

찬물 흘려대기 논 의 水溫 分布에 따른 벼의 葉 展開 日數 및
主稈葉數와 出穗日數의 品種間 差異

尹成浩* · 尹鐘善** · 柳吉林** · 朴昶基** · 鄭根植**

**Varietal Differences in Days Required to Leaf Expansion,
Leaf Number on Main Culm, and Days to Heading
of Rice under Cold Water Flow System**

Seong Ho Yun*, Jong Sun Yoon**, Gill Lim Ryn**,
Chang Ki Park** and Gun Sik Chung**

ABSTRACT : To clarify the relationship between ambient water temperature and heading characteristics of rice (*Oryza sativa* L.), twelve of varieties rice were grown in a cold tolerance screening field where water temperature was controlled by continuous cold water irrigation system to test the cold tolerance of rice. When cold water was continuously irrigated with 5 cm of water depth, the water had stagnated for about three hours, and the water temperature increased gradually from inlet toward outlet in the experimental plot. The fluctuation of water temperature was well synchronized with that of ambient air temperature, and the water temperature near outlet became higher than the air temperature at the vegetative phase, while became lower at the reproductive phase of rice plant community. The leaf development rates on main culm increased by increased water temperature. The rice varieties, Fukuhikari, Sangpungbyeo and YR3486-16-2 were more sensitive than the others in the response of leaf development to water temperature. However, Janack and Milyang 42 were comparatively less sensitive to water temperature in leaf development. Janack and Paro-white rices required longer days to develop one leaf on main culm at reproductive phase than at vegetative phase. Varietal difference in days required to develop one leaf on main culm of rice plant was more distinctive at the reproductive phase when water temperature was relatively lower than at the vegetative phase with relatively higher water temperature condition. No difference was found between the growth phases, vegetative and reproductive, in the response of average leaf developmental rates to water temperature under the similar air temperature condition. The estimated average days required to develop one leaf on main culm decreased by 1.3 day by 1 °C increase in water temperature. Varietal differences in the total number of leaves on main culm depended upon the water temperature, in which the varieties such as Fukuhikari, Gwangmyeon-gbyeo, China 988, and YR3486-16-2 showed increased one leaf by increased water temperature, while Sobaekbyeo, Paro-white, Sangpungbyeo, Pungsanbyeo, Samgangbyeo, and Milyang 42 were kept at the same leaf number regardless of water temperature. However, the total leaf number on main culm and days to heading of Janack increased by increased water temperature. The other varieties showed the shortened days to heading by the increase in water temperature with noticeable varietal differences regardless of the variation in the total number of leaves on main culm.

Key words : rice ; water temperature ; cold tolerance ; leaf development ; total leaf number ; days to heading.

* 農業技術研究所 (Agricultural Science Institute, RDA, Suwon 441-707, Korea)

** 嶺南作物試驗場 (Yeongnam Crop Experiment Station, RDA, Milyang 627-130, Korea)

벼의 耐冷性 品種 選拔을 위한 檢定圃 施設에서 地下의 찬물을 管井을 통하여 揚水한 다음, 分散板을 사용하여 계속 흘러대기를 실시하게 되는데, 찬물이 흘러들어오는 지점과 그 물이 흘러 넘치는 지점간의 水溫 차이에 따라 出穗日數, 稈實比率, 稈長, 잎의 變色 등의 生育形質 變異를 다양하게 誘發시켜 系統 또는 品種에 대한 耐冷性を 檢定하게 된다.^{5,6)} 이들 形質 가운데 出穗日數는 主稈總葉數, 1葉展開 所要日數 등과 밀접한 관계가 있고, 主稈總葉數는 早生種이 晩生種에 비하여 적으며, 溫帶地方에서는 같은 品種이라도 일찍 심으면 늦게 심었을 때보다 많아진다고 알려져 있다.⁹⁾ 1葉展開 所要日數는 溫度가 낮아짐에 따라 늘어나며, 그 정도의 品種間 差異는 13 °C의 低溫에서 뚜렷하였고, 主稈總葉數가 비교적 많은 晩生種들이 早生種에 비하여 적은 경향이라고 하였다.⁹⁾ 그러나 耐冷性檢定 結果를 보면^{5,6)} Janack품종은 水溫이 상대적으로 낮은 조건에서 오히려 일찍 出穗되는 현상을 보여 대부분의 한국의 재배품종들과는 대조적이었다. 벼는 품종과 재배조건에 따라 主稈의 總葉數가 정해지고, 끝잎이 展開된 다음 出穗하므로 出葉速度는 出穗日數, 즉 生育期間과 밀접한 관계가 있다. 그러므로 품종별로 환경에 따라 정해지는 主稈總葉數와 生育時期別 1葉展開 所要日數는 出穗期의 早晚과 직접 관련된다고 볼 수 있다.

이 시험에서는 出穗特性이 각각 다른 12개 품종을 골라서 供試하고, 水溫과 出葉速度를 조사하여 耐冷性品種 育成에 기여할 수 있는 기초 정보를 얻는 한편, 水溫 上昇의 效果 등 재배적 조치에 의한 冷害 輕減 對策을 뒷바침할만한 자료를 얻고자 연구를 실시하였던 바 그 결과를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

이 시험은 1986년 嶺南作物試驗場 尙州出張所 (127° 56' E, 36° 26' N, 標高 285 m)의 耐冷性

檢定圃에서 실시하였다. 통일형품종인 삼강벼, 풍산벼, 원풍벼, 밀양42호 등과 Japonica 품종인 북광벼, 상풍벼, 소백벼, YR3486-16-2 등을 비롯한 한국 품종들과 도입품종인 Janack, Paro-white, China 988 등 12 개 품종을 공시하였다. 4월 15일에 보은절충못자리에 파종하고 39 일간 育苗하여, 5월 24일에 30×12 cm의 栽植距離로 한포기 1 苗씩 이앙하였다. 본논의 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=15-12-13kg/10a이었고, 질소거름은 요소로서 밀거름-새끼칠거름-이삭거름의 分施比率를 50-20-30%로 하여 사용하였으며, 인산은 전량 밀거름으로 용과린을 사용하였고, 칼리거름은 염화칼리로 밀거름 70%, 이삭거름 30%로 나누어 사용하였다.

시험구의 너비는 찬물流入口에서 排水口까지 9 m인데, 그 너비만큼 품종당 1열씩 이앙하여 亂塊法 3반복으로 전체 試驗區를 구성하였다. 冷水處理는 이앙후 20 일부터 水溫 13±1 °C의 찬물을 地下 管井을 통하여 揚水하고, 水溫의 上昇과 均平을 위하여 일당 貯水시켰다가 分散板을 거쳐 계속 흘러대기로 灌溉하는 방법을 成熟期까지 실시하였다. 다만 웃거름 시용시마다 각각 24시간씩 灌溉를 중지시켰다.

主稈總葉數는 冷水流入口에서 0.2, 4.3, 8.7m 떨어진 3 개 지점에서 3포기의 主稈葉을 조사하였으며, 水溫은 같은 지점에서 2반복으로 Pt 100 Ω 溫度感知器를 물깊이 5cm의 중간 위치인 地面에서 2.5cm 높이의 물 속에 설치하되, 나무로 틀을 만들어 고정시키고 햇빛을 가려주기 위하여 그 틀을 알미늄박지로 덮어씌웠다. 水溫의 측정 기록은 自動溫度記錄計 (아날로그식, ER186)로 계속하여 실시하였다.

結果 및 考察

1. 灌溉條件과 圃場內 水溫 分布

표1에서 보는 바와 같이 灌水深을 5cm하여 찬물 계속 흘러대기를 하였을 때, 灌溉水가 試驗區

Table 1. Cold water irrigation condition in the experimental plot.

Water source	Irrigation		Pondage	Inflow discharge	Discharge	Stagnation
	Area	Depth				
Ground water (13±1 °C)	77m ²	0.05m	38.85m ³	0.00353 m ³ s ⁻¹ (3.53ℓ s ⁻¹)	12.7 m ³ h ⁻¹	3.06 h

안으로 들어와 배수될 때까지는 약 3 시간이 걸렸다. 管井을 통하여 秒當 3.5 리터씩 揚水한 물이 分散板을 거쳐 試驗區에 流入될 때 水溫은 평균 13 ± 1 °C였다. 이러한 灌溉條件에서 벼 生育時期別 日平均氣溫과 水溫과의 관계를 冷水流入口에서 排水口까지 距離別로 보면 그림 1과 같다. 氣溫이 높으면 水溫도 높아지는 경향을 보였는데, 冷水流入口에서 排水口 쪽으로 거리가 멀어질수록 뚜렷이 높아졌다. 營養生長期에 冷水流入口 가까이에서는 氣溫上昇에 대한 水溫 上昇效率은 0.51로서 비교적 높지않으면서, 그 變異도 컸지만, 4.3 m에서는 0.81로 높아졌고, 排水口인 8.7m 지점에 이르러서는 1.05로서 氣溫보다 水溫이 높았으며, 그들 相互關係가 훨씬 밀접하였다. 그러나 生殖生長期에는 배수구 가까이에서도 氣溫上昇에 대한 水溫 上昇效率이 0.71로서 營養生長期보다

떨어졌으며, 중간지점(4.3m)에서도 0.57이었고, 冷水流入口 가까이에서는 氣溫의 影響을 거의 찾아볼 수 없었다. 이러한 결과는 生殖生長期에는 營養生長期보다 大氣溫度가 높지만 群落이 우거져 湛水面을 遮光시키므로^{3,4)} 논물의 日射 吸收量이 적었던 까닭으로 볼 수 있다.

2. 生育段階別 水溫에 따른 1葉展開所要日數의 品種間 差異

표 2에서 營養生長期와 生殖生長期와 生殖生長期에 水溫과 1葉展開要素日數와의 관계를 비교해 보면 水溫이 上昇함에 따라 1葉展開要素日數는 다같이 감소하는 경향이였다. 水溫에 따른 主稈葉의 展開速度는 품종간에 차이가 있었는데, 그중에서 水溫上昇의 효과가 크지않은 품종들은 Janack, 밀양42호, Paro-white, 광명벼 등이였고, 그 효과가 비교적 큰 품종들은 북광벼, 상풍벼, YR3486-16-2 등이였다. 한편 營養生長期에

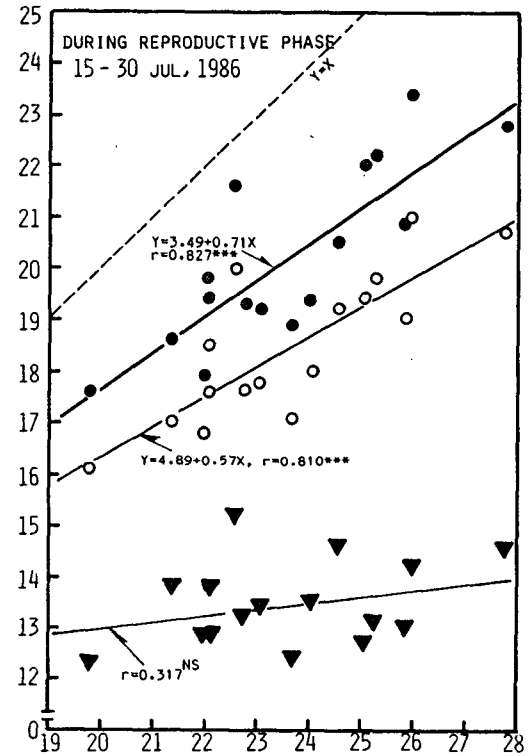
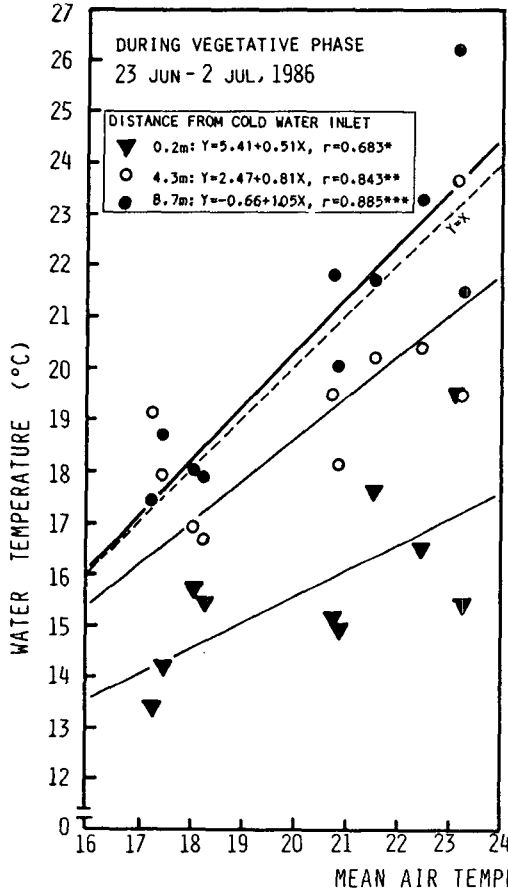


Fig. 1. Relationships between daily mean air temperature and water temperature by distances from cold water inlet in paddy field at various rice growth stages under cold water continuous irrigation condition.

Table 2. Effects of water temperature on number of days required to develop a leaf on main culm at various growth stages of rice varieties under cold water continuous irrigation condition.

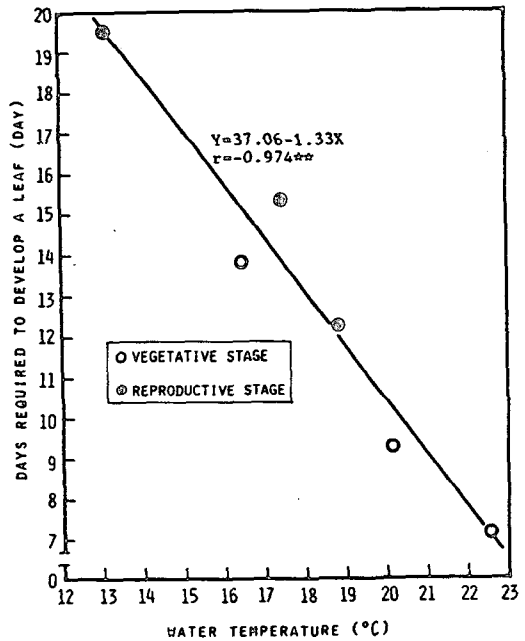
Variety	Days required to develop a leaf at water temperature(°C) during					
	Vegetative stage ^{a)}			Reproductive stage [#]		
	16.5	20.2	22.6	13.2	17.5	18.9
Samgangbyeo	12.5	8.3	5.0	16.7	16.7	10.0
Pungsanbyeo	12.5	7.1	5.6	25.0	16.7	12.5
Fukuhikari	16.7	10.0	8.3	16.7	16.7	16.7
Sangpungbyeo	16.7	12.5	7.1	16.7	16.7	16.7
Wonpungbyeo	12.5	7.1	6.3	25.0	12.5	12.5
Milyang 42	10.0	8.3	5.0	16.7	12.5	10.0
Sobaekbyeo	16.7	10.0	8.3	16.7	16.7	12.5
Gwangmyeongbyeo	12.5	10.0	6.3	16.7	12.5	10.0
Janack	10.0	8.3	6.3	25.0	25.0	16.7
YR3486-16-2	16.7	8.3	6.3	25.0	16.7	16.7
Paro-white	12.5	8.3	8.3	25.0	25.0	16.7
China 988	16.7	12.5	7.1	16.7	12.5	8.3
Average	13.8	9.2	7.1	19.5	15.3	12.2
CV(%)	19.4	19.7	18.6	21.0	24.2	25.4

^{a)} 25-30 June : air temperature was 22.1°C.

[#] 19-24 July : air temperature was 22.6°C.

비하여 生殖生長期에 1葉展開所要日數가 두드러지게 늘어난 품종들은 Janack, Paro-white 등으로 耐冷性이 인정되고 있는 것들이었다. 供試된 품종들의 生育段階別 水溫변화에 따른 1葉展開所要日數의 變異(CV)를 보면(표 2) 營養生長期에는 18.6-19.7 %였는데 비하여 生殖生長期에는 21.0-25.4 %로 커졌다. 水溫이 높아짐에 따른 1葉展開所要日數의 품종간 차이는 水溫이 높았던 營養生長期에는 작았고, 水溫이 비교적 낮았던 生殖生長期에는 커졌다. 이와같은 결과는 동일형 품종들의 氣溫에 따른 營養生長期의 1葉展開所要日數가 品種間에 차이가 있었으며, 그 變異의 크기가 高溫에서보다 低溫에서 컸다는 보고⁹⁾와 같은 경향이다. 灌水栽培를 하는 논벼에서 生育에 영향을 주는 周圍溫度는 주로 氣溫과 水溫으로서 이것들이 복합적으로 작용한다고 볼 수 있다. 따라서 地域別 灌溉水溫의 差異¹⁾와 벼 生育期間과의 관계를 구명하고, 灌溉水溫의 가능한 조절을 통하여 안전재배를 도모할 수 있는 방법을 모색할 수 있을 것으로 생각된다.

氣溫과 水溫이 같은 조건인 때에도 1葉展開所要日數가 生育段階에 따라 차이가 있는지를 확인하고자 營養生長期와 生殖生長期에 氣溫이 비슷한 期間을 골라 水溫에 따른 1葉展開所要日數를 조사하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 供試된 12 개 품종의 평균 1葉展開所要日數는 水溫이



Note: the mean air temperatures were 22.1°C at vegetative and 22.6°C at reproductive stage.

Fig. 2. Relationship between ambient water temperature and days required to develop a leaf with averaged values of varieties at vegetative and reproductive stage of rice.

13-23 °C 범위에서는 水溫이 올라감에 따라 1葉展開所要日數가 直線의으로 감소하여, 1 °C 上昇에

따라 1.3 日만큼 단축되어 出葉速度에 대한 水溫上昇의 效果가 뚜렷하게 나타났다. 氣溫과 1葉展開所要日數와의 관계에서는 分數函數方程式으로 표현되는 曲線關係를 보였지만⁹⁾, 이 試驗에서 水溫과의 관계에서는 直線으로 나타났다. 따라서 조절된 環境條件에서 出葉速度에 미치는 氣溫과 水溫의 相互作用을 검토하는 것이 바람직하다고 생각된다.

Yoshida⁷⁾에 의하면 벼 1葉展開 所要積算溫度는 營養生長期에는 약 100 °C이고, 生殖生長期에는 약 170 °C로서 生育段階에 따라 차이가 있다고 하였다. 일반적으로 알려지기는 벼가 營養生長期에서 生殖生長期로 轉換하는 徵兆의 하나로 出葉速度가 일단 느려지게 되는데, 이 시기를 “主稈出葉轉換期”라고 일컫는다²⁾고 하였다. 그러나 이 主稈出葉轉換期가 環境과는 관계가 없는 벼 고유의 生理的 特性인지는 확실히 밝혀지지 않았다. 그리고 벼의 出葉과 관련된 積算溫度는 大氣溫度를 일컫는 것이고, 水溫은 전혀 고려되지 않은 것이 일반적이다. 그러므로 벼의 生育段階에 따른 出葉速度의 명확한 차이는 벼의 群落形成過程과 관련된 氣溫과 水溫의 時期的 變化에 의하여 나타난다고 보는 假定은 성립될 수 있다. 벼의 初期生育期인 營養生長期에는 作物의 群落이 우거지지 않은 상태이므로 湛水面에 도달하는 日射量이 群落이 우거진 生殖生長期보다 많아서 水溫이 높다(그림 1). 李 등^{3,4)}에 의하면 논의 水溫이 氣溫보다 높아진 경우는 投光率이 40 % 이상인 때라고 하였으며, 投光率이 이보다 낮아지게 되면 水溫은 氣溫보다 낮아진다고 하였다. 이 試驗의 結果에서 氣溫은 비슷하고 水溫이 달라졌을 때 벼의 1葉展開 所要日數는 水溫에 따라 유의한 反應을 보였다. 그러므로 生殖生長期에 느려진 出葉速度는 營養生長期보다 水溫이 낮아진 것이 그 중요한 원인의 하나로 판단된다. 그러나 主稈出葉轉換期가 LAI와 관련된 投光率과 灌溉水溫과의 관계에 의하여 존재하게 되는 것인지, 아니면 植物體의 生理的 轉換期에 나타나는 특징인지에 대해서는 더욱 연구의 진전이 있어야 할 것이다. 한편, 平野地보다 溫度가 낮아 早生種을 재배하는 中山間地이상 高冷地에서 農業土木學의 水溫上昇策을 강구한다면, 出穗遲延에 의한 後期冷害를 방지할 수 있음은 물론, 中山間地에는 中生種을 도입하여 收量의 안정적 증대를 꾀할

수도 있을 것으로 본다.

3. 水溫에 따른 主稈總葉數와 出穗日數의 品種間 差異

供試된 품종들은 水溫의 차이에 의하여 主稈總葉數가 달라진 품종과 변화가 없는 품종으로 구분되었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 水溫이 높아짐에 따라 主稈總葉數가 1葉이 증가된 품종으로는 북광벼, 광명벼, China 988, YR3486-16-2 등이었고, 水溫이 달라졌으나 主稈總葉數에는 변화가 없는 품종들은 소백벼, 밀양 42호 등이었다. 한편, 이상의 품종들이 보여준 특성과는 다르게, 독특한 形質을 나타낸 품종은 Janack이었는데, 이 품종은 水溫이 한 단계씩 높아짐에 따라 主稈總葉數도 1葉씩 증가되었다.

벼 품종들의 主稈總葉數와 出穗日數와의 관계를 水溫과 관련지어보면 Janack을 빼고는 모두 水溫 상승에 의하여 出穗日數가 단축되었는데, 그 정도가 두드러진 품종들은 원풍벼로서 平均水溫 14.9 °C에서는 出穗되지 않았으나 18.9 °C에서는 108일, 20.8 °C에서는 92 일로 민감한 반응을 보였다. 이와는 달리 水溫이 낮아져도 主稈總葉數의 변화없이 出穗日數의 차이도 크지 않은 품종들은

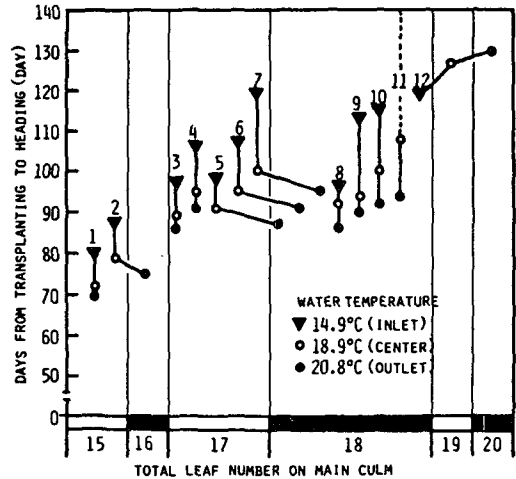


Fig. 3. Effects of water temperature on total leaf number of main culm and days to heading of 12 rice varieties under cold water continuous irrigation condition. 1. Sobaekbyeo ; 2. Fukuhikari ; 3. Paro-white ; 4. Sangpungbyeo ; 5. Gwangmyeongbyeo ; 6. China 988 ; 7. YR3486-16-2 ; 8. Pungsanbyeo ; 9. Samgangbyeo ; 10. Milyang 42 ; 11. Wonpungbyeo ; 12. Janack.

소백벼, Paro-white, 풍산벼 등 이었다.

벼의 出穗日數는 主稈의 總葉數와 그 翌의 展開速度가 氣溫, 水溫, 地溫 등의 周圍溫度에 따라 변하며, 그 경향과 정도는 品種間에 差異가 있음이 인정된다. 벼의 出穗 特性은 溫度와 日長 등에 대한 反應에 따라 달라지지만, 日長에 민감한 품종도 溫度의 지배를 크게 받는다는 것은 이미 알려진 사실이다.⁸⁾ Janack과 같은 특성을 가진 품종은 耐冷性 遺傳資源으로서 주목이 되고, 소백벼, 풍산벼, Paro-white 등은 遲延型 冷害에 견디는 특성을 가진 것으로 평가된다.

摘 要

灌溉水溫에 따른 벼 품종들의 出穗日數, 主稈 葉 展開 所要日數, 主稈總葉數 등을 조사하여 水溫과 벼 품종들의 出穗特性과의 관계를 구명하고자, 삼강벼 등 12개 품종을 供試하고, 찬물계속 흘려대기를 실시하여 同一 圃場 內에서 水溫의 차이를 둔 벼 耐冷檢定圃에서 試驗을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 湛水深을 5 cm로 하여 찬물계속흘려대기를 실시할 때 灌溉水 停滯時間은 3 시간 이었으며, 圃場 內의 水溫은 찬물流入口로부터 排水口를 향하여 거리가 멀어질수록 상승되었다. 대체로 氣溫이 높아짐에 따라 水溫도 높아지는 경향이었고, 排水口 쪽의 水溫은 벼의 營養生長期에는 氣溫보다 높았지만, 生殖生長期에는 낮았다.

2. 水溫 상승에 따라서 主稈葉의 展開速度는 빨라지는 경향이었으며, 품종별로는 북광벼, 상풍벼, YR3486-16-2 등은 민감하였으나 Janack, 밀양42호 등은 다소 둔감한 편이었다.

3. 營養生長期에 비하여 生殖生長期에 1葉展開 所要日數가 두드러지게 늘어난 품종은 Janack, Paro-white 등이었다.

4. 1葉展開 所要日數의 품종간 차이는 水溫이 높았던 營養生長期보다 상대적으로 水溫이 낮았던 生殖生長期에 컸다.

5. 氣溫이 비슷한 조건일 때 水溫의 차이에 의한 전체 供試品種의 平均 1葉展開所要日數의 營養生長期와 生殖生長期의 生育段階間 差異는 인정되지 않았으며, 水溫 13 °C-23 °C 범위에서는 1 °C 上昇에 따라 1.3 일만큼 감소하는 것으로

추정되었다.

6. 水溫에 따른 主稈總葉數의 增減은 品種間에 差異가 있었다. 水溫이 上昇됨에 따라 1 葉이 증가된 품종은 북광벼, 광명벼, China 988, YR3486-16-2 등이었고, 主稈總葉數의 변화가 없었던 품종은 소백벼, Paro-white, 상풍벼, 풍산벼, 삼강벼, 밀양42호 등이었다.

7. Janack 품종은 水溫의 상승에 따라 主稈總葉數가 증가되면서, 出穗日數도 늘어났지만, 그 밖의 품종들은 水溫 차이에 의한 主稈總葉數의 변화와는 관계없이 水溫 상승에 따라 出穗日數가 단축되었는데, 그 정도는 품종마다 달랐다.

引 用 文 獻

1. 金鯉烈·趙仁相. 1989. 地形과 灌溉條件에 따른 논의 水溫 및 地溫變化. 韓土肥誌, 22(1) : 12-17.
2. 李殷雄. 1987. 4訂 水稻作. 鄉文社. 서울. 354 pp.
3. 李定澤·鄭英祥·柳寅秀·金柄鑽. 1984. 水稻 群落內 溫度 및 光分布의 時期別 變化. 韓土肥誌, 17(2) : 108-113.
4. 李定澤·尹成浩·任正男·高見晋一. 1989. 熱 收支法에 의한 벼논의 水溫 推定. 한국환경농 학회지, 8(1) : 30-36.
5. 영남작물시험장. 1987. 1986년도 시험연구보고서(수도연구, 식물환경연구). 농촌진흥청 영남작물시험장. 밀양. 811 pp.
6. 영남작물시험장. 1986. 1985년도 시험연구보고서(수도연구, 식물환경연구). 농촌진흥청 영남작물시험장. 밀양. 805 pp.
7. Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. The International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines. 269 pp..
8. 尹成浩. 1987. 溫度 및 日長에 따른 벼(*Oryza sativa* L.) 品種들의 出穗反應에 관한 研究. 建國大 大學院 博士學位論文. 서울. 52 pp.
9. 尹成浩. 1986. 벼(*Oryza sativa* L.) 統一型品種의 溫度에 따른 營養生長期 主稈 出葉速度와 栽培時間 移動에 의한 主稈總葉數의 變化. 建國大 大學院 論文集, 22 : 537-547.