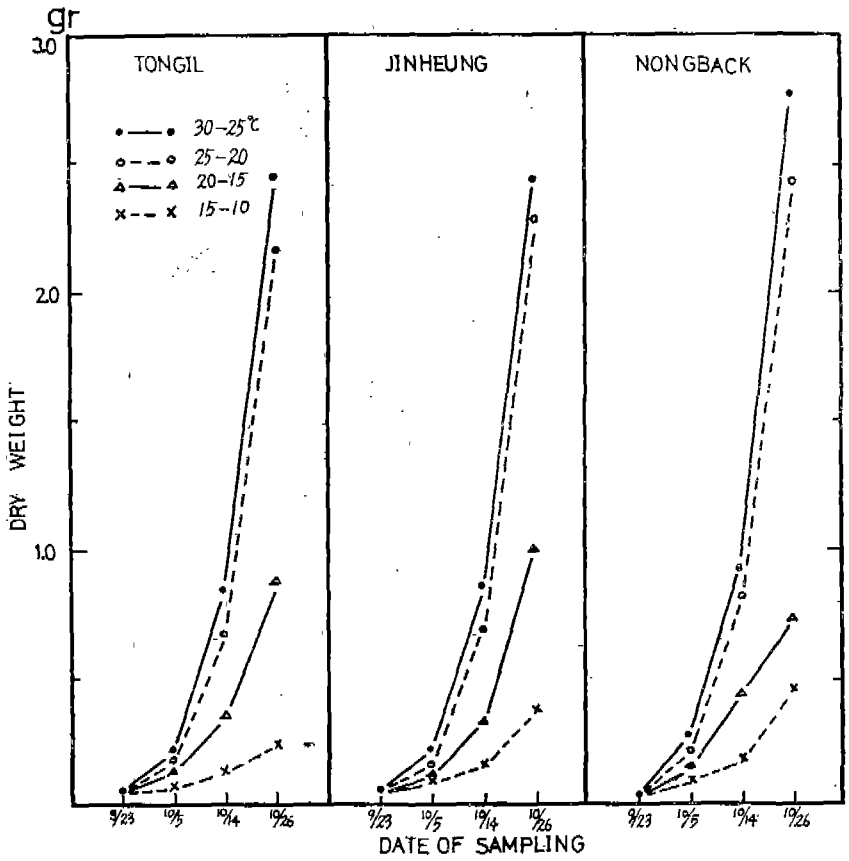

Fig. 4. Increase of dry weight per plant in the three varieties of rice in different temperature treatment.

히 높았다. 即 單位乾物量當의 N含量이 顯著히 많았다. 그리고 이와같은 傾向은 振興에서는 中間程度였다.

高溫生長은 低溫生長에서보다 乾物量이 많으므로 1本의 水耕植物의 高低溫 및 植物體 各部의 N總吸收量을 計算하였든바(Table 3) 農白은 低溫에서 1本 植物의 吸收量도 統一에 比하여 顯著히 많았다. 그리고 振興은 中間이었는데 이와같은 現象이 耐冷性의 한 面인 것처럼 생각된다.

George 등 (1971)에 依하면 亦是 Sorghum-Sudan grass hybrid에 있어서도 低溫은 N의 蓄積을 促進하였다고 報告하고 있다.

水稻體 各部에서 P_2O_5 吸收率도 低溫에서 多少 높은 傾向은 보이나 品種間 差는 없는 것처럼 보인다. P_2O_5 吸收量은 葉身과 葉鞘+莖部에 比하여 뿌리는 溫度差에 依한 影響이 크지 않다. 그것은 勿論 高溫處理에 依한 葉身과 葉鞘+莖部의 增加가 顯著함에 比하여 뿌리의 增加는 크지 않는 것이 原因인것 같다.

K의 吸收率은 低溫處理에 依해 뿌리에서 顯著히 높아 多量 蓄積되는 現象을 나타냈다(Table 3). 이와같은 低溫에서의 K의 뿌리 蓄積의 傾向도 農白에서 더 顯著하였다. 振興 亦是 이와같은 傾向에서도 中間程度이었다. 1本 植物의 吸收量에 있어서 農白은 뿌리에서 統一에 比하여 顯著히 많았으며 振興은 中間이었다. 뿌리以外의 식물체 部位의 K濃度는 高低溫에서 別로 差가 없었다. Smith(1970)는 Forage legume들에서 低溫에서는 K濃度가 低減되었다는 것이다.

Ca, Mg, Fe의 吸收率은 3品種에서 다같이 低溫에서 더 높으며(Table 2) 吸收量에 있어서는 農白이 低溫에서 더 吸收된 傾向을 나타냈다. Fe의 含量이 水稻의 뿌리에 많은 것이 興味있는 일로 생각되었다.

Drew and Biddulph(1971)에 依하면 intact bean plant에서 ^{45}Ca는 低溫에서 多少 吸收가 低下되었고, ^{42}K는 顯著히 低減되었다는 것이다. 그리고 低溫은 轉流를 抑制하였다는 것이다. 이와같은 것은 單位時間內 吸收의 測定인데 水耕 1個月後의 測定인 本實驗成

Table 1. Absorption of mineral nutrients by the rice plants under the various temperatures

Part of plant	Temp.	N(%)			P_2O_5(%)			K(%)		
	°C	T	J	N	T	J	N	T	J	N
Leaf blade	30-25	3.53	3.58	3.30	1.64	2.14	2.09	2.35	2.00	2.00
	25-20	4.17	4.14	3.86	2.32	2.83	2.63	2.44	2.09	2.35
	20-15	3.11	4.27	4.54	2.74	2.59	2.32	2.35	2.35	2.35
	15-10	3.89	2.55	4.84	2.40	1.89	2.23	1.91	1.91	2.00
Leaf sheath +stem	30-25	3.05	1.93	1.96	2.10	1.89	1.84	3.05	2.70	2.18
	25-20	2.21	2.07	1.04	2.24	2.29	2.29	3.05	3.58	3.13
	20-15	3.64	2.58	2.94	2.40	2.57	2.03	2.61	3.65	3.48
	15-10	3.06	3.53	3.96	2.57	2.40	2.22	2.71	3.05	2.83
Root	30-25	2.10	2.38	1.99	1.89	1.50	1.54	1.00	1.03	0.54
	25-20	2.48	2.10	2.16	2.10	1.31	1.86	1.26	1.22	0.95
	20-15	3.39	2.55	2.58	2.31	2.40	2.20	2.26	3.22	2.09
	15-10	2.66	3.15	3.12	2.72	3.36	3.79	3.40	4.03	4.35

Part of plant	Temp.	Ca(ppm)			Mg(ppm)			Fe(ppm)		
	°C	T	J	N	T	J	M	T	J	M
Leaf blade	30-25	1960	1320	1960	2760	2840	2760	100	140	100
	25-20	1620	1580	1640	2580	3000	2580	140	140	140
	20-15	1580	2050	1840	2760	2530	2760	140	180	180
	15-10	2460	2280	2280	3240	3000	3240	220	220	300
Leaf sheath +stem	30-25	1020	580	680	2100	1500	1620	180	260	140
	25-20	680	680	620	2120	1700	1960	140	220	220
	20-15	800	1080	800	1320	2160	1920	220	180	180
	15-10	1030	1140	1150	2860	2380	2530	300	420	380
Root	30-25	930	520	620	1780	1100	1780	5000	1820	2620
	25-20	980	580	580	1880	1260	1880	6000	1340	2540
	20-15	620	740	580	1600	1400	1600	7000	5200	5000
	15-10	1100	730	780	2100	1500	2100	5900	8250	9000

T : Tongil, J : Jinheung, N : Nongback.

綾에서도 Ca는 農白의 葉身에서 30—25°C에서 2.22mg, 15—10°C에서는 0.40mg이었는데 K는 30—25°C에서 22.6mg에 比하여 15—10°C에서 3.5mg의 吸收量을 나타냈다. 따라서 이와같은 結果는 Drew and Biddulph (1971)의 結果와 거의 같다.

벼 植物體의 地上部 地下部를 莫論하고 分析한 6種의 無機養分이 低溫處理에서는 그 含有率이 顯著히 높다. 그것은 生長이 抑制되어 植物體의 乾物量의 增加가 적으므로 體內에 濃縮된 形態로 들어 있기 때문일 것이다.

吸收量에 있어서는 K와 Fe를 除外한 다른 無機養分은 地上部에서 低溫處理는 그 量이 顯著히 적었으나 K는 위에서도 言及한바와 같이 그 含量이 많은데 그 中에서도 耐冷性이 强한 農白에서는 低溫處理에서 더 많았다.

Table 2. Total amount of mineral nutrients absorped by the rice plants under various temperatures (mg per plant)

Part of plant	Temp. °C	N			P_2O_5			K		
		T	J	N	T	J	N	T	J	N
Leaf blade	30-25	37.6	36.9	37.4	17.4	22.1	23.7	25.0	20.6	22.6
	25-20	38.4	39.2	38.7	20.5	19.8	26.8	22.5	19.8	23.9
	20-15	11.7	18.3	16.2	10.3	11.1	8.3	8.9	10.1	8.4
	15-10	4.3	4.1	8.6	2.6	3.0	3.9	2.1	3.1	3.5
Leaf sheath +stem	30-25	35.7	22.2	26.2	24.5	21.2	24.5	35.7	30.3	29.2
	25-20	21.0	19.4	10.6	21.3	21.4	23.4	29.0	33.5	32.1
	20-15	11.8	8.5	7.7	7.8	8.4	5.3	8.4	12.0	9.1
	15-10	2.6	4.6	7.1	2.2	3.1	4.0	2.3	3.9	5.1
Root	30-25	4.7	6.4	6.0	4.3	4.1	4.6	2.3	2.8	1.6
	25-20	7.1	8.4	8.1	6.0	5.2	7.0	3.6	4.9	3.6
	20-15	5.5	6.1	2.7	3.7	5.7	2.3	3.6	7.8	2.2
	15-10	1.1	3.1	3.1	1.1	3.3	3.7	1.4	3.9	4.2
Total	30-25	78.0	65.5	69.6	46.2	47.4	52.8	63.0	53.7	53.4
	25-20	64.1	67.0	57.4	47.8	46.4	57.2	55.1	58.2	59.6
	20-15	29.0	32.9	26.6	21.8	25.2	15.9	20.9	29.9	19.7
	15-10	8.0	11.8	18.8	5.9	9.4	11.6	5.8	10.9	12.8

Part of plant	Temp. °C	Ca			Mg			Fe		
		T	J	N	T	J	N	T	J	N
Leaf blade	30-25	2.09	1.34	2.22	2.94	2.93	3.12	0.11	0.14	0.11
	25-20	14.9	1.54	1.67	2.38	2.84	2.63	0.13	0.13	0.14
	20-15	0.60	0.88	0.66	1.04	1.08	0.99	0.05	0.08	0.06
	15-10	0.27	0.36	0.40	0.36	0.48	0.57	0.02	0.04	0.05
Leaf sheath +stem	30-25	1.19	0.65	0.91	2.45	1.68	2.17	0.21	0.29	0.19
	25-20	0.65	0.64	0.63	0.02	1.59	2.01	0.13	0.21	0.23
	20-15	0.26	0.35	0.21	0.43	0.71	0.50	0.07	0.07	0.05
	15-10	0.09	0.15	0.21	0.24	0.31	0.46	0.03	0.05	0.07
Root	30-25	0.22	0.14	0.18	0.40	0.30	0.53	1.23	0.49	0.78
	25-20	0.28	0.23	0.22	0.54	0.50	0.70	1.73	0.94	0.95
	20-15	0.10	0.18	0.06	0.26	0.33	0.16	1.13	1.24	0.52
	15-20	0.05	0.07	0.08	0.09	0.15	0.20	0.24	0.81	0.87
Total	30-25	3.50	2.13	3.31	5.79	4.61	5.82	1.55	0.92	1.08
	25-20	2.42	2.41	2.52	4.94	4.93	5.34	1.99	0.88	1.32
	20-15	0.96	1.41	0.93	1.73	2.12	1.65	1.25	1.39	0.63
	15-10	0.41	0.58	0.69	0.69	0.94	1.23	0.29	0.90	0.99

摘 要

耐冷性이 强한 水稻品種 農白, 中程度인 振興 그리고 弱한 統一의 幼苗를 供試하여 낮과 밤의 溫度가 30—25°C, 25—20°C, 20—15°C 및 15—10°C인 phytotron에서 水耕하여 各溫度條件에서의 初期生育의 草丈生長速度, 分蘖速度, 乾物量增加 및 主要 無機養分의 吸收 패턴을 보았다.

水稻 耐冷性品種 農白은 振興보다 뜨 振興은 統一보다도 一般的으로 低溫에서의 草丈生長이 활발한것 처럼 보였다. 高溫條件에서도 3品種이 같이 分蘖速度가 빠르나 溫度가 漸次 下降함에 따라 統一, 振興 그리고 農白의 順 即 耐冷性이 弱한 順으로 그 速度가 떨어 졌다. 乾物量 增加曲線은 各溫度處理에서 3品種이 거의 같은 패턴으로 增加 되었다.

低溫에서는 N의 吸收率 및 一本 植物體의 吸收量이 耐冷性이 强한 農白이 높고 다음이 振興 그리고 耐冷性이 弱한 統一이 낮았다.

P_2O_5의 吸收量은 地上部에서는 뿌리에 比하여 溫度가 높음에 따라 많고 溫度가 낮음에 따라 적었으며 耐冷性差가 있는 이들 品種間에는 吸收差가 없는것 같았다.

低溫에서는 K의 吸收率이 높으며 그 中에서도 耐冷性이 强한 農白은 顯著히 높았으며 振興이 다음이었다.

Ca, Mg, Fe의 吸收率은 3品種에서 다같이 低溫에서 높으며 吸收量에 있어서는 農白이 低溫에서 더 吸收되는 傾向을 나타냈다.

參 考 文 獻

Chapman, A.L., and M.L. Peterson. 1962. The seedling establishment of rice under water in relation to temperature and dissolved oxygen. *Crop Sci.* 2 : 391—395.

崔炫玉外 4人, 1969. 水稻耐冷性品種 "農白", 農事試驗研究 報告書, 12 : 1—6.

Date, S. 1963. Agro-meteorological study on the determination method of the period cultivating paddy rice plants in the Tohoku district of Japan. *Bull. Tohoku Natl. Agr. Expt. Sta.* 28 : 1—41.

Drew, M.C., and O. Biddulph. 1971. Effect of metabolic inhibitors and temperature on up take and translocation of ^{45}Ca and ^{42}K by intact bean plants. *Plant Physiol.* 48(4) : 426—432.

George, J.R., C.L. Rhykerd, and C.H. Voller. 1971. Effect of Light Intensity, Temperature, Nitrogen, and Stage of Growth on Nitrate Accumulation and Dry Matter Production of a Sorghum-Sudangrass Hybrid. *Agron. J.* 63(3) : 413—415.

강제철외 2人, 1971. 벼의 冷害에 關한 硏究, I, 障害型不稔性의 品種間差異, 農事試驗硏究報告, 14집(작물편) : 33—36.

Kikkawa, S. 1929. The influence of temperature of irrigation water on the growth and yield of rice. *Proc. Imp. Acad.* (Tokyo) 5 : 303—305.

Kondo, Y. 1854. Studies on cool tolerance of paddy rice varieties. *Jap. J. Breed.* 4(*Suppl.*) : 199—224.

_____, 1956a. Research on cold tolerance rice varieties (1). *Agr. Hor.* 31(7) : 9-12.

_____, 1956b. Research on cold tolerance in rice varieties (2). *Agr. Hor.* 31(8) : 1053—1058.

Matsushima S.Z., and K.S. Kakuda. 1959. The relationship between the growth and yield of rice and the difference of day and night temperature. *Agr. Hor.*

_____, T. Tanaka, and T. Hoshino. 1964a. Analysis of Yield-Determining Process and Its Application to Yield-Prediction and Culture Improvement of Lowland Rice. LXXI. Combined effects of air-temperature and water temperatures at different stages of growth on the growth and morphological characteristics of rice plants. *Crop Sci. Japan.* 33(2) : 135—140.

Oh, Y.J.,S. Yoshida and S.B. Ahn. 1972. Growth Performance of IR667 in Korea and Philippines. IRRI, Plant Physio. Dept. (Mimeographed)

Phillis, E. 1962. The germination and establishment of rice seed sown into water. *Aust. J. Expl. Agr. Animal Husb.* 2 : 181—184.

Sesaki, T., and V. Yamazaki. 1970. The relationship between germination rate of rice seeds at low temperature and the subsequent early growth of seedlings. II. On some properties of roots early stage. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.* 39 : 117—124.

Smith D. 1970. Influence of Temperature on the Yield and Chemical Composition of Five Forage Legume Species. *Agron. J.* 62(4) : 520—523.

Takeshima, H. 1965. Studies on stabilization of rice production in Tohoku district, with special regard to physiological mechanism of plant growth retardation due to low soil temperature. *Bull Yamagata Univ.* (Agr. Sci.) 5 : 1—100.

Tanaka, T.,S,. Matsushima, and T. Tomita. 1968. Analysis of yield determining process and its application of yield prediction and culture improvement of lowland rice. 84. Effects of the different combinations of day and night water temperatures on the growth of rice seedlings. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan.* 37 : 187—194.

Vergara B.S. and R.M. Visperas. 1971. Effect of Temperature on the Physio logy and Morphology of the Rice Plant. IRRI Report. p.1—63.

Wadanabe S.M. 1959. Cold damaga of rice plant and its control. *Agr. Hor.* 34(8) : 31—35.

Yoshida S. 1973. Effects of temperature on growth of the plant (Oryza sativa L.) in a controlled environment. *Soil Sci. Plant Natr.* 19 : 299—310.

(1975. 2. 18 접수)