

細粒質強グライ土壤における

硝酸系コーティング肥料の効果

農林水産省北陸農業試験場

伊 藤 滋 吉

1. はじめに

水田に施用した窒素は、水稻による吸収と、有機化および土壤に固定されるもの以外は、流亡と硝化脱窒と直接アンモニア態又は酸化物での揮散によって土壤系外へ失なわれる。水田に施用した窒素の利用効率是一般に低く、この理由として硝化脱窒の大きいことがあげられている。また硝酸態窒素を水田に施用した場合、還元土壤では直接脱窒する。このようなことから水稻作には利用効率の面から主としてアンモニア態窒素が利用され、硝酸態窒素の利用は少ない。

しかし、これまで硝酸態窒素の圃場試験での結果から、施用した硝酸態窒素の有利な点として、育苗期の施用が苗の発根力、根の酸化力を高め、移植後の生育収量に好影響をあたえる¹⁾。水稻の育苗期から収穫期までの硝酸態窒素の吸収は、育苗期に発根力が増大し、分けつ期では吸収窒素の乾物生産が劣るが生殖成長期での吸収は穀の生産能力を高め²⁾、体内成分の転流をも高める³⁾。また、全生育期間アンモニア態窒素の吸収よりも栄養生長期に硝酸態窒素、生殖成長期にアンモニア態窒素を吸収させることが、水稻に好影響を及ぼす⁴⁾、などが硝酸態窒素の利点としてあげられている。

近年では溶出期間の長い硝酸系被覆肥料が開発され硝酸態窒素の有利な面が利用されて来ている。

このようなことから細粒質強グライ土壤における硝酸系コーティング肥料の効果をペーパーポットによる育苗の効果と、本田施用の効果とを1984年度に検討したのでその結果を述べてみたい。

2. コーティング肥料を用いたペーパーポット育苗とそれが水稻の生育収量に及ぼす影響

1) 試験の方法

① 育苗箱の施肥量

g/箱

区 名	育苗法	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 標準区	散播	2.0	2.0	2.0
2 標準区	pot	2.0	2.0	2.0
3 ロング 70タイプ区	pot	14.0	12.0	14.0
4 ロング100タイプ区	pot	14.0	12.0	14.0

標準区は6—6—6—の中苗用肥料を使用し、ロング70およびロング100は14—12—14を使用した。

ペーパーポットは、横14穴、縦32穴、計448穴の箱を用い1穴12コーティング肥料(ロング)を5粒宛施肥した。箱当りの現物施肥量は100gである。

② 試験区名

本田施肥量kg/a

区 名	育苗法	基 N	追 P ₂ O ₅	K ₂ O
1 標準区	散播	0.2	0.7	0.7
2 標準区	pot	〃	〃	〃
3 ロング 70タイプ区	pot	〃	〃	〃
4 ロング100タイプ区	pot	〃	〃	〃
5 標準区	散播	—	〃	〃
6 ロング 70タイプ区	pot	—	〃	〃
7 ロング100タイプ区	pot	—	〃	〃

③ 本田施肥法：磷酸，加里は，重過石，塩加を使用した。窒素は塩安を用い、基肥区0.2（5月12日）、有分期0.2（6月19日）幼形期0.2（7月9日）出穂期0.1（8月9日）kg/aを施用した。

④ 供試品種：コシヒカリ 1穴3粒播（1984年4月17日）

⑤ 栽植密度：m²当り18.5株，1株3本植（5月22日）

2) 試験結果と考察

第1表 生 育 調 査

区 名	育苗法	6月4日		6月18日		7月16日		9月3日収穫		
		草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	稈長	穂長	穂数
標 準	散 播	23.1	58	35.7	333	73.1	447	88.4	18.8	335
"	pot	23.5	69	37.1	390	74.0	461	91.7	18.7	335
ロング70 タイプ	pot	24.2	107	38.4	474	75.6	508	90.9	18.9	376
ロング100 タイプ	pot	25.4	111	40.1	462	80.4	535	94.4	18.8	368
標 準	散 播	23.1	56	34.3	248	68.1	298	77.3	17.8	220
ロング70 タイプ	pot	23.2	100	33.2	353	70.8	379	83.5	18.6	296
ロング100 タイプ	pot	23.0	91	36.2	270	69.3	355	77.4	17.6	241

草丈、稈長、穂長……cm. 茎数、穂数……本/m²

① 苗の生育および生育調査

4月17日にペーパーポット1穴に3粒播種育苗代で育苗した。散播区に比べポット苗は草丈が短かく茎がやや太く丈夫に育苗することが出来た。

移植後の生育はポット苗は活着が良好であったが、特にロング肥料区で生育が良好であった。生育調査の結果を第1表に示したが、それによると、6月4日の田植後約2週間にm²当りの茎数が標準散播の58本/m²に対し、ロング70及びロング100のペーパーポットの育苗区が107~111本であった。6月18日の有効分けつ期においても標準区に比べて、約20%分けつ数が多かった。7月16日の幼穂形成期、収穫期になるとこの差は小さくなった。

ペーパーポットを使用しロング肥料を施用して育苗し

第2表 登 熟 調 査

区 名	育苗法	穂 数 本/m ²	総粒数 ×10 ² /m ²	未登熟数 ×10 ² /m ²	登熟歩合 %	1穂当り	
						総粒数	未登熟粒数
標 準	散 播	335	330	43	87	98	13
"	pot	335	322	38	88	96	11
ロング70 タイプ	pot	376	343	50	85	91	13
ロング100 タイプ	pot	368	355	49	86	96	13
標 準	散 播	220	168	19	89	76	9
ロング70 タイプ	pot	241	172	17	90	71	7

第3表 収 量 調 査

kg/a

区 名	育苗法	わら重	精粒重	籾/わら	米比重	精玄米重	青 糧	千粒重g	精玄米 指 数
標 準	散 播	67.63	86.28	1.28	7.78	56.35	0.59	22.0	100
"	pot	66.50	85.10	1.28	6.76	55.15	0.63	22.1	98
ロング70 タイプ	pot	76.26	89.31	1.17	8.46	58.68	0.91	22.0	104
ロング100 タイプ	pot	75.95	89.62	1.17	7.37	59.93	1.05	21.6	106
標 準	pot	49.02	43.55	0.89	3.38	35.08	0.34	21.9	100
ロング70 タイプ	pot	49.02	44.78	0.91	3.29	36.39	0.33	21.6	104
ロング100 タイプ	pot	49.02	44.56	0.91	2.50	36.49	0.34	21.7	104

第4表 乾 物 重

g/m²

区 名	育苗法	6月18日	7月16日			8月13日				9月3日収穫期			
		茎 葉	葉 身	茎	合 計	葉 身	茎	穂	合 計	葉 身	茎	穂	合 計
標 準	散 播	40.7	151.3	224.6	375.9	199.8	498.8	106.6	805.2	176.5	394.8	623.5	1194.8
"	pot	54.9	153.2	223.1	376.3	195.4	503.6	124.7	823.7	170.2	402.9	644.9	1218.0
ロング70 タイプ	pot	66.2	195.7	269.4	465.1	250.5	581.6	141.3	973.4	212.0	459.2	724.8	1396.0
ロング100 タイプ	pot	69.0	193.5	281.9	475.4	250.5	599.4	152.8	1002.7	201.7	466.9	717.1	1385.7
標 準	散 播	34.8	121.7	196.8	318.5	141.7	416.3	83.6	641.6	123.4	348.9	428.8	902.0
ロング100 タイプ	pot	39.0	109.2	167.6	276.8	122.5	366.7	70.3	559.5	124.0	367.4	434.4	925.8

第5表 N 含 有 率

%

区 名	育苗法	6月18日	7月16日(幼)		8月13日(穂揃)			9月3日(収)		
		茎 葉	葉 身	茎	葉 身	茎	穂	葉 身	茎	積
標 準	散播	3.40	2.55	0.95	2.17	0.60	1.13	1.10	0.52	1.03
"	pot	3.51	2.55	0.96	2.28	0.62	1.16	1.20	0.53	1.01
ロング70 タイプ	pot	3.45	2.58	0.95	2.45	0.72	1.07	1.30	0.54	1.02
ロング100 タイプ	pot	3.44	2.58	0.95	2.34	0.68	1.16	1.31	0.52	1.01
標 準	散播	2.74	2.17	0.82	1.75	0.47	1.10	1.08	0.43	1.01
ロング70 タイプ	pot	3.13	2.25	0.83	1.78	0.46	1.10	1.10	0.45	1.01

第6表 窒 素 吸 収 量

g/m²

区 名	育苗法	6月18日	7月16日(幼)			8月13日(穂揃)				9月3日(収穫期)			
		茎 葉	葉 身	茎	合 計	葉 身	茎	穂	合 計	葉 身	茎	穂	合 計
標 準	散播	1.38	3.28	2.13	5.41	4.17	2.99	1.19	8.35	1.94	2.05	6.42	10.41
"	pot	1.93	4.04	2.14	6.18	4.46	3.12	1.45	9.03	2.04	2.14	6.51	10.69
ロング70 タイプ	pot	2.23	4.99	2.56	7.55	6.13	4.19	1.51	11.83	2.76	2.48	7.39	12.63
ロング100 タイプ	pot	2.37	4.99	2.68	7.67	5.86	4.08	1.77	11.71	2.64	2.43	7.24	12.31
標 準	散播	0.95	2.64	1.61	4.25	2.48	1.96	0.92	5.36	1.33	1.50	4.33	7.16
ロング100 タイプ	pot	1.22	2.46	1.39	3.85	2.18	1.69	0.77	4.64	1.36	1.65	4.39	7.40

た場合は活着が良好で、初期の分けつ確保が容易であった。収穫期の穂数は、標準区335本/m²、ロング70区376本/m²、ロング100区368本/m²であった。また無N区に移植した場合も同様の傾向を示し、ロングを用いた場合は活着、分けつも良好であった。なお標準肥料を用い、ペーパーポットで育苗した場合は散播に比べ初期の分けつはやや多かったが、収穫期の穂数は335本/m²で散播とポット育苗ではほとんど差がなかった。このことから硝酸系コーティング肥料の利用は水稻の生育に良い影響を及ぼしていると言える。

② 登熟および収量

第2表に収穫期における登熟調査と第3表に収量調査の結果を示した。総粒数は、32,000~35,500でロング肥料の育苗区が多かった。第3表から精玄米収量についてみるとペーパーポットとロング肥料を組合せたロング70区、ロング100区は精玄米指数104と106を示し、ロング100区では599kg/10aの収量が得られた。無Nの場合でもロング70区、ロング100区は、標準区に比べて104%の指数を示している。

③ 窒素含有率および吸収量

窒素含有率および吸収量を測定するため有効分けつ期6月18日、幼穂形成期7月16日、出穂期8月13日、収穫期の4回に渡り圃場より水稻を抜き取った。第4表に乾物重、第5表に窒素含有率、第6表に窒素吸収量を示した。乾物重は生育を反映し、ロング肥料とペーパーポットを組合せた。ロングおよびロング100区は標準区に比べて生育量が多かった。窒素の含有率を第5表で見ると、窒素施肥区で有効分けつ期3.4~3.5%、幼形期の葉身2.5~2.6%、穂揃期の葉身2.1~2.4%、収穫期の葉身1.1~1.3%を示し、ロング70区、ロング100区でやや高い傾向がみとめられた。窒素吸収量を第6表についてみると、標準区では幼形期5~6g/m²、穂揃期8~9g/m²、収穫期10g/m²の吸水量であったが、ロング区は、幼形期7.5g/m²、穂揃期11.8g/m²、収穫期12.6g/m²で、標準区に比べて約2g程度吸収が多かった。

3. コーティング肥料(ロング)の側条施肥が水稻の生育収量に及ぼす影響

1) 試験の方法

① 施肥法：施肥田植機の施肥法に近づけるため、水稻の移植後、直ちに落水し、5cmの角材を用いて移植水稻の条間30cmの中央に深さ5cmの溝を設け、所定の肥料を施用し、覆土後再灌水した。育苗は散播育苗でコーティング肥料は使用しなかった。

② 試験区名および施肥量 (kg/a)

区 名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
(尿素高度化成)			
1. 標準区(15~15~15)	0.7	0.7	0.7
2. ロング40タイプ区	0.7	0.6	0.7
3. ロング70タイプ区	0.7	0.6	0.7
4. ロング100タイプ区	0.7	0.6	0.7

③ 供試品種：コシヒカリ(中生種)中苗2本植

④ 栽植密度：18.5株/m²

⑤ 耕種法の概要

4月17日播種	5月22日	田植施肥
5月9日本田耕起	9月11日	刈取り
5月12日施肥灌水		

2) 試験の結果と考察

① 稲作期間の気象概況：移植後(5月22日)の気温は低温気味であったが、6月の上旬~中旬は高温、多照、少雨の好気象が続いた。7月の始めはやや低温気味であったが、第2半旬以降気温は平年並~高めで日照多く、雨量がやや多めであった。8月第1半旬は高温多照で、降水量はやや少なかった。この傾向は9月中旬まで続いた。

② 水稻の生育

生育調査の結果を第7表に示したが、田植後の活着は

第7表 生 育 調 査

区 名	6月18日(有)		7月16日(幼)		9月3日(収穫)		
	草丈 cm	茎数 本	草丈 cm	茎数 本	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本
標準(15-15-15)	34.0	268	68.7	370	82.0	17.8	281
ロング40タイプ	35.2	322	72.5	433	88.3	17.9	333
ロング70タイプ	31.6	246	74.2	422	88.4	18.5	333
ロング100タイプ	33.3	253	70.5	376	86.3	18.3	289

茎数、穂数...m²当り

第8表 登 熟 調 査

区 名	穂 数 本/m ²	総粒数 ×10 ² /m ²	未登熟粒数 ×10 ² /m ²	登熟歩合 %	1 穂 当 り	
					総粒数	未登熟粒数
標準区	281	265	24	91	94	9
ロング40タイプ	333	341	36	89	102	11
ロング70タイプ	333	279	31	89	84	9
ロング100タイプ	289	270	30	89	93	10

第9表 収 量 調 査 kg/a

区 名	わら重	精粒重	籾/わら	米比重	精 玄 米 重	青米重	千粒重 (g)	精玄米 指 数
標準区(15-15-15)	52.86	69.02	1.31	3.63	42.41	0.45	21.6	100
ロング40タイプ	70.78	85.56	1.21	5.38	55.51	0.99	21.1	131
ロング70タイプ	65.78	69.80	1.06	4.41	55.29	0.98	21.4	130
ロング100タイプ	62.69	65.54	1.05	4.29	52.01	0.58	22.9	123

第10表 乾 物 重 g/m²

区 名	6月18日	7月16日			8月13日				9月3日			
	茎 葉	葉 身	茎	合 計	葉 身	茎	穂	合 計	葉 身	茎	穂	合 計
標 準 区	34.6	116.9	174.3	291.2	172.8	468.1	91.8	732.7	152.1	371.1	573.5	1096.7
ロング40タイプ	42.2	155.4	207.2	362.6	210.0	548.7	109.2	867.9	178.7	415.9	625.7	1220.3
ロング70タイプ	34.2	159.5	205.4	364.9	213.5	540.9	115.1	869.5	195.0	417.7	716.0	1328.7
ロング100タイプ	38.1	145.8	202.0	347.8	183.2	494.0	108.4	785.6	149.5	337.1	566.1	1052.7

第11表 窒 素 含 有 率 %

区 名	6月18日	7月16日		8月13日			9月3日		
	茎葉	葉身	茎	葉身	茎	穂	葉身	茎	穂
標 準 区	3.38	2.59	0.96	1.79	0.47	1.12	1.20	0.46	1.02
ロング40タイプ	3.78	2.79	1.03	1.99	0.53	1.16	1.30	0.48	1.03
ロング70タイプ	3.74	3.01	1.12	2.18	0.56	1.13	1.28	0.47	1.03
ロング100タイプ	3.50	2.80	1.02	2.20	0.56	1.12	1.24	0.47	1.03

第12表 窒 素 吸 収 量 g/m²

区 名	6月18日	7月16日			8月13日				9月3日(収)			
	茎 葉	葉 身	茎	合 計	葉 身	茎	穂	合 計	葉 身	茎	穂	合 計
標 準 区	1.17	3.03	1.67	4.70	3.09	2.20	1.03	6.32	1.83	1.70	5.85	9.38
ロング40タイプ	1.60	4.34	2.13	6.47	4.18	2.91	1.27	8.36	2.32	2.00	6.44	10.76
ロング70タイプ	1.28	4.80	2.30	7.10	4.65	3.03	1.30	8.98	2.50	1.96	7.37	11.83
ロング100タイプ	1.33	4.08	2.06	6.14	4.03	2.77	1.21	8.01	1.85	1.58	5.83	9.26

良好で、初期生育は標準区に比較して、ロング40区は草丈、分けつとも勝っているが、ロング70区、ロング100区はやや劣ることがみとめられた。しかし幼穂形成期にはロング70区、ロング100区とも生育が旺盛となり、草丈、茎数とも標準区に優った。収穫期の穂数をみると標準区281本/m²、ロング40区および70区333本/m²、ロング100区289本/m²であり、穂長についてもロング区で長いことがみとめられた。

③ 登熟および収量調査

第8表に登熟調査の結果を示した。総粒数をみると、標準区26,000、ロング40区34,000、ロング70区28,000、ロング100区27,000を示し、標準区に比べてロング区の着粒数が多いことがみとめられた。第9表に収量調査の結果を示したが、精玄米収量は標準区42kg/aであったが、ロング40区および70区では55kg/a、またロング100区では52kg/aを示していた。精玄米指数でみると、ロング区は、123~131を示している。

④ 窒素含有率および吸収量

第10表に乾物重を示した。標準区に比べてロング40区は生育の初期より乾物重が多いが、ロング70区、ロング100区は初期の乾物重はやや少ない。しかし幼形期の7月16日、および穂揃期の8月13日をみると、ロング区はいつでも標準区より乾物重が増加し、この傾向は収穫期においても同様であった。

第11表に窒素含有率を示したが、この場合は生育の初期から収穫期までコーティング肥料(ロング)を用いた区で高い。第12表に窒素吸収量を示した。生育初期の吸収量は各区に大きな差がみられなかったが、幼穂形成期以降収穫期までコーティング肥料(ロング)を施用した区で高く、収穫期における吸収量をみると、標準区9.3g/m²、ロング40区10.8g/m²、ロング70区11.8g/m²、ロング100区9.3g/m²であった。

ロング40、70、100の3種のコーティング肥料を用いた側条施肥の効果を検討したが、コーティング肥料の側条施肥の肥効が高く、とくにロング40、ロング70で著しかった。

4. おわりに

1984年度に硝酸系コーティング肥料の効果を、細粒質強グライ土壌において「コシヒカリ」を栽培して検討した。

育苗にペーパーポットとコーティング肥料の組合せは、箱当り窒素14gの多量施用で良質な苗が得られた。この苗は活着が良好で、有効分けつ期には標準区に比べ茎数が約20%増加し、収穫期の穂数も多く、精玄米収量は標準区に対し6%増のa当り60kgを得ることが出来た。

コーティング肥料の本田施肥効果は、側条施肥に、横して田植直後の条間に窒素としてa当り0.7kgを5cmの土中に施用した。精玄米収量は40、70タイプでa当り55kgが得られた。この量は試験Ⅱにおける標準区で、窒素をa当り、基肥0.2kg、有効分けつ期0.2kg、幼穂形成期0.2kg、穂揃期0.1kgの4回分施の場合と同等の収量であった。100および140タイプでも検討したが細粒質強グライ土壌では100タイプ以上ではやや劣ることが観察された。

近年の稲作は低コストに指向され、各地において低コストを主体として試験が進められている。北陸地域では湛水直播も大きく取り上げられている。湛水直播は出芽、苗立ちが直播の成否を左右する程重要で細粒質強グライ土壌ではこの問題は特に大きい。そのため近年では播種前に種子を過酸化石灰(CaO₂)でコーティングして播種することによって種子周辺の土壌を酸化的に保つことが考案され、出芽、苗立ちに著しい効果をあげている⁵⁾。

硝酸態窒素を施用すると土壌の酸化還元電位は上昇する³⁾。これを直播に利用出来ないだろうか。細粒質強グライ土壌(田川統)中のFe⁺⁺は、湛水直後に200~300mg盛夏には700~800mg存在する。作土1m²100kgとすると播種時には2,000~300gのFe⁺⁺が含まれている。a当り0.7kgの硝酸態窒素(N O₃-N)を施用したとすると、m²当り24gのO₂が入った計算になる。これが全部Fe⁺⁺→Fe⁺⁺⁺の酸化に使われたとすると168gのFe⁺⁺を酸化する能力がある。NH₄N O₃(硝安)の場合でも84gのFe⁺⁺を酸化すると計算される。このような化学量論的な関係が土壌中で計算どうりに成立するとはかぎらない。窒素の場合は過酸化石灰より酸化還元問題は複雑な系と考えられる。しかし硝酸態窒素を施用することによって酸化還元電位は上昇することから、例えば硝酸系コーティング肥料と種子を土中条播することなども考えられるのではなからうか。

5. 引用文献

- 1) 山崎 伝：米作日本一の技術解析—注目すべき三つの課題、カリシンポジウム、1963、98~110
- 2) 清野 馨：水稻多収栽培における硝酸性窒素利用法農及園、44、1383~1388
- 3) 小菅伸郎：水稻に対する硝酸態窒素の施用効果について、北陸農試報、14、13~61、1972
- 4) 山室成一：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、1~109、1975
- 5) 中村喜彰：湛水土壤中直播機に関する研究、石川農業短期大学特別研究報告、7、1~41、1978