水稻の穂の発育に関する研究

第3報 稔実初期に与えた重窒素 (^{15}N) 標識のアノモニア態窒素の転流と分布*

荒井 邦夫**・河野 恭 広

(名古屋大学農学部)

昭和54年2月8日受理

前報¹で出穂期の窒素 (N) 追肥によるソース機能の高まりは、穂上位置別の各穎果の乾物と N の集積期間や集積最盛期の出現時期には、ほとんど影響を与えず集積速度のみを高めることを認め、出穂期追肥による弱勢果の稔実の改善¹⁵⁾には、とくに穎果の発育初期の物質移行量の増加も重要な意味をもつと推論した。

これまで出穂期前後における追肥 N の水稻各器官への転流・分配の様相については、 ^{15}N をトレーサーとしたいいくつかの研究^{7,8,9,13,16)}がなされているが、追肥 N が各器官に転流・分配される初期過程を明らかにしたものはない。

出穂期の追肥 N は一時的に葉身・葉鞘に蓄積され、登熟の進行とともに、穂へ移行する^{13,16)}とされているが、水稻葉の蛋白質の half life は4~6日¹⁸⁾であることから考えて、追肥後3日に穂へ追肥 N の11~13%¹⁶⁾が分布することは、必ずしも葉身・葉鞘に蓄積されることなく、直接穂へ転流する追肥 N もあることを示すように思われる。最近、吸収された新しい N と再転流 N の器官・組織の発育に対する意義^{5,18,19)}が注目されてきており、それとの関連でも追肥 N の植物体中での行動を詳しく追跡する必要がある。

そこで本研究では ^{15}N をトレーサーとして、出穂期に追肥したアノモニア態 N の追肥後7日間の動きを経時的に調べ、地上部各器官ならびに穎果への転流・分配の様相を明らかにしようとした。

材料および方法

1974年、本学ガラス室内で水耕栽培した水稻品種・中京旭を用いて実験を行った。畑苗代で育てた葉齢7.0の苗を、縦35 cm×横30 cm×深さ15 cmのプラスチック製の水耕培養槽60個に各槽当たり1株3本植で4株移植した(6月25日)。

* 大要は第165回講演会(昭和53年4月)で発表。

** 現在、国立公害研究所、生物環境部

水耕液には春日井氏水稻用培養液^{4)注}を用い、移植後1週間は、その1/4濃度で、その後は1/2濃度で水耕を行った。液の更新は週2回行い、pHは1規定の塩酸と苛性ソーダ溶液で5.5に調整した。

出穂日(最上部1次枝梗先端穎花の開花日をもって、その穂の出穂日とした)は9月3日のものが最も多かった。これらの穂にしるしをつけ、その一部で各穎花の開花日を調べた。

9月10日、午前10時に ^{15}N 標識硫酸 (^{15}N ; 9.63 atom% excess) を N 源とした前記培養液 (Nとして40 ppmを含む) で、各培養槽の水耕液を更新し、実験を始めた。なお、実験期間中は液の更新を行わなかった。

^{15}N 追肥後、3時間間隔で12時間まで、24時間以

Fig. 1. Sectioning of rice plant for ^{15}N analysis. Symbols in Fig. 1-a with the same number mean the one phytomer. B_n , leaf blade; S_n , leaf sheath; C_n , culm. Arabic numerals in Fig. 1-b mean the days after flowering in each caryopsis at the beginning of this experiment and roman numerals show the position of primary branches used in this experiment.

注) 春日井氏水稻用培養液(原液)組成; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 189; Na_2HPO_4 , 4.1; KCl , 48; CaCl_2 , 8; MgCl_2 , 14; FeCl_3 , 10; MnCl_2 , 0.16 (いずれも mg/l). pH. 5.5

Fig. 2. Timecourse of changes of ^{15}N atom % excess in leaf blade, leaf sheath and culm at different positions* on stem. Arabic numerals in the graph show the time (hr) after topdressing of ^{15}N -labelled ammonium sulfate.

All data gained by using ^{15}N tracer technique of this experiment were translated into the numbers assuming that 100 atom % excess ^{15}N was administered, and are shown in Fig. 2 to Fig. 6, and Table 1 and 2. *See Fig. 1.

降は24時間間隔で168時間まで、毎回10本の穂を株ぎわから茎葉とともに採取した。それらを直ちに第1図(a)に示した節位で、葉身、葉鞘、稈、穂に切り分けた。一部の穂を用いて同図(b)に示した位置の1次枝梗の先端から5粒の穎果をとり、脱穎し、子実をとり出した。これらすべての材料は90°Cの通風乾燥機で2日間乾燥し、秤量後、分析に供した。

全N量はセミマイクロケルダール法、 ^{15}N 量はOERTLI¹⁰⁾とその一部改変法^{3,17)}に従い発光分光法によって求めた。 ^{15}N 含量の測定はJASCO NIA-I型N15アナライザーによった。

実験結果の表示に際して、水稻体中に存在する全Nの中に占める ^{15}N 標識硫酸(追肥)に由来するNの割合を直接的に表わすために、追肥に用いた硫酸は ^{15}N で100%標識されていたものと仮定して、各器官における ^{15}N 濃度(^{15}N atom % excess)を計算し表示した。

Fig. 3. Timecourse of changes of ^{15}N atom % excess (○—○), and amounts of ^{15}N (●—●) and of total nitrogen (●—●) in the panicle after top-dressing of ^{15}N -labelled ammonium sulfate.

実験結果

1. 地上部各器官への追肥N(^{15}N)の転流

第2図と第3図に、それぞれの節位別各器官と穂の ^{15}N 濃度の経時的变化を示した。

N追肥後3時間、 ^{15}N は葉身を除くすべての節位別各器官と穂に移行していた。3～6時間目には、稈の ^{15}N 濃度は下位節で高く、上位節に移るに従って低くなった。葉鞘では節位による ^{15}N 濃度の違いは明瞭でなかった。一方、葉身への ^{15}N の移行が認められたのは6時間目であったが、その時の ^{15}N 濃度は上位葉ほど高い傾向を示した。

12時間目になると、稈ではC₂、葉鞘ではS₂を、それぞれピークとする ^{15}N の分布パターンをとり、48時間目まで ^{15}N 濃度は増加を続けた。この過程でS₃もS₂と同じ位高い値を示した。48時間目には稈のNは穂首節間(C₀)を除き約25～30%が、葉鞘のNは約15～20%が、それぞれ追肥Nで占められた。その後、稈、葉鞘とも ^{15}N 濃度は168時間(実験終了時)まで減少を続けた。その過程においても ^{15}N の節位別分布パターンはほとんど変化しなかった。

それらに対して、葉身の ^{15}N は48時間目にB₃ないしB₄をピークとする分布パターンをとり、72時間目まで増加した後、漸減した。72時間目の葉身のNの約10～15%が追肥Nであった。

一方、穂の ^{15}N 濃度は第3図に示したように72時間目までほぼ直線的に増加し、穂のNの約25%は追肥Nによって占められたが、その後はほとんど変化しなかった。

この実験では水耕液中の残存 ^{15}N 量を調べていな

Fig. 4. Timecourse of changes of amount of total N (—) and ^{15}N (.....) in culm (○) and leaf sheath (●) after top-dressing of ^{15}N -labelled ammonium sulfate.

いが、上述したような節位別各器官や穂の ^{15}N 濃度の動きからみて、N 追肥後 48~72 時間にみかけ上、水耕液中の追肥 N は吸収されつくしたと判断された。この時間は従来の報告^{13,16)}からみても妥当なものであった。

第4図に全葉鞘と稈の全 N と ^{15}N 量の経時的变化を示した。稈では 48 時間、葉鞘では 72 時間に全 N・ ^{15}N 量ともに減少し始めた。この結果は第2図の ^{15}N 濃度の動きと合わせて考えると、培地からの N 吸収の低下にともない、すみやかに稈、続いて葉鞘の順に ^{15}N の流出が起ることを示すものと思われた。

第1表に各葉身の ^{15}N 量の経時的变化を示した。それと対比するために穂の値も付記した。各葉身の

^{15}N 量は B_5 を除き、96 時間目まで増加し、その後減少した。一方、第2図に示したように各葉身の ^{15}N 濃度は72時間目まで増加した後、減少を始めた。この ^{15}N の量と濃度の減少の時間的ずれは、他の器官からの ^{15}N 濃度の低い転流 N が葉身に流入したために生じたと思われた。そこで第1表と第2図から 48—72 時間と 72—96 時間に全葉身へ流入した ^{14}N と ^{15}N の量を算出した。葉身では絶えず N の流入と流出が起っており、あくまでもみかけ上の値であるが、前者の期間で ^{14}N が $79\text{ }\mu\text{g}$ と ^{15}N が $120\text{ }\mu\text{g}$ 、後者の期間でそれぞれ $423\text{ }\mu\text{g}$ と $50\text{ }\mu\text{g}$ となり、明らかに 72—96 時間に ^{15}N の割合の低い転流 N が葉身へ流入したため、 ^{15}N 量は増加するが、濃度は逆に低下したことがわかった。

このような葉身の ^{15}N の動きからみて、追肥 N の葉身からの再転流は 96 時間から 120 時間にかけて起ると推定された。

したがって、第3図に示したように 72 時間目に穂の N の約 25% を占めていた追肥 N は、一度葉身にとり込まれた後に穂へ再転流したものではなく、葉身を經由しない経路で運ばれた追肥 N であると考えられた。

このような経路による穂への追肥 N の転流は、次の2つの実験結果からも支持されるように思われた。一つは葉身よりも3時間早く、穂で ^{15}N が検出されたことであった。他の一つは間接的な結果であるが、第2図に示したように穂首節間 (C_0) の ^{15}N 濃度が 48 時間目以降、ほぼ 16~17% に維持されたことで

Table 1. Timecourse of changes of the amount of ^{15}N translocated from root to leaf blades and panicle after top-dressing of ^{15}N -labelled ammonium sulfate.

Time in hour	^{15}N content (μg per plant part)						Panicle
	B_1^{**}	B_2	B_3	B_4	B_5	Total	
3	0	0	0	0	0	0	18
6	12	8	3	1	0	24	25
9	25	19	11	4	0	59	43
12	44	42	15	5	7	113	96
24	90	73	49	39	28	279	357
48	268	283	230	161	81	1023	941
72	303	314	248	184	94	1143	1482
96	317*	333*	256*	200*	87	1193*	1714
120	297	290	229	185	101	1102	2309
144	252	263	200	147	93	955	2413
168	215	212	181	140	124*	872	2543

*Maximum value of ^{15}N content in each leaf blade.

**See Fig. 1.

あった。この結果は、追肥 N の吸収が 48—72 時間目に低下するにともない、葉身を経由しない ^{15}N の穂への転流が少くなり、48 時間目以降には、穂、葉鞘、さらには葉身からの再転流 ^{15}N が既存の ^{14}N と一定の比率を保って穂首節間へ転流することを示すものと考えられた。

2. 穎果の穂上位置と追肥 N(^{15}N) の転流

第1図(b)に示した3つの位置の1次枝梗のそれぞれ先端から5番目までの穎果(子実)を一つの単位とし、各枝梗上の子実への N 転流の経時的变化を第5図に示した。

各枝梗上の子実への ^{15}N の移行は、上位(I)と中位(IV)枝梗では N 追肥後3時間で認められたが、最下位枝梗(VII)ではさらに3時間遅れた。どの位置の枝梗の子実でも ^{15}N 濃度は48時間目まで急速に増加したが、その後の増加は徐々に鈍り、96時間目には停止し、以後は減少に向った。この時の各枝梗の子実の全 N 中に占める追肥 N の割合は、上位、中位、下位枝梗の子実で、それぞれ約 33%, 35%, 37%であり、下位枝梗の子実ほど追肥 N の割合が高かった。

各枝梗の子実の ^{15}N 量は 120 時間ないし 144 時間目まで増加を続け、上部枝梗が最も多く、下位枝梗が最も少なかった。

第2表に発育にともなう各枝梗上の着生位置別の子実への追肥 N の転流の状態を示した。あわせて子実の発育状態を全 N 量と乾物重で表示した。全体として第1次枝梗着生粒への ^{15}N 転流量は、穎花の分化順序に従い、同一開花日の穎果でも分化の早いものほど多い傾向が認められた。

次に追肥 N の子実への転流・分配と枝梗の穂上位置との関係調べるために、第5図から各枝梗上の子実で、引続く 24 時間に増加した全 N 中の ^{15}N の割合(^{15}N 濃度に相当する)を算出し、その結果を第6図に示した。同図には第3図を用いて同様に計算した穂(内・外穎、枝梗、穂軸など)と子実)の値も併記した。

追肥後 120 時間の間、どの枝梗の子実もほぼ同じ ^{15}N 濃度の転流 N を受けとった。しかし、120 時間以降は下位枝梗の子実では転流 N 中に ^{15}N が認められなくなり、枝梗の位置の違いによって転流 N の内容が異なった。このような枝梗の位置による違いはあったが、各枝梗の子実への転流 N 中の ^{15}N 濃度は 48—96 時間の間に最も高くなり、その後は減少する経過をたどった。

Fig. 5. Timecourse of changes of amounts of total nitrogen (A) and of ^{15}N (C, E), and ^{15}N atom % excess (B, D) in five grains on primary branches* (I, ●; IV, ○; VII, △) on the panicle after top-dressing of ^{15}N -labelled ammonium sulfate. *See Fig. 1.

それに対して穂への転流 N 中の ^{15}N 濃度の増加の推移は、48—72 時間、96—120 時間に 2 つの山を示した。前者の山は培地からの追肥 N の吸収が盛んな

時期に、後者の山は葉身からの ^{15}N の再転流が始まると推定した時期に、それぞれ一致した。

また、第6図は子実と穂へ転流する N の内容が、両者で必ずしも一致しないことを示している。葉身を経由しない追肥 N の穂への転流が盛んな時期と推定された 24~72 時間の間、穂に比べて子実の ^{15}N 濃度は約 10~15% 低く推移し、その後は 24 時間ごとに両者の ^{15}N 濃度は交互に高低をくり返えしながら、下位枝梗の子実を除いて最後の 24 時間で両者の濃度はほぼ一致した。

考 察

これまでの研究^{13,16)}において、出穂期に追肥された N は、吸収された後一時期に茎葉部に蓄積され、登熟の進行とともに穂へ転流するとされている。しかし、本実験においてそのような追肥 N の転流経路に加えて、 N 吸収が盛んに行われている間には、葉身を経由しないで穂へ転流する経路もあることを推論した。

その一つの根拠は、葉身にとり込まれた追肥 N の再転流が始まる時期は、第2図や第1表などの結果から追肥後4~5日であると推定されたことであった。この日数は水稻幼植物の葉のたんぱく質の half life は4~6日であるとする報告¹⁶⁾からも妥当なものといえる。

Fig. 6. Changes of ^{15}N percent of total nitrogen increased in panicle (—) and grains of primary branches* (I, ●; IV, ○; VII, △) during successive 24 hr periods after top-dressing of ^{15}N -labelled ammonium sulfate. ^{15}N percent** of respective period were calculated from the data shown in Fig. 3 and 5.

*See Fig. 1.

** ^{15}N % =

$$\frac{\text{Amount of } ^{15}\text{N}_{t_2} - \text{Amount of } ^{15}\text{N}_{t_1}}{\text{Total amount of } \text{N}_{t_2} - \text{Total amount of } \text{N}_{t_1}} \times 100$$

where; t_1 , hr after top-dressing. t_2 , ($t_1 + 24$) hr after top-dressing.

Table 2. Changes in the amount of total nitrogen and ^{15}N , and dry weight of grains on primary branch at different position on panicle during the experiment.

Time in hour	Grain* position	Primary branch*-I			Primary branch-IV			Primary branch-VII		
		Total N	^{15}N	D.W.	Total N	^{15}N	D.W.	Total N	^{15}N	D.W.
24	1	94.7	8.6	3.4	61.7	7.4	3.4	25.9	3.7	1.1
	2	27.0	3.8	1.5	12.4	1.5	0.5	4.7	0.7	0.1
	3	41.3	6.1	2.2	21.1	2.9	0.9	5.1	0.3	0.1
	4	52.9	7.2	3.4	30.7	4.7	1.4	7.8	0.3	0.2
	5	67.3	8.2	3.9	48.4	6.9	2.9	12.4	1.4	0.4
72	1	160.0	36.2	10.9	123.7	36.9	7.7	78.0	28.0	4.3
	2	74.9	23.3	4.6	48.2	18.0	2.8	15.8	5.1	0.9
	3	96.5	33.6	6.0	70.0	24.7	3.8	29.6	10.1	1.4
	4	117.0	36.6	7.4	87.8	30.3	5.3	42.6	15.5	2.2
	5	138.6	40.3	8.5	104.3	33.7	6.6	44.4	16.6	2.6
168	1	224.8	56.3	15.3	190.5	55.6	13.2	136.1	43.2	9.5
	2	132.6	42.0	9.4	108.0	34.9	7.7	55.4	14.4	3.8
	3	167.7	54.7	11.0	131.6	42.6	9.3	65.1	18.1	4.6
	4	182.1	53.3	12.6	145.0	44.6	10.3	84.5	25.7	5.9
	5	210.0	60.2	13.1	167.8	50.4	11.7	109.9	33.7	7.4

The amount of total nitrogen and ^{15}N are shown in μg per grain. Dry weight of grain is shown in mg per grain. *See Fig. 1.

一方、アミノ酸の形で葉身に移行した新たに吸収された N の一部には、葉身の蛋白質とタンオーバーセずに素通りして流出するものがあることが、水稻幼植物の中・下位葉で確められており^{19,20)}、穂へ直接移行したとみなされた追肥 N には、このようなものも含まれる可能性がある。しかし、出穂期追肥の研究¹¹⁾によれば、N 追肥によって葉身の蛋白質合成は急速に高まり、可溶性 N のレベルは常に低く保たれることが確められている。したがって穂へ直接転流したとみなされた追肥 N の中に、葉身を素通りする N が混入していたとしても量的にはわずかなものと考えられる。

葉身を経由しない経路による穂への追肥 N の輸送は、第2表に示したように、全葉身への追肥 N の移行と量的にはほぼ同じように推移した。このことはこの経路による穂への追肥 N 輸送が安定したものであることを示すものと考えた。

本実験に供試した水稻の株ぎわから穂の先端までの距離は約 80 cm であった。N 追肥後3時間に、先端の枝梗上の子実へ ¹⁵N が移行し、葉位によってはそれと距離的にはほぼ同じか、あるいははるかに株ぎわに近い葉身へは移行していなかった。これまで多くの植物で根によって吸収された N は、木部を通り蒸散流によって地上部へ移行すると考えられている¹⁴⁾。しかし、水稻では根から吸収されたアンモニア態 N の一部には、そのような移行をするものもあるが、大部分は篩部を通して運ばれるとする考え方⁹⁾もあり、必ずしも根によって吸収された N の地上部への移行の仕方については一致した見解はない。本実験で示されたように、葉位によっては根に近く、また蒸散も盛んと思われる葉身への ¹⁵N の移行が穂よりも遅れたことは、根から吸収された N が木部を通り蒸散流によって地上部へ移行するという考え方では説明しがたいことのように思われた。

葉身を経由しない経路による追肥 N の穂への移行が行われる間、どの枝梗の子実でも転流 N 中 ¹⁵N の濃度はほぼ同じであった。しかし、葉身にとり込まれていた ¹⁵N が子実へ再転流してくると考えられた120時間目以降になると、枝梗の位置によって子実中へ転流する N の内容は異なる傾向を示した。この結果は、各枝梗は異なる N の供給源をもつようになることを意味すると考えられる。しかし、これまでの知見^{2,6)}によると、水稻の穂の各1次枝梗の維管束は、止葉節とその下の葉の節で、それぞれの葉に入る維管束と分散維管束となって結合するとされており、維管

束連絡でみる限り各枝梗の N 供給源は同じであると考えられる。したがって、枝梗の位置による転流 N の内容が異なる原因は、これまでの維管束連絡に関する知見では説明しがたいように考えられた。

次に、第6図に示したように、穂と子実へ24時間間隔で転流した N 中の ¹⁵N 濃度が必ずしも両者で一致しなかったことについて考察する。このことを検討する上で、本実験では穂の値を子実も含めた穂全体の分析値から算出している点に問題があるが、穂と子実においてその濃度が異なる原因の一つを、内・外穎、枝梗、穂軸などの N のとり込み活性に求めることができるように思われる。

MUHAMMAD ら⁷⁾は、出穂期的水稻に ¹⁵N 標識硫酸を追肥した時の収穫物中の ¹⁵N の分布を調べ、穂全体の ¹⁵N 量のうち、籾殻に約 18%、枝梗・穂軸に約 6% が分布することを示した。この結果は、出穂期におけるこれらの器官が、多量の追肥 N をとり込む活性のあることを示すものである。本実験においても、第3図(穂)と第5図(子実)を比べると、子実の全 N 量と ¹⁵N 量の初期増加は、穂より遅れることを示している。この結果は内・外穎など穂の諸部分が、穂へ転流してくる N の一部を子実へ入る前にとり込むことを示すものと考えられる。しかも、第6図で例えば追肥後24時間から72時間までの間、子実へ転流した N 中の ¹⁵N 濃度は約 10~15%、穂より低かったことは、内・外穎など穂の諸部分が、転流 N 中の ¹⁵N をある程度特異的にとり込んだことを意味するように思われる。

本実験では穂へ転流する N 化合物について検討していないが、これまでの知見^{8,9)}によれば、水稻において吸収されたアンモニア態 N は、根で主としてアミノ酸やアミドに合成され、地上部へ転流する。出穂期に追肥された水稻の場合、その溢泌液中の可溶性 N 化合物の約 83% はアラニンで占められることが報告¹²⁾されている。一般にアミノ酸は生体内で相互変換を受けやすいことも考慮しなければならないが、追肥後72時間頃まで穂へ転流する追肥 N (¹⁵N) 由来の N 化合物は主としてアラニンと考えうる。

一方、タバコ¹⁰⁾、ダイズ⁵⁾、水稻²⁰⁾で ¹⁵N をトレーサーとして新しく吸収された N (¹⁵N) と既存の N (¹⁴N) の植物体での初期の移行が調べられた結果、生長の盛んな幼葉や茎頂部へ移行する N は、既存の N の割合が高いことが知られており、新しく吸収された N よりも既存の N に由来する N 化合物が幼葉や茎頂部の生長に重要な役割をもつと推測されている。

既存の N に由来する N 化合物は、主として古い組織・器官のたんぱく質の代謝産物に由来し、多様な N 化合物で構成されると考えられるが¹⁸⁾、それに比べて追肥後 72 時間までの間、穂に移行する N 化合物の構成は、比較的単純なアミノ酸の占める割合が高いものと考えうる。

先述したように第 6 図の追肥後 24 時間から 72 時間の間の穂と子実における転流 N 中の ^{15}N 濃度の差は、上記のような転流 N の中から内・外穎など穂の諸部分が、追肥 N に由来する単純なアミノ酸をある程度、特異的にとり込み、盛んに生長している子実へ移行する N 中の既存の N に由来する N 化合物の割合を高めた結果と推論され、これら穂を構成する諸部分の子実生長に対する一つの重要な働きを示唆するものと考えられる。

なお、追肥後 72 時間以降の穂と子実へ転流する N 中の ^{15}N 濃度は、葉身などからの多量の再転流 ^{15}N が加わってくることや、この再転流 ^{15}N は主としてたんぱく質などの代謝産物に由来し、それ以前の転流 ^{15}N とは性格を異にすることなど複雑な要因のもとに変化していると考えられ、その動きの意味する内容について現在のところ言及できない。

摘 要

出穂期に追肥された N の穂上位置別穎果への転流・分配の様相を明らかにするため、出穂後 7 日（最先端穎花の開花日をもって、その穂の出穂日とした）の水稻に、 ^{15}N 標識硫酸を追肥し、地上部各器官と穎果への ^{15}N 転流・分配過程を調べた。

1. 追肥後 3 時間に、 ^{15}N は稈、葉鞘、穂で検出された。葉身での ^{15}N の検出は、それらより 3 時間遅れた。その後、稈、葉鞘、葉身の ^{15}N 量は 48 時間目まで顕著に増加し、48 時間目には稈で、72 時間目には葉鞘で、96 時間目には葉身でそれぞれ減少を始めた。穂の ^{15}N 量は実験終了時まで増加し続けた。

2. 葉身に取り込まれた ^{15}N の再転流開始時期を、葉身の ^{15}N 量の推移から 96 時間目から 120 時間目と推定した。従って 72 時間目に穂の N の約 25% を占めていた ^{15}N は、葉身を經由しない経路によって運ばれたと推論した。

3. 各枝梗の子実への ^{15}N の分配は、穎花の分化順序に従い、同一開花日のもので分化の早いものに多かった。

4. 下位枝梗の子実への ^{15}N の移行は他の枝梗の

子実より 3 時間遅れ、追肥後 6 時間目に認められた。また各枝梗の子実へ転流した N 中の ^{15}N 濃度は追肥後 120 時間ほとんど差異はなかったが、120 時間以降になると下位枝梗の子実へ転流する N 中には、他の枝梗の子実と異なり ^{15}N は検出されなくなった。

5. 穂へ転流した N 中の ^{15}N 濃度を、枝梗・籾殻等を含めた穂全体と子実のみについて比較したところ、両者の値は必ずしも一致しなかった。追肥後 24～72 時間の間に各枝梗の子実へ転流した N 中の ^{15}N 濃度は、穂全体よりも約 10～15% 低く推移した。また各枝梗の子実の量の初期の増加速度は、穂全体のそれに比べて小さかった。これらの結果から、枝梗・籾殻等の穂の諸部分は根から直接送られてくる N を特異的に取り込んだ後、子実へ送り込んでいるという可能性が示唆された。

本研究は昭和 50 年度文部省科学研究費補助金によって行なった研究の一部である。

引 用 文 献

1. 荒井邦夫・河野恭広 1979. 水稻の穂の發育に関する研究. 第 2 報 穂上位置別穎果の物質集積パターンに及ぼす出穂期窒素追肥の影響. 日作紀 **48**: 335—342.
2. 猪ノ坂正之 1962. 稲の維管束の分化發達及び維管束による各器官の相互連絡と成育との関係についての研究. 宮崎大学農学部研究時報 **7**: 15—116.
3. 狩野広美・米山忠克・熊沢喜久雄 1974. 発光分光分析法による重窒素の定量について. 土肥誌 **45**: 549—559.
4. 春日井新一郎 1936. 水耕法に関する研究. 土肥誌 **13**: 669—822.
5. 加藤泰正 1973. 大豆のチッソ代謝に関する研究. 第 2 報 植物体各部に移行した標識および非標識チッソの割合. 日作紀 **42**: 322—326.
6. 川原治之助・長南信雄・松田智明 1974. 稲の形態形成に関する研究. 第 7 報 伸長茎の節における維管束の走向と組織. 日作紀 **43**: 389—401.
7. MUHAMMAD, S. and K. KUMAZAWA 1972. Use of optical spectrographic ^{15}N -analyses to trace nitrogen applied at the heading stage of rice. Soil Sci. Plant Nutr. **18**: 143—146.
8. ———— 1974. Assimilation and transport of nitrogen in rice. I. ^{15}N -labelled ammonium nitrogen. Plant and Cell Physiol. **15**: 747—758.
9. ———— 1974. The uptake, distribution and accumulation of ^{15}N -labelled ammonium and nitrate nitrogen top-dressed at different growth stages of rice. Soil Sci.

- Plant Nutr. **20**: 279—286.
10. OERTLI, J. J. 1966. Use of optical spectroscopic ^{15}N -analyses to trace a specific nitrogen application in tobacco plants. *Plant Soil* **28**: 49—64.
 11. 折谷隆志・葭田隆治 1969. 作物の窒素代謝に関する研究. 第5報 水稻体の老化に伴う窒素化合物の消長について. *日作紀* **38**: 575—586.
 12. ———— 1970. ————. 第7報 作物体の溢泌液および各器官における可溶性窒素化合物について. *日作紀* **39**: 355—362.
 13. 尾崎 清・三井進午 1953. 水稻の窒素代謝に関する研究. II 重窒素を利用せる研究(その3). *土肥誌* **23**: 169—172.
 14. PATE, J. S. 1971. Movement of nitrogenous solutes in plants. In “Nitrogen-15 in soil-plant studies” *IAEA*: 165—187.
 15. 和田源七 1969. 水稻収量成立におよぼす窒素栄養の影響 とくに出穂期以後の窒素の重要性について. *農技研報告 A16*: 27—167.
 16. ————・庄子貞雄・高橋重郎 1973. 水田における窒素の動態と水稻による窒素吸収について. 第4報 吸収窒素の水稻体内への配分について. *日作紀* **42**: 84—90.
 17. 米山忠克・有馬泰紘・熊沢喜久雄 1975. 発光分光分析法による重窒素定量に際しての供試アンモニアの濃縮法. *土肥誌* **46**: 146—147.
 18. YONEYAMA, T. 1977. Nitrogen nutrition and growth of the rice plant. I. Nitrogen circulation and protein turnover in rice seedlings. *Soil Sci. Plant Nutr.* **23**: 237—245.
 19. ———— and C. SANO 1978. ————. II. Considerations concerning the dynamics of nitrogen in rice seedlings. *Soil Sci. Plant Nutr.* **24**: 191—198.
 20. ———— 1978. ————. III. Origin of aminoacid nitrogen in the developing leaf. *Soil Sci. Plant Nutr.* **24**: 199—205.

Development of the Rice Panicle

III. Timecourse studies of translocation and distribution of ammonium nitrogen top-dressed at early ripening stage

Kunio ARAI and Yasuhiro KONO

(Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464)

Summary

Translocation and distribution of nitrogen top-dressed at early ripening stage in rice plant (*Oryza sativa* L. cv Chyukyoasahi) were studied by using ^{15}N as a tracer. The plants cultured in Kasugai nutrient solution were top-dressed with ^{15}N -labelled ammonium sulfate at 7 days after heading. Heading was designated as the flower-opening day of the uppermost spikelet on the panicle.

Incorporations of ^{15}N were detected in culms, leaf sheathes and panicle at 3 hr after top-dressing, whereas in leaf blades it was detected 3 hr later (Fig. 1, 2, 3 and Table 1). The amount of ^{15}N in these organs increased markedly up to 48 hr after top-dressing, then began to decrease after 48 hr in culms, after 72 hr in leaf sheathes and after 96 hr in leaf blades. The amount of ^{15}N in panicle continued to increase during experimental periods (Table 1 and Fig. 4). These results imply that retranslocation of incorporated ^{15}N into leaf blades began to take place from 96 hr to 120 hr after top-dressing (Table 1 and Fig. 2). Therefore, it is likely that the amount of ^{15}N in panicle at 72 hr after top-dressing, accounting for about 25% of total nitrogen, was not transported from leaf blades but directly transported from roots (Table 1 and Fig. 3).

Much of ^{15}N was distributed to early developing grains on each primary branch (Table 2 and Fig. 2). This distribution pattern was coincident with the differentiation order of spikelet on the inflorescence.

In the grains on top and middle primary branches, incorporations of ^{15}N were detected at 3 hr after top-dressing, while the grains on the bottom primary branch incorporated ^{15}N at 6 hr after top-dressing (Fig. 1 and Fig. 5). There were little differences in ^{15}N percentages of total nitrogen translocated to the grains on all primary branches till 120 hr after top-dressing, but after that time ^{15}N percentage of newly incorporated nitrogen was decreased in the grains on bottom primary branch (Fig. 5). These results seem to be difficult to explain by the vascular bundle connection of each primary branches at the node of the flag leaf and penultimate leaf.

The concentrations of ^{15}N in the grains were lower than that of the whole panicle about 10 to 15% during a period when active absorption and translocation of top-dressed nitrogen was occurring (Fig. 6). Moreover, increasing rate of ^{15}N in whole panicle exceeded that in the grains during early stage (Fig. 3 and Fig. 5). These results suggest that some of the nitrogen directly transported to panicle from roots is once incorporated into rachis, rachis-branches and husks and then retranslocated to growing grains.