

寒地水稲の窒素代謝に関する研究

第1報 窒素追肥の影響

南 松 雄† 多 賀 長 義††

STUDIES ON NITROGEN NUTRITION IN RICE PLANT TISSUES

1. Effects of Topdressing Nitrogen on Rice Plants Growth

Matsuo MINAMI & Tatsuyoshi TAGA

水稲に対する窒素追肥が生育、収量性に及ぼす効果について、窒素ならびに炭水化物代謝の面からポット試験によって解析を試みた。幼穂形成期以前の窒素追肥は分けつ増加などの栄養生長面に、止葉期の追肥は登熟性の向上面に寄与した。窒素追肥によって全窒素濃度および各形態の窒素濃度が高められ、特に基部においては Amide+NH₃ 態窒素濃度の変化に特徴的傾向が認められた。また、窒素濃度と炭水化物濃度との間に密接な関係があり、登熟過程に強く関与していると考えられた。

I 緒 言

寒冷地稲作において、施肥の面から生育、収量を支配する最も大きな要因は窒素の栄養状態であることは周知のとおりである。

冷涼年の窒素多施は生育を遅延させ、ひいては稔実歩合ならびに登熟性の低下をきたし、かつ、倒伏性、罹病性と密接な関連性をもっている。これら冷害対策として、育種の分野では耐冷、耐病、耐倒伏性の強い品種の育成が進められてきた。一方、施肥法の面では安定的、効率的な施肥法として窒素の分追肥技術の検討がなされてきたが、近年、安定多収はもちろん、米質の向上が強く望まれており、登熟性の良化を目的とする積極的な追肥技術が試みられている。しかし、冷涼な気象条件下における水稲に対する追肥が、生育、収量性および水稲の窒素代謝、炭水化物代謝に及ぼす影響について検討した資料は乏しい。

したがって、筆者らは昭和41年から44年にわた

って行なったポット試験の結果から、窒素追肥、増肥が窒素代謝の変化とそれが炭水化物の転流に及ぼす影響について、追肥時期や稲体の部位などの関連において検討を加えた。

そこで、本報においては、先ず常温における追肥の影響について報告する。

II 試 験 方 法

1) 供試土壌および試験方法

本研究に供試した土壌は夕張川沖積土 (LiC) でその表土の理化学性は Table 1 に示すとおりである。

また、供試品種は「新栄」を用い、1/5,000a WAGNER 氏ポットを使用し、1ポット当り2本植えとし、各処理は2連制で、網室で栽培した。

本報告においては、水稲に対する窒素追肥の影響を次の2項目について検討した。すなわち、

1) 窒素の追肥が生育および収量性に及ぼす影響

2) 窒素の追肥が稲体内の窒素化合物および炭水化物濃度に及ぼす影響

試験区別は、①標肥区、②増肥区、③分けつ盛

† 元中央農業試験場 (現上川農業試験場)

†† 中央農業試験場

Table 1 Physical and chemical properties of the experimental soil

Mechanical composition (%)				Soil texture class	Total nitrogen (%)	pH (H ₂ O)	CEC (me)	Absorption index	
Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay					N	P ₂ O ₅
9.4	21.5	41.8	27.3	LiC	0.14	6.1	25.3	380	1,288

期追肥区, ④幼穂形成期追肥区, ⑤止葉葉鞘抽出期追肥区の5処理区で, 窒素の施肥量は標肥区 0.5 g/pot, 増肥区 1.0 g/pot および各追肥区は基肥 0.5 g/pot, さらに各時期に 0.5 g/pot を追肥し, その含量を 1.0 g/pot とした。また, 共通肥料として N, P₂O₅, K₂O 各 0.5 g/pot をそれぞれ硫酸, 過石, 硫加をもって施し, 作土全層に混合施用した。追肥時期は分けつ盛期 7月1~10日, 幼穂形成期 7月16日~20日, 止葉葉鞘抽出期 8月2日~7日である。

2) 分析試料の採取と調製

試料は採取後, ただちに 90°C で30分間 Killing して酵素の活性を止め, 60~70°C で熱風乾燥後, 細断粉碎した。

3) 分析方法

分析方法はそれぞれ次の方法によった。

a. 窒素化合物

- 全窒素—Semi-micro KJELDAHL 法で定量。
- 蛋白態窒素—全窒素より全水溶性窒素を差し引いた値。
- 全水溶性窒素—C. P. SIDERIS and H. Y. YOUNG および W. S. BREON and W. S. GILLAM 法⁹⁾により温水 (82~85°C) 抽出後, 抽出液中の窒素を Semi-micro KJELDAHL 法で定量。
- 水溶性蛋白態窒素—上記温水抽出液に醋酸鉛液を加えて生じた沈殿を Semi-micro KJELDAHL 法で定量¹¹⁾。
- Amide+NH₃ 態窒素—G. W. PUCHER, H. B. VICKERY and C. S. LEAVENWORTH 法⁷⁾により, 温水抽出液を H₂SO₄ で加水分解し, 中和後常温, 常圧蒸留し NESSLER 試薬で比色定量。
- 残余窒素—全水溶性窒素より, 水溶性蛋白態窒素と Amide+NH₃ 態窒素の含量を差し引いた値。

b. 炭水化物

- 還元糖—アルコール抽出液を除蛋白後 SOMOGYI

法⁹⁾により定量。

- 非還元糖—全糖より還元糖を差し引いた値。
- 全糖—アルコール抽出液を除蛋白後, H₂SO₄ で加水分解し, 中和して還元糖を SOMOGYI 法⁹⁾により定量。
- 粗澱粉⁹⁾—アルコール抽出残渣を過塩素酸抽出法により定量。

これら, 炭水化物の定量値はすべて Glucose として表示した。

III 試験成績

本研究を実施した4か年のうち, 気象的条件として1966年および1969年は低温年で水稻の生育は遅延型冷害をうけたが, 1967年および1968年はきわめて良好な天候で経過し, 水稻の生育は順調であった。

試験結果は主として1968年および1969年の結果にもとづいて論じ, ほかの年次については処理の異なったもの, あるいは特に比較して考察を要する場合のみ随時掲載した。

1) 窒素追肥が生育および収量性に及ぼす影響

A. 生育

a) 草丈: Fig. 1—aに示したように, 増肥区は, 標肥区に比し, 生育初期から草丈が高く明瞭な差が認められ, 追肥によっても草丈の伸長度は大きかった。分けつ盛期(以下単に分けつ期という)および幼穂形成期(以下単に幼形期という)の追肥区が, 止葉葉鞘抽出期(以下単に止葉期という)追肥区に比して特に顕著であった。

b) 分けつ数: Fig. 1—bのように, 窒素標肥区と増肥区の差が明らかに認められ, 増肥区の茎数が多い。一方追肥による分けつ数の増加は分けつ期および幼形期追肥区で顕著であり, 止葉期追肥区では少ないが, 冷涼年には止葉追肥によっても分けつ数の増加がかなりみられた。これは弱小分

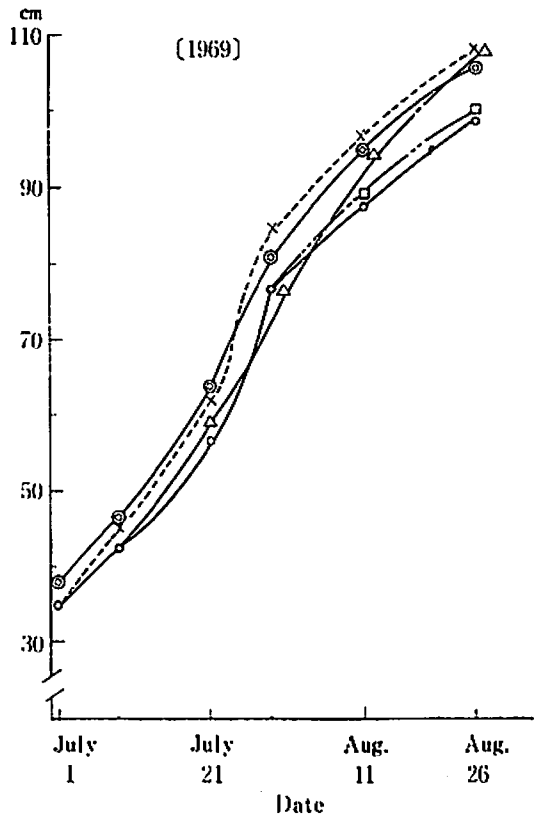
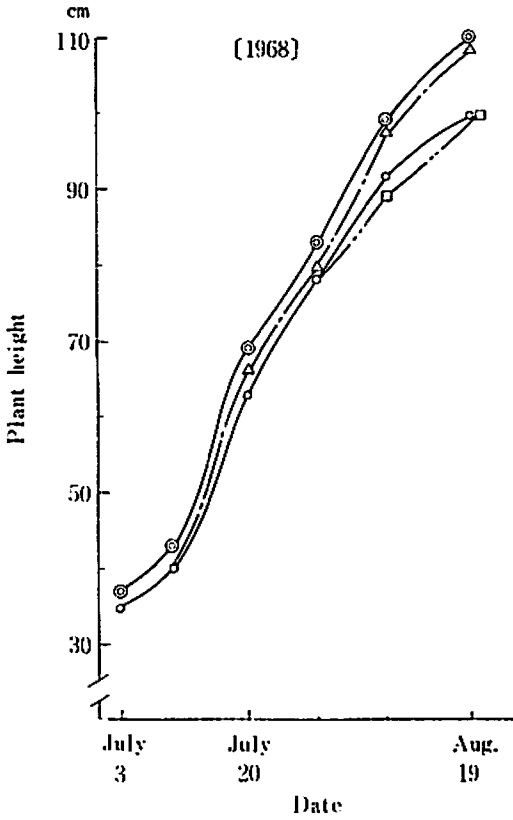
けつ(遅発分けつ)が有効化したものと思われる。

c) 乾物重: 乾物重の増加推移を Fig. 1 の C に示したが、両年とも生育量に比例して乾物重が大きく、標肥区と増肥区の乾物重の差は生育後期に

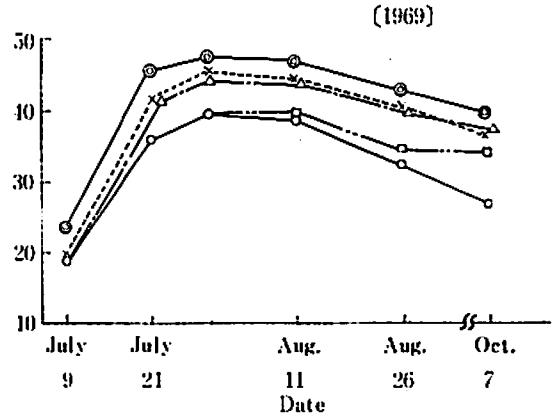
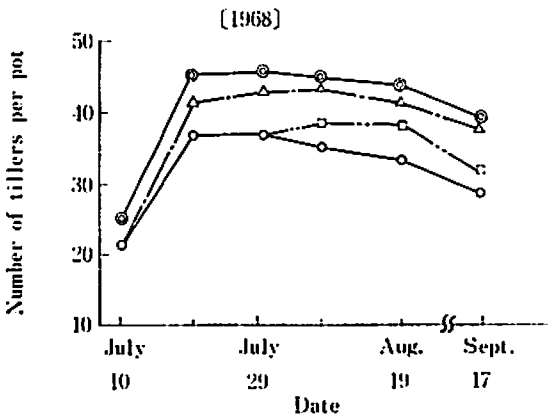
なるほど明瞭となった。

一方、追肥区の乾物重に対する影響は、その追肥時期によって異なり、分けつ期および幼形期追肥区の方が止葉期追肥区よりも明らかに大きかっ

a. Plant height



b. Number of tillers per pot



c. Rice plant air dry weight (g/pot)

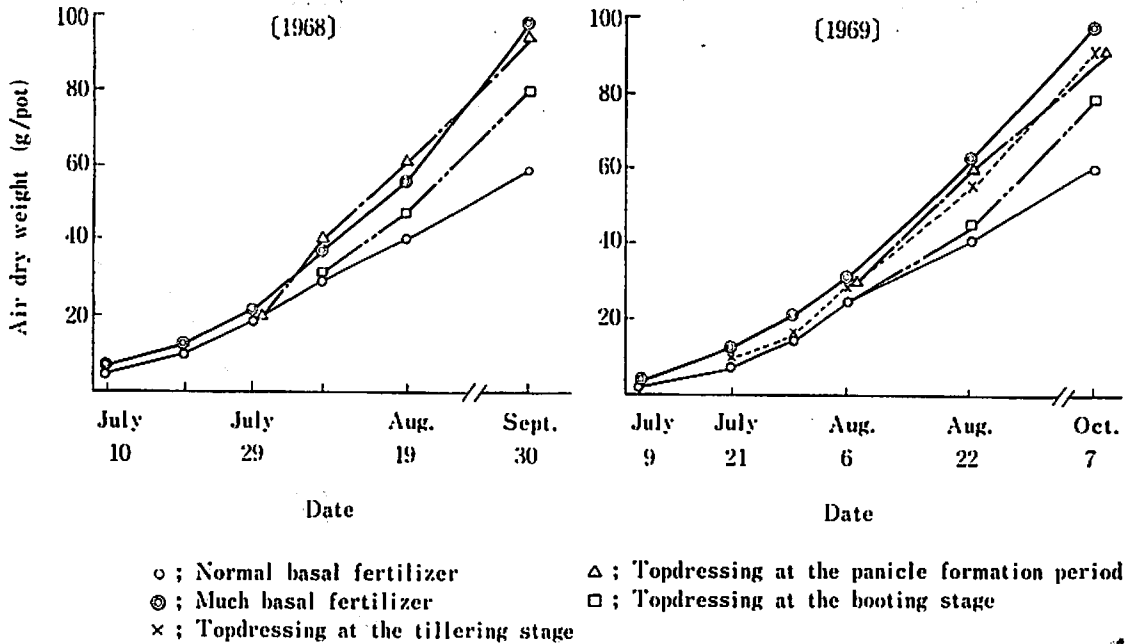


Fig. 1 Effect of nitrogen topdressing on the rice plant growth

た。

B. 収量

a) 収量：窒素増肥および追肥が収量に及ぼす影響を Table 2 でみると、総重、籾重（未登熟籾重を含む）および籾わら比の値は、いずれも各年次とも窒素増肥および追肥により増大しているが追肥の影響は追肥時期による差がきわめて大きかった。

すなわち、追肥時期が水稻生育時期の早いものほど増収割合が大きく、分けつ期および幼形期追肥区の方が止葉期追肥区よりも明らかに優っていた。

b) 収量構成要素：収量構成要素に及ぼす窒素増肥および追肥の影響を Fig. 2 に示した。まず Fig. 2-a における 1 株穂数は標肥区に比し各年次とも増肥区が最大であり、追肥時期では分けつ期追肥区 > 幼形期追肥区 > 止葉期追肥区 の傾向にあ

り、幼形期以前の追肥の効果は顕著に認められ、穂数は増肥区にはほぼ近い値を示した。

Fig. 2-b の 1 穂粒数は穂数と同様の傾向を示し、窒素増肥および追肥により増加し、分けつ期および幼形期追肥区はむしろ増肥区を上回った。一方、止葉期追肥区の粒数は標肥区よりも若干多い程度でありほとんど差がなかった。

Fig. 2-c から窒素増肥および分けつ、幼形期追肥区は、いずれも登熟歩合を低下させているが、止葉期追肥では逆に登熟歩合を高めた。

2) 窒素の追肥が窒素化合物および炭水化物濃度に及ぼす影響

A. 窒素化合物

Table 3 により形態別窒素濃度の推移についてみると、全窒素濃度は窒素標肥区に比し増肥区がいずれの部位においても高く推移し、また、部位別にみると、葉身部濃度が葉鞘 + 茎部濃度よりも

Table 2 Effect of nitrogen topdressing on the yield

Years	Treatment	Yield (g/pot)				Grain-straw ratio	Fully ripened grains (g/pot)	Yield index
		Sum of weight	Leaf-blades	Sheath + stem	Sum of ears			
1966	Normal basal fertilizer	69.2	8.5	31.5	29.2	0.73	24.1	100
	Much basal fertilizer	99.7	10.0	42.2	47.5	0.91	39.7	164
	Topdressing at the tillering stage	96.3	10.1	42.0	44.2	0.85	37.4	156
	Topdressing at the panicle formation period	93.6	8.8	39.7	45.1	0.93	38.0	158
1967	Normal basal fertilizer	62.9	9.1	23.3	30.5	0.94	27.7	100
	Much basal fertilizer	95.4	13.2	33.0	49.2	1.06	45.1	163
	Topdressing at the panicle formation period	97.1	11.4	29.3	56.4	1.38	51.9	187
	Topdressing at the booting stage	84.3	12.2	36.1	36.0	0.74	32.4	117
1968	Normal basal fertilizer	57.7	8.0	18.6	31.1	1.17	28.3	100
	Much basal fertilizer	97.2	12.0	30.2	55.0	1.30	49.7	176
	Topdressing at the panicle formation period	93.8	11.5	30.0	52.3	1.26	46.6	165
	Topdressing at the booting stage	79.8	10.1	26.5	43.2	1.18	39.8	141
1969	Normal basal fertilizer	61.0	9.3	30.7	21.0	0.52	18.7	100
	Much basal fertilizer	98.4	14.2	52.9	31.3	0.47	26.7	143
	Topdressing at the tillering stage	92.0	12.5	45.5	34.0	0.59	30.0	161
	Topdressing at the panicle formation period	92.5	12.9	48.3	31.3	0.51	27.6	148
	Topdressing at the booting stage	79.5	11.6	41.5	26.4	0.50	23.7	127

Table 3 Effect of nitrogen topdressing on the fraction of nitrogen (at 1968) as dry base (%)

Date of sampling	Treatment	Total -N (%)	Protein -N (%)	Total water sol. -N (%)	Water sol. protein -N (%)	Amide +NH ₂ -N (%)	Other sol. -N (%)	Tot. wat. sol. -N Prot. -N × 100	Amide + NH ₂ -N Prot. -N × 1000	
July 20	Leaf-blade									
	Normal basal fertilizer	4.960	4.441	0.519	0.195	0.038	0.268	11.7	8.6	
	Much basal fertilizer	5.415	4.870	0.545	0.189	0.050	0.306	11.2	10.3	
	Sheath + stem									
	Normal basal fertilizer	2.872	2.115	0.757	0.231	0.114	0.412	35.8	53.9	
	Much basal fertilizer	3.260	2.287	0.973	0.232	0.122	0.619	42.5	53.3	

Date of sampling	Treatment	Total -N (%)	Protein -N (%)	Total water sol. -N (%)	Water sol. protein -N (%)	Amide +NH ₂ -N (%)	Other sol. -N (%)	Tot. wat. sol.-N Prot.-N × 100	Amide+ NH ₂ -N Prot.-N × 1000
July 29	Leaf-blade								
	Normal basal fertilizer	3.317	2.962	0.355	0.124	0.029	0.202	12.0	9.7
	Much basal fertilizer	4.721	4.289	0.432	0.093	0.032	0.307	10.1	7.5
	Topdressing at the panicle formation period	4.865	4.347	0.518	0.224	0.033	0.261	11.9	7.6
	Sheath+stem								
	Normal basal fertilizer	1.556	1.183	0.373	0.107	0.032	0.234	31.5	27.0
Much basal fertilizer	1.572	0.964	0.608	0.056	0.073	0.479	63.1	75.7	
Topdressing at the panicle formation period	2.639	1.937	0.702	0.109	0.075	0.518	36.2	38.7	
Aug. 8	Leaf-blade								
	Normal basal fertilizer	2.984	2.327	0.357	0.155	0.028	0.174	15.3	12.0
	Much basal fertilizer	3.755	3.365	0.390	0.151	0.033	0.206	11.6	9.8
	Topdressing at the panicle formation period	3.639	3.266	0.373	0.140	0.029	0.204	11.4	8.9
	Topdressing at the booting stage	3.675	3.230	0.445	0.135	0.037	0.273	13.8	11.5
	Sheath+stem								
	Normal basal fertilizer	0.969	0.763	0.206	0.093	0.039	0.074	27.0	51.1
	Much basal fertilizer	1.263	0.981	0.282	0.122	0.030	0.130	28.7	30.6
	Topdressing at the panicle formation period	1.269	0.971	0.298	0.142	0.026	0.130	30.7	26.8
	Topdressing at the booting stage	1.424	1.101	0.323	0.131	0.071	0.121	29.3	64.5
	Ear								
	Normal basal fertilizer	1.655	1.096	0.559	0.098	0.060	0.401	51.0	54.7
Much basal fertilizer	1.806	1.159	0.647	0.176	0.079	0.392	55.8	68.2	
Topdressing at the panicle formation period	1.806	1.193	0.613	0.093	0.064	0.456	51.4	53.6	
Topdressing at the booting stage	1.896	1.156	0.740	0.116	0.097	0.527	64.0	83.9	
Aug. 19	Leaf-blade								
	Normal basal fertilizer	2.439	2.100	0.339	0.148	0.030	0.161	16.1	14.3
	Much basal fertilizer	3.368	2.999	0.369	0.176	0.036	0.157	12.3	12.0
	Topdressing at the panicle formation period	3.198	2.844	0.354	0.159	0.033	0.162	12.4	11.6
Topdressing at the booting stage	3.588	3.214	0.374	0.153	0.035	0.186	11.6	10.9	

Date of sampling	Treatment	Total -N (%)	Protein -N (%)	Total water sol. -N (%)	Water sol. Protein -N (%)	Amide + NH ₃ -N (%)	Other sol. -N (%)	Tot. wat. sol. -N Prot. -N × 100	Amide + NH ₃ -N Prot. -N × 1000
Aug. 19	Sheath+stem								
	Normal basal fertilizer	0.742	0.449	0.293	0.098	0.023	0.172	65.3	51.2
	Much basal fertilizer	1.033	0.601	0.432	0.121	0.034	0.277	71.9	56.6
	Topdressing at the panicle formation period	0.907	0.527	0.380	0.101	0.033	0.246	72.1	62.6
	Topdressing at the booting stage	1.193	0.530	0.663	0.161	0.062	0.440	125.1	117.0
	Ear								
	Normal basal fertilizer	1.284	0.830	0.454	0.069	0.037	0.348	54.7	44.6
	Much basal fertilizer	1.588	1.190	0.398	0.135	0.055	0.208	33.4	46.2
Topdressing at the panicle formation period	1.468	1.126	0.342	0.069	0.045	0.228	30.4	40.0	
Topdressing at the booting stage	1.494	1.094	0.400	0.091	0.058	0.251	36.6	53.0	

常に高かった。一方、追肥では、その時期にかかわらず、追肥直後の葉身部の窒素含有率は増肥区とほぼ同程度であるが、葉鞘+莖部では増肥区をかなり上回る値を示した。吸収された窒素の分画によると、蛋白態窒素は全窒素の大部分を占め、濃度推移は全窒素とほぼ同様な傾向を示し、生育初期に高く、生育の進行にしたがって順次低下した。

一方、全生育期間を通じて全水溶性窒素の全窒素に対する割合は、標肥区では葉身部で約10%、葉鞘+莖部においては高く30%以上の場合が多かった。全水溶性窒素濃度は幼形期以前は著しく高いが、その後急速に減少し、幼形期以降生育後半に至るまで顕著な濃度変化は認められなかった。さらに増肥区の濃度は標肥区に比し生育初期における差は明瞭でないのに対し、生育後期においてはやや高い値で経過した。また、追肥によってもその含有率は高まり、生育の進行につれて増肥区とほぼ類似した傾向を示した。すなわち、窒素の施用量が増すと、生育後半の水溶性窒素濃度がやや高く推移する傾向が認められた。

つぎに、全水溶性窒素の画分のうち、水溶性蛋白態窒素含量は蛋白態窒素に比し葉身部で1/20、葉鞘+莖部で1/10程度の割合であるが、窒素の施

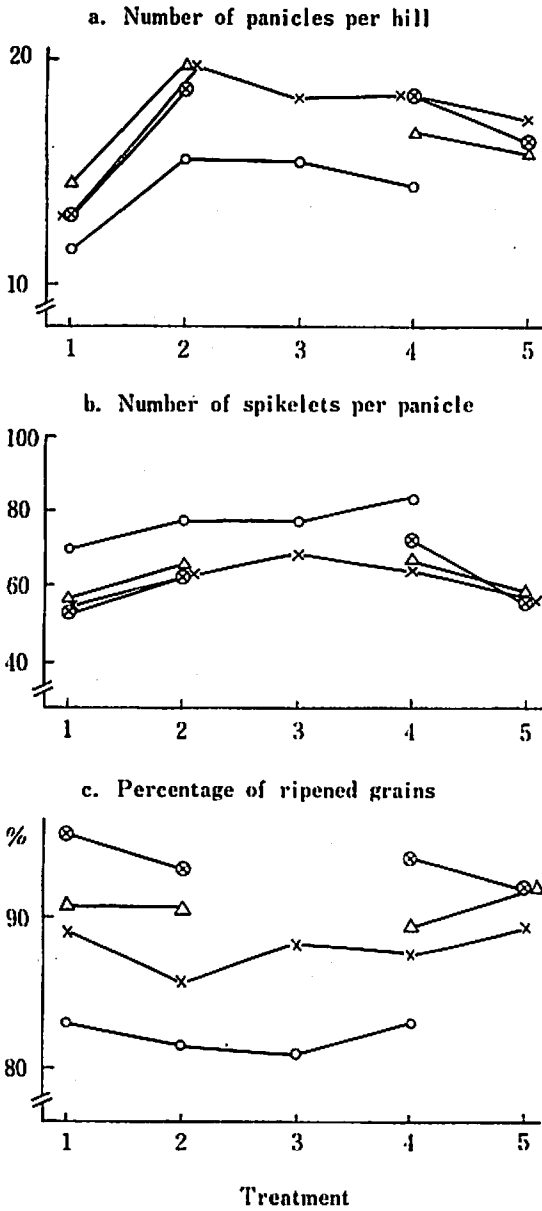
用量を増した場合の濃度変化は全水溶性窒素と類似していた。このように、水溶性窒素画分のうち水溶性蛋白態窒素の濃度に及ぼす処理の影響があまり認められないのに対し、アמיד+NH₃態窒素は水溶性窒素の中で最も鋭敏に反応した。

すなわち、Fig. 3に示したように、アמיד+NH₃態窒素濃度は増肥および追肥によって標肥区よりも明らかに高まり、その傾向は葉鞘+莖部において顕著であり、葉身部においては小さい。

したがって、アמיד+NH₃態窒素/蛋白態窒素×1,000を1つの指数としてみると、葉身部においては処理による変動が少なく、10前後で経過し、穂部においては、それより高く40~60であった。しかし、葉鞘+莖部では30~100と変異が大きく増肥および追肥によってこの指数が増し、生育中期ころまで高く推移した。

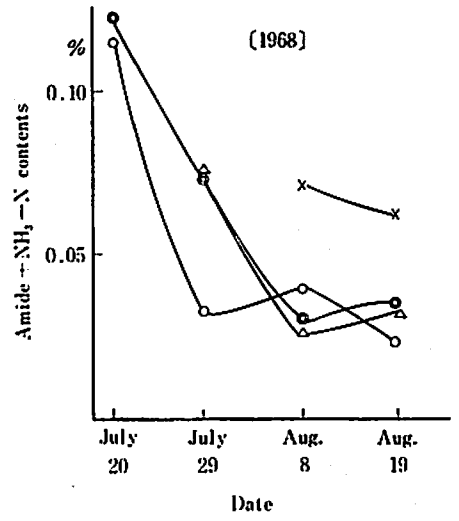
また、残余窒素は水溶性窒素の大部分を占め、アミノ酸を主体とするものと考えられるが、その濃度は葉身部では生育経過に伴って漸減し、葉鞘+莖部でもほぼ類似の傾向にあるが、出穂期に一時的にその濃度が高まった。

つぎに、全窒素の含量を蛋白態と非蛋白態窒素に分けて、その相対値に及ぼす窒素増肥および追肥の影響について Fig. 4に示した。



1 ; Normal basal fertilizer
 2 ; Much basal fertilizer
 3 ; Topdressing at the tillering stage
 4 ; Topdressing at the panicle formation period
 5 ; Topdressing at the booting stage
 ○ ; 1966 △ ; 1968
 ◎ ; 1967 × ; 1969

Fig. 2 Effect of nitrogen topdressing on the yield constituting factors



○ ; Normal basal fertilizer
 ◎ ; Much basal fertilizer
 △ ; Topdressing at the panicle formation period
 × ; Topdressing at the booting stage

Fig. 3 Effect of nitrogen topdressing on the contents of Amide+NH₃-N, nitrogen in the sheath stem tissue

これによれば増肥区および追肥区の窒素吸収量は明らかに増大し、かつ、蛋白態窒素と非蛋白態窒素量の相対値は標肥区に比し、増肥区と追肥区は葉身部で差は明らかでないが、葉鞘+茎部では非蛋白態窒素が増加の傾向を示していた。この傾向は増肥区より追肥区が明らかであるが、追肥時期による差は判然としない。

B. 炭水化物

各種炭水化物の濃度は培地の窒素条件により、経時的な推移の変化が認められ、その結果は Table 4 に示した。

まず、全糖の含有率についてみると、葉身および葉鞘+茎部ともに7月29日(穂孕期)ころまでは増肥区および追肥区が標肥区にくらべ低い値で推移し、出穂後は逆に標肥区より、おおむね高い傾向を示した。また、窒素量のいかんにかかわらず葉鞘+茎部の含量が、葉身部にくらべて出穂期以降は高含量となった。

さらに全糖を還元糖と非還元糖に分けてみるといずれも全糖に類似の推移をするが、葉身部の還

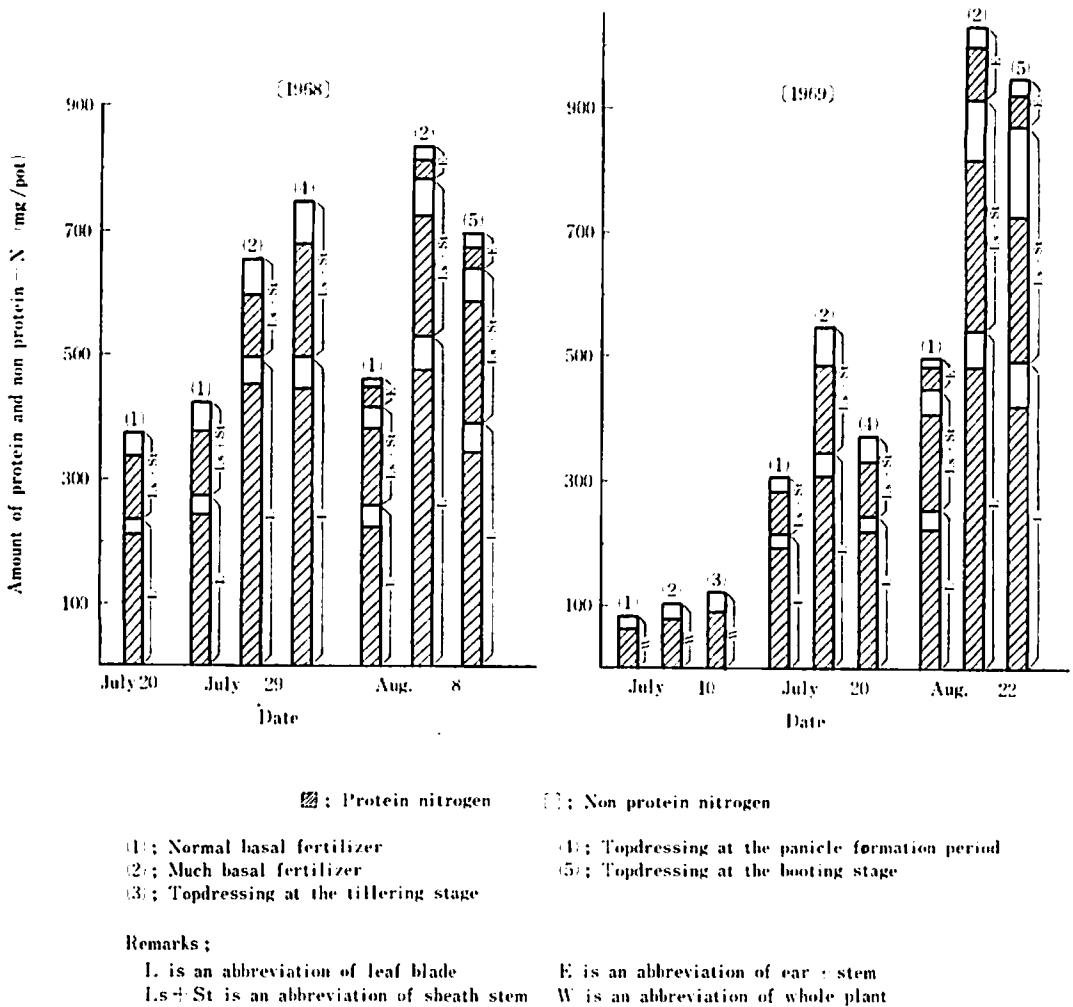


Fig. 4 Effect of nitrogen topdressing on the composition of nitrogenous fraction in plant tissue

元糖の含有率は8月8日に一時2%以上に高まるが、おおむね1%程度の低い値で経過した。穂部の全糖含有率は出穂初期には標肥区に比し、増肥区および追肥区が高い値を示すが、8月19日になると判然とした差が認められなかった。

粗澱粉濃度は葉鞘+葉部で高く、葉身部は常に低い。しかし、その濃度推移は異なり、葉鞘+葉部においては、出穂期まで濃度が減少し、以後再び高くなった。また、窒素量が多い場合、明らかに標肥より低濃度で推移し、出穂期後はほとんど差異が認められない。しかし、処理間の差異は穂部における濃度差として現われていた。一方、葉

身部については、生育の進行に伴って粗澱粉濃度が増加し、炭水化物代謝が盛んになっていくことを示した。収穫期の粗澱粉は籾で60~70%を占める高含量となって、炭水化物のほとんどをしめ、処理間差は増肥区>幼形期追肥区>止葉期追肥区>標肥区の順に高い。

さらに、全糖の絶対含量に及ぼす窒素増肥および追肥の影響はFig. 5に示すとおりであった。

すなわち、全糖は生育初期にその含有率と同様に、絶対含量でも標肥区より増肥および追肥区が少なく、出穂期に至るとこの関係は逆転した。この傾向は幼形期追肥区が止葉期追肥区より顕著で

Table 4 Effect of nitrogen topdressing on the fraction of carbohydrate in tissue (at 1968) as dry base (%)

Date of sampling	Treatment	Reducing sugar (%)	Non reducing sugar (%)	Total sugar (%)	Crude starch (%)
Whole plant					
July 10	Normal basal fertilizer	2.83	6.29	9.12	3.18
	Much basal fertilizer	3.05	6.39	9.44	2.27
Leaf-blade					
July 20	Normal basal fertilizer	1.53	4.67	6.20	1.37
	Much basal fertilizer	1.62	4.06	5.68	1.14
Sheath+stem					
July 20	Normal basal fertilizer	2.17	3.14	5.31	5.57
	Much basal fertilizer	1.73	1.59	3.32	4.95
Leaf-blade					
July 29	Normal basal fertilizer	1.68	4.87	6.55	2.24
	Much basal fertilizer	1.06	2.02	3.08	1.92
	Topdressing at the panicle formation period	1.46	1.31	2.77	1.81
Sheath+stem					
July 29	Normal basal fertilizer	2.63	3.32	5.95	5.02
	Much basal fertilizer	1.36	0.96	2.32	3.75
	Topdressing at the panicle formation period	1.41	0.94	2.35	3.80
Leaf-blade					
Aug. 8	Normal basal fertilizer	2.10	2.77	4.87	2.25
	Much basal fertilizer	2.79	5.19	7.98	2.58
	Topdressing at the panicle formation period	2.70	3.36	6.06	3.61
	Topdressing at the booting stage	2.56	2.07	4.63	2.45
Sheath+stem					
Aug. 8	Normal basal fertilizer	5.78	5.05	10.83	4.49
	Much basal fertilizer	5.69	5.93	11.62	4.08
	Topdressing at the panicle formation period	5.71	5.99	11.70	3.59
	Topdressing at the booting stage	4.92	6.32	11.24	4.52
Ear					
Aug. 8	Normal basal fertilizer	4.64	3.00	7.64	3.56
	Much basal fertilizer	4.27	4.64	8.91	3.35
	Topdressing at the panicle formation period	6.17	2.67	8.84	3.35
	Topdressing at the booting stage	3.71	5.95	9.66	2.83

Date of sampling	Treatment	Reducing sugar (%)	Non reducing sugar (%)	Total sugar (%)	Crude starch (%)
Aug. 19	Leaf-blade				
	Normal basal fertilizer	1.75	4.86	6.61	3.20
	Much basal fertilizer	1.39	6.57	7.96	3.07
	Topdressing at the panicle formation period	1.49	6.27	7.76	3.16
	Topdressing at the booting stage	1.36	5.18	6.54	3.04
	Sheath + Stem				
	Normal basal fertilizer	6.06	8.44	14.50	6.20
	Much basal fertilizer	6.24	9.97	15.21	3.91
	Topdressing at the panicle formation period	6.06	9.42	15.48	6.10
	Topdressing at the booting stage	4.67	7.94	12.61	6.53
	Ear				
	Normal basal fertilizer	1.72	1.96	3.68	3.86
Much basal fertilizer	1.85	1.69	3.54	4.54	
Topdressing at the panicle formation period	1.72	1.82	3.54	5.68	
Topdressing at the booting stage	2.16	1.71	3.87	5.24	
Sept. 30	Grain				
	Normal basal fertilizer	0.07	1.45	1.52	59.87
	Much basal fertilizer	0.10	1.21	1.31	69.03
	Topdressing at the panicle formation period	0.15	1.26	1.41	67.40
	Topdressing at the booting stage	0.13	1.38	1.51	60.82

あった。

また、全糖の蓄積は大部分が葉鞘+茎部で行なわれた。

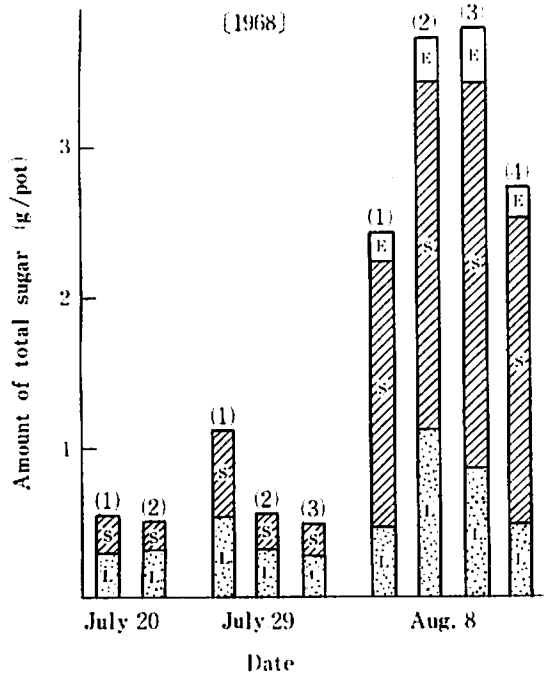
IV 考 察

生育および収量性に及ぼす増肥ならびに追肥の影響は、幼形期前の処理は草丈や分けつの増大などの栄養生長面に強く関与し、その結果、穂数と1穂粒数を増加させ、それが収量を支配した。一方、止葉期の追肥は主として登熟面に関与して収量を増加させた。

基肥窒素の増肥による草丈の伸長および茎数の増加については、多くの報告^{2) (16) (10)}と同一結果で

あった。このことに関し、木内ら³⁾は窒素欠除期試験の結果から、分けつ部位に対する窒素の供給は体内貯蔵分からは移動しにくく、分けつの増加は新たに吸収された窒素によって行なわれることを示し、これはおそらく植物の保有する Apical dominance の性質によるとしている。

本試験の結果から、窒素追肥によっても、基肥窒素の増肥と同程度の分けつ数が得られることが明らかである。窒素追肥時期の早いほど、すなわち、栄養生長のおう盛な幼形期以前における追肥は、茎数増加に対し顕著な影響を及ぼすが、止葉期追肥は分けつ増加に対する影響がきわめてわずかであった。



- (1); Normal basal fertilizer
 (2); Much basal fertilizer
 (3); Topdressing at the panicle formation period
 (4); Topdressing at the booting stage
 L; Leaf-blade
 S; Sheath+stem
 E; Ear

Fig. 5 Effect of nitrogen topdressing on the amount of total sugar in plant tissue

しかし、低温年における追肥は高温年に比し体内窒素濃度が高く推移するため栄養生長の様相が延長し、Pot test では止葉期追肥でも莖数増加が認められた。

さらに、本試験の結果から収量要素への影響をみると、穂数および稈数は標肥区に比し、窒素増肥および幼形期ころまでの追肥により顕著な増加が認められた。このことについて、松島⁹⁾は有効分けつ終期が最高分けつ期の12~15日前に起こり、最高分けつ期までには、有効莖が枯死しない程度までに丁度發育し終わる点からみても、穂数の決定される期間は主として最高分けつ期ころまでであろうとしているが、本試験の結果、窒素追肥などによって有効分けつ終期が1~2日遅れる傾向を示していた。これによって、最高分けつ期の直後にくる止葉期追肥によっても、わずかに穂数

の増加が認められた。

しかし、通常のは場条件では、止葉期追肥による穂数増加はほとんどなく、Pot test の場合も、詳細に観察すると、完全な遅れ穂も認められることから、幼形期以前の追肥に比し止葉期追肥の影響はきわめて僅少と推察される。

また、極寒冷地稲作で基肥窒素の増肥に起因する最大の問題点は、冷涼年における生育遅延による登熟低下であることはいうまでもない。すなわち、Fig. 2—c をみても、増肥区および幼形期以前の追肥は標肥区に比し各年次ともに登熟歩合が低下し、逆に止葉期追肥ではこの向上面がうかがわれることから、止葉期追肥は冷涼年の窒素施用法に1つの有意な示唆を与えているものと考えられる。

そこで、基肥窒素の標肥と増肥および生育中途中における追肥処理の稲体について、時期別あるいは稲体部位別の窒素フラクションを検討すると、全窒素は標肥に比し、増肥区では当然葉身および葉鞘+莖部ともに高濃度に推移し、追肥処理区では、いずれの時期の追肥でも葉身部で増肥区と同じ程度に、葉鞘+莖部で増肥区の含量より高い傾向を示した。この点高橋¹⁰⁾は稲体の窒素の最高含有率は窒素施用量のいかんにかかわらず、約3.2%が限度で、窒素の多肥は窒素含有率の増大をもたらさず、含有率の低下をきたす時期を遅らせるとしているが、稲体を分割してみると、たとえば葉身部では追肥によっても増肥区と同程度以上には窒素含有率は高まらないが、葉鞘+莖部では増肥を上回ることから、莖部の含有率限度が葉身部より高いものと推察される。

蛋白態窒素は全窒素にきわめて類似の推移を示し、全水溶性窒素も標肥区に比し増肥区が高く、追肥区は追肥処理後生育が経過するにつれ増肥区と類似の推移を示した。全水溶性窒素の画分である水溶性蛋白態窒素とアミド+NH₃態窒素はともに、その含有率は少ないが、このうち、アミド+NH₃態窒素は Fig. 3 にみるように、増肥区および追肥区の含有率は標肥区に比べ葉鞘+莖部で高まる傾向を示していた。このことはアミド+NH₃態窒素が吸収窒素の形質に最も近いこ

とから、培地窒素の増加による窒素の取込量が多い場合に茎部に1種の貯蔵形態窒素として存在するものとみられる。この点藤原ら⁹⁾や高橋ら¹⁰⁾も水溶性窒素には生育初期から影響がみられるが、特にアミド+NH₃態窒素は最も強く窒素施用量の影響をうけるとしている。

つぎに、窒素化合物と相対的關係にある炭水化物のうち、経時的に主要な推移を示す全糖についてみると、その含有率および絶対含量において、生育初期には標肥区に比し、増肥および追肥区が低い値を示し、出穂後はこの関係が逆転した。このことは生育初期の同化産物は培地窒素の多い条件下では、稲体内の高含有率の窒素と結びついて積極的な蛋白合成が行なわれるため、同化産物の蓄積とはならない。一方、生殖生長の活発になる出穂期以降は、窒素増肥および追肥区では標肥区より窒素栄養が十分のために、おう盛な同化が行なわれる結果、同化産物が蓄積し高濃度となるものと推察される。

このことは村山ら⁵⁾が、全国的に水稲の炭水化物の集積、移行過程を種々の角度から検討し、分けつ期ないし幼形期のような生育の比較的早い時期に、葉鞘+茎部の炭水化物濃度がかなり高くなり、出穂期にはむしろ減少するものと、生育とともに、しだいに濃度が高くなり、出穂期に最高を示すものが存在するとしており、環境など諸条件によって異なるものと思われる。茎葉部の粗澱粉の含有率は全糖より全生育期間を通じて低濃度に推移するが、成熟期の穂部では粗澱粉が60~70%となり、炭水化物のほとんどを占めた。

V 摘 要

寒地水稲作の施肥技術の中で最も重要な窒素施肥は、安定確収を目的として、基肥の一部を保留しておき、気象条件をみながら後に保留分を施用する、いわゆる窒素の分施肥技術が奨励されているが、近年、生育中途における窒素施用が追肥として、これを積極的な安定多収技術の一環として検討がなされるに至った。

このような背景から、本研究において、窒素追肥が稲の生育形態と稲体内の栄養組成に及ぼす影

響を検討した。その結果を要約するとつぎのとおりである。

1) 窒素追肥は草丈、稈長の伸長および葉数の増加面にも寄与しており、全般に、幼形期以前の追肥の方が止葉期追肥よりもその効果は大きい。

2) 追肥により乾物重が増加し、最終的に葉身重、葉鞘+茎重および登熟穀重は高い値を示し、かつ、収量構成要素のうち、分けつ期と幼形期追肥は1株穂数および1穂粒数の増加に、止葉期追肥は冷涼年においても登熟歩合の向上に寄与した。

3) 窒素代謝に及ぼす追肥の影響は、葉身、葉鞘+茎部の全窒素、蛋白態窒素、全水溶性窒素および葉鞘+茎部のアミド+NH₃態窒素の含有率を高め、幼形期以前の追肥は主として穂ばらみ期以降の、止葉期追肥は出穂期以降の窒素濃度を高めた。

4) 全糖および還元糖の含有率は追肥直後に一時的に低下するが、登熟期にかけては再びその含有率は標肥区を上回った。また、粗澱粉は各時期ともに標肥に比し低い値で経過するが、収穫期の穂では60~70%の値で追肥区の方が高い値を示した。

文 献

- 1) 藤原彰夫, 大平幸次, 1959; 高等植物における焼の生理的機能に関する研究(第2報)(水稲編) 燐と鉄、マンガ、窒素の相互関係が水稲含窒素成分に及ぼす影響, 土肥誌, 30, 5, 230-236.
- 2) 石塚喜明, 田中 明, 1969; 水稲の栄養生理, 42-47.
- 3) 木内知美, 石阪英男, 1960; 水稲の収量形成過程に及ぼす栄養条件の影響(窒素), 土肥誌, 31, 7, 285-291.
- 4) 松島省三, 1967; 稲作の理論と技術—収量成立の理論と応用, 14-212.
- 5) 村山 登, 塚原貞雄, 吉野 実, 1961; 水稲の生育に伴う炭水化物の集積移行過程の諸型式について, 土肥誌, 32, 7, 323-327.
- 6) 大島正男, 村山 登, 1960; 水稲の窒素栄養に関する研究〔1〕窒素栄養を異にする水稲の生育各期における遮光の影響 農技研報告B, 10, 1-36.
- 7) FUSHER, G. W., VICKERY, H. B. and LEAVENWORTH, C. S., 1935; Determination of ammonia and of amide nitrogen in plant tissue. Ind and Eng. Chem. Anal. Ed., 7, 3., 152-156.

- 8) SIDERIS, C. P. and YOUNG, H. Y., 1946; Effects of iron on certain nitrogenous fractions of ananus comosus (L.) merr. Plant Physiol., 21. 75-92.
- 9) SOMOGYI, M., 1945; A New reagent for the determination of sugars. J. Biol. Chem. 160. 61-69.
- 10) 高橋治助, 村山 登, 大島正男ほか, 1955; 窒素の施用量の相違が水稻体の組成に及ぼす影響. 農技研報告B, 4, 85-122.
- 11) 戸川義次ほか, 1963; 作物試験法, 農業技術協会, 303-317.

Summary

How to apply the nitrogen fertilizer in the cool weather is one of the most important problems of rice production in Hokkaido.

For example, it decreases the grain yield to use much basal fertilizer in the year of the low-temperature.

From these results, it was recommended that the sum of the nitrogen fertilizer was divided into two parts, the base and the topdressing, and apply the latter at the various growth stages.

Recently, the topdressing of the nitrogen fertilizer was studied to get the maximum grain yield.

With these backgrounds, the authors made a study of the growth status in each stage and the yield constitution factors, which the topdressing influenced.

Rice plant samples in each growth stage were chemically analyzed.

The results were summarized as follows;

1) The topdressing of nitrogen fertilizer brought the elongation to rice plant height and the increase in number of tillers, and these in the topdressing were higher than the control plot (normal basal fertilizer).

In these factors, the effect by the topdressing was remarkably recognized at the tillering stage and the panicle formation period, however, it was not markedly recognized at the booting stage.

2) As a result of the topdressing treatments, the plant weights were increased at each growth stage, and the treatment increased the weights of the leaf-blades, the sheath+stems, and the full grains at the harvest-time.

As for the effect of topdressing to the yield constitution factors, the topdressing increased the number of panicles per hill and the number of spikelets per panicle at the tillering stages and panicle formation period.

On the other hand, the treatment plot at the booting stage increased the percentage of ripened grains at the harvest-time, even if the weather was cool.

3) The nitrogen metabolism influenced by the topdressing of nitrogen fertilizer, was evidently better than control plant in each treatment.

Consequently, immediately after the topdressing the contents of total nitrogen, protein and non-protein nitrogen the leaf-blades and sheath+stems and amide+ammonia nitrogen fraction of non-protein nitrogen in the latter were increased by the treatment.

In the tillering stage and panicle formation period, the topdressing increased the nitrogen concentration in rice plant since the panicle pregnancy period.

In the booting stage, it increased the nitrogen concentration in the rice plant since the heading stage.

4) The contents of total sugar and reducing sugar in the plant tissues were decreased immediately after the topdressing, but those contents increased inversely in the ripening stages and those exceeded the control.

By means of the topdressing, the crude starch contents in the leaf-blades and the sheath+stems was less than the control in each of the growth stages.

But, the percentage of the crude starch contents were from 60 to 70% at the harvest and it was more than that of the control.