

水稲乾田直播栽培における尿素肥料の肥効増進に及ぼす 硝化作用抑制剤の効果

西原典則, 恒吉義雄

On the Availability of Urea mixed with the Nitrification Inhibitors to the Direct Seeding Paddy Rice Plants

Tsunenori NISHIHARA*, Yoshio TSUNEYOSHI**

* (Laboratory of Fertilizers)

** (Laboratory of Crop Science)

I. 緒 言

近年水稲の乾田直播栽培の普及に伴い, その施肥法についての検討が行われ, 一般に基肥として施した窒素質肥料の肥効の劣ることが指摘された¹⁰⁾¹⁷⁾. このため水稲の乾田直播栽培においては窒素質肥料の分施が唱導されている¹⁰⁾¹⁷⁾. しかしながら肥料の分施は農作業労力の節減の面から好ましいことではない. 水稲乾田直播栽培における基肥としての窒素質肥料の肥効の劣る原因は, 主として乾田期間に硝化された窒素の雨水およびその後の湛水による流亡, 脱窒にあると考えられる²⁷⁾. よって土壤の硝化作用を抑制することが出来れば, 窒素質肥料の損失を軽減せしめうるものと思われる¹⁷⁾¹⁹⁾. 土壤の硝化作用抑制の手段の一つとして薬品の利用が考えられるが, 硝化作用抑制物質に関する知見はすでに数多くある¹⁾⁹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾²¹⁾²³⁾. 原田ら⁸⁾¹³⁾はこれを農業に利用する目的で多数の薬品について検討を行い, 数種の強力な硝化作用抑制物質を発見した. 最近 GORING⁵⁾は強力な硝化作用抑制物質を発見報告した. 著者の一人西原¹⁹⁾はこれらの硝化作用抑制剤を水稲の生育に支障を来さない程度の濃度で土壤に加えることによって, 水稲に対する窒素の利用率を向上せしめることをポット試験により確かめた. よってさらに圃場試験により, 乾田直播水稲に対する窒素の利用率向上に及ぼす硝化作用抑制剤の効果について検討を加えた.

本研究を行うに当り, 終始懇篤な御指導を賜った九州大学原田登五郎教授ならびに本学宇田川畏三教授に深甚の謝意を表したい. また本研究の遂行に当って助力を惜しまなかった川越聖, 楠元幸正, 高橋征司, 二階堂宏の諸君に対して感謝の意を表する次第である.

II. 試 験 方 法

鹿児島大学付属農場において1963年に下記の要領により水稲の乾田直播栽培試験を行った.

1. 品 種: ほうよく
2. 1区面積および連数: 1区 $3.3 m^2$, 2連
3. 播種量: $3.3 m^2$ 当り 1000粒 (10a 当り約9l)
4. 播種法: 条播, 条間 30 cm, 播巾 5 cm
5. 播種期: 1963年6月6日
6. 添加薬品名および施肥法

添加薬品名	薬品添加量 g/a	窒素施用 回数	基肥 kg/a			追肥 kg/a	
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	7月8日	8月14日
マネブ Manganese ethylene- bisdithiocarbamate	237.1	2	0.8	0.6	0.8	—	0.2
		3	0.4	0.6	0.8	0.4	0.2
		0	—	0.6	0.8	—	—
N-Serve 2-Chloro-6-(trichloro- methyl) pyridine	16.6	2	0.8	0.6	0.8	—	0.2
		3	0.4	0.6	0.8	0.4	0.2
		0	—	0.6	0.8	—	—
アンバム Diammonium ethylene- bisdithiocarbamate	331.8	2	0.8	0.6	0.8	—	0.2
		0	—	0.6	0.8	—	—
ダシアンヂアマイド	165.9	2	0.8	0.6	0.8	—	0.2
		0	—	0.6	0.8	—	—
無添加	—	2	0.8	0.6	0.8	—	0.2
		3	0.4	0.6	0.8	0.4	0.2
		0	—	0.6	0.8	—	—

備考 1) 薬品添加量は施肥面積(深さ 10 cm)の土壌に対して有効成分含量が 100 ppm (N-Serve は 10 ppm) に相当する。

2) 基肥の窒素, 燐酸および加里はそれぞれ尿素, 過燐酸石灰および塩化加里を用いた。

3) 7月8日(湛水期)の追肥は尿素, 8月14日の追肥は硫酸を用いた。

7. 湛水期: 7月10日

8. 調査事項

1) 各区の中央 3 条の 50 cm 間について生育各期に草丈および茎数を測定した。

2) 生育各期に生育量を測定した水稲を 10月18日に抜取り, 根を除いたのち籾および藁に分け, 各々の重量を測定した。

3) 籾については精籾, 糝および精籾千粒重を測定した。

4) 籾および藁について全窒素含有量を測定した。

なお試験圃場の土壌の理化学的性質は第 1 表に示す通りである。

Table 1. Some properties of soil

Texture	PH *		Total ** carbon %	Total nitrogen %	C. E. C. *** m.e.
	H ₂ O	KCl			
SL	6.2	5.4	1.46	0.115	10.9

Remarks: * PH value was determined by means of a glass electrode.

** Turin's method

*** Schollenberger's method

III. 試験結果

1963年度における水稲乾田直播栽培期間の気温, 日照時数および降水量の推移はそれぞれ第 1, 第 2 および第 3 図に示した通りである。これらの図から明らかなごとく, 水稲乾田直播栽培におい

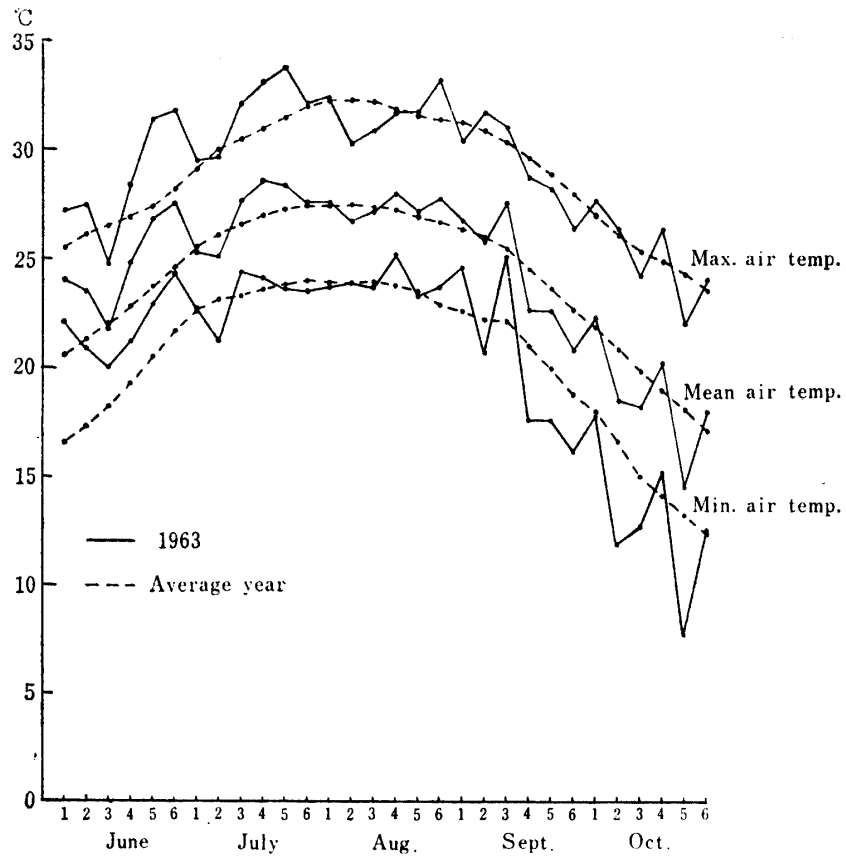


Fig. 1. Air temperature (average of 5 days)

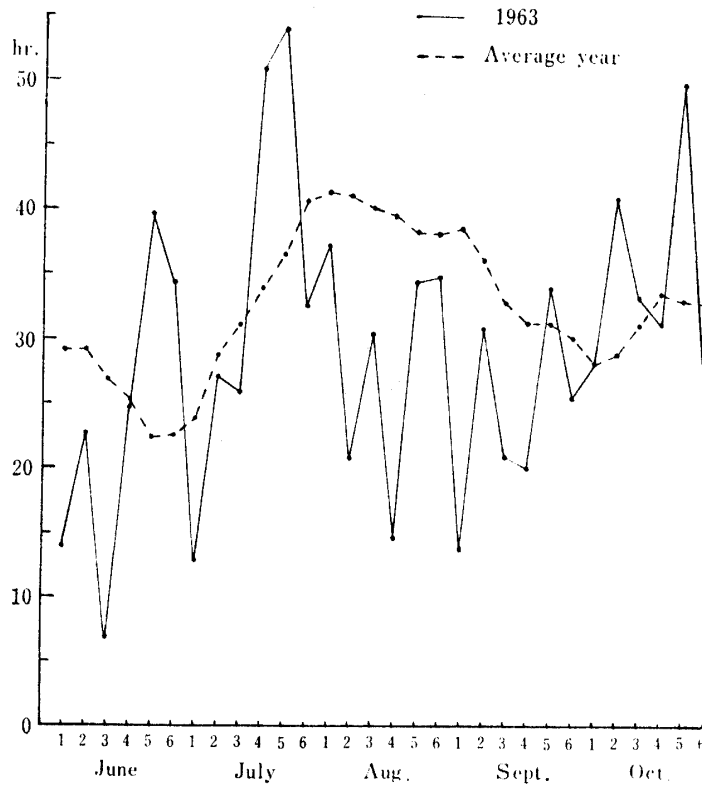


Fig. 2. Duration of sunshine (sum of 5 days)

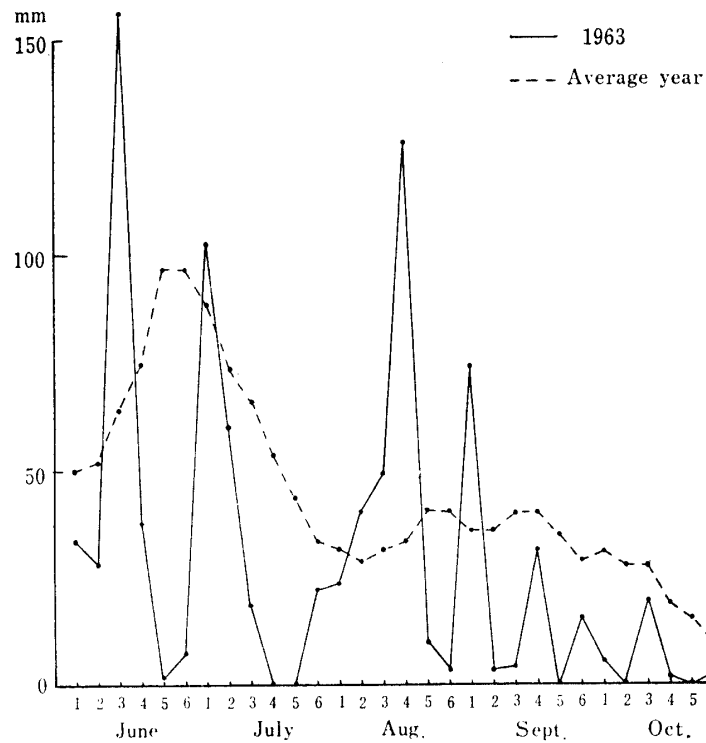


Fig. 3. Amount of rainfall (sum of 5 days)

て播種後湛水までの期間は梅雨期に当り、例年日照時数が少なく、降水量が多い。1963年度は播種直後に降雨はほとんどなかったが、6月中旬は雨の日が多かった。6月下旬は平年より日照時数が多く、気温が高く、降雨はほとんどなかった。7月上旬は雨の日が続いたが、7月中、下旬には晴天が多く、その後は平年に比して日照時数が少なかった。

水稲の生育経過は第4図に示した通りである。生育初期に軽微な稲熱病が発生したが、その後病虫害の発生はなく、概ね順調な生育を示し、いずれの区も出穂期は9月3日、成熟期は10月17日であった。先ず草丈の推移についてみると、窒素2回施用の場合は生育の初期および中期においてアンバム区が最も小で、マネブ区も薬品無添加区より小であった。しかしその後は薬品無添加区の生育が薬品添加区より劣り、9月16日における草丈はマネブ区が最も大で、薬品無添加区が最も小であった。窒素3回施用の場合は湛水期における草丈はいずれの区も大差なかったが、生育中期以後は薬品無添加区の草丈が薬品添加区より劣り、9月16日における草丈はマネブ区が最も大で、薬品無添加区が最も小であった。窒素3回施用の場合はいずれも湛水期において窒素2回施用の場合より草丈が小であったが、その後速やかに伸長し、7月下旬以後は窒素2回施用の場合より大となった。窒素無施用の場合は生育中期以後にN-Serve区の草丈が他の区より劣った以外は、いずれの区もほとんど差異がなかった。

次に茎数の推移についてみると、窒素2回施用の場合は湛水期において薬品無添加区の茎数が最も大で、N-Serve区がこれに次ぎ、以下ヂシアンジアマイド区、アンバム区およびマネブ区の順であった。湛水後いずれも茎数が減少し、7月下旬以後は薬品無添加区の茎数が最も小となった。穂数はN-Serve区が最も大で、ヂシアンジアマイド区がこれに次ぎ、以下アンバム区、マネブ区および薬品無添加区の順であった。窒素3回施用の場合は湛水期における茎数はN-Serve区が最も大で、マネブ区が最も小であった。いずれも湛水後に茎数が増加し、薬品無添加区では7月下旬に最

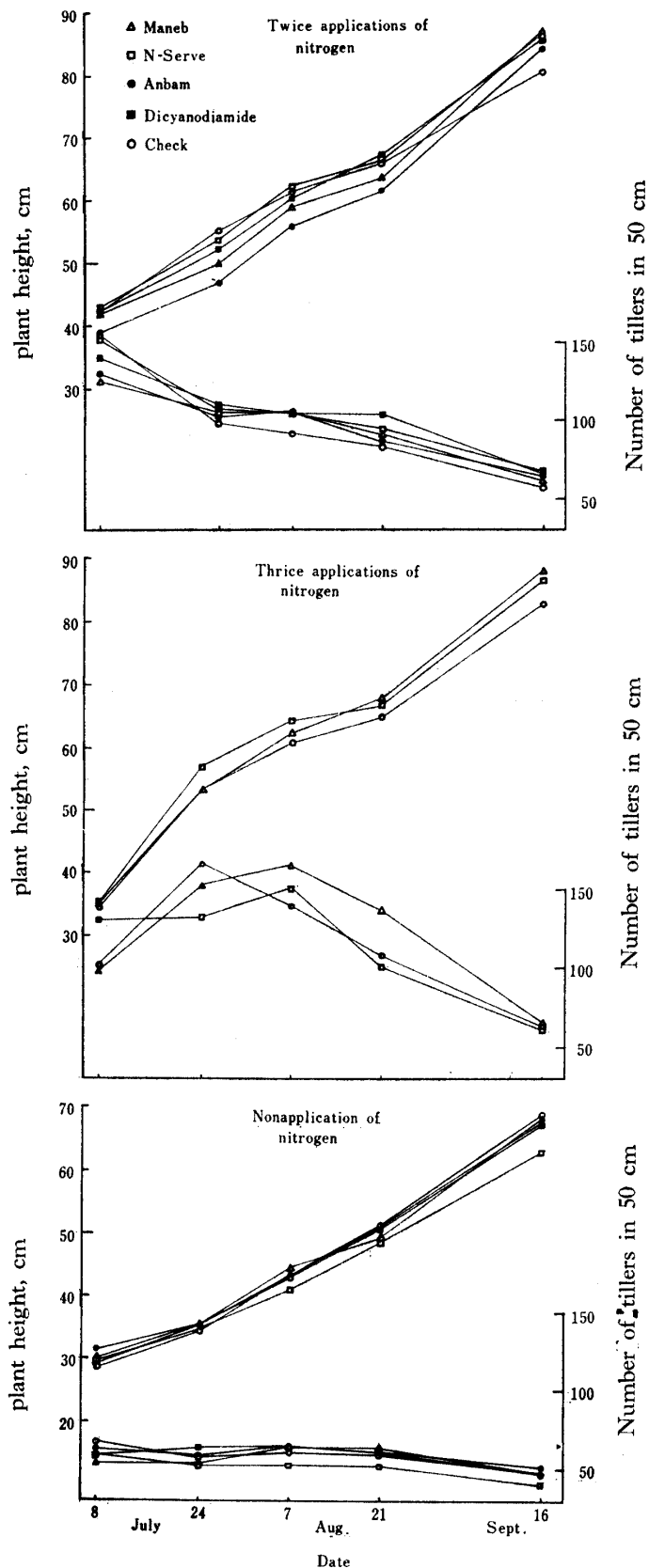


Fig. 4. Growth of rice plants.

高となり、マネブ区および N-Serve 区では 8 月上旬に最高となり、その後いずれも減少した。穂数はマネブ区が最も大で、薬品無添加区がこれに次ぎ、N-Serve 区が最も小であった。窒素 3 回施用の場合の茎数はいずれも湛水期においては窒素 2 回施用区より小であったが、7 月下旬には窒素 2 回施用区より大となった。穂数は両者とも大差がなかった。窒素無施用の場合は生育に伴う茎数の変化が少なく、N-Serve 区の茎数が他の区より劣った以外はいずれの区も大差なく推移した。

水稲の収量および窒素吸収量は第 2 表に示した通りである。先ず精糶重についてみると、窒素 2 回施用の場合はマネブ区およびデシアンジアマイド区が最も大で、アンバム区がこれに次ぎ、薬品無添加区が最も小であった。窒素 3 回施用の場合はマネブ区が最も大で、N-Serve 区がこれに次ぎ、薬品無添加区が最も小であった。窒素無施用の場合はアンバム区が最も大で、薬品無添加区がこれに次ぎ、以下マネブ区、デシアンジアマイド区および N-Serve 区の順であった。いずれも窒素 3 回施用区の精糶重は窒素 2 回施用区より大で、窒素無施用区は最も小であった。千粒重は窒素施用の場合はいずれも薬品添加区が無添加区より大であったが、窒素無施用の場合は一定の傾向が認められなかった。

次に葉重についてみると、窒素 2 回施用の場合はマネブ区が最も大で、デシアンジアマイド区がこれに次ぎ、アンバム区が最も小であった。窒素 3 回施用の場合はマネブ区が最も大で、N-Serve 区がこれに次ぎ、

Table 2. Yield and absorbed nitrogen.

Chemicals and pesticides added	Amounts of agents* g/a	Times of nitrogen application	Grain** kg/a	Immature ear*** kg/a	Relative yield of grain	Weight of 1000 grains** g	Straw*** kg/a	Amounts of absorbed nitrogen kg/a	Rate of absorbed nitrogen %
Maneb (Manganese ethylene-bisdithiocarbamate)	237.1	2	65.3	1.0	109	26.4	95.8	1.17	53
		3	70.7	1.0	118	26.1	93.6	1.20	56
		None	37.2	0.6	62	25.0	46.5	0.64	
N-Serve (2-Chloro-6-(trichloro-methyl) pyridine)	16.6	2	63.6	0.9	106	26.0	80.9	1.03	48
		3	67.5	0.9	112	26.4	90.2	1.12	57
		None	30.4	0.4	51	24.5	40.2	0.55	
Anbam (Diammonium ethylene-bisdithiocarbamate)	331.8	2	64.4	0.9	107	25.9	79.4	1.06	41
		None	40.7	0.5	68	24.5	46.8	0.65	
Dicyanodiamide	165.9	2	65.3	0.8	109	26.0	88.1	1.11	44
		None	36.4	0.4	61	24.8	61.4	0.67	
None	—	2	60.1	0.8	100	25.4	80.7	1.02	44
		3	62.2	1.0	104	25.4	89.5	1.10	52
		None	38.6	0.4	64	25.6	41.8	0.58	

Remarks: * These amounts corresponded to 100 ppm (10 ppm with N-Serve) of the available component on dry basis of soil applying fertilizers.

** Weights of these were calculated on the basis of moisture of 13 per cent.

*** Dry matter

薬品無添加区が最も小であった。窒素無施用の場合はデシアンジアマイド区が最も大で、アンバム区がこれに次ぎ、N-Serve区が最も小であった。マネブ区では窒素3回施用の場合の薬重が窒素2回施用の場合より大であったが、N-Serve区および薬品無添加区では窒素3回施用の場合が窒素2回施用の場合より大であった。

窒素吸収量についてみると、窒素2回施用の場合はマネブ区が最も大で、デシアンジアマイド区がこれに次ぎ、以下アンバム区、N-Serve区および薬品無添加区の順であった。窒素3回施用の場合にはマネブ区が最も大で、N-Serve区がこれに次ぎ、薬品無添加区が最も小であった。いずれも窒素3回施用区の窒素吸収量が窒素2回施用区より大であった。窒素無施用の場合はデシアンジアマイド区が最も大で、アンバム区がこれに次ぎ、N-Serve区が最も小であった。

窒素吸収率についてみると、窒素2回施用の場合はマネブ区が最も大で、N-Serve区がこれに次ぎ、アンバム区が最も小であった。窒素3回施用の場合にはマネブ区とN-Serve区がほぼ同じで、薬品無添加区が最も小であった。いずれも窒素3回施用区の窒素吸収率は窒素2回施用区より大であった。

IV. 考 察

尿素肥料に硝化作用抑制剤を添加することにより土壤中における窒素の損失を防ぎ、水稻の窒素吸収率を増大せしめ得ることはポット栽培試験により確かめられた¹⁹⁾。しかしながらこれを圃場において用いる場合には薬剤の土壤中における拡散および揮散、雨水による流亡などによる効力の低下が考えられる。よって数種の硝化作用抑制剤添加尿素肥料について乾田直播水稻に対する肥効を圃場試験により検討した。土壤の硝化作用は土壤温度⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽¹¹⁾⁽²⁰⁾⁽²²⁾⁽²⁴⁾⁽²⁶⁾、土壤水分⁽¹¹⁾⁽¹³⁾⁽²⁴⁾、土壤反応

2)³⁾4)²²⁾、土壌構造⁷⁾、硝化菌数¹²⁾22) などにより著しい影響を受け、また硝化作用抑制剤の効果もこれらの条件により左右される¹⁹⁾。したがって乾田直播水稲に対する尿素肥料の肥効に及ぼす硝化作用抑制剤の影響は、乾田期間における気象条件により異なるものと思われる。第1～3図は1963年度乾田直播水稲栽培期間における気象の推移を示したものである。乾田期間は梅雨期に当るが、1963年度は播種直後に降雨はほとんどなく、6月中旬に雨の日が多かった。6月下旬は晴天の日が多く気温も平年より高かったが、7月上旬は日照時数が平年より少なかった。乾田期間は6月中旬に一時過湿状態になったが、土壌が過乾になることはなく、土壌の硝化作用を著しく抑制する気象条件はなかったものと思われる。

水稲の生育経過は第4図、収量および窒素吸収量は第2表に示した通りである。窒素無施用の場合はN-Serve区が他の区に比して草丈、茎数ともに劣り、精籾重、藁重および窒素吸収量も小であった。ヂシアンジアマイド区、アンバム区およびマネブ区の水稲の窒素吸収量は薬品無添加区より大であった。ヂシアンジアマイドおよびアンバムは分子中に窒素を含んでいるが、その一部が水稲に利用されたものと考えられる¹⁸⁾25)。またマネブは土壌有機態窒素の無機化を促進したものと推定される¹⁹⁾。

窒素2回施用の場合は生育の初期および中期においてアンバム区の草丈がやや劣ったが、生育後期には薬品無添加区が最も小であった。茎数は湛水期において薬品無添加区が最も大であったが、湛水後いずれも急速に減少し、7月下旬以後は薬品添加区が無添加区より大となった。収量についてみると、精籾重は薬品無添加区が最も小であり、藁重はアンバム区が最も小であった。窒素吸収量は薬品添加区がいずれも無添加区より大であった。これらのことは硝化作用抑制剤の添加により乾田期間における土壌中の硝化作用が抑制され、したがって基肥窒素の湛水による流亡および脱窒が軽減せしめられたことを示すものと思われる。窒素吸収率についてみると、マネブ区およびN-Serve区は薬品無添加区より大であったが、ヂシアンジアマイド区およびアンバム区は薬品無添加区と同じか、又はそれより小であった。

窒素3回施用の場合において、草丈は湛水期および7月下旬には薬品添加区と無添加区との間に差異がなかったが、8月上旬以後は薬品無添加区が薬品添加区に比して小となった。茎数は薬品無添加区においては7月下旬に最高となりその後減少したが、薬品添加区においては8月上旬に最高となった。精籾重、藁重、窒素吸収量および窒素吸収率はいずれも薬品添加区が無添加区より大であった。これらのことは窒素2回施用の場合と同じく窒素3回施用の場合においても硝化作用抑制剤の添加により基肥に施した窒素の硝化が抑制され、窒素の肥効が水稲の生育後期まで持続し、収量の増加をもたらしたものと推察される。

次に窒素施用回数と水稲の生育との関係についてみると、湛水期には草丈、茎数ともに窒素3回施用区が窒素2回施用区より小であった。湛水後の草丈の伸長速度は窒素3回施用区が窒素2回施用区より大であった。また窒素3回施用区の茎数の推移は窒素2回施用区と趣を異にし、湛水後一時増加したのち減少した。これは窒素3回施用区において、湛水期に施用した窒素の肥効が現われたものと思われる。窒素3回施用区の精籾重、窒素吸収量および窒素吸収率はいずれも窒素2回施用区より大であった。しかしながら薬品添加区の窒素2回施用の場合における精籾重は薬品無添加区の窒素3回施用の場合より大であった。このことは硝化作用抑制剤の利用により、水稲乾田直播栽培における追肥施用の労力を節減しうることを示唆しているものと思われる。

V. 摘 要

水稲乾田直播栽培において、基肥として施した窒素質肥料の肥効増進に及ぼす硝化作用抑制剤の

効果を知るため圃場試験を行い、次の結果を得た。

1. 窒素 2 回施用（基肥 8，穂肥 2）の場合に薬品添加区の水稲は薬品無添加区に比して生育後期の草丈および莖数，精籾重および窒素吸収量が大きであった。
2. 窒素 3 回施用（基肥 4，灌水期追肥 4，穂肥 2）の場合に薬品添加区の水稲は薬品無添加区に比して生育後期の草丈，精籾重，窒素吸収量および窒素吸収率が大きであった。
3. 窒素 3 回施用の場合はいずれも窒素 2 回施用の場合に比して灌水後の水稲の生育量が大き，精籾重，窒素吸収量および窒素吸収率も大きであった。
4. 窒素 2 回施用の場合における薬品添加区の精籾重は窒素 3 回施用の場合における薬品無添加区より大きであった。
5. 窒素無施用の場合にヂシアンチアマイド区，アンバム区およびマネブ区の水稲の窒素吸収量は薬品無添加区より大きであった。

文 献

- 1) ALEEM, M. I. H. and ALEXANDER, M. : *J. Bacteriol.*, **76**, 510~514 (1958)
- 2) ANDERSON, O. E. and PURVIS, E. R. : *Soil Sci.*, **80**, 313~318 (1955)
- 3) FREDERICK, L. R. : *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **20**, 496~500 (1956)
- 4) GARBOSKY, A. J. and GIAMBIAGI, N. : *Rev. Agron. La plata*, **34**, 103~112 (1958)
- 5) GORING, C. A. I. : *Soil sci.*, **93**, 211~218 (1962)
- 6) 五島善秋，時岡平一郎，谷田沢道彦 : 滋賀農大 学術報告，**1**，27~28 (1952)
- 7) HAGIN, J. : *Bull. Res. Coun. Israel*, **5B**, 98~104 (1955)
- 8) 原田登五郎 : 尿素研究会報告資料，**258**，(1962)
- 9) 原田登五郎，西原典則，甲斐秀昭，赤松和夫 : 土肥要旨集，**6**，61 (1960)
- 10) 石川昌男，新村善男，上森晃 : 土肥要旨集，**9**，42 (1963)
- 11) JUSTICE, J. K. and SMITH, R. L. : *Soil Sci. Soc. Amer. proc.*, **26**, 238~242 (1962)
- 12) 甲斐秀昭 : 九大農学部肥科学研究室報告，第 1 号 (1963)
- 13) 九大農学部肥科学教室 : 尿素研究会報告資料，**272**，(1963)
- 14) LEES, H. and QUASTEL, J. H. : *Biochem. J.*, **40**, 803~814 (1946)
- 15) LUNDGREN, D. G. and KRIKOZENS, A. : *Appl. Microbiol.*, **7**, 292 (1959)
- 16) MEYERHOF, O. : *Arch. ges. Physiol.*, **165**, 229~284 (1916)
- 17) 本松輝久，渡辺敏夫 : 土肥要旨集，**10**，94 (1964)
- 18) 村田久次 : 農学研究，**14**，191~194 (1930)
- 19) 西原典則 : 鹿児島大農学部学術報告，**12**，107~158 (1962)
- 20) PARKER, D. T. and LARSON, W. E. : *Soil Sci. Soc. Amer. proc.*, **26**, 238~242 (1962)
- 21) QUASTEL, J. H. and SCHOLEFIELD, P. G. : *Appl. Microbiol.*, **1**, 282~287 (1953)
- 22) SABEY, B. R., FREDERICK, L. R. and BARTHALOMEW, V. : *Bact. Proc.*, **58**, 9 (1958)
- 23) SILVER, W. S. : *Soil Sci. Soc. Amer. proc.*, **25**, 197~199 (1961)
- 24) SIMPSON, D. M. H. and MELSTED, S. W. : *Soil Sci. Soc. Amer. proc.*, **27**, 48~50 (1963)
- 25) 塩入松三郎，原田登五郎 : 土肥誌，**15**，334~337 (1941)
- 26) TYLER, K. B., BROADBENT, F. E. and HILL, G. N. : *Soil Sci.*, **87**, 123~129 (1959)
- 27) 山根忠昭，松浦一人，入沢周作 : 土肥要旨集，**10**，97 (1964)

R é s u m é

The urea fertilizers mixed with some of the nitrification inhibitors were applied as basic dressing to the direct seeding paddy rice plants on upland field following by flood. The results obtained were as follows:

1) In case the nitrogen fertilizers were applied twice (basic dressing 8 and top dressing 2) the plant height and the number of tillers at later stage of the plant growth, the grain yields and the amounts of nitrogen absorbed by plants were larger in the nitrification inhibitor adding plots than those in the check.

2) In case nitrogen was applied thrice (basic dressing 4, flooding stage dressing 4, and top dressing 2) the plant height at later stage of the plant growth, the grain yields, the amounts of nitrogen absorbed by plants and the rates of absorbed nitrogen in the agent adding plots were larger than those in the check.

3) The grain yields, the amount of nitrogen absorbed by plants and the rate of absorbed nitrogen in the thrice applications of nitrogen were larger than in the twice applications in each of the corresponding plots.

4) The grain yields in the agent adding plots obtained under the twice applications of nitrogen were larger than those in the check plot got under the thrice applications of nitrogen.

5) In case of the nonapplication of nitrogen, the amounts of nitrogen absorbed by plants were larger in the dicyanodiamide, anbam and maneb plots than those in the check.