

高溫 및 高溫期 水管理方法이 水稻生育에 미치는 影響

李承弼* · 金相慶* · 李光錫* · 崔大雄* · 李相哲**

Effect of High Temperature and Water Management on Agronomic Characters in Rice

Seung Phill Lee*, Sang Kyung Kim*, Kwang Seok Lee*,
Dae Woong Choi* and Sang Chul Lee**

ABSTRACT : These experiments were conducted to determine the effect of high temperature and water managements on growth and yield of rice.

Shoot dry weight and percent of fresh roots were decreased when rice plant was exposed to high temperature, and also high temperature treatment decreased yield components of rice through spikelet number at meiotic, filled grain ratio and percent of fertility at heading, and 1,000 grain weight at ripening stage. Nitrogen content of the rice varieties was decreased by high temperature treatment regardless different growth stage, although Si content increased. Grain yield of rice varieties significantly decreased due to high temperature when rice plants were treated at heading stage followed by ripening stage, meiotic, young panicle initiation, maximum tillering and tillering stage in order.

Effect of the continual submerging on temperature increased by 1.1°C at daytime and by 3.7°C at nighttime, but flowing water irrigation which can maintain optimum temperature reduced plant height and increased dry weight and percent of fresh roots. Flowing water irrigation showed higher yield by 4-8% compared to continual submerging method through increment of yield components such as spikelet number, filled grain ratio and 1,000-grain weight.

벼는 高溫作物로서 生育期間中 比較的 높은 氣溫을 要求하며 특히 우리나라는 80年度 夏冷으로 冷害에 對한 關心이 集中되어 水稻栽培期間中의 高溫의 影響은 輕視되었다. 그러나 一部 南部平野 地帶에서는 不稔의 增加, 千粒重의 減少 및 品質低下 등의 高溫障害가 認定되고 있다. 高溫障害는 30°C 以上에서 發生하며 生育初期의 高溫은 有效莖比의 低下 및 1穗穎花數가 減少하고¹⁰⁾ 稔實期에는 不稔粒의 增加 및 千粒重의 減少를 招來하여 收量低下에 直結되기 때문에 大部分의 高溫障害에 關한 研究는 이 時期를 中心으로 이루어졌다. 高溫에 의한 不稔의 發生은 開葯不能花粉의 增加와 花粉의 活力低下에 起因되며 耐熱성이 弱한 品種은 32°C에 8時間 裸出했을 때 20%程度 發生하고¹²⁾ OSADA

等¹¹⁾은 窒素過用도 不稔의 原因이 된다고 報告하였다. 또한 高溫登熟時의 千粒重 減少는 稔實期間의 短縮과 呼吸促進에 따른 炭水化合物消耗 및 穎果細胞의 生理的 活性 早期低下와 關聯된 根의 炭水化合物 轉流能力減退로 알려져 있으며^{5,6,7)} 佐藤⁸⁾은 晝夜間 溫度가 35°C 以上일 때에는 異常胚의 發生을 認定하였고, 茶村⁹⁾은 高溫登熟下에서 米質은 澱粉의 最高粘度가 높아지고 Amylose 含量이 低下되며 phytin 含量과 乳白 및 心白米의 發生이 增加한다고 報告하였다.

前述한 바와 같이 우리나라에서는 稻作期間中 低溫이 多收의 沮害要因으로 되어 있기 때문에 高溫障害에 關한 研究가 거의 없다. 그러나 最近 機械 移秧栽培의 擴大와 新品種의 育成으로 栽培品種 大

* 慶尙北道 農村振興院 (Geongbug Provincial Rual Development Administration, Daegue 702-326, Korea)

** 慶北大學校農科大學 (Coll. of Agr., Kyungpook Nal. Uni., Daegue 702-010, Korea) <90. 2. 15. 接受>

部分이 年中 最高氣溫을 나타내는 8月 上旬에 出穗하기 때문에 高溫에 의한 稔實障害가 優慮되며 특히 漆谷地方은 幼穗形成期 以後의 氣溫이 31℃ 以上 持續되는 期間이 36日間이나 되고 있어 登熟에 매우 不利하고 段收가 全國 平均을 下廻하고 있다. 따라서 本 試驗은 高溫障害 對策을 위한 基礎資料를 얻고자 實施하였으며 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

試驗 I. 生育時期別 高溫處理가 水稻 生育 및 收量에 미치는 影響

統一型 品種인 三剛벼와 Japonica型 品種인 蟾津벼를 供試하여 4月 15日에 播種하고 5月 30日에 1/2,000 a wagner pot에 1株 4本씩 移秧하였다. 高溫處理는 分蘗期(6月 15日~6月 24日), 最高分蘗期(6月 25日~7月 4日), 幼穗形成期(7月 5日~7月 14日), 減數分裂期(7月 15日~7月 24日), 出穗期(8月 1日~8月 10日) 및 登熟期(8月 14日~8月 23日)로 區分하여 各各 10日間씩 晝間 $37 \pm 2^\circ\text{C}$, 夜間 $27 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 調整한 自然光下의 vinyl house內에서 完全任意配置 4反復으로 遂行하였다. 高溫處理後는 屋外에서 生育시켰으며 各 生育時期別 高溫處理直後의 草長, 地上部 乾物重, 新根發生量 및 植物體內 無機物含量을 調査하였다. 全窒素는 Micro kieldahl法, 珪酸含量은 重量法으로 定量했으며 收量 및 收量構成要素는 農村振興廳 農事試驗 調査基準에 準하여 調査하였다.

試驗 II. 高溫期 물管理方法이 水稻 生育 및 收量에 미치는 影響

供試品種은 試驗 I과 같으며 4月 15日 播種하여 5月 30日에 栽植距離 $30 \times 15\text{cm}$ 로 1株 4本씩 移秧하였으며 本畝施肥量은 N- P_2O_5 - K_2O 를 各各 15-9-11 kg/10a로 하였다. 窒素分施比率은 基肥:分蘗肥:穗肥:實肥를 50:20:20:10으로 하고 加里는 基肥와 穗肥를 70:30으로 分施하였으며 磷酸은 全量 基肥로 주었다.

물管理는 出穗前後 15日間の 30日동안 常時湛水(對照區), 晝間홀러대기 晝間湛水, 晝夜間홀러대기 및 間斷灌溉의 4處理로 하여 分割區配置 3反復으로 實施하였다. 물管理後의 生育과 新根發生量, 收量 및 植物體分析을 行했으며 方法은 實驗 I과

同一하다.

結果 및 考察

1. 生育時期別 高溫處理가 水稻 生育 및 收量에 미치는 影響

主要 生育時期別 各 10日間의 高溫處理(晝間: $37 \pm 2^\circ\text{C}$, 夜間: $27 \pm 2^\circ\text{C}$) 效果는 表 1과 같다. 草長은 分蘗期 高溫處理에서 크게 伸長된 反面 地上部 乾物重은 供試品種 모두 全處理區에서 對照區에 비해 顯著하게 減少하였으며 高溫處理直後의 總根量(根量: 根數 \times 根長)中 新根이 차지하는 比率도 크게 減少하였다. 이러한 新根比의 減少는 過多한 有機物 分解로 인한 土壤還元의 發達과 根系障害⁹⁾에 起因되며 地上部物重의 低下는 呼吸促進에 따른 同化產物의 損失 및 根의 養水分 吸收能力 減退에 起因된 것으로 推測된다.

高溫處理直後의 植物體內 無機物 含量의 變化를 보면(表 2) 全窒素는 生育時期에 關係없이 無處理에 비해 減少하는 傾向이었으며 P_2O_5 , K_2O 및 CaO 含量은 生育時期別 一定한 傾向이 없었고 MgO 는 最高分蘗期를 除外한 全處理區에서, 珪酸은 全處理區에서 增加하였다. 이것은 稔實期에 高溫處理를 했을 때 N, P_2O_5 , CaO 는 吸收量의 差異가 없었으나 Fe, K, Mn, Mg의 吸收가 增加하며 특히 イ삭을 高溫에 處理했을 때는 珪酸의 吸收量이 增加하였다는 佐藤 等⁴⁾의 報告와 一致하였으며 珪酸의 吸收가 全處理時期에서 增加幅이 가장 컸다. 그러나 高溫에 의하여 珪酸의 吸收가 增加하는 原因은 明確하지 않으나 土壤中의 不溶性 珪酸 및 施用된 磷酸質肥料中의 可溶性珪酸이 增加함에 따라 受動的 吸收가 促進되었기 때문으로 생각된다.

表 3에서와 같이 出穗期는 三剛벼가 幼穗形成期의 高溫處理에서 4日間 蟾津벼는 減數分裂期 高溫處理로 6日間 各各 遲延되어 生育初期보다 生殖生長 初期의 高溫이 크게 影響을 미쳤다. 또한 收量 및 收量構成要素도 高溫處理時期에 關係없이 無處理에 비하여 減少하는 傾向으로 穗當穎花數는 減數分裂期 高溫處理에서 그리고 稔實比率 및 登熟比率은 出穗期 高溫處理에서, 千粒重은 登熟期 高溫處理에서 各各 各各 크게 減少하였다. 따라서 高溫의 影響은 營養生長期보다는 生殖生長期에 크게 나타났으며 이것은 곧바로 收量減少와 米質低下로 直結되었다. 大部分의 高溫障害研究의 焦點이 稔實期에 맞추어진 것도

Table 1. Effect of high temperature treatment of each 10-days on plant height, dry weight and percent of fresh root from tillering stage to maturity.

Variety	Time of high temp. treatment	Plant height (cm)		Dry Wt. of shoot (g/hill)		% of fresh root (No. x length/hill)	
		C ^{a)}	T	C	T	C	T
Samgangbyeo	Tillering S. ^{b)}	36.1	49.7	4.1	2.2	64.2	10.6
	Maximum tillering S.	57.2	56.8	8.7	4.9	49.1	7.9
	Young panicle initiation S.	64.7	67.1	18.9	13.4	49.2	30.4
	Meiotic S.	75.5	71.6	25.2	24.7	51.9	18.1
	Heading S.	92.4	97.2	61.2	41.4	22.9	10.6
	Ripening S.	92.0	95.1	72.7	64.8	18.8	6.5
Somjinbyeo	Tillering S.	38.4	49.1	3.9	2.9	64.7	36.2
	Maximum tillering S.	57.2	53.0	6.6	3.6	46.7	13.2
	Young panicle initiation S.	67.5	66.9	20.5	13.4	47.8	17.8
	Meiotic S.	77.3	77.7	17.2	16.9	47.6	36.6
	Heading S.	86.3	84.2	55.1	28.4	28.5	18.3
	Ripening S.	97.0	96.1	55.1	48.3	22.7	12.9

^{a)} C : Control, T : High temperature treatment for 10 days at 37⁺-2/27⁺-2[°]C

^{b)} S : Stage

Table 2. Effect of high temperature treatment of each 10-days on inorganic components of rice from tillering stage to maturity.

Variety	Time of high temp. treatment	T-N (%)		P ₂ O ₅ (%)		K ₂ O (%)		CaO (%)		MgO (%)		SiO ₂ (%)	
		C ^{a)}	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Samgangbyeo	Tillering S. ^{b)}	1.50	0.60	1.41	0.88	4.74	2.94	0.18	0.13	0.22	0.22	7.66	8.88
	Maxi. tillering S.	1.13	0.68	1.07	0.83	2.83	2.21	0.10	0.17	0.19	0.14	3.58	7.78
	Young panicle initiation S.	0.68	0.68	0.50	1.53	0.34	4.92	0.02	0.19	0.03	0.27	2.20	8.48
	Meiotic S.	0.60	0.75	0.76	0.69	3.20	3.01	0.10	0.20	0.01	0.22	2.40	4.74
	Heading S.	1.13	0.83	0.76	0.84	2.08	2.22	0.12	0.18	0.17	0.21	4.46	4.14
	Ripening S.	1.43	1.43	1.11	1.22	1.56	1.86	0.17	0.23	0.17	0.23	3.88	4.30
Somjinbyeo	Tillering S.	1.50	1.43	1.15	1.34	4.71	5.11	0.14	0.24	0.23	0.34	6.06	9.42
	Maxi. tillering S.	1.80	1.20	1.22	0.80	3.87	3.56	0.22	0.10	0.25	0.18	5.56	7.16
	Young panicle initiation S.	1.65	1.43	1.07	1.11	3.97	4.44	0.16	0.11	0.24	0.27	4.26	7.92
	Meiotic S.	1.20	0.60	1.08	1.15	2.82	3.63	0.18	0.19	0.20	0.24	5.50	6.02
	Heading S.	1.05	0.75	1.15	0.88	2.90	2.73	0.18	0.11	0.21	0.16	4.32	4.72
	Ripening S.	1.73	1.65	1.53	0.69	2.23	2.26	0.17	0.22	0.19	0.21	4.74	4.46

^{a)} C : Control T : High temperature treatment for 10 days at 37⁺-2/27⁺2[°]C

^{b)} S : stage

이때문이며 佐藤 等³⁾의 報告에 의하면 不稔發生은 開花直前에서 直後에 高溫에 處했을 때 심하며 이時期로부터 멀어질수록 그 影響은 적고, 玄米 千粒重은 開花盛期後 6日부터 16日까지 處理한 區에서 가장 적었으며 無處理對比 15% 減少하였다고 하였

으며 鈴木 等⁹⁾은 穗揃後 3週間の 平均 氣溫과 收量과는 負의 相關을 認定하였다. 이것은 本試驗의 結果와 매우 類似하였으며 收量減少에 미치는 高溫의 影響은 出穗期에 가장 크고 그 다음은 登熟期 > 減數分裂期 > 幼穗形成期 > 最高分蘗期 > 分蘗期 順이었다.

Table 3. Effect of high temperature treatment of each 10-days on yield and its components of rice from tillering stage to maturity.

Time of high temperature	Heading date		No. of panicles per hill		No. of spikelets perpanicle		Ferti- zation rate (%)		Ripened grain ratio(%)		1,000- grains weight(g)		Yield (g/pot)	
	S	J	S	J	S	J	S	J	S	J	S	J	S	J
	Control(outdoor)	Aug. 9	Aug.21	16.6	17.4	102	64	91.6	94.4	90.2	91.0	22.4	26.5	68
Tillering stage	Aug.10	Aug.24	15.5	16.2	101	60	93.4	93.9	89.7	90.3	22.0	26.1	67	51
Maximum tillering stage	Aug.12	Aug.26	14.3	17.5	93	44	90.2	93.7	89.8	91.4	21.9	25.5	61	46
Young panicle initiation stage	Aug.13	Aug.25	17.2	17.8	86	47	85.8	94.3	79.0	89.6	21.5	25.3	58	43
Meiotic stage	Aug.10	Aug.27	16.7	17.2	79	42	74.9	82.9	73.2	81.9	20.8	25.3	50	35
Heading stage	Aug. 9	Aug.21	15.7	19.0	98	55	24.2	20.2	22.4	19.7	18.8	22.3	19	15
Ripening stage	Aug. 9	Aug.21	15.4	19.8	95	54	82.6	82.5	33.7	41.9	16.1	14.4	24	28
L.S.D(5%)			1.90	2.59	13.7	5.4	2.46	3.31	4.55	4.30	1.32	1.10	2.5	2.4

* Cultivar-S : Samgangbyeo, J : somjinbyeo

2. 高溫期 물管理方法이 水稻生育 및 收量에 미치는 影響

試驗 I에서 본 바와 같이 幼穗形成期以後의 高溫은 顯著한 收量 減少를 招來하며 특히 漆谷地方은 이 時期의 氣溫이 높기 때문에 段收가 全國 平均을 下廻하고 米質을 劣惡케 하는 한 要因이 되고 있다. 따라서 이 時期의 氣溫을 生育適溫으로 維持키 위한 對策이 要求되며 表 4는 收量에 가장 큰 影響을 미치는 出穗前 15日부터 乳熟期後 15日까지 各 15日間の 晝夜間 最適氣溫과 平年氣溫을 比較한 것으로서 出穗 15日以後 登熟期의 氣溫이 最適氣溫보다 晝夜間 各各 4.0°C, 4.9°C程度 높았으며 出穗 15日부터 乳熟期까지의 平均氣溫도 晝夜間 各各 3.2°C, 3.5°C程度 높았다. 따라서 漆谷地方의 氣溫으로 볼 때에는 生殖生長期의 高溫障害를 充分히 豫見할 수 있다.

그림 1은 出穗前 15日부터 出穗後 15日까지 30日동안의 물管理方法에 따른 畚面水溫의 變化를 나타낸 것으로서 常時湛水에서는 最適水溫보다 晝間 1.1°C, 夜間 3.7°C 높았고 특히 常時湛水나 間斷

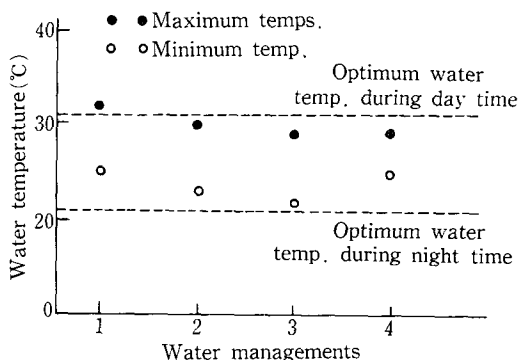


Fig. 1. Changes in water temperature as affected by different water managements from 15 days before heading to 15 days after heading.

- Notes : 1 : Continual submerging
 2 : Flowing water irrigation/submerging (day/night)
 3 : Day-Night flowing water irrigation
 4 : Intermittent irrigation

灌漑는 夜間水溫이 4.0°C 以上 높았으나 晝間흘러 대기 夜間湛水 및 晝夜間흘러대는 물管理 方法으로 最適水溫의 調整이 可能하였다. 따라서 이러한 水溫

Table 4. Comparison in optimum and annual mean temperature of day-night from 15 days before heading to 15 days after milky stage.

Item	For 15 days before heading (Jul. 26-Aug. 10)		For 15 days after heading (Aug. 11-Aug. 25)		For 15 days after milky stage (Aug. 26-Sept. 9)		Mean (Jul. 26-Sept. 9)	
	Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night
	Optimum temp. (°C)	31.0	21.0	29.0	19.0	26.0	16.0	28.7
Annual temp. (°C)	33.1	22.6	32.6	23.0	30.0	20.9	31.9	22.2
Contrast (°C)	+2.1	+1.6	+3.6	+4.0	+4.0	+4.9	+3.2	+3.5

Table 5. Plant height, dry weight and percent of fresh root as affected by different water managements from 15 days before heading to 15 days after heading.

Water management	Plant height (cm)		Dry wt. of shoot (g/hill)		% of fresh root (no. x length/hill)	
	^{a)} S	J	S	J	S	J
Continual submerging	101	102	53.0	53.8	27.6	17.6
Flowing water irrigation /submerging ^{b)}	100	97	63.4	64.9	38.4	33.6
Day-Night flowing water irrigation	98	99	69.8	68.7	49.1	37.2
Intermittent irrigation	99	96	52.7	58.6	27.6	29.9

^{a)} Flowing water irrigation/submerging : Flowing water irrigation during day/submerging during night

^{b)} Cultivar-S : Samgangbyeon, J : Somjinbyeon

의 調整은 表 5에서 보는 바와 같은 生育의 健全을 도모하여 常時湛水區보다 草長이 短縮되고 地上部 乾物重이 增加하며 株當總根量(新根量+腐根量, 根量 : 根數×根長)中 新根이 차지하는 比率도 向上되었다. 특히 晝夜間흘러대기를 함으로써 그 效果가 높았으며 물管理方法에 따른 植物體內 無機物含量의 變化는 表 6과 같다.

全窒素는 供試品種 공히 晝夜間흘러대기 물管理方法에 의하여 吸收가 增大되었으나 P₂O₅, K₂O, CaO, MgO 등은 물管理方法에 따른 差異가 認定되지 않았으며 珪酸含量은 晝間흘러대기 夜間湛水

處理에서 가장 높았다.

물管理方法에 따른 收量 및 收量構成要素의 變化(表 7)는 흘러대기 물管理方法에 의하여 穗當穎花數와 登熟率 및 千粒重이 增加하였고 株當穗數 및 稔實比率는 處理間 差異가 認定되지 않았다. 以上과 같이 벼가 高溫條件下에서 栽培되면 地上部乾物重이 減少하고 腐根量이 增加하며 穗當穎花數, 登熟率 및 千粒重이 減少되어 結局 收量減少로 連結되며 水稻主要生育時期別 高溫障害程度는 出穗期>登熟期>減數分裂期>幼穗形成期>最高分蘗期>分蘗期の 順序였다. 또한 出穗後 登熟期の 高溫이 收量減

Table 6. Changes in inorganic components of rice as affected by different water managements from 15 days before heading to 15 days after heading.

Water managements	T-N		P ₂ O ₅ (%)		K ₂ O(%)		CaO(%)		MgO(%)		SiO ₂ (%)	
	^{a)} S	J	S	J	S	J	S	J	S	J	S	J
Continual submerging	0.75	1.28	0.84	0.69	2.79	2.94	0.18	0.17	0.24	0.20	8.16	5.28
Flowing water irrigation /submerging	1.58	1.50	0.76	0.76	2.45	3.06	0.18	0.16	0.23	0.23	8.30	6.92
Day-Night flowing irrigation	1.58	1.83	0.76	1.07	2.05	2.31	0.21	0.19	0.21	0.18	6.06	4.14
Intermittent irrigation	1.43	1.75	1.41	0.65	2.55	2.21	0.14	0.17	0.22	0.19	6.32	4.40

^{a)} Cultivar-S : Samgangbyeon, J : Somjinbyeon

Table 7. Yield and its components of rice as affected by different water managements from 15 days before heading to 15 days after heading.

Water managements	Culm length (cm)	No. of panicle per hill	No. of spikelets per panicle	Fertilization ratio (%)	Ripened grain ratio (%)	1,000 grains weight (g)	Yield (kg/10a)	
							Milled rice	Index
Continual submerging	92.0a*	14.9a	99b	93.1ab	85.8b	19.9b	492c	100
Flowing water irrigation /submerging	90.7ab	14.9a	115ab	94.7a	89.0a	20.2a	519ab	105
Day-Night flowing water irrigation	89.5b	14.8a	118a	94.3ab	89.4a	20.2a	532a	108
Intermittent irrigation	91.2ab	15.3a	108b	92.1b	84.2b	20.1ab	512b	104

* a-c : Means followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

Notes : Each values are the mean of two cultivars, samgangbyeon and somjinbyeon.

少 및 米質低下의 主要原因이 된다는 것은 물管理를 調節함으로써 더욱 明白해졌으며 漆谷地方을 비롯한 南部平野地에서는 常時湛水보다 흘러대기 물管理를 함으로써 最適水溫의 維持와 有毒物質의 除去 및 異常還元의 制御 等¹⁰의 效果가 上昇적으로 作用하여 穗當穎花數, 稔實比率, 登熟率 및 千粒重이 增加된 것으로 생각되며 이와 같은 收量關聯 形質의 改善은 4~8%의 增收效果를 가져왔다.

摘 要

水稻主要生育時期別 高溫處理(晝間: 37 ± 2°C, 夜間: 27 ± 2°C) 및 高溫時 물管理方法이 生育 및 收量에 미치는 影響을 究明하여 高溫障害 對策을 위한 基礎資料로 活用코자 本 試驗을 實施하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 主要生育時期別 高溫處理의 影響은 生育時期에 關係없이 供試品種 모두 無處理에 비해 地上部 乾物重이 減少하고 腐根量이 增加하며 植物體內 全窒素含量이 減少하고 珪酸含量이 增加하였다.

2. 收量 및 收量構成要素에 미치는 高溫의 影響은 穗當穎花數는 減數分裂期에, 稔實比率 및 登熟率은 出穗期에 그리고 千粒重은 登熟期에 가장 低下되었으며 高溫에 의한 收量減少程度는 出穗期에 가장 컸으며 그 다음은 登熟期 > 減數分裂期 > 幼穗形成期 > 最高分蘖期 > 分蘖期 順이었다.

3. 물管理方法에 따른 畚面水溫의 變化는 常時湛水는 最適水溫 보다 晝間 1.1°C, 夜間 3.7°C 높았으며 흘러대기 물管理方法에 의하여 最適水溫(晝間: 31°C, 夜間: 21°C)으로의 調節이 可能하였으며 이에따라 草長이 短縮되고 乾物重 및 新根發生率이 增加하였다.

4. 晝間흘러대기 夜間湛水 및 晝夜間흘러대기 물管理方法은 常時湛水區 보다 穗當穎花數, 登熟率 및 千粒重 等の 收量構成形質의 向上을 도모하여 4~8%의 增收效果가 있었다.

引 用 文 獻

1. Osada A., V. Sasidrapa, M. Rahong S.

- Dhammaunvong and H. Chakrabandhu, 1973. Abnormal occurrence of empty grains of indica rice plants in dry season, hot season in Thailand.
2. 茶村修吾·金子平一·齊藤祐幸, 1979. 登熟期の氣溫と米の食味との關係. 日作紀 48(4): 475-482.
3. 佐藤庚·稻葉健五·戶 正陸, 1973. 高溫による水稻の稔實障害に關する研究. 第1報 幼穗形成期以降の生育時期別 高溫處理が稔實に及ぼす影響. 日作紀 42(2): 207-213.
4. 佐藤庚·稻葉健五, 1973. 高溫による水稻の稔實障害に關する研究. 第2報 穂と莖葉を別々の溫度環境下においた場合の稔實. 日作紀 42(2): 214-219.
5. _____·_____. 1976. 水稻の高溫稔實障害に關する研究. 第4報 稔實期の C¹⁴同化産物の轉流に及ぼす高溫の影響. 日作紀 45(1): 151-155.
6. _____·_____. 1976. 水稻の高溫稔實障害に關する研究. 第5報 稔實期の高溫による籾の炭水化物受入れ能力早期減退について. 日作紀 45(1): 156-161.
7. _____·_____. 1976. 水稻の高溫稔實障害に關する研究. 第6報 登熟期の高溫が穎果の酵素活性に及ぼす影響. 日作紀 45(1): 162-167.
8. 佐藤庚, 1974. 稔實期の高溫によつて生ずるイネの異常肥大胚. 日作紀 43(1): 125-126.
9. 鈴木守·中村公則, 1978. 暖地水稻の收量成立過程における氣象要因の影響に關する二·三の解析. 日作紀 47(4): 529-535.
10. Symposium, 1980. 暖地稻作に關する諸問題 [1]. 農業および園藝 55(8): 987-994.
11. Symposium, 1980. 暖地稻作に關する諸問題 [4]. 農業および園藝 55(11): 1351-1360.
12. Satake T. and S. Yoshida, 1978. High temperature-induced sterility in indica rices at flowering. Japan. J. Crop. Sci. 47(1): 6-17.