

暖地における水稲早生品種の湛水直播栽培での被覆尿素による一回全量施肥法の適応性

荒木雅登・兼子 明¹⁾・井上恵子・末信真二²⁾

(生産環境研究所)

暖地における水稲早生品種の湛水直播栽培での被覆尿素肥料による1回全量施肥法の適応性について‘つくし早生’を用いて検討した。

被覆尿素を利用することにより、普通化成肥料を分施する場合に比べ、窒素施肥量を10%減肥しても、94~104%の収量が得られた。被覆尿素についてはシグモイド型100日タイプ及び120日タイプ、リニア型100日タイプの3種類、施用窒素中の被覆尿素的配合割合については50、70、80%の3通りについて検討した結果、収量・コスト・品質面等より、総合的に差がなかった。ただし、この中ではリニア型100日タイプの80%が、収量面で3年間を通して最も安定していた。

[キーワード：水稲早生品種、被覆尿素、一回全量施肥、湛水上中直播栽培]

Adaptability of a Single Application of Coated Urea Fertilizer on Direct Sowing Culture in a Flooded Paddy Field of an Early Variety of Rice in a Warm Region. ARAKI Masato, Akira KANEKO, Keiko INOUE and Shinji SUENOBU (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 18:13-16 (1999)

Research was conducted on the adaptability of a single application of coated urea fertilizer on direct sowing in a flooded paddy field of an early variety of rice using cv. *Tsukushiwase*.

The same amount of yield was attained by a single application of fertilizer even though a 10% reduction of nitrogen fertilizer also occurred compared to the standard total application rate in the standard method. Furthermore, we examined 3 types of coated urea and 3 ratios of controlled nitrogen released in total nitrogen applied, in relation to yield, cost, quality etc. As a result, we comprehensively judged there is no difference in effect depending on the type and ratio. In the regimen of applying 80% of linear 100-days type, the result was that the yield was most stable for a period of 3 years, with differences attributable to weather conditions.

[Key Words: early variety of rice, coated urea, single application of fertilizer, direct sowing in flooded paddy field]

緒 言

被覆尿素等の肥効調節型肥料は、窒素成分の溶出が長期間に渡って持続する¹⁾ことから、従来の速効性窒素肥料に比べると水稲による施肥窒素の利用率は大幅に高いことが知られている^{14,15)}。このため、移植栽培においては、基肥に利用することにより追肥作業の省略が可能となった²⁾。被覆尿素は、初期から少しずつ窒素が溶出するリニアタイプ(L型)と、初期は溶出が抑えられ一定期間経過後に溶出してくるシグモイドタイプ(S型)の大きく2種類に分けられる。さらに、溶出持続期間により細かく分類される。移植栽培においては、品種に適した種類のものを、それぞれ適切な割合で速効性窒素肥料と配合した上で使用している^{4,5)}。

直播栽培は水稲の生産性を向上させるための規模拡大、低コスト・省力化技術として注目されているが、移植栽培同様、肥効調節型肥料を基肥に用いることで追肥作業省略が可能となれば、さらに省力化された技術として推進することが出来る。

本県において、湛水直播栽培に向く良食味品種として早生品種である‘つくし早生’²⁾が適すると報告されて

おり¹⁾、作付拡大が予想される。しかし、この報告では施肥は基肥及び2回の穂肥の計3回としており、一回全量施肥法はまだ確立していない。

直播栽培における肥効調節型肥料の施用については、佐藤ら¹²⁾は不耕起直播栽培において、生育・収量の面から被覆尿素的の全量基肥施用効果が大きいと報告している。また、寒冷地での湛水直播栽培について、中鉢ら¹⁰⁾はL型被覆尿素を基肥に用いる省力施肥法について検討し、低温による窒素溶出遅延のイネ生育に及ぼす危険性は3~4葉期の追肥により克服できるとしている。西南暖地における湛水直播栽培についても、関ら¹³⁾はL型70日タイプ被覆尿素を用いることで生育前期の中間追肥の省略が図れると報告しており、さらに今井ら³⁾は中生品種を試し、L型及びS型140日タイプの被覆尿素を用いた場合の窒素供給パターンと水稲栽培試験の結果から全量基肥施用の可能性があると報告している。しかし、西南暖地での早生品種の湛水直播栽培での一回全量施肥法については報告されていない。

そこで、暖地の湛水直播栽培における一回全量施肥法の適応性と、被覆尿素的の種類及び配合割合について‘つくし早生’を用いて検討した。

1) 現農業技術課、2) 現飯塚地域農業改良普及センター

試験方法

試験は、1995～1997年の3ヶ年、福岡県農業総合試験場農産研究所水田にて実施した。供試水田の作土の理化学性を第1表に示す。供試品種は‘つくし早生’で、施肥方法は第2表のとおりで、肥料を本田に施用し、直後に代かきを行った(全面全層施肥)。各被覆尿素区の窒素施肥量は対照区の1割減とした。対照区の肥料には、基肥に尿素硫加燐安48号(16-16-16)、追肥に窒素加里化成2号(16-0-16)を用いた。播種は、種子量の2倍量のカルパー剤でコーティングした種子を湛水土壌中直播機で条間30cmで条播した。第3表に年次毎の耕種概要を示す。

第1表 供試水田の作土の理化学性

作土深 cm	pH	EC dSm ⁻¹	全炭素 %	全窒素 % me/100g	CEC me/100g	交換性陽イオン		
						Ca	Mg	K
15.3	6.3	0.058	1.85	0.17	13.6	6.6	1.4	0.7

注) 土壌条件: 中粗粒灰色低地上

第2表 試験構成

試験区	供試資材 タイプ ¹⁾	施肥窒素中 の緩効成分 の割合(%)	基肥			總肥I		總肥II		計		
			N	P	K	N	K	N	K	N	P	K
対照	-	-	5.0	5.0	5.0	2.0	2.0	1.5	1.5	8.5	5.0	8.5
S120-50%	S型120H ²⁾	50	7.7 ³⁾	7.7	7.7	-	-	-	-	7.7	7.7	7.7
S120-70%	S型120H	70	7.7 ³⁾	7.7	7.7	-	-	-	-	7.7	7.7	7.7
S100-50%	S型100H ³⁾	50	7.7 ³⁾	7.7	7.7	-	-	-	-	7.7	7.7	7.7
S100-70%	S型100H ⁴⁾	70	7.7 ³⁾	7.7	7.7	-	-	-	-	7.7	7.7	7.7
L100-80%	L型100H	80	7.7	7.7	7.7	-	-	-	-	7.7	7.7	7.7
無窒素	-	-	0.0	5.0	5.0	0.0	2.0	0.0	1.5	0.0	5.0	8.5

注) 試験の構成は1995年から1997年まで3ヶ年同一とした。ただし、1997年のS120-50%区の速効性窒素のうち60%(施肥窒素の30%)をL型60H⁵⁾タイプ被覆尿素で施用した。

- 1) 日数は、25℃における窒素成分の80%溶出に要する日数を示す。
- 2) エムコートS120を用いた。
- 3) LPコートS100を用いた。
- 4) LPコート100(LPD80)を用いた。
- 5) 速効性窒素については尿素硫加燐安48号で施用し、りん酸、加里の不足分については、それぞれ過燐酸石灰、塩化加里で補った。
- 6) エムコートL60を用いた。

第3表 耕種概要

年度	施肥 代かき 月日	播種 月日	播種量 ¹⁾ (kg/m ²)	總肥月日 ²⁾		出穂 月日	収穫 月日	試験 規模 (m ² /区)	反復
				1回目	2回目				
1995	5-30	6-1	2.7	8-8	8-15	8-25	10-9	20.7	2
1996	5-29	5-31	2.6	8-7	8-16	8-22	10-9	53.4	2
1997	5-30	6-2	2.5	8-4	8-16	8-26	10-9	48.3	2

- 1) 播種量は、播種後の種子(粉)残存量より換算している。
- 2) 總肥は、対照区及び無窒素区。

また、供試した被覆尿素的窒素溶出パターン⁶⁾の年次間変動をみるため、全農シミュレーションソフト「JA-COAT」を用い、窒素溶出モデル式^{6,7,8)}に地温データを入力することにより、水稲生育期間中の窒素溶出量の推定を行った。なお、供試した3資材のうちS型120日タイプ被覆尿素についてはモデル式が解明されていないため、他の2資材について溶出の年次間変動を検討した。

地温は、本田の地表面下5cmの部位を測定した。

結果

1 成熟期における稈長、穂長及び穂数

稈長、穂長及び穂数について、各被覆尿素区と対照区との間に有意差は1996年S100-50%区及びS100-70%区の穂長を除いては認められなかったが、穂数については一定の傾向が示唆された。すなわち、1997年のS100-70%区を除き、各年次とも被覆尿素区が対照区を上回った(第4表)。S型被覆尿素的100日と120日タイプでの比較では傾向は認められなかったが、緩効性窒素の配合割合別には、70%配合が50%配合を上回った。3ヶ年を通して最も穂数の多かったのはL100-80%区で、他の被覆尿素区に比べ施肥窒素が水稲の生育に効率的に利用されたことが推察された。

第4表 成熟期における稈長、穂長及び穂数

試験区	稈長(cm)			穂長(cm)			穂数(本/m)		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997
対照	82.6ab	76.9a	70.1a	19.3	18.5a	20.2a	370ab	392	361
S120-50%	83.5ab	78.0a	71.1a	18.6	18.2ab	19.2ab	384a	393	365
S120-70%	83.9ab	77.3a	70.0a	18.3	18.1ab	19.3ab	373ab	399	381
S100-50%	83.7ab	77.8a	70.0a	18.6	17.9b	19.0ab	399a	407	363
S100-70%	84.6a	77.3a	69.9a	18.8	17.9b	19.2ab	405a	411	350
L100-80%	83.5ab	78.1a	71.1a	18.6	18.3ab	19.0ab	412a	433	385
無窒素	77.9b	70.8b	64.6b	18.2	17.2c	18.5b	332b	324	276
F値 ¹⁾	4.01**	110.12***	6.97**	1.94	23.16***	5.27**	13.66***	2.27	1.60

1) **, ***は5%, 1%水準で有意であること、異文字間はScheffeの多重検定で10%水準で有意であることを示す。

2 収量と収量構成要素及び品質

無窒素区を除いて収量では有意な差は認められなかったが、年次毎で次のような傾向が見られた。1995年は各被覆尿素区が対照区を上回り、1996、1997年は各被覆尿素区が逆に対照区を下回った。1995年に対照区の収量を上回ったのは、m²当たりの総粒数を十分に確保することが出来たためと推察される。3ヶ年を通して最も安定した収量が得られたのはL100-80%区で、対照区

第5表 収量及び収量構成要素

試験区	精玄米収量 ¹⁾ (g/m ²)			m ² 当たり総粒数 ×100			熟歩合 (%)			玄米千粒重 (g)		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997
対照	641a (100)	612 (100)	540a (100)	272	278	289	91	89	79	26.1a	24.9a	24.6
S120-50%	665a (104)	575 (94)	520a (96)	289	275	277	90	85	81	25.2ab	24.0b	23.9
S120-70%	649a (101)	587 (96)	533a (99)	283	281	281	92	89	84	25.0ab	24.4ab	23.8
S100-50%	644a (100)	592 (97)	513a (95)	294	287	274	90	88	83	25.1ab	24.2b	23.9
S100-70%	648a (101)	612 (100)	524a (97)	308	292	270	88	87	84	25.0b	24.1b	23.6
L100-80%	638a (100)	607 (99)	550a (102)	290	283	299	90	87	83	25.0ab	24.1b	23.6
無窒素	528b (82)	498 (81)	392b (73)	230	223	165	93	90	92	25.4ab	25.0a	24.1
F値 ²⁾	6.61**	2.18	7.25***	3.10*	0.99	3.59*	0.70	0.82	2.52	4.65**	16.58***	3.04*

- 1) ()内は対照区に対する指数。
- 2) *, **, ***はそれぞれ10%, 5%, 1%水準で有意であること、異文字間はScheffeの多重検定で10%水準で有意であることを示す。

比99～102%であった。このことは、水稲の生育期間中を通じてL型被覆尿素がS型に比べ、緩やかに窒素を溶出するため、年次毎の気象変動による窒素溶出パターンのずれが及ぼす窒素利用率への影響が小さいためと考えられる。玄米千粒重は、対照区と比べると各被覆尿素区が小さく、緩効性窒素の割合が高いほど小さくなる傾向が見られた(第5表)。

外觀品質(検査等級)及び玄米中窒素含有率については、各被覆尿素区と対照区との間に有意な差は認められなかったが、玄米中窒素含有率で被覆尿素区間における緩効性成分の配合割合の相違により、一定の傾向が認められた。すなわち、緩効性窒素の配合割合が高いほど玄米中窒素含有率が高くなった。最も高い値を示したのはL100-80%区で、3カ年を通して安定した収量が得られたものの、食味は他区よりもやや劣ると推測された(第6表)。

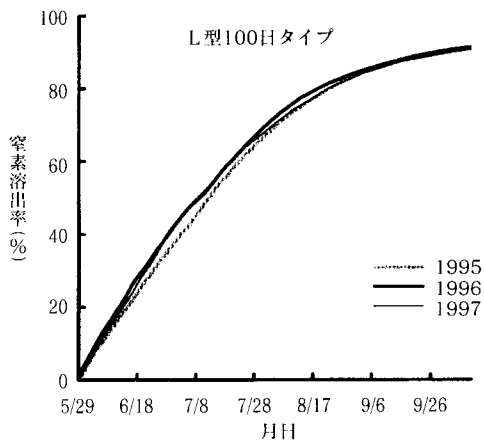
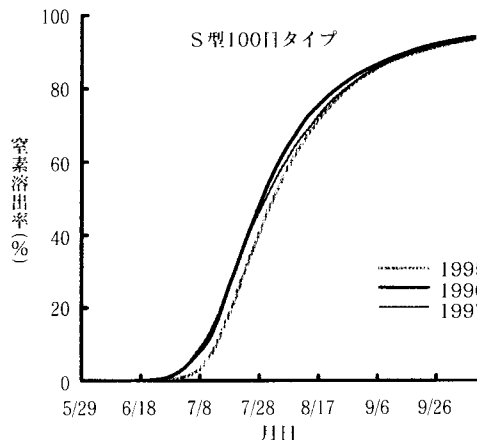
第6表 検査等級と玄米中窒素含有率

試験区	検査等級 ¹⁾			玄米中窒素含有率 ²⁾ (%)		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997
対 照	2.0	2.0a	3.5	1.33ab	1.26	1.44
S120-50%	2.0	2.0a	3.5	1.25bc	1.27	1.39
S120-70%	2.0	2.0a	3.0	1.26bc	1.27	1.41
S100-50%	2.0	2.0a	3.0	1.29abc	1.27	1.39
S100-70%	2.0	2.0a	3.5	1.30abc	1.31	1.40
L100-80%	2.0	2.0a	3.0	1.36a	1.31	1.41
無窒素	2.0	1.0b	3.0	1.22c	1.17	1.31
F 値 ³⁾	0.83	65535***	0.67	9.84***	3.58*	1.98

1) 検査等級は、1(1等上)～9(3等下)を示す。
 2) 対乾物。
 3) *, ***, はそれぞれ10%, 1%水準で有意であること、異文字間はScheffeの多重検定で10%水準で有意であることを示す。

3 窒素吸収と乾物重

成熟期における各被覆尿素区の乾物重と窒素吸収量は、対照区との間に有意な差は認められなかったが、対照区を上回る傾向が見られた。10%減肥しているにも関わらず、窒素吸収量でも対照区を各被覆尿素区が上回ったため、施肥窒素利用率でも各被覆尿素区が対照区よりも高い値を示した。しかし、資材の溶出タイプや緩効性成分の配合割合別には一定の傾向は認められなかった(第7表)。



第1図 被覆尿素的溶出率の年次間変動

第7表 成熟期における乾物重と窒素吸収量及び施肥窒素利用率

試験区	乾物重 (g/m ²)			窒素吸収量 ¹⁾ (Ng/m ²)			窒素利用率 ²⁾ (%)		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997
対 照	1471	1341	1257ab	12.0a	11.9	12.5	40	27	68
S120-50%	1521	1375	1234ab	12.4a	13.2	11.8	49	47	66
S120-70%	1489	1324	1259ab	12.3a	12.3	12.5	48	35	75
S100-50%	1515	1343	1218ab	12.9a	12.4	13.2	56	36	84
S100-70%	1559	1381	1195ab	14.0a	12.9	12.0	70	43	69
L100-80%	1519	1363	1314a	13.6a	13.1	13.0	66	45	82
無窒素	1309	1119	827b	8.6b	9.6	6.7	-	-	-
F 値 ³⁾	2.77	1.03	4.10**	15.72***	1.02	3.18*	4.38*	1.10	0.12

1) 稲体地上部の窒素吸収量。
 2) 窒素利用率(%)=(試験区の窒素吸収量-無窒素区の窒素吸収量(Ng/m²))/窒素施肥量(Ng/m²)
 3) *, **, ***. はそれぞれ10%, 5%, 1%水準で有意であること、異文字間はScheffeの多重検定で10%水準で有意であることを示す。

4 被覆尿素溶出パターンの年次間変動

1995～1997年の地温から推定したS型100日及びL型100日タイプ被覆尿素的の溶出パターンを第1図に示した。両被覆尿素的とも1995年が1996、1997年に比べ、8月上旬にかけて溶出がわずかに遅れ、その後1997年と同様のパターンを示したが、1996年と比べると、9月上旬にかけてやや遅れが見られた。S型120日タイプについてはモデル式が明らかとされていないためシミュレートしていないが、上記の両資材同様、1995年が後2カ年に比べやや遅れているものと推察される。

考 察

移植栽培においては、被覆尿素等の肥効調節型肥料を用いることにより一回全量施肥法が確立している¹⁵⁾。本試験の結果から、暖地における早生品種の湛水直播栽培においても収量・品質の面からこの施肥法が適用できることが明らかとなった。

現在、移植栽培で被覆尿素を使用する場合、S型とL型の2種類の肥料が利用されており、品種や作型によって資材の選択が行われている。ただし、S型を速効性窒素と配合して基肥に施用することにより、従来の分施肥に近い肥効の発現が期待できるため、ここ数年はL型に比べS型の利用が伸びている。そこで、湛水直播栽培

においても分施栽培同様の肥効発現を期待してS型被覆尿素を中心に適応性を検討したが、むしろL型を使用した方がS型よりも水稻の生育、収量の年次間変動が小さく安定していた。また、L型利用の場合、3ヶ年通して対照区と同等の収量が得られた。これは、L型に比べS型の方が気象によって窒素溶出パターンが大きく左右されやすく(第1図)、水稻の生育とうまく適合しなくなるためと考えられる。ただし、L型は被覆尿素区の中で最も高い玄米窒素含有率を示したことから、食味は他区に比べ劣っていたと推察される。

次にS型被覆尿素について、窒素の溶出期間及び配合割合を検討した。

溶出期間については、湛水直播栽培の場合、移植栽培の育苗期間に相当する分だけ本田での生育期間が長くなるため、被覆尿素の溶出が長期間にわたるタイプの資材が適していると考えられる。そこで、S型100日タイプと120日タイプの肥料で比較したが、生育、収量には有意な差は認められなかった。

さらに、S型の緩効性窒素の配合割合について70%と50%配合で比較した結果、成熟期における穂数及び㎡当り総粒数は70%配合の方が50%配合を上回る傾向が見られた。このため、収量では有意な差はなかったものの、70%配合が50%配合を上回る傾向があった。ただし、緩効性窒素の割合を高くすると、生育後半の肥効発現が多くなるため、玄米中の窒素含有率が高まる傾向がみられ、食味の低下が懸念された。また、肥料代が安価になることや気象に対する溶出の安定性の面からも、緩効性窒素の割合が低い方が有利である。

以上のことから、S型被覆尿素を用いる場合、溶出日数100日及び120日、どちらの資材を選定しても大きな差はない。また、総合的にみて緩効性窒素の配合割合は70%と50%で優劣をつけ難く、営農状況等を考慮して適宜選択することが好ましい。

このように、早生品種の湛水直播栽培においても肥効調節型肥料が適応できることが明らかになったが、肥効調節型肥料は従来への化成肥料に比べると単価がやや高いことが、欠点に挙げられている。しかし、施肥窒素利用率が高いことから、分施栽培に比べ窒素を10%減肥することが可能であり、コスト高を抑えることができる。また、施肥の省力化と環境負荷低減の面からも有効である。

これまで、早生品種に限らず、湛水直播栽培での一回全量施肥法での施肥削減可能性については報告されていない。本試験においては、全面全層施肥で減肥率10%で検討したが、移植栽培において施肥法を側条施肥とすると施肥量を減らせる¹⁶⁾ことが知られている。湛水直播栽培における一回全量施肥法でも同様に施肥位置を変えることにより減肥率を高めることができる可能性がある。また、最近土中に種子を打ち込むタイプの播種機が開発されたが、特にこの点播方式の直播栽培における被覆尿素を用いた一回全量施肥で施肥位置の検討が行われている¹⁰⁾。さらに、施肥面でのコスト低減が期待される。

引用文献

- 1) 藤田敏夫・前田正太郎・柴田 勝・高橋知剛(1989)被覆肥料に関する開発(肥料の現状と将来). 21世紀を目指す肥料に関するシンポジウム講演集. 111-131.
- 2) 浜地勇次・今林惣一郎・大里久美ら(1998)水稻新品種「つくし早生」の育成. 福岡農総試研報 17: 1-8.
- 3) 今井克彦・今泉諒俊(1990)水稻湛水直播栽培における全量基肥施用法に関する研究(第1報). 愛知農総試研報 22: 41-50.
- 4) 今井克彦・日置雅之・鈴木智香子・澤田守男(1993)肥効調節型肥料の溶出パターンの推定と水稻の全量基肥施用法への適応性. 愛知農総試研報 25: 51-60.
- 5) 井上恵子・山本富三・末信真二(1994)水稻「ヒノヒカリ」に対する被覆尿素肥料の施用法. 福岡農総試研報 13: 17-22.
- 6) 小林新・藤澤英司・羽生友治(1997)被覆肥料の溶出に及ぼす水蒸気圧の影響. 土肥誌 68: 8-13.
- 7) 小林新・藤澤英司・羽生友治(1997)被覆肥料の溶出と被覆膜内外の水分の挙動. 土肥誌 68: 14-22.
- 8) 小林新・藤澤英司・久保省三・羽生友治(1997)ガス補正法による溶出モデル式の改良. 土肥誌 68: 487-492.
- 9) 中鉢富夫・武田良和・山家いずみ(1994)被覆尿素を用いた湛水土中直播栽培の省力施肥法. 宮城農七報 60: 48-64.
- 10) 西田瑞彦・土屋一成・田中福代・脇本賢三(1998)湛水土中点播水稻栽培におけるシグモイド型被覆尿素肥料の施肥位置の影響. 土肥学会九州支部春季例会講演要旨集: 10.
- 11) 尾形武文・松江勇次(1998)稲一麦二毛作体系における湛水直播栽培に適した良食味水稻品種の選定. 日作紀 67(別2): 90-91.
- 12) 佐藤徳雄・渋谷暁一・三枝正彦・阿部篤郎(1993)肥効調節型被覆尿素を用いた水稻の全量基肥不耕起直播栽培. 日作紀 62: 408-413.
- 13) 関稔・岩田久史・加藤祐司ら(1987)水稻湛水土中直播栽培における生育前期の施肥法. 愛知農総試研報 19: 77-85.
- 14) 柴原藤善・辻藤吾・西村誠(1991)被覆尿素肥料利用による水稻の施肥効率向上と肥料成分の流出軽減. 滋賀農総試研報 33: 17-29.
- 15) 上野正夫・熊谷克巳・富樫政博・田中伸幸(1991)土壌窒素と緩効性被覆肥料を利用した全量基肥施肥技術. 土肥誌 62: 647-653.
- 16) 山本富三・兼子明・神屋勇雄・久保田忠一(1988)暖地水稻における側条施肥技術基肥減肥率と施肥位置. 福岡農総試研報 A8: 15-18.