水稻収量成立原理とその応用に関する作物学的研究

LVIII. 生育各期の窒素の異常多施が水稻の収量・収量構成要素・生育外部形態および体内成分等に及ぼす影響*

松島省三・真中多喜夫

(農林省農業技術研究所)

水稻の収量の成立経過を明らかにする研究の一部として、また稲体各部に及ぼす施肥の反応を知り、逆にこれから稲体の診断によつて生育の各期に及ぼした肥効を知る資料を得る目的で、1957～'59年の3箇年間にわたつて、あらかじめ窒素のみを無施用にて栽培しておいた稲に対して、生育各期に5日毎に窒素を異常多施(硫酸アール当り7.56 kg・反当20貫)して、標題の調査を行つた。

方法および経過の概要

試験は1区面積約5 m²。'57年は3反覆任意配列法、'58年は3反覆系統配列法、'59年は2反覆系統配列法により、農林25号を用い、普通植の圃場試験によつて行つた。試験区は第1図の下欄に示した16～18区('58・'59年は分施区2区を設けたが、本報告では紙数の都合で、成績のみ示して、考察は省略する)で、施肥日の出穂前日数で表示した。磷酸・加里については、過磷酸石灰、硫酸加里を用い、鴻巣の標準耕種梗概にもとづいて、硫酸7.56 kgに対する比率で基肥として施用した。3箇年とも試験は順調に経過したが、年によつて初期にやや地力の発現が異なるとともに施肥した窒素の肥効に差が現われた。病虫害の防除については、特にイモチ病とメイ虫の多発を恐れて消毒を励行したので、ほとんど発生が見られず、試験結果を乱すことはなかつた。

試験成績とその考察

1. 収量並びに収量構成要素に及ぼす影響

3箇年の成績並びに平均を図示したものが第1図である。

穂数 穂数の増大に役立つ施肥時期は基肥より10区(出穂前17～18日)までであると見られる。ところで10区では幼穂が穎花分化後期を過ぎている上に、最高分げつ期後20日前後も経過しているので、穂になる分げつの運命は決定されていると見られるのに⁶⁾、なおこの頃の施肥が穂数の増加に明らかに役立つと見られたが、この点を検討した結果、主としておくれ穂の増加によるものであることがわかつた。次に最も穂数の増大に役立つ施肥時期は3区(田植後15～16日)から7区(田植後35～36日)で、おくれ穂を除外した正常な穂数を最も増大し易い時期は3区から5区(田植後25～26日)までの期間であると見られる。基肥と2区にやや穂数の増大が著しくないの

は、この時期の施肥では稲体が充分繁茂していないので肥料の流亡損失が多い結果と考えられる。

1 穂穎花数 3箇年の間に一定の関係を認めがたい。これは窒素多施で特に穂数の増大が甚だしい上に、おくれ穂の多発のため、穂数と負の相関になり易い1穂穎花数が攪乱されたためと考えられた。そこで、'57年と'58年の材料につき、おくれ穂を除外して1株から大・中・小2穂ずつ計6穂とり、2株の穂相調査を行つて、1穂穎花数を構成する一・二次枝梗および穎花の分化と退化に影響を及ぼす施肥時期を明瞭に捉え(図省略)、既報⁵⁾⁶⁾の結果を再確認するに至つた。主要な点を要約すると次のようである。

分化一次枝梗数は7区(穂首分化期施肥)に最も多く、2～6区に多いが、これは穂首分化期から一次枝梗分化期までの間に肥効が持続されたものと見られる。8区(二次枝梗分化期)以降の施肥では全く増加しない。分化二次枝梗数は7区または8区が最も多く、9区(穎花分化期)以降となるとほとんどその効果を認め得ない。退化二次枝梗数は初期より7区までに多く、特に7区に多い。8区から11区(減数分裂盛期)の各区がきわめて退化二次枝梗数の少ないことが見られるが、これは退化の起り易い減数分裂期間中に充分肥効が現われた結果であり、12区(減数分裂終期)以降の施肥になると退化防止にも役立たなくなる。

1 株穎花数 基肥を含めて8区までの期間に増大の効果がいちじるしいが、9区では一部穂数の有効化と穎花の退化防止のみしか役立たない結果、明らかな低下が見られ、それ以降11区までの各区は急速に増加の力が弱まる。12区以降では全く役立たない。

登熟歩合 穂数・1穂穎花数とくらべるとほぼ整然とした関係が得られた。注目される点は基肥より10区までは無施肥区にくらべて登熟歩合を低下させている事実である。次に12区以降の施肥で増大が見られるが、これは1株穎花数が決定された以降では施肥された窒素が主として単位葉面積同化の増大に役立ち穂揃期追肥の効果⁶⁾を再確認したと見られる。次に登熟歩合が最も低下する時期は7区であり、この時期を谷として施肥時期が遅れるに従つて急激に登熟歩合の低下度は軽減し、早まるにつれてゆるやかに登熟歩合が上昇する。過剰な1株穎花数を着けることが登熟歩合を低下させる内因であることを既に指摘⁶⁾⁷⁾して来たが、この試験でも6区および7区が1株穎花数の増大をととなつていことがわかる。

* 昭和35年10月15日 第128回講演会に於て発表

Fig. 1. Effects of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on the yield and the yield-components.

Note: 1. — 1957, 1958, 1959, ——— Average of 3 years
 2. Treatment No. 1: basically fertilized. No. 16: non-fertilized. No. 17: fertilizer distributed to 8 times, i.e. at the date of treatment No. 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15. No. 18: fertilizer distributed to 5 times, i.e. at the date of treatment No. 1, 2, 7, 10 and 13.

千粒重 '57年と'58・'59年の間で絶対値には差が見られるが、相互の傾向はほぼ似ている。9区および10区では明らかに増大し、11区以降でも増加させる

傾向が認められる。6区および7区に千粒重が低下しているが、これは収数の着け過ぎと見られ、登熟歩合の低下をともなっている。9区および10区ではやや登熟歩合を低下させているのに、千粒重を増大させているのは、この時期の施肥が減数分裂期間中に急伸長する穎花の生長に好影響を及ぼして収穀を大きくした結果と考えられる。

収量 6区および7区を最低として、2区と9区まで、ほぼV字型に収量に対する異常多施の悪影響が軽減されている傾向が認められる。11区以降の施肥で収量を増大させているのは主として穂揃期追肥の効果と見られる。

以上の結果、各期の施肥は次の5群に分類され、それぞれ収量成立上に及ぼす役割が明らかとなった。

第1群: 1区・2区 (基肥および田植直後の施肥): もつばら穂数を増大させることにより、収量を増加させるが、1株穎花数が過大になることは比較的に少く、登熟歩合の低下度は大きくなく安定している。

第2群: 3区・4区・5区 (分けつ前期の施肥): もつばら穂数を増大させることにより収量に貢献するが、時に1株穎花数を多くして、登熟歩合がたまたま低下し易く、気象条件や地力の発現の多少によつて、収量はやや不安定となる。

第3群: 6区・7区・8区 (無効分けつ期・穂首分化期・一次枝梗分化期の施肥): おくれ穂を増加させることが多く、特に7区・8区は一・二次枝梗の分化により1穂穎花数を増し、1株穎花数を最も効果的に増加させる。しかし、1株穎花数は過大になり易く、登熟歩合を低下させ、また倒伏の危険が大きく、収量を著しく低下させることがある。(適量の施肥が適度の1株穎花数の増大となり、収量の増大に結びつくことのあることは既報⁷⁾のとおりである)。

第4群: 9区・10区・11区 (穎花分化期・減数分裂初期の施肥): 一部は穎花の分化に役立つが、主として退化を防止して1穂穎花数を増加させる。したがつて1株穎花数の増加は大きくなく、特別に退化穎花数の多い場合以外は収量に対する影響力は補助的である。この時期の早い施肥ほど、第3群の施肥時期に次いで葉鞘および稈の貯蔵炭水化物を減少させて登熟歩合を低下させることがある。

第5群: 12区・13区・14区・15区 (減数分裂終期以降の施肥): 1株穎花数が完全に決定された以降の施肥であるため、千粒重の増加とともに特に登熟歩合の増大によつて収量に貢献する。この結果、収量を増大させる力は必ずしも大きいとはいえないが、多くの場合、安全に登熟歩合を向上させるので、安定した施肥法といえる。

2. 生育・出穂期および倒伏に及ぼす影響

出穂期 第1表から3箇年を通じて、8区を境として、9区以降12区までと7区以前の施肥区との間に出穂期に及ぼす影響が異なる点が注目された(出穂始

Table 1. Effects of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on the heading date and the lodging resistance of the rice plant.

Treatm-ent No.	Heading date			Lodging resistance		
	1957	1958	1959	1957	1958	1959
1	Sep. 1	Sep. 4	Sep. 3	3	3	4
2	2	5	3	5	3	3
3	2	6	4	4	3	2
4	2	7	5	4	2	2
5	3	5	6	4	1	1
6	5	7	7	2	0	0
7	5	4	5	1	0	0
8	2	3	3	2	1	3
9	1	2	2	3	3	3
10	1	2	1	4	4	4
11	2	2	2	5	4	4
12	2	2	2	5	5	4
13	1	3	3	5	5	5
14	2	2	3	5	5	5
15	2	3	3	5	5	5
16	2	3	3	5	5	5
17		4	4		2	2
18		4	3		2	2

Note: The larger in the figure of 'Lodging resistance', the higher in the resistance.

も同様)。9区以降の施肥がわずかであるが、出穂を促進する理由は抽穂のために施肥が良好な役割を果たしたためと考えられ、一方7区以前の施肥区では止葉葉位を増加させ、一・二次枝梗および穎花の分化を増殖し、葉身をいちじるしく伸長させる等、一種の若返りを強制した結果、出穂が遅延したものと見られた。

倒伏 程度には年により差が見られたが、倒伏の起り易い施肥時期に一定の傾向が認められた。すなわち、6区と7区の施肥に著しく、5区、8区も倒伏し易いが、4区より早まるにしたがつて倒伏しにくくなり、9区以降では穂重の増大により稈が弯曲して傾くのみにとどまつた。

従来より出穂前40日頃の施肥は基部節間を伸長させ、節間の機械組織を弱くして倒伏の素因となることが知られているが¹⁾¹⁰⁾、この試験では8区(出穂前27~28日)まで倒伏する事実を認めた。しかし、8区では後述のように、基部節間の伸長が見られないことから、これが倒伏の主因とは考えられない(8区では下から第4節間、すなわち上から第2節間が伸びる)。一方、後述のように穂揃期の調査で5区より8区に蓄積澱粉の顕著な低下が認められた。したがって、これらの区の稈基の機械組織の軟弱であることが容易に想像される。

以上によつて、5区と6区では基部節間の伸長とともに、稈基機械組織劣化の両者が、7区と8区では下部節間の伸長よりむしろ上位節間の伸長と穂重の増大による荷重の増加並びに稈基機械組織の劣化の両者が倒伏の原因となつたと見られた。

3. 穂体各部の外部形態および体内成分に及ぼす影響

'58年と'59年に生育を追つて主要期に3回調査を行った。

Fig. 2. Effects of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on the plant height and the length of each leaf-blade and sheath.

草丈 穂揃期の調査を示した第2図から、最もよく伸長する施肥時期は7区であり、次いで8区であることが見られる。前半の施肥は7区まで漸次草丈を増大し、7区を過ぎると伸長は急激に弱まり、ほぼ11区まで伸長が認められる。草丈の長短は後述する稈長(節間長の和)が草丈と異つた反応を示すことから、節間長の長短によつて左右されるのではなく、主として葉身長と葉鞘長の伸長によつて決定されると見られる。これは次の葉身・葉鞘長の施肥時期による反応によつて理解することができる。

葉位別葉身長 第1(止葉)葉身長は7区および8区で特にその伸びが顕著である。10区に至るとその増大は認められない。第2葉身長は6区・7区特に7区に伸長が顕著であり8区まで伸びうる。第3葉身は6区を最長として7区まで伸長し、8区以後では伸長

Fig. 3. Effects of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on the length of the longest culm and each inter-node.

Fig. 4. Effects of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on starch accumulation in the rice plant.

は見られない。第4葉身長は5区および6区をそれぞれピークとしてそれ以前の施肥で伸長し、7区以降の施肥は第4葉身長の伸長には役立たないことがわか

る。

葉位別葉鞘

長および第1葉幅 第1葉鞘長の伸長には9区を頂点として7区より10区までの施肥が役立つことが認められ、11区になると伸長に役立たない。第3葉鞘長は7区に最も伸長がみられ、6区もよく伸長するが8区まで伸長が認められる。

以上によつて、葉身・葉

鞘長の施肥による反応を明らかにしたが、これから施肥時期がほぼ1区ずつ遅れるにつれて、1葉ずつ影響をうける葉位が上ること、また同一葉位の葉鞘長は同じ葉位の葉身長の反応にくらべて、ほぼ1区(5日)、時に2区(10日)おくれることが認められる。この事実は同一葉位の葉身と葉鞘の生長が1葉間隔(5~7日)ずれて起るという報告²⁾⁸⁾¹¹⁾からも容易に理解されることである。

次に、葉身および葉鞘長を最も大きくする施肥時期はそれらの器官の最も伸長のいちじるしい時期よりかなり前にあることが明らかにされ、葉身および葉鞘長の大きさは、それらが分化し、生長点附近に包まれて緩慢な生長を行つている時期に最も施肥による影響を受け易く、外部に先端を現わす頃になるとほとんど影響をうけなくなるものと推定されるに至つた。

葉幅については第1葉のみの調査を行つたが、6区と7区にいちじるしく葉幅を増し、これは葉身長のいちじるしく長くなる施肥時期にくらべて1区早くなつてゐることが注目される。また、5区以前の初期の施肥によつても、第1葉幅が増大する事実は、葉身長の場合と異なつて興味ある事実である。なお、葉の垂度・角度の調査結果は紙面の都合で省略する。

稈長および節位別節間長 成熟期の調査が第3図である。稈長は5区と6区の施肥でいちじるしく、およそ13区(出穂直前)の施肥まで伸びうる。8区以降では稈長の伸長に及ぼす施肥の効果はいちじるしく弱くなる。第1(最上)節間長は9区を頂点として、9区を過ぎると次第に小さくなり、13区までわずかに伸長する。第2節間長は7区を山として初期施肥でやや伸び、およそ12区まで伸長する。第3節間長は5区と6区を頂点として生育前半の施肥で大きく、8区以降は伸長がみられない。この場合、8・9・10区でかえつて第3節間長を短縮する傾向を認めるが、これは節間と穂・葉身・葉鞘の伸長時期の相互関係を明らかにした既往の報告から²⁾⁸⁾¹¹⁾、第3節間の伸長が幼穂の伸長曲線と時期的に一致している事実は何等の関連があるものと思われる。

第4・第5節間長はそれぞれ5・6区および5区をピークとして、前半の施肥で伸長し、8区以降では伸長が認められない。第6節間長は全区を通じて、3~10 mm 程度で小さく、ほとんど差が見られなかつた。なお、地上部節間数は7区までの施肥で0.5節間程度増加させていることが確認された。

Fig. 5. Effect of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on the chemical composition of the rice plant.

葉鞘および節間の蓄積澱粉 穂揃期の材料についてヨード・ヨードカリによる澱粉蓄積程度³⁾⁴⁾¹²⁾の調査を行つた結果が第4図である。第1葉鞘には全体に集積が少ないが、第2~4葉鞘の間に明らかな差が見られ、7区および8区に蓄積が少ないことが認められる。上位葉鞘になるほど後期の施肥まで蓄積量に影響があることがわかる。節間については同様に6・7および8区に集積量が少ない結果が得られた。

全窒素および全炭水化物 穂揃期の分析結果が第5図である。全窒素濃度は葉身では6~10区に多く(9区の少ない理由は明らかでない)、前後に徐々に低下する。葉鞘および稈では明瞭な欠けが、ほぼ葉身と同様の傾向と見られる。

澱粉+糖および澱粉は5区から8区の間で極度に少ないことが強く注目される。9区以降では急上昇し、10~12区では僅かの低下しか認められない。また4区以前の施肥で比較的低下の少ない事実も興味ある点である。全糖については明らかな関係は得られなかつた。5区より9区までにいちじるしい炭水化物の低下が見られたことは、稲体が過度に大きくなつたことに一理由があると見られ、10区以降で炭水化物の消失が少ないのは、この時期以降の施肥ではほとんど新生器官の分化増大がないので、炭水化物の転化の少ない結果と考えられる。13区の施肥でやや炭水化物集積の増加が認められるが、これは単位葉面積同化の増大がそのまま蓄積となつたと考えられる。

むすび

生育各期の窒素の異常多施が収量並びに収量構成要素にどのような影響を与え、どのように生育・外部形態、体内組成等に影響を及ぼすかを明らかにした。特に各期の施肥をその収量並びに収量構成要素に与える役割と特色から5群に類別しえたことは一層生育各期の施肥の意義を知る上に役立つものと見られる。また稲体の各部に及ぼす施肥の影響を詳細に明らかにしたが、これから稲体の診断によつて生育の各期に及ぼされた肥効を知る“稲体診断”の一資料が得られるに至つた。

引用文献

- 1) 嵐：九州農試研究発表講演要旨 3, (1948)
- 2) 嵐・江口：日作紀 23:1, (1954)
- 3) 嵐・江口：日作紀 23:3, (1955)
- 4) 馬場・橋高：日作紀 22:1~2, (1953)
- 5) 松島・真中・小松・江藤：日作紀 24:2, (1955)
- 6) 松島：農技研報 A5, (1957)
- 7) 松島・真中：日作紀 27:4, (1959)
- 8) 佐藤：日作紀 21:1~2, (1952)
- 9) 佐藤：日作紀 26:1, (1957)
- 10) 瀬古・佐本・鈴木：日作紀 26:2, (1957)
- 11) 瀬古・佐本・鈴木：東海近畿農研報第4号, (1957)
- 12) 戸荊・佐藤：日作紀 22:3~4, (1954)

Analysis of Developmental Factors Determining Yields and Its Application to Yield Prediction and Culture Improvement of Lowland Rice

LVIII. Effects of an extraordinary heavy-dressing with ammonium sulphate at various growth stages on the yield, yield-components, growth, morphological characters and the chemical composition of the rice plant.

Seizo MATSUSHIMA and Takio MANAKA

(National Institute of Agricultural Sciences)

Summary

An extraordinary amount of ammonium sulphate (7.56 kg. per are) was top-dressed under the field condition to the rice plant, which had been grown without nitrogenous fertilizer, at intervals of 5 days at successive growth stages during 3 seasons from 1957 to 1959.

1. The effects of the treatment on the yield, yield-components, morphological characters and so forth have been clarified and a part of the results is given in Fig. 1, as a result the top-dressings at various growth stages have come to be classified into the following 5 groups from the view point of their roles in determining yield: dressing (I) transplanting stage and stage of just after transplanting, (II) at early tillering stage, (III) at late tillering stage, neck-node differentiating stage and primary branch differentiating stage, (IV) at spikelet differentiating stage and early stage of reduction division of P. M. C., (V) on and after late stage of reduction division of P. M. C.

2. The effects of the treatment (1) on the heading date and the lodging resistance (Table 1), (2) on the plant height, the length of each leaf-blade and sheath, the length of the highest culm and that of each inter-node (Fig. 2 and 3) and (3) on the chemical composition of the plant (Fig. 4 and 5) have been brought to light.

3. The results above mentioned will also be effectively utilized in estimating or diagnosing the effectiveness of nitrogenous fertilizers applied or affected at various growth stages.