

水稻の収量向上に関する実証的研究

奥山隆治・栃木喜八郎・外山宏樹

I 緒言

本県は水田面積が10万4千ha余で米の主産地県であるが、単位面積あたりの収量は低く、県平均がaあたり40kg以上に達したのは1962、'68年のわずか2ケ年にすぎない。

これまでに低収の原因を除去し、収量向上をはかるためにあらゆる分野で数多くの調査および実験がなされてきた。しかし、大半は品種、栽培、肥料、土壌、管理などの個々の技術分野内での研究で、ほとんど相互間の連けいがなく、2つ、あるいはそれ以上の技術を組み合わせて総合的な見地になつての研究はほとんどみあたらない。

さきに筆者らは水管理の合理化と収量向上を目的として、1965年から3ケ年にわたって循環灌がい施設を場内に設置し、硝酸態窒素を用いて水稻の生育を調節して、理想型稲を作る試みを行なつた¹⁾。その結果は土壌の酸化還元電位が高まり、根が健全化し、窒素の不必要なときに灌がい水を取りかえることである程度窒素供給の制限が可能で、登熟歩合が高まり増収する効果を確認した。しかし、絶対収量はaあたり55—60kgの範囲であり、十分に満足できるものではなかつた。これは穎花数の減少によることが主な原因であり、その反面穎花数を増大した場合は、受光態勢が劣り生育が調節できない面が生じた。そこで、この矛盾を解決し高い段階での収量向上をはかるには、循環方式の理論のみでは難しいと考え、この理論の上に本県独特の技術としてとくに長期中干し方式を組み合わせ、総合的な見地から穎花数の増大と登熟歩

合向上の両者を結びつけ、本県に適した水稻多収獲技術を確立する目的で実証試験を試みた。1968年は初年度として、施肥方法のうち追肥に重点をおき硝酸態窒素を用い、水管理は主に間断灌水と中干しを行なつて収量向上をはかつた。その結果、1・2の知見をえることができると共に収量向上においてもほぼ目的を達することができた。

本研究の遂行にあたって、永島五郎場長には温情に満ちた指導と激励をたまわり、中山保場長補佐（前種芸部長）には有益な指導と協力をいただき、経営部中野政行主研、土肥部三宅信技師には分析の一部を担当していただいた。

ここに各位に対して深甚なる謝意を表する次第である。

II 試験方法

目標収量は、本県における米作日本一多収獲部門の上位入賞者成績、および農業試験場の成績などからaあたり75kgとした。そのための収量構成要素を m^2 あたり穂数600本、平均1穂穎花数70粒、登熟歩合85%、玄米千粒重21.0gと設定した。

試験田は前年まで循環灌がい試験に使用していたほ場を用いた。試験田は4.5m間隔に暗きよが設置されており、50 m^2 の貯水槽が隣接している。土壌は黒色土壌粘土火山腐植型の乾田で、耕深は15—17cmとした。品種は日本晴（穂数型、中生種）を用い、5月6日に本葉6.1葉の46日苗を移植し、栽植密度は33.3株/ m^2 とした。施肥量は第1表に示されているように、窒素は元肥

第1表 施肥量および施肥法

施用時期	肥料名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃ -N
元肥	塩安・過石・塩加	0.80	2.00	0.60	—
茎肥 (移植後8日)	磷硝安加里	0.52	0.33	0.46	0.33
茎肥 (5月22日～ 7月9日)	硝酸石灰	1.00	—	—	1.00
幼穂形成期	磷硝安加里	0.20	0.13	0.18	0.13
減数分裂期	〃	0.80	0.50	0.70	0.50
穂揃期	〃	0.40	0.25	0.35	0.25
計		3.72	3.21	2.24	2.21

注(1) 施用成分量kg/a

(2) 完熟推肥はaあたり75kg施用

以外が硝酸態を主とし、さらに後期追肥に重点をおいた。

水管理は移植後7日間が水深3～4cmの常時湛水、5月14～29日は夕方灌水し夜間止水、5月30～6月10日の分けつ盛期は8時間湛水し、2～3日落水の間断灌水（6月6日に軽い亀裂が生ずる）、6月11～7月17日は中干しを行ない時おり走水とした。すなわち、6月第3・6半旬および7月第3・4半旬は2～3日ごとに走り水とし、降水量が60mm以上である6月第4・5半旬、7月第1・2半旬は灌水しなかった（6月第5半旬には2.5～3cm巾の亀裂が生ずる）。

7月18～8月3日は間断灌水し湿潤状態とする、8月4～20日は水深1～2cmとし8月第5半旬以降は落水した。試験ほ場の面積は5aである。

標準区は栽植密度が22.2株/m²で、aあたり施肥量は元肥に窒素0.8kg、磷酸および加里を1.0kg施用し、減数分裂期に窒素を0.2kg追肥した。水管理は中干しを行なった他は乳熟期まで2～4cm湛水した。

Ⅲ 試験経過の概要

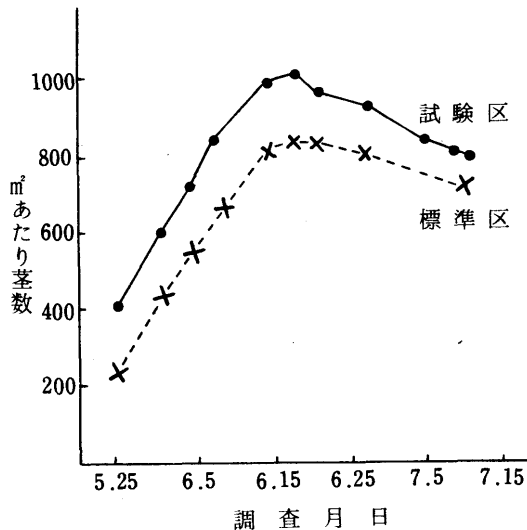
苗はハウス育苗で温度管理を十分に行なったので、苗立枯の発生がなく健苗をえた。移植の翌日に最低気温5.9℃、4.3℃の日が続いたが、植え傷みは比較的少なかった。灌水は初期は地下水を用いたので、OEDを使用したにもかかわらず流水温より0.5～1.5℃低温であり、6月上旬からは流水を用いた。6月中旬から7月中旬までは隣接している貯水槽を排水して、試験田の地下水を低下させた。

8月は日照が平年の67%と不足であり、8月29日に台風が襲来し部分的に40°に倒伏したが、登熟は比較的良好であり、生育は全般に順調であった。

Ⅳ 試験結果

1 生育調査

草丈は6月中旬まで標準区と大差ない伸長であったが、7月上旬以降は試験区がやや低めとなった。m当たりの茎数推移は第1図のように、最高分けつ期まで試験区が約30%多目の茎数増加を示した。試験区の最高分けつ期は標準区と同じく6月18日であったが、移植後24日で5月



第1図 茎数の増加曲線

上中旬の低温にかかわらず目標茎数の600本/m²に達することができ、標準区より8日早まった。

試験区の葉色は標準区に比較すると有効茎を確保した数日後より徐々に淡緑となり、止葉分化期から穂首分化期にかけてはさらに淡緑となった。しかし、幼穂形成期からは濃くなり、減数分裂期には標準区と同じとなり穂揃期には濃緑となり、この葉色が9月中旬まで継続した。

下葉の枯上りは6月下旬から発生し、試験区は密植であったが標準区より枯上りが少なかった。第2表は一穂あたりの生葉数を示しているが、試験区は標準区と大差ないかやや多目で乳熟期には標準区より0.8枚多かった。m²あたりでは試験区が10~50%生葉数が多く、しかも標準区が穂揃期から乳熟期にかけて急速に下葉が枯死したのに比し、試験区はこの時期における生

葉数の低下は極めて少なかった。

試験区の出穂期は標準区より2日早く8月7日であったが、8月の日照時間が少なかったため結実日数は2日長くなり成熟期は標準区と同じく9月27日となった。病虫害の発生は全般に少なく、葉いもち病は殆んど発生を見ず、穂いもち病は乳熟期以降に少し発生した程度である。絞枯病は標準区に比し少なかった。倒伏は試験区がなびいた程度であり、標準区より少なかった。

2 根および土壌 Eh 6 の調査

最高分けつ期から成熟期にかけて根の調査をしたが、標準区は黒色根が6月下旬頃よりみられ、幼穂形成期には黒色根が15%となったのに比し、試験区は成熟期まで黒色根がみられなかった。しかも根の活力は標準区よりすぐれており、乳熟から成熟期にかけて根色が比較的鮮明で茶褐色が95%をしめていた。しかし、試験区は標準区より根がやや細かった。

土壌の酸化還元電位は試験区が酸化的に経過し、6月中旬から8月上旬にかけては250~300 mV の範囲でかなり高かった。

3 形態調査

m²あたりの葉面積は試験区が標準区より12%大きく、葉面積指数が7.9であり、とくに止葉が顕著であった。葉身長は第3表のごとく、各葉ともに標準区より1~3 cm短く、節間長は第4節間が標準区と大差なかった他は、第5節間まで7~27%短かった。したがって、節間長を累計した稈長は標準区より極めて低かった。

第2表 生 葉 数

項 目	1穂あたり (葉)			m ² あたり (葉)		
	穂 朶	穂 揃	乳 熟	穂 朶	穂 揃	乳 熟
試 験 区	6.3	4.8	4.0	3,394	2,822	2,453
標 準 区	6.1	4.7	3.2	3,080	2,728	1,628

第3表 葉身長と節間長

項 目	葉 身 長 (cm)					節 間 長 (cm)						
	n	n-1	n-2	n-3	n-4	1	2	3	4	5	6	計
試 験 日	38.1	44.5	45.8	43.3	38.7	36.8	21.9	13.5	9.5	3.1	0.5	85.3
標 準 区	40.0	47.0	46.6	42.6	40.6	41.8	23.6	15.9	9.1	4.3	0.8	95.5

注 (1) 出穂後15日に主稈20本調査
 (2) 節間長1は穂首節間

このように、葉身長、節間長が短縮したことは草型が良好であったことを示しており、水稻群落内の日射量測定の結果でもこれを裏づけていた。すなわち、試験区の水稲株ぎわに対する日射の透過率は12%であり、標準区の8%を上廻っていた。

4 収量構成要素及び収量

成熟期における生育は、標準区に比較して稈長が短かく穂長やや長く、 m^2 あたり穂数は12%多い。しかし、有効茎歩合は標準区より低く、試験区が54%と著しく低かった。一穂穎花数のうち主稈穂は、試験区が標準区と少しの差しかなかったが、平均穂になると一次枝梗数の減少と退花穎花数の増加で、標準区に比し穎花数が15%減少した。したがって、総穎花数は標準区より11%少なく、 m^2 あたりで39,600粒にとどま

り、目標から5%減少した。登熟歩合は、五斜線法刈取りおよび登熟調査ともに、試験区が標準区より13~16%高く79%であった。登熟期間の日照時数の少なかったことが影響したために、目標の登熟歩合に達することができなかった。収量は第4および5表に示しているが、わら重、精粒重ともに試験区が高く、aあたり玄米重量は試験区が五斜線法刈りで75.9kg、全刈りで73.9kgであり、標準区も58.9kg(五斜線法刈取り調査)がえられた。収量指数は標準区に比し試験区が127(全刈)~129%(五斜線)であった。玄米千粒重は試験区が22.0gで標準区に比し7%重かった。試験区が多収であったのは、 m^2 あたり総穎花数が標準区より少ないが、倒伏がなく登熟歩合が高く、登熟穎花数が18%多く、さらに千粒重が増加したことによるものである。

第4表 全刈による収量

項 目	aあたり 全重量	aあたり 玄米重量	玄 米 千 粒 重	品 質	登 熟 歩 合
試 験 区	208.22 ^{kg}	73.88 ^{kg}	22.0 ^g	中	79.0 [%]
標 準 区	146.34	58.20	20.5	中	65.7

第5表 五斜線法刈取による収量構成要素と収量

項 目	m^2 あたり 穂 数	一穂平均 穎花数	m^2 あたり 穎花数	m^2 あたり 登熟穎花数	登 熟 歩 合	精 粒 千 粒 重	a 当り 玄 米 重	同 差 標 準 比 率
試 験 区	531 ^本	74.6	39.593	31.437	79.4 [%]	27.6 ^g	75.86 ^{kg}	129 [%]
標 準 区	508	88.3	44.900	28.377	63.2	24.0	58.91	100

5 乾物重調査

乾物重の推移について分けつ期から成熟期まで調査したが、試験区は標準区に比して減数分裂期を除いて全般に重く、とくに出穂期以降にその傾向が大きく現れ、成熟期には標準区に比し38%重かった。試験区が重いのは密植のためであるが、減数分裂期に軽いのは下位節間の短縮を図り、窒素の供給制限を実施したための影響である。また、乾物重歩合も幼穂形成期まで試験区が高く、減数分裂期以降が標準区と大差ないなどと、生育調節が試みられた一面をしめした。

6 窒素の推移

第6表に示すごとく、試験区の窒素含有率は分けつ盛期と出穂期、成熟期に高く、最高分けつ期および幼穂形成期には標準区と大差なかった。窒素の吸収量も含有率と同じ傾向である。試験区が積極的に間断灌水および中干しを行ない、生育を調節した時期である最高分けつ期および幼穂形成期には、標準区に比し差異が認められないが、生育の初期と後期には試験区が著しく多く窒素を吸収している。すなわち、試験区が標準区に比し窒素を分けつ期には57%、出穂期は27%、成熟期には49%多く吸収していた。

燐酸、加里および珪酸、カルシウム、マグネシウムなどの吸収量は、分けつ盛期および成熟期には試験区が極めて多く吸収しており、この点は窒素の吸収量と似た傾向を示した。

V 考察

高い段階への収量向上には、穎花数と登熟歩合の両者をいかに均衡を保たせ計画的に栽培する¹⁾かである。さきの循環灌がい方式では、 m^2 あたり穎花数が30,000粒以下の場合に登熟が高まり80%以上となり、安定した収量段階（aあたり55kg前後）においての穎花数と登熟の関係を明らかにした。しかし、これより高い収量段階を考え、穎花数を35,000~40,000粒に増加した場合には、葉面積が増加し、過繁茂になって登熟を80%に保つことができず70%以下となった。これは穎花数が最適穎花数より過多であったということではなく、穎花数に比し炭水化物の生成が足りなかったため、とくに生育後期の草型が劣化したことが大きく影響した。

本試験では、本県の実情から収量段階がaあたり75kgを高収量の水準であると考え、これに基づき収量構成要素を設定した。穎花数を確保する場合には、穂数と着粒数のいずれに重点をおくべきかは重要なことであるが、ここではイネの大型化をさげ草型を良くすることが登熟を高めやすいと考え、穂数に重点をおくことにした。穂数増加には初期生育を旺盛にすることが大切²⁾であり、この点について松島らは移植後25日前後で有効茎数を確保することが大切であると述べている。このため健苗（分けつ数1.8本、地上部の乾物重歩合22%）を用い、標準区に比し50%密植として、施肥では茎数の増加を促進させるために硝酸態窒素を活着直後に追肥した。

第6表 窒素含有率および吸収量

項目	含有率 (%)						吸収量 (mg/m^2)					
	分けつ盛期	最高分けつ期	幼穂形成期	出穂期	成熟期		分けつ盛期	最高分けつ期	幼穂形成期	出穂期	成熟期	
					わら	粳					わら	粳
試験区	4.12	2.81	1.64	1.58	0.71	1.63	602	810	1.184	1.803	734	1.261
標準区	3.83	2.87	1.70	1.23	0.67	1.36	388	825	1.223	1.434	422	915

硝酸態窒素を用いたのは、アンモニア態に比し有効茎数を確保後は速やかに脱窒させることができるからである。これらの効果は水温が標準区より約1℃低く、しかも5月上中旬の低温にかかわらず移植後24日で目標茎数の600本/m²に達することができ、さらに分けつ盛期には標準区に比し乾物重が重く、窒素、磷酸の吸収量が極めて大きいことで初期生育の旺盛であったことを裏づけた。したがって、水温上昇が十分に行われておればこの日数はさらに短縮できると考えられ、従来の循環灌がい方式では有効茎数確保に移植後27—35日要していたから、この点はかなり効率的であったとすることができ、とくに苗素質および栽植密度が比較的大きな効果をもたらした。

3) 登熟歩合については和田らが炭水化物生産量がほぼ等しい場合には、登熟歩合が80—85%前後の時に常に最高の収量をあげる場合が多いと報告しており、本県は登熟期間の天候不良の年次が多いことから、登熟歩合85%前後が⁴⁾適当と判断した。登熟歩合を高めるには松島らは止葉分化期から幼穂形成期に窒素の供給制限を行ない、草型を良くしたうえで実肥を行なうことであると報告している。本試験ではこの時間の生育調節を水管理(間断灌水および長期の中干し)で受光態勢のよいイネを作ろうと試みた。茎肥に硝酸態窒素を用いたが、硝酸石灰は中干しでEh 6が250—350mvの範囲となり数日で窒素が消失した。したがって、元肥はアンモニア態窒素、追肥は硝酸態窒素を用いたときは間断灌水と中干しの組み合わせで、生育よく制が効果的に行い得られると考えられる。これはイネ群落内における日射量、および形態調査から判断することができた。しかし、止葉の葉身長がやや長かったことは雨滴による倒伏の誘因をなしたと考えられ、強い生育よく制後に生育を回復させようとして、実施した幼穂形成期の追肥が影

響した。

供試した日本晴は強稈性の品種であるが、この期間の生育よく制は品種に応じて強弱の程度を弾力的に行なうべきであり、本試験の場合はやや中干しの程度が強すぎたようで、このために幼穂形成期の追肥が必要となり、若干草型に乱れを生じた。また、有効茎歩合が著しく低かったが、少なくとも70%前後に保つべきであったと考えられ、本試験田のように減水深が25—40cm(24時間あたり)であり、3ヶ年循環灌がい方式をくりかえした水田は一部塩基の溶脱が考えられ、少なくとも地力が中庸な水田において止葉分化期から幼穂形成期の生育よく制を強く行なうことは地力消耗の面からさけるべきで、どの程度に行なった方がよいかは今後の問題である。少なくとも品種および地力に応じた生育よく制をなすべきで、品種の場合は稈の強さが問題であり、コシヒカリ(弱い)はこの期間のよく制を強く行なう、レイメイ・日本晴(強い)は比較的軽くよく制するなどの類別が必要であろう。

登熟を高めるための減数分裂期以降の追肥は効果的であり、これは乾物重および窒素の吸収量から裏づけされた。本試験では8月が平年の%の日照時数であったことを考えれば、登熟歩合80%、玄米干粒重22.0gはやむをえない数値であったと考えられる。

VI 摘要

本県における高い段階での収量向上の技術(aあたり75kg)を確立するために、循環灌がい方式のうえに本県に適用すると想定される水管理(とくに長期中干し)と施肥技術を組み入れて1968年に場内で実証を試みた。収量構成要素のうち、穎花数がm²あたり40,000粒以上と設定した場合に、穎花数と登熟歩合をいかに均衡を保たせるかに重点をおいた。

1 有効茎数は苗素質の改善と密植で移植後24日で確保することができ、標準区より8日早まった。止葉分化期から幼穂形成期中干しで生育よく制を行なったが、土壌は酸化的に経過し、追肥が硝酸態窒素であったので、速やかに脱窒させることができ生育が効果的によく制された。

2 根は鮮明で成熟期でも黒色、腐敗根がなくL・A・Iが7,9で標準区より13%多いのにかわらず、下位節間が短くなり光線の透過率がよく葉身長が短かった。すなわち草型が良好で、減数分裂期および出穂期に追肥が可能な生育相であった。

3 目標穎花数 (m^2 あたり42,000粒)が有効茎歩合の低下で5%減少したが、地力が高くない本試験田では、止葉分化期から幼穂形成期の生育よく制がやや強すぎたのではないかと考えられ、地力の程度および品種に適應した水管理、とくに中干しの程度を明らかにすることが

今後の課題である。

4 登熟歩合は8月の日照不足で約80%にとどまったが、玄米干粒重の増大で標準区 (aあたり59kg)より29%増収し目標に達することができた。窒素の吸収量は試験区が標準区に比して、生育初期の分けつ盛期と出穂期以降に極めて多く吸収しており、生育中期は差がなく、この点からも計画的に生育が調節されていたことを示した。

Ⅶ 引用文献

- 1 鈴木英男・阿部秀男・奥山隆治・栃木喜八郎 (1967) 栃木農試研究報告 10, 1~7
- 2 松島省三 (1966) 農業及園芸 41(2),(3)(4),(5),(6),(7),
- 3 和田源七・松島省三 (1969) 日本作物学会記事 38(2), 294—297
- 4 松島省三・和田源七 (1962) 日本作物学会記事 31, 15~18, 23~26