

幼穂形成期に与えたN03-15NとNH-15Nの水稲による吸収と移動

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	諸岡, 稔 葛西, 善三郎
巻/号	43巻10号
掲載ページ	p. 377-379
発行年月	1972年10月

幼穂形成期に与えた $\text{NO}_3\text{-}^{15}\text{N}$ と $\text{NH}_4\text{-}^{15}\text{N}$ の 水稲による吸収と移動

諸岡 稔*・葛西善三郎**

1. 緒言

水稲に対する施肥窒素の形態としての $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の問題は古くから研究され、前者が後者よりも肥効の劣ることが圃場試験の結果明らかにされている¹⁾。しかし、最近になって多収水稲の技術解析から特に育苗と有効分げつ期以降にける $\text{NO}_3\text{-N}$ の積極的利用が示唆され²⁾、また植物の代謝調節的観点から $\text{NO}_3\text{-N}$ の利用が考えられてきている³⁾。

TANAKA ら⁴⁾は水稲の水耕試験によって栄養生長期には $\text{NH}_4\text{-N}$ が、生殖生長期には $\text{NO}_3\text{-N}$ がより良い窒素源であることを報告している。著者らは水稲の生殖生長期以降における $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の同化過程を追究するために、まず幼穂形成期に与えた $\text{NO}_3\text{-}^{15}\text{N}$ と $\text{NH}_4\text{-}^{15}\text{N}$ のゆくえを追跡してその分布をしらべ、さらにこれら窒素の形態の違いが水稲の無機成分組成、収量およびその構成におよぼす影響をしらべたので報告する。

2. 実験方法

5000分の1アール磁製ポットにプラスチック製のざるを置き、水苗代で育てた水稲苗(品種:金南風, 1969年5月20日播種)3本を1株として7月1日移植し、礫で固定して水耕栽培した。ポットは日中は戸外におき夜間および雨天にはガラス室に搬入した。培養液はさきに用

第1表 培養液の組成

要素	形態	濃度 (ppm)
N	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \begin{cases} \text{NaNO}_3 \text{ または } \\ (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \end{cases}$	20~40
P	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	8
K	KCl	16
Ca	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10
Mg	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	10
Si	Na_2SiO_3	50
Fe	EDTA-Fe	2
Mn	$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.05
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.02
B	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	0.2
Mo	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.05

いたもの⁵⁾を基本とした第1表に示す組成のものを水道水を用いて調製した。培養液の pH は 5.0 となるよう

毎日1規定の硫酸または水酸化ナトリウムにより補正し、4日

毎に更新した。移植後8月4日の処理開始までは培養液のN濃度を硝酸アンモニウムで20ppmとして均一に栽

培した。ついで8月4日から8日まで $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (10.20 atom% excess), または $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (9.49 atom% excess) をポット当たりNとして120mg与え、以後完熟に至るまでの期間は NaNO_3 または $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ をそれぞれNで40ppm与えた。

^{15}N を与えて48時間後、乳熟期(9月17日)、完熟期(10月28日)に試料を採取し、ただちに80°Cの通風乾燥器に1昼夜入れて乾燥した後、秤量して粉碎した。Nの分析は全Nはガニング変法により、不溶性Nは試料500mgに0.5%酢酸40mlを加えて5分間煮沸して濾過した残渣についてケルダール法により定量し、全Nと不溶性Nとの差を可溶性Nとした。 ^{15}N 濃度は上記全Nあるいは不溶性N定量後の試料を硫酸酸性にして減圧濃縮し、次亜臭素酸カリウム溶液を加えて N_2 に気化したものを質量分析計(日立RMU-6E型)に導入して測定した。N以外の無機成分含有量は試料を電気炉で乾式灰化後Siは重量法、Pはモリブドバナド比色法、Kは炎光法、Mg・Ca・Fe・Mn・Znは原子吸光法によりそれぞれ測定した。

3. 実験結果および考察

完熟期における水稲の形態、収量とその構成要素を第2表に示した。水稲は全期間順調に生育し、完熟した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 区は完熟期においても葉色が濃く、上位葉は垂れさがり、やや窒素過剰の兆候を示した。茎葉重、穂数、総粒数は $\text{NH}_4\text{-N}$ 区が $\text{NO}_3\text{-N}$ 区よりも大であったけれども登熟歩合、籾千粒重は $\text{NO}_3\text{-N}$ 区が大で結局籾重は $\text{NO}_3\text{-N}$ 区が $\text{NH}_4\text{-N}$ 区よりまさった。

第3表に ^{15}N を与えて48時間後におけるNと ^{15}N の分布を示した。 ^{15}N はいずれも葉身と茎に多く、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 区の方が葉身における割合が高かった。KANEKO⁶⁾は水稲の単位乾物重当りの硝酸還元酵素活性は根において葉より強いことを示しているが、幼植物を別にすれば量的には地上部の方が根部より圧倒的に多いことから硝酸還元の場合は主として葉であり、そのため $\text{NO}_3\text{-N}$ 区の葉身で

第2表 完熟期における水稲の形態、収量とその構成

処理	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	茎葉重 (g/株)	籾重 (g/株)	総粒数 (株当たり)	登熟歩合 (%)	精籾千粒重 (g)
$\text{NO}_3\text{-N}$	58	18.8	30	51.5	52.7	2,439	88.4	22.9
$\text{NH}_4\text{-N}$	54	19.1	37	67.8	45.6	2,668	67.9	21.4

(注) 精籾(登熟歩合)は比重1.06の食塩水により選別した。

出穂期: $\text{NO}_3\text{-N}$ 区9月7日, $\text{NH}_4\text{-N}$ 区9月10日

* 九州農業試験場(現在農事試験場, 埼玉県北本市荒井160)

** 京都大学食糧科学研究所

昭和47年5月4日受理

日本土壤肥科学雑誌 第43巻 第10号 p.377~379 (1972)

第 3 表 処理開始 48 時間後における N の分布

処 理	部 位	乾物重 (g/株)	全 N 含有量 (mg/株)			¹⁵ N 含有量 (mg/株)			¹⁵ N/全 N (%)			¹⁵ N 吸収率 (%)
			可溶性	不溶性	合計	可溶性	不溶性	合計	可溶性	不溶性	合計	
NO ₃ -N	葉身	4.35	12.2 (5.4)	140 (61.5)	152 (66.9)	1.27 (6.0)	9.10 (42.7)	10.4 (48.7)	10.4	6.5	6.8	
	茎	3.47	13.9 (6.1)	41.7 (18.3)	55.6 (24.4)	2.02 (9.5)	5.85 (27.5)	7.87 (37.0)	14.5	14.0	14.2	
	根	0.91	6.2 (2.7)	13.7 (6.0)	19.9 (8.7)	1.48 (7.0)	1.56 (7.3)	3.04 (14.3)	24.1	11.4	15.3	
	合計	8.73	32.3 (14.2)	195 (85.8)	228 (100)	4.77 (22.5)	16.5 (77.5)	21.3 (100)	14.8	8.4	9.3	
NH ₄ -N	葉身	4.85	18.2 (6.8)	153 (57.1)	171 (63.9)	2.60 (7.4)	12.5 (35.6)	15.1 (43.0)	14.3	8.2	8.8	
	茎	4.40	18.4 (6.9)	56.4 (21.0)	74.8 (27.9)	3.92 (11.2)	10.5 (29.9)	14.4 (41.1)	21.3	18.6	19.2	
	根	1.05	7.70 (2.9)	14.8 (5.5)	22.5 (8.4)	3.02 (8.6)	2.56 (7.3)	5.58 (15.9)	39.2	17.3	24.8	
	合計	10.3	44.3 (16.5)	224 (83.5)	268 (100)	9.54 (27.2)	25.5 (72.8)	35.1 (100)	21.5	11.4	13.1	

注：() の数字は百分率

の分布割合が高いと考えられる。水稻の幼植物においてさえ、根における硝酸還元酵素活性は茎葉部にくらべて微弱であるという報告⁷⁾もある。

尾崎ら⁸⁾が水耕栽培した水稻の幼穂形成期に ¹⁵N 標識硫酸を与えた実験では 48 時間後にその 90% がタンパク態 N にとりこまれているが、本実験では与えた N 量も多く実験条件は異なるけれども、NH₄-N 区の不溶性 N は 73% とやや低かった。しかし可溶性と不溶性区分への ¹⁵N のとりこみは NO₃-N 区の方が不溶性区分の割合が高く、NH₄-N 区にくらべて速やかにタンパク質などにとりこまれることを示唆している。48 時間で両区とも吸収 ¹⁵N のうち地上部では 80% が、根でも 50% が不溶性区分にとりこまれていた。

¹⁵N の全 N に対する割合は NH₄-N 区が NO₃-N 区よりいずれの部位、区分においても高かった。また両区とも茎と根で高く、特に根の可溶性区分で高かったが、これは ¹⁵N 標識硫酸を与えた 24 時間後にアルコール不溶部より可溶部において ¹⁵N の全 N に対する割合が大でその順序は根>茎>葉身であったという報告⁹⁾と同じ傾向であって、N が根から吸収され地上部へ送られてタンパク質などの不溶性 N に合成される当然の経過と考えられる。

乳熟期と完熟期における N と ¹⁵N の分布を第 4 表に示した。乳熟期には、¹⁵N は両区とも葉身に最も多く存在し、茎がこれに次ぎ、籾と根には少ないけれども各部位に全 N とほぼ同じ割合で分布している。完熟期には、¹⁵N は NO₃-N 区では籾>葉身>茎>根の順に多く存在し、NH₄-N 区では茎、籾>葉身>根の順に多く、NH₄-N 区では N が茎にも貯えられることを意味している。¹⁵N の全 N に対する割合はいずれも数% で部位別には NO₃-N 区では葉身において高く、NH₄-N 区では根において高

かった。

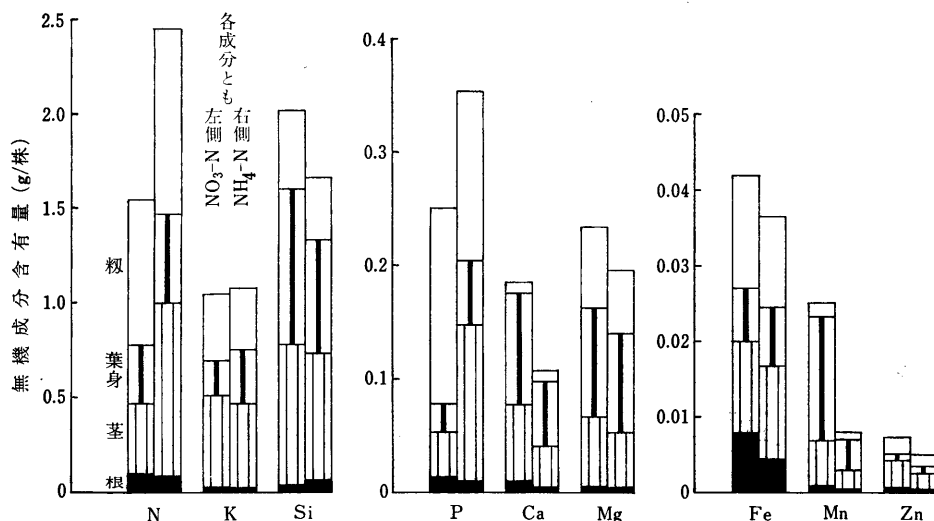
この時期に ¹⁵N の全 N に対する割合が低いのは ¹⁵N 処理の後、引きつづいて ¹⁴N を吸収したためである。ただ籾の ¹⁵N 存在割合は NO₃-N 区が NH₄-N 区より高く、このことは転流の良いことの一つの証拠と考えられる。

¹⁵N 吸収率はいずれの時期も NH₄-N 区が NO₃-N 区より約 10% 高く、その差が処理開始後 48 時間までのものであることから、NO₃-N 区の ¹⁵N の吸収が NH₄-N 区より 48 時間まで (4 日間 ¹⁵N を与えたので施与期間の前半に相当する) の初期に遅いことを示した。

無機成分の部位別含有量の 1 例として完熟期におけるものを第 1 図に示した。N はすでに示したように NH₄-N 区において NO₃-N 区より含有量が多く、特に茎における含有量が多かった。P 含有量も NH₄-N 区が NO₃-N 区より多く、葉身と茎に多く分布した。K の含有量は両区に大きな違いはなかった。Si, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn の含有量はいずれも NO₃-N 区において NH₄-N 区より多く、Si は葉身に、Ca と Mn は葉身と茎に、Fe は根に、Zn は茎においてそれぞれ多かった。さらに各成分相互間の均衡をみるため茎葉における無機成分含有率の相互比²⁾を N=1 として第 5 表に示した。表より完熟期において NH₄-N 区の Ca と Mn の吸収が NO₃-N 区にくらべて著しく少ないことが特徴として認められる。このこと

第 4 表 乳熟期と完熟期における N の分布

時期	処 理	部 位	乾物重 (g/株)	全 N 含有量 (mg/株)	¹⁵ N 含有量 (mg/株)	同左 (%)	¹⁵ N/全 N (%)	¹⁵ N 吸収率 (%)
乳 熟	NO ₃ -N	籾	10.5	176	8.6	16	4.9	
		葉身	15.5	472	24.6	44	5.2	
		茎	23.9	359	16.5	30	4.6	
		根	5.0	100	5.8	10	5.8	
合計	55.0	1,107	55.5	100	5.0	46.3		
期	NH ₄ -N	籾	6.8	132	3.5	5	2.7	
		葉身	20.6	770	37.7	52	4.9	
		茎	28.4	621	26.0	36	4.2	
		根	4.4	101	5.3	7	5.2	
合計	60.2	1,624	72.5	100	4.5	60.5		
完 熟	NO ₃ -N	籾	47.9	768	24.1	41	3.1	
		葉身	16.5	309	17.4	29	5.6	
		茎	30.3	363	12.8	22	3.5	
		根	4.8	102	4.7	8	4.6	
合計	99.5	1,542	59.0	100	3.8	49.2		
期	NH ₄ -N	籾	41.5	975	25.1	33	2.6	
		葉身	19.9	471	20.0	27	4.2	
		茎	41.7	911	25.3	34	2.8	
		根	4.5	88	4.3	6	4.9	
合計	107.6	2,445	74.7	100	3.1	62.3		



第1図 完熟期における無機成分の部位別含有量

は TANAKA ら⁴⁾の結果と全く同じであった。なお高橋ら¹⁰⁾はケイ酸の添加は穂ぞろい後同化した炭素の穂への転流率を増加させることを認めており、NO₃-N 区において Si 含有量の高いことが登熟歩合の高いことの一因とも考えることができる。また出穂後のカルシウム供給量が多いほど ¹⁴CO₂ の穂への移行率が高い¹¹⁾ということから NO₃-N 区において登熟歩合が高かったことは Ca 含有量の違いにあるとも考えられる。

4. 要 約

水耕培養によって、均一に育てた水稲の幼穂形成期に NO₃-¹⁵N あるいは NH₄-¹⁵N を吸収させ、以後完熟期に至るまでそれぞれ NO₃-N あるいは NH₄-N を与えて栽培し、処理開始 48 時間後、乳熟期、完熟期における ¹⁵N の分布を追跡した。また幼穂形成期以降に与える窒素の形態の違いが水稲の無機成分組成、収量およびその構成におよぼす影響をしらべ次の結果を得た。

- 1) NO₃-N 区は NH₄-N 区より籾収量は高く、収量構成要素では登熟歩合が高く籾千粒重も大であった。
- 2) 48 時間後には ¹⁵N は両区とも葉身と茎に多く、NO₃-N 区の方が NH₄-N 区より葉身における割合が高かった。NO₃-N 区は NH₄-N 区より可溶性区分の ¹⁵N が少なく、両区とも吸収 ¹⁵N のうち葉身、茎では 70~80% が、根でも 50% が不溶性区分にとりこまれていた。
- 3) 乳熟期には ¹⁵N は両区とも葉身と茎に多く、完熟期には葉身から籾への移行がみられた。
- 4) ¹⁵N の吸収率は各時期とも NH₄-N 区において NO₃-N 区より約 10% 高かった。
- 5) N, P 含有量は NH₄-N 区に多く、Si, Ca, Mg, Fe,

第5表 水稲茎葉の無機成分含有率相互比

処 理	時 期	N	P	K	Si	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
NO ₃ -N	48 時間後	1	0.15	0.88	1.41	0.06	0.11	0.003	0.011	N. D.
	乳 熟 期	1	0.16	0.87	1.28	0.11	0.16	0.020	0.015	0.0034
	完 熟 期	1	0.09	0.99	2.32	0.24	0.23	0.029	0.034	0.0069
NH ₄ -N	48 時間後	1	0.16	0.88	1.43	0.07	0.10	0.003	0.011	N. D.
	乳 熟 期	1	0.17	0.55	0.77	0.05	0.11	0.011	0.005	0.0022
	完 熟 期	1	0.14	0.53	0.91	0.07	0.10	0.015	0.005	0.0023

Mn, Zn 含有量は NO₃-N 区に多く、K 含有量は両区に差がなかった。そして NH₄-N 区は N に対して特に Ca と Mn の吸収が少なかった。

謝 辞 本実験を行なうにあたり有益な御助言を賜った京都大学食糧科学研究所浅田浩二博士ならびに質量分析にあたり御指導と御便宜を賜った同所河合研究室の各位に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 木内知美：近代農業における土壌肥料の研究，p. 95，養賢堂（1970）
- 2) 清野 馨：同上，p. 109，養賢堂（1970）
- 3) 高橋英一：京大食研報 No. 32, 44（1969）
- 4) TANAKA, A., PATNAIK, S. and ABICHANDANI, C. T. : *Proc. Ind. Acad. Sci.*, B. 49, 386（1959）
- 5) 葛西善三郎・浅田浩二：土肥誌，30, 479（1960）
- 6) KANEKO, I. : *Nomura Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Dai.*, B. 9, 168（1960）
- 7) 王子善清・伊沢恒郎：土肥誌，39, 380（1968）
- 8) 尾崎 清・森山真明・三井進午：土肥誌，23, 237（1953）
- 9) SINGH, M., KUMAZAWA, K. and MITSUI, S. : *Soil Sci. Plant Nutr. (Tokyo)*, 7, 5（1961）
- 10) 高橋英一・新井清彦・櫻田義彦：土肥誌，37, 594（1966）
- 11) 太田安定・富川巖雄・出口正夫：土肥誌，40, 201（1969）