

環境にやさしい水稻施肥法の確立

宮城県農業センター土壤肥料部

総括研究員 中 鉢 富 夫

I はじめに

米を巡る情勢は市場原理の導入など、各種規制緩和の方向にあり、生産過程では環境にやさしく、生産物は安全で高品質、良食味、低コスト生産が課題となっている。そこで、被覆肥料を用いて、収量品質向上のための生育相改善、成分利用率向上、溶出時期調整による環境負荷軽減効果等を検討した。

II 材料と試験研究方法

農業センター内、細粒グライ土の圃場に表1の構成によりひとめぼれを作付けした。移植日は1994年は5月10日、1995と1996年は全層施肥区が5月9日、側条施肥区は5月11日である。また、対照肥料は塩加磷安284号基肥、NK化成C68号を追肥に用いた。磷酸、加里は1994、1996年はそれぞれ7.5、5.8 kg/10 a、1995年は全層施肥区、9.0、6.0kg、側条施肥区は7.5、5.8kgをPK化成で施用した。対照区の追肥時期は1994年は7月25日の減数分裂期に窒素成分で

表1 試験区の構成

施肥法	区名	基肥窒素(kg/10a)			追肥N (N,K ₂ O)		LP 40: LPS100
		1994	1995	1996			
全層施肥	無窒素	—	—	—	—	—	
	対照	5.0	5.0	5.0	1.0	1.0	
	LPA	6.0	6.0	6.0	—	—	30:70%
	LPB	6.0	8.0	8.0	—	—	30:70%
側条施肥	無窒素	—	—	—	—	—	
	対照	—	5.0	5.0	1.0	1.0	
	LPA	—	6.0	6.0	—	—	30:70%
	LPB	—	6.0	8.0	—	—	30:70%
	LPC	—	—	8.0	—	—	50:50%

表2 生育

区名	稈長(cm)				穂数(本/m ²)				玄米窒素濃度 %(1996)	
	1994	1995	1996	平均	1994	1995	1996	平均		
全層施肥	無窒素	67.5	67.3	64.4	66.4	274	229	278	260	1.02
	対照	79.2	83.8	80.4	81.1	432	456	468	452	1.01
	LPA	82.2	80.0	79.4	80.5	467	294	382	381	1.16
	LPB	79.1	85.1	84.2	82.8	364	333	389	362	1.15
側条施肥	無窒素		71.5	67.2	69.3		270	266	268	1.02
	対照		88.5	79.5	84.0		518	476	497	1.01
	LPA		84.8	78.3	81.6		363	416	390	1.10
	LPB		85.9	80.4	83.2		371	413	392	1.11
	LPC			78.5				462		1.11

本号の内容

§ 環境にやさしい水稻施肥法の確立.....	1
宮城県農業センター土壤肥料部 総括研究員 中 鉢 富 夫	
§ 生命にとって塩とは何か.....	5
—生物と塩との関係史— 8 京都大学名誉教授 近畿大学農学部教授 高 橋 英 一	
§ 施設栽培下の果菜類連作における肥料の成分形態、 随伴イオンが土壌、作物体へ及ぼす影響(2).....	7
JA全農営農・技術センター肥料研究部 部 長 羽 生 友 治	

2 kg, 1995と1996年は7月19日と31日に窒素成分各1 kgの2回追肥である。

III 結果と考察

a 生育・収量

1) 生育経過及び成熟期生育量, 収量等を表2, 3に示した。

成熟期稈長は施肥量や配合割合による傾向が明らかで, 平均値ではLP区が対照区よりやや短めであるが, LPの増量区では年によって稈伸長が大きくなる傾向が見られた。

50:50の配合は1996年のみであるが

表3 収 量

区 名	収 量(kg/a)				粒 数(千粒/m ²)				登熟歩合(%)				
	1994	1995	1996	平均	1994	1995	1996	平均	1994	1995	1996	平均	
全層施肥	無窒素	28.2	30.1	27.5	29	14.4	14.2	13.2	14	86.2	93.9	92	91
	対照	48.5	54.8	53.8	52	23.4	25.0	25.8	25	90.1	94.4	91	92
	LPA	51.9	51.6	56.5	53	25.0	22.9	26.6	25	92.3	93.4	91	92
	LPB	53.0	60.2	56.9	57	24.1	28.2	26.5	26	93.1	91.4	91	92
側条施肥	無窒素		37.6	32.4	35		17.1	15.3	16		94.3	93	94
	対照		63.5	54.0	59		29.0	24.7	27		90.5	94	92
	LPA		58.1	55.4	57		25.5	25.5	26		93.0	92	93
	LPB		58.1	58.1	58		25.1	27.0	26		93.8	92	93
	LPC			62.6				29.3				92	

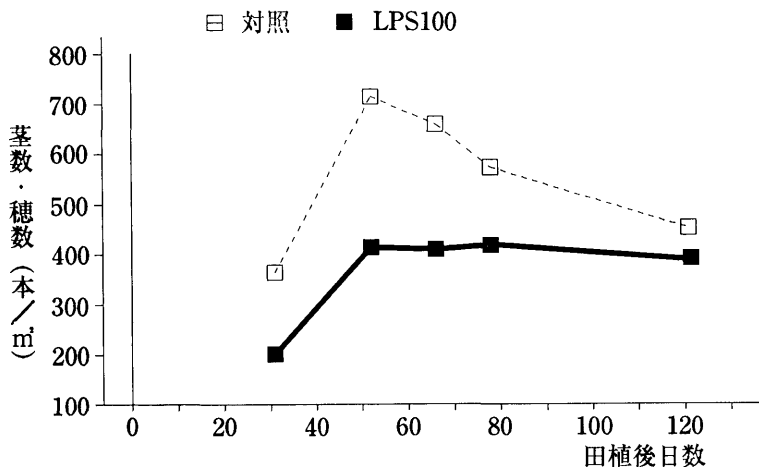
稈長は対照より短く, 穂数はほぼ対照並み, 粒数, 収量は対照より優った。ただし, 1996年は低温による初期生育抑制が大きかった年であり, 平年気象では穂数, 粒数過剰の懸念が残る。全体的にはLP区の穂数は対照区の約80%程度であった。

2) LP区の収量は窒素6 kg/10a施用でほぼ対照並み, それ以上では増収傾向となっている。しかし, 増肥は後期稈伸長も大きくなる傾向なので, 基肥窒素量は6 kg程度として, LP40+LPS100を3:7に配合するのが良いと考えられた。粒数は全層施肥でm²当たり2.5万粒, 側条施肥では2.6万粒程度で, 登熟歩合は92%程度を示した。

b 生育相

図1はLP窒素6 kg/10a施用区における, ひとめぼれ全層施肥区の茎数の推移である。初期の茎数増加は緩慢であるが, 無効茎が著しく少な

図1 施肥法と茎数の推移 (全層・N6・ひとめぼれ)



く, 葉色は濃いめに経過し, 稲体活力は成熟期まで維持されたと推定された。

LP施用区の生育相は, 慣行施肥法の場合と大きく異なる。その特徴は生育初期の草丈・茎数の増加が緩慢で中期の生育が旺盛になることである。成分溶出が温度の高低によって増減することから当然のことと言えるが, このことが収量構

成要素や品質にどのような影響を及ぼすかを検討した。過去の結果からLP施用の場合は成熟期はやや遅れるが, 粒数が取りやすいこと, 粒数増加に対する登熟歩合の低下度合いが慣行施肥法に比べて小さいこと, 等がわかっている。成熟期は窒素が遅効きする場合に遅れが大きくなりやすい。特にシグモイド型で100日型を多施用した場合は遅れが大きくなる傾向にある。

したがって, 溶出の長短を組み合わせると, 後期の窒素量を少なくすると遅れは防止出来る。宮城の場合は, 100日型は年によっては遅れが大きくなるが, 量が少ない場合や60日型の場合は慣行施肥法の成熟期と殆ど変わらない。

次に, 粒数が取りやすいことと, 粒数に対して登熟歩合が低下し難いこと等の要因として, ①幼穂形成期から登熟中期まで稲体窒素濃度が高めに経過することが挙げられる。溶出特性を反映し, 幼穂形成期頃までの窒素吸収はかなり緩慢である

が、以降は慣行施肥法より明らかに多いため、籾数が増加するものと思われる。また、登熟期の葉身窒素濃度も高く、活性（光合成能力）も高まるため登熟にも好影響を及ぼすと考えられる。第②

図2 肥料の種類と葉面積（ひとめぼれ 側条 1995）

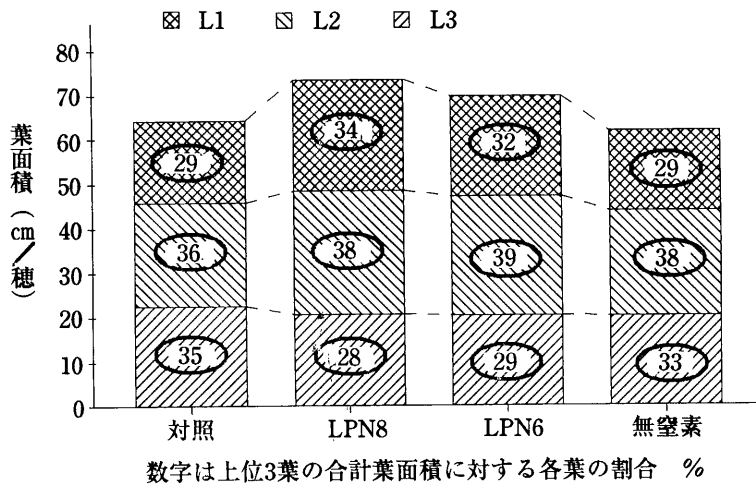


図3 止め葉の葉面積と玄米千粒重の関係

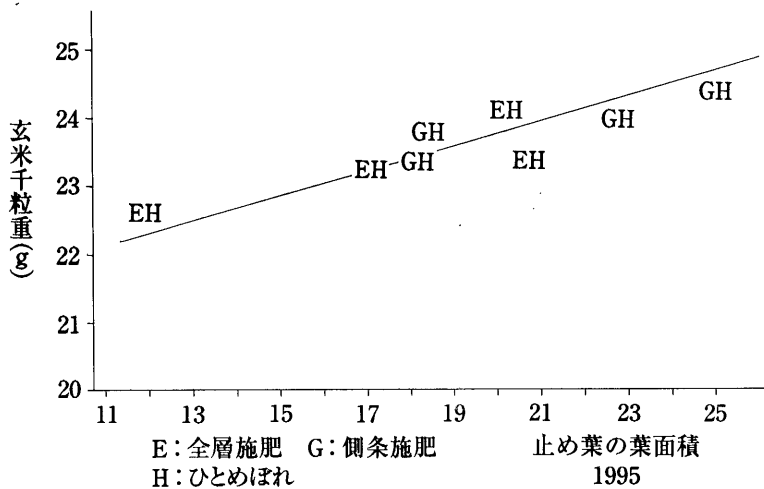
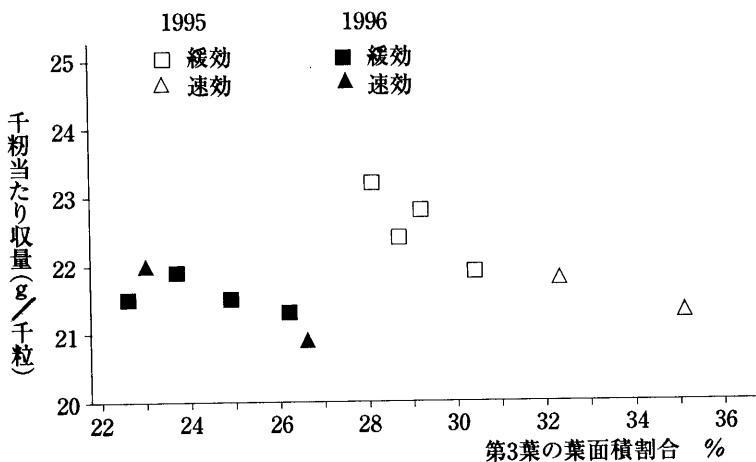


図4 第3葉の葉面積割合と千粒当たり収量



点は登熟期の上位葉身の葉面積が増加することである。図2は9月上旬における上位3葉の各葉位別葉面積と3葉合計葉面積に対する各葉の割合である。LP区の止め葉と次葉は対照区に比べて明らかに葉面積が増加し、割合も高まっている。しかし、第3葉身は面積、割合とも対照より小さかった。従来は上位葉程小さく、ピラミット型が光の透過率が高く、理想とされているが、被覆尿素肥料、特にシグモイド型肥料の場合はこの理想型がくずれる傾向がある。第③点として、この葉面積と登熟の関係を検討した。図3は止め葉の葉面積と玄米千粒重の関係である。登熟の良否は登熟歩合の高低と玄米千粒重の大きさで判定できるが、止め葉又は第2葉の葉面積は玄米千粒重又は登熟歩合と正の相関を示した。ただし、葉面積と登熟歩合の関係は、千粒重との関係よりバラツキが大きく、千粒重も年次によってはバラツキがみられた。

登熟歩合は全籾数に対する一定粒厚以上の粒数歩合なので、葉面積は登熟歩合より粒重（玄米千粒重）との相関が出やすいものと思われる。相関のバラツキは籾数や登熟期の気象に対する相対的葉身活性（窒素濃度など）等が影響しているものと考えられる。

図4は上位3葉身の合計葉面積に対する第3葉の葉面積割合と千粒当たり収量との関係である。年次により葉面積割合は差が大きいが、両年とも負の相関であった。従来、登熟期の下位葉は根に養分を供給し、登熟に好影響を与えるとしているが、どの程度の葉面積又は上位葉に対する割合が適当かは曖昧である。ピラミット型の葉身構成であれば下位葉の葉面積も大きくなるし、上位葉に

対する葉面積割合も当然高くなる。しかし、そのような場合は、本試験の結果では登熟低下の傾向になった。登熟（千粒当たり収量）は粒数に対する葉位毎の葉面積や葉身活性等の総合的結果であり、品種、施肥法等が多様化している現在、窒素吸収時期や生育相も従来とは大きく変わってきており、それに伴う登熟向上理論も新たな構築が必要と考えられる。

c 窒素吸収と利用率

表4 窒素吸収量 (g/m²)

区 名	幼穂形成期			成熟期			
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	
全層施肥	無窒素	1.75	1.40	1.98	5.02	4.30	4.44
	対照	4.44	4.70	4.13	7.65	9.70	7.84
	LPA	4.95	3.00	3.77	8.75	11.20	9.09
	LPB	3.36	2.60	4.04	11.76	7.50	8.36
	側条施肥						
無窒素		2.20	1.95		5.20	5.32	
対照		5.90	4.50		10.00	7.32	
LPA		3.60	3.89		10.40	9.12	
LPB		3.70	4.07		11.90	9.90	
LPC			4.29			8.18	

LP区の窒素吸収量は対照に比べて、幼穂形成期頃までの吸収量が少なく、以降の吸収量は1.5倍程度に多かった。また、差し引き法による施肥窒素吸収量は多少バラツキはあるが、対照区で約40%、LPの6kg区で70%程度、8kgでは50%程度であった。

d 環境負荷軽減

表5 田面水の窒素濃度 (全層施肥・NH₄-N. ppm)

区 名	当 日			2日後			3日後		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
無窒素		0.30	0.10		0.12	0.13		0.00	0.05
対 照	1.52	4.91	7.43	0.24	3.51	3.22		4.96	4.12
LP100	0.68			0.24					
LPS100	0.08	0.38		0.03	0.10			0.00	
LP40+LPS100			0.10			0.10			0.13

(1) 田面水の窒素濃度の経過を表5に示した。被覆尿素区特にシグモイド型溶出肥料区の田面水の窒素濃度は代掻き3日後に僅かに高まる傾向に

あるが、対照肥料に比べれば大幅に低く、殆ど無窒素並みの経過であった。

(2) 田植後20日、40日後頃の土壌溶液中窒素も対照肥料の1/3以下(表6)であり、窒素成分の系外流亡による環境負荷は明らかに少ない傾向が見られた。

表6 作土土壌溶液の窒素

(全層施肥NH₄-N. ppm)

区 名	5/27	6/6	6/1	6/01	6/21	6/26
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
対 照	0.84	1.51	2.83	2.20	1.97	3.49
LP100	0.69			1.80		
LPS100	0.26	0.57		0.66	0.60	
LP40+LPS100			0.46			0.46

IV おわりに

環境にやさしい施肥法を確立するため、被覆尿素を用いた水稻栽培を試みた。

シグモイド型溶出肥料区の生育は後期旺盛型となり、穂数は少なかったが、一穂粒数が確保され、慣行体系並みの収量が得られた。その要因は幼穂形成期以降窒素濃度が高く、登熟期の上位葉の葉面積が増加すると共に、葉身活性が成熟期まで高めに経過した結果、千粒当たり収量が向上したことによると考えられた。施肥窒素の利用率も著しく高く、慣行施肥体系に比べて15%程度の減肥が可能であった。また、代掻き後の田面水や田植40日後頃の土壌溶液中窒素濃度は無窒素並みであり、栽培系外に対する環境負荷は明らかに少なく、収量、品質を維持しながら、生産コストの低減と環境負荷軽減施肥体系が確立できた。

今後は登熟期の葉面積や葉質と登熟の関係をさらに検討しながら、収量、食味品質向上の試験に取り組む。