窒素・炭水化物の消長が水稻の登熟に及ぼす影響*

平野 哲也・鎗 水 寿・小野寺守一

(東北農業試験場栽培第一部)

緒 言

水稻の収量構成要素中収量を支配する力が最も大きいのが稔実歩合であり、稔実の良否が稲作の可否を定める場合が多い。特に最近では窒素質肥料の多施に伴い不稔粒や粒粒の発生を多くみ、草出来の割に収量が少ない例を所々において見受けるようになってきた。水稻の登熟機構の解析については相見¹⁻⁵⁾、山田等^{58,59)}、松島等²³⁻³³⁾、長戸等³⁵⁻⁴³⁾；稔実歩合の決定される期間の環境条件と登熟との関係については加藤¹⁶⁾、長戸等^{35,38,39,40,41)}、松島等²³⁻³³⁾を初め多くの研究；水稻体の栄養と登熟との関係については馬場等⁸⁾、藤原等⁹⁾、高橋・村山等^{44,52-54)}、長戸⁴⁰⁾、戸刈・佐藤・玖村等^{18-20,49,56,57)}がある。

澱粉が出穂期まで茎葉特に稈基部に蓄積されそれ以降穂に移行する現象については片山¹⁵⁾が稈基重の減少と穂重の増加が対照的に行われること、野口⁴⁶⁾、石塚等¹²⁾は穂に蓄積される炭水化物の由来と集積の追求を行いこの現象を明らかにした。この転流する量は多くの研究者により 15~30% 位であり、出穂以降の同化生産物が穂により多く蓄積されることも明らかにされている。同化に関係の深い窒素質肥料の施用の最終時期は武田⁵⁵⁾は移植後 20 日頃、高橋⁵¹⁾は穂孕前まで、松木^{21,22)}、五島¹⁰⁾、岩槻¹³⁾を初め多くの研究は幼穂形成期頃までとしており、南部⁴⁵⁾は土壌によつては乳熟期頃、松尾³⁴⁾は出穂前 25~5 日頃の追肥が稔実をよくすることを論じているのを除き出穂期前後の追肥の効果を論じているのはみられず、石塚¹¹⁾、木村・千葉¹⁷⁾、大杉等⁴⁸⁾、春日井¹⁴⁾等の水耕による養分欠除試験でも出穂期以後の窒素の供給は無用であることを示している。

しかし乍ら最近嵐等^{6,7)}、荻原⁴⁷⁾、湖古⁵⁰⁾等は秋落水稲または暖地水稻についての試験結果から出穂期頃の追肥の効果を認め、また玖村^{18,20)}は登熟中の窒素が登熟に好結果を与えることを示し、松島^{30,33)}は出穂期の茎葉中の窒素含有率の低い稲については穂揃期頃の追肥がすぐれた効果を示すことを明らかにした。よつて著者等は寒冷地の平坦肥沃地帯における窒素の穂揃期における追肥効果を検討するため、体内養分主として窒素と炭水化物の追跡によつて究明し、併せて例年 10 アール当 900~975 kg 余の多収をあげている稲の稔実が極めてよいので、その多収獲稲についての解析をもあわせ行つた。

試 験 方 法

試験 I. 穂揃期追肥が登熟に及ぼす影響

1) 試験区 (施肥方法)

- ①基 肥 ②幼穂形成期に穂肥 ③穂揃期に追肥
④幼穂形成期・穂揃期に追肥

2) 供試品種：ギンマサリ (晩生種、根ぐされ抵抗性強)

農林 21 号 (晩生種、根ぐされ抵抗性中~弱)

3) 播種期：4 月 22 日水苗代、移植期：6 月 10 日

4) 栽植密度：m² 当 27.2 株 1 本植

5) 本田施肥量 (アール当 kg)

	堆肥	硫安	過石	塩加
基 肥	112.5	1.5	3.5	0.5
穂 肥		0.75		
穂揃期追肥		0.75		

6) 葉枯れ調査：主稈葉について発現日枯死日を調査

7) 化学分析法：常法による。

試験 2. 多収獲稲の登熟に関する研究

1) 供試品種：農林 41 号系

2) 播種期・移植期：

多収獲田 4 月 13 日播保温折束苗代、5 月 24 日植
(10 アール当 900~975 kg)

対 照 4 月 17 日播保温折束苗代、6 月 6 日植
(10 アール当 500 kg 余)

3) 栽植密度 (m² 当)：多収獲 22.84、対照 19.36

4) 施肥量と施肥法 (アール当 kg)

多収獲田：堆肥 150 kg は耕起前、尿素 844 gr、重焼燐 1688 gr、塩加 1875 gr、骨粉 1875 gr を 5 月 6 日、9 日の 2 番耕・3 番耕時に分けて施肥；植代前に燐安加里 1500 gr；追肥は施さない。堆肥を除く成分量は N 784 gr P₂O₅ 1277 gr K₂O 1286 gr。

対照田：堆肥 110 kg は耕起前、硫加燐安 3000 gr、尿素 750 gr、過石 2813 gr、塩加 1013 gr を 2 番耕前；植代前に硫安 600 gr、過石 563 gr。堆肥を除く成分量は N 891 gr P₂O₅ 1069 gr K₂O 868 gr。

試験結果と考察

I. 穂揃期追肥が登熟に及ぼす影響

1) 各葉の平均生存日数

主稈葉第 7 葉より止葉まで

第 1 図 主稈葉の生存日数

* 昭和 35 年 3 月 31 日 第 127 回講演会に於て発表

第2図 窒素含有率の消長

の各葉の生存日数を平均したのが第1図であり、両品種とも無追肥区に比べて追肥区では明らかに生存日数が長い傾向を示している。生存期間は両品種とも追肥により延長され、穂肥が穂揃期追肥より長くする効果大きく、両者の累積効果は僅かに認められる程度である。

2) 体内成分含有率の消長

i) 窒素含有率 第2図にみられるように葉身、葉鞘+稈ともに追肥により、その後のN%がやや高く推移するが、成熟期にはほぼ無追肥区と変わらない値を示し、両品種とも穂肥+穂揃期追肥区がやや高い値を示した。

ギンマサリは農林21号に比べて穂揃期以降のN%はやや高く、またN%の減少もゆるやかに推移している。①～④の各区についてギンマサリの葉の生存日数は農林21号より5日以上も長く、成熟期にはギンマサリの生存葉3枚位、農林21号2枚位であり、これは両品種の葉身のN%の推移とその差よりも裏付けられる。

ii) 澱粉+全糖含有率 第3図に示されるように両品種とも穂肥区、穂肥+穂揃期追肥区の穂揃期における含有率の低いのはN%との関連において当然のことと思われる。両品種とも穂揃後20日までに急激に穂への転流が行われるが、穂揃後20日以降成熟期に至る間農林21号の含有率はギンマサリより低い値を示している。成熟期における残存澱粉量は穎花の着生数の少ない無追肥区、穂揃期追肥区が多く、農林21

第1表 収量調査成績

品種	試験区	項目	玄米重 kg	屑米重 gr	玄米千粒重 gr
ギンマサリ	無追肥		44.9	108	23.4
	穂肥		52.9	127	22.5
	晩期追肥		44.9	112	23.6
	穂肥+晩期追肥		52.8	131	22.8
農林21号	無追肥		45.2	106	21.7
	穂肥		53.5	130	20.8
	晩期追肥		47.3	114	22.0
	穂肥+晩期追肥		52.8	131	20.7

第3図 澱粉+全糖含有率の消長

にも達し、穂肥処理により一穂穎花数が増え全粒が稔実するに至らず屑米の増加がみられたものと思われる。穂揃期追肥区の屑米重は穂肥を施した区に比べてはるかに少なく、無追肥区よりはやや大きい値を示す。

玄米千粒重は両品種とも穂肥区、穂肥+穂揃期追肥区が無追肥区に比べて軽く、穂揃期追肥区は無追肥区より僅かに重く、穂揃期追肥の効果のみとめられる。穂肥を施した区の千粒重が軽いのは穎花数が増えたことと関連しているものと思われる。

玄米重はアール当窒素成分 0.3 kg という小肥条件で育った稲であるため、穂肥による穎花数増加の効果著しく、穂肥、穂肥+穂揃期追肥の両区が大きい値を示し、穂揃期追肥区がこれに次ぎ、ついで無追肥区となつている。

4) 考 察

基肥の少ない状態で生育した稲の幼穂分化期におけるN%は極めて低く、したがって穂肥によつて穎花数が増え玄米重も多くなる。穂揃期追肥は登熟期間中のN%を高め登熟をよくすることが認められるが、穎花数が少ないので収量では穂肥区に及ばなかつたものと思われる。

①～④の各区の玄米重、屑米重、千粒重の差は、各時期における下葉の枯れ上り状態、生存葉の多少、体内成分の消長等にも由来しているように推察される。

なお供試した両品種とも大局的には炭水化物、窒素共ほぼ同じように推移するが、細部については多少異なる傾向を示し、その僅かの差が稔実歩合等に若干影響を与えているもののようにも推定されるが、多数の品種に

第4図 多収穫稲の m^2 当り乾物重の推移

号では穂揃期追肥により穂揃20日以降の含有率の上昇が顕著にみとめられる。

3) 収量調査

アール当玄米重、屑米重、玄米千粒重についてみると第1表に示されるように、屑米重では無追肥区にくらべて穂肥区、穂肥+穂揃期追肥区では、その値が2～3倍

第5図 多収穫稻の窒素含有率の消長

ついてさらに検討を要する。ギンマサリが農林21号よりややまさる稔実歩合を示したことにつき次のような推察がなされる。根の活力大→穂揃期後のN%大→葉枯れ少、生存葉多く、生存日数も長い→炭素同化作用力大→茎葉から穂に移行する炭水化物多い→登熟良好。

II. 多収穫稻の登熟に関する研究

1) 乾物重の推移

多収穫田と対照田の栽植密度が異なるので m^2 当りの乾物重についてみると第4図に示すとおりであり、多収穫稻が面積当乾物重においてかなりまさることを示している。

2) 窒素含有率・面積当り吸収量の消長

第5図にみられるように葉身、葉鞘+稈ともに多収穫稻は対照区にくらべて幼穂形成期では0.5%余も低い値を示しているが、穂揃期にはほぼ同じ、それ以降においては逆に含有率がまさる値を示しており、これは多収穫稻の生存葉多く生存日数が長いこともその一因をなしているものと思われる。両区とも面積当りの吸収量についてみると第6図に示されるように多収穫稻が対照区より多く推移し、葉身、葉鞘+稈ともに減少し穂に移行するのがみられる。両区とも成熟期まで吸収量は増加しつづけ窒素が吸収されていることを示している。

3) 澱粉+全糖含有率・面積当り絶対量の消長

多収穫稻、対照区とも含有率は第7図に示すように葉身、葉鞘+稈、穂ともほぼ同じような傾向を示しているが、葉鞘+稈では多収穫稻は幼穂形成期より穂揃期まで急に増加し、以後下降して穂揃20日以降急増の傾向を示すのに対し、対照区においては幼穂形成期より穂揃期までゆるやかに増加、その後の下降も多収穫稻に比べてゆるやかな傾向を示している。穂揃期、成熟期における葉鞘+稈の含有率は多収穫稻がかなり高い値を示している。

第7図 多収穫稻の澱粉+全糖含有率の消長

第6図 多収穫稻の窒素吸収量の推移

期にかけて急激な蓄積をみ、その量も対照区よりやや多く、以後の穂への移行も多く、また転流後の再生産も多収穫稻がまさる値を示している。

4) 稔実調査

第2表に示されるよう

第8図 多収穫稻の m^2 当り澱粉+全糖量の推移

に多収穫稻は稔実歩合が約5%も高く、したがって不完全粒特に不稔粒歩合が低い。

第2表 稔実調査 (%)

項目	稔実粒	秕粒	不稔粒	秕+不稔
区試験				
多収穫	85.47	8.28	6.25	14.53
対照	80.31	9.33	10.35	19.68

5) 考察

対照区水稻と比較した多収穫稻の特徴は、穂揃期以降のN%のゆるやかな下降、また穂揃期における全糖+澱粉の蓄積が多いこと、その後の急激な転流と再生産、これ等が直接間接的に下葉の枯れ上りを少くし、成熟期における生存葉(多収穫稻で3.0~3.5葉、対照田で2.0~2.5葉位)多く、葉の生存期間が長いこと等が総合されて登熟をよくしているもののように推察される。

結 語

本試験の結果から出穂前の稲体内の体内養分とそれに伴う生存葉数、穎花数の多少、出穂後の同化能力の大小等の関係が若干明らかにされ、窒素の極めて低い稲については穂揃期追肥が登熟により結果を与えるが、それ以上に穂肥による穎花数の増加が稔実粒数を多くし、収量をも増すように働くことが明らかになったものと思われる。反面N%の高い稲に穂揃期追肥を行うと、むしろ窒素過多の害として登熟を悪くし、クビ・シコウイモチ病等を誘発し、倒伏を助長すること等も推察されるので、これ等についてはさらに検討を要するものように思われる。

両試験を通じて穂揃期のN%の低い稲は炭水化物の蓄積も多く、一穂穎花数の少ないことと相まって稔実歩合は高く、反面穂肥を施すと一穂穎花数が多くなり、不稔・秕がふえる傾向がみられる。また多収穫稻は対照区に比べ穂揃期まではむしろN%が低く炭水化物含有率がやや高いような経過を辿り、これが[I]試験からも推定されるように登熟をよくする一因をなしているものように思われる。また多収穫稻は穂揃期追肥を施したのと同じように穂揃期以降生存葉多く、生存日数長く、成熟期においても茎葉中にかなり炭水化物が残る位に同化が旺盛に行われていること等は登熟をよくする上に効果があるものといえよう。水

面積当りの絶対量についてみると、第8図に示されるように多収穫稻の葉鞘+稈中では幼穂形成期より穂揃

耕, 砂耕等により稲体のN%をこのように調節したとしても, 稔実がよくなるかどうかは今後の検討にまたねばならない.

摘 要

- (1) 寒冷地の平坦肥沃地帯における窒素質肥料の穂揃期追肥の効果, 並びに多収穫稲の稔実のよいことを窒素・炭水化物の消長より究明した.
- (2) N%の低い稲については穂揃期追肥の効果はやや認められるが, このような稲は穂肥による穎花数の増加が増収に役立つものと思われる.
- (3) 穂揃期追肥により葉身, 葉鞘, 稈中のN%が高まり, 葉の生存日数も長くなる.
- (4) 供試したギンマサリは農林21号にくらべて根腐れ抵抗性強く, 葉の生存日数長く生存葉もやや多く, したがってN%もやや高く炭水化物の生産も多く行われているようであり, これ等の総合としてギンマサリは農林21号より登熟がややよいように推察される.
- (5) 例年10アール当 900~975 kg の収量を示す多収穫田の稲の稔実が極めてよいので 500 kg 余の収量を示す稲を対照として試験し次のことが明らかになった.
- (6) 多収穫稲は収穫時期の生存葉数が多い.
- (7) 多収穫稲の穂揃期における炭水化物の蓄積多く, その後の転流, 再生産も著しい.
- (8) 穂揃期までは対照区にくらべてN%はむしろ低く, その後は高く推移する.
- (9) 面積当り乾物重, 窒素吸収量, 澱粉+全糖量いずれも多収穫稲がやや多く推移する.

引用文献

- 1~5) 相見等: 日作紀25(2), 26(3), 26(4), 27(4) (1956~59)
- 6) 嵐等: 九州農業研究 6 (1950)
- 7) 嵐: 日作紀 23(1) (1954)
- 8) 馬場等: 日作紀 22 (1~2) (1953)

- 9) 藤原等: 土肥雑 22 (2) (1951)
- 10) 五島: 農及園 19 (2) (1944)
- 11) 石塚: 農化誌. 8 (1933)
- 12) 石塚・田中: 土肥雑 23 (2), 23 (3), 25 (4), (1952~54)
- 13) 岩槻: 農及園 17 (7) (1942)
- 14) 春日井: 東大土肥教室報告 1 (1939)
- 15) 片山: 日作紀 18 (1) (1949)
- 16) 加藤: 日作紀 5 (3) (1933)
- 17) 木村・千葉: 土肥雑 12 (1) (1938)
- 18~20) 玖村: 日作紀 24(3)24(4)25(4) (1956~57)
- 21) 松木: 水稻の肥培 (1943)
- 22) 松木: 綜合肥料学 (1947)
- 23~32) 松島等: 日作紀 24 (4), 25 (1), 25(4), 26(1), 27(1), 27(2), 27(4), 28(1), (1956~59)
- 33) 松島: 農技研報告 A 5 (1957)
- 34) 松尾: 農及園 23 (7, 8), (1941)
- 35~42) 長戸等: 日作紀 12 (2), 13 (2), 17 (1), 17(4), 18(1), 19(1~2), 25(1), 28(3), (1940~60)
- 43) 長戸: 綜合作物学食用作物篇 (1951)
- 44) 村山等: 農技研報告 B4 (1957)
- 45) 南部: 稲作及び米穀 (1924)
- 46) 野口: 農及園 24 (9~10), (1949)
- 47) 荻原等: 九州農業研究 8 (1952)
- 48) 大杉: 農及園 13 (4~5), (1938)
- 49) 佐藤: 日作紀 24 (3) (1956)
- 50) 瀬古: 農業試験研究年報 (1954)
- 51) 高橋: 稲及米の研究 (1919)
- 52) 高橋・村山: 農業技術 8 (2~3), (1953)
- 53) 高橋・村山等: 農技研報告 B4 (1955)
- 54) 高橋等: 農技研報告 B4 (1955)
- 55) 武田: 実験稲作新説 (1927)
- 56~57) 戸部等: 日作紀 22 (3~4), (1954)
- 58・59) 山田等: 日作紀 26 (2), 27 (2) (1957~58)

Studies on the Relationship between Ripening of Rice and the Accumulation of Carbohydrates and Nitrogen Compounds

Tetsuya HIRANO, Hisashi YARIMIZU and Shuichi ONODERA

(Tohoku Agricultural Experiment Station)

Summary

We have been considering that nitrogen dressing at the heading stage of rice plant is rather unfavorable for the ripening. From the results of our experiments, however, it was made clear that it is possible to increase the fertility or grain weight by supplying the top-dressing of nitrogen to the rice plant which was very low in contents of nitrogen at heading stage. Furthermore higher yield was obtained by the top-dressing of nitrogen at the early period of flower primordia differentiating stage than that the heading stage. This is due to the increase of spikelets per panicle, even though the fertility and grain weight were decreased.

High yielding rice plants—more than 900~975 kg. per hectare in brown rice—showed higher fertility compared with that of the rice plants which were cultivated with the usual method. The cause of the high fertility has been considered as follows: Nitrogen content of high yielding rice plants was lower than that of ones cultivated with usual method before heading. After heading, however, higher accumulation of nitrogen than the control was observed. Much starch was produced and stored in the straw, especially in leaf sheath and culm, in the heading stage of high yielding rice, compared with the control. After heading starch translocated rapidly into ears. Until about 20 days after heading, starch contents in the straw once decreased, but in the following period, they increased again.