

# 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 95報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	星野, 孝文 松島, 省三 松崎, 昭夫
巻/号	39巻3号
掲載ページ	p. 337-342
発行年月	1970年9月

# 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 95 報 窒素吸収制限処理が根の活力に及ぼす影響\*

星野孝文・松島省三・松崎昭夫

(農林省農業技術研究所)

前報で<sup>2,3,4)</sup>、多収穫を目的とした水稲栽培では、生育中期に窒素の吸収を制限することによって、過繁茂の防止と姿勢の調節をはかり、これによって受光態勢の改善を行なうとともに、倒伏抵抗性も強化され、さらに貯蔵炭水化物の増加により体質が改善されることが明らかにされた。しかし他面に、窒素制限は根の活力を低下させるという報告がある<sup>5)</sup>。そこで水耕栽培および土耕栽培の水稲について、生育中期の窒素吸収制限処理が、根の活力と培地の環境に及ぼす影響を調査した。

## 1. 培地に対する通気・窒素制限および低水温の組み合わせ処理が根の活力と培地環境に及ぼす影響

試験方法：供試品種 マンリョウ。5000 分の 1 アールポットにて礫耕栽培（3 月 29 日播・5 月 10 日植ポット当たり 3 本植）。生育前期（5 月 10 日～6 月 30 日）は培養液の窒素濃度を 20 ppm（培養液更新時）とし、無通気自然温（戸外放置）条件下で生育させ、7 月 1 日より培地の通気量・窒素供給量および水温条件を変え、各種の異なった根部環境条件下で生育させた。通気処理（A）は 7 月 1 日より成熟期まで 4 時間ごとに 1 時間の通気（ポット当たり毎分 1 l）を行なった。窒素制限処理（-N）は 7 月 1 日から 7 月 24 日までを無窒素とし、7 月 24 日以後成熟期までは 20 ppm の濃度とした。低水温処理（-T）は 7 月 1 日より成熟期までポットを 18～20°C の水槽に浸した。一方対照区は 7 月 1 日より成熟期まで培養液の窒素濃度を 20 ppm とし、無通気・自然温条件下で生育させた。なお、培養液の組成（各種要素の濃度）は、NH<sub>4</sub>-N 20, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10, K<sub>2</sub>O 25, CaO 5, MgO 5, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3, Si O<sub>2</sub> 150 ppm であった。ポット当たりの培養液量は約 2 l で週 2 回更新した。根の活力調査は窒素制限処理終了時と出穂期（8 月 13 日）に行ない、根の呼吸量・ $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力・窒素吸収率などを測定した。また穂ばらみ期より穂揃期にかけ 1 週間ごとに 3

回、培地の溶存酸素量・pH・Eh・遊離の硫化物含量を調査した。

試験結果：出穂期の根の活力を調査した結果が fig. 1. に示されている。 $\alpha$ -ナフチルアミン酸化力は通気処理による影響が大きく、通気区は無通気区の 3.6 倍（平均）の酸化力を示す。窒素制限による悪影響は通気区でのみ認められ、制限区（A-N-T, A-N）がその各対照区に比し劣っている。呼吸量は通気処理の影響、窒素制限処理の影響、低水温処理の影響がそれぞれ認められる。しかしもっとも強い影響を与えているのは通気の有無であり、次いで低水温処理の影響が強く、窒素制限による影響は最も少ない。窒素吸収

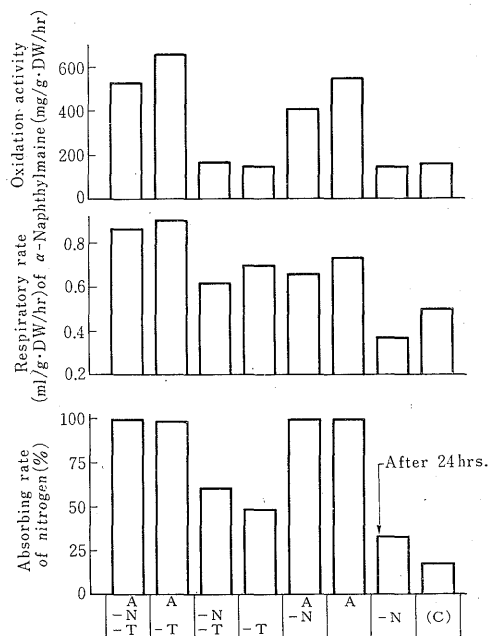


Fig. 1. Effects of the treatments of aeration, nitrogen deficiency and low-temperature on the physiological activity of roots of rice plants. (Potted plants under water culture.)

Note : A.....Aeration treatment, -N.....Nitrogen deficiency treatment, -T.....Low-temperature treatment, C.....Control.

\* 昭和 45 年 3 月 30 日受理

第 146 回日本作物学会講演会（昭和 43 年 10 月）において発表

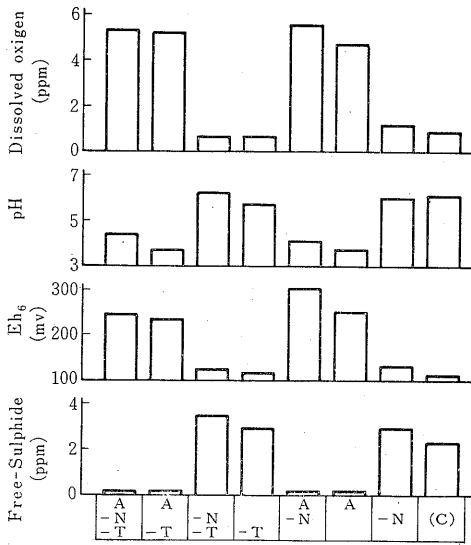


Fig. 2. Effects of the treatments of aeration, nitrogen deficiency and low-temperature on the condition of mediums. (Potted plants under water culture.)

率(培養液更新後24時間で培養液から吸収された窒素量より算出)も通気処理による影響が著しく強く、通気区はいずれの区も99%以上を吸収しているのに対し、無通気区は20~60%を吸収したのみである。一方窒素制限による影響は通気区では窒素制限区・無制限区ともに24時間後には99%以上が吸収されているが、無通気区では窒素制限区の吸収率(30~60%)が無制限区の吸収率(20~50%)よりやや優っている。

fig. 2. は出穂期の培地の状況を図示したものである。溶存酸素量・pH・Eh<sub>6</sub>および遊離硫化物ともに通気処理による影響が強く認められる。すなわち通気区はいずれも培地中の溶存酸素量が多く、酸化還元電位が比較的高いため、遊離の硫化物がほとんどみられないのに対し、無通気区は溶存酸素量が少なく、培地が強い還元状態となり多量の硫化物がみられている。つぎに窒素制限処理による影響をみると、窒素制限区では溶存酸素量・pH・Eh<sub>6</sub>がわずかに高い傾向が認められ、また遊離の硫化物は無通気区でのみみられ、窒素制限区は無制限区に比べてやや多くなっている。

以上のように、通気処理・窒素制限処理・低水温処理と根の活力および培地環境との関係を検討した結果、根の活力に対し、最も強い影響を与えたのは通気処理であった。これは通気処理により、培地が酸化的とな

り、遊離硫化物の生成が少なく、根の活力の低下が防がれた結果と考えられる。一方根の活力に対する窒素制限処理の影響は、根の単位乾物当たりの活力を示すα-ナフチルアミン酸化力・呼吸量については窒素制限区がやや劣り、株当たりの窒素吸収速度を示す窒素吸収率については、無通気区でのみ差異が認められ、窒素制限区が無制限区に比べてやや優っている。

## 2. 培養液に含まれる硫酸根の有無と窒素供給量との組み合わせ処理が根の活力・培地環境に及ぼす影響

試験方法: 供試品種 マンリョウ・直径 15 cm 深さ 50 cm の根群調査用特殊ポットにて礫耕栽培(5月20日播・6月27日植・ポット当たり3本植)。生育前期(6月27日~7月24日)は硫酸根を含む培養液を用い、これに窒素供給量の有無を組み合わせ、4種類の培養条件下で生育させた。無硫酸根処理は7月25日~成熟期とし、窒素中断処理は7月25日~8月15日、この期間は無窒素とした。窒素中断期間以外および対照区の窒素濃度は20 ppmとした。

根の活力および培地の調査方法は第1試験(前項)と同一である。

試験結果: 出穂期に調査した根の活力および培地の状況が table. 1. に示されている。α-ナフチルアミン酸化力は硫酸根の有無により強く影響され、無硫酸根区で強い酸化力を示している。また窒素中断処理により酸化力が若干増加している。呼吸量も硫酸根の有

Table 1. Combined effects of the absence of nitrogen and SO<sub>4</sub> on the physiological activity of roots as well as the condition of mediums.

Name of treatments	A	B	C	D	E	F
-N+SO <sub>4</sub>	130	0.7	6.4	213	0.9	3.5
+N+SO <sub>4</sub>	65	0.8	6.0	190	0.7	3.3
-N-SO <sub>4</sub>	851	1.5	5.5	219	0.8	0.6
+N-SO <sub>4</sub>	800	1.6	4.9	196	0.6	0.7

A.....Oxidation activity of α-Naphthylamine (mg/g·Dw/hr)

B.....Respiratory rate (ml/g·Dw/hr)

C.....pH

D.....Eh<sub>6</sub>

E.....Dissolved oxygen (ppm)

F.....Free-Sulphide (ppm)

無により強い影響を受け、無硫酸根区の呼吸量が多い。また窒素中断処理により呼吸量がやや少なくなっている。一方培地の状況は溶存酸素量は各区とも1 ppm以下で区間の差はなく、pHは硫酸根区で高く、無硫酸根区で低く、窒素中断区でやや高く、対照区でやや低い。Eh<sub>6</sub>は窒素中断区がやや高い。遊離の硫化物は硫酸根区が著しく高く、窒素中断による影響は明瞭でない。以上の結果を要約すると根の活力は培養液に含まれる硫酸根の有無によって強く影響され、一方窒素中断による影響は明瞭ではなかった。

3. 群落礫耕栽培区の根の活力と培地環境

試験方法: 供試品種マンリョウ, 群落礫耕栽培 (3月29日播・5月8日植・1区面積6.6m<sup>2</sup>・29.1株/m<sup>2</sup>・1株3本植)。試験区は生育中期の窒素供給濃度を5ppmに落とした区(5N), 無窒素にした区(-N)および対照区(30N)と5N区に通気処理を加えた区(5NA)の4区から成っている。培養液は第1試験と同一のものを使用した。table. 2. は試験区の窒素供給方法を示したものである。根の活力調査は窒素制限処理終了時(7月19日)と出穂期(8月7日)に行ない、培地環境の調査は7月11日より9月5日まで毎週1回行なった。

試験結果: 群落礫耕栽培区の出穂期における根の活力および培地の状況がtable. 3. に示されている。まず窒素制限程度の異なる5N区, -N区, 30N区について検討してみると、-N区はα-ナフチルアミン酸化力・呼吸量ともに最低であり、5N区・30N区にはほとんど差が認められない。培地の溶存酸素量, pHには3区間に差異は認められない。Eh<sub>6</sub>は-N区が最も低く、30N区・5N区の順に高くなっている。また遊離の硫化物は-N区が最も高く、次いで5N区30N区である。つぎに通気処理の影響(5N区と5NA区の比較)をみると、通気することによりα-ナ

Table 2. Scheme of nitrogen deficiency treatments in solution culture under community conditions. (Concentration of NH<sub>4</sub>-N, ppm.)

Name of plot	Date							
	8/V	18/V	10/VI	13/VI	20/VI	18/VII	22/VII	25/VII
5 NA	20	60	30	10	5	10	20	30
5 N	20	60	30	5	5	10	20	30
- N	20	30	30	0	0	10	20	30
30 N	20	30	30	30	30	30	30	30

Table 3. Relation of different levels of nitrogen supply and the aeration to the physiological activity of roots and the condition of mediums in solution culture under community conditions.

Name of plot	A	B	C	D	E	F
5 N A	705	1.0	4.3	362	1.7	0.6
5 N	423	0.8	6.1	258	0.5	2.1
- N	265	0.8	5.9	144	0.5	2.9
30 N	385	0.9	5.8	200	0.4	1.2

Note: A, B, C, D, E, F.....Same as in Table 1  
 5 NA.....5 ppm nitrogen and aeration treatment  
 5 N.....5 ppm nitrogen  
 -N.....No supply of nitrogen  
 30N.....30 ppm nitrogen

フチルアミン酸化力も呼吸量も大きくなるが、最も著しい差は溶存酸素・pH・Eh・遊離硫化物などに現われ、通気が培地の環境に好影響を与えることが認められる。

以上の結果より、生育中期に窒素中断を行なった-N区では、Eh<sub>6</sub>が低下するとともに、遊離の硫化物が増加し、培地環境が悪化したために根の活力が劣ることがわかった。一方窒素制限程度を無制限区(30ppm)の1/6に制限された5N区では、根の活力の低下はほとんど認められず、培地環境の悪化もかなり軽減されている。このように完全な無窒素状態では根の活力および培地の状況が悪化するが、低濃度の窒素が与えられれば、ほとんど悪化しないとみられた。さらに培地に通気が行なわれると培地環境が改善され、根の活力がよ一層高く維持されることが明らかとなった。

4. 水管理の相異が根の活力と培地環境に及ぼす影響

試験方法: 供試品種マンリョウ, 木耨による土耕栽培 (3月29日播・5月9日植, 1区2m<sup>2</sup>・29.1株/m<sup>2</sup>, 1株3本植)。試験区は生育全期間にわたって湛水した常時湛水区のほか、生育期間中の6月20日から7月17日まで約30日間干しを行ない、水分の供給制限により窒素の吸収を制限し、その後湛水した区、飽水程度にした区、間断灌水を行なった区から成っている。なお施肥法は全区間同一とし、基肥として硫酸75g, 過石140g, 塩加46g/m<sup>2</sup>を、追肥として7月18日と穂揃期にそれぞれ硫酸4g/m<sup>2</sup>を施

用した。

出穂期に根の活力と pH・Eh の調査を行なった。

試験結果: 調査の結果が table. 4. に示されている。根の活力は窒素吸収制限を行なわなかった常時湛水区が最も劣り、次いで中干湛水区・中干飽水区で中干間断湛水区が最も高い。土壌の Eh<sub>6</sub> は根の活力と同様な傾向が認められたが、特に中干間断湛水区で高いのが注目された。

以上の結果から、土耕栽培の場合には根の活力は水管理の方法により大きく影響され、根の活力を高く保つためには、土壌環境を酸化状態に保つような水管理方法が重要であることが再確認された。

Table 4. Effects of different kinds of irrigation methods on the physiological activity of roots and on the condition of mediums.

Name of plot	A	B	C	D
Control	135	0.3	6.9	138
Da	229	0.4	6.7	177
Db	335	0.6	6.4	232
Dc	338	0.7	6.0	442

Note: Control……Continuously submerged irrigation

- Da……Submerged irrigation after the drainage in middle growth period  
 Db……No water-logged but water-saturated after the drainage in middle growth period  
 Dc……Intermittent irrigation after the drainage in middle growth period  
 A, B, C, D……Same as in Table 1.

## 5. 土壌の相異が根の活力と培地環境に及ぼす影響

試験方法: 供試品種マンリョウ, コンクリート槽による土耕栽培 (3月29日播, 5月9日植, 1区面積 7.5 m<sup>2</sup>, 29.1 株/m<sup>2</sup>, 1株3本植)。試験区は対照区 (沖積土常時湛水区) の他に循環灌がいを行なった沖積土区, 重粘土区, 火山灰土区, 砂区から成る。この試験区の基肥および分けつ期肥の窒素はいずれも硝酸態窒素が施用してあり, 生育中期に無窒素の灌がい水と更新することによつて窒素の供給制限を行なった。

試験結果: 出穂期に調査した根の活力および培地の状況が table. 5. に示されている。根の活力は土壌の種類によりかなり異なり, 砂が最も高く, 次いで火山灰土, 重粘土の順で沖積土が最も低い。窒素制限を行なわなかった常時湛水区に比べ, 窒素制限を行な

Table 5. Effects of different kinds of soils and irrigation methods on the physiological activity of roots and on the condition of mediums.

Name of Plot	A	B	C	D
Control	80	0.4	7.1	139
CIA	110	0.4	6.8	145
CIH	231	0.5	7.0	252
CIV	424	0.7	6.9	330
CIS	549	0.8	6.0	254

Note: Control……Continuous submerged irrigation (Alluvial soil)

CIA……Circulating irrigation (Alluvial soil)

CIH……Circulating irrigation (Heavy clayed soil)

CIV……Circulating irrigation (Volcanic ash soil)

CIS……Circulating irrigation (Sand)

A, B, C, D……Same as in Table 1

た循環灌がい区はいずれの区も根の活力が高く, 特に透水性が良く, 窒素制限が強く行なわれた砂および火山灰土区の活力が高いことは注目される。このことは一般圃場では相当強い窒素制限処理を行なっても根の活力が特に低下することは少なく, むしろ水管理に注意し, 常に培地を適当な酸化還元状態に保つよう管理することが重要であるとみられた。

## 論 議

水稻の窒素栄養状態と根の活力に関しては, すでに多くの研究結果が報告されている<sup>1)5)7)</sup>。とくに岡島<sup>5)</sup>の研究は培地中の窒素欠乏が根の活力を低下することを指摘した代表的な研究の一つであろう。この研究は水耕条件で行なわれ, また窒素不足区はかなりの長期間窒素の供給を完全に停止している。岡島の報告とほぼ同一な結果は前述の1および3項の試験で得られ, 無通気・無窒素条件下では培地の遊離硫化物などが増加し, 培地環境が悪化し, 根の活力が若干低下している。しかし培地に通気が行なわれれば無窒素状態でも根の活力はほとんど低下せず, またごくわずかの窒素が供給されれば, 培地環境の悪化も少なく, 根の活力は低下しないとの結果も得られた。また土耕栽培 (4および5項の試験) では窒素制限処理による根の活力低下は全く認められなかった。これらのことにより, 現地で一般に行なわれる窒素制限処理では, 完全に窒素の吸収が中断されることはほとんどないと考えられることと, 窒素の吸収制限をする補助手段として, 現地では生育中期に徹底した中干しを行ない, その後は

間断灌がいなどを行なうのが一般的であるので、培地が酸化状態に改善されるものと考えられる。したがって、このような条件下では根の活力の低下は全くないものと考えられる。

つぎに高橋ら<sup>6)</sup>は、1時的に窒素の欠乏した稲はその後栄養条件を十分にした場合、旺盛な窒素吸収をすると同時に、リン酸および加里をも同時に多量に吸収すると報告しているが、1項の試験から出穂期の窒素吸収力は窒素制限区の方が強いという結果が得られた。したがって現地において、生育中期に窒素制限を行ない、しかも根の活力が高く維持されれば、生育後期に再び窒素が供給された場合、きわめて旺盛な養分吸収が行なわれる可能性も十分考えられる。

#### 摘 要

生育中期の窒素吸収制限処理が根に対していかなる影響を及ぼすかを知るために、水耕栽培および土耕栽培の稲について、根の活力と培地の状況を調査した。結果の概要は次のようである。

1. 水耕栽培では培地に対する通気および培養液に含まれる硫酸根の有無が根の活力に強く影響した。

2. 水耕栽培で完全な窒素中断を行なうと、培地環境が悪化し、根の活力がいくぶん低下したが、窒素供給量を通常の $\frac{1}{5}$ ～ $\frac{1}{10}$ 程度に制限しても、根の活力にはほとんど影響しなかった。

3. 土耕栽培では窒素吸収制限処理による根の活力低下は認められなかった。根の活力は土壌の種類、排水の良否・水管理の方法などに強く影響されるとみられた。

4. したがって一般の圃場（土耕条件）での窒素吸収制限では、完全に窒素が中断されることは少ない上

に、中干などによって培地に酸素が補給されるので、根の活力低下はないものと考えられる。

5. 窒素吸収制限後、再び窒素が十分供給されればきわめて旺盛な窒素吸収が行なわれるが、同時にリン酸および加里も多量に吸収される可能性もあると考えられた。

#### 引用文献

1. 馬場越 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 D7: 1—157.
2. 松島省三・和田源七・田中孝幸・星野孝文 1963. 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67報 高収量成立原理の探索と実証(1), 日作紀 32: 48—52.
3. 松島省三・和田源七・松崎昭夫 1966. 同 第74報 高収量成立原理の探索と実証(3), 同 34: 321—328.
4. 松島省三・和田源七・田中孝幸・山浦実 1968. 同 第82報 生育各期における無窒素処理が水稲の生育・収量におよぼす影響, 同 37: 175—181.
5. 岡島秀夫 1960. 水稲根群の生理機能に関する研究—とくに窒素栄養を中心にして. 農学研究所報 12: 1—146.
6. 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 B4: 1—83.
7. 山田登・太田保夫 1958. 作物の呼吸作用に関する研究, 第8報 水稲根の呼吸に及ぼす硫化水素及び数種有機酸の影響. 日作紀 27: 155—160.

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

XCV. Effects of nitrogen deficiency in the middle growth period  
on the physiological activity of roots of rice plants

Takafumi HOSHINO, Seizo MATSUSHIMA, and Akio MATSUZAKI

(National Institute of Agricultural Sciences, Konosu, Saitama)

*Summary*

The authors examined the effects of nitrogen deficiency in the middle growth period (69~92 in leaf-number index, 43~20 days before heading) on the physiological activity of roots of rice plants grown under water cultures as well as soil cultures. The results obtained can be summarized as follows.

1. In water cultures the physiological activity of roots increases with an increasing amount of aerated air and a decreasing amount of  $\text{SO}_4$  in the medium.

2. In case of the nitrogen supply being completely interrupted in water cultures, the physiological activity of roots considerably goes down on account of the medium being changed for the worse. However, in case of the nitrogen supply being reduced to one fifth or on tenth of an ordinary level, the physiological activity of roots scarcely goes down.

3. In soil cultures (under field conditions) nitrogen supply have also been controlled by using nitrate nitrogen and by drying up soil, but the depression of physiological root activity can hardly be recognized. The root activity seems to be influenced by the kinds of soil, facility of drainage and methods of watering.

4. Accordingly, the depression of physiological root-activity by nitrogen deficiency in the middle growth period can hardly be recognized under actual field conditions, because the nitrogen supply is completely interrupted only in very few cases and furthermore the soil in paddy field is commonly aerated by the practise of drying up soil in the middle growth period.

5. Sometimes it can clearly be recognized the phosphates and potash, not to speak of nitrogen, are absorbed the more by the plants in the period after the nitrogen supply is temporarily interrupted, as reported by the other authors.