

根釧地方の草地に対する窒素質肥料の 施用法に関する研究

I. 早春の牧草に対する硝酸態窒素施用 についての一考察

袴田 共之* 平島 利昭**

Application Method of Nitrogen Fertilizers to Pastures
in Nemuro-Kushiro District

I. Top dressing of nitrate nitrogen in early
spring on pasture species

Tomoyuki HAKAMATA and Toshiaki HIRASHIMA

根釧地方における早春萌芽後の牧草に対する硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の肥効を、水耕および土耕のポット試験ならびに各種混播草地でのほ場試験により、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) と比べつつ検討し、次のような結果を得た。チモシーは $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ とともに吸収したが、 $3\sim 6^\circ\text{C}$ では $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収割合が多く、 11°C では $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ がほぼ同量ずつ吸収された。牧草が急激に伸長する5月中旬の土壌中の無機態窒素は少なく、この時期の $\text{NO}_3\text{-N}$ 配合区では窒素含有率の向上がみられた。しかし、この時期およびそれ以降のチモシーの生育には、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 配合割合による顕著なちがいはうかがえなかった。混播牧草の収量について、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を $\text{NH}_4\text{-N}$ と併用した場合に、より高収が得られることが比較的多く、一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$ または $\text{NO}_3\text{-N}$ を単用して最高収量が得られることは少なかった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の割合を高くして施用した場合には、多量の降雨による溶脱が推測された。したがって、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果は一般に期待されるほどには大きくなく、早春の施肥窒素として $\text{NO}_3\text{-N}$ を重視するよりも、早春の土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の増大および硝化生成の増進をはかることがより重要であろう。

結 言

根釧地方の草地生産性の向上にとって、肥料窒素の果たす役割が、近年ますます重要となっている。ここに報告する一連の報文は、当地方の草地に対する異形態の窒素質肥料の肥効の特徴を把握

し、それを踏まえた施肥法を確立する一助にしようとするものである。

硝酸態窒素とアンモニア態窒素(以下、それぞれ $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と記す)の作物に対する肥効の異同は、多く検討されてきたが、概して畑作物にはいわゆる好硝酸植物が多く知られており¹⁴⁾、 $\text{NH}_4\text{-N}$ による生育阻害^{15,16)}も報告されている。

ところで、牧草の生育期間が短い根釧地方では、春の牧草の再生を早めることができれば、産乳量の増大など多くの点で好都合である。そのための一つの方法として、できる限り早期に追肥することがすすめられている⁹⁾。しかし、春の地温上昇が

1977年11月1日受理

* 北海道立根釧農業試験場 標津郡中標津町

** 元北海道立根釧農業試験場(現農林省北海道農業試験場 札幌市豊平区羊ヶ丘)

遅い当地方では、低温のため土壌の硝酸化成は十分でなく^{11,12,18)}、早春にアンモニア態や尿素態の窒素肥料を施しても、牧草に対する肥効の発現が遅れる懸念がある。そこで、早春に硝酸態窒素を併用すれば、牧草の再生を促進することが期待される。しかし、従来、北海道では牧草についてこのような検討は行われておらず、早春の牧草に対する硝酸態窒素利用の可能性は不明のままであった。

したがって、本試験においては、早春の牧草に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果を、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と比べつつ検討した。本報では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の役割の概要を述べ、さらに二・三の問題点を指摘した。

試験方法

〔試験1〕チモシーによる $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収に及ぼす温度の影響（水耕試験）

苗床（石英砂：根釧農試は場土壌＝1：1）に播種し、草丈約15cmに生育したチモシー（オムニア）の根部を十分に水洗し、表1の培養液を用い、3ℓ容ポットにて水耕栽培した。温度処理は、人工気象箱で3℃、6℃および11℃の3段階とした。前処理を、5～10℃で10日間、各設定温度で4日間行い、その後10日間における窒素吸収状況を調査した。

表1 培養液の組成……〔試験1〕

要素	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_3
濃度 (ppm)	20	20	35	47	40	40	40

他にCu, Zn, B, Mo, Mn, Alを1ppm, Coを0.5ppm, またEDTA-Feを少量添加。

〔試験2〕チモシーおよびラジノクローバに対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合の影響（ポット土耕試験）

チモシー（ホクオウ）およびラジノクローバ（カリフォルニア）を供試し、根釧農試は場の作土（黒色火山性土）を充てんした5,000分の1aポットに、幼苗を2本1株とし、5株/ポットを移植し、野外で約20cmに生育後刈取り、約0℃の低温貯蔵庫で越冬させた。このように準備したポットは、一般ほ場の牧草が伸長を開始した5月12日に、下口を開けたままほ場に埋めて、以下の施肥処理を行った。

$\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合を、チモシーでは、0/4, 1/3, 2/2, 3/1, 4/0の5段階（0.5gN/ポット施用）および無窒素（-N）とし、ラジノクローバでは、0/4, 2/2, 4/0の3段階（0.25gN/ポット施用）とした。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は硝酸カリウム、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は硫酸アンモニウムを用い、一部に¹⁵N標識試薬を用いた。共通肥料として、ポット当たり5g P_2O_5 を過石で施用し、5g K_2O は上記硝酸カリウム中の K_2O に炭酸カリウムで補った。

〔試験3〕混播草地に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合の影響

試験は2か年行い、供試草地は1969年がチモシー、ラジノクローバ混播、1970年がチモシー、オーチャードグラス、ケンタッキーブルーグラス、ラジノクローバ混播で、いずれも根釧農試内の播種以後2年目の試験用草地であった。 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合は、試験2のチモシーの場合と同様に5段階とした。なお、牧草の草丈および窒素含有率の変動調査の対照として、小面積の無窒素区をおいた。2kgN/10aを施用し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はチリ硝石、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は硫酸を用いた。共通肥料は、2kg P_2O_5 /10aを過石で、5kg K_2O /10aを硫酸で施した。1区面積は9m²とし、乱塊法（3反復）で実施した。追肥は、1969年が4月21日（慣行より約10日早い）、1970年は5月3日に行った。

〔試験4〕数種の草地に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合および $\text{NO}_3\text{-N}$ 増施の影響

試験3と併行して、1970年に表2に示した3試験地のそれぞれで新播草地（前年播種）と経年草地を供試して実施した。各草地に対する両形態の窒素施用量（kg/10a）を $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ で示すと、0/2, 1/1, 2/0, 1/2, 2/2および無窒素（-N）の6処理を作り、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はチリ硝石、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は硫酸を用いた。共通肥料は、3kg P_2O_5 /10aを過石で、7kg K_2O /10aを硫酸で、各草地とも5月9日に施用した。1区面積を9m²とし、乱塊法（3反復）で実施した。

各試験において、牧草中の窒素はマイクロケルダール法により分析し、¹⁵Nの質量分析は理化学研究所に依頼した。10%塩化カリウム浸出による土壌中無機態窒素および水耕液中の窒素は、コンウェイ微量拡散法により定量した。

表2 供試草地の概況……〔試験4〕

試験地名	所在地	草地の種類	備考
農 試	中 標 津 町 根 釧 農 試	新 播 草 地……………前年夏, 永年草地を更新	
		経 年 草 地……………開墾後30余年, 約10年目草地	
開 陽	中 標 津 町 東 開 陽	新 播 草 地……………前年開墾, 造成した2年目草地	
		経 年 草 地……………10余年経過し, スギグケ群落の多い草地	
別 海	別 海 町 北 矢 白 別	新 播 草 地……………前年秋, 永年草地を更新。堆肥1t 施用地	
		経 年 草 地……………化学肥料中心の8年目草地	

注) イネ科草は, 新播草地ではチモシーが中心であり, 経年草地は多様であったが, 各草地ともチモシーが比較的多かった。

結 果

〔試験1〕チモシーによる $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収に及ぼす温度の影響

チモシーの生育量および試験期間中の窒素吸収量(この試験では, 培養液の濃度低下量を吸収量の指標とした)は, 3°C , 6°C では少なく, 11°C で大幅に増大した(表3)。全吸収窒素に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ 吸収の割合は, 3°C , 6°C では32および

33%であったが, 11°C では46%であった。この試験では, 終了時の両形態のNは, なお10ppm以上(開始時は各20ppm)であったので, 両形態の窒素が同時期に吸収されていたことが確認された。なお, 試験期間中の培養液のpH変化は全般に大きくなかったが, 終了時に 3°C 区で6.9, 11°C で6.1と若干異なっており, この点では多少難点がある⁵⁾。

表3 水耕試験におけるチモシーの収量および培養液のN濃度の低下量……〔試験1〕

温度区別	風 乾 物 収 量			吸収による培養液中のN濃度低下量					
	(g/4ポット)			ppm			低下量中割合(%)		
	茎 葉	根	計	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	計	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	計
3°C	3.10	0.95	4.05	2.3	5.0	7.3	32	68	100
6°C	3.15	0.90	4.05	3.6	7.4	11.0	33	67	100
11°C	4.86	1.47	6.33	8.2	9.5	17.7	46	54	100

〔試験2〕チモシーおよびラジノクローバに対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合の影響

チモシー: 供試土壌中の無機態窒素(表4)は, 施肥後7日目(5月19日)には両形態の配合割合を反映していた。28日目(6月9日)には施肥窒素の8割近くが牧草に吸収され(図1), 区間の差は認め

られなかった。

施肥後7日目までは草丈の伸長が緩慢で, 4/0区でやや勝ったほかには施肥処理の影響は認め難かった(表5)。その後, 10日目頃より気温の上昇に伴い無窒素区以外の各区のチモシーは急激に伸長した。施肥後14日目(5月26日)には, $\text{NO}_3\text{-N}$ の多

表4 チモシー生育土壌中の無機態窒素の変化 (mg/乾土100g) ……〔試験2〕

区 別	7 日 目* (5月19日)			28 日 目 (6月9日)		
$\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	計	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	計
0/4	1.1	20.9	21.8	0.6	8.4	9.0
2/2	—	—	—	0.6	7.5	8.1
4/0	12.8	11.1	23.9	0.9	9.3	10.2
-N	0.9	9.9	10.8	0.0	7.9	7.9

* 施肥処理後の日数, 以下同様。

注) 処理前: $\text{NH}_4\text{-N}$ 12.1mg, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.5mg。

表5 チモシーの草丈、茎数および風乾物重の推移……〔試験2〕

区 別	草 丈 (cm)			茎数(本/ポット)		風 乾 物 重 (g/ポット)			
	7 日目	14日目	28日目	14日目	28日目	14日目	28日目		
	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{NH}_4\text{-N}$ (5月19日)	(5・26)	(6・9)			地上部	地上部	地下部	計
0/4	15.9	25.8	39.7	44	81	8.8	20.6	12.5	33.1
1/3	16.6	26.9	40.0	53	81	10.1	21.8	14.6	36.4
2/2	15.8	26.6	39.6	59	77	7.9	22.4	15.7	38.1
3/1	16.6	27.8	41.1	69	78	11.2	20.7	15.4	36.1
4/0	17.3	28.0	43.1	60	66	9.6	22.3	13.9	36.2
-N	16.0	20.0	26.5	34	43	7.6	11.3	12.3	23.6

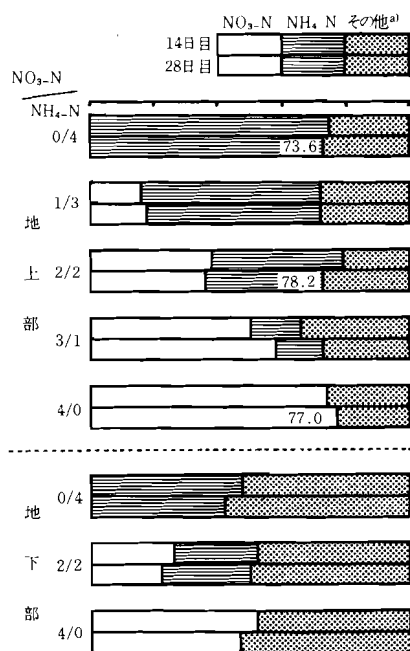


図1 チモシーによる吸収窒素の由来別内訳……〔試験2〕

- a) 土壌および植物体に施肥前からあった窒素
b) 図中の数値は、地上部+地下部による肥料利用率(%)

い3/1, 4/0区などの草丈および茎数が多かった。その後2週間を経た28日目でも草丈は同じ傾向であった。しかし、この間の茎数増加は $\text{NH}_4\text{-N}$ の多い区で大きかったため、茎数は $\text{NH}_4\text{-N}$ の多い1/3, 0/4区などで勝った。一方、地上部収量については、14日目、28日目とも施肥処理による差に一定の傾向が認められなかった。しかし、28日目の地下部収量は2/2区が最高となり、0/4, 4/0の両極端で少なく、結局、地上部と地下部の合計では2/2区がやや多く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ のみの0/4区がやや少なかった。

窒素含有率および吸収量についてのデータは省略したが、配合割合による違いが不規則で一定の傾向が認められなかった。そこで、 ^{15}N によってチモシーの吸収窒素の由来を分別した。その結果(図1)、14日目、28日目とも、施肥に由来する窒素は両形態の配合割合をそのまま反映していた。一方、土壌窒素および施肥前から牧草体中にあった窒素に由来する部分は、配合割合のいかんにかかわらず、地上部で21~34%、地下部で50%前後とほぼ一定の割合であった。

ラジノクローバ(表6): $\text{NH}_4\text{-N}$ のみの0/4区でやや葉柄数が多かったが、草丈や収量に対する施肥処理の影響は明らかでなかった。

表6 ラジノクローバの草丈、葉柄数および風乾物重の推移……〔試験2〕

区 別	草 丈 (cm)			葉柄数(本/ポット)		風 乾 物 重 (g/ポット)			
	施肥時	7 日目	14日目	14日目	28日目	14日目	28日目		
	$\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{NH}_4\text{-N}$ (5月13日)	(5・19)	(5・26)			地上部	地上部	地下部	計
0/4	8.4	11.1	17.3	330	330	11.6	16.2	6.7	22.9
2/2	8.2	10.8	16.8	240	279	9.2	16.5	6.8	23.3
4/0	8.6	11.1	17.1	247	283	10.3	15.9	6.1	22.0

表7 混播草地における土壤中の無機態窒素の推移 (mg/乾土100g)……〔試験3〕

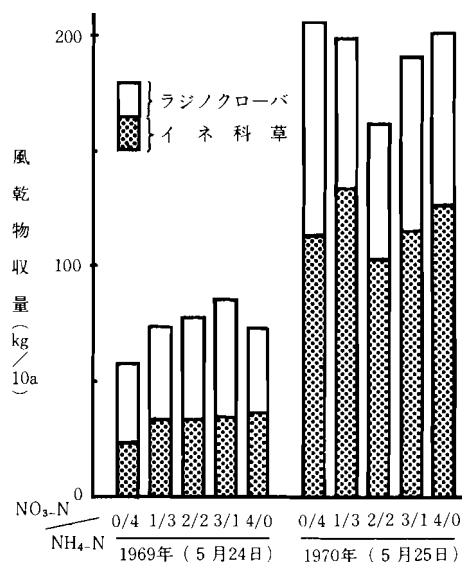
区 別 NO ₃ -N	1969年						1970年			
	5 日目 (4 月26日)		18日目 (5 ・ 9)		26日目 (5 ・ 17)	13日目 (5 ・ 16)		23日目 (5 ・ 26)		
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
0/4	—	—	2.0	9.6	1.8	6.0	0.7	10.5	0.2	14.0
2/2	—	—	12.6	9.3	0.8	5.7	0.2	8.3	0.9	20.6
4/0	18.4	7.0	8.0	7.1	2.8	5.6	1.8	7.2	0.8	16.8
-N	0.7	8.5	—	—	tr	5.9	1.4	6.4	0.5	17.9

注) 1970年の23日目0/4区土壌の培養 (28℃, 21日間, ほ場容水量) 後のNH₄-Nは37.9mg, NO₃-Nは1.2mg。

〔試験3〕混播草地に対するNO₃-NとNH₄-Nの配合割合の影響

試験を行った2年間の追肥時期には約10日間の違いがあったが、土壤中の無機態窒素 (表7) は、1969年の施肥後18日目 (5月9日) までは施肥の影響がうかがわれたが、5月中旬には両年ともNO₃-Nが少なくなり、4/0区でわずかに多く検出されるにすぎなかった。また、5月下旬には地温の上昇による土壌窒素のアンモニア化成に由来すると思われるNH₄-Nの増加がみられた。また、1970年の0/4区の土壌のピーカー培養実験によれば、当ほ場の土壌の硝酸化成は少ないものと思われる。なお、1970年の5月11日には63mm/日の降雨があった⁸⁾ので、5月16日の調査以前に、施肥したNO₃-Nの一部が溶脱したおそれがある。

チモシーの草丈は両年とも5月中旬から急激に伸長した (表8)。両年を通じて3/1区がややまさっ

図2 混播牧草の風乾物収量に対するNO₃-NとNH₄-Nの配合割合の影響 ……〔試験3〕

注) 両年のイネ科草, ラジノクロバおよび合計収量のすべてについて, 統計的有意差なし。

表8 混播草地におけるチモシーの草丈推移(cm)……〔試験3〕

区 別	1969年			1970年	
	12日目 (5月3日)	26日目 (5・17)	32日目 (5・24)	13日目 (5・16)	23日目 (5・26)
NO ₃ -N					
NH ₄ -N					
0/4	7.5	18.2	22.2	20.3	33.0
1/3	8.0	19.7	23.4	20.3	32.0
2/2	8.4	19.8	23.0	20.6	31.9
3/1	8.5	21.3	25.0	21.1	34.0
4/0	7.6	19.1	22.8	19.8	32.1
-N	—	—	—	18.8	28.3

た。しかし、施肥処理による草丈の差は全般に小さかった。

5月下旬 (当地方の放牧開始時期に相当) における牧草収量 (図2) に統計的有意差は認められなかったが、1969年の全収量およびチモシー収量

表9 混播草地におけるチモシーのN含有率の推移(%)……〔試験3〕

区 別	1969年		1970年	
	18日目 (5月9日)	33日目 (5・24)	13日目 (5・16)	23日目 (5・26)
NO ₃ -N				
NH ₄ -N				
0/4	4.22	3.81	3.22	2.33
1/3	3.92	3.69	3.12	2.23
2/2	4.42	3.59	3.20	2.07
3/1	4.64	3.56	3.38	2.50
4/0	4.71	3.69	3.33	2.60
-N	4.03	—	2.95	2.13

は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 単用区でやや低い傾向があった。イネ科草種を異にした1970年の供試草地では、前年の約3倍の収量水準であった（同じ時期の土壌中の窒素水準がやや高かった）が、全収量およびイネ科草収量とも、施肥処理間に一定の傾向が認められなかった。

両年のチモシーの窒素含有率（表9）は、5月中旬までは $\text{NO}_3\text{-N}$ の多い区でやや高かったが、

5月下旬には処理間に一定の傾向がみられなかった。

〔試験4〕数種の草地に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合および $\text{NO}_3\text{-N}$ 増施の影響

供試草地の5月下旬における収量（図3、4）は、概して農試および別海で高く、開陽で低かった。また、各試験地とも新播草地は経年草地に比べてマメ科率が高く高収であった。

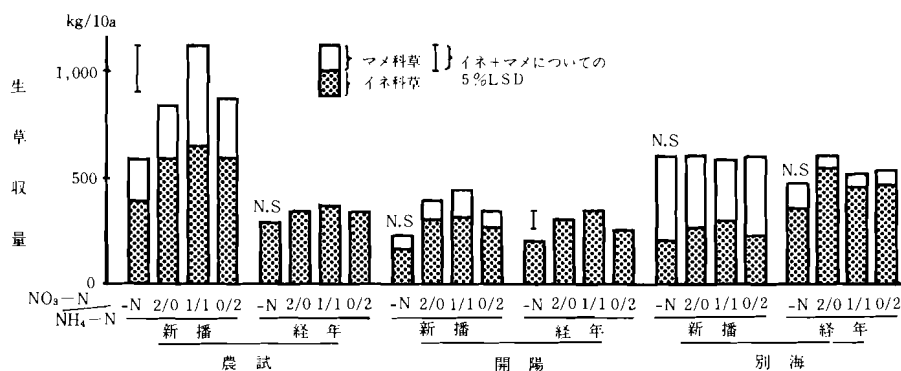


図3 新播および経年草地の収量に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合の影響……………〔試験4〕
注) 処理×草地の交互作用は10%水準で有意であった。

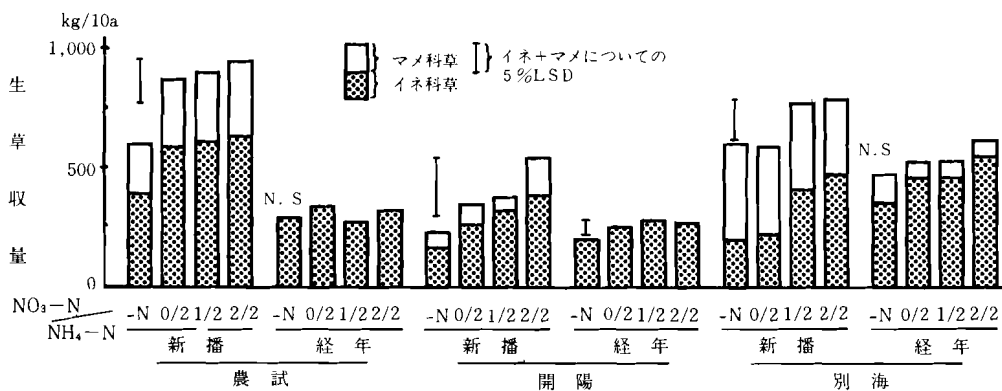


図4 新播および経年草地の収量に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の増施の影響……………〔試験4〕
注) 処理×草地の交互作用は10%水準で有意であった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の配合割合（図3）：2 kg N/10 a 施用の範囲で、2/0、1/1、0/2区を比較すると、農試と開陽では新播、経年両草地とも1/1区が高収であり、イネ科草収量でも同様の傾向があった。別海の新播草地では、全収量の処理間差はなかったが、イネ科草収量では上記と同様の傾向がうかがわれた。一方、別海の経年草地では全収量、イネ科草収量とも2/0区がやや高収であった。しかし、

全収量について統計的に有意であったのは、農試の新播草地および開陽の経年草地の1/1区の高収の場合のみであった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ の増施（図4）：2 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ /10 a をベースとして $\text{NO}_3\text{-N}$ を増した場合には、農試の両草地および開陽の経年草地を除いては増収傾向が認められ、とくに別海の新播草地では0/2区に対して有意な増収であった。

考 察

窒素吸収に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果：早春の萌芽後の牧草が $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ のいずれをよく吸収するかについて、水耕試験（試験1）と ^{15}N 利用による検討（試験2）を行った結果、供試したチモシーでは両形態の窒素をいずれもよく吸収することが確認された。しかし、温度によって多少のちがいがあり、3～6℃の低温時には、むしろ $\text{NH}_4\text{-N}$ からの吸収が多く、11℃では、3～6℃の時に比べて $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収が増加し $\text{NH}_4\text{-N}$ と同等となった。類似の結果が、高橋らの大麦の0℃、16℃、25℃における実験¹⁷⁾でも得られている。また、大村・野村⁹⁾によると、当地方で融雪直後に追肥した硫安の窒素は、地温が1～4℃でもチモシーやアカクロバに吸収されている。

なお、筆者らの上記試験において、水耕液およびポット内土壌中における $\text{NH}_4\text{-N}$ の $\text{NO}_3\text{-N}$ への形態変化は、それぞれ、温度や処理期間および供試土壌の無機態窒素の推移（表4）などから、可能性が小さいものと考えられる。

すなわち、今回の試験からは、早春低温下の牧草の窒素吸収に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の優位性は認められなかった。

牧草の生育に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果：一方、この時期の牧草の生育に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の施用効果は、1) 牧草の種類、2) 牧草の生育に伴う窒素必要量、3) 土壌窒素のアンモニア化成および硝酸化成の程度、4) 地温、気温の推移などの要因によって影響を受けると考えられる。そこで、窒素の肥効が大きいイネ科草、とくにチモシーを中心に、4月下旬～5月における $\text{NO}_3\text{-N}$ の肥効について考察を加える。

根釧地方の融雪期は通常4月上旬であるが、土壌凍結が融解せず地温の上昇が遅れるため、牧草の萌芽期は4月20日頃となる。その後の平均気温は4月下旬6℃内外、5月上旬9℃内外で、10℃を越えるのは5月10日過ぎとなる。他方、地温は気温よりやや遅れて上昇し、5月上旬で5～6℃、5月中旬が8℃内外で、5月下旬にようやく10℃を越える。したがって、5月上旬までは低温のため土壌窒素のアンモニア化成や硝酸化成は劣っており、また、牧草生育も緩慢で、必要とする窒素量もわずかである。一方、前述のように、低温下

では牧草の $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収割合も少ないので、結局、この時期には $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用効果は大きくなく（試験2、試験3）、5月9日（表9）になって $\text{NO}_3\text{-N}$ 割合の高い区のチモシーの窒素含有率に若干その反映がみられるにすぎない。むしろ、萌芽直後の牧草では、株や根に越冬前から保持されている窒素を利用する時期¹⁾であろう。

牧草が急激に伸長し窒素吸収量が急増するのは、平均気温が10℃を越える5月中旬であり（試験2、試験3）、しかもこの温度では牧草の $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収割合がやや大きくなる（試験1）。他方、地温は10℃以下で、土壌窒素のアンモニア化成や硝酸化成もまだ十分でない。したがって、この時期に、施肥以外による有効態窒素量が吸収量に比べて少ないと、施肥窒素の効果があるものと考えられる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果が出るとすれば、この時期における可能性がもっとも大きい。実際に、試験3はそのような状況にあったと思われ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用区の窒素含有率（5月9日および16日）がやや勝っていた。

しかし、5月下旬以降は、気温、地温とも十分に高まり、土壌窒素のアンモニア化成がすすむため、5月中旬にうかがわれた $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用の効果もこの時期には不明瞭となる（試験2、試験3）。従来の報告においても、早春の牧草生育に対して窒素形態間に差がないというものが比較的多い^{2,7)}。

すなわち、試験1～3によれば、 $\text{NO}_3\text{-N}$ により短期間窒素吸収が進む場合があっても、増収には結びつかないと思われた。

ところが、試験4において、5月下旬の混播草地の収量に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用の効果を見ると、全般に不明瞭な場合が多かったが、農試の新播草地、開陽の経年草地で $\text{NO}_3\text{-N}$ 配合施肥により増収を示し、別海の新播草地で $\text{NO}_3\text{-N}$ 増施の効果認められた。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 単用よりも $\text{NH}_4\text{-N}$ と併用した場合にやや高収であり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を2kg/10a施用した場合の $\text{NO}_3\text{-N}$ 増施により増収する傾向がうかがわれた。これらは、牧草の生育・収量に対して $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用効果が出る場合のあることを示唆している。

このことと関連して、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 施肥においては、施肥後の溶脱の可能性^{3,6,10)}がある。本試験では溶脱について現地での直接の確認はしなかったが、一部の草地で $\text{NO}_3\text{-N}$ 単用区が低収であった理

由として、施肥した $\text{NO}_3\text{-N}$ の多量の降雨(農試および開陽試験地に近い中標津で63mm/日、別海試験地に近い西別で47mm/日の降雨が、施肥後2日目の5月11日に記録されている⁸⁾。)による溶脱が考えられる。すなわち、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は溶脱の影響が小さい限りにおいて施肥効果を発揮し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 併用区では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ によって最低必要量を確保した上に残留 $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果があったものと推定される。しかし、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の併用の効果は、草地の土壌の特性の違いのほか天候や地形によっても左右されると考えられ、不安定な施肥技術といわざるをえない。

以上のことから、早春の萌芽後の牧草に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の効果は、期待されたほどには大きくなく、当面は施肥窒素として $\text{NO}_3\text{-N}$ を重視するよりも、秋施肥¹⁾などにより早春の土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の増大をはかるか、または、耕起更新などにより土壌窒素のアンモニア化成や硝酸化成を増進させる^{4,13)} ような土壌環境の改善をはかることが先決であろう。

謝辞 本試験の遂行にあたり、根釧農業試験場草地科能勢公 研究職員(現釧路北部地区農業改良普及所)、同能代昌雄研究職員には各種のご協力をいただいた。根釧農業試験場松代平治場長、同草地科小関純一科長には、本稿の校閲を賜った。各位に深く感謝します。*

引用文献

- 1) 平島利昭, 能代昌雄. "極寒冷地域における放牧草地の維持管理法, 第3報, 主要イネ科牧草に対する秋施肥効果". 日草誌, **19**, 53—62 (1973).
- 2) Holmes, W. "The use of nitrogen in the management of pasture for cattle". *Herbage Abstr.* **38**, 365—277 (1968).
- 3) 古畑 哲, 林 周成. "深耕地における肥料要素の動向に関する研究, 第3報, 降雨ならびに蒸発による $\text{NO}_3\text{-N}$ の移動". 北農試集報, **89**, 15—29 (1966).
- 4) 早川康夫, 橋本久夫. "根釧地方火山灰地における牧草地土壌の理化学的特性とその施肥法に関する試験, 第5報, 牧草地土壌としての特性発現過程と窒素, 磷酸, 加里の供給力について". 道農試集報, **7**, 16—34 (1961).
- 5) 伊沢悟郎. "水稻による硝酸およびアンモニアの吸収と同化——水耕栽培を中心として——". 近代農業における土壌肥料の研究. 日本土壌肥料学会編, 養賢堂, 1970, p. 114—119.
- 6) Moe, P.G., Mannering, J.V., Johnson, C.D. "A comparison of nitrogen losses from urea and ammonium nitrate in surface runoff water". *Soil Sci.* **10** 5, 428—433 (1968).
- 7) Mott, N., Müller, G. "Influence of various nitrogen fertilizers and time of fertilizer application on yield and valuable constituents of the first forage crop". *Wirtschaftseigene Futter.* **15**(2), 96—111 (1969) (*Herbage Abstr.* **40**, 1970).
- 8) 日本気象協会北海道本部. 北海道の気象, **14**(8), 54 (1970).
- 9) 大村邦男, 野村 琥. "土壌凍結地帯の牧草に対する早春施肥法に関する試験". 北農, **39**(4), 20—28 (1972).
- 10) Overrein, L.N. "Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil: 2. Comparative losses of nitrogen through leaching and volatilization after the addition of urea—, ammonium— and nitrate— N^{15} ". *Soil Sci.* **107**, 149—159 (1969).
- 11) Sabey, B.R., Frederici, L.R., Bartholomew, W.V. "The formation of nitrate from ammonium nitrogen in soil: III. Influence of temperature and initial population of nitrifying organisms on the maximum rate and delay period". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **2** 3, 462—465 (1959).
- 12) Sakai, H. "Effect of temperature on nitrification in soils". *Soil and Plant Food.* **4**, 159—162 (1959).
- 13) 沢田泰男, 五十嵐孝典, 小梁川忠士, 本橋 裕. "永年牧草地における土壌の理化学性の変化". 北農試集報, **77**, 68—78 (1962).
- 14) 但野利秋, 田中 明. "アンモニア態および硝酸態窒素適応性の作物種間差(第1報)生育初期におけるアンモニア態および硝酸態窒素選択吸収能と生育反応——比較植物栄養に関する研究——". 土肥誌, **47**, 321—328 (1976).
- 15) 高橋英一. "植物栄養学序説〔5〕". 農及園, **45**, 1593—1598 (1970).
- 16) ————. "————〔6〕". 農及園, **45**, 1723—1727 (1970).
- 17) 高橋治勲, 柳沢宗男, 河野通佳, 矢沢文雄, 吉田武彦. "作物の養分吸収に関する研究". 農技研報, **B 4**, 1—84 (1955).
- 18) Tyler, K.B., Broadbent, F.E., Hill, G.N. "Low temperature effects on nitrification in four California soils". *Soil Sci.* **87**, 123—129 (1959).

Application Method of Nitrogen Fertilizers to Pastures in Nemuro-Kushiro District

I. Top dressing of nitrate nitrogen in early spring on pasture species

Tomoyuki HAKAMATA* and Toshiaki HIRASHIMA**

Summary

Pot trials by solution and soil culture were made together with field trials of mixed swards in expectation that top dressing of nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) in early spring might accelerate nitrogen uptake and growth of pasture species in the Nemuro-Kushiro district.

The results obtained were as follows :

1. When timothy was cultured in a solution containing NH_4NO_3 , it absorbed more ammonium nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$) than $\text{NO}_3\text{-N}$ at 3 and 6°C but equally the two at 11°C.
2. Using labelled nitrogen (^{15}N) timothy was subjected to soil culture trials from mid-May to early June, whereby the ratio of its absorption of $\text{NO}_3\text{-N}$ to $\text{NH}_4\text{-N}$ was the same as the ratio between both the amounts supplied.
3. The field trials showed that the amount of inorganic nitrogen of soil was small in mid-May when pasture species grew vigorously and that the nitrogen content of timothy increased that time in plots to which $\text{NO}_3\text{-N}$ was applied. In and after mid-May, however, the dry matter yield did not vary with the differing ratios of $\text{NO}_3\text{-N}$ to $\text{NH}_4\text{-N}$.
4. In some mixed swards there was a wide variation in the fresh yield in response to the ratio of the nitrogen forms. However, there were following tendencies: (a) a higher yield was obtained by using $\text{NO}_3\text{-N}$ in combination with $\text{NH}_4\text{-N}$; (b) the highest yield was hardly obtained by supplying either of the two. When $\text{NO}_3\text{-N}$ was supplied at the high rate, part of it was assumed to be leached by heavy rainfalls.
5. As a conclusion, it will be important under the present condition in this district that, instead of making much account of spring fertilization of $\text{NO}_3\text{-N}$, the $\text{NH}_4\text{-N}$ content of soil should be increased in early spring by such a method that nitrogen fertilization is made in autumn, and ammonification of soil organic nitrogen and nitrification should be promoted by plowing and other methods.

* Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido, Japan.
086-11

** Present address: Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Hitsujigaoka, Sapporo, Japan.
061-01