

水稻に対する後期の窒素栄養確立に関する研究

佐 近 剛・宮 地 勝 正・河 本 泰

要 約

佐近 剛・宮地勝正・河本 泰 (1977) : 水稻に対する後期の窒素栄養確立に関する研究。広島農試報告 38 : 89~122

暖地水稻の安定多収をうるための後期栄養の確保に関して、窒素の施肥技術を確認するため、1968年より'74年までの7か年にわたり、主として収量、窒素吸収の面から検討した。

その結果、出穂後の実肥施用は玄米の増収効果はないが、施用量に応じてわら重が増加した。しかし、施用時期が遅くなればわら重の増加さえなくなった。これに対して出穂10日前の穂肥は実肥と異なり施用効果が高く、施用時の葉身窒素が2.4%以下のとき、玄米重で3~9%の増収となった。

後期追肥における硝酸態窒素の施用は、アンモニア態窒素にくらべ、窒素の吸収が劣るため穂数、籾数の減少割合が大きく、増収効果は期待できなかった。一方、緩効性肥料の穂肥施用効果は肥料の種類によって差があるが、I B化成では0.6kg/a、G P化成、オキザミド化成では0.45kg/aの1回施用でN K化成の2回施用に勝る玄米収量が得られた。また、本試験における後期の窒素追肥は、米の品質、食味に影響を与えなかった。

目 次

I 緒 言

I 緒 言	89
II 移植水稻に対する出穂後追肥の施用試験	90
A 出穂後追肥の施用量試験	90
1. 試験方法	90
2. 試験結果	91
3. 考 察	94
B 出穂後追肥の施用時期試験	95
1. 試験方法	95
2. 試験結果および考察	95
III 移植水稻に対する出穂10日前穂肥の施用試験	96
1. 試験方法	96
2. 試験結果	98
3. 考 察	101
IV 硝酸態窒素の後期追肥への利用	101
1. 試験方法	103
2. 試験結果	103
3. 考 察	108
V 緩効性窒素肥料の後期追肥への利用	108
1. 試験方法	109
2. 試験結果	110
3. 考 察	115
VI 総合考察	116
VII 摘 要	118
引用文献	119
Summary	121

暖地の水稻は、生育初期から養分吸収が盛んで茎葉は繁茂するが、その割りに穂数が少なく、しかも登熟歩合が低くて籾/わら比の小さい、いわゆる秋落的性格の強い生育経過をたどる⁸⁾。また土壌的にも花こう岩質の沖積水田のため保肥力が弱く、腐植の少ないせき薄な水田が多く²⁰⁾、還元が進みやすい^{3,60)}ことから、肥切れや根腐れなどにより生育後半の凋落は一層助長される。したがって、施肥の面でも分肥が前提となり、穂肥までの追肥割合の多い施肥法がとられてきた。

一方、水稻の後期栄養の重要性については、多収水稻あるいは低収水稻の養分吸収経過の解析⁵⁹⁾からもみられるように、多収稲が出穂後も窒素をはじめ各種の養分を多量に吸収していること、水稻の葉中窒素濃度と光合成能との関係^{13,27,54,57)}、および実肥の理論的根拠の証明^{13,26,29,30)}などから明らかとなった。また、これら栄養生理面の解明にともない、窒素の施肥法も北海道⁴⁷⁾、青森^{48,55)}、山形¹⁾、及び長野^{21,22)}の冷涼あるいは寒冷地の各農試では、既往の施肥法にくらべ穂肥量の増加、穂肥施用時期の拡大、実肥の施用など、従来の施肥論では考えられなかった新しい後期重点施肥への体系化の方向が示され、それぞれの地域における多収獲技術の支柱となった。これらの地帯の水稻は、出穂期の稲体窒素保有量が相対的に少なく、籾数に対する茎葉重が小さい。換言すれば一定葉身あたりの籾数が多い。このため、籾の充実をはかり収量を向上させるためには、出穂

後の葉身窒素濃度を高め、光合成能率を向上させ、同化量の増大をはかることが必要であるとされている^{23,25)}。

これに対して、暖地においては、佐賀における後期重点の施肥法^{6,7)}や、兵庫^{44,45)}で後期追肥の施肥効果が認められているが、暖地水稻は籾数に対してわら重が大きく、出穂期の稲体窒素保有量が寒地の水稻より多い。すなわち寒地にくらべ暖地では、窒素の同一保有量での籾数が少ない。したがって、寒地より出穂後の葉身の光合成能を高める必要は少なく、後半の窒素濃度を上げて効果も小さいともいわれている²³⁾。もとより生育後半の窒素含有率を高めることは、光合成能を高め同化産物の増加に寄与するが、反面、施肥法を誤ると病害虫に侵され、減収、品質低下にもつながる。このように、暖地水稻の後期栄養については整理されていない点もあり、とくに圃場における群落条件下で出穂前後の稲体の窒素濃度と水稻の形質について、的確にその効果を明らかにしたものは少なく、現場ではとこにより乳熟期、あるいは糊熟期に窒素が施用されていた。そこで、本報では暖地水稻の安定多収をうるための後期の窒素濃度の適量と、それが収量に及ぼす影響を明らかにし、暖地における窒素の施肥技術を確立するため、1968年から'74年まで圃場試験を実施した。また、収量と同時に米の品質についても一部検討を加えた。

なお、この試験は農林省指定の肥料施用方法改善試験のうち、中国準平地帯低収水田の土壌改良ならびに施肥合理化試験の一項目であり、この報告の一部は日本土壌肥料学会において講演発表した。

II 移植水稻に対する出穂後追肥の施用試験

1968～'69年の2か年、出穂後追肥(以下実肥とする)を施用し、施用時の稲体条件(窒素含量)、土壌条件、品種が異なる条件での効果を検討した。

第1表 供試圃場作土の理化学性(1968年)

土 性	S L
pH (H ₂ O)	5.6
置換酸度 Y ₁	0.55
塩基置換容量	12.1me
置換性全塩基	7.4me
置換性石灰	5.6me
置換性苦土	1.1me
置換性カリ	0.5me
塩基飽和度	61.2%
全 窒 素	0.104%
リン酸吸収係数	228

第2表 供試圃場作土の理化学性(1969～)

土 性	S L
pH (H ₂ O)	5.6
置換酸度 Y ₁	1.23
塩基置換容量	6.48me
置換性全塩基	9.1me
塩基飽和度	140%
全 炭 素	0.77%
全 窒 素	0.086%
リン酸吸収係数	450

試験場所 1968年 賀茂郡西条町、広島県立農業試験場(西条圃場)

1969年以降、東広島市八本松町、広島県立農業試験場(八本松圃場)

土 壤 型 灰褐色土壌 壤土マンガン型(1968)
グライ土壌 壤土型(1969～)

A 出穂後追肥の施用量試験

1. 試験方法

1) 供試圃場

1968年度の供試水田は、花こう岩系の沖積砂壤土、作土の深さ15cm、減水深2cm/日の排水良好な乾田である。

1969年度以降は場の移転に伴い、凝灰岩質花こう岩の湖成沖積砂壤土、作土の深さ15cm、減水深0.5cm/日の水田で、いずれの圃場も塩基吸着能が弱く、有機物や養分含量が少なく、肥沃度からみて本地帯の一般水田並みの土壌である。

2) 試験設計

1968年度の試験区の規模は、1区15m²、2反復、試験区の構成と施肥量を第3表に示した。

窒素は基肥0.6kg/a、中間追肥0.2kg/aを施用して幼穂形成期まで均一栽培とし、出穂5日後の実肥の効果が実肥施用時の稲体窒素含量の違いによって変わることが予想されたので、穂肥窒素施用量を0.1kg/a、0.3kg/a、0.5kg/aの3段階設け、それぞれに実肥として窒素施用量を0、0.3kg/a、0.6kg/aとした。1969年度は、試験区の規模1区10m²、3反復とした。試験区の構成と施肥量を第4表に示した。基肥窒素量0.5kg/a、中間追肥0.2kg/aで均一栽培したものに、穂肥0.1kg/a、0.3kg/aの2段階施用して、出穂5日後の実肥の効果をもるとともに、基肥窒素量を0.2kg/a増加して、莖数に差をつけて実肥の効果判定するよう設計した。

第3表 試験区の構成と施肥量(1968年) (kg/a)

区名	N				三要素(計)		
	基肥	中間追肥	穂肥	実肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			24日前	5日後			
6-2-1-0	0.6	0.2	0.1	0	0.9	0.8	0.9
6-2-1-3	0.6	0.2	0.1	0.3	1.2	0.8	1.2
6-2-1-6	0.6	0.2	0.1	0.6	1.5	0.8	1.5
6-2-3-0	0.6	0.2	0.3	0	1.1	0.8	1.1
6-2-3-3	0.6	0.2	0.3	0.3	1.4	0.8	1.4
6-2-3-6	0.6	0.2	0.3	0.6	1.7	0.8	1.7
6-2-5-0	0.6	0.2	0.5	0	1.3	0.8	1.3
6-2-5-3	0.6	0.2	0.5	0.3	1.6	0.8	1.6
6-2-5-6	0.6	0.2	0.5	0.6	1.9	0.8	1.9

基肥、中間追肥は塩加リン安(14-14-14)。穂肥、実肥はNK化成(16-0-16)
 区名の数字は基肥、中間追肥、穂肥、実肥の施肥量を示す

3) 耕種概要

1968年：水稲品種、中生新千本、田植、6月25日、30cm×15cmの並木植、基肥施肥 6月24日、追肥 7月11日、穂肥 8月2日、実肥 9月10日、収穫 10月31日
 1969年：品種は出穂、成熟期が中生新千本より1週間程度早いサトミノリとした。田植6月20日、栽植方法は前年度と同一、基肥施肥6月18日、追肥7月5日、穂肥8月1日、実肥8月29日、収穫10月8日、このほかは両年度とも当場の耕種基準によった。

4) 分析法

植物体の分析は粉碎後、80°Cで乾燥したものを供試

第4表 試験区の構成と施肥量(1969年) (kg/a)

区名	N				三要素(計)		
	基肥	中間追肥	穂肥	実肥	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			24日前	5日後			
5-2-1-0	0.5	0.2	0.1	0	0.8	0.7	0.8
5-2-1-3	0.5	0.2	0.1	0.3	1.1	0.7	1.1
5-2-1-6	0.5	0.2	0.1	0.6	1.4	0.7	1.4
5-2-3-0	0.5	0.2	0.3	0	1.0	0.7	1.0
5-2-3-3	0.5	0.2	0.3	0.3	1.3	0.7	1.3
5-2-3-6	0.5	0.2	0.3	0.6	1.6	0.7	1.6
7-2-3-0	0.7	0.2	0.3	0	1.2	0.9	1.2
7-2-3-3	0.7	0.2	0.3	0.3	1.5	0.9	1.5
7-2-3-6	0.7	0.2	0.3	0.6	1.8	0.9	1.8

基肥、中間追肥は塩加リン安(14-14-14)。穂肥、実肥はNK化成(16-0-16)
 区名の数字は基肥、中間追肥、穂肥、実肥の施肥量を示す

し、窒素はケルダール法¹⁰⁾、リン酸はバナドモリブデン酸法⁴³⁾、加里は炎光光度法⁹⁾によった。以下各試験における分析法は上記の方法によった。

2. 試験結果

1) 生育概況および収量

1968年：生育収量結果は第5表に示した。この年は田植後、好天に恵まれ順調な生育を示し茎数も多かった。成熟期の穂数は幼穂形成期の穂肥施用量を変えても、ほとんど差がみられなかった。これに対して稈長、穂長は穂肥施用量によって差がみられ、施用量が多くなるにつ

第5表 生育収量 (1968年)

区名	生育(成熟期)			収量 (kg/a)					もみ/わら
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/nf)	わら重	精もみ重	精玄米重	収量比	屑米重	
6-2-1-0	73.1	17.6	378	68.8	65.2	53.1	99	1.5	0.95
6-2-1-3	73.0	18.0	399	76.2	63.0	51.0	95	1.8	0.83
6-2-1-6	72.8	17.9	422	82.0	66.0	52.9	99	2.6	0.80
6-2-3-0	74.4	19.1	362	69.5	65.2	53.5	(100)	1.3	0.94
6-2-3-3	75.3	18.6	416	78.6	65.9	52.7	99	2.7	0.84
6-2-3-6	75.5	18.8	427	82.1	66.9	53.8	101	1.9	0.81
6-2-5-0	75.3	19.6	407	72.2	66.4	51.2	96	2.3	0.92
6-2-5-3	74.9	19.2	366	77.1	65.9	53.6	100	1.9	0.85
6-2-5-6	75.1	19.1	408	84.0	66.8	53.2	100	2.4	0.80

注) 収量比の()は標準

れて長くなる傾向にあった。しかし、実肥施用量の差による影響はみられなかった。

一方、収量をみると、精玄米重は幼穂形成期の穂肥施用量が標準より少ない0.1kg/a区では、絶対収量がやや低い。標準の0.3kg/a区と0.5kg/a区の比較では、標準に対し0.5kg/a区の指数が96となり、穂肥の増施により減収となった。他方、実肥施用時の稲体条件に差をつけた水稻に対する実肥の施用は、施用量を増加しても、籾重、玄米重がほとんど増加せず、しかも屑米重が多くな

って、稔実良化をもたらさなかった。

しかし、わら重は着実に増加し、実肥施用量の多いものほど多くなり、その結果、籾/わら比が低下した。したがって、実肥施用はわら重の増加のみにとどまり、予期した玄米重の増加がみられなかった。

1969年：生育収量結果は第6表に示した。この年は、分けつ期が低温多照でやや寒地型の気象であったため、草丈の伸長が抑制され、分けつの多い生育を示した。

成熟期の穂数は、実肥施用量の多少による差がみられ

第6表 生育収量 (1969年)

区名	生育(成熟期)			収量 (kg/a)					もみ/わら
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重	精もみ重	精玄米重	収量比	屑米重	
5-2-1-0	74.7	19.5	306	60.6	68.3	54.8	89	1.0	1.13
5-2-1-3	75.4	20.1	295	64.5	68.1	55.1	89	0.7	1.06
5-2-1-6	74.4	19.9	295	67.7	67.2	54.3	88	0.8	0.99
5-2-3-0	78.4	21.3	319	62.7	78.1	61.6	(100)	1.9	1.25
5-2-3-3	78.5	21.5	321	66.6	77.6	62.1	101	1.6	1.17
5-2-3-6	79.4	21.4	342	73.5	79.6	62.5	101	1.9	1.08
7-2-3-0	82.3	21.2	353	72.5	81.1	63.3	103	3.1	1.12
7-2-3-3	81.8	20.9	352	74.1	80.2	62.9	102	2.4	1.08
7-2-3-6	82.7	21.6	345	74.8	80.2	62.7	102	2.9	1.07

注) 収量比の () は標準

ず、むしろ基肥、穂肥施用量による差が大きい。すなわち、基肥施用量が0.5kg/aで穂肥施用量が0.1kg/aでは300本/m²、0.3kg/aでは315本/m²であり、基肥施用量が0.7kg/aでは325本/m²であった。稈長、穂長は穂数と同じ傾向で、実肥施用による影響がみられなかった。

一方、実肥施用時の稲体条件、とくに窒素保有量に差をつけるため、基肥、穂肥施用量を変えて栽培したものに実肥を施用したが、精玄米の絶対収量は基肥施用量が同一の場合、穂肥施用量0.3kg/aの標準区にくらべ、0.1kg/a区では11%の減収となった。これに対して、穂肥施用量が0.3kg/a区では基肥施用量の多いものが3%の増収となった。

つぎに、実肥施用が収量に及ぼす効果をみると、0.3kg/a、0.6kg/aの実肥施用では、施用量を増加しても籾重は無施用とほとんど変わらなかった。したがって、精玄米重も増加せず前年同様、出穂後の実肥施用の効果は期待できなかった。これに対して、わら重は実肥施用量の増加に伴い多くなった。その結果、施用量の増加とともに籾/わら比が低下した。実肥施用によるわら重の増加は第7表に示すように、節間重、稈基重の増加とな

ってあらわれ、出穂後の同化産物が籾ではなく、わらに

第7表 節間重および稈基重 (1969年)

(m²当り g/cm)

区名	節間重					稈基重
	第1	第2	第3	第4	第5	
5-2-1-0	3.1	4.3	5.8	7.3	24.3	11.96
5-2-1-3	3.4	5.3	7.9	12.5	39.5	12.04
5-2-1-6	3.7	5.8	9.6	14.8	48.0	19.85
5-2-3-0	3.2	4.2	5.6	8.0	16.7	12.06
5-2-3-3	3.5	5.3	7.4	9.2	23.7	12.36
5-2-3-6	4.4	5.7	8.6	11.8	41.8	17.41

集積したためと考えられた。

2) 稲体の窒素含量

稲体の窒素含有率と吸収量を第8表の1と2に示した。

水稻の品種、土壌条件、施肥来歴が異なるので両年の結果を単純に比較することは困難であるが、出穂期の茎

第8表-1 稲体の窒素含有率と吸収量 (1968年)

区名	出穂期 葉身 (%)	出穂25日後の 葉身上位3葉 (%)	成熟期 (%)		N吸収量 (kg/a)			実肥の 利用率 (%)
			わら	もみ	わら	もみ	計	
6-2-1-0	1.14	1.77	0.74	1.16	0.51	0.64	1.15	
6-2-1-3	1.24	2.00	0.89	1.31	0.68	0.70	1.38	76
6-2-1-6	1.20	2.72	1.07	1.40	0.88	0.79	1.67	85
6-2-3-0	1.34	2.14	0.80	1.22	0.56	0.68	1.24	
6-2-3-3	1.31	2.48	0.98	1.29	0.77	0.72	1.49	87
6-2-3-6	1.41	2.65	1.16	1.40	0.95	0.79	1.74	85
6-2-5-0	1.48	2.32	0.91	1.28	0.66	0.72	1.38	
6-2-5-3	1.49	2.79	0.96	1.29	0.74	0.72	1.46	28
6-2-5-6	1.51	2.82	1.00	1.43	0.88	0.84	1.72	58

第8表-2 稲体の窒素含有率と吸収量 (1969年)

区名	出穂期 葉身 (%)	出穂25日後の 葉身上位3葉 (%)	成熟期 (%)		N吸収量 (kg/a)			実肥の 利用率 (%)
			わら	もみ	わら	もみ	計	
5-2-1-0	1.71	1.28	0.52	0.99	0.32	0.58	0.90	
5-2-1-3	1.58	1.41	0.57	1.23	0.37	0.72	1.09	63
5-2-1-6	1.61	1.99	0.67	1.28	0.45	0.74	1.19	48
5-2-3-0	1.94	1.39	0.53	1.10	0.33	0.74	1.07	
5-2-3-3	1.76	1.61	0.64	1.28	0.43	0.85	1.28	70
5-2-3-6	1.87	2.25	0.78	1.39	0.57	0.95	1.54	80
7-2-3-0	1.80	1.52	0.61	1.19	0.44	0.83	1.27	
7-2-3-3	1.87	1.74	0.70	1.25	0.52	0.86	1.38	37
7-2-3-6	1.94	2.08	0.85	1.38	0.64	0.95	1.59	53

葉、葉身の窒素含有率は出穂前の施肥量の多いものほど高い。

この場合、同一施肥量でも区間に若干の差が生じたが、実肥施用による窒素濃度の差は明らかであった。すなわち、出穂25日後の葉身上位3葉および成熟期の籾、わらの窒素含有率は、実肥施用量の増加により高まるが、この時期でも基肥、穂肥の影響がみられ、施用量の多いものが高い。したがって、穂肥、実肥の施用量が多くなるにつれ、出穂後の稲体窒素含量は高く維持され、同化能が増大したと思われる。このことは、わら重の増加傾向からうかがえる。

両年の出穂後の窒素含有率の推移をみると、出穂期の含有率は茎葉と葉身で比較できないが、出穂25日後の葉身では1968年が高い。これは施肥ばかりでなく、後半に土壤から窒素の供給がかなりあったためと推定され、したがって、この年次は窒素含量からみて実肥の効果の出

にくい稲体条件であったものと思われる。

一方、成熟期の窒素吸収量は、含有率を反映して実肥施用量の多いものほど多くなったが、差引法による実肥利用率をみると、幼穂形成期の穂肥施用量が0.3kg/aで高く、穂肥施用量がこれより多くても少なくとも低下した。

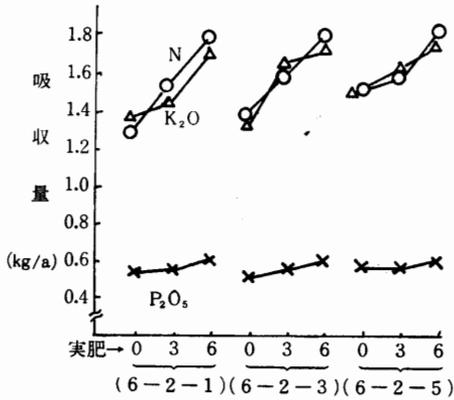
3) その他の成分の吸収状況

成熟期の三要素の吸収量を第1図の1と2に示した。窒素と加里は穂肥、実肥に施用するため、含有率、吸収量が多くなるが、リン酸についても多くなった。

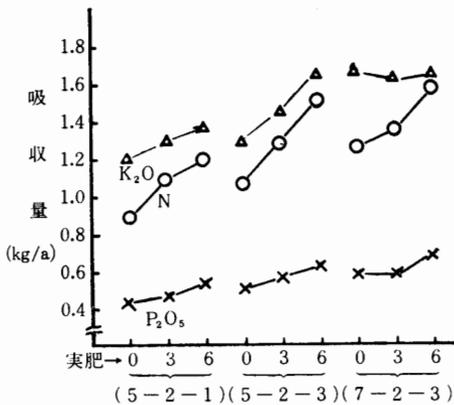
4) 収量構成要素

1969年の出穂後の実肥施用が収量構成要素に及ぼす影響を調べ第2図に示した。

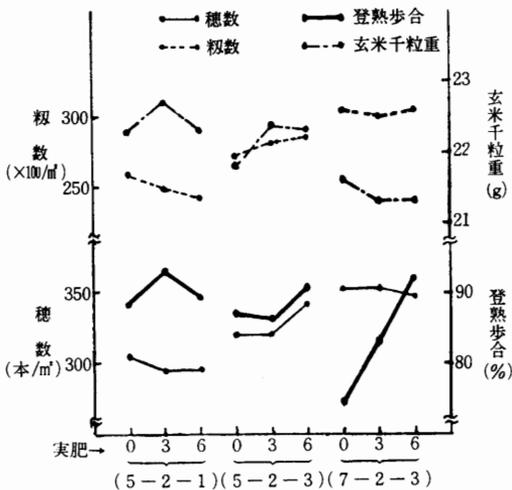
穂数および籾数は実肥施用によって変化しないといわれており、実肥施用時までの施肥量によってきまる。したがって、基肥、穂肥の多いものほど多くなった。ま



第1図-1 成熟期の三要素の吸収量 (1968年)
注) () 内の数字は基肥-中間追肥-穂肥



第1図-2 成熟期の三要素の吸収量 (1969年)



第2図 収量構成要素 (1969年)

た、登熟歩合は実肥施用により向上する傾向にあり、とくに籾数の多い段階で顕著であったが、千粒重は逆に籾数の多いものが低い傾向にあった。

3. 考 察

出穂後に施用する追肥を一般には実肥と呼んでいる。かつては出穂後の窒素追肥は、収量に対して有害無益であるとされていたが、その後、秋落水稲の低収の一因が生育後期の窒素吸収の不足(40,46,52)によることや、登熟期における窒素追肥が登熟または穂重に好影響を与える場合のあること(27,31)などが認められ、一般の水稲でも出穂期以降の窒素追肥により登熟歩合を向上させ、収量を増大する可能性のあることが提唱された。すなわち、松島ら(35,36)は実肥の効く条件として、①出穂期の茎葉の窒素含量が1.3%以下であること、②登熟歩合の低いこと、③土壌からの窒素の供給が期待されないこと、の三つの条件を提示した。また、村山(24)は出穂後の施肥が効果をあげるためには、このほかに根が健全であること、稲の姿勢がよいこと、土壌の養分供給能がよいこと、日照がよいことなどの諸条件が具備されなければならないとしている。したがって、実肥の効果は土壌条件、気象条件、出穂までの施肥前歴などさまざまな要因によって異なってくると思われる。そこで2か年にわたり、土壌型の異なる花こう岩質沖積水田において、品種、施肥前歴の違いによる出穂後の実肥の効果を検討したが、2か年に共通するものをあげれば、玄米収量はほとんど増加しないのに対して、わら重が増大し、籾/わら比が低下したことから、登熟期、成熟期の稲体窒素含有率および吸収量が増大したことである。これを各年の試験結果から考察すれば、1968年は登熟期の一時が台風の影響による曇天、日照不足であったことも効果のなかった一因と考えられたが、成熟期の窒素含有率、吸収量をみると、実肥施用区が高く、しかも施用量の多いものほど高いことから、実肥窒素が登熟期の同化能の促進に寄与したとみることができ、このことは、わら重の増加によっても明らかである。それにも拘わらず玄米の増収効果がみられないのは、土壌条件、気象条件の影響に加えて、実肥施用時の稲体条件が影響したためと考えられる。すなわち、穂肥を0.1kg/a施用した区は出穂期の茎葉の窒素含有率が1.3%以下で、しかも登熟歩合が低いので増収が期待されたが、前述のごとく、日照条件が悪かったことと、穂肥施用量の少ないことから相対的に籾数が少なく、実肥施用によって増大した同化産物の移行が籾数に制限されたためであり、また、穂肥を0.3kg/a以上施用した区は茎葉の窒素含有率も高く籾数も多い

が、このような水稻は繁茂度が大きく、受光態勢が悪くなる上に日照不足が重なり、同化能が低下して登熟良化に結びつかなかったため、増収効果があらわれなかったものと考えられる。

一方1969年の結果では、この年は天候に恵まれ一般に多収の年であったが、出穂後の実肥施用は施用量を増加しても玄米収量の増加がみられず、前年同様の結果となった。これを稲体の窒素含有率、吸収量でみると、実肥施用量の多いものほど高くなっていることから、登熟期の同化能は向上したと思われる。しかし、収量構成要素をみると、登熟歩合は実肥施用区が若干向上する傾向にあったが、玄米千粒重は高まらず粒重の増加をもたらさなかった。このことは、基肥、穂肥の施用量が少ないときは必然的に粒数が少なく、しかも登熟歩合が高いため、同化産物を受容する粒の容量に余裕がなく、余った炭水化物が稈、葉鞘へ再蓄積される^{28,53)}ため、わら重のみの増加となり、また逆に、粒数の多いときは粒数に見合った同化産物が得られず、粒重の増加はもちろん、わら重さえも増加しない結果となったと考えられ

る。

以上2か年の結果、いずれも出穂後の実肥施用は、みかけ上、出穂後も青々としていて、いかにも増収するかのようにみえたが、玄米収量の増収効果がみられなかった。この原因についてはすでに述べたように、穂の炭水化物受入れ容量と栄養体の炭水化物供給力、つまり受容系と生産系のほかに、粒の受入れ能力と転流に問題があるものと考えられ、着生粒数と粒の大きさが関連する。したがって、出穂後の実肥の効果を期待する場合は、増収をうるために必要な粒数の確保と、着生した粒を完全に充実させる必要があるが、出穂後の窒素追肥はそれを十分に発揮する時期としては遅いように思われる。

B 出穂後追肥の施用時期試験

1. 試験方法

前試験と同一圃場で行ったため、試験区の規模、供試品種、栽植様式、栽培方法など、実肥の施用試験と同じである。施肥設計は第9表に示したとおり、出穂まで同

第9表 試験区の構成と施肥量 (1968年)

(kg/a)

区名	N				三要素 (計)		
	基肥	中間追肥	穂肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			24日前	5日後			
標準	0.5	0.2	0.3		1.0	0.7	1.0
5日後実肥	0.5	0.2	0.3	0.3	1.3	0.7	1.3
10日後実肥	0.5	0.2	0.3		1.3	0.7	1.3
15日後実肥	0.5	0.2	0.3		1.3	0.7	1.3
5日後実肥(I B)	0.5	0.2	0.3	0.6 (I B)	1.6	1.3	1.6

基肥、中間追肥は塩加リン安 (14-14-14)。穂肥、実肥はNK化成 (16-0-16)。I B化成は80% I B (10-10-10)

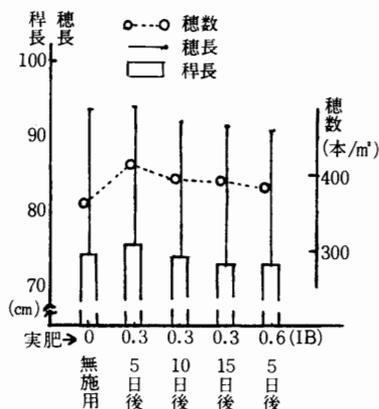
一施肥量で栽培したものに、出穂後の実肥を5日おきに0.3kg/aの窒素を施用し、出穂後のどの時期の実肥の効果がどうかを検査するとともに、別に緩効性肥料としてI B化成を出穂5日後に施用し、比較検討した。

2. 結果の概要と考察

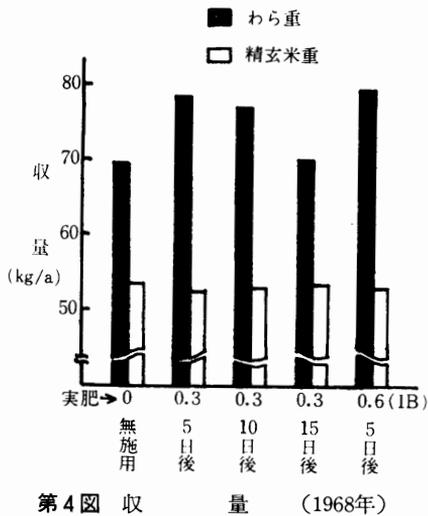
1) 実肥の施用時期と生育、収量

成熟期の生育調査の結果を第3図に、収量調査の結果を第4図に示した。

出穂後の窒素追肥は、穂数に影響を与えないといわれているが、本試験では実肥施用によって若干増加する傾向がみられた。



第3図 成熟期の生育状況 (1968年)



稈長、穂長は5日後の施肥により若干伸長する傾向にあったが、10日以後の施肥では影響がなく、また、緩効性肥料I B化成の5日後多量施用は速効性肥料にくらべて劣った。

一方、収量をみると、精玄米重は施用時期、肥料の種類を変えても増収効果がみられなかった。これは、すでに受け入れる収容量に制限されたためと考えられ、したがって、5日後実肥施用で効果の現われなような条件の水稲に、時期を遅らせて施用しても効果は出ないものと思われる。これに対して、わら重は5日後の実肥施用で増加し、10日後でも増加するが増加割合が劣った。15日後の遅い追肥はもはや、わら重の増加さえみられなかった。

2) 実肥の施用時期と窒素含量

実肥施用後の稲体の窒素含量は第10表に示した。

出穂期の茎葉の窒素含有率は1.23~1.34%の幅があ

第10表 稲体の窒素含有率と吸収量 (1968年)

区名	出穂期 茎葉 (%)	葉身上位3葉(%)		成熟期 (%)		N 吸収量 (kg/a)		
		出穂期	出穂25日 後	わら	もみ	わら	もみ	計
標準	1.34	2.72	2.14	0.80	1.22	0.56	0.57	1.13
5日後実肥	1.31	2.68	2.48	0.98	1.29	0.77	0.72	1.49
10日後実肥	1.23	2.54	2.28	0.85	1.24	0.65	0.69	1.34
15日後実肥	1.31	2.62	2.38	0.88	1.28	0.61	0.72	1.33
5日後実肥(I B)	1.26	2.67	2.42	0.95	1.31	0.75	0.73	1.48

り、光合成能に最も関係が深いと思われる葉身上位3葉の含有率にも差があったが、出穂後の施肥により、出穂25日後の窒素含有率がいずれの時期に施用しても、無施用にくらべ高くなった。しかし出穂後の日数で見ると、5日後の施肥が高く、10日、15日後の遅いものは低い。10日後と15日後の比較では、15日後が高くなったが、これは出穂期の含有率の差がそのままあらわれたものと思われる。

このように、出穂後の施肥時期によって差があらわれたが、登熟期間における茎葉の窒素含量は、日数の経過とともに低下し、出穂後3週間前後に茎葉の機能がもっとも衰える時期がくる^{29,30)}ことから、遅い時期の追肥ほど同化能の向上に寄与する割合が低くなると推察される。したがって、施肥時期が遅れるほど同化産物が少なくなり、わら重の増加さえみられない結果となったものと考えられる。

III 移植水稲に対する出穂10日前穂肥の施用試験

1969~'70年の2か年、基肥および幼穂形成期の穂肥(以下、穂肥Iとする)施用量を変え、窒素含量の異なる水稲に出穂10日前穂肥(以下、穂肥IIとする)を施用してその効果を検討した。

1. 試験方法

1969~'70年とも、供試圃場、試験区の規模、供試品種、栽植様式は'69年の実肥施用試験と同様である。

1) 試験設計

1969年の試験区の構成と施肥量を第11表に示した。

窒素施用量基肥0.5kg/a系列は、穂肥Iを0.1kg/a、0.3kg/a施用し、さらに穂肥IIを0.3kg/a、0.6kg/a施用する処理と、基肥の窒素施用量を0.2kg/a増施して茎数に差をつけ、穂肥IIの施用効果をみるように設計した。一方、1970年の試験区の構成と施肥量は第12表に示

第11表 試験区の構成と施肥量 (1969年)

(kg/a)

区名	N				三要素 (計)		
	基肥	中間追肥	穂肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			24日前	10日前			
5-2-1-0	0.5	0.2	0.1	0	0.8	0.7	0.8
5-2-1-3	0.5	0.2	0.1	0.3	1.1	0.7	1.1
5-2-1-6	0.5	0.2	0.1	0.6	1.4	0.7	1.4
5-2-3-0	0.5	0.2	0.3	0	1.0	0.7	1.0
5-2-3-3	0.5	0.2	0.3	0.3	1.3	0.7	1.3
5-2-3-6	0.5	0.2	0.3	0.6	1.6	0.7	1.6
7-2-3-0	0.7	0.2	0.3	0	1.2	0.9	1.2
7-2-3-3	0.7	0.2	0.3	0.3	1.5	0.9	1.5
7-2-3-6	0.7	0.2	0.3	0.6	1.8	0.9	1.8

基肥, 中間追肥は塩加リン安 (14-14-14)。穂肥は NK化成 (16-0-16)。
区名の数字は基肥, 中間追肥, 穂肥 I, 穂肥 II の施肥量を示す

第12表 試験区の構成と施肥量 (1970年)

(kg/a)

区名	N				三要素 (計)		
	基肥	中間追肥	穂肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			24日前	10日前			
5-2-3-0	0.5	0.2	0.3	0	1.0	1.05	1.12
5-2-3-3	0.5	0.2	0.3	0.3	1.3	1.05	1.42
5-2-3-6	0.5	0.2	0.3	0.6	1.6	1.05	1.72
5-2-5-0	0.5	0.2	0.5	0	1.2	1.05	1.32
5-2-5-3	0.5	0.2	0.5	0.3	1.5	1.05	1.62
5-2-5-6	0.5	0.2	0.5	0.6	1.8	1.05	1.92
5-2-7-0	0.5	0.2	0.7	0	1.4	1.05	1.52
5-2-7-3	0.5	0.2	0.7	0.3	1.7	1.05	1.82
5-2-7-6	0.5	0.2	0.7	0.6	2.0	1.05	2.12
8-2-3-0	0.8	0.2	0.3	0	1.3	1.5	1.47
8-2-3-3	0.8	0.2	0.3	0.3	1.6	1.5	1.77
8-2-5-0	0.8	0.2	0.5	0	1.5	1.5	1.67
8-2-5-3	0.8	0.2	0.5	0.3	1.8	1.5	1.97
8-2-7-0	0.8	0.2	0.7	0	1.7	1.5	1.87
8-2-7-3	0.8	0.2	0.7	0.3	2.0	1.5	2.17

基肥, 中間追肥は塩加リン安(12-18-14)。穂肥はNK化成(17-0-17)
区名の数字は基肥, 中間追肥, 穂肥 I, 穂肥 II の施肥量を示す

した。

前年の試験において、いずれの処理区も穂肥 II の施用効果が顕著であったので、穂肥 II 施用時の稲体窒素含量および基数に差をつけて効果の限界を知るため、基肥を

0.5kg/a, 0.8kg/a の 2 段階、中間追肥 0.2kg/a で均一栽培し、これに穂肥 I を 0.3kg/a, 0.5kg/a, 0.7kg/a の 3 段階施用して穂肥 II の効果をみた。

2) 耕種概要

1969年：田植6月20日，基肥6月18日，中間追肥7月5日，穂肥Ⅰ8月1日，穂肥Ⅱ8月14日，収穫10月8日。

1970年：田植6月22日，基肥6月19日，中間追肥7月3日，穂肥Ⅰ7月30日，穂肥Ⅱ8月12日，収穫10月14

日。これ以外は両年とも当場の耕種基準によった。

2. 試験結果

1) 生育概況および収量

1969年：生育収量結果は第13表に示した。

この年は，分けつ期の温度が低い反面，日照に恵ま

第13表 生 育 収 量 (1969年)

区 名	生 育 (成熟期)			収 量					もみ わら
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重	精もみ重	精玄米重	収量比	屑米重	
5-2-1-0	74.7	19.5	306	60.6	68.3	54.8	89	1.0	1.13
5-2-1-3	76.7	19.7	310	70.2	72.1	58.7	95	0.5	1.03
5-2-1-6	75.6	19.7	288	70.1	70.5	57.2	93	0.7	1.01
5-2-3-0	78.4	21.3	319	62.7	78.1	61.6	(100)	1.9	1.25
5-2-3-3	79.0	21.4	325	67.8	78.8	63.0	102	1.3	1.16
5-2-3-6	79.8	21.4	343	72.0	81.0	65.0	106	1.6	1.13
7-2-3-0	82.3	21.2	353	72.5	81.1	63.3	103	3.1	1.12
7-2-3-3	84.1	21.1	353	75.9	83.8	65.8	107	2.9	1.10
7-2-3-6	83.2	21.1	348	77.1	83.3	67.4	109	1.8	1.08

れ，草丈が低く分けつの多い生育を示した。

成熟期の稈長は，穂肥Ⅱの施用により若干高くなる傾向にあるが，施用量を倍増してもそれほど伸びず，逆に伸長が抑制されたものもあり，むしろ基肥および穂肥Ⅰの施用量による差が大きい。また，穂数，穂長には穂肥Ⅱの施用の影響が殆んどみられず，稈長と同様，穂肥Ⅰの施用量の多いものほど多くなった。

一方，収量は穂肥Ⅱの施用により籾重，精玄米重とも増加し，穂肥Ⅱの施用効果が認められた。これを精玄米収量比でみると，穂肥Ⅱ施用区は無施用区にくらべ2～9%増収となり，施用量の多いものの指数が高くなった。絶対収量は基肥，穂肥Ⅰの施用量の多いものほど高く，しかも穂肥Ⅰの施用量は0.1kg/aより0.3kg/aの方がよい結果となった。

なお，玄米重の増加につれ屑米重も若干少なくなる傾向が認められた。

他方，わら重は実肥と同様，穂肥Ⅱの施用により増加し，施用量の多いものほど多くなったが，増加割合は実肥より大きくなり，したがって穂肥Ⅱの施用量の増加に伴い，籾/わら比の低下がみられた。しかし，わら重ばかりでなく籾重の増加に伴うので，低下の度合は実肥より小さくなった。

穂肥Ⅱの施用によるわら重の増加は，第14表に示したように，節間重の増加となり，出穂後の同化産物が籾ば

第14表 節 間 重 (1969年)
(m²当り g/cm)

区 名	節 間 重				
	第1	第2	第3	第4	第5
5-2-1-0	3.1	4.3	5.8	7.3	24.3
5-2-1-3	2.7	4.9	6.3	8.9	23.9
5-2-1-6	3.2	6.4	9.7	15.3	51.2
5-2-3-0	3.2	4.2	5.6	8.0	16.7
5-2-3-3	3.1	5.0	8.0	10.5	30.2
5-2-3-6	4.1	6.5	8.1	9.9	31.2

かりでなく，実肥同様，わらへの集積がみられた。

1970年：生育収量結果は第15表に示した。

この年は，田植後から7月中旬までやや低温に経過したため，初期生育が若干抑制されたが，その後は天候に恵まれ順調な生育を示した。

成熟期の稈長は，基肥および穂肥Ⅰによって差が生じ，施用量の多いものほど高くなったが，穂肥Ⅱの施用によっても影響がみられ施用量の多いものが伸長した。

穂長は稈長と同様の傾向であったが，基肥施用量の差が穂長に影響を与えなかった。また，穂数は穂肥Ⅱの影響がみられず，基肥および穂肥Ⅰによって左右され，基肥，穂肥Ⅰの施用量の多いものほど多くなった。

第15表 生育収量 (1970年)

区名	生育(成熟期)			収量 (kg/a)					もみ ／ わら
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	わら重	精もみ重	精玄米重	収量比	屑米重	
5-2-3-0	75.7	19.9	315	76.3	62.1	49.2	(100)	1.9	0.81
5-2-3-3	80.1	20.7	323	70.2	64.6	50.5	103	2.8	0.92
5-2-3-6	80.9	21.1	330	70.7	66.7	53.0	108	2.5	0.94
5-2-5-0	78.8	20.9	351	72.3	61.5	48.0	98	2.9	0.85
5-2-5-3	81.1	21.2	351	69.1	57.6	44.9	91	3.1	0.83
5-2-5-6	83.9	21.6	357	74.6	63.0	48.8	99	3.4	0.84
5-2-7-0	81.2	21.8	376	78.2	63.5	49.5	101	3.3	0.81
5-2-7-3	83.2	22.1	377	73.5	60.7	46.0	93	3.9	0.83
5-2-7-6	83.1	22.7	370	70.7	63.2	49.0	100	3.6	0.89
8-2-3-0	80.0	19.2	346	84.9	64.3	50.4	102	3.1	0.76
8-2-3-3	84.1	20.7	370	79.9	63.1	48.8	99	3.5	0.79
8-2-5-0	82.7	20.4	386	78.4	59.2	46.0	93	2.8	0.76
8-2-5-3	85.0	21.7	378	80.4	62.6	48.5	99	3.4	0.78
8-2-7-0	85.5	21.1	378	75.3	56.3	43.4	88	3.0	0.75
8-2-7-3	87.0	22.2	404	72.5	54.0	41.2	84	3.7	0.74

一方、収量をみると、基肥0.5kg/a、中間追肥0.2kg/a、穂肥Ⅰ0.3kg/aを施用し、さらに穂肥Ⅱを施用した区は、施用量の増加に伴い籾重が多く、精玄米収量指数で3~8%の増収効果があった。しかし、屑米重は穂肥Ⅱの施用により多くなった反面、わら重の増加がみられなかったため、籾／わら比が増加した。これに対して、穂肥Ⅰの施用量を0.5kg/a、0.7kg/aと増加した区は、穂肥Ⅱの施用により屑米重が増加しただけで、わら重、玄米重の増加が認められなかった。

基肥0.8kg/a、中間追肥0.2kg/aで栽培したものに、

穂肥Ⅰを0.3、0.5、0.7kg/aの3段階施肥し、さらに穂肥Ⅱを0.3kg/a施用した区は、いずれも屑米重が多くなり、玄米の増収効果がみられなかった。このように、出穂後の同化能を高め、稔実をよくしようとして穂肥Ⅱを施用する場合、施用時の稲体条件によって効果が大きく変わる。すなわち、基肥および穂肥Ⅰの施用量が多いと穂肥Ⅱがマイナスに働く結果となる。したがって、穂肥Ⅱの効果の最適条件の探索が必要である。

2) 稲体の窒素含量

稲体の窒素含有率と吸収量を第16表の1と2に示した。

第16表-1 稲体の窒素含有率と吸収量 (1969年)

区名	葉身 (%)				成熟期 (%)		N 吸収量 (kg/a)			穂肥Ⅱ 利用率 (%)
	出穂 10日前	出穂期	葉身上位3葉 (%)	出穂 25日後	わら	もみ	わら	もみ	計	
5-2-1-0	1.98	1.71	2.21	1.28	0.52	0.99	0.32	0.58	0.90	
5-2-1-3		2.03	2.49	1.35	0.59	1.21	0.41	0.75	1.16	86
5-2-1-6		2.26	2.96	1.51	0.68	1.30	0.48	0.79	1.27	61
5-2-3-0	2.38	1.94	2.34	1.39	0.53	1.10	0.33	0.74	1.07	
5-2-3-3		2.34	2.82	1.52	0.61	1.23	0.41	0.83	1.24	57
5-2-3-6		2.61	2.99	1.96	0.81	1.40	0.58	0.98	1.56	81
7-2-3-0	2.31	1.80	2.55	1.52	0.61	1.19	0.44	0.83	1.27	
7-2-3-3		2.19	2.77	1.71	0.62	1.21	0.47	0.87	1.34	23
7-2-3-6		2.41	2.96	1.83	0.79	1.31	0.61	0.94	1.55	47

第16表-2 稲体の窒素含有率と吸収量 (1970年)

区名	葉身 (%)		葉身上位3葉 (%)		成熟期 (%)		N 吸収量 (kg/a)			穂肥Ⅱ利用率 (%)
	出穂10日前	出穂期	出穂期	出穂15日後	わら	もみ	わら	もみ	計	
5-2-3-0	2.13	2.14	2.37	1.82	0.59	1.11	0.45	0.59	1.04	
5-2-3-3	2.20	2.37	2.79	2.26	0.66	1.17	0.46	0.65	1.11	23
5-2-3-6	2.23	2.62	3.18	2.37	0.76	1.40	0.54	0.80	1.34	50
5-2-5-0	2.54	2.37	2.46	1.97	0.60	1.11	0.43	0.69	1.02	
5-2-5-3	2.56	2.71	2.84	2.26	0.77	1.48	0.55	0.73	1.28	89
5-2-5-6	2.58	2.84	3.13	2.37	0.98	1.49	0.73	0.81	1.54	87
5-2-7-0	2.78	2.56	2.81	2.36	0.72	1.25	0.56	0.68	1.24	
5-2-7-3	2.73	2.69	3.15	2.45	0.92	1.42	0.68	0.72	1.42	60
5-2-7-6	2.76	2.81	3.23	2.62	1.02	1.55	0.72	0.84	1.56	53
8-2-3-0	2.37	2.16	2.59	2.07	0.60	1.17	0.51	0.65	1.16	
8-2-3-3	2.42	2.55	2.82	2.27	0.75	1.27	0.60	0.69	1.29	43
8-2-5-0	2.59	2.23	2.69	2.26	0.65	1.24	0.51	0.63	1.14	
8-2-5-3	2.48	2.81	3.05	2.59	0.85	1.40	0.68	0.75	1.43	97
8-2-7-0	2.55	2.26	2.98	2.26	0.77	1.29	0.58	0.62	1.20	
8-2-7-3	2.83	2.59	3.31	2.47	1.03	1.59	0.75	0.74	1.49	97

穂肥Ⅱ施用時の葉身の窒素含有率は、穂肥Ⅰの施用量によって異なる。すなわち、1969年の結果では、穂肥Ⅰの施用量が0.1kg/aで約2%、0.3kg/aでは基肥量の差による生育差から若干の変動がみられるが約2.3~2.4%の範囲であった。これに対して1970年の結果では、基肥0.5kg/a、穂肥Ⅰ施用量0.3kg/aで約2.2%、0.5kg/aで約2.5%、0.7kg/aで約2.7%台となり、基肥0.8kg/aでは穂肥Ⅰの施用量が多くなるにつれて高くなり2.4%以上であった。

穂肥Ⅱ施用時の葉身窒素含有率と収量の関係を見ると、増収効果のあったのは、両年とも2.4%以下であり、したがって、穂肥Ⅱの施用効果のである葉身窒素含有率の上限が2.4%付近にあるものと思われる。

一方、出穂期以降の窒素含有率の推移をみると、穂肥Ⅱの施用により含有率が高く維持され、しかも施用量の多いものほど高濃度であった。

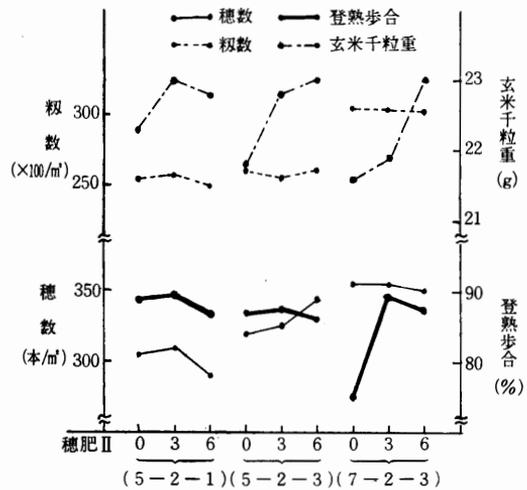
また、成熟期のわら、籾の含有率、吸収量についても同じ傾向で、穂肥Ⅱの施用量の多いものほど高いが、この時期においても基肥および穂肥Ⅰの影響がみられ、施用量の多いものが高くなった。

3) 収量構成要素

穂肥Ⅱが収量構成要素に及ぼす影響を調べ第5図の1と2に示した。

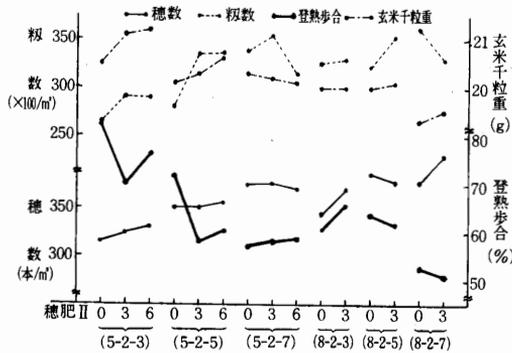
穂数は穂肥Ⅱの施用による影響が少なく、基肥および

穂肥Ⅰの施用量の多いものが多い。籾数は'69年の結果では、基肥施用量が0.5kg/aで穂肥Ⅰの施用量が違ってても殆んど差がなく2.5~2.6万粒/m²であり、基肥施用量が0.7kg/aでは3万粒/m²と多くなった。しかし'70年の結果では、穂数と同じ傾向にあるが、同じ処理区間で1穂着粒数の変動が大きく、穂肥Ⅱの施用区に増減がみられたが、穂肥Ⅱの施用による影響がどうか明らかでなかった。



第5図-1 収量構成要素(1969年)

注) ()内の数字は基肥-中間追肥-穂肥Ⅰ



第5図-2 収量構成要素 (1970年)

注) () 内の数字は基肥—中間追肥—穂肥 I

一方、登熟歩合は兩年の結果に差がみられた。すなわち、'69年では穂肥Ⅱの施用量が0.3kg/aより0.6kg/aで低下した。'70年では粒数の多いものが低くなり、しかも穂肥Ⅱの施用により低下した。しかし、玄米千粒重は兩年とも、穂肥Ⅱの施用により増加する傾向にあった。

3. 考 察

出穂10日前の穂肥は多収をあげる新しい施肥法で、この時期の追肥は施肥によって稲の形や穂数に大きな影響を与えず、登熟歩合の向上、粒重の増大など、登熟良化を目的としている点では、実肥と同じ効果をねらったものである。しかし実肥と異なる点は、出穂前7～28日の葉身の窒素含有率と1穂えい花数との間には高い相関があり、窒素1.5～3.5%の範囲で直線的な相関を示す¹²⁾ことから、ときには粒数が増加することがある。

1969年の試験結果によれば、穂肥Ⅱの施用により玄米重、わら重とも増加し、精玄米重で2～9%の増収となった(第13表)。施肥量は0.3kg/aより0.6kg/aの方が増収となり、絶対収量も基肥および穂肥Ⅰの施用量の多いものが高く60kg/a以上となった。これを収量構成要素からみると、登熟歩合は0.3kg/aより0.6kg/a施用でやや低下する傾向にあるが、粒数の多い段階で顕著に登熟が向上し85%以上となった。その結果、千粒重も施用量の多いものほど高くなった。

したがって、この時期の窒素追肥は暖地においても登熟歩合を引き上げ、玄米収量を増加させる効果が認められ、普遍性の高い施肥法であるといえる。

一方、葉身およびわら、籾の窒素含量をみると、施用時の窒素含量は施肥来歴により異なり、穂肥Ⅰの施用

が0.1kg/aでは約2%、0.3kg/aでは2.3～2.4%の範囲にあったが、施用後は施用量の多いものほど高くなり、しかも成熟期のわらおよび籾の窒素含有率の高いことから、施用窒素の吸収がみとめられ同化能が高まった結果、同化産物が穂に蓄積され、籾重が多くなって玄米が増収したものと思われる。

また、施用量の増加に伴い、わら重の増加がみられ籾/わら比の低下がみられるが、わら重の増加割合は粒数の少ないものが大きくなった。このことは受容系の籾容量に制限されて、余った同化産物がわらに集積するためと考えられる。

これに対して、1970年は全般に籾/わら比が低く、穂肥Ⅱの施用によるわら重の増加もみられなかったが、穂肥Ⅱ施用時の施肥前歴の差が稲体条件に大きく影響した。すなわち、基肥および穂肥Ⅰの施用量の差により粒数、乾物重に大きな差がみられ、穂肥Ⅰの施用量が0.3kg/aの標準処理では、穂肥Ⅱの施用により施用量の増加につれて精玄米重で3～8%の増収効果があった(第15表)。これにひきかえ、穂肥Ⅰの施用量を0.5、0.7kg/aと多量に施肥した区は、穂肥Ⅱの施用とは余り関係なく減収となった。これを収量構成要素ならびに葉身の窒素含有率からみると、標準処理は粒数はやや少ないが、登熟歩合、千粒重の増大によって増収したのに対し、減収となった処理区は粒数が多く、しかも多いものほど登熟歩合が低下して米粒の充実が悪かったため、このときの穂肥Ⅱ施用時の葉身窒素含有率は、標準区で2.2%台、その他の区で2.5%以上であった。

葉身の窒素濃度と光合成能との間には密接な関係があり、登熟期間中の窒素濃度が高ければ光合成能の増大、ひいては登熟歩合の向上による収量の増加が期待される。しかし、出穂期の葉身の窒素濃度と登熟歩合の間には負の相関がみられ、山下⁶²⁾は出穂期の葉身窒素濃度が2.5%を境に登熟歩合が低下するとし、長田・村田⁴¹⁾は光合成と登熟歩合との関係において、葉面積、総えい花数がマイナスの方向に働くことを明らかにしている。したがって、粒数の多い水稻は繁茂度が大きく、窒素濃度が高くても光合成能が大であっても、受光能率が低下して粒数に対する同化量の不足によるものと考えられる。

このことから、穂肥Ⅱの効果のする葉身の窒素濃度は、前年の試験結果とも合わせ考えると、出穂10日前の葉身で上限が2.4%付近にあるものと推察され、これ以上の窒素濃度では前述の理由から効果が出ないものと考えられる。

IV 硝酸態窒素の後期追肥への利用

近年、多収水稻の期待生育を遂行させる方策として、

第17表 試験区の構成と施肥量 (1971年)

(kg/a)

区名	N					
	基肥	中間追肥	出穂24日前		出穂10日前	
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
5-2-3-0	0.5	0.2	0.3			
5-2-3-3	0.5	0.2	0.3		0.3	
5-2-3-6	0.5	0.2	0.3		0.6	
5-2-3-③	0.5	0.2	0.3			0.3
5-2-3-⑥	0.5	0.2	0.3			0.6
5-2-5-0	0.5	0.2	0.5			
5-2-⑤-0	0.5	0.2		0.5		
5-2-⑤-③	0.5	0.2		0.5		0.3
5-2-⑤-⑥	0.5	0.2		0.5		0.6
5-2-⑦-0	0.5	0.2		0.7		
5-2-⑦-③	0.5	0.2		0.7		0.3
5-2-⑦-⑥	0.5	0.2		0.7		0.6

○印は硝酸ソーダ

区名の数字は基肥, 中間追肥, 穂肥Ⅰ, 穂肥Ⅱの施肥量を示す

第18表 試験区の構成と施肥量 (1972年)

(kg/a)

区名	N								
	基肥	中間追肥	出穂24日前				出穂10日前		
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	硝安		NH ₄ -N	NO ₃ -N	硝安
5-2-3-0	0.5	0.2	0.3						
5-2-④-0	0.5	0.2				0.4			
5-2-⑤-0	0.5	0.2				0.5			
5-2-3-3	0.5	0.2	0.3				0.3		
5-2-3-③	0.5	0.2	0.3						0.3
5-2-3-⑤	0.5	0.2	0.3						0.5
5-2-3-⑦	0.5	0.2	0.3						0.7
5-2-3-③	0.5	0.2	0.3					0.3	
5-2-3-⑤	0.5	0.2	0.3					0.5	
5-2-3-⑦	0.5	0.2	0.3					0.7	
5-2-④-④	0.5	0.2				0.4			0.4
5-2-⑧-⑧	0.5	0.2		0.8				0.8	
5-2-0-0	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0

○印は硝安 □印は硝酸ソーダ

区名の数字は基肥, 中間追肥, 穂肥Ⅰ, 穂肥Ⅱの施肥量を示す

水稻に硝酸態窒素を施用する動きがみられた。そこで1971～'72年の2か年、水稻の穂肥に対する硝酸態窒素の施用効果について検討を加えた。

1. 試験方法

2か年とも供試圃場、試験区の規模、供試品種、栽植様式は前年の試験と同様である。

1) 試験設計

1971年の試験区の構成と施肥量は第17表に示した。

前年までの試験から、出穂10日前の穂肥（以下、穂肥Ⅱとする）の施用は、その効果の高いことが判明したので、'71年は後期追肥の窒素源として硝酸態窒素を施用した。

基肥、中間追肥はアンモニア態窒素（以下、 $\text{NH}_4\text{-N}$ とする）で均一栽培したものに、幼穂形成期の穂肥（以下、穂肥Ⅰとする）を $\text{NH}_4\text{-N}$ 、穂肥Ⅱを硝酸態窒素（以下、 $\text{NO}_3\text{-N}$ とする）で施用するものと、穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱとも $\text{NO}_3\text{-N}$ で施用する区を設けた。

1972年の試験区の構成と施肥量は第18表に示した。

硝酸アンモニウム（以下硝安）および硝酸ソーダを単独または上乘せの施用方法で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果を $\text{NH}_4\text{-N}$ と対比できるように設計した。

2) 耕種概要

1971年：田植6月21日、施肥代掻き6月19日、中間追肥7月5日、穂肥Ⅰ7月29日、穂肥Ⅱ8月12日、収穫10月14日。

1972年：田植6月20日、施肥代掻き6月17日、中間追肥7月5日、穂肥Ⅰ8月1日、穂肥Ⅱ8月14日、収穫10月16日。これ以外は当場の耕種基準によった。

2. 試験結果

1) 生育概況および収量

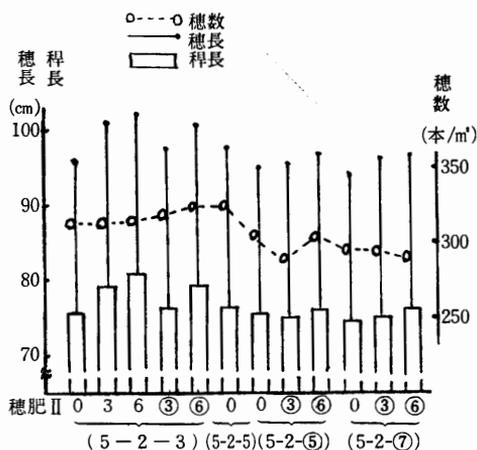
1971年：生育収量調査の結果は第6図および第19表に示した。

田植後1か月間はおう盛な生育を示し、分けつが多かった。その後、気温、日照は平年より劣ったが水稻の生育は順調であった。

しかし、9月の登熟期の日照不足から登熟歩合は必ずしもよくなかった。

$\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の生育に及ぼす影響をみると、穂数は穂肥Ⅰが $\text{NH}_4\text{-N}$ では0.3～0.5kg/a施用で310～330本/m²であったが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では0.5、0.7kg/aと多量に施用しても、有効茎歩合が低下して300本/m²前後と少なくなった。

稈長、穂長は穂肥Ⅰおよび穂肥Ⅱの施用により伸長す



第6図 成熟期の生育状況（1971年）

注）（ ）内の数字は基肥—中間追肥—穂肥Ⅰ

第19表 収 量（1971年）（kg/a）

区 名	わら重	精もみ重	精玄米重	収量比	屑米重	もみわら
5-2-3-0	64.0	68.6	55.4	100	1.6	1.07
5-2-3-3	68.5	73.5	58.4	105	2.4	1.07
5-2-3-6	69.4	71.5	57.5	104	2.5	1.03
5-2-3-③	65.1	71.8	57.5	104	2.0	1.10
5-2-3-⑥	64.7	69.9	55.9	101	2.1	1.08
5-2-5-0	67.2	68.6	54.7	99	2.1	1.02
5-2-⑤-0	64.0	66.7	54.0	97	1.3	1.04
5-2-⑤-③	63.1	69.2	55.7	101	1.9	1.10
5-2-⑤-⑥	60.6	68.3	55.4	100	1.5	1.13
5-2-⑦-0	59.4	67.7	55.1	99	1.4	1.14
5-2-⑦-③	60.7	68.1	54.9	99	1.7	1.12
5-2-⑦-⑥	65.0	70.3	56.5	102	1.8	1.08

注）○印は硝酸ソーダ

るが、肥料の形態で差がみられ、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_3\text{-N}$ より勝り、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のみの多量施用も施用量の割りに効果が少なかった。

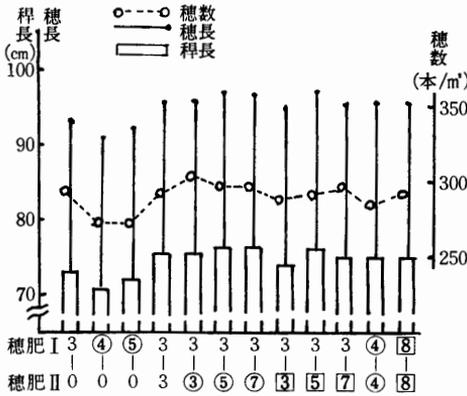
一方、収量は穂肥Ⅰおよび穂肥Ⅱのいずれも $\text{NH}_4\text{-N}$ で施肥した区は前年同様、わら重、玄米重とも増加し、穂肥Ⅱの効果がみられた。

穂肥Ⅰに $\text{NH}_4\text{-N}$ を0.3kg/a施用し、その上に穂肥Ⅱとして $\text{NO}_3\text{-N}$ を施用した区は、わら重の増加は少ないが、玄米重の増加となり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の上乗せの効果がみられたが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ には及ばなかった。このときの穂肥Ⅱの施用量は $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のいずれのタイプも、0.6kg/aより0.3kg/aの方が増収となった。これに対して、穂肥Ⅰおよび穂肥Ⅱとも $\text{NO}_3\text{-N}$ を単独施用した区

は、多量施用により収量指数で若干の効果がみられるものの、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ効果が少なく、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のみの後期追肥は施用効果が期待できなかった。

1972年：生育収量調査の結果は第7図および第20表に示した。

田植後、梅雨期を除き全般的に日照に恵まれたものの、気温が平年より1~2度低く経過したため、草丈、



第7図 成熟期の生育状況 (1972年)

第20表 収 量 (1972年) (kg/a)

区 名	わら重	精もみ重	精玄米重	収量比	もみ	わら
5-2-3-0	64.3	68.3	56.6	100	1.0	1.06
5-2-④-0	59.1	64.6	52.8	93	0.7	1.09
5-2-⑤-0	62.7	66.6	54.4	96	0.7	1.06
5-2-3-3	68.0	71.7	58.4	103	0.9	1.05
5-2-3-③	63.3	70.4	57.5	102	1.0	1.11
5-2-3-⑤	66.4	71.1	58.0	102	0.9	1.07
5-2-3-⑦	72.1	73.0	60.0	106	0.9	1.01
5-2-3-③	65.6	69.2	56.4	100	1.0	1.05
5-2-3-⑤	65.7	72.6	59.2	105	1.0	1.11
5-2-3-⑦	67.3	71.2	58.2	103	0.9	1.06
5-2-④-④	66.6	69.3	56.5	100	0.8	1.04
5-2-⑧-⑧	63.6	67.6	55.1	97	0.8	1.06

注) ○印は硝安, □印は硝安ソーダ

茎数が劣った。しかし、9月の登熟条件が良く、稔実良好となった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の後期追肥が生育に及ぼす影響を見ると、稈長は穂肥Ⅱの施用により伸長するが、施用量が同じであればアンモニア系のNK化成と硝安では差がみられなかった。しかし、硝安の施用量を増加すれば長くなった。これに対して硝安ソーダでは施用量を増加しても硝安ほどの効果がみられなかった。また穂肥Ⅰが硝

安のみでは、施用量を増加してもNK化成に及ばなかった。

穂長は稈長と異なり、穂肥の時期、施用量、肥料の形態が変わっても差がみられなかった。穂数は穂肥Ⅰが硝安のみでは劣るが、穂肥Ⅱの施用により肥料の形態に関係なく上乘せの効果がみられた。

一方、収量を見ると、穂肥Ⅰに硝安を0.4~0.5kg/a施用しても $\text{NH}_4\text{-N}$ の0.3kg/aにくらべ減収となり、硝安の穂肥効果はみられなかった。しかし、穂肥Ⅰに $\text{NH}_4\text{-N}$ を0.3kg/a施用し穂肥Ⅱに硝安を施用した区は、施用量の増加とともにわら重、玄米重が増加し、穂肥Ⅱの硝安施肥の効果が認められた。硝安の施用量は0.3, 0.5kg/aでは、 $\text{NH}_4\text{-N}$, 0.3kg/aにくらべ増収割合が劣ったが、0.7kg/aの多量施用により $\text{NH}_4\text{-N}$ を上回った。

硝安のかわりに硝安ソーダを穂肥Ⅱに施用した区は0.3kg/aでは効果がなかったが、0.5, 0.7kg/aと多量施用すれば、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.3kg/aに勝るとも劣らない効果があった。これに対して、穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱとも硝安を0.4kg/a施用した区は玄米収量は標準と同等であり、硝安ソーダを0.8kg/a施用した区は減収となって収量が期待できなかった。したがって、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の穂肥利用は単独施用では効果がみられず、 $\text{NH}_4\text{-N}$ プラス $\text{NO}_3\text{-N}$ の上乗せ効果のみ期待できる結果となった。

2) 稲体の窒素含量および穂肥の利用効率

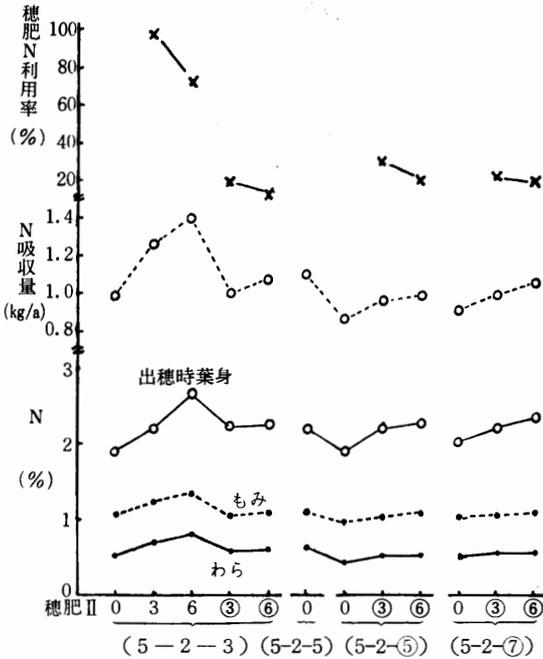
稲体の窒素含有率、吸収量および利用率は第8図の1と2に示した。

出穂期の葉身の窒素含有率をみると、1971年の結果では $\text{NO}_3\text{-N}$ を穂肥Ⅰに施用した区は、 $\text{NH}_4\text{-N}$, 0.3kg/a施用区と $\text{NO}_3\text{-N}$, 0.5kg/a施用区がほぼ同じ含有率を示し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を0.7kg/aと増施すれば、 $\text{NH}_4\text{-N}$, 0.3kg/a施用区より僅かに高くなった。しかし、 $\text{NH}_4\text{-N}$, 0.5kg/a施用区には及ばなかった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ を穂肥Ⅱに施用した区は、無施用区にくらべ窒素濃度の上昇がみられ、しかも施用量の多いものが高くなったが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ より劣った。このように $\text{NO}_3\text{-N}$ の後期追肥は、いずれも $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべて劣る結果となった。

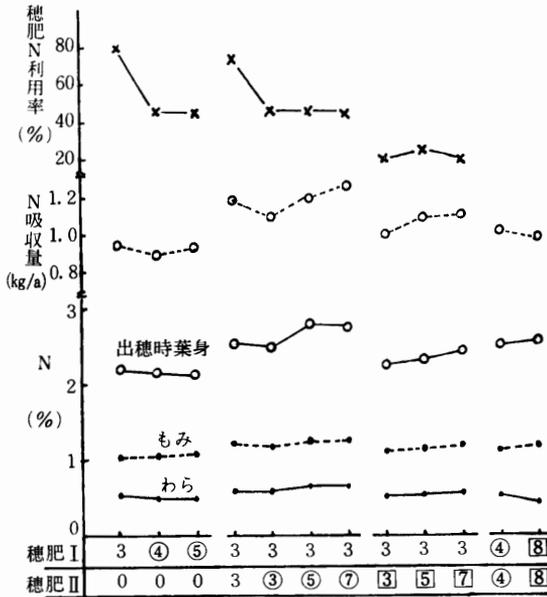
また、成熟期のわら、わらの窒素含有率、吸収量も、出穂期の葉身窒素濃度と類似の傾向にあり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が施用量の増加とともに多くなるのに対し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ では多量施用しても、それほど増加がみられなかった。

一方、1972年はほぼ前年同様、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ $\text{NO}_3\text{-N}$ が劣った。すなわち、この年は $\text{NO}_3\text{-N}$ として硝安と硝安ソーダの2種類を施用したが、出穂期の葉身窒素



第8図-1 窒素含有率、吸収量および利用率 (1971年)

注) () 内の数字は基肥—中間追肥—穂肥 I 穂肥 N 利用率は穂肥 II の利用率を示す。



第8図-2 窒素含有率、吸収量および利用率 (1972年)

注) 穂肥 N は利用率は左側 3 区が穂肥 I, 他は穂肥 II の利用率を示す。

含有率をみると、穂肥 I に硝安を 0.4~0.5 kg/a 施用しても、NH₄-N の 0.3 kg/a 施用区より低く、また硝安と硝酸ソーダを穂肥 II に施用しても、同一施肥量では NO₃-N が劣った。

しかし、硝安では施肥量を増加すれば、稲体の窒素含有率を NH₄-N に匹敵するまでに高めることができるが、硝酸ソーダでは多量施用しても NH₄-N に及ばなかった。成熟期の籾、わらの窒素含有率、吸収量についても、葉身窒素と類似の傾向がみられた。このように、NO₃-N は NH₄-N に対して劣り、穂肥窒素の利用率は NH₄-N が 80% 程度であるのに対し、硝安で 40 数%, 硝酸ソーダでは 20% 前後であった。

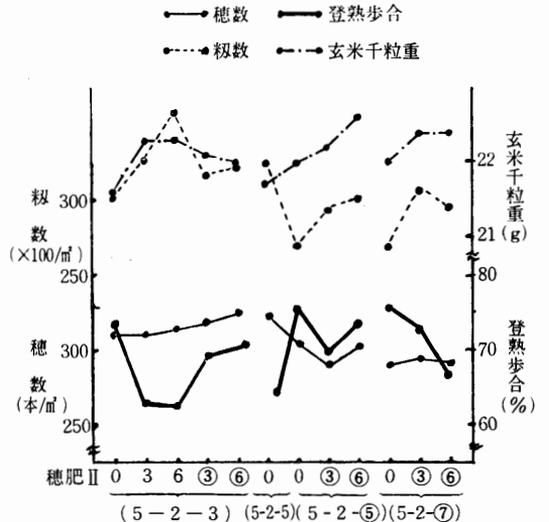
3) 収量構成要素

後期追肥における窒素源の違いが収量構成要素に及ぼす影響をしらべ第9図の1と2に示した。

1971年は穂肥 I が、NH₄-N では穂数が多く、したがって籾数も多くなった。しかし、NO₃-N では施肥量を増加しても穂数が少なく籾数も少なくなった。これに対して、穂肥 II の施用は穂数には殆んど影響を及ぼさなかったが、無施用にくらべ籾数が増える傾向にあった。

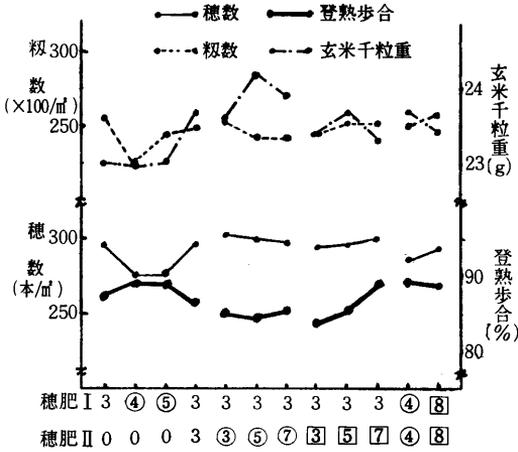
登熟歩合は、籾数の多いものが低下し、しかも穂肥 II の施用によりさらに低下する傾向がみられた。肥料の形態では差がみられ、籾数の多い NH₄-N 施用区が低かった。しかし千粒重は、登熟歩合とは逆に穂肥 II の施用により高くなった。

一方、1972年は穂肥 I が、硝安では 0.4~0.5 kg/a の窒素を施用しても、NH₄-N, 0.3 kg/a 区にくらべ穂数が少なくなった。籾数は穂数と同様の傾向を示し、硝安



第9図-1 収量構成要素 (1971年)

注) () 内の数字は基肥—中間追肥—穂肥 I



第9図-2 収量構成要素 (1972年)

の0.4kg/a施用区のみ少なくなったが、穂肥Ⅱの有無による差はみられなかった。

登熟歩合は、この年の気象特性から登熟条件に恵まれたため全般に高いが、穂肥Ⅱの施用により若干低下する傾向がみられた。

玄米千粒重は、登熟を反映して例年になく重く、しかも穂肥Ⅱの施用によって高まった。しかし、硝安、硝酸ソーダとも0.5kg/a施用で頭打ちとなった。

4) 玄米の品質および食味

玄米の粒厚分布割合は第21表の1と2に示した。

粒厚は玄米の品質の良否をみる一つの指標であるが、後期追肥が品質に及ぼす影響をみると、穂肥ⅡがNH₄-

第21表-1 玄米の粒厚分布 (1971年)

区名	粒厚分布 (重量%)						2mm以上の大粒の割合 (%)
	2.2 (mm)	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	
5-2-3-0	2.1	29.3	47.5	13.3	3.3	1.7	78.9
5-2-3-3	3.5	34.3	43.3	10.1	3.0	1.9	81.1
5-2-3-6	5.1	37.4	39.3	9.2	3.1	1.8	81.8
5-2-3-③	3.2	34.2	43.8	10.7	3.1	1.6	81.2
5-2-3-⑥	3.2	33.5	43.2	11.2	3.4	1.9	79.9
5-2-5-0	2.9	30.8	44.4	12.7	3.6	1.9	78.1
5-2-⑤-0	2.2	31.2	48.0	11.9	2.8	1.5	81.4
5-2-⑤-③	3.8	38.1	40.4	10.0	2.9	1.6	82.3
5-2-⑤-⑥	3.9	37.8	41.7	9.8	2.7	1.5	83.4
5-2-⑦-0	2.1	27.6	49.5	13.4	3.3	1.5	79.2
5-2-⑦-③	3.9	36.7	41.9	10.3	2.8	1.5	82.5
5-2-⑦-⑥	4.1	36.2	41.2	10.6	3.2	1.5	81.5

注) ○印は硝安, □印は硝酸ソーダ

第21表-2 玄米の粒厚分布 (1972年)

区名	粒厚分布 (重量%)						2mm以上の大粒の割合 (%)
	2.2 (mm)	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	
5-2-3-0	2.1	19.5	53.6	19.2	2.9	1.0	75.2
5-2-④-0	1.6	19.3	54.2	19.7	3.0	0.9	75.1
5-2-⑤-0	2.0	19.9	54.9	18.5	2.7	0.9	76.8
5-2-3-3	3.8	28.5	48.9	14.0	2.3	0.9	81.2
5-2-3-③	3.6	27.5	49.7	14.4	2.4	0.8	80.8
5-2-3-⑤	4.9	32.0	46.2	12.3	2.1	0.9	83.1
5-2-3-⑦	5.1	30.4	47.6	12.7	1.9	0.9	83.1
5-2-3-③	2.3	24.1	51.8	16.3	2.8	1.0	78.2
5-2-3-⑤	3.7	28.2	49.8	13.6	2.3	0.9	81.7
5-2-3-⑦	3.0	25.7	50.1	16.2	2.7	0.9	78.8
5-2-④-④	3.3	27.4	49.8	14.8	2.6	0.9	80.5
5-2-⑧-⑧	2.9	22.4	53.1	16.6	2.7	0.9	78.4

注) ○印は硝安, □印は硝酸ソーダ

Nでは玄米収量が増加し、しかも粒厚2mm以上の大粒割合が多くなった。NO₃-Nでは肥効が劣るため、穂肥Ⅰ、穂肥ⅡともNO₃-Nで施用した区は、絶対収量が低くなるが、穂肥Ⅱの施用によりNH₄-Nと同様、粒厚2mm以上の大粒割合が多くなった。穂肥Ⅱのみを硝安、硝酸ソーダで施用した区は、大粒割合は増加するが、硝酸ソーダより硝安が勝った。

2か年の結果、窒素源がNH₄-N、NO₃-Nのいずれでも、穂肥Ⅱの施用により大粒割合が多くなり、したがって、玄米の品質は無施用にくらべよくなった。

一方、食味については、後期追肥により悪くなるともいわれているが、第22表の1と2に示したように、1971年のパネルテストの結果では、NH₄-Nを穂肥Ⅱに施用した区と無施用区との間に各項目とも有意差が認められなかった。しかし、NO₃-Nとして硝酸ソーダを穂肥Ⅱのみ、あるいは穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱとも施用した区は、粘弾性に影響を与えた。1972年のパネルテストの結果では、穂肥ⅡにNH₄-Nを施用した区は、外観、味がよくなり総合評価もよくなったが、硝安区では各項目とも有意差がなかった。これに対して、穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱとも硝酸ソーダを施用した区は、粘り、硬さ以外の項目はよくなったが、前年同様粘弾性に影響をおよぼした。

また、後期追肥が白米中の窒素含量、搗精歩合に与える影響を調べ第23表の1と2に示した。

後期追肥の施用は、施用量の増加により白米中の窒素含有率が高くなったが、年次間に差がみられ、無施用区はもちろん同一施用量でも'71年より'72年が高くなった

第22表-1 食味試験結果 (1971年)

項目		総合評価	外観	香り	味	粘り	硬さ
区名	5-2-3-3	0.042 ± 0.364	0.125 ± 0.242	- 0.042 ± 0.352	- 0.082 ± 0.364	- 0.167 ± 0.320	0.417 ± 0.440
	5-2-3-③	0.417 ± 0.364	0.125 ± 0.242	0.375 ± 0.352	0.208 ± 0.364	0.417 ± 0.320	0.250 ± 0.440
区名	5-2-⑤-③	0.042 ± 0.364	- 0.042 ± 0.242	0.083 ± 0.352	- 0.208 ± 0.364	- 0.208 ± 0.320	0.583 ± 0.440
	判定	5-2-3-3	—	—	—	—	—
	5-2-3-③	—	—	○	—	強い、	—
	5-2-⑤-③	—	—	—	—	—	硬い、

基準は5-2-3-0区 ○ 良 — 有意差なし × 不良

区名の○印は硝酸ソーダ

第22表-2 食味試験結果 (1972年)

項目		総合評価	外観	香り	味	粘り	硬さ
区名	5-2-3-3	0.417 ± 0.356	0.458 ± 0.430	0.250 ± 0.330	0.500 ± 0.330	0.083 ± 0.396	0.292 ± 0.436
	5-2-3-③	- 0.167 ± 0.356	0.125 ± 0.430	- 0.167 ± 0.330	- 0.167 ± 0.330	- 0.333 ± 0.396	0.042 ± 0.436
区名	5-2-⑧-⑧	0.708 ± 0.356	0.500 ± 0.430	0.333 ± 0.330	0.708 ± 0.330	0.417 ± 0.396	0.666 ± 0.436
	判定	5-2-3-3	○	○	—	○	—
	5-2-3-③	—	—	—	—	—	—
	5-2-⑧-⑧	○	○	○	○	強い、	硬い、

基準は5-2-3-0区 ○ 良 — 有意差なし × 不良

区名の○印は硝酸, □印は硝酸ソーダ

第23表-1 供試白米の組成 (1971年)

区名	搗歩	精合 (%)	白米	
			水分 (%)	N% (乾物)
(標準) 5-2-3-0	88.3	12.4	1.16	
5-2-3-3	87.4	12.5	1.31	
5-2-3-③	87.6	12.5	1.19	
5-2-⑤-③	87.5	12.5	1.17	

○印は硝酸ソーダ

第23表-2 供試白米の組成 (1972年)

区名	搗歩	精合 (%)	白米	
			水分 (%)	N% (乾物)
(標準) 5-2-3-0	89.0	14.7	1.18	
5-2-3-3	89.7	14.3	1.38	
5-2-3-③	89.5	14.3	1.29	
5-2-⑧-⑧	87.5	14.3	1.30	

○印は硝酸, □印は硝酸ソーダ

た。 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の比較では、吸収利用率の高い $\text{NH}_4\text{-N}$ が高く、穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱとも $\text{NH}_4\text{-N}$ で施用したものは1.3%以上となった。

白米中の窒素含量と搗精歩合の間には一定の傾向がみられず、年次間で異なる結果となった。すなわち'71年は、後期追肥により搗精歩合が僅かながら低下したが、'72年はNK化成、硝安で向上した。しかし、硝酸ソーダでは2か年とも低い結果となった。

3. 考 察

水稻に対する窒素質肥料としての $\text{NO}_3\text{-N}$ は、水田においては流亡、脱窒の両面から肥効の劣ることが古くから知られていた。しかし、山崎ら⁶¹⁾は、米作日本一の技術解析から多収稲は生育各期に $\text{NO}_3\text{-N}$ を吸収していることを見出し、その後、水稻の期待生育を達成する方策として利用された。

そこで、後期追肥の窒素源として $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用を試みた。1年目は $\text{NO}_3\text{-N}$ のみの硝酸ソーダを、2年目は硝酸ソーダおよび $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の両方を含む硝安を供試し、穂肥Ⅰと穂肥Ⅱに施用した。その結果、穂肥Ⅰに施用する $\text{NO}_3\text{-N}$ は、硝酸ソーダ、硝安のいずれも施用量を増加することにより、生育、収量とも効果がみられるものの、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべて劣った。生育、収量の劣る原因を収量構成要素からみると、穂数の減少による粒数の不足であり、この時期の窒素栄養が穂数、粒数に大きく影響したためである。すなわち、幼穂形成期および出穂期の窒素栄養と粒数成立との関係について、玖村¹²⁾は、1穂えい花数が出穂前7~28日における葉身の窒素濃度と密接な関係があり、それ以前の窒素条件は余り関係ないとし、和田ら⁵⁸⁾は、穂数、1次枝梗数は第1苞分化期までの窒素吸収量、2次枝梗数、1穂えい花数はえい花分化終期、あるいは出穂期までの窒素吸収量と密接な関係があるとし、また、清水⁴⁹⁾、松島ら³²⁾は、出穂期の窒素保有量と粒数の間に密接な関係のあることを指摘している。したがって、この時期の $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用は、葉身の窒素含有率、穂肥の利用率などからみて、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべて吸収が悪く、そのために穂数、粒数が減少し、登熟歩合、千粒重が高くなっても、粒数が収量の制限因子となって収量があがらないものと考えられる。

これに対して、穂肥Ⅰに $\text{NH}_4\text{-N}$ を施用し、穂肥Ⅱが $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用では、硝安、硝酸ソーダとも上乘せの効果がみられ、施用量の増加により増収するが、硝安と硝酸ソーダの比較ではもちろん硝安が勝った。しかし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ生育、収量が劣った。これは、施用後の

葉身の窒素含有率が低いこと、穂肥の利用率が低いことから脱窒、流亡したためと考えられる。

一方、穂肥Ⅰおよび穂肥Ⅱが $\text{NO}_3\text{-N}$ のみでは施用量を増加しても、前述の理由から施用効果は殆んど期待できなかった。

このように、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は水稻に対して $\text{NH}_4\text{-N}$ と異なる肥効を示し施用効果が劣るが、ある一面では安全な稲作として $\text{NO}_3\text{-N}$ の特徴を生かした使い方⁵⁰⁾も試験されている。

しかし、水稻に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用方法は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のみの単独施用よりも、むしろ $\text{NH}_4\text{-N}$ との組み合わせで施用する必要があり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はあくまでもプラスアルファとして考えた方がより妥当ではないかと思われる。

つぎに、後期追肥と米質の関係について考察を加えると、米の品質は1次的品質と2次的品質に分けて考えられている⁵⁾。前者は主として検査等級、後者は搗精歩合、食味、貯蔵性などである。

窒素の施肥法と米質については、窒素の多量施肥が蛋白質を増加させ、食味にいい影響を与えないこと^{37,63)}、また、堆肥のみ、あるいは無肥料、無窒素栽培の米はうまい^{39,56)}といわれている。本試験は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の後期追肥が品質、食味にどのような影響をおよぼすかをみたものである。

粒厚は、玄米の品質の良否を数字的に表現する一つの指標となるが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ とも穂肥Ⅱの施用により粒厚2mm以上の大粒割合が多くなった。検査等級については検討を加えていないので断言できないが、上米割合からみて、品質はよくなったものとみなされる。

食味については、食糧庁の実施要綱によりパネルテストを行った結果、穂肥Ⅱの施用によって白米中の窒素含有率は年次による差はあるが、無施用区で1.16~1.18%、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、0.3kg/a施用区で1.31~1.38%、硝安0.3kg/a施用区で1.29%と高くなった。しかし、食味への影響はなかった。これに対して硝酸ソーダの場合、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ白米中の窒素含有率は低いが、粘りが強いという結果から硝酸ソーダの施用がでんぶんの特性になんらかの影響を与えたためと推察される。

V 緩効性窒素肥料の後期追肥への利用

1973~'74年の2か年、幼穂形成期の穂肥(以下、穂肥Ⅰとする)に緩効性窒素肥料を1回施用するだけで、出穂10日前の穂肥(以下、穂肥Ⅱとする)は施用しなくてもよいかどうかを検討した。

様式は前年度の試験と同様である。

1. 試験方法

1) 試験設計

2 年とも供試圃場，試験区の規模，供試品種，栽植 前年までの試験で，穂肥Ⅱに速効性の窒素肥料を施用

第24表 試験区の構成と施肥量 (1973年) (kg/a)

区名	N				三要素 (計)		
	基肥	中間追肥	穂肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			24日前	10日前			
5-2-3-0	0.5	0.2	0.3		1.0	0.7	1.0
5-2-4.5-0	0.5	0.2	0.45		1.15	0.7	1.15
5-2-3-3	0.5	0.2	0.3	0.3	1.3	0.7	1.3
5-2-③-0	0.5	0.2	0.3		1.0	1.0	1.0
5-2-④-0	0.5	0.2	0.45		1.15	1.15	1.15
5-2-⑥-0	0.5	0.2	0.6		1.3	1.3	1.3
5-2-③-0	0.5	0.2	0.3		1.0	1.09	1.0
5-2-④-0	0.5	0.2	0.45		1.15	1.28	1.15
5-2-⑥-0	0.5	0.2	0.6		1.3	1.47	1.3
5-2-△-0	0.5	0.2	0.3		1.0	1.0	0.7
5-2-△-0	0.5	0.2	0.45		1.15	1.15	0.7
5-2-△-0	0.5	0.2	0.6		1.3	1.3	0.7

注) ○ 80%IB (10-10-10), □ 50%GP (14-18-14), △ オキザミド(10.93-11.0-0), 基肥・中間追肥・硫加リン安(13-13-13), その他の穂肥・NK化成(17-0-17)
 区名の数字は基肥, 中間追肥, 穂肥Ⅰ, 穂肥Ⅱの施肥量を示す

第25表 試験区の構成と施肥量 (1974年) (kg/a)

区名	N					三要素 (計)			
	基肥	中間追肥		穂肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
		I	II	24日前	10日前				
5-2-3-0	0.5	0.2			0.3		1.0	0.7	1.0
5-2-3-3	0.5	0.2			0.3	0.3	1.3	0.7	1.3
5-2-③-0	0.5	0.2			0.3		1.0	1.0	1.0
5-2-⑥-0	0.5	0.2			0.6		1.3	1.3	1.3
5-2-③-0	0.5	0.2			0.3		1.0	1.09	1.0
5-2-⑥-0	0.5	0.2			0.6		1.3	1.47	1.3
5-2-△-0	0.5	0.2			0.3		1.0	1.0	0.7
5-2-△-0	0.5	0.2			0.6		1.3	1.3	0.7
5-2-1.5-3-0	0.5	0.2	0.15		0.3		1.15	0.85	1.15
5-2-1.5-3-3	0.5	0.2	0.15		0.3	0.3	1.45	0.85	1.45
5-2-1.5-③-0	0.5	0.2	0.15		0.3		1.15	1.15	1.15
5-2-1.5-③-0	0.5	0.2	0.15		0.3		1.15	1.24	1.15
5-2-1.5-△-0	0.5	0.2	0.15		0.3		1.15	1.15	0.85

注) ○ 80%IB (10-10-10), □ 50%GP (14-18-14), △ オキザミド(10.93-11.0-0), 基肥・中間追肥・塩加リン安(14-14-14), 中間追肥Ⅰ 田植後10日, 中間追肥Ⅱ 出穂35日前その他の穂肥・NK化成(17-0-17)
 区名の数字は基肥, 中間追肥, 穂肥Ⅰ, 穂肥Ⅱの施肥量を示す

すれば増収効果の高いことが判明したが、社会的要求としての施肥の省力化から、穂肥Ⅰに緩効性窒素肥料を施用することにより、穂肥Ⅱを施用しなくても増収できるかどうかを知るため、1973年は、基肥0.5kg/a、中間追肥0.2kg/aで幼穂形成期まで均一栽培し、穂肥Ⅰに緩効性肥料のⅠB化成、G P化成、オキザミド化成の3種類を窒素としてそれぞれ3段階施用し、穂肥Ⅱ施用区と対比した。試験区の構成と施肥量は第24表に示した。

1974年は、前年の試験から施肥量を増加するほど増収となったので、3種類の緩効性肥料を穂肥Ⅰに施用し、前年どおりの結果がでるかどうかを確認するとともに、出穂35日前に0.15kg/aの窒素をつなぎ肥として施用し、穂肥Ⅰ施用時の稲体の窒素保有量を高めたものに、緩効性肥料を施用してその効果をみた。試験区の構成と施肥量は第25表に示した。

2) 耕種概要

1973年：田植6月19日，施肥代掻き6月18日，中間追肥6月30日，穂肥Ⅰ7月31日，穂肥Ⅱ8月15日，収穫10月12日。

1974年：田植6月20日，施肥代掻き6月19日，中間追肥Ⅰ7月1日，中間追肥Ⅱ7月19日，穂肥Ⅰ7月31日，穂肥Ⅱ8月13日，収穫10月14日，これ以外は兩年とも当場の耕種基準によった。

2. 試験結果

1) 生育概況および収量

1973年：幼穂形成期および成熟期の生育状況は第26表に、収量および収量構成要素は第27表に示した。

この年は田植後がから梅雨のため、高温多照で経過し初期からおう盛な生育を示し、地力窒素の発現量の多いことと相まって最高茎数が多くなった。しかし、茎数の有効化率が低下して穂数成立が劣った。

幼穂形成期における茎数、草丈には差がみられたが、成熟期の稈長、穂長は穂肥Ⅰの施肥量の多いものが長くなった。肥料の種類による差はあまりみられなかったが、3種類の緩効性肥料の中ではG P化成区の穂長がやや長くなった。

穂数については、幼穂形成期の茎数差が成熟期まで影響を及ぼしたが、茎数の減少割合をみると、穂肥Ⅰの施肥量が多いものほど少なくなった。したがって、施肥量の多いものの有効茎歩合が高くなった。NK化成と緩効性肥料を比較すると、穂肥Ⅰの施肥量が同一の場合、NK化成が勝った。

一方、収量をみると、精玄米重は穂肥Ⅰの施肥量が同一のときは、NK化成にくらべⅠB化成で減収となったが、G P化成、オキザミド化成とも0.3kg/a施用でNK化成より増収となり、0.45kg/a施用でNK化成と同等の収量が得られた。しかし、3種類の緩効性肥料を0.6kg/a施用した区は、NK化成を穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱにそれぞれ0.3kg/a施用した区より増収となった。したがって、穂肥Ⅰに緩効性肥料を施用した区は、ⅠB化成では0.6kg/a程度を施用しなければ効果がみられないことから施肥量の面で若干問題が残るが、G P化成、オキザミド化成では0.45~0.6kg/aを1回施用するだけで、穂肥Ⅱを施用しなくても、NK化成の2回施用に勝るとも劣らない結果となり、施肥の省力化となった。

第26表 幼穂形成期、成熟期の生育状況 (1973年)

区名	幼穂形成期		成熟期			幼穂形成期以降の茎数残存割合 (%)
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	
5-2-3-0	65.9	411	76.7	21.2	318	77.3
5-2-4.5-0	67.6	414	78.4	21.8	342	82.6
5-2-3-3	67.4	445	79.1	21.6	340	76.4
5-2-③-0	68.1	423	74.8	20.9	315	74.5
5-2-(4.5)-0	68.7	406	77.3	21.5	320	78.8
5-2-⑥-0	66.7	409	78.3	21.9	318	77.8
5-2-③-0	67.2	427	76.3	22.1	324	75.9
5-2-4.5-0	67.9	399	78.9	22.3	315	78.9
5-2-⑥-0	70.3	428	80.0	22.3	342	79.9
5-2-△-0	70.3	438	78.7	21.2	325	74.2
5-2-△-0	70.3	429	77.8	21.6	330	76.9
5-2-△-0	67.2	404	79.4	22.4	335	83.4

第27表 収量および収量構成要素 (1973年)

区名	わら重 (kg/a)	精もみ重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	収量比	屑米重 (kg/a)	もみ/わら	穂数 (本/m ²)	もみ数		登歩 (%)	熟合	玄米千粒重 (g)
								1穂	m ² 当り (×100)			
5-2-3-0	64.8	79.3	63.5	100	2.2	1.12	318	94.5	301	80.6	21.9	
5-2-4.5-0	69.6	83.1	65.9	104	2.9	1.19	342	102.7	351	78.8	22.0	
5-2-3-3	71.8	81.3	65.6	103	2.2	1.13	340	96.6	328	82.4	22.0	
5-2-③-0	66.5	77.5	62.4	98	1.9	1.17	315	93.1	293	82.9	21.8	
5-2-④.5-0	67.7	80.3	64.1	101	2.4	1.19	320	98.4	315	80.5	22.0	
5-2-⑥-0	68.6	83.0	66.1	104	2.6	1.21	318	92.0	293	73.3	22.4	
5-2-③-0	65.5	80.1	64.3	101	2.0	1.22	324	95.2	308	90.0	22.4	
5-2-④.5-0	68.6	83.0	66.4	105	2.2	1.21	315	97.1	306	80.4	22.2	
5-2-⑥-0	73.9	85.3	66.4	105	3.9	1.15	342	104.5	357	72.2	21.8	
5-2-△-0	67.9	81.5	65.2	103	2.4	1.20	325	99.1	322	81.7	21.9	
5-2-△.5-0	66.9	82.6	66.1	104	2.5	1.23	330	90.7	299	80.3	22.4	
5-2-△-0	67.7	84.6	67.0	106	3.0	1.25	335	94.9	320	74.2	22.3	

また、これら緩効性肥料は施用量の増加に伴い、穂肥Ⅱを施用したときと同様、わら重の増加がみられた。増加割合はNK化成、GP化成が大きく、したがって籾/わら比が低下したが、IB化成、オキザミド化成では逆に籾/わら比の向上がみられた。

つぎに、緩効性肥料の施用が収量構成要素に及ぼす影響をみると、穂肥Ⅰの施用量の増加によって、前述の如く有効茎歩合の向上がみられたものの、穂数、籾数には一定の傾向がみられなかった。しかし、登熟歩合は明ら

かに低下し、0.6kg/a施用で急激に下がった。玄米千粒重は高くなる傾向にあったが、GP化成では低下した。

1974年：幼穂形成期および成熟期の生育状況は第28表に、収量および収量構成要素は第29表に示した。

この年は、活着後の低温と7月中・下旬の低温寡照の影響から、初期の分けつが緩慢で最高茎数が少なく、したがって穂数も少なくなった。

幼穂形成期の茎数、草丈には差がみられたが、この時点において、出穂35日前につなぎ肥として0.15kg/aの

第28表 幼穂形成期、成熟期の生育状況 (1974年)

区名	幼穂形成期		成熟期			幼穂形成期以降の茎数 残存割合 (%)
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	
5-2-3-0	70.5	410	76.0	20.1	316	77.0
5-2-3-3	71.0	392	78.3	20.4	311	79.3
5-2-③-0	69.6	408	72.7	19.3	276	67.6
5-2-⑥-0	71.1	377	77.7	20.8	306	81.2
5-2-③-0	70.8	397	76.8	20.0	311	78.3
5-2-⑥-0	70.1	390	78.8	21.3	369	94.6
5-2-△-0	69.2	375	74.0	19.8	276	73.6
5-2-△-0	70.9	387	77.7	21.2	329	85.0
5-2-1.5-3-0	72.5	418	76.4	19.7	322	77.0
5-2-1.5-3-3	73.6	428	82.3	20.5	333	77.8
5-2-1.5-③-0	74.0	404	75.7	19.1	299	74.0
5-2-1.5-③-0	71.1	397	76.2	19.5	311	78.3
5-2-1.5-△-0	72.8	410	75.5	19.8	294	71.7

第29表 収量および収量構成要素 (1974年)

区名	わら重 (kg/a)	精もみ重 (kg/a)	精玄米重 (kg/a)	収量比	屑米重 (kg/a)	もみ/ わら	穂数 (本/㎡)	もみ数		登歩 (%)	熟合	玄米 千粒重 (g)
								1穂	㎡当り (×100)			
5-2-3-0	58.5	69.3	56.2	100	1.4	1.18	316	89.1	282	89.7	23.6	
5-2-3-3	63.2	69.8	57.3	102	1.2	1.10	311	91.0	283	88.7	23.5	
5-2-③-0	57.1	63.0	51.6	92	1.8	1.10	276	87.1	240	92.5	23.2	
5-2-⑥-0	62.9	73.5	59.3	105	1.8	1.17	306	93.3	285	86.9	23.8	
5-2-③-0	59.2	67.7	54.8	98	1.5	1.14	311	85.2	265	87.3	23.1	
5-2-⑥-0	63.2	74.0	58.9	105	2.6	1.17	369	82.6	305	79.0	23.4	
5-2-△-0	57.8	66.0	53.9	96	1.9	1.14	276	87.8	242	92.3	23.4	
5-2-△-0	64.6	73.5	58.7	104	2.2	1.14	329	90.3	297	78.7	23.5	
5-2-1.5-3-0	63.1	72.1	57.7	103	2.1	1.14	322	88.5	285	85.4	22.5	
5-2-1.5-3-3	69.8	76.3	60.6	108	2.7	1.09	333	88.7	295	83.5	22.8	
5-2-1.5-③-0	61.3	71.1	57.8	103	1.5	1.16	299	87.6	262	88.4	22.8	
5-2-1.5-③-0	58.4	69.4	55.9	99	1.8	1.19	311	88.2	274	85.1	22.6	
5-2-1.5-△-0	59.6	69.4	56.4	100	1.3	1.19	294	87.1	256	88.7	23.0	

窒素を施用した区は、無施用区にくらべ草丈、茎数が勝った。

成熟期の稈長、穂長は、穂肥Ⅰの施用量の多少が大きく影響し、0.3kg/a区にくらべ0.6kg/a区が長くなった。穂数は稈長と同じ傾向にあったが0.6kg/a施用区では、幼穂形成期以降の茎数の残存割合が高いため有効茎歩合が高くなった。NK化成と緩効性肥料の比較では、穂肥Ⅰの施用量が0.3kg/a区でNK化成が勝ったが、0.6kg/a施用区では緩効性肥料が勝る傾向にあった。

一方、収量をみると、精玄米重は緩効性肥料0.3kg/a施用区ではNK化成にくらべ減収となって肥効が劣った。3種類の緩効性肥料の中ではとくにIB化成の肥効が劣った。

これに対して、0.6kg/aと多量に施用した区は、いずれの肥料もNK化成を穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱにそれぞれ0.3kg/aずつ施用した区より増収となった。したがって、穂肥Ⅰに緩効性肥料を0.6kg/a程度施用すれば穂肥を2回施用する必要がなく、施肥の省力化に結びつくことがわかった。また、穂肥施用量の増加に伴い、前年同様、わら重、屑米重の増加がみられた。

出穂35日前に0.15kg/a窒素を施用して穂肥施用時の稲体窒素の保有量を高めた段階では、つなぎ肥としての効果が認められ、NK化成を穂肥Ⅰに0.3kg/a、穂肥Ⅰ、穂肥Ⅱとも0.3kg/a施用したものはいずれも増収となった。

しかし、緩効性肥料を0.3kg/a、穂肥Ⅰのみに施用し

たものは、IB化成を除き効果が認められなかった。このことから、緩効性肥料を穂肥Ⅰに1回施用する場合は、前年の結果とも考え合わせ、0.6kg/a程度施用するのが収量面からみてよいと思われる。

つぎに、緩効性肥料の施用が収量構成要素に及ぼす影響をみると、穂肥施用量の増加により穂数が多く、したがって籾数も多くなった。しかし、登熟歩合は籾数の多いものが低下した。

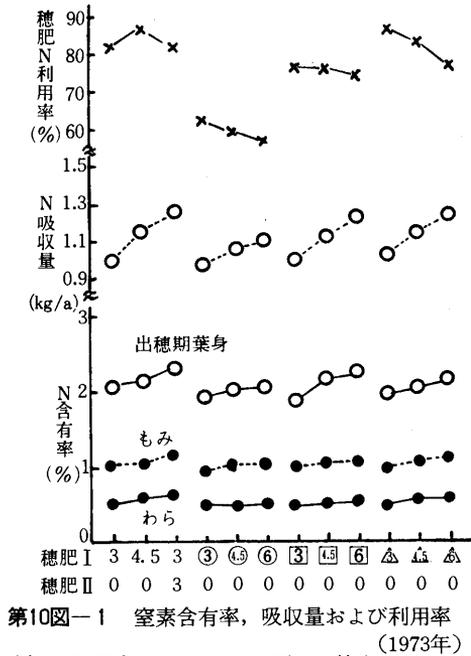
2) 窒素含有率および吸収量

窒素の含有率および吸収量は第10図の1と2に示した。

1973年の結果では、出穂期の葉身の窒素含有率は穂肥施用量の多いものほど高くなるが、同一施肥量ではNK化成にくらべ緩効性肥料が低く、中でもIB化成が低かった。収穫期のわらおよび籾の窒素含有率は、穂肥施用量の多いものほど高く、吸収量も多くなったが、IB化成は他の肥料にくらべ吸収量が少なくなった。穂肥窒素の利用率は施用量の増加につれて低下の傾向にあったが、肥料の種類によって差がみられ、IB化成<GP化成<オキサミド化成の順で、とくにIB化成が低かった。

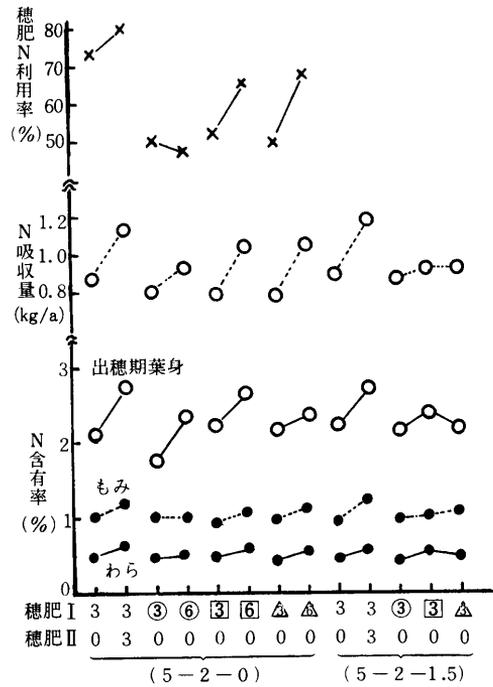
1974年の結果でも、出穂期の葉身の窒素含有率、成熟期のわら、籾の含有率、吸収量はほぼ前年と同様の傾向を示し、NK化成にくらべ緩効性肥料がやや少なく、中でもIB化成が劣った。

また、出穂35日前のつなぎ肥としての窒素施肥は、窒



第10図-1 窒素含有率、吸収量および利用率 (1973年)

注) N利用率は5-2-0-0区より算出



第10図-2 窒素含有率、吸収量および利用率 (1974年)

注) () 内の数字は基肥-中間追肥 I -中間追肥 II 窒素の含有率、吸収量が高まりその効果が認められた。穂肥窒素の利用率は、NK化成が緩効性肥料より高いが、前年の結果とは逆の傾向がみられ、施用量の増加につれ

て向上した。しかし、I B化成のみ施用量の増加により低下した。

3) 玄米の品質および食味

玄米の粒厚分布割合は第30表の1と2に示した。

幼穂形成期に緩効性肥料を施用した区は1973年の結果

第30表-1 玄米の粒厚分布 (1973年)

区名	粒厚分布 (重量%)						2mm以上の大粒の割合 (%)
	2.2 (mm)	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	
5-2-3-0	1.0	15.9	53.6	20.6	4.1	1.8	70.5
5-2-4.5-0	1.7	19.9	51.9	16.7	3.6	2.1	73.5
5-2-3-3	1.8	18.1	52.0	19.4	3.6	1.8	71.9
5-2-(3)-0	0.7	12.8	56.0	22.3	3.7	1.6	69.5
5-2-(4.5)-0	1.1	16.7	55.1	18.1	3.4	1.7	72.9
5-2-(6)-0	2.0	24.1	50.2	14.9	3.3	1.7	76.3
5-2-[3]-0	1.6	20.5	53.1	16.8	3.3	1.7	75.2
5-2-[4.5]-0	1.7	20.2	52.3	16.4	3.4	1.9	74.2
5-2-[6]-0	2.1	22.7	50.6	13.5	3.5	2.2	75.4
5-2-△-0	1.3	18.0	55.5	17.1	3.1	1.6	74.8
5-2-△△-0	1.7	24.1	51.2	14.4	3.3	1.8	77.0
5-2-△△-0	2.3	26.8	49.8	12.1	3.1	1.9	78.6

第30表-2 玄米の粒厚分布 (1974年)

区名	粒厚分布 (重量%)						2mm以上の大粒の割合 (%)
	2.2 (mm)	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	
5-2-3-0	3.2	34.9	48.0	8.2	2.0	1.3	86.1
5-2-3-3	5.6	38.7	44.9	6.3	1.4	1.1	89.2
5-2-(3)-0	4.0	37.2	47.4	7.2	1.6	1.1	88.6
5-2-(6)-0	7.9	46.4	34.2	5.3	1.6	1.5	88.5
5-2-[3]-0	4.5	40.7	42.7	6.4	1.8	1.4	87.9
5-2-[6]-0	6.8	37.3	41.9	6.1	2.1	1.9	86.0
5-2-△-0	6.0	44.6	39.4	5.7	1.5	1.2	90.0
5-2-△△-0	6.8	44.4	35.1	6.2	1.9	1.8	86.3
5-2-1.5-3-0	1.9	24.7	56.1	9.4	2.3	1.8	82.7
5-2-1.5-3-3	4.5	40.4	38.6	7.5	2.5	2.1	83.5
5-2-1.5-(3)-0	3.2	36.5	46.9	7.6	1.8	1.5	86.6
5-2-1.5-[3]-0	3.0	32.5	50.2	7.9	2.1	1.4	85.7
5-2-1.5-△-0	4.6	35.6	47.9	6.7	1.8	1.3	88.1

では、施用量が多くなるにつれて、粒厚2mm以上の大粒割合が、I B化成の0.3kg/a施用区を除き、NK化成より多くなった。したがって、緩効性肥料施用区の品質は

よくなったと思われる。これを粒厚別にみると、2.2~2.1mmの粒厚のものが多くなり、逆に2.0~1.9mmのものが少なくなった。つまり、粒厚が高い方へ移動したことになり、それだけ単位面積あたりの粒重が増加することになった。

これに対して1974年の結果では、緩効性肥料の施用量を倍量にした区は収量増となったが、いずれも2mm以上の大粒割合が若干低くなる傾向にあった。これを粒厚別にみると、登熟期の気象条件が良好であったため、全般に2mm以上の割合が例年より高く、差が出にくい年であった。しかし、2.2mmの粒厚のものは施用量の増加により確実に増加した。

また、出穂35日前につなぎ肥を施用し、さらに穂肥として緩効性肥料を施用したものは、NK化成にくらべ粒厚2mm以上の大粒割合が多くなった。一方、白米中の窒素含有率は第31表に示したが、後期追肥の施用により窒素%の上昇がみられ、しかも肥料の種類差があった。すなわち、緩効性肥料はNK化成にくらべいずれも高く、中でもGP化成、オキザミド化成が高い。肥料の種類と搗精歩合の関係をみると緩効性肥料が若干低い傾向にあったが、窒素含有率の差によるものかどうか明らかでない。

かでない。

つぎに、2か年のパネルテストの結果を第32表の1と2に示した。

1973年の結果では第31表のごとく、後期追肥の施用に

第31表 供試白米の組成 (1973年)

区 名	搗 歩 合 (%)	白 米	
		水 分 (%)	N% (乾物)
5-2-3-0	87.3	13.0	1.13
5-2-3-3	87.6	13.0	1.26
5-2-6 (I B)	85.8	13.1	1.30
5-2-6 (G P)	87.0	13.6	1.38
5-2-6 (オキザミド)	86.9	13.5	1.34

より白米の窒素含有率が高くなったが、どの肥料も無施用との間に各項目とも有意差がなく、したがって食味への影響はなかった。

しかし1974年の結果では、前年同様悪影響はみられないものの、NK化成とIB化成が硬くなった。

第32表-1 食 味 試 験 結 果 (1973年)

項 目		総合評価	外 観	香 り	味	粘 り	硬 さ
区 名	5-2-3-3	- 0.167 ± 0.436	- 0.167 ± 0.484	0.125 ± 0.474	- 0.083 ± 0.540	0 ± 0.528	0.417 ± 0.490
	5-2-6 (I B)	- 0.125 ± 0.436	0.292 ± 0.484	- 0.375 ± 0.474	- 0.167 ± 0.540	- 0.083 ± 0.528	- 0.167 ± 0.490
区 名	5-2-6 (G P)	- 0.125 ± 0.436	0.042 ± 0.484	0.208 ± 0.474	- 0.250 ± 0.540	- 0.125 ± 0.528	0.125 ± 0.490
	5-2-6 (オキザミド)	- 0.333 ± 0.436	- 0.125 ± 0.484	- 0.375 ± 0.474	- 0.375 ± 0.540	- 0.042 ± 0.528	- 0.417 ± 0.490
判 定	5-2-3-3	—	—	—	—	—	—
	5-2-6 (I B)	—	—	—	—	—	—
	5-2-6 (G P)	—	—	—	—	—	—
	5-2-6 (オキザミド)	—	—	—	—	—	—

基準は5-2-3-0区

○ 良 — 有意差なし × 不良

第32表—2 食 味 試 験 結 果 (1974年)

項 目		総合評価	外 観	香 り	味	粘 り	硬 さ
区 名							
5-2-3-3		0	0.125	- 0.041	0.083	- 0.250	0.375
		± 0.347	± 0.308	± 0.308	± 0.374	± 0.352	± 0.369
5-2-6-0 (I B)		0.083	0.208	0.125	0.125	0.258	0.583
		± 0.347	± 0.308	± 0.308	± 0.374	± 0.352	± 0.369
5-2-6-0 (G P)		- 0.167	- 0.250	0.042	- 0.167	0.208	0.083
		± 0.347	± 0.308	± 0.308	± 0.374	± 0.352	± 0.369
判 定	5-2-3-3	—	—	—	—	—	硬い
	5-2-6(I B)	—	—	—	—	—	硬い
	5-2-6(G P)	—	—	—	—	—	—

基準は5-2-3-0区

○ 良 — 有意差なし × 不良

3. 考 察

本試験の結果から、暖地においても出穂10日前穂肥の施用効果の高いことが判明したが、施肥の省力化のため、80% I B化成、50% G P化成およびオキサミド化成の緩効性窒素肥料を幼穂形成期に施用してその効果をみた。

緩効性肥料を用いた穂肥施用後の茎数の減少割合は施用量の多いものほど少なく、したがって、有効茎歩合は高くなったが、同一施肥量ではNK化成にくらべ緩効性肥料が僅かに劣った。このことは、速効性肥料と緩効性肥料の肥効のあらわれ方の差異によるものとみられ、緩効性肥料では施用されたのち、加水分解なり微生物作用によって無機化され、その後水稻に吸収されるため吸収の時期が遅れたり、あるいは一部は流亡することもあり、それが穂数に影響を及ぼしたと思われる。もちろん、これらの欠点を補う目的で速効性の窒素を何%か加えているが、それでも施肥量の少ない段階では必然的に速効性の窒素量も少なくなり、穂数減となったものと考えられる。

一方、精玄米重は1973年の結果では、施用量が0.3、0.45kg/aではNK化成にくらべ I B化成のみ減収となったが、0.6kg/aではいずれの緩効性肥料も増収した。また、1974年の結果では、緩効性肥料0.3kg/a施用では収数が少なく、いずれも減収となり中でも I B化成が劣った。しかし、0.6kg/a施用では前年同様、NK化成より勝った。ここで I B化成が施肥量の少ない段階で減収となったのは、I B態の窒素を80%も含むため肥効の発現が遅れ、しかも I Bは窒素の発現様式が加水分解型であることから、湛水状態の水田に表面施肥することによ

り溶出がすすみ、一部損失したものと推察される。このことは、窒素の含有率、吸収量が劣ることをみても明らかのように、水稻が吸収できなかった部分があるためと考えられる。

I Bだけでなく他の緩効性肥料についても、NK化成より含有率、吸収量、利用率が低いが、G Pは土壌への吸着性が強く⁴⁾、還元で無機化される量が多いこと^{15, 16, 19)}と、G P化成が50%の速効性の窒素を含むことなどから、施用直後は速効性の窒素が吸収され、そして日がたつにつれG Pの無機化が進み、肥効が持続して増収になったものと推定される。これに対して、オキサミド化成は速効性の窒素を含んでいないが、この肥料の無機化が加水分解型と微生物分解型の両面をもつ^{17, 18)}こと、造粒による加水分解の抑制効果などで肥効発現がG P化成と類似のものとなり、肥効が持続して増収をもたらしたものとみられる。

なお、1974年の試験で出穂35日前のつなぎ肥を施用して、穂肥施用時の稲体窒素含量を高めた段階での緩効性肥料の効果をみた結果でも、NK化成ではつなぎ肥の効果がみられたにも拘わらず、緩効性肥料では効果がなかった。したがって、緩効性肥料では施用時の稲体含量よりも施用量に問題があると考えられた。

つぎに、これら緩効性肥料の多量施用が品質、食味に与える影響をみると、緩効性肥料の増施により収量が増大し、しかも粒厚2mm以上の大粒割合が増加し、NK化成に勝るとも劣らぬ結果となり、したがって収量が増えたために品質が下がるという懸念はない。

食味についても、1973年の結果では、白米中の窒素含有率がNK化成にくらべて高く、同一施用量ではNK 1.26%、I B 1.30%、G P 1.38%、オキサミド 1.34%と

なったが、食味には影響を与えなかった。

以上のように、緩効性肥料を穂肥に施用した場合、肥料の種類による差はあるものの、0.6kg/a程度の1回施用で玄米収量は確実に増加し、懸念された品質、食味にも悪影響がなく、しかも施肥の省力化がはかられ、収量面からみて推奨できる施肥法であると考えられる。

VI 総合考察

暖地における水稻の安定多収を得るための後期栄養の確保に関して、これまで出穂後の実肥施用および施用時期の効果、出穂10日前穂肥の効果、後期追肥における硝酸態窒素ならびに緩効性肥料の効果、主として収量、窒素吸収の面から検討してきたが、出穂後の追肥の効果は殆んど期待できないのに対して、出穂10日前穂肥の効果は高いこと、硝酸態窒素のみの効果はないが上乘せすれば効果が期待できること、緩効性肥料は種類により若干の差があるものの、施用量の増加によって増収が可能であることが明らかとなったので、これまでの考察にもとづき、これらの問題点について総合的に考察を加える。

1. 出穂後の実肥施用の効果

出穂後の窒素追肥は、いうまでもなく稲体の窒素含量を高めて光合成能力を盛んにし、それによる登熟歩合の向上、粒重の増加を主な目的とするが、このほか根の活力の維持増進、下葉の枯れ上がり防止など、水稻のより後期までの生育を保証し、収量を高めようとするものである。ところが、2か年の試験の結果、栽培品種、土壌条件、気象条件の異なる年次において、実肥の効果は意外に少なく決してマイナスではないが、一般にいわれているほどの増収効果が認められず、したがって本試験のように、収量50~60kg/a程度の水稻に対する実肥施用は、出穂までに穂肥が0.3kg/a程度施用された条件では、その効果は評価できないものと思われる。もちろん、実肥効果の発現には多くの条件が関与し、この成績をもって、あらゆる場合の実肥の効果否定することはできないかもしれないが、各地における後期重点施肥(1,6,21,48)が出穂後の施肥量の増大ではなく、幼穂形成期から出穂期までの穂肥の増大であることからみれば、出穂後の追肥は、あくまで補助的なものであると考えるのが妥当であり、穂肥が多くなればそれだけ実肥の効果も少なくなるので、実肥施用がいつでも、どこでも増収する施肥技術とはかぎらない。また、出穂後の遅い追肥は、早い時期のものにくらべ効果の少ないことが明らかにされ²⁾、筆者らの試験においてもこれが確認され、穂

揃期追肥の効果がでないような水稻に、実肥の施用時期を変えても効果を認めることはできなかった。

一方、出穂後の実肥施用の試験で注目したいのは、玄米の増収効果のみられない場合でも、わら重が増加し粃/わら比が低下することである。これは同化産物が稈および葉鞘に集積するためであり、したがって、純同化量は確実に増加しているとみることができる。出穂後の実肥が登熟期の同化量の増大をもたらすとすれば、実肥がマイナスに働くことはないと考えられる。しかし、本試験では出穂後の追肥が玄米の収量増に結びつかず、この原因は水稻の受光態勢や光合成能力、あるいは受容系としての粃数の問題だけでなく、穂の同化産物の受入れ能力の持続期間が実肥効果に大きく影響したためと考えられる。すなわち、松島ら²⁸⁾は、1粒重も登熟歩合もなお高まる余地のある場合でも、出穂後ある期間を経ると穂の炭水化物の集積は減少あるいは停止し、稈、葉鞘中にでんぷんが蓄積すること、ならびに温度が高いほど炭水化物集積の停止が早いことを明らかにし、また、曾我ら⁵³⁾は、登熟盛期に遮光処理を行うと、穂の炭水化物集積量は減少し、最終的な集積量も少なくなるにも拘わらず、登熟後期には、稈、葉鞘に炭水化物の再蓄積が起ることとしている。

このように、穂の炭水化物容量、つまり粃数が多く、しかも同化産物の供給が充分あっても、開花後ある期間を過ぎると、穂は炭水化物の受入れ能力を失い、集積が不可能となり、行き場を失った炭水化物は稈や葉鞘に蓄積する。したがって、出穂後の実肥はわら重の増加のみに終わる結果となる。しかし、実肥の効果が少ないからといって、登熟期の栄養維持の重要性を否定することにはならない。ことに多収の段階での倒伏の問題も重要で、実肥施用によって倒伏し難くなるとの報告^{11,38)}もあり、この面からの多収水稻に対する実肥の功罪を明らかにする必要があると思われるが、いずれにしても実肥は補助的なものであるから、過度の施用は慎まなければならないと考える。

2. 出穂10日前穂肥の効果

出穂10日前の穂肥施用は、本質的には穂揃期追肥と同じ効果を期待するものである。北海道では、粃数が多く、登熟歩合の向上の余地があり、追肥によって穂へ送り込む炭水化物量を増加させることのできる条件が必要であるとされている⁴⁷⁾。

筆者らのこれまでの試験によると、実肥の効果は殆んどみられないのに対して、実肥と類似の効果が期待される出穂10日前の穂肥施用は、寒地と同様増収効果の高い

ことが認められた。すなわち、10日前穂肥施用時の葉身窒素含有率が2.4%以下で、籾数の多少による絶対収量に差はあるものの、いずれも登熟歩合が向上して増収した。

このことは、葉身の窒素濃度と光合成能の間には密接な関係があり、出穂期前後の葉身の窒素濃度の上昇が光合成能を増大させ、増収したものと思われるが、光合成産物の稲体内での移行をみると、胚乳では乳熟期が最大となり⁴²⁾、籾のでんぶんの受容力が限界近くになるのもこの時期であるということから、穂揃期追肥のように、出穂後に葉身の窒素濃度を高めて光合成能を増大させるよりも、10日前施肥により早い時期に増大させた方が効率がよい。つまり、実肥の効果が完成された生産系の機能向上にあるとすれば、出穂後よりも出穂前の方がその効果を発揮する期間が長くなり、しかも出穂前の蓄積炭水化物が収量に寄与する度合も大きくなるわけである。したがって、この時期の穂肥は生産系、受容系の両面の機能にプラスとなるものと考えられる。

しかし、葉身の窒素含有率が2.4%付近を境として、それ以上では減収となったが、このような水稲は、基肥および幼穂形成期の穂肥の施用量が多いため、草できが大きく、籾数確保の面では有利であっても、いわゆる過繁茂の状態にあったものと想像され、受光態勢の悪化から受光能率が低下して、籾数に対して同化量が不足し、登熟歩合が向上しなかったためである。

以上のことから、暖地における出穂10日前穂肥の効果がでる葉身の窒素濃度の限界が明らかとなったが、暖地水稲の後期栄養の意義は小さいといわれていたにも拘わらず、葉身の窒素含有率が2.4%以下で効果の認められたことは、従来にもまして後期の窒素栄養の重要性を示すもので、条件さえ整えば、出穂10日前穂肥は積極的に導入してよい施肥技術であるといえる。

3. 硝酸態窒素の穂肥効果

水稲に対しての窒素給源としては $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の二つがある。しかし、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は土壌に吸着されにくいいため、水稲作に施用する際の最大の弱点であったが、松島^{33,34)}は、水稲の多収が生育中期の窒素吸収の制限により可能であり、その具体的方法として、基肥窒素の節減、中間追肥の禁止のほか、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の利用を提唱した。また、清野⁵¹⁾は、水稲の多収栽培における $\text{NO}_3\text{-N}$ 利用の意義について、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の関与する面の多いことを指摘した。すなわち $\text{NO}_3\text{-N}$ は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ、乾物の増大を抑えながら吸収量を増加しうること、穂に移行する窒素やリンの割合は $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべて大

きく、登熟後半における $\text{NO}_3\text{-N}$ の効率の高いことなどである。

そこで、水稲の後期栄養確保の立場から、窒素栄養と根の健全な機能の維持を目的として、硝酸ソーダと硝安を施用した。その結果、幼穂形成期の穂肥が硝酸ソーダ、硝安のいずれでも $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ、穂数、籾数が劣り減収となった。山室⁶⁴⁾によると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、0.2kg/a追肥では2~3日で大部分が脱窒し、0.5kg/aでも1週間程度しか保てない、もし2週間存在させようとするれば、1.0~2.0kg/a施用する必要があるとしていることから、本試験では、施用した $\text{NO}_3\text{-N}$ のうちかなりの部分が脱窒し、水稲が吸収できなかったものと思われる。また、硝安は $\text{NO}_3\text{-N}$ が全窒素量の半分あるが、硝安中の $\text{NO}_3\text{-N}$ も硝酸ソーダと同様、脱窒したものと考えられ、このことは、出穂期の葉身窒素濃度をみても明らかのように、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用区がいずれも低い。したがって、この時期の窒素の吸収差が籾の着生数に影響し、収量増とならなかったものと考えられる。

一方、同じ $\text{NO}_3\text{-N}$ でも出穂10日前の穂肥の施用では、幼穂形成期施用と異なり、施用量の増加により効果がみられた。しかし、施用時の稲体条件によって差があった。すなわち、幼穂形成期の穂肥が $\text{NH}_4\text{-N}$ の場合のみ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の上乗せ効果が認められた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ では前述のごとく穂数が減少し、10日前穂肥によって窒素濃度が高くなり、同化能の増大があっても、籾数が制限因子となって増収しなかったのに対し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ では穂数、籾数が多く、10日前穂肥が $\text{NO}_3\text{-N}$ であっても収量増をもたらした。このことは、この時期になると、水稲根系の発達および水田土壌の状態からみて、 $\text{NO}_3\text{-N}$ でもある期間存在すれば水稲が吸収できるためと考えられる。したがって、 $\text{NO}_3\text{-N}$ でも施用の時期を考慮すれば利用できることを示すものである。

4. 緩効性窒素肥料の穂肥効果

緩効性肥料は、施用回数の省略、幼植物の濃度障害の防止、多量施肥の可能性などの有用性があげられ、これまで主として基肥に施用されてきた。本試験で供試したI B化成、G P化成はすでに市販されており、オキザミドは試作品であったが、これらの肥料は、加水分解、微生物分解、あるいは両者が作用して分解されるものなど、無機化の過程はさまざまである。

これら3種の緩効性窒素肥料を幼穂形成期に施用し、肥効の持続による収量への影響を検討した結果、肥料の種類による差が認められた。この試験のねらいが、1回のみの施用で10日前穂肥を省略することにあつたので、

価格的にもできるだけ安価で、しかも少ない施用量で増収することを期待したが、I B化成は窒素として最低0.6kg/a施用する必要があるのに対し、G P化成、オキザミド化成では最低0.45kg/aの施用でNK化成の2回施用に勝るとも劣らない結果となった。これを各肥料の特性からみるとI B化成は他の肥料にくらべ、窒素の含有率、吸収量が低く収量も劣った。この原因としては、I Bの無機化が化学的加水分解型であるため、湛水状態における肥効の調節は粒のpH、粒径のみに支配される¹⁸⁾ことから、大粒でしかもI B態窒素の多いことによって、肥効の発現が遅れたことと、その後、粒の崩壊によって溶出が進み、一部流亡したためと考えられる。したがって、穂肥のように後期追肥に施用する場合は、基肥と違い肥効発現の上から、速効性成分割合の高いものを選ぶ必要があることが示された。

これに対して、G Pは土壤に吸着され、ほとんど溶脱しない⁴⁾といわれ、しかも無機化が微生物分解であることが明らかになっている¹⁵⁾。もちろん、土壤の種類、微生物の質と量、土壤還元程度などにより、分解の遅速はあるものの^{14,19)} G P化成は速効性窒素の割合が高いため速効性、緩効性の窒素がバランスよく水稻に吸収され、肥効が持続して増収したものと考えられ、穂肥として表層施肥しても効果がみられたことから、今後、施肥の省力化の面で、おおいに期待がもたれる。またオキザミド化成については、肥効の面ではG P化成と同じように持続期間も長く、施用効果も高いが、現在市販されていないので普及する際の問題点として残る。

5. 後期追肥と品質および食味

米の過剰生産から、品質問題がクローズアップされ、後期追肥が品質、食味に悪影響を及ぼすといわれ、山下⁶³⁾は、実肥の多量施用が食味を悪化させ、玄米の窒素含量が1.5%、白米の蛋白質が9%以上で食味が問題になるとしており、でんぶんの特性変化よりも、むしろ蛋白質含量の増大を問題にしている。また、松島³⁷⁾は、蛋白質10%以上のところで粘り、硬さが低下し食味に影響を与えたとしている。一方、実肥、あるいは後期追肥の多い施肥法は、収量増とならなくても玄米の窒素含量が確実に高くなり、したがって、蛋白質も多くなっているとみるべきである。ところで、白米の蛋白質9%以上のものは、白米の窒素含量で1.44%以上となるが、本試験ではそれほどの上昇もみられず、食味への影響もなかったことから問題はないと考えられる。

VII 摘 要

暖地における水稻の安定多収をうるための後期栄養の確保に関して、出穂後の実肥施用および施用時期の効果、出穂10日前穂肥の効果、後期追肥における $\text{NO}_3\text{-N}$ および緩効性肥料の効果を、主として収量、養分吸収の面から、1968年より1974年にわたり検討した。その結果はつぎのとおりである。

1. 出穂後の実肥および施用時期の効果

- 1) 出穂5日後の追肥は玄米の増収効果がない。しかし、わら重は施用量に応じて増加し、その結果、籾/わら比が低下する。
- 2) 出穂後の追肥は稲体窒素含量を高め、成熟期の吸収量も増大させる。
- 3) 出穂後の追肥は、施用時期を変えても、玄米の増収効果はないが、出穂10日後の施肥でわら重が増加する。15日後の遅い追肥は、わら重の増加さえもみられなかった。

2. 出穂10日前穂肥の効果

- 1) 出穂10日前穂肥は、施用効果が高く、玄米重で3~9%の増収となった。
- 2) 玄米の増収効果は、施用時の稲体窒素含量に左右され、葉身の窒素含量が2.4%以下で効果がみられた。
- 3) 出穂10日前の窒素追肥は、暖地においても登熟歩合を引き上げ、玄米収量を増加させる効果が高く、普遍性の高い施肥法である。

3. 後期追肥における $\text{NO}_3\text{-N}$ および緩効性窒素肥料の施用効果

A. $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果

- 1) $\text{NO}_3\text{-N}$ として、硝安と硝酸ソーダを施用したが、幼穂形成期の穂肥が $\text{NO}_3\text{-N}$ では、施用量を増加しても玄米の増収効果がなかった。減収の原因は、穂数、籾数の減少が大きく影響したためである。
- 2) 幼穂形成期の穂肥が $\text{NH}_4\text{-N}$ であれば10日前穂肥は $\text{NO}_3\text{-N}$ でも上乘せ効果が認められた。
- 3) $\text{NO}_3\text{-N}$ は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ にくらべ窒素の吸収が悪く、稲体の窒素含有率および吸収量が劣る。穂肥窒素の利用率は硝安40数%、硝酸ソーダ20%前後であった。
- 4) $\text{NO}_3\text{-N}$ が米の品質、食味に及ぼす影響はほとんどないが、ソーダ塩では白米中の窒素含有率が低く、粘りが強く硬いという結果となった。

B. 緩効性窒素肥料の効果

施肥の省力化のため、80% I B化成、50% G P化成、オキザミド化成の緩効性窒素肥料を幼穂形成期の穂肥に施用した。

て、農及園 34:1-4.

30) ———— : ———— : ———— . II—303—306.

31) ———— : 1957. 水稻の収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A5:170~180.

32) ———— ・和田源七・田中孝幸・松崎昭夫・星野孝文: 1966. 水稻多収原理の探索 [10] その実証と応用. 農及園 41:1691—1696.

33) ———— ・富田豊雄・————— : 1967. [15] 42:685—688.

34) ———— : ———— . [16] —829—832.

35) ———— : ———— . [22] —:1725—1728.

36) ———— : ———— . [23] —:1869—1874.

37) ———— ・松崎昭夫: 1972. V字理論による安全良質稲作. 農及園 47:1271—1275.

38) 松崎昭夫・松島省三・富田豊雄・勝木依正: 1972 水稻収量の成立とその応用に関する作物学的研究(第109報) 穂揃期窒素追肥が倒伏抵抗性 根の活力 収量および品質に及ぼす影響. 日作紀 41:140—147.

39) 西丸震哉: 1971. 米の価値. 農及園 46:855—860.

40) 荻原種雄・西原則夫・松井幹夫: 1952. 秋落水稻の生理化学的研究(第2報) 窒素吸収状況. 九州農業研究 8:17~18.

41) 長田明夫・村田吉男: 1965. 水稻品種の光合成と耐肥性に関する研究(第3報) 品種の光合成特性と乾物生産 登熟との関係. 日作紀 33:460—465.

42) 大島正男: 1966. 水稻の生育各期に同化された¹⁴Cの種実への移行について. 土肥誌 37:589—593.

43) 岡部達雄: 1975. りん, 作物分析法委員会編 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 養賢堂 69~72

44) 佐々木孝司・小谷倫三・小林吉雄・中島勉: 1960 水稻に対する窒素肥料の分施に関する研究. 兵庫農試報 8:88—95.

45) ———— : 1961 水稻に対する穂揃期追肥の効果. 兵庫農試報 9:10—12.

46) 斉藤文次・井ノ子昭夫・鈴木皓・内田好哉: 1955 水稻の秋落防止に関する研究 [Ⅲ] 窒素肥料の施用法が水稻の養分吸収並に収量に及ぼす影響. 九州農試報 3:239—262.

47) 志賀一一: 1970. 止葉期追肥の栄養生理的意義 土壤肥料の研究. 養賢堂 153—158

48) 島田晃雄: 1970. 水稻に対する窒素の後期重点施肥 土壤肥料の研究. 養賢堂 145—152.

49) 清水強: 1966. 第142回作物学会講演会小集会資料

50) 清野馨: 1969. 水稻多収栽培における硝酸性窒素利用法. 農及園 44:1383—1388.

51) ———— : 1970. 水稻多収栽培における硝酸態窒素利用の意義 土壤肥料の研究. 養賢堂 109—113.

52) 瀬古秀生・佐本啓智・杉本勝男: 1956. 秋落水田および塩害田における水稻の葉面散布の効果. 東海近畿農試報 3:56—72.

53) 曾我義雄・野崎倫夫: 1957. 水稻における蓄積炭水化物の消長と登熟の関係. 日作紀 36:105—108

54) 武田友四郎・玖村敦彦: 1958. 水稻における収量成立過程の解析 窒素条件が葉面積, 同化能率, 呼吸能率に及ぼす影響. 日作紀 26:165—175.

55) 田中稔: 1966. 青森県における稲作技術. 農業技術 21:301—305.

56) 寺島利夫: 1969. 米の品質, 食味と土壤肥料について. 関西土壤肥料協議会講演要旨 32:11—53

57) 和田源七・松島省三: 1962. 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61報 穂揃期窒素追肥の研究. 日作紀 31:15—18.

58) ———— ・————— ・松崎昭夫: 1968. 第86報 穎花数の成立内容におよぼす窒素の影響. 日作紀 37:417—423.

59) 柳沢宗男・高橋治助: 1964. 水田の生産力要因の解析に関する栄養生理学的研究. 農技研報 B14:41—171.

60) 山中金次郎・本村悟: 1958. 土壤のグライ化に関する研究(第2報) 2価鉄の生成機構について. 土肥誌 29:104—108.

61) 山崎伝・清野馨: 1965. 水稻における硝酸性窒素肥料に関する研究. 土肥誌 36:153—158.

62) 山下鏡一: 1969. 土壤肥料新技術, 技報堂

63) ———— ・藤本堯夫: 1974. 肥料と米の品質に関する研究. 東北農試報 48:65—78.

64) 山室成一: 1975. 硝酸態窒素とアンモニア態窒素が水稻生育に与える影響. 北陸農試報 17:5—10.

Studies on the Nitrogen Nutritional Status of Rice Plants at the
Later Stages of their Growth.

Tsuyoshi SAKON, Katsumasa MIYAJI and Yutaka KOMOTO

Summary

This study was carried out in order to ensure nutritional status at later stages of rice plants for their stable high yields in warm region. Namely, the effects of top-dressing and time of application at ripening stage after heading and effects of $\text{NO}_3\text{-N}$ and slow acting nitrogen fertilizers top-dressed at later stages were investigated mainly on the yields and nutrient absorption from 1968 to 1974.

The results obtained were summarized as follows;

1. Effects of top-dressing at ripening stage after heading and time of application.

1) Top-dressing at 5 days after heading did not bring any yield increase of brown rice, while the straw yield increased as the increase of fertilizer. Consequently, the weight ratio of grain to straw became small.

2) Top-dressing after heading raised the nitrogen in rice plants both with the percentage and the quantity absorbed.

3) Top-dressing after heading brought no effect in the yield of brown rice even if the time of application was varied, though the straw weight was increased by the top-dressing at 10 days after heading. But increase of straw weight was never observed by the top-dressing at 15 days after heading.

2. Effects of 'Hogoe' at 10 days before heading.

1) 'Hogoe' supplied at 10 days before heading was very effective and increased 3~9% of yields in brown rice.

2) Brown rice yield was influenced by the nitrogen content in rice plants when the fertilizer was applied and the yields were increased when the nitrogen content in leaf blades was lower than 2.4% as dry matter basis.

3) Top-dressing at 10 days before heading in warm region raised the percentage of ripened grains and brown rice yields, thus the practice is considered to be universally applicable fertilizer application.

3. Effects of $\text{NO}_3\text{-N}$ and slow acting nitrogen fertilizers as top-dressing at later stages.

1) Effects of $\text{NO}_3\text{-N}$.

(1) The application of ammonium nitrate and or sodium nitrate at young panicle initiation stage did not increase brown rice yields even at higher rate of application. The yield decrease observed was largely due to the decreases of number of panicles and grains.

(2) When $\text{NH}_4\text{-N}$ was supplied as 'Hogoe' at young panicle formation stage, the effect of $\text{NO}_3\text{-N}$ application as 'Hogoe' at 10 days before heading was further observed and brown rice yield was increased.

(3) The absorption of $\text{NO}_3\text{-N}$ by rice plants was found to be more difficult compared with $\text{NH}_4\text{-N}$, thus the percentage and quantity of nitrogen absorbed in the plants were less those supplied with $\text{NH}_4\text{-N}$. The rate of nitrogen uptake applied as 'Hogoe' was about 40% with ammonium nitrate and 20% of sodium nitrate, respectively.

(4) Influence of $\text{NO}_3\text{-N}$ to the quality and taste of rice were hardly recognized, but sodium nitrate resulted in stronger stickiness in spite of the lower nitrogen percentage of milled rice.

2) Effects of slow acting nitrogen fertilizers.

Some slow acting nitrogen fertilizers which contain 80% IB compound, 50% GP compound and oxamide compound were applied as 'Hogoe' at young panicle formation stage for saving the labor of fertilizer dressing.

(1) IB compound fertilizer decreased yields at a high rate when it was applied at a lower level, but at the level of 0.6 kg N/are the yield was increased.

(2) GP compound and oxamide compound fertilizers were very effective and at a higher level of 0.45 kg N/are, a higher yield was obtained compared with twice applications of NK compound fertilizer.

(3) An application in large amounts of these slow acting nitrogen fertilizers resulted in higher nitrogen contents of milled rice, while it gave no effect on the taste of rice.

(4) As mentioned above, it was recognized that single application of 'Hogoe' by the slow acting nitrogen fertilizers increased not only brown rice yields but also saved much labor even if the effectiveness varied with the kind of fertilizers. Hence, this type of fertilizer application can be recommended.