

水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究第93 報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	星野, 孝文 松島, 省三 富田, 豊雄
巻/号	40巻2号
掲載ページ	p. 197-202
発行年月	1971年6月

水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究

第 93 報 苗代期の温度条件および窒素施肥条件の相違が
苗の各種特性に及ぼす影響*

星野孝文・松島省三・富田豊雄

(農林省農業技術研究所)

著者らは既報で^{2,7,9)}、幼苗期から成熟期までの種々の生育段階の水稲を、気温および水温の各種の組み合わせ条件下で、一定期間生育させ、その複合影響を調べ、気温および水温は稲の生育時期により影響力が著るしく異なり、ある時期には独立的に、またある時期は協同的あるいは相反的に働くことを明らかにした。本報では温度条件のほかに窒素施肥条件を組み合わせ、この条件下で水稲幼植物を生育させ、温度条件と栄養条件の二つの環境要因が、相互にどのように関連して水稲苗の生育に影響を及ぼすかを検討した。

試験方法ならびに材料

試験は 1967, 1968 両年に同一設計で実施した。試験区の構成は table 1 に示されているように、温度条件 6 段階、施肥条件 6 段階の全組み合わせで、合計 36 区である。供試品種は農林 25 号であり、育苗は 5000 分の 1 アール・ポットを用いて行なつた。まず風乾細土を浅床区は 1.7kg、深床区は 3.4kg ずつ秤量し、これに所定量の肥料を施用し、よく混和した。この土をポットに詰め（浅床区については深床区と播種面の高さを同一にするため、あらかじめポットの下層に無肥料の細土を詰め込み、さらにこの上をビニールフィルムで覆い下層への根の侵入を防いだ）、この上に催芽種子を 2×2cm の間隔で播種した（4月19日）。発芽をそろえるため初期はガラス室で管理し、葉令約 2.5

の時期（4月28日）より所定温に調節されている人工気象箱に移し、30日間温度処理を加えた。なお水深はほぼ 3cm とし、温度調節は所定温に対し ±1°C の範囲で行なうことができた。温度処理終了（5月27日）後ただちに苗をていねいに抜き取り、生育調査・形態調査を行ない、さらにこれを乾物とし乾物調査を行なつた。また地上部については体内成分の分析を行なつた。分析法は窒素をセミマイクロキルダール法、炭水化物をソモギー変法によつた。

試験結果および考察

1967, 1968 両年の試験結果はほぼ同一であるので、ここでは、1968 年の結果について述べる。

1. 葉令に及ぼす影響

fig. 1 は温度処理終了時に調査した苗の葉令を、窒素施肥条件別に図示したものである。苗の葉令進度は温度条件とくに水温による影響力が大きく水温 16

Table 1. The design of the experiment.

Temperature condition		Fertilizing condition			
Air-temp.	Water-temp.	Amount of nitrogen	Ddepth	Nitrogen concent.	Abbreviation
21°C	16°C	2 g	Shallow	2	2 S
	21°C		Deep	1	2 D
	26°C	5 g	Shallow	5	5 S
31°C	Deep		2.5	5 D	
31°C	26°C	10g	Shallow	10	10S
	31°C		Deep	5	10D
	36°C				

- Note 1. The amount of nitrogen means the amount of ammonium sulphate which was applied to one pot (a/5000).
 2. The soil depth was set up using a vinyl film, and the shallow depth means 10cm depth and the deep one means 20cm depth.
 3. The nitrogen concentration in soil means the proportional index of nitrogen concentration which is expressed by taking the treatment of 2-gram application of ammonium sulphate in 20cm soil depth as 1.
 4. In all plots 2 grams of superphosphate and 1 gram of potassium chloride were equally applied.
 5. The variety used in the experiment was Norin No. 25 which was one of the most popular variety in Kanto district.

* 昭和 45 年 12 月 26 日
受理,
第 145 回日本作物学会講
演会 (昭和 43 年 4 月)
において発表

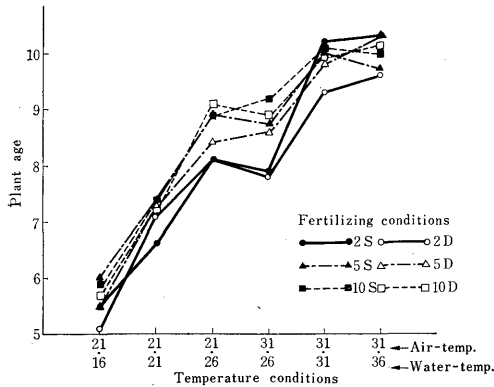


Fig. 1. Effects of temperature conditions and fertilizing conditions on the plant age.
Note: S.....Shallow soil depth, D.....Deep soil depth. 2, 5 and 10.....Amount of ammonium sulphate applied (g)

℃から水温 31℃ の範囲では、いずれの施肥条件区でも水温に比例して、ほぼ一定の比率で葉令が増加している。しかし水温 36℃ に至ると葉令の増加速度が鈍り、多肥区 (10S 区・10D 区) などでは水温 31℃ 区よりも減少している。一方窒素施肥量の影響は水温 16℃ から水温 26℃ までは増施により葉令が増加しているが、高水温条件 (31℃ および 36℃) 下では増施による葉令の増加はみられなくなる。また窒素施肥濃度の影響 (S 区対 D 区) は最低水温である 16℃ 区では、いずれの窒素施用量においても濃度が高い (S 区) ほうが葉令が進んでいるが、その他の水温区では一定の関係がみられない。このように葉令進捗は主として水温によつて影響されるが、これは苗の生長点が水中にあるため、葉令進捗が生長点付近の温度条件により強く支配されることが再確認された⁹⁾。しかし葉令進捗は生長点付近の温度条件だけで規制されているのではなく、他の環境要因例えば窒素施用量によつてもある程度影響される。

2. 草丈に及ぼす影響

草丈についての調査結果を図示したのが fig. 2 である。草丈は低気温条件 (21℃) 下では水温および窒素施用量に比例して増大しており、窒素施用量の増施効果は高水温区ほど著しい。一方高気温条件 (31℃) 下では水温が上昇しても必ずしも草丈は増大せず、窒素施用量と関連して複雑である。すなわち水温 31℃ 区は水温 26℃ 区に比較して窒素施肥量 2g 区と 5g 区は草丈が増大しているが、10g 区では逆に減少しており、水温 36℃ 区になると伸長が著しく抑制され、草丈は前述 2 区の 1/2 程度である。窒素施肥量

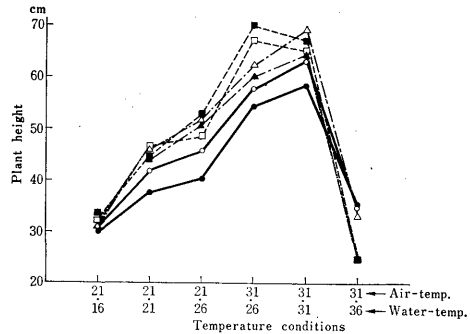


Fig. 2. Effects of temperature conditions and fertilizing conditions on the plant height.

の増施効果は、水温 26℃ 区では 2g から 10g までの範囲で明らかに認められるが、水温 31℃ 区では 5g 施用区までであり、水温 36℃ 区では増施により草丈が減少している。水温 36℃ 区で草丈が急激に低下した主な理由は、葉身が著しく短小となつたためであり、また水温区 31℃ および水温 36℃ 区で増施により草丈が減少した理由については、同様なことが乾物重においても認められるので、このことについては乾物重の項で一括して述べる。

3. 乾物重に及ぼす影響

地上部乾物重・根部乾物重についての調査結果を図示したのが fig. 3 である。地上部乾物重に対する温度条件の影響をみると、水温 16℃ から水温 31℃ までは、ほぼ水温に比例して増加しているが、水温 36℃ では急激に減少している。窒素増施による影響は温度条件によつて異なり、気温 21℃ 水温 16℃ 区では 2g から 10g の範囲で増施効果が明らかに認められるとともに、窒素施用量 2g 区と 5g 区では高濃度区 (S 区) で乾物重が増加し、10g 区に至ると低濃度区 (D 区) のほうが乾物重増加に有利となつている。つぎに気温 21℃ 水温 21℃ 区では高濃度区 (S 区) の増施効果は 5g で限界であるが、低濃度区 (D 区) では 10g まで増施効果が認められる。しかし施肥量 5g までは高濃度 (S 区) のほうが乾物の増加が優つている。気温 21℃ 水温 26℃ 区、気温 31℃ 水温 26℃ 区でも気温 21℃ 水温 21℃ 区とほぼ同様な傾向が認められ、施肥条件の影響が一層明瞭となつている。つぎに気温 31℃ 水温 31℃ 区では増施効果が認められるのは 5g までで、10g に至ると低濃度区 (D 区) でも明らかに悪影響がみられる。さらに気温 31℃ 水温 36℃ 区では増施および高濃度の悪影響が強くあらわれ、地上部乾物重の最高は 5g 低濃度区 (5D 区) で

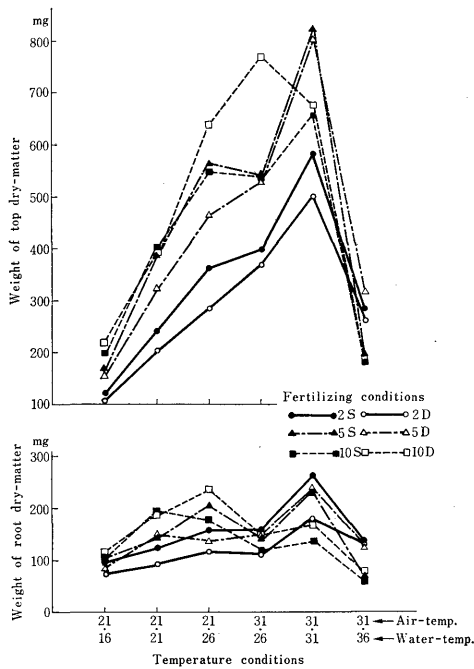


Fig. 3. Effects of temperature conditions and fertilizing conditions on the dry-matter of rice seedlings.

得られている。

つぎに根部乾物重に対する温度条件の影響をみると窒素施肥量 2g および 5g の各区については水温 16°C から水温 31°C までは、水温上昇に比例してほぼ漸増し、水温 36°C では急激に減少している。しかし 10g 施肥区では根部乾物重の増加は水温 21°C あるいは 26°C までであり、それ以上の高温条件下では減少している。根部乾物重に対する窒素施肥条件の影響については、ほぼ地上部乾物重と同様な傾向が見られ、水温 16°C 区および水温 21°C 区では増肥により根重が増加するが、水温 26°C 区では高濃度区 (S 区) は 5g が限界で 10g の施用量では低濃度 (D 区) にする必要が認められる。さらに水温 31°C 区では高濃度区 (S 区) は 2g、低濃度区 (D 区) は 5g が最高で、それ以上の施肥量・施肥濃度では悪影響がみられる。また水温 36°C 区では施肥量は 2g が限度である。以上の結果を要約すると地上部乾物重・根部乾物重ともに低気温低水温条件下では施肥量を多く、しかも施用濃度を高くすることが乾物重増加に有利であるが、温度が高い条件に向うにつれて多肥の悪影響があらわれるため、施肥濃度を低め、さらに施用量を減少させることが必要となる。なお多肥による悪影響は地上部よ

りも根部のほうが、やや低い温度や施肥量から現われる傾向がある。このように温度条件により乾物重増加の最適施用窒素量が異なる理由については、低温下では多肥・高濃度の状態で養分が与えられても、植物体への養分吸収量が少ないため⁹⁾、施肥量が多い条件が乾物重増加に有利であるが、温度が高くなるにつれて根の呼吸作用が旺盛になり、それに伴って養水分の吸収力も強まるが、一方では根圏の環境条件が悪化し、根の生理的活性に悪影響を及ぼしたり¹⁾、呼吸量の増大による同化生産物の消費増など種々な要因が温度条件・施肥条件と関連して働くため、温度段階により最適施用窒素量が違ってくるものと考えられる。

4. 地上部乾物重/草丈比率に及ぼす影響

苗の充実程度を示す指標とされている地上部乾物重/草丈比率を算出し、図示したのが fig. 4 である。低気温条件 (21°C) 下では水温が高いほど高い比率をしめし、施肥量についても増肥により比率が高まる傾向がみられる。施肥量が 2g あるいは 5g の場合は高濃度区 (S 区) が高い値を示し、10g では低濃度区 (D 区) で高い値をしめしやすい。一方高温条件 (31°C) 下では水温が高まるにつれて、この比率の最高値が得られる施肥条件が少肥・低濃度方向に変動している。すなわち水温 26°C 区では 10g 低濃度区 (10D 区) が最高値をしめし、ついで 5g 高濃度区 (5S 区) が高い値をしめしている。水温 31°C 区では 5g 高濃度区 (5S 区) が最高値をしめし、ついで 5g 低濃度区 (5D 区) が高い。さらに水温 36°C 区では 5g 低濃度区 (5D 区) で最高値が得られ、10g 施用区が最低値をしめす。ここで気温 21°C 水温 26°C 区と気温 31°C 水温 26°C 区 (水温は同一で気温が異なつた区) を比較してみると、後者で著しく減少する場合

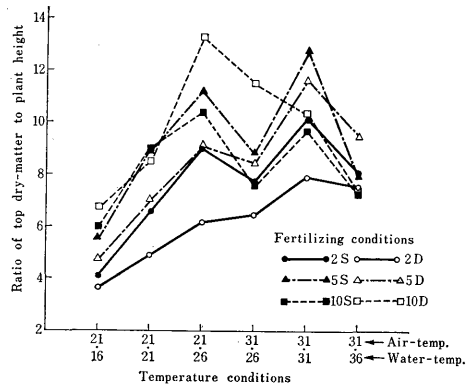


Fig. 4. Effects of temperature conditions and fertilizing conditions on the ratio of top dry-matter to plant height.

が多い。これは気温 21°C 区に比べ気温 31°C 区では草丈が伸びているにもかかわらず乾物重の増加が少ないため、苗を充実させるには低気温下で生育させることが有利であり、健苗育成のための一つの要点と考えられる⁹⁾。

5. 窒素および炭水化物含有率に及ぼす影響

苗の地上部に含まれる窒素および炭水化物の分析結果を fig. 5 にしめす。窒素含有率は温度条件よりも施肥条件の影響のほうが強く、いずれの温度条件下でも増肥区ほど含有率が高まっている。また施肥濃度の影響は高低両端の温度条件区 (16°C および 36°C) 以外は低濃度条件 (D区) 下で高い含有率をしめしている場合が多く、同様な現象は窒素含有量 (地上部乾物重×窒素含有率) についてもみられる。しかしこの理由については、この試験結果からは明らかにすることができない。

つぎに炭水化物は全糖・澱粉・酸加水分解性多糖類に分画定量したが、代謝作用に直接関与する炭水化物として全糖と澱粉の合計値を求めた。これに対する温度条件の影響をみると、水温 16°C から水温 26°C までは温度が高まるにつれて含有率が低下し、水温 26°C から水温 36°C の範囲では反対に温度が高まるにつれて含有率も高まっている。これは水温 16°C 区では澱粉含有率が著しく高く、一方水温 36°C 区では全糖含有率が高く、水温 26°C 区は両成分とも低い (しかし酸加水分解性多糖類は多い) ためである。このように温度条件により蓄積される炭水化物の種類が異なるのは炭水化物代謝に温度条件が強く影響しているためであり、注目すべき現象である。また水温 36°C 区以外では施用された窒素量が多いほど全糖+澱粉の含有率が低下する傾向がみられる。なお苗に含まれる窒素および炭水化物量は苗の発根力などと関係があり、これらが高い苗は発根力が強いとされているが⁴⁾¹⁰⁾、窒素施用量を多くすれば苗の窒素含有率は高まるが、全糖+澱粉の含有率は反対に低下するという現象がみられるため、窒素および炭水化物含有率をともに多くすることは容易ではない。しかし例えば窒素含有率が 2.5~3.5% の苗についてみると、その全糖+澱粉含有率は 3% から 10% までの変異がみられるので、温度条件および施肥条件の組み合わせを適正に行なうことにより、高窒素・高炭水化物苗が得られるものと期待される。

6. C/N 率に及ぼす影響

全糖・澱粉・酸加水分解性多糖類の合計値を全炭水化物含有率とし、これと窒素含有率との比率 (C/N

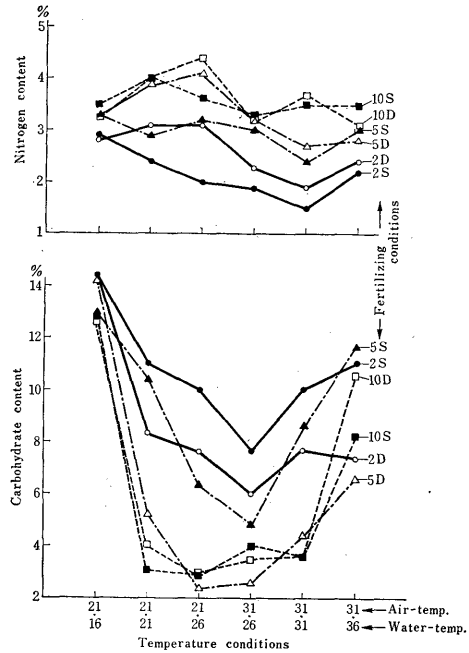


Fig. 5. Effects of temperature conditions and fertilizing conditions on the content of nitrogen and carbohydrate in rice seedlings.

Note: Carbohydrate in the figure includes the total sugar and crude starch.

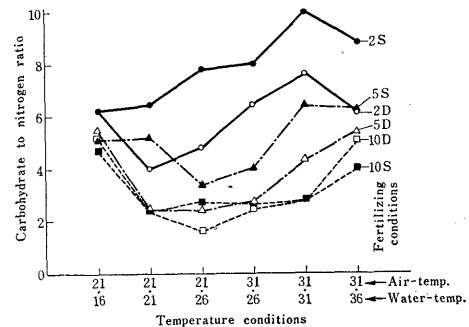


Fig. 6. Effects of temperature conditions and fertilizing conditions on the ratio of carbohydrate to nitrogen (C/N) in rice seedlings.

率) を求め、図示したのが fig. 6 である。C/N 率は温度条件よりも施肥条件の影響が強く、いずれの温度条件下でも増肥するにしたがつて、C/N 率が低下している。また施肥量 2g 区および 5g 区では濃度による影響がみられ、高濃度条件 (S区) で C/N 率が高まっている。一般に若い苗は窒素含有率が高く、苗が

成熟するにつれて窒素含有率が減り、炭水化物含有率が高まるという特長があるため、苗の生育にともなつて C/N 率は高まる傾向にある。したがつて C/N 率は苗の成熟程度をあらわす指標と考えられ、C/N 率により苗の適性が異なるとされている⁵⁾。しかし前述のように C/N 率は施肥条件によつても著しい影響を受けることが明らかとなり、葉令がほぼ同一な苗について比較すると、この比率は3~10までみられ、施肥法が健苗育成のための重要な鍵であることが再確認された。

摘 要

温度条件6段階・窒素施肥条件6段階の全組み合わせ条件下で、30日間水稲苗を生育させ、温度条件と施肥条件が苗の生育および諸形質に及ぼす影響について検討した。結果の概要はつぎのようである。

1. 葉令は水温による影響力が極めて大きく、水温が高いほど葉令は大きいが、その他の環境要因、例えば窒素施用量によつても影響される。
2. 草丈・地上部乾物重・根部乾物重・地上部乾物重/草丈比率などは、低気温低水温条件下では施肥量を多く、しかも施肥濃度を高くすることが、これらの増加に有利であるが、温度が高くなるにつれて多肥の悪影響があらわれるため、施肥濃度を低め、さらに施肥量を減少させることが必要となる。
3. 苗の窒素含有率は温度条件よりも施肥条件に強く影響され、施肥された窒素量に比例して増加する。
4. 苗の全糖+澱粉含有率は高低両端の温度条件下で高く、水温 26°C で最低となる。また水温 36°C 区以外では施肥窒素量が多いほど含有率が低下する。
5. C/N 率は温度条件よりも施肥条件の影響が強く、いずれの温度条件下でも増施するにしたがつて低下する。

引用文献

1. 馬場 赴 1958. 水稲の胡麻葉枯病及び秋落の発

生機構に関する栄養生理的研究, 農技研報 D 7 : 1—157.

2. 星野孝文・松島省三・富田豊雄・菊池年夫 1969. 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究 第 88 報 苗代期の気温・水温の各種の組み合わせ処理が同一葉令の水稲苗の諸形質に及ぼす影響. 日作紀 38 : 273—278.
3. ————・—————・—————・定文章 1969. 同 第 89 報 各種の気温・水温条件下で育成した苗の各種の気温・水温条件下での活着良否について (2) 葉令が同一の苗を移植した場合 日作紀 38 : 279—286.
4. 本多靖・白田純雄 1959. 水稲苗に関する生理生態学的研究. 日作紀 27 : 429—431.
5. 石塚喜明・田中明 1956. 水稲の生育相, 特にその栄養生理的特性の地域性について (第 2 報) 苗の質と本田移植条件の地域性. 土肥誌 27 : 47—49.
6. 松尾孝嶺・角田重三郎 1949. 水稲苗の素質 (予報) 本田窒素肥沃度に対する反応. 日作紀 18 : 74—77.
7. 松島省三・田中孝幸・星野孝文 1964. 水稲収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究 第 70 報 生育各期の気温・水温の各種の組み合わせが水稲の収量および収量構成要素におよぼす影響. 日作紀 33 : 53—58.
8. ————・—————・————— 1964. 同 第 71 報 生育各期の気温・水温の各種の組み合わせが水稲の生育およびその他諸形質におよぼす影響. 日作紀 33 : 135—140.
9. 高橋治助・柳沢宗男・河野通佳・矢沢文雄・吉田武彦 1955. 作物の養分吸収に関する研究. 農技研報 B 4 : 1 : 84.
10. 山田登・太田保夫 1957. 水稲苗の素質に関する研究. 日作紀 25 : 165—168.

Analysis of Yield-Determining Process and Its Application to Yield-Prediction and Culture Improvement of Lowland Rice

XCIII. Effects of different temperature conditions and fertilizing conditions during a nursery period on the growth and characteristics of rice seedlings

Takafumi HOSHINO, Seizo MATSUSHIMA and Toyoo TOMITA
(National Institute of Agricultural Sciences, Konosu, Saitama)

Summary

Combining 6 different temperature conditions (2 different air-temperatures \times 3 different water-temperatures) with 6 different fertilizing conditions (3 different levels of fertilizer \times 2 different fertilizing soil depths) as shown in Table 1, the authors set up 36 treatments and grew the rice seedlings for 30 days and examined the temperature and fertilizing effects on the growth and characteristics of seedlings. The results obtained can be summarized as follows.

1. The plant age (expressed by the number of leaves on the main stem) is much influenced by the water-temperature, and the higher the temperature is the more the plant age advances, but the plant age is also influenced to some extent by the fertilizing conditions such as the amount of nitrogen.

2. The plant height, the weight of top dry-matter and root dry-matter and the ratio of top dry-matter to the plant height (top/plant height ratio) increase all with the increasing amount of nitrogen as well as the increasing concentration of nitrogen in soil under low air and water-temperatures, while as the temperature raised the ill-effects of large amount of nitrogen on the growth of seedlings begin to appear, and as a result of it, under high temperature conditions it is necessary to decrease the amount of nitrogen as well as the concentration of nitrogen in soil for the favourable growth of rice seedlings.

3. The nitrogen content in rice seedlings is much more influenced by the fertilizing conditions than by temperature conditions, and the nitrogen content is almost parallel to the amount of nitrogen applied.

4. The carbohydrate (total sugar+starch) content in rice seedlings is very high in both the highest and the lowest temperature condition in the present experiment and it is very low at the treatment of 26°C in water-temperature, and it decreases with the increasing amount of nitrogen applied, except for the treatment of 36°C in water-temperature.

5. The ratio of carbohydrate to nitrogen (C/N ratio) in rice seedlings is much more influenced by fertilizing conditions than by temperature conditions, and the ratio decreases progressively with the increasing amount of nitrogen applied at any temperature condition.