

寒地における側条施肥水稻に対する窒素追肥の影響*¹

三浦 周*² 坂本 宣崇*³ 占山 芳廣*³

全層施肥を伴わない側条施肥水稻の中後期窒素栄養を補完する施肥法の一つとして、追肥について検討した結果、褐色低地土において幼穂形成期と止葉期の2回追肥、グライ上において幼穂形成期1回追肥が有効であった。精玄米収量並びにNの玄米生産効率が両者とも高い水稻におけるN吸収経過を解析し、生育時期別最適N保有量を明らかにした。差し引き法による土壌由来Nの吸収経過は、土壌間差のみならず、年次間変動が大きかった。これに対し、側条施肥由来Nの吸収経過は、年次や土壌による変動が少なく、幼穂形成期までに殆どが吸収され、かつ、側条施肥Nの見かけの利用率は45%であった。また、生育時期別追肥Nの見かけの利用率は幼穂形成期で66%、止葉期で88%、出穂期で89%であったが、出穂期追肥は穂のN含有率を明らかに高めた。以上の結果から、土壌由来N水準に対応した側条施肥水稻のN追肥指針を策定した。

緒 言

寒地水稻に対する基肥窒素（以下、N）の施用法として、北海道では、1959年以降、全層施肥と表層施肥の組み合わせが指導されてきた⁴⁾。しかし、融雪から移植までの日数が少なく、かつ、春先の天候によっては圃場が十分に乾燥しないため、湛水前の全層施肥（耕起・施肥・混和）と植代前の表層施肥、合わせて4回の作業行程を短期間に実施することは労力的な負担が大きい。従って、実際の農家では、いわゆる盤田施肥（不耕起状態で表面施肥した後、ロータリーベータで耕起・混和）など、極めて多様な作業工程で施肥が行われている。このことは、施肥深などの違いを通して基肥Nの利用率を変動させ、水稻の生育・収量を不安定化させる一因と考えられる。

施肥田植機の出現によって実用化された側条施肥は肥料の流亡が少ないため、全国的には水質保全対策として知られている¹⁾。寒冷地において

は初期の茎数増加に卓効があることから、従来の表層施肥を効率良く代替する施肥法として評価され¹⁾、近年急速に普及してきている。側条施肥は肥効の発現が生育初期に限られることから、単独では土壌のN肥沃度が低い場合に後期凋落的生育を招くため、その補完対策として全層施肥との組み合わせが指導されている³⁾。

一方、表面散布による追肥は、労力的にやや問題があるものの、Nを基肥と追肥に分けて施用する分施肥法は、低温年に追肥を中止することによって減肥につながる。このため、施肥量を増やさない形での分施肥法が冷害対策技術として指導されてきた⁵⁾。また、全層施肥条件下での追肥時期としては籾数増加に作用する幼穂形成期に比べ、登熟向上に寄与する止葉期が安全であるとされている²⁾。しかし、基肥の全量を側条施肥した場合には、肥効発現が生育初期に限られるため、幼穂形成期頃の水稻体のN栄養状態は全層施肥の場合と大きく異なることが予想される。逆に、残効のない側条施肥は分施を前提とした場合の基肥施用法として合理的であると考えられる。以上のことから、側条施肥と追肥の組み合わせについて検討した。

1991年8月6日受理

*¹ 本報の一部は、昭和62年度日本土壤肥料学会北海道支部秋季大会（1987・12）で発表した。

*² 北海道立上川農業試験場（079旭川市永山）

*³ 北海道立上川農業試験場（現北海道立中央農業試験場稲作部、069-03岩見沢市上幌向）

試験方法

1. 試験区の構成

1984年から1987年までの4か年にわたり、基肥の全量を側条施肥した場合のN用量と追肥時期の組み合わせ試験を行った。側条施肥N用量は0, 4, 6, 8 kg N/10 aの4水準、追肥時期は、無追肥、幼穂形成期、止葉期、出穂期、幼穂形成期+止葉期、止葉期+出穂期の計6水準を基本とした。また、追肥N量は全て2 kg N/10 a/回である。さらに、参考区として全層施肥区を設置した。試験規模は、1区14㎡、2反復で行った。

2. 試験条件

供試土壌は中粗粒褐色低地土（上川農試）及び細粒グライ土（鷹栖町）であり、両土壌の乾土効果は各々9.6, 18.0 (mg N H₄-N/100 g 乾土)であった。また、供試品種はゆきひかり（中生）である。

移植に用いた苗は中苗箱マット（播種後35日目）、栽植密度は21.0~26.7株/㎡（33cm×11.4~14.4cm）、使用した施肥田植機は6または8条植乗用型である。

側条施肥用肥料は、粒状化成0-20-20, 7-14-14, 10.5-14-14, 14-14-14（各々、N%-P₂O₅%-K₂O%）を用い、リン酸・カリの施用量はN用量にかかわらずP₂O₅, K₂Oとして各8 kg/10 aが共通となるようにした。追肥は全て硫安の表面散布とした。

試験期間中、1984年は継続的な高温、1985年は8月の高温、1986年は5月、7月の低温、1987年は8月上旬の低温が特徴的であった（図1）。なお、1985年は、縞葉枯病及びヒメトビウンカによる

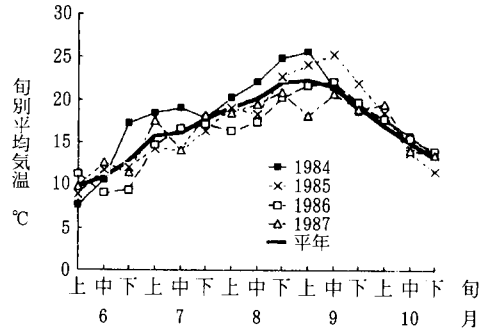


図1 試験年次における旬別平均気温の推移

吸汁害のため、一部のデータのみ使用した。

試料は、主な生育期に各区から8株を採取し、茎数を測定した。さらに、茎葉と穂に分け、70℃2日以上通風乾燥した後、これを秤量し、乾物重とした。粉碎試料についてケルダール法によりNを測定した。成熟期に各区から100株を刈り取り、精玄米収量（1.9mm以上）を調査した。

試験結果

1. 側条施肥が生育初期の茎数及び稲体N保有量に及ぼす影響

移植後30日目の茎数及び稲体N保有量は、側条施肥4 kg N/10 aでは年次により劣ることがあったが、概して側条施肥のN用量間差は小さく、全層施肥8 kgを上回った（表1）。1984年は移植後の気温が高く、他の年次に比べ茎数及びN保有量が特に高かった。

一方、幼穂形成期における稲体N保有量は、側条施肥N用量が多いほど明らかに高かったが、全層施肥に比べ低かった（表2）。なお、褐色低地

表1 側条施肥N用量が移植後30日目の茎数及びN保有量に及ぼす影響

土壌型	年次	茎数 (本/㎡)				N保有量 (kg/10a)				移植後30日間平均気温 (°C)
		側条施肥 (kg/10a)			全層施肥 (kg/10a)	側条施肥 (kg/10a)			全層施肥 (kg/10a)	
		4	6	8		4	6	8		
褐色低地土	1984	636	744	805	—	3.70	4.44	4.99	—	18.2
	1985	260	377	295	263	0.99	1.12	1.13	0.78	13.8
	1986	367	347	310	175	0.75	0.95	0.78	0.42	13.8
	1987	367	366	375	283	0.99	0.97	1.10	0.63	15.0
グライ土	1986	281	334	332	269	0.90	1.00	1.26	0.74	—
平均		319	356	328	248	0.91	1.01	1.07	0.64	

注) 平均は1984を除き、グライ土を含む

土では1987年において他の年次に比べ低かった。

2. 側条施肥N用量と追肥時期が精玄米収量及び穂のN含有率に及ぼす影響

側条施肥N用量と追肥時期の組み合わせが精玄米収量に及ぼす影響を見ると、褐色低地土では、側条施肥N用量が少ないほど幼穂形成期の追肥効果が大きく、逆に側条施肥N用量の増加に伴って後期の追肥効果が大きく出現した(表3)。また、側条施肥N用量0から6 kg N/10 aの少肥レベルでは、幼穂形成期と止葉期の2回追肥による組み合わせが有効であった。

一方、グライ土では側条施肥N用量の0と4 kg

N/10 aの精玄米収量差が極めて大きく、追肥効果は褐色低地土に比べ比較的小さかったものの、側条施肥N用量が8 kgの場合を除き幼穂形成期追肥の効果が大きかった。なお、幼穂形成期と止葉期の2回追肥の効果は判然としなかった。

成熟期における穂のN含有率は追肥時期が遅いほど高く、特に出穂期追肥は、土壌型にかかわらず穂のN含有率を著しく高めた(図2)。

止葉期における葉身N含有率及び不稔歩合は、幼穂形成期追肥によって、土壌型、側条施肥N用量の多少にかかわらず、高まった(表4)。しかし、側条施肥区の葉身N含有率は褐色低地土の8

表2 側条施肥N用量が幼穂形成期の茎数及びN保有量に及ぼす影響

土 壌 型	年 次	茎 数 (本/m ²)				N 保 有 量 (kg/10 a)				幼 穂 形 成 期 (月/日)
		側条施肥 (kg/10 a)			全層施肥 (kg/10a)	側条施肥 (kg/10a)			全層施肥 (kg/10a)	
		4	6	8	8	4	6	8	8	
褐色低地土	1984	—	636	744	805	—	3.70	4.44	4.99	6/27
	1985	—	563	723	759	1.66	3.34	4.01	5.34	7/11
	1986	373	709	742	808	1.35	3.04	3.66	4.27	7/11
	1987	257	529	684	655	0.79	2.09	3.09	2.76	7/07
グライ土	1986	283	548	677	704	1.33	3.07	3.31	4.37	7/11
平 均		304	597	714	746	1.28	3.05	3.70	4.35	

表3 側条施肥N用量と追肥時期が精玄米収量に及ぼす影響 (1986) (kg/10 a)

追肥時期	土壌型	褐色低地土				グライ土			
		側条施肥 (kg/10 a)				側条施肥 (kg/10 a)			
		0	4	6	8	0	4	6	8
無 追 肥		262	386	459	519	304	514	551	593
幼 穂 形 成 期		368	473	513	510	352	589	600	593
止 葉 期		324	446	554	552	292	548	562	598
出 穂 期		277	388	524	577	296	539	598	615
幼穂形成期+止葉期		417	564	598	574	359	591	608	625
止葉期+出穂期		297	479	589	605	343	581	601	612

注) 追肥は全て2 kg N/10 a/回

表4 幼穂形成期追肥が止葉期の葉身N含有率・不稔歩合に及ぼす影響 (1986)

土 壌 型	幼 穂 形 成 期 追 肥	葉 身 N 含 有 率 (%)				不 稔 歩 合 (%)			
		側条施肥 (kg/10 a)			全層施肥 (kg/10a)	側条施肥 (kg/10 a)			全層施肥 (kg/10a)
		4	6	8	8	4	6	8	8
褐色低地土	無	2.4	2.8	3.0	3.1	5.0	5.0	6.0	5.3
	有	2.7	3.1	3.3	—	6.2	8.5	10.1	—
グライ土	無	2.9	3.0	3.0	3.4	3.4	3.8	4.0	3.6
	有	3.1	3.1	3.2	—	2.6	3.9	7.3	—

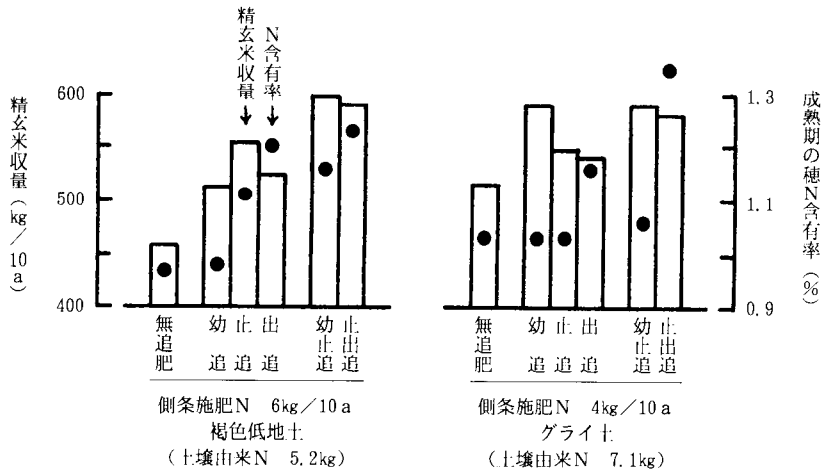


図2 追肥時期と精玄米収量及び穂のN含有率の関係(1986)

注) 幼追: 幼穂形成期追肥, 止追: 止葉期追肥, 出追: 出穂期追肥

kg N/10 a を除き, 幼穂形成期追肥した場合であっても全層施肥 8 kg を下回った。不稔歩合はグライ土に比べ褐色低地土で高かったが, 葉身N含有率は褐色低地土でむしろ低い場合があった。

3. 高収量・高効率水稻の収量構成要素及びN吸収経過

成熟期の稲体N保有量と精玄米収量の間には, 処理間のバラツキが認められたものの, 異なる気

象経過を示した年次を通じて一定の関係が認められた。すなわち, 稲体N保有量10kg N/10 a までは保有量に比例して精玄米収量が高まるが, それ以上では停滞し, かつ, この両者の関係は大きく崩れることがなかった(図3)。さらに, 出穂期の稲体N保有量と総粒数の間に有意な正の相関関係が認められたものの, N保有量7.5kg N/10 a 以上では総粒数の増加が停滞した(図4)。

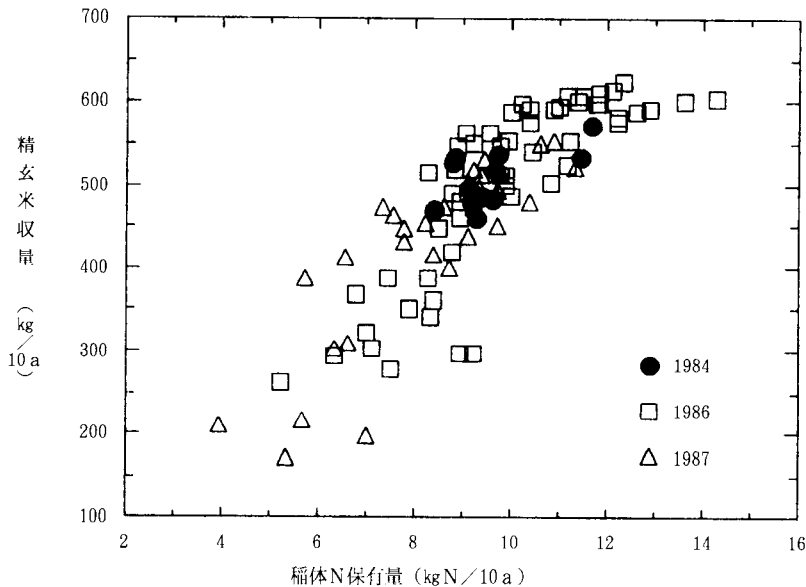


図3 成熟期の稲体N保有量と精玄米収量の関係

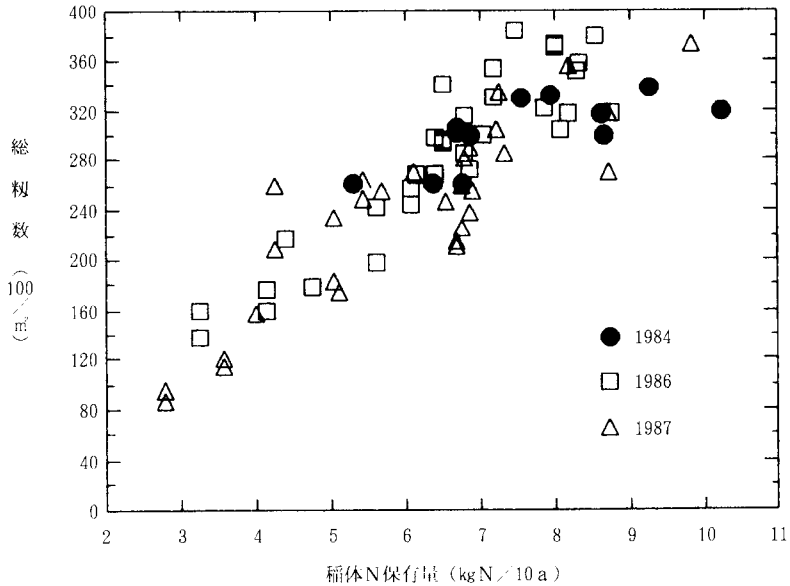


図4 出穂期の稲体N保有量と総穂数の関係

4か年の全処理区の中から精玄米収量540kg/10a以上の区(以下、高収量区)を抽出し、さらにこの中から吸収したNの玄米生産効率(精玄米収量/稲体N保有量)が55以上の区(以下、高効率区)を抽出した。その結果、高効率区の平均収量構成要素は、穂数が548本/m²、一穂穂数が54、総穂数が3万/m²と高収量区に比べやや少なく、登熟歩合が85%とやや高かった(表5)。

また、高効率区における平均稲体N保有量は高収量区に比べ10%前後低く推移しており、幼穂形成期に3.3、止葉期に5.5、出穂期に7.0、成熟期に9.8kg N/10aであった(表6)。

4. 施肥・土壌由来別のN吸収経過

稲体N保有量を差し引き法により、見かけの土壌由来N、側条施肥由来N、追肥由来Nに3区分し、N吸収経過の解析を行った。

土壌由来Nの吸収経過には、同一地点においてもかなりの年次間差があり、また、同一年次でもグライ土と褐色低地土の間には1.8kg N/10aの差が認められた(図5)。曲線の傾きで表現される土壌由来N吸収速度は1985年を除き7月下旬～8月上旬(止葉期～出穂期)に最も高かった。

側条施肥由来Nの吸収経過は、年次間変動、土壌間差が小さく、大半が幼穂形成期までに吸収さ

表5 高収量区・高効率区の平均収量構成要素

項 目	高収量区 ¹⁾		高効率区 ²⁾	
	平均	S.D.	平均	S.D.
全施肥N量(kg N/10a)	9.2	1.9	7.6	1.5
精玄米収量(kg/10a)	583	23	569	19
穂 数(本/m ²)	578	42	548	36
一穂穂数	57.7	5.5	54.2	4.5
総 穂 数(100/m ²)	334	46	297	30
登熟歩合(%)	80.8	7.2	84.5	4.5
千 粒 重(g)	21.4	0.7	21.5	0.7

注1) 精玄米収量540kg/10a以上

注2) 精玄米収量540kg/10a以上かつNの玄米生産効率55以上

表6 高収量区・高効率区の平均稲体N保有量(kg/10a)

生育時期	高収量区 ¹⁾		高効率区 ²⁾	
	平均	S.D.	平均	S.D.
移植後30日目	1.02	0.40	0.89	0.17
幼穂形成期	3.65	0.63	3.30	0.59
止 葉 期	6.01	0.77	5.54	0.54
出 穂 期	7.86	0.98	7.02	0.71
成 熟 期	11.17	1.31	9.81	0.55

注1) 精玄米収量540kg/10a以上

注2) 精玄米収量540kg/10a以上かつNの玄米生産効率55以上

れた(図6)。また、側条施肥Nの成熟期における見かけの利用率は、用量にかかわらず45%前後であった。

追肥Nは、データにバラツキがあったものの、追肥時期が遅いほど速やかに吸収され、成熟期における見かけの利用率は、幼穂形成期追肥が66%、止葉期追肥が88%、出穂期追肥が89%であった(表7)。

考察及び窒素施肥指針の作成

成熟期の稲体N保有量と精玄米収量の間には、一定の関係が成り立つものの、かなりのバラツキが認められた(図3)。一方、出穂期のN保有量は総粒数と密接に関連した。従って、Nの玄米生産効率率は、稲体N保有量10kgN/10a以上で低下する傾向があると同時に、側条施肥N用量と追肥時期の組み合わせ、または土壌型の違いに起因するN吸収経過の違いによって変動した。

志賀・宮崎¹³⁾は、高収水田のN吸収経過を漸増追肥によって再現し、高収を得ている。同様に、深山・岡部^{9)・10)}は、最適生育相及びそれに応じた生育時期別最適N保有量という考え方と地力Nの評価に基づいて、千葉県での施肥基準を策定し、その地域性、品種間差を明らかにしている。

そこで筆者らは、側条施肥と追肥を組み合わせた窒素施肥指針を作成するにあたって、目標精玄米収量に応じた生育時期別最適N保有量を明らかにする必要があると考えた。

ところで、今日の農業情勢を考えると、最適N保有量は精玄米収量のみならず品質を考慮して検討すべきである。とりわけ、N施肥と食味の関連では、玄米の蛋白含有率が高いほど、食味特性が低下することが明らかにされている^{7)・8)}。側条施肥は初期の茎数を増加させ、しかも肥効が持続しないため、生育後期のN吸収を最小限に抑制することが可能である。このことは、側条施肥がN含有率の低い良食味米生産に有効であることを意味している。

また、稲津ら⁶⁾は、土壌型の異なる農家水田28地点を調査した結果、良食味米を生産した稲におけるNの玄米生産効率率が55以上であったと報告している。従って、精玄米収量540kgN/10a以上かつNの玄米生産効率55以上という条件を満たした高効率区の、生育時期別に求めた平均稲体N保有量(表6)が良食味米生産のための望ましいN

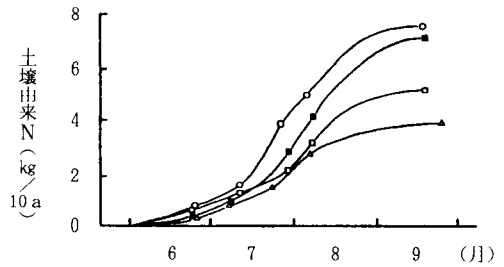


図5 土壌由来Nの吸収経過

○1985 □1986 △1987 (褐色低地土)
■1988 (グライ)

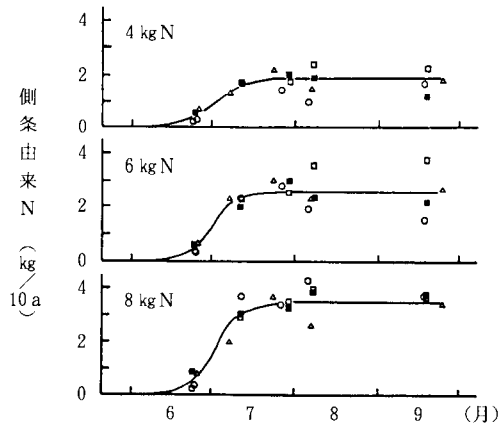


図6 側条施肥由来Nの吸収経過

○1985 □1986 △1987 (褐色低地土)
■1988 (グライ)

表7 追肥Nの利用率 (%)

追肥時期	幼穂形成期		止葉期		出穂期
	出穂期	成熟期	出穂期	成熟期	成熟期
利用率 平均	54.2	66.0	92.1	87.9	88.7
S.D.	20.1	28.2	44.1	41.3	38.1
区数	12	16	8	24	16

注1) 差し引き法による見かけの利用率

注2) 褐色低地土の集計(年次、側条N用量、当該時期以外の追肥条件込)

吸収経過を表わし、最適な収量構成に反映されると仮定した。この仮定に基づけば、①生育時期別最適稲体N保有量は、幼穂形成期に3.3、止葉期に5.5、出穂期に7.0、成熟期に9.8kgN/10aであった。

土壤由来Nの吸収経過は、土壤間差及び年次間変動が認められ(図5)、特に生育後期に差が大きかった。成熟期までの吸収量は3.9~7.6kgN/10aの範囲にあった。また、土壤Nの無機化速度が可分解性N量と地温に依存するとすれば¹⁴⁾、最終的に同量のNを吸収した場合であっても、土壤由来Nの吸収経過は多様なパターンを示すことが予想される。

土壤由来N吸収の年次間変動は幼穂形成期においても認められた。しかし、土壤中に施肥由来Nが高濃度で存在し、水稻根域が未発達な生育初期における土壤由来N吸収速度の土壤間差は比較的小さいことから(図5)、②土壤由来Nを成熟期までの吸収量によって5水準(4~8kgN/10a)に区分した。

③側条施肥由来Nの吸収経過は、土壤及び年次による変動が小さく、利用率は約45%で安定していた。移植後30日目における側条施肥区の稲体N保有量及び茎数は全層施肥8kgN/10aを上回り、しかも、N用量4~8kgの間に大きな差がなかった(表1)。しかし、その後の幼穂形成期における稲体N保有量では、N用量間に差が生じ(表2)、その最適範囲が3.3kgN/10a前後であること、土壤由来N吸収の年次間変動が幼穂形成期においても認められたことを考慮すれば、④側条施

肥N用量は、4~6kgが適当と考えられる。

⑤追肥Nのみかけの利用率は幼穂形成期追肥で66%であり、止葉期追肥の88%、出穂期追肥の89%に比べ低かった(表7)。幼穂形成期追肥は不稔歩合をやや高め、耐冷性の上で全く問題がないとは言いきれない。しかし、幼穂形成期追肥は、N肥沃度の異なる両土壤型において増収効果が大きく、しかも穂のN含有率を高めず、食味低下につながる恐れが少ないこと、側条施肥由来Nの大半が幼穂形成期までに吸収されることなどから、側条施肥を基肥とした場合にはほぼ必須と考えられる。

ちなみに東北地方においても、基肥の全量を側条施肥した場合、平坦部で8葉期頃(出穂40日前頃)の中間追肥、山間部で早めの穂肥が有効とされている¹²⁾。

これに対し、N肥沃度の高いグライ土では幼穂形成期以外の追肥は効果が小さく、N肥沃度の低い褐色低地土では幼穂形成期+止葉期の2回追肥の効果が大きかった。このことは止葉期頃から土壤由来N、すなわちN肥沃度の違いが大きく反映されるためと考えられる。

一方、出穂期追肥は両土壤において穂のN含有率を高めることから、側条施肥水稻に対しても行うべきでない。なお、側条施肥における幼穂形成期追肥の有効性は、旺盛な初期生長に起因する同時期のN不足を補う点にある。

実際、側条施肥水稻の止葉期の葉身N含有率は、幼穂形成期に追肥した場合でも、全層施肥と同等以下であった。従って、幼穂形成期追肥は耐冷性

表8 土壤由来N水準別施肥指針 (kgN/10a)

土壤由来N (A)	施肥由来N 目標値 (B)	具体的施肥N量			施肥由来N 予測値 (F)	想定される 土壤型
		側条施肥 (C)	幼穂形成期 追肥 (D)	止葉期 追肥 (E)		
4	6	6.5	2.5	1.5	5.9	褐色低地土
5	5	6.5	2.0	1.0	5.1	
6	4	6.0	2.0	0.0	4.0	
7	3	4.0	2.0	0.0	3.1	灰色低地土
8	2	4.0	0.0	0.0	1.8	

$$(B) = 10.0 - (A)$$

$$(F) = (C) \times 0.45 + (D) \times 0.66 + (E) \times 0.88$$

を弱めるとしても、根域の発達に伴い幼穂形成期頃からN吸収が盛んになる全層施肥に比べると、側条施肥においてその程度は小さいと考えられる。

以上、良食味米の目標精玄米収量を540kg/10aとして①～⑤の数値を基礎に、土壌由来N水準に対応した側条施肥水稻のN追肥指針を策定した(表8)。なお、この施肥指針は上川地方中南部における平年を想定したものである。しかし、生育時期別最適N保有量は気象(年次・地域)あるいは品種により変化し、水田土壌のN肥沃度も多様である。従って、さらに最適な施肥設計を行うためには、これらの予測・評価技術を高める必要があろう。

謝辞 本稿のとりまとめに際し、ご校閲を賜った北海道立上川農業試験場砂田喜與志前場長、同稲津脩土壤肥料科長に深く謝意を表する。

引用文献

- 1) 土居晃郎, 古山芳廣. “水稻に対する側条施肥の表層施肥効果”. 北農. 52(1), 45-56 (1985).
- 2) 北海道立上川農業試験場土壤肥料科. “中苗機械移植水稻の施肥法”. 昭和57年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農務部編. 1982. p. 323-327.
- 3) 北海道立中央農業試験場稲作部栽培第一科, 上川農業試験場土壤肥料科. “水稻に対する粒状化成の側条施肥効果”. 昭和59年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農務部編. 1984. p. 323-327.
- 4) 北海道農業試験場農芸化学部. “水稻の施肥法について”. 農業技術普及資料. 2(7), 91-92 (1959).
- 5) 北海道立農業試験場空知支場. “冷害対策としての水稻に対する窒素分施に関する試験”. 農業技術普及資料. 6(4), 102-110 (1963).
- 6) 稲津 脩, 宮森康雄, 柳原哲司, 関口久雄. “土壌類型別調査よりみた食味特性支配要因の解析”. 日土肥要旨集. 33, 236 (1987).
- 7) 稲津 脩. “北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究”. 北海道立農試報告. 66, 35-37 (1988).
- 8) 南松 雄, 土井晃郎. “北海道産米の品質に関する物理化学的研究, 第2報, 米の食味特性と蛋白質含量との関係”. 北海道立農試集報. 26, 49-58 (1973).
- 9) 深山政治, 岡部達雄. “水稻の品種特性と最適窒素保有量”. 日土肥誌. 55, 1-8 (1984).
- 10) 深山政治, 岡部達雄. “水稻の窒素吸収特性の品種間差と施肥法”. 日土肥誌. 57, 272-279 (1986).
- 11) 中田 均. “側条施肥と富栄養化”. 肥料. 45, 48-56 (1985).
- 12) 大山信雄. “東北地方における水稻側条施肥の肥効”. 農業技術. 42, 49-53 (1987).
- 13) 志賀一一, 宮崎直美. “寒地における高収水稻のための窒素供給法, 第3報, 高収水田類似の窒素供給法”. 北海道農試報告. 118, 63-80 (1977).
- 14) 杉原 進, 金野隆光, 石井和夫. “土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法”. 農業環境技術研究所報告. 1, 127-166 (1986).

Effect of Top-dressing on Nitrogen Uptake Pattern of Rice Plant grown with Band-dressing in a Cool Region.

Shu MIURA*, Nobumitsu SAKAMOTO**, Yoshihiro FURUYAMA**

Summary

Band-dressing beside seedling row which was simultaneously carried out at transplanting by machine enhanced N uptake and tillering of plant during an early period compared with base-dressing to the whole layer. However, since this effect was short, top-dressing of N at the panicle initiation stage was essential for plant grown without a base-dressing for the whole layer. Although the effect of top-dressing at the other stage was small in grey lowland soil with high N fertility, 2-fold top-dressing at panicle initiation and flag leaf stage was effective in brown lowland soil with low N fertility.

Spikelet number and grain yield were correlated with the amount of N accumulated at the heading stage or maturity, respectively. This observation suggests that the optimum N uptake pattern can be estimated by analysis of the treatments which obtained both reasonable grain yield (above 540kg/10a) and high efficiency of N (above 55 as grain yield/amount of N accumulated in the plants). Consequently, the optimum amount of N accumulated for tasteful rice production was 3, 3, 5, 5, 7, 0, and 9.8kgN/10a at the panicle initiation, flag leaf, heading stage and maturity, respectively.

In this experiment, the amount of N accumulated in plant is apparently derived from three sources; namely, soil, band-dressing and top-dressing. The total uptake of N derived from soil was varied under different types of soil and years. N derived from band-dressing was almost completely absorbed by the plants during the early period before the panicle initiation stage, and recovery of band-dressing-N was consistently 45%. Recovery of top-dressing-N was lower (66%) at panicle initiation stage than at flag leaf stage or heading stage (88%). However, top-dressing at heading stage induced higher N content of panicle at maturity.

To establish split N applications using a starter by band-dressing, the recommendation suiting each soil N fertility is presented in this paper.

*Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, 079, Japan.

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Rice Crop Division, Iwamizawa, Hokkaido, 069-03, Japan.

