土壌温度が作物の生育に及ぼす影響

(第3報) 水稻の出葉速度と土壌温度との関係*

(第8報) 水稻体の部位温度と出葉速度との関係**

高村 泰雄・竹内 史郎・長谷川 浩

(京都大学農学部)

緒 言

水稻の出葉速度が大であれば、分けつ発現の時期が早まり、分けつ数を増大することは、同伸葉理論から明らかであり、また一方では早期に出現した分けつほど有効化しやすいことが知られている。したがって、生育初期における出葉の遅速は、穂数の確保の上から重大な意義をもつものと言えるが、片山¹⁾によると水稻の出葉速度は移植期・苗代日数・栽植密度・施肥量などの差異により殆んど影響されないとされている。しかし、植木²⁾は掛流しかんがいを行なった場合に、また木村³⁾は盛岡にて移植期を早めた場合に、出葉速度はそれぞれ対照区に比し劣ることを認めており、これらの事実は出葉速度が環境条件により影響され得ることを示している。

著者らは土壌温度が作物の生育に及ぼす影響研究において、水稻・小麦・燕麦・トウモロコシの出葉速度が、土壌温度により著しく影響されることを知ったが、本稿は水稻の出葉速度と土壌温度との関係について、第3報と第8報とを取りまとめたものである。なお、第1報“気温を異にした場合の土壌温度の影響”(第119回講演会にて発表)は本会記事にその詳細が掲載されていないが、そのうち出葉速度に関する項はここに併せて収録することとした。

(I) 気温および土壌温度の影響

水稻の出葉速度に及ぼす気温と土壌温度の影響を比較するため、30°C および 20°C の制御室内において、それぞれ 23°C および 28°C の小型土壌恒温槽を用い、水稻農林 17 号を栽培し出葉調査を行なった。播種は 1957 年 10 月 21 日に 30°C の室内にて行ない直径・深さとも 13 cm の小型ポットに 4 株 2 粒播とし、のち間引いて各 1 本立となし、10 月 26 日(葉令 0.9)より処理を開始した。肥料はポット当り 3 要素各 0.4 g 基肥とし、1 区 3 ポットを供した。結果は Fig. 1 に示す如くで、出葉速度は土壌温度により支配せられ、気温には全く影響されないことが明らかとなった。

Fig. 1. Effect of Soil Temperature upon the Increase of Leaves on Main Axis at Different Air Temperature Conditions.

Fig. 2. Effect of Soil Temperature upon the Increase of Leaves on Main Axis in Tillering and Jointing Stage.

(II) 生育時期による土壌温度の影響

実験方法 出葉速度に及ぼす土壌温度の影響が生育

* 昭和 34 年 4 月 2 日 第 123 回講演会に於て発表

** 昭和 35 年 10 月 15 日 第 128 回講演会に於て発表

時期により異なるか否かを知るため 1957 年および 58 年に、戸外において第 2 報⁴⁾に記載の大型恒温水槽 3 基を用い実験を行なった。ポットは直径 24 cm、深さ 30 cm のホーロー鉄器製で、1 ポット 2 株 1 本植とし、肥料は 3 要素各 1 g を基肥となし、N 0.3 gr を穂肥とした。なお、かんがい水深は 3 cm とした。

処理温度は両年とも 23, 28, 33°C とし、それぞれ L, M, H 区となした。土壌温度の変動は少なく、両年ともほぼ同程度で、いま、58 年度の土壌面下 5 cm の温度を示すと、L 区 22.4±1.1°C、M 区 27.8±0.4°C、H 区 33.1±0.4°C であった。なお、57 年度には 1 区 4 ポット、58 年度には 5 ポットを供試した。処理は活着をまつて開始し、処理期間を、57 年度は分けつ期と伸長期に、また、58 年度は分けつ前期と同後期に分けた。なお、伸長期および分けつ後期の影響を検するに当つては、それぞれ分けつ期および分けつ

Fig. 3. Effect of Soil Temperature upon the Increase of Leaves on Main Axis in the first and latter half periods of Tillering Stage.

前期に L・M・H 区で処理されたものを、ひきつづき同温度で処理するものと、他の温度で処理するものを設けた。いま、58 年度につき示せば Fig. 3 の如くである。

実験結果および考察

(1) 1957 年度実験

実験結果は Fig. 2 に示す如くで、土壌温度の出葉速度に及ぼす影響は分けつ期においては著しく、区間差は 1% 水準で有意であるが、伸長期においては区間に差を認め難く、また、図中には省略したが、伸長期に温度を転換した区と、しからざる区との間にも、分けつ期の処理温度にかかわらず有意の差が認められなかった。すなわち、土壌温度が出葉速度に及ぼす影響は分けつ期において認められる。

(2) 1958 年度実験

結果は Fig. 3 に示す如く、各区とも分けつ前期ならびに後期における主稈葉数増加の推移は直線的で、Table 1 に示すそれぞれの直線式によく適合する。

Table 1: Effect of Soil Temperature upon the Increase of Leaves on Main Axis for the Periods of the first and the latter half of Tillering Stage. In Formula $y=ax+b$, y shows Number of Leaves on Main Axis, a : Rate of Leaf Emergence, x : Days after Transplanting, b : Number of Leaves on Jul. 7 or Jul. 22. And parentheses denote the ratio of rate of Leaf Emergence.

The first half of tillering stage (Jul. 7~Jul. 22)	The latter half of tillering stage (Jul. 22~Aug. 6)
L: $y=0.17x+8.0$ (100)	LL: $y=0.14x+10.5$ (100)
M: $y=0.26x+8.0$ (153)	LM: $y=0.19x+10.5$ (136)
H: $y=0.31x+8.0$ (182)	ML: $y=0.11x+11.9$ (79)
	MM: $y=0.16x+11.9$ (114)
	HH: $y=0.20x+12.7$ (143)

図表からあきらかなように、出葉速度に及ぼす土壌温度の影響は分けつ前期、後期ともに認められ、前期では L, M, H 区間、後期では LL, MM, HH 区間および LL, LM 区間、MM, ML 区間で、ともに 1% 水準で有意な差があつた。次に分けつ前期と後期の影響の程度を Table 1 の各直線式の係数(出葉速度)の比数により比較すると、前期の区間差は L, M, H 区はそれぞれ 100, 153, 182 であるのに対し、後期ではそれぞれ 100, 114, 143 であり、LL, LM, ML 区もそれぞれ 100, 136, 79 となつていて前期における区間差の方が大である。したがって分けつ期には前期・後期ともに土壌温度の影響が認められるが、前期においてとくに著しいことが結論される。なお、土壌温度が分けつ前期より後期へと上昇する自然条件下において葉数増加が出葉転換期まで直線的であるとされているのは、Fig. 3 から明らかなように、分けつ前期 L 区と後期 LM 区は $y=0.175x+8.00$ なる直線式により示され得ることによつて理解される。

(III) 水稻体の部位温度と出葉速度との関係

実験方法 実験は硝子室内で行なつた。供試材料は水稻農林 29 号で、葉令 4.3 の幼苗を、1959 年 9 月 26 日に Fig. 4 の a または b のようにトタン製ポット(幅 5 cm、長さ 30 cm、深さ 15 cm)に 1 ポット 6 株、1 株 1 本植とした。活着をまつて 10 月 3 日(葉令 5.5)からこれを小型恒温槽(20°C および 30°C)中に浸漬し、かんがい水(20°C および 30°C)はギアポンプを用いて常時掛流した。その結果、処理方式 a の場合には、かんがい水によつて葉鞘部(A)が、恒温水槽によつて苗基部(B)と根部(C)が温度処理され、また b の場合には、かんがい水によつて葉鞘部(A)と苗基部(B)が、恒温水槽によつて根部

Fig. 4. Diagram of Apparatus

(C) が温度処理されることになり、結局、処理区は Table 2 のように 8 区となる。各区は 1 区制。なお、短日条件による影響を回避するため、100 W 電球 2 個による補光を行ない、15 時間日長とした。温度処理は 10 月 3 日より 21 日までの 18 日間とした。処理期間中の硝子室内 10 時気温の平均は 25.8°C で、また各部位の温度は各部位に近接した部分の水温または土壌温度で測定したが、所定の温度に対し $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 以内で経過した。なお、ポット当り施肥量は 3 要素量各 0.6 gr で土壌の量はポット当り約 4 kg であった。

実験結果 各区における処理終了時の主稈葉数および処理期間中における出葉数を示せば Table 2 の如くであり、また各区における出葉経過を示せば Fig. 5 の如くである。

いま、葉鞘部(A)の温度が出葉速度に及ぼす影響は、苗基部(B)と根部(C)がともに 20°C または 30°C の区においてそれぞれ検定することができる。すなわち、I 区と III 区および II 区と IV 区の比較から、

Table 2: Schematic Diagram of Treatment, No. of Leaves at the End of Treatment and Rate of Leaf Emergence

Part		Treatment							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Sheath (A)	H	H	L	L	H	H	L	L
	Base (B)	H	L	H	L	H	H	L	L
	Root (C)	H	L	H	L	H	L	H	L
No. of Leaves at the End of Treatment*		10.2	7.7	9.7	7.4	10.3	9.1	8.5	7.3
Rate of Leaf emergence(per day)*		0.28	0.13	0.23	0.12	0.27	0.20	0.14	0.11

Note; H: 30°C , L: 20°C

*Average values obtained from 6 plants.

A 部の温度の 10°C 差による主稈葉数の差はそれぞれ 0.5 および 0.3 であつて、その平均は 0.4 となる。同様にして根部 C については、V 区と VI 区および VII 区と VIII 区の比較から C 部の温度の 10°C 差による葉数の差はともに 1.2 となる。

次に B 部の温度効果については、実験区構成からも知れるように、B 部のみを特定温度によつて処理した区がないので、II 区と VI 区および III 区と VII 区の比較によつて B 部の温度効果を求めると 10°C 差による葉数の差は 1.2 および 1.4 となり平均値は 1.3 となる。したがつて各部位の温度効果すなわち各部位の温度が 20°C ~ 30°C の間で 10°C 変動することによる主稈葉数の変化は、葉鞘部 0.4、苗基部 1.3、根部 1.2 であつて、葉鞘部の温度効果は苗基部および根部のそれに比してはなほ小さいことが結論される。

以上各部位の温度効果の比較に当つては、各部位の温度効果がそれぞれ独立的であるとの推定にもとづいている。この推定は次に示す事実によつて導かれている。すなわち、I 区と III 区の葉数差と II 区と IV 区の葉数差とはよく一致しており、同様のことは II 区と VI 区の差と III 区と VII 区の差との間に、また V 区と VI 区の差と VII 区と VIII 区の差との間に認められるのである。

考察 出葉速度に及ぼす稲体各部位温度の影響は、葉鞘部に比し苗基部および根部において著しいことが明らかになった。いま、苗基部温度の影響につき考察

Fig. 5. Number of Leaves upon Main Axis

するに、清水³⁾は老朽化水田においては上位葉の発生時期に生長点の分裂活性が低下し、ために主稈葉数が減少することを認め、稲体栄養の観点から生長点の分裂活性と出葉の関係にふれているが、さらに温度的にも生長点の分裂活性および葉始原体の伸長は影響されることが推察される。したがって、生長点を内包する苗基部の温度はとくにその影響力が著しいであろうことが考えられる。しかし、本実験では処理期間中に出現した葉数は僅かに2~5で、それらの多くは処理開始前すでに分化を終っていたと推測されるので、区間に認められた出葉速度の差は、むしろ葉始原体の伸長に対する苗基部温度の影響のあらわれとみることができる。

なお、出葉速度に対する根部温度の影響は根による養水分の吸収・移行、根における蛋白合成などに対する影響を通じ、また、葉鞘部温度の影響は主として物質転流に対する影響を通じてそれぞれ栄養的な面から出葉に関与していることが考えられる。したがって、出葉の問題を検討するに当つては、生長点の分裂活性と葉始原体の伸長速度に対する温度的ならびに栄養的

な影響について、その機構をさらに明らかにすることが必要であろう。

結 論

水稻の主稈出葉速度に及ぼす土壌温度の影響は、分けつ期とくにその前半期において著しく、伸長期においては影響を認め難い。また、出葉速度に及ぼす稲体各部位温度の影響は、土壌中にある苗の基部および根部において著しく、水中にある葉鞘部においては比較的小さい。なお、気温の影響は殆んど認め得ない。したがって、水稻の初期生育の促進に当つては水地温の上昇は極めて重要であるが、とくに土壌温度の上昇の意義が大きいと結論される。

引用文献

- 1) 片山：稲麦の分けつ研究 養賢堂 (1951)
- 2) 木村・関口：日作紀 22, 65 (1954)
- 3) 清水：日作紀 27, 210 (1958)
- 4) 竹内・長谷川：日作紀 27, 241 (1958)
- 5) 植木・寺山：鹿大農学部報告 No. 3, 7 (1954)

Studies on the Effects of Soil Temperature upon the Growth of Crop Plants

(III) Soil temperature and leaf emergence of rice plant.

(VIII) Relation of temperature of several parts of rice plant to the rate of leaf emergence.

Yasuo TAKAMURA, Shiro TAKEUCHI and Hiroshi HASEGAWA

(Faculty of Agriculture, Kyoto University)

Summary

The effects of soil temperature upon the rate of leaf emergence in rice plant were investigated. The results obtained were as follows:

- 1) From the first experiment in which rice plants were grown with 23° and 28°C soil temperature in the air temperature-controlled conditions kept at 20 and 30°C respectively, it was recognized that the rate of leaf emergence were affected by the soil temperature and not by the air temperature (Fig. 1).
- 2) In the second one, plants were grown with 23, 28 and 33°C soil temperature by use of the constant temperature water tanks out of doors, and it was concluded that the effect of soil temperature upon the rate of leaf emergence differed according to the growing stage. Namely, it was much significant at the first half period of the tillering stage and not at the jointing stage (Fig. 2 and 3).
- 3) Finally, for the purpose of investigating the reference of the rate of leaf emergence to the temperature of several parts of plant, i. e., leaf sheath (A) in irrigation water, base of seedling (B) in soil, and root (C), the part A and (B+C) or (A+B) and C were exposed to the different temperature separately. These parts were treated with temperature of 20 and 30°C respectively (Fig. 4). According to the result of this experiment, it was cleared that the temperature of leaf sheath was less influential upon the rate of leaf emergence than those of base and root (Table 2, and Fig. 5).