

水稻의 穎花數成立과 收量에 미치는 氣象環境의 影響에 관한 研究

第 1 報 水稻의 穎花數成立에 미치는
氣象과 日射의 相互作用

安 壽 奉 · 李 鍾 喆*

Studies on the Climatic Influence on Spikelet Formation and Yield of Lowland Rice

I. Interaction of Temperature and Solar
Radiation for Spikelet Formation

Ahn, S. B. and J. C. Lee*

ABSTRACT

Experiment was conducted to know the interaction of temperature and solar radiation for spikelet formation of rice in different location. Under the Korea climatic conditions both number of spikelets and percentage of ripened grains affected yield of rice. Percentage of ripened grains was the most significant limiting factor in Tongil type rice varieties and the lower number of spikelets in japonica type varieties. The number of spikelets increased as amounts of solar radiation increased during the reproductive stage, as daily air temperature decreased from 23 to 28°C, or as climatic consumption index (CCI) value decreased. CCI calculated with critical temperature of 10°C and solar radiation was more closely correlated with the number of spikelets compared to CCI calculated with sunshine hours instead of solar radiation. CCI during the 15 days before heading was more closely related with the number of spikelets compared to CCI during the 30 days before heading.

緒 言

作物의 多收穫은 好適한 環境과 品種 및 栽培技術의 組合下에서만 達成될 수 있으며 우리나라의 水稻 收量은 1960年代까지는 水稻生産의 가장 큰 制限要素가 用水確保이었으므로 이에 注力하여 旱害를 克服 하므로써 10a當 生産量은 300kg 水準을 넘어섰고 1970年代에 草型이 改良된 統一系列 新品種의 改發 普及과 施肥法 改善, 健苗育成 및 早期栽培, 病害蟲의 綜合防除等 一連의 栽培技術의 向上으로 平均 450 kg 以上の 劃期的인 增收을 이룩하였다. 그러나 最近

多肥密植에 의한 病害蟲의 激發과 冷害 등 氣象災害가 屢次 生産량이 低調함에 따라 보다 安全하고도 效果的인 增收策이 要望되므로 適當한 環境條件의 造成 또는 適應이 切實히 要請되고 氣象 및 土壤環境에 對한 關心이 높아가고 있다.

光合成에 必要한 諸要因 즉 光 energy, 溫度와 水分 및 炭酸가스를 受給하는 氣象環境의 良否는 水稻 作況에 크게 影響을 미치나 水利가 安全한 條件下에서는 日射의 多寡와 溫度의 適否가 收量을 크게 支配하는 것으로 생각된다.

우리나라에서 現在까지 試圖된 水稻生育 및 收量과

* 忠南大學校 農科大學

* College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 300, Korea.

氣象環境의 關聯性에 關한 統計的 研究에 依하면^{2,3,6} 收量制限要因은 灌溉水가 크게 不足했던 때에는 降水量, 日照時數, 氣溫 등으로 要約될 수 있고 最近에는 氣溫과 日照 등이 主된 要因으로 되어 있다. 그러나 이들 分析方法은 水稻의 生育과 收量이라는 結果와 氣象環境要因을 單純相關 또는 重回歸方程式에 依하여 收量 豫測에 도움이 되었으나 收量增大方案 提示에는 未洽하였다. 즉 氣象環境의 影響은 複雜多様하고 生育段階에 따라 差異가 있고 水稻의 物質生産 또는 收量이라는 것이 光合成과 呼吸消耗의 Balance에 左右되며 受容器官인 Sink와 同化產物인 Source에 依하여 決定된다고 보면 氣象環境이 이들에게 어떤 影響을 주는가를 먼저 理解하여야 할 것으로 생각된다.

本 研究은 우리나라의 7~8月の 氣溫과 日射가 水稻收量의 制限要因의 하나인 穎花數成立에 미치는 影響을 作物試驗場 및 各道 農村振興院에서 實施한 水稻作況試驗結果를 綜合 分析하여 報告하는 바이다.

材料 및 方法

이 研究은 水稻 穎花數 成立에 미치는 氣溫과 日射의 相互作用과 그 地域의 差異를 檢討하고자 1972년부터 1977년까지 6個年에 걸쳐 3個 作物試驗場 및 各道 農村振興院에서 實施한 水稻作況試驗 結果를 綜合 分析하였다. 供試品種은 各 試驗地 大같이 印/日型 交雜品種인 統一과 該當 試驗地의 日本型 獎勵品種 1品種을 使用하였다. 栽培方法은 各 試驗地 共히 適期栽培法에 準하였다.

氣象資料는 該當 試驗地의 隣近 農業氣象觀測所에서 觀測한 日別 氣象觀測值를 使用하였다. 氣象消耗指數는 水稻生長最低溫度를 10°C로 보고 呼吸係數를 2로 하여¹⁾ 溫度上昇에 따른 呼吸消耗量 ($10^{0.0301(t-10)}$)을 日射量으로 除하여 ($I = 10^{0.0301(t-10)} \times \frac{1}{S}$, I = 氣象消耗指數, t = 日平均溫度, S = 日射量) 計算하였다.

收量構成要素의 寄與率은 福井法⁵⁾에 準하였다.

試驗 結果

1. 地域別 收量과 그 制限要因

水利安全의 生産基盤위에 優良한 品種과 肥培管理下에서 各 試驗場 水稻作況試驗圃에서의 水稻 收量水準은 表 1에서 보는 바와 같이 統一系 新品種은 全國平均이 10a 當 567kg이며 收量構成要素로는 穗數가 m²當 311個, 穎花數가 36,400個, 登熟比率이 70%, 玄米千粒重이 23.9g程度이다. 따라서 이 品種들은 Sink로서의 穎花數가 많지 않으며 Source와 關聯이 깊은 登熟比率도 낮은 것으로 나타나고 있다. 한便 Japonica系 品種에 있어서는 10a 當 平均收量이 440kg水準으로 比較的 낮으며 m²當 穗數는 309個로서 差異가 別로 없으나 穎花數는 28,000個로 相當히 不足한 편이다. 그러나 登熟比率은 80.2%로서 統一系 品種보다 約 10%程度 높으며 玄米千粒重은 22.4g程度이다(表 2). 따라서 收量을 制限하는 要因은 統一系 品種에 있어서는 穎花數와 아울러 特히 登熟不良도 問題가 된다. 이러한 關係는 그림 1과 그림 2에서 보는 바와 같이 穎花數는 모든 品種에서

Table 1. Average yield and its components of Tongil variety in each location(1972-1977).

Location	No. of panicles per m ²		No. of spikelets per panicle				Fertility (%)		Ripened grains (%)		1,000 gain weight (g)		Yield (kg/10a)	
	Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V
Chuncheon	343*	8.7	104 ^c	12.8	35.7 ^{bc}	9.4	93*	2.6	73.2*	6.2	24.3 ^{ab}	3.3	598 ^{abc}	44.6
Suweon	311 ^{ab}	6.7	106 ^c	6.8	33.0 ^c	8.7	91*	14.3	70.1 ^{ab}	18.6	23.0 ^c	2.7	517 ^d	18.0
Cheongju	303 ^{ab}	8.7	124 ^b	4.3	37.6 ^{bc}	8.7	89 ^{ab}	5.6	71.2 ^{ab}	7.3	24.8*	0.7	580 ^{abc}	12.0
Yuseong	310 ^{ab}	10.8	116 ^{bc}	10.3	36.0 ^{bc}	12.7	92*	2.4	73.7*	6.4	24.3 ^{ab}	3.4	601*	6.9
Iri	296 ^{ab}	11.4	118 ^b	4.4	34.9 ^c	11.2	78 ^b	12.1	73.7*	6.6	23.1 ^c	3.6	510 ^d	13.8
Kwangju	302 ^{ab}	4.1	120 ^b	7.1	36.2 ^{bc}	7.6	87 ^{ab}	4.6	70.1 ^{ab}	7.4	24.3 ^{ab}	2.7	609*	7.3
Daegu	318*	8.1	128 ^b	7.0	40.7*	7.4	90 ^{ab}	3.5	65.3 ^{bc}	12.4	24.0 ^b	3.3	580 ^{abc}	9.2
Milyang	318*	6.3	113 ^c	10.9	35.9 ^c	7.2	89 ^{ab}	5.7	69.7 ^b	9.2	23.2 ^c	4.1	532 ^{cd}	5.1
Jinju	279 ^b	12.3	139*	10.7	37.8 ^c	9.0	89 ^{ab}	2.7	63.2 ^c	13.9	24.4 ^{ab}	2.8	577 ^{abc}	12.5
Average	311	6.1	118	9.2	36.4	5.9	89	4.9	70.0	5.2	23.9	2.8	567	6.0

* Means within a column with different letters are significantly different at the 5% level by the Duncan's New Multiple Range Test.

Table 2. Average yield and its components of japonica rice varieties in each location(1972-1977).

Location	No. of panicles per m^2		No. of spikelets per panicle				Fertility (%)		Ripened grains (%)		1,000 grain weight (g)		Yield (kg/10a)	
	Mean	C.V	Mean		C.V		Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V	Mean	C.V
			10 ³ /m ²	10 ³ /m ²										
Chuncheon	338	9.9	92	17.2	31.0	3.0	93	2.7	73.8	3.8	25.0	1.7	477	7.1
Suwoon	440	14.9	67	6.8	29.5	20.4	94	1.5	86.2	11.0	20.6	4.0	434	6.0
Cheongju	317	4.3	78	2.1	24.7	4.7	96	1.2	90.8	3.5	23.1	1.2	459	12.5
Yuseong	325	18.5	96	12.3	31.2	8.4	98	1.1	81.3	6.2	22.0	3.2	477	10.3
Iri	247	12.8	99	9.7	24.5	14.8	90	5.7	77.2	3.7	21.5	3.8	427	12.0
Kwangju	292	7.2	81	11.2	23.7	8.0	93	2.5	79.5	10.9	24.5	3.1	390	20.9
Daegu	298	5.8	94	8.6	29.0	7.1	91	4.8	76.8	5.7	22.0	3.2	464	8.0
Milyang	284	11.6	97	12.2	27.5	11.9	93	4.0	78.5	6.1	21.3	3.9	454	9.2
Jinju	246	25.8	130	14.9	32.0	13.9	93	3.3	77.3	14.9	21.5	4.7	378	28.5
Average	309	18.8	93	19.0	28.0	11.2	93	2.6	80.2	6.6	22.4	6.7	440	8.2

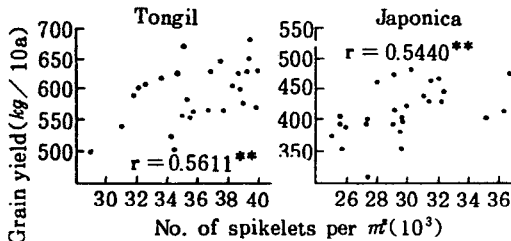


Fig. 1. Relationship between number of spikelets per square meter and grain yield of two rice varieties in different locations(1972-1977).

收量과 高度의 相關이 있고 登熟比率은 統一系 品種에서만 收量과 높은 相關이 있었다. 地域別로는 穎花數에 一定한 傾向이 없으나 登熟比率은 中北部地方이 南部보다 大体로 높은 傾向이 있다.

年次間變異幅은 收量에 있어서는 統一은 5.1~44.6%로서 大体로 北部地方에서 크게 穎花數는 4.3~12.8%이고 登熟比率은 6.2~18.6%로서 比較的 그 幅이 큰 便이다. Japonica 系 品種의 變異幅은 收量이 6.0~28.5%, 穎花數가 3.0~20.4%, 登熟比率

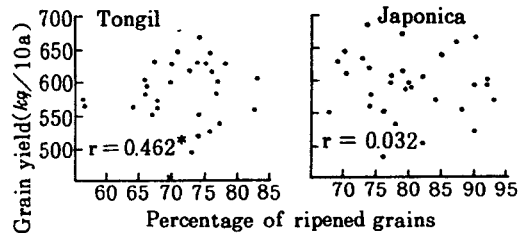


Fig. 2. Relationship between percentage of ripened grains and grain yield of two rice varieties in different locations (1972-1977).

이 3.5~25.0%이었다. 그리고 收量에 對한 寄與度는 統一의 경우 Sink가 48%, Source가 41%이고 Japonica系는 各各 50%와 39%이었다(成績省略).

2. 生殖生長期의 氣溫과 日射關係

穎花數成立에 關係가 깊은 7月에서 8月까지의 旬別 日平均 氣溫, 日射量 및 氣溫과 日射量에서 算出한 氣象消耗指數를 表 3에서 보면 氣溫은 7月初旬에는 24°C였으나 그 後 上昇하여 7月下旬에 27°C

Table 3. Seasonal changes of daily mean, solar radiation and climatic consumption index in each location(1971-1980).

Location	July									August								
	Early			Middle			Late			Early			Middle			Late		
	T.	S.	C.	T.	S.	C.	T.	S.	C.	T.	S.	C.	T.	S.	C.	T.	S.	C.
Chuncheon	23.4	291	9.2	24.0	285	9.9	26.3	332	10.1	25.3	324	9.6	23.8	272	10.3	23.6	308	9.0
Suwoon	23.3	253	10.7	24.1	244	11.6	26.8	332	10.5	25.8	273	11.9	24.8	276	10.8	24.3	298	9.7
Cheongju	23.9	231	12.2	24.5	221	13.9	27.8	292	12.6	26.6	260	13.1	25.5	253	12.5	24.7	254	11.7
Yuseong	24.0	294	9.6	24.5	302	9.6	27.1	418	8.5	26.5	381	8.9	25.7	390	9.4	24.3	357	8.1
Iri	24.1	295	10.2	24.8	300	11.8	27.2	380	10.3	26.6	382	9.2	25.8	390	10.6	25.0	350	9.3
Kwangju	24.5	320	9.1	25.3	283	11.0	27.4	370	99.8	27.0	329	10.7	25.9	396	8.2	23.9	342	8.2
Daegu	24.2	307	9.3	24.5	304	9.6	27.3	386	9.5	26.3	356	9.4	25.6	321	10.0	24.0	308	9.1
Milyang	24.3	245	11.7	24.9	200	15.1	27.3	277	12.9	26.6	263	12.8	26.3	261	12.8	24.5	338	10.4
Jinju	24.2	313	9.1	24.9	293	10.2	26.6	390	8.8	26.7	367	9.3	26.4	385	8.8	25.0	326	9.3
Average	24.0	283	10.1	24.6	270	11.4	27.1	353	10.3	26.4	326	10.5	25.5	327	10.3	24.4	320	9.4

T: Daily mean temperature(C) S: Daily mean solar radiation(cal/cm²/day) C: Climatic consumption index

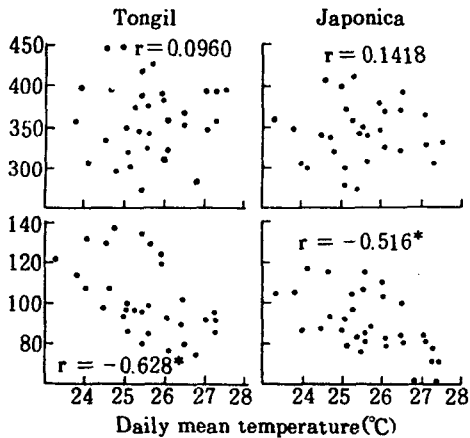


Fig. 3. Relationship between daily mean temperature during reproductive stage and number of spikelets per square meter and number of spikelets per square meter divided by daily mean solar radiation in different locations (1972-1977).

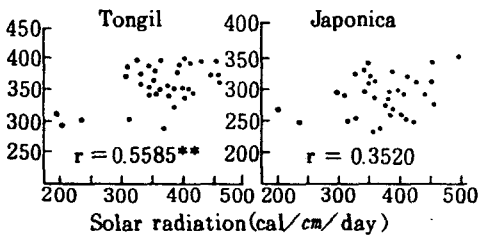


Fig. 4. Relationship between daily mean solar radiation during reproductive stage and number of spikelets per square meter in different locations (1972-1977).

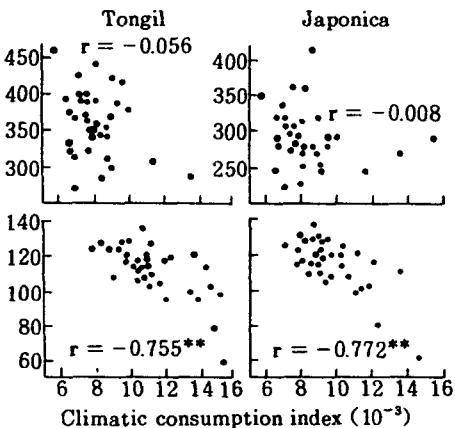


Fig. 5. Relationship between climatic consumption index during reproductive stage and number of spikelets per m^2 and number of spikelets per m^2 divided by daily mean solar radiation during reproductive stage in different locations (1972-1977).

程度로 最高에 達하고 그 後에는 下降하여 8月下旬 24°C 程度가 되고 있고 日射量은 7月初旬부터 7月中旬까지는 300Cal/cm/day 以下로 특히 7月中旬에 不足하였고 그 後에는 300cal 以上이었다.

氣象消耗指數는 7月上旬부터 8月中旬까지는 10 以上이며 그중 7月中旬에는 11.4로 最高에 達하였고 그 以下는 下降하여 8月下旬에는 9.4%이었다. 地域別로는 淸州, 密陽, 光州와 裡里 等地가 比較的 높은 傾向을 보였다.

3. 氣溫和 日射量이 穎花數 및 收量에 미치는 影響

穎花形成期間의 日平均氣溫和 m^2 당 穎花數와의 關係는 그림 3에서 보는 바와 같이 日射量의 變動이 있는 自然條件에서는 相關을 찾아 볼 수 없으나 같은 日射量下에서는 統一系 品種에서는 $r = 0.628^{**}$ 로 高度의 有意相關이 있었고 Japonica 品種에서도 相關이 認定되었으며 23°C에서 28°C 範圍內에서는 氣溫이 높아질수록 穎花數가 減少하고 있다. 同一期間의 日平均 日射量은 그림 4에서와 같이 많을수록 穎花數가 많은 傾向이며 統一系 品種에서는 高度의 有意性이 認定되었다.

氣溫和 日射의 相互關係에서 導出한 氣象消耗指數 (climatic consumption index)와 穎花數間에는 負의 相關傾向이 있었으며(그림 5) 특히 氣象消耗指數와 同一 日射量下의 穎花數間에는 高度의 負의 相關이 認定되었다.

한편 生殖生長期의 日平均 氣溫和 收量間에는 有意 相關이 없었으나 日射量과 收量間에는 統一系 品種에서 5%의 有意性이 認定되었고 氣象消耗指數와 收量間에는 負의 相關傾向이나 有意性은 認定되지 않았다 (表 4).

4. 氣象消耗效果의 適用性 檢討

氣象消耗指數算出에 있어서 限界溫度를 10%로 잡

Table 4. Correlation coefficients between meteorological conditions during reproductive stage and grain yield of two rice varieties (1972-1977).

Variety	Daily mean Solar temperature radiation	Climatic consumption index
Tongil	0.169	0.503*
Japonica	-0.179	0.236

*Significant at the 5% level.

Table 5. Comparison of correlation coefficients between climatic consumption index calculated with different basic temperature during meiotic stage and number of spikelets(1972-1977).

Location	10°C	12	14	16	18	20
Suweon	-0.872*	-0.875	-0.876	-0.878	-0.877	-0.881
Yuseong	-0.852	-0.856	-0.857	-0.859	-0.860	-0.863
Jinju	-0.840	-0.842	-0.843	-0.843	-0.845	-0.847

* All r values significant at the 1% level

Table 6. Comparison of correlation coefficients between number of spikelets of two rice varieties and climatic consumption index calculated by solar radiation (SCCI) and by sunshine hours(HCCI) during meiotic stage in different years (1972-1977).

Location	SCCI		HCCI	
	Tongil	Japonica	Tongil	Japonica
Suweon	-0.872*	-0.964**	-0.54	-0.70
Yuseong	-0.852*	-0.830*	-0.70	-0.68
Jinju	-0.840*	-0.825*	-0.78	-0.62

* : Significant at the 5% level.

Table 7. Comparison of correlation coefficients between number of spikelets per panicle and climatic consumption index during reproductive stage and meiotic stage in different locations(1972-1977).

Location	Reproductive stage		Meiotic stage	
	Tongil	Japonica	Tongil	Japonica
Suweon	-0.418	-0.573	-0.872*	-0.964*
Yuseong	-0.196	-0.166	-0.852*	-0.830*
Jinju	-0.115	-0.639	-0.840*	-0.825*

* : Significant at the 5% level.

은 妥當性을 檢討한 結果 表 5 와 같이 10°C~20°C 範圍內에서는 相關係數들 間에 有意差가 認定되지 않았고 日照時數보다는 日射量을 適用하는 것이 表 6 에서와 같이 妥當한 것으로 認定된다.

그리고 氣象消耗指數의 適用時期를 檢討한 바 表 7 에서와 같이 出穗前 35日에서 出穗期까지의 全 生殖生長期보다는 出穗前 15日부터 出穗期까지 適用하는 것이 妥當하였다.

考 察

短稈穗重型 統一系 品種은 現在의 標準栽培法下에서 栽培하였을 때 全國 平均收量은 10a 當 567 kg이

있으며 600 kg 以上の 高位收量 制限要因은 受容器官의 크기와 아울러 特히 內容物의 充填으로서 이에 關하여는 이미 많은 報告^{1,7,10}가 있다. 한편 日本型 品種으로는 同一栽培條件下에서 440 kg밖에 收量을 올리지 못하고 있으므로 收量을 制限하는 要因은 前者 즉 單位面積當 穎花數不足임을 알 수 있고 收量의 年次間 變異幅은 統一系 品種이 크게 나타났는데 이는 溫度反應의 差異에서 오는 結果로 보이며 이 點에 關하여는 일찌기 指摘되고 報告된 바⁴⁾ 있으며 米粒의 크기의 變異幅이 5% 內外로서 적으므로 水稻 收量은 單位面積當 穎花數와 登熟比率이 크게 影響한다고 생각되므로 이 兩者中 어느쪽이 收量을 制限하느냐는 品種의 特性과 아울러 栽培地에 따라 다르다고 볼 수 있으며 이는 環境條件 特히 氣象環境의 影響이 큰 것으로 指摘되고 있다.^{10,13} 穎花數는 出穗前에 決定되고 登熟은 主로 出穗後에 이루어지기 때문에 穎花數에 미치는 氣象效果는 營養生長期의 生長量과 生殖生長期의 穎花形成으로 나타나며 出穗期前後에 氣象環境의 相對的 重要度는 Sink size가 收量을 制限하느냐 않느냐에 달려 있으므로 우리나라의 水稻收量이 위에서 본바와 같이 穎花數에 依하여 크게 制限된다면 이 期間동안의 氣象環境에 相當한 問題가 있음을 알 수 있고 特히 生殖生長期의 高溫多雨寡照가 相當한 影響을 미칠 것으로 示唆된 바 있다.¹²⁾

本 研究에서 分析한 結果 7月에서 8月까지의 日平均 氣溫이 24°C에서 26°C 사이에 있으며 日射量은 250 乃至 370 Cal/cm²/day에 있어 日射量에 比하여 相當히 高溫임을 알 수 있었고 生殖生長期의 日射量은 많을수록 穎花數를 增加시키며 日平均 氣溫은 23°C에서 28°C 範圍內에서는 낮은 便이 穎花數가 增加하였는데 이는 最近의 여러 研究結果^{8,14,15}와 잘 一致하고 있다. 다만 이 期間中の 氣溫과 日射量이 收量과 直結되지 않고 있는 것은 收量이 穎花數 單要因에 依하여 決定되는 것이 아니기 때문이며 前述한 바 登熟不良이 關與하기 때문으로 推定된다. 그리고 高溫과 日射量 不足이 乾物生産에 不利한 影響을 끼치는 程度를 氣象消耗指數라고 假稱한다면 生殖生長期의 氣象消耗指數는 穎花數와 負의 相關關係가 있었는데 이를 算出함에 있어서 限界溫度는 10°C로 잡아도 無妨하나 日照時數보다는 日射量을 適用하는 것이 妥當하며 適用되는 時期는 全 生殖生長期間보다는 減數分裂期부터 出穗期 사이로 限定하는 것이 合理的임이 判明되었는데 이는 日照時數와 日射量은 반드시 比例하지는 않고 光合成에 關與하는 것은 光

energy 이기 때문이며 또 光合成과 呼吸의 均衡이 不利해지는 것은 同化葉面積이 最高에 達하고 所謂 Mutual shading의 惡影響이 이 期間에 나타나기 쉽기 때문일 것으로 判斷된다. 그리고 日射不足의 影響은 直接的으로 光合成作用의 低下로 나타날 것이고 高温의 害는 直接的으로는 高温에 依한 光合成組織의 老化和 葉面積의 減少 등을 招來할 것으로 보인다.

摘 要

生産基盤의 整備와 優良品種의 育成普及 및 栽培技術의 改善 등이 相當한 水準에 到達한 現在의 우리나라 水稻收量의 生産性向上을 爲하여 그 制限要因의 하나인 單位面積當 穎花數를 適正하게 確保코자 穎花數形成에 미치는 氣溫과 日射의 相互作用의 影響을 地域別로 分析하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 現在 우리나라 水稻收量を 크게 制限하는 要因은 穎花數와 登熟比率이었으며 統一系 品種은 登熟比率이, 日本型 品種은 穎花數不足이 더 크게 影響하였다.

2. 單位面積當 穎花數는 生殖生長期의 日射量이 많을 수록, 日平均 氣溫은 23℃에서 28℃ 範圍內에서는 낮을 수록, 그리고 氣象消耗指數가 작을 수록 增加하였다.

3. 氣象消耗指數를 算出함에 있어서 限界溫度는 10℃를, 日照時數보다는 日射量을 適用하는 것이 合理的이었다.

4. 穎花數에 미치는 氣象消耗指數의 影響은 全 生殖生長期에 비해 出穗前 15日間에서 컸다.

引 用 文 獻

1. 安壽奉(1973) 水稻登熟의 品種間 差異와 그 向上에 關한 研究, 韓國作物學會誌, 14:1-40.
2. 崔鉉玉·裴聖浩·李鍾蕓(1965) 水稻의 生育收量에 關與하는 諸形質과 氣象要素와의 相關關係의 地域別 特異性의 比較. 韓國作物學會誌, 3:1-40.
3. 大後美保(1945) 朝鮮に於ける 稻作의 豐凶と 氣象との關係. 日本氣象の研究. 鮮倉書店.
4. 許 揮(1978) 水稻 Indica× Japonica遠緣交雜

品種의 生理生態의 特性에 關한 研究 — 特히 溫度反應을 中心으로 —. 農村振興廳 農事試驗研究報告書 20 (作物篇): 1-47.

5. 福井正·東交吾(1966) 水稻生産力 地帶別 收量構成 要素가 收量に及ぼす 影響力につして (經路係數の應用), 試驗研究資料 第29集, 農經統: 101-105.
6. 金七龍·李鍾蕓·鄭奎鎔(1973) 栽培時期移動에 따른 環境要因이 地地上部形質에 미치는 影響. 農事試驗研究報告 15 (1): 25-33.
7. 李殷雄(1971) 韓國水稻作의 氣象環境과 收量性에 關한 研究. 農振廳 農事試驗研究報告書 (作物篇): 7-31.
8. 松島省三·岡部俊·和田源七(1958) 水稻の炭素同化作用と稻作(2). 農及園 33 (4): 591-596.
9. _____·角田公正·眞中多善夫(1958) 水稻の登熟に及ぼす生育各期の氣溫, 日射量及び氣溫較差의 影響. 農及園 36 (6): 821-826.
10. _____·_____·田中孝幸·星野孝文(1963) 水稻收量의 成立原理とその應用に關する 作物學的研究. 第67報. 高收量成立原理의 探索と實證 (1) 日作紀 32:48-52.
11. 村田吉男·伊藤隆二·大田保夫(1967) 韓國における 稻作指導に關する 報告書. 海外技術協力事業團報告.
12. 野崎倫夫·原哲二郎·高島良哉(1961) 水稻收量豫測のための 基礎的 研究. 第一報 出穗期における 收量豫測要因의 檢討. 日作紀 29:207-209.
13. 武田友四郎·丸田宏(1955) 作物の互生代謝作用に關する 研究. IV. 水稻の登熟期における 種種의 同化器管의 稔實への 貢獻のしかた. 日作紀 24: 181-183.
14. Jajima, K. (1965) Studies on the physiology of crop plants in response to effects of high temperature. 1. Effect of high temperature on growth and respiration of crop plant. Proc. Crop Sci. 33:371-378.
15. Tsunoda, K. (1964) Studies on the effect of temperature on the growth and yield in rice plant. Bull Natl. Inst. Agriculture Sci. A, 11:75-174.