

天北地方のマメ科混播草地における N 移譲

東田 修司* 宝示戸雅之** 西宗 昭**

天北地方のマメ科草, アルファルファおよびラジノクロバからイネ科草への N 移譲量は最大それぞれ 6.1, 10.2 kg/10a であることが認められ, N 施用により減少した。オーチャードグラス・アルファルファ混播草地ではアルファルファ収量の増加に従って, オーチャードグラスの N 含有率は直線的に増加したが, N 移譲量はアルファルファ収量が, 400 kg/10a のとき最大値を示すのが特徴であった。また, チモシー・アルファルファ混播草地もこれと同様のパターンを示した。これに対して, オーチャードグラス, ラジノクロバ混播草地では, ラジノクロバ収量の増加によって必ずしもオーチャードグラスの N 含有率は高まらず, N 移譲量は前年度のラジノクロバ収量に左右されていた。オーチャードグラスに対する N 移譲はアルファルファ混播草地では主に根から分泌される N 化合物によって, ラジノクロバ混播草地では前年度に土壤に還元されたラジノクロバ残渣を介して行なわれると推察された。チモシー混播草地では9月上旬の最終刈り取り後に行なわれるマメ科草の N 固定も N 移譲に寄与していた。また, マメ科の混生により土壤中に N が富化されるとともに, 土壤微生物が活性化されていた。

緒 論

牧草は栄養体を収穫するため土壤からの要素収奪量は多く, 標準的な収量をあげる採草地の場合, 年間 20 kg/10a の N が土壤から持ち出されることになる。これに対して, 農家慣行の N 施用量は年間 6 ~ 8 kg/10a 程度の場合が多い⁹⁾。これは, 糞尿などの還元とともに混播マメ科草の空中 N 固定による供給を期待しているためと考えられるが, 現実には天北地方の牧草生産は平均約 3.5 t/10a に低迷しており, これは, マメ科草による N 固定が充分に利用されていない結果である。マメ科草の N 固定を有効に利用する草地管理については, 欧米では古くから関心が持たれており, その研究には枚挙のいとまがない。特にニュージーランドでは, 本道と気象, 草地利用面での違いはあるものの, 草地への N 供給のほとんどをいわゆる clover nitrogen に頼っていることが紹介されている⁹⁾。その前提として, マメ科草に固定された N

は, 専らマメ科草にのみ蓄積するのではなく, 一部は混生するイネ科草にも利用されていることがあげられる。すなわち, マメ科草の N はイネ科草にも移譲され, 草地全体の生産を高めるとされており, このことは N transference として古くから認識されている。本道でも, 根釧地方においてクロバ混播草地で年間 2 ~ 4 kg/10a の N 移譲があるとの報告がされている^{1,4)}。

一方, 根釧と並ぶ草地酪農地帯である天北地方では, その基盤となっている鉾重粘土の保水力が著しく小さいことなどから, 浅根性でありストロンの定着に多水分条件の必要なラジノクロバが不安定である。逆に深くまで根を伸ばして吸水することのできるアルファルファは干ばつ条件に強いばかりでなく, 土壤凍結が少ないため, 天北地方の透水性良好な土壤では永続維持の可能性がある。このように, 天北地方はマメ科草の生育収量面で根釧地方と異なった特徴を呈している。また, マメ科草の N 固定力を, より以上に草地生産性向上に結びつけていくためには, 単に N 移譲の現象把握にとどまるばかりでなく, その特性およびそれと施肥や他の栽培管理要因との関連性を明らかにする必要がある。本報告はマメ科草の N 移譲を利用した草地生産性向上を目的とし, まず,

1986年9月3日受理

*北海道立天北農業試験場 (現北海道立十勝農業試験場, 082 河西郡芽室町)

**北海道立天北農業試験場, 098—57 枝幸郡浜頓別町

天北地方の代表的マメ科草種であるラジノクローバ、アルファルファと採草型イネ科草であるオーチャードグラス、チモシーのそれぞれの組合せで、マメ科草のN固定力とN移譲量を把握し、さらに、2マメ科草とオーチャードグラスの組合せでN移譲とマメ科草収量の関係、N移譲の機作について検討した。

試験方法

本試験で用いた草種は次のように略記する。オーチャードグラス：OG, チモシー：TY, ラジノクローバ：LC, アルファルファ：AL

試験1：マメ科草のN固定量、移譲量の検討

表1に示した草地の1983年度の収量調査結果をもとに行なった。OG-AL草地は6月中旬、8月中旬、10月下旬の3回刈りであり、OG-LC草地は6月上旬、8月上旬、9月下旬の3回刈りであった。TY混播草地にAL, LCいずれの組合せでも6月下旬、9月上旬の2回刈りであった。りん酸、カリ施用量は、すべて年間10, 15kg/10aであり、窒素も含めてOG混播では早春、1・2番刈り後の3回均等施用、TY混播では特にことわらない限り、早春、1番刈り後に3：2の割合で施用した。刈り取り、施肥は他の試験も同様に行なった。

試験2：マメ科草収量とN移譲量

1983年度造成のOG-AL草地、1982年度造成のTY-AL草地を用い、それぞれ1985年、1984年に調査した。いずれの組合せも、イネ科草とマメ科草の播種割合を変えて、マメ科草割合の異なった草地を造成した。LCとの混播は表1の草地を用いて、経年的に調査を行なった。

試験3：マメ科混生による土壌の変化

表1の草地およびそれに併設したイネ科単播草

地の培養N (30°C, 20日間培養)と微生物性を調査した。微生物性については、希釈平板法で細菌数、グラム陰性菌数、糸状菌数を調査した。用いた培地はエッグ=アルブミン培地、クリスタルバイオレット添加エッグ=アルブミン培地、ローズベンガル培地である⁸⁾。

結果および考察

1. マメ科草のN固定量、移譲量の検討

表2に、表1に示した圃場の1983年度年間合計収量、N吸収量をイネ、マメ科草別に示した。窒素の施用によりマメ科草割合は減少し、その程度は再生が速く競合力の強いOGとほ伏型で競合力の弱いLCとの組合せで最も大きく、2番草の再生力が悪く競合力の弱いTYと、直立した草型で競合力の強いALとの組合せで最も小さかった。イネ科草のN吸収量はN無施用でも最少4.9kg/10a, 最大10.9kg/10aに達しており、このうちの相当部分がマメ科草の固定したNに由来するものと考えられる。そこで、これとマメ科草の吸収したNの合計量を仮りに全固定Nとすると、おおむねALの方が全固定N量が大きく、また両マメ科草ともOGとの混播の方がTYとの混播より全固定量が大きかった。これは、OGが3回刈りであるのに対し、TYは2回刈りであり、マメ科草がイネ科草と光競合を演じている期間が長いが故と考えられた。

さて次に、表2を例としてマメ科草からイネ科草へのN移譲量を求める(表3)。N移譲量の求め方としては、短期的にはN¹⁵を用いる方法もあるが¹⁰⁾、この方法は長期間の圃場での移譲量の測定には不向きであるので、本試験ではイネ科草のN吸収量から土壌と肥料の窒素供給量を差し引

Table 1. Plots for the estimation of N transference.

Grass	Legume	Seeding rates (kg/10a)		Rejuv- enation year	Fertilizers applied annually (kg/10a)		
		Grass	Legume		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
orchardgrass	alfalfa	0.7	2.0	1982	0-6	10	15
orchardgrass	ladino clover	—	—	1965	0-6	10	15
timothy	alfalfa	0.75	0.5	1982	0-5	10	15
timothy	ladino clover	1.0	0.5	1982	0-6	10	15

Table 2. Dry matter and N yields of grass-legume mixture.

Grass	Legume	N applied annually	D. M. yield (kg/10a)			N yield (kg/10a)		
			Grass (DMg)	Legume (DMI)	Total	Grass (NYg)	Legume	Total
OG	AL	0	415	600	1,015	8.0	24.1	32.1
OG	AL	6	523	552	1,075	10.3	21.8	32.1
OG	LC	0	529	306	835	10.9	12.4	23.3
OG	LC	6	544	103	647	10.0	3.4	13.4
TY	AL	0	299	497	796	5.0	18.3	23.3
TY	AL	5	439	453	892	7.1	17.5	24.6
TY	LC	0	244	321	565	4.9	13.0	17.9
TY	LC	6	621	246	867	8.4	10.7	19.1

OG; orchardgrass,
AL; alfalfa

TY; timothy
LC; ladino clover

くことにより推定した。土壌からの N 供給量は、それぞれの試験に併設したイネ科草単播区の N 吸収量から求めた。

まず、土壌からの窒素をイネ科草がすべて吸収したとすると、N 移譲量 (NT₁) は計算式①となる。

$$NT_1 = NYg - (Nf + Ns) \dots\dots\dots ①$$

NYg はイネ科草の N 吸収量

Nf は肥料からの N 供給量

Ns は土壌からの N 供給量

しかし、実際にはマメ科草も土壌 N および施肥 N を吸収している。そこで、これらをそれぞれの草種の乾物収量で按分したものが、NT₂の移譲量であり、計算式は②となる。

$$NT_2 = NYg - (Nf + Ns) \times DMg / (DMg + DMI) \dots\dots\dots ②$$

DMg はイネ科草の乾物

DMI はマメ科草の乾物

一方、Vallis ら¹⁹⁾によると、マメ科草の N 吸収速度はイネ科草よりも低いとされているので、土壌 N と施肥 N を単純に乾物収量で按分するのは適当ではない。そこで、各草種の単播草地に N を施用し、経時的に土壌中の残存量を測定して、それと施用量との差を牧草の施肥 N 吸収量とした。さらに、これを施肥後の経過日数で除して N 吸収速度を求めた。施肥後の土壌 N 測定は 3 回以上行ない、それぞれの N 吸収速度を求めた。各番草の N 吸収速度はそれらを平均したものであり、表 3

Table 3. N transference and its related parameters

Grass	Legume	N applied annually (kg/10a)	N-supplied from soil (kg/10a)	Speed of N-uptake (kg-N/day/10a)		N-transference (kg/10a)		
				Grass (NUg)	Legume (NUL)	(NT1)	(NT2)	(NT3)
OG	AL	0	1.9	0.22	0.10	6.1	7.2	6.9
OG	AL	6	1.9	0.22	0.10	2.4	6.5	5.0
OG	LC	0	0.7	0.22	0.04	10.2	10.5	10.3
OG	LC	6	0.7	0.22	0.04	3.3	4.4	3.5
TY	AL	0	2.8	0.23	0.10	2.2	3.9	3.4
TY	AL	6	2.8	0.23	0.10	-0.7	3.3	1.7
TY	LC	0	2.8	0.23	0.04	2.1	3.7	2.6
TY	LC	6	2.8	0.23	0.04	-0.4	2.2	0.2

に各草種ごとに示した。N 吸収速度は $TY=OG>AL>LC$ であった。従って各草種の吸収速度と DM 収量をかけた値で土壌 N と施肥 N を按分するのがより妥当であり、計算式③より NT_3 を求めた。

$$NT_3 = NYg - (Nf + Ns) \times DMg \times NUG / (DMg \times NUG + DMI \times NUI) \dots\dots\dots ③$$

NUG はイネ科草の N 吸収速度

NUI はマメ科草の N 吸収速度

施肥 N の見かけの利用率は 100% ではないため、Nf は多少とも小さくなり、実際の N 移譲量は表 3 に示した値より僅かに多くなるものと思われる。しかし、現在のところ、これが最も実際の N 移譲量に近い数値と考えられるので、以後この算出方法を用いて議論を進める。

ここで得られた N 移譲量の最大値は、10.3kg/10a であった。天北地方の農家の草地の平均 N 施肥量は 6 ~ 8 kg/10a・year と言われており、マメ科草を上手にコントロールすることによりそれに匹敵する N 移譲量が得られることは明らかである。TY 混播は OG 混播と比べて両マメ科草の組合せとも N 移譲量が少なかった。この要因としては、TY の混生割合が OG の場合より低いことに加えて、TY の N 含有率が一般に OG より低いこと、すなわち N を移譲される側のイネ科草の capacity が小さいことがあげられる。つまり、N 移譲量は 1 つに N の供給者 (=N doner) であるマメ科草と、N を供給される側 (=N acceptor) であるイネ科草の比率に左右されるといえる。た

えば、マメ科率が非常に小さい場合は当然 N の供給量が少ないため移譲量も少なくなり、マメ科率が大きすぎる場合は、逆に N の供給は多いがイネ科の方で吸収しきれなくなることが想定される。

2. N 移譲量とマメ科草収量との関係

1) OG-AL 混播の場合

AL 混播草地のイネ科草は葉色が濃い、すなわち N 濃度が高くなると言われている。そこで、造

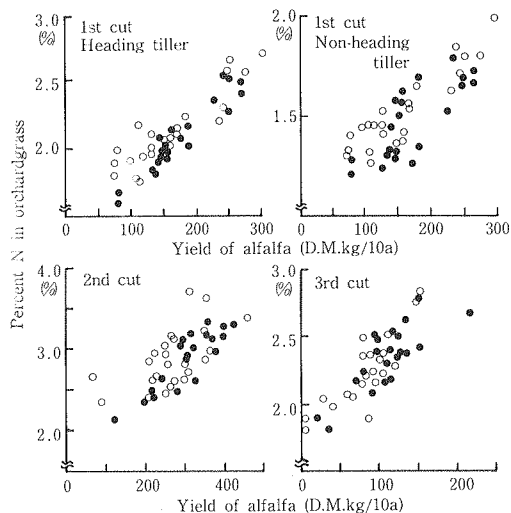


Fig. 1. Relation between D. M. yield of alfalfa and percent N in orchardgrass in each cutting. ● and ○ indicate that the amount of N fertilizer applied annually are 0 and 6 kg/10a, respectively.

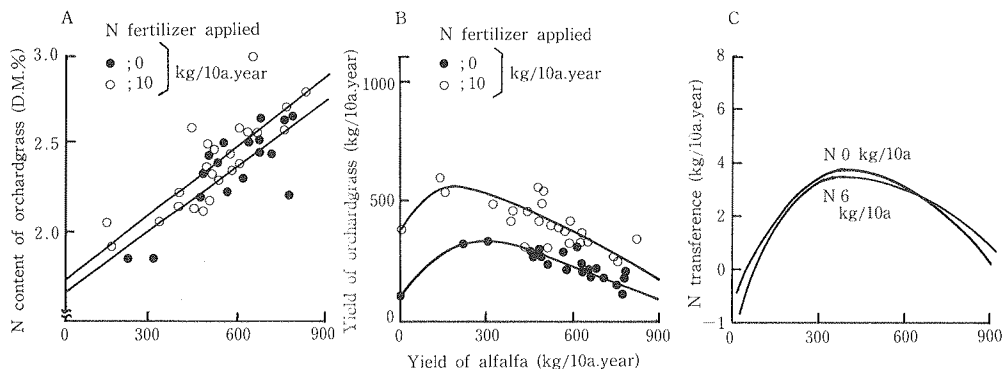


Fig. 2. Effect of alfalfa yield on N content(A) and yield of orchardgrass(B), and N transference (C).

成時の播種割合や前年度までの施肥量を変えて AL 収量の異なる条件を設定し、それと OG の N 含有率の関係をプロットした。(図 1)。各番草とも AL 収量の増加にともなって N 含有率は直線的に高まっていた。N 施用により AL 収量が低い場合には、明らかに OG の N 含有率が高まる傾向であったが、AL 収量が高まると、N 施用・無施用間の差は不明瞭な場合が多く OG の N 含有率が AL からの移譲 N によって支配されていることが理解できる。

図 2 A には、OG の年間平均 N % を示した。これも当然、各番草と同様の傾向であった。図 2 B には、OG と AL の年間合計乾物収量の関係を示した。同一 AL 収量でも N 施用により明らかな OG 収量の増加がみられた。その差は、AL の収量が低いほど、言い換えると、N doner が少ないほど大きかった。それとは逆に、AL 収量 = N doner が大きいほど N 施用・無施用間の差は小さくなっていた。これは N 含有率の場合と同様に AL 収量の大きい条件下では、OG 収量も AL からの移譲 N によって支配される割合が大きくなっていることを示している。さらに図 2 C に図 2 A、B のデータをもとに表 3 の NT₃ の方法で算出した N 移譲量を示した。これによると、N 施用・無施用間の N 移譲の差は総じて小さく、N 移譲は 0 ~ 6 kg/10a の N 施用の範囲ならば、主に AL 収量によって支配されることが理解される。また、N 施用・無施用とも AL 収量 400kg/10a 付近に N 移譲量の極大値を有しており、それ以上、あるいはそれ以下では低下した。すなわち、N 移譲からみた最適 AL 収量は、400kg/10a 程度であり、AL 率に換算すると N 施用区で約 45%、N 無施用区では約 55% であった。

AL 収量がこれ以下になると N doner の不足から N 移譲量は低下し、AL 収量 200kg 以下では OG 収量の低下も著しい。

そこで次に、AL からの移譲 N 量からみた OG・AL 混播草地の N 施用量の目安について検討を加える。N 無施用条件では、AL 収量が高いほど OG・AL 合計収量は増加した。(図 3 A) 本試験に併置された N18kg/10a 施用の OG 単播区の収量は 1,004kg/10a であり、これと OG・AL 合計収量との差は、OG の N 不足による減収により生ずると考えることができる。図 3 A に矢印で示した減

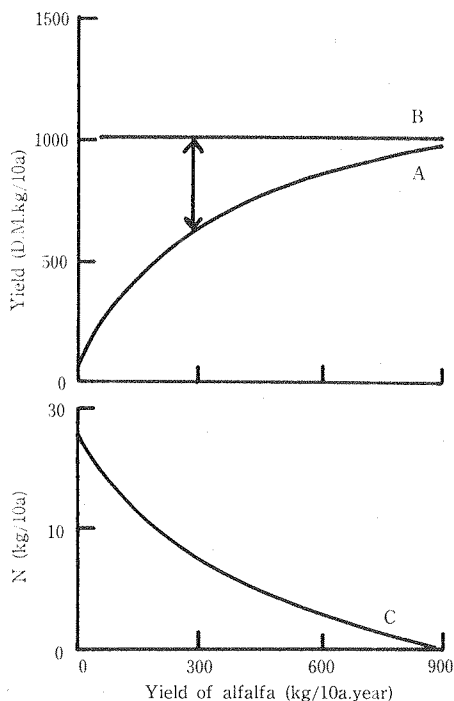


Fig. 3. The demand of N fertilizer in orchardgrass-alfalfa mixture.

- A; Total yield of orchardgrass-alfalfa mixture.
- B; Possible yield of orchardgrass-alfalfa mixture, which were predicted from the yield of orchardgrass in pure stand applied with adequate N fertilizer. The arrow indicates the reduction of orchardgrass yield that was due to N deficiency.
- C; The quantity of nitrogen fertilizer which are necessary to replenish the deficiency.

収量はそれに相応する N を施用することにより回復可能である。草地における施肥 N の見かけ上の利用率はほとんど 100% なので¹⁾、矢印の減収分に上記の OG 単播区の N 含有率 1.98% をかけたもの (図 3 B) が、OG にとっての N 不足量となり、単純に考えれば、これを施肥の形で補ってやればよいことになる。

しかし、N 増肥は OG 生育を向上させるのとは裏腹に、競合条件の激化により AL 収量を低下させ、N 移譲量をさらに減少させる危険性をはらんでいる。また AL の生産力は土壤の水分条件によって異なることが報告されている³⁾。OG-AL 草地

に N を施用した場合の AL 率減少程度も同様の条件によって左右されている可能性が大きい。それ故、AL 率が低い場合には増収をねらって積極的に N 増肥をしても AL の維持上さほど問題のない草地と、N 施用を行なわない方が良い草地の区分を明確にした上で、N 施用可能な場合の施用量の上限を設定することが必要であろう。

N 移譲の機作としては、①地上部残渣の還元によるもの、②死根・死滅した根粒由来、③根からの低分子 N 化合物の分泌が考えられている。AL の場合、のちに論ずる LC と異なりイネ科草との光競合に強いいため、生育中の競合による枯死が少ない。また、最終刈りとりが10月20日前後のため、その後の AL の生育、越冬による枯死→還元が少ないので①の系路による N 移譲量は多くないと判断できる。また、生育中の根粒の死滅もほとんど認められず³⁾、②もさほど寄与していないと思われるので、残された③が有力な N 移譲系路と考えられる。これについては、Simpson¹³⁾も同様の指摘を行なっている。さらに③は N 源が主に低分子の N 化合物として供給されるため最も lag-time の短い N 移譲系路と考えられており、これは OG の N 含有率が直接 AL 収量と直線関係にあったことと一致している。

この項の最後に AL の N 固定能と OG 混播の関係について論じておく。一般にイネ、マメ混播草地のイネ科草はマメ科草の N 固定に対して、光競合を通じて抑制的に働くが、一方土壌中の N を

取り除いて根粒を活性化することから促進的にも働くという両面性が指摘されている⁷⁾。そこで、図2のA、Bから、AL の N 固定能の1つの指標として単位 AL 収量当りの N 固定量を算出した(図4)。算出式は(単位 AL 当りの N 固定量) = (AL の N 吸収量) + (OG の N 吸収量) - (施肥 N) - (土壌からの N) である。これによると、N を施用した場合の方が N 固定量が低下するのはもちろんであるが、N 施用・無施用とも AL 率の高い領域で N 固定量の低下が起こっている。これには、AL 率が高くなった場合、AL からの N 移譲量が、N acceptor としての OG の能力を上回ってしまい、それを AL 自身が再吸収することにより、N 固定能が低下したものの解釈が可能である。この意味では、OG-AL 草地の OG の意義として、AL の根から分泌する N を吸収することにより N 固定力を高め草地の N 経済を良い方向にもって行くことが付け加えられる。

2) OG-LC 混播の場合

この場合も OG-AL 混播と同様の系路で N 移譲が起こっているとすると、LC 収量に従って OG の N 含有率が直線的に上昇するはずである。そこで、天北農試試験圃場内の N 施用の行なわれていない OG-LC 混播草地における1番草(1985年度)の OG N 含有率と LC 収量の関係をプロットしたところ(図5)、OG-AL で認められたようなマメ

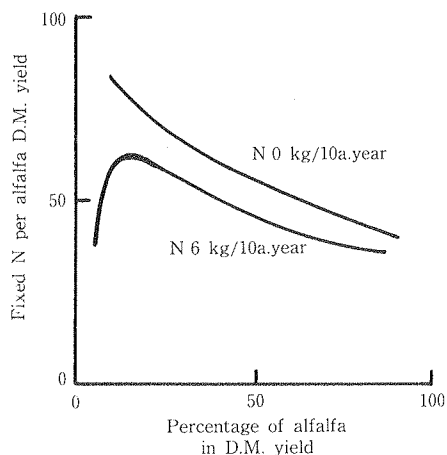


Fig. 4. Relation of alfalfa percentage in mixed sward to N fixation ability of alfalfa.

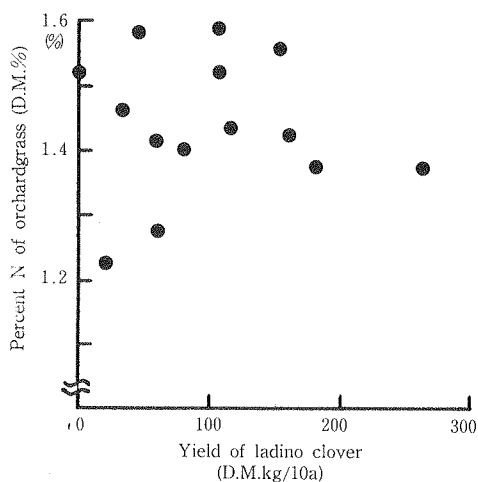


Fig. 5. Effect of ladino clover yield on percent N of mixed orchard grass in 1st cutting.

Table 4. Dry matter yields and N transference in the orchardgrass and ladino clover mixture.

Date	Dry matter yield (kg/10a)		N yeild of grass (kg/10a)	N transe-ferance (kg/10a)
	Grass	Legume		
1976	320	186	7.2	6.6
1977	432	150	10.2	9.5
1978	542	41	10.4	9.7
1979	260	20	4.6	3.9
1980	212	102	4.3	3.7
1981	425	180	9.0	8.4
1982	449	111	7.9	7.2
1983	529	306	10.9	10.3

科収量増による直線的な N 含有率の上昇は観察されなかった。次に、比較的長期にわたって行なわれている OG-LC 混播試験の無窒素区の収量調査結果から N 移譲量を表 3 の NT₃ の方法で算出した(表 4)。この N 移譲量と当年の LC 収量との相関係数は 0.520 と低かったが、前年度の LC 収量との相関係数はそれより高く 0.756 であった。Herriott²⁾, Simpson¹⁴⁾ らもこの結果と同様に N 移譲量は当年度よりも前年度の収量に左右されるとしている。

Simpson は LC の場合 AL と異なり生育中の根からの N 化合物の分泌は少ないと推定している。そうであれば OG-LC 混播の OG への N 供給源は、LC の地上部残渣、または刈り取り・越冬による枯死根・脱落根粒に由来することになる。LC の乾物収量の最大時期は各番草の前にあり、その後、イネ科草との光競合のために減少する場合があることが観察されている。この減少量はおそらく、各番草収穫時の LC 収量が大いほど多くなる。また、OG-LC 混播の最終刈り取りは 9 月下旬であるので、その後に若干の LC の生育・N 固定が行なわれる。この越冬前生育は越冬中に枯死して有力な N 移譲源になるであろうが、その量は当然その年の LC 収量をそのまま引き継いでいるはずである。こうして供給される地上部残渣の無機化は、根からの低分子化合物の無機化より時間がかかる。言い換えると time-lag がより長いと考えられ、これが LC の N 移譲量が当年より前年の LC の DM と相関が高かった要因であろう。

次に N 移譲量と LC 収量の相互関係について

若干の検討を加える。表 4 によると LC の収量は最大でも約 300kg/10a であり、図 2 C の N 移譲が最大となる AL 収量 400kg/10a には及ばない。さらに、同じ収量であっても LC の方がほ伏型で OG との競合上、より劣勢であることをあわせると、天北地方の自然条件では AL にみられたようなマメ科率が多すぎて N acceptor が制約されることによる N 移譲量の低下はないと言える。逆に N 移譲により LC 収量が抑制される可能性が指摘された。表 4 によると、造成初期のマメ科率は高く、従って次年度の N 移譲量は多くて OG 収量が増加し、競合激化によって LC 収量の低下が起こるとの解釈が可能である。この LC 収量の低下分は緑肥的に働いて OG への N 供給をふやし、さらに LC 収量を減少させている。そして、LC 収量が下限まで低下すると、翌年の OG への N 移譲量が少なくなるので OG の生育は低下し、競合条件は緩いで LC が増加し、再び同じサイクルをたどる可能性がある。ちなみに具体的な数字はとらなかったが、1984 年の LC 収量は再び大幅に減少していた。実際の圃場条件での LC 収量は他に pH 低下等の草地の経年化による土壌化学性の変化や気象要因の影響を受けて、より複雑ではあるが、LC 収量の年次変化を論ずるためには N 移譲も考慮されなければならないことが理解されよう。

また、LC の N 固定とイネ科草との関係について付け加えると、LC は AL と異なり、OG との競合に劣勢であるので、OG は LC の光合成抑制を通して N 固定に対してマイナスに働くことが多いと考えられる。このことから OG-LC 草地においては、LC からの移譲 N の不足分を施肥により補填することは、LC 収量の低下を招くことが多いので好ましくなく、OG-LC 草地の利用は主に目標収量の低い場合となるであろう。

3) TY と AL, LC との混播

TY-AL の場合も、OG-AL と同様に AL 収量の増加に伴って TY の N 含有率は上昇した(図 6 A)。TY は AL に比べて 1 番草刈り取り後の再生が悪く、AL との光競合において劣勢になるので、競合条件を TY にとってより有利にするため N 施用を比較的高水準の年間 5, 10kg/10a の 2 段階とした。それでも造成 3 年目で AL 収量が 400kg/10a 以下の混播区は得られなかったため、AL 収量が 0 から 400kg の間では TY 収量は競合のた

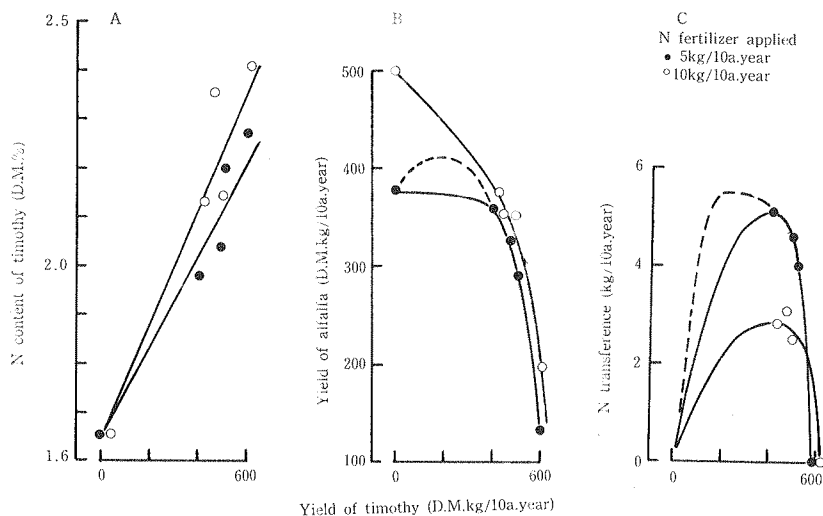


Fig. 6. N content (A) and D.M. yield (B) of timothy, and N transference in relation to alfalfa yield (1984).

め漸減するのみののか、あるいはOG-ALのように一度増加してから減少していくのか不明であった(図6B)。推測ではあるが、N10kg/10a施用では、TY単播区の収量は相当高いのでAL収量増加に伴ってTY収量は漸減していくのであろう。一方、N5kg/10a条件ではTY単播区の収量はN不足のため低く、破線で示すように、AL収量増加に伴うN移譲量の増大で1時上昇し、後にALとの競合により減少するパターンをとると推察される。図5のA、BをもとにN移譲量を算出した(図6C)。図6Bの破線に対応するN移譲量は図6Cにも破線で図示した。これによるとN移譲量の最大値はN5kg/10aの施用条件で約5kg/10a、N10kgでは3kg/10aであったが、AL収量0~400kgの混播草地が得られていないためN移譲量が最大となるAL収量については不明であった。

OG-ALとTY-ALのN移譲を考える上での相違点として次の2点があげられる。第一点は、TY-ALの最終刈り取りが9月上旬であり、刈り取り後に行なわれるALのN固定の一部がN移譲源となることである。1984年度の例によるとALは越冬直前にその茎葉に約7kg/10aのNを蓄積しており⁹⁾、これは越冬中ほとんど土壌に還元されていると推定される。第二点は、TYがOGと比べてALとの競合で劣勢であること、すなわ

ち、N移譲におけるN acceptorが常に不足していることである。このN移譲を増加させる要因と、逆に制約する要因とが相殺しあって図6Cに示すように、TY-AL混播のN移譲量の最大値がOG-ALの場合と大差ないものになったと考えられる。

次にTY-LC草地の例について述べる(表5)。1983年から1985年にかけて、どの区でもTY収量は増加し、LC収量は減少した。特に年間合計N施用量0kgのTY収量は1983年度に同N10kg/10a区の1/3以下であったものが、1985年には約16%減まで激増した。これは、表5にみられるようにN移譲量の増加によってもたらされている。

OG-LC混播でN移譲量は前年度のLC収量に左右されていたが、TY-LCでは、1984年のLC収量が1983年のそれより小さいのにもかかわらず、1985年のN移譲量は1984年より大きかった。これを理解するためには、次の2つの要因を考慮する必要がある。ひとつは、ALとの混播の場合と同様にTY-LCの場合も最終刈り取りが9月上旬となるため、その後のLCの生育が翌年のN移譲を左右することである。もうひとつは、収穫時のLC収量が必ずしも各番草のLC生育=N固定量を反映していないことがあげられる。TYの生育は1番草の越冬期以降と1番草刈り取り後に一時スローになる。その間隙には伏型であるLCが繁茂する

Table 5. Dry matter yields, nitrogen yields and nitrogen transference in timothy-ladino clover mixture.

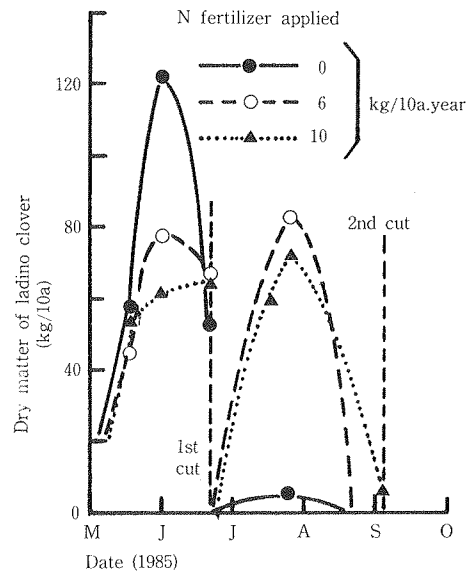
Date	N applied (kg/10a)		Dry matter yield (kg/10a)		N yield (kg/10a)		N transference (kg/10a)
	1st	2nd	Grass	Legume	Grass	Legume	
1983	0-2		244	321	4.9	13.0	2.6
	4-2		621	246	9.7	9.6	1.5
	6-4		853	180	13.8	7.2	1.5
1984	0-0		460	167	9.2	6.4	7.4
	4-2		605	125	12.0	4.4	4.4
	6-4		700	92	12.7	3.4	1.1
1985	0-0		858	52	15.5	2.0	13.6
	4-2		1,089	66	20.9	2.5	13.1
	6-4		1,024	70	20.5	2.8	9.7

余地ができる。この LC は収穫期までには主に TY との光競合により減少し (図 7), その減少分が土壤に還元されて、次番草に N 移譲となって現われると考えられる。

以上のように、TY-LC 混播では各番草の間に最大生育量を示す LC の生産力的意義は大きい。そして、ある程度の N 施用を行なっても、前述のように TY の性格上 LC の生育する余地があるので、TY-LC 混播は N 移譲を有効利用しつつ、不足分を施肥で補う管理のできる可能性のある組合せと言え、長期的な植生推移も併せて検討していく必要がある。

3. 土壌の変化

前項で述べたように N 移譲には 3 つの系路が考えられているが、いずれも N の流れは、マメ科草→土壤→イネ科草であり、土壤が介在している。また、マメ科草から土壤への N の流れは主に有機態 N であり、それが土壤中で微生物によって無機

**Fig. 7.** Growth curve of ladino clover in mixture with timothy.**Table 6.** Nitrogen and microbial enrichment in the soil with legumes.

Plot	Incubate N (mg/100g. soil)			Microbial count (9th May)		
	9th May	26th July	27th Sept.	Bacteria (10 ⁶ /g)	Gram neg. bacteria (10 ⁶ /g)	Fungi (10 ⁴ /g)
OG single	8.1	8.5	8.3	37.4	1.3	12.0
OG-AL	7.8	9.8	7.1	49.2	2.3	14.0
TY single	7.4	4.1	5.3	54.6	2.3	6.7
TY-AL	15.7	10.4	5.8	81.3	7.4	14.0
TY single	6.1	9.6	6.4	39.2	2.2	5.9
TY-LC	19.1	13.0	11.9	98.5	6.1	21.7

態 N となってイネ科草に受け渡されると考えられるので、土壤微生物も重要な役割を演じていると言える。そこで、N の通り道としての土壤および微生物がマメ科混播によりどのように変化するかを検討する。まず、土壤への N 付加を検討するため、表 1 に示した圃場 (OG-LC を除く) と、それに併設したイネ科草単播区の培養 N を表示した (表 6)。OG-AL 区は OG 単播区との差が明確でなかったが、TY-AL 区は 5/9, 7/26 の測定時に、TY-LC 区は全測定時に TY 単播区より高い培養 N を示した。本試験では、OG-AL 最終刈り取り時期は 10 月下旬であり、それ以降 AL の生育はほとんどみられないのに対して、TY 混播区の最終刈り取りは 9 月上旬であり、その後 AL, LC それぞれ 50kg/10a 以上の生育量がある。越冬前生育の一部は土壤に還元され、それが TY-LC, TY-AL 混播草地にみられる春先の土壤培養 N の上昇をもたらしたのであろう。また、TY-LC, TY-AL 区とも秋に向けて培養 N の低下がみられたが、その程度は TY-AL の方が大きい。前項までに、AL の N 移譲は根からの分泌物によるところが大きく、LC の場合は地上部残渣の還元が N 供給源になっていると推定した。根からの分泌物は低分子であり、マメ科→土壤→イネ科への動きが速いために培養 N として捉えにくいのに対し、LC のような地上部からの N 供給は動きがより遅く、培養 N として捉えやすいと考えられる。さらに、生育期の脱葉→土壤への還元はイネ科草との競合力の強い AL よりも LC の方が大きい。これが TY-LC 区の土壤がより高い培養 N を有している要因と推察される。

次に、微生物数をみると、マメ科草の導入により、どの組合せでも微生物数の増加が起きている (表 6)。マメ科草はイネ科草と比べ、粗蛋白量が高いなど、微生物の基質としてより優れていると思われる。それ故、微生物の増加程度は、生育期を通してマメ科残渣の還元される TY-LC 区で最も大きく、主に秋にのみ還元される TY-AL 区がそれに続いた。OG-AL 区ではマメ科草残渣の還元は多くなく、その微生物数上昇は主に根からの分泌物によりもたらされており、微生物数増加の程度は最も小さかった。

マメ科草により、いわば励起された微生物相は、ただマメ科残渣および根からの分泌物を分解する

にとどまらず、より難分解性のイネ科残渣、草地表層蓄積有機物、土壤有機物等の分解も行なうと考えられる。草地においては、微生物活性の低下→有機物の蓄積が問題となっているが、マメ科草の導入により、微生物が活性化され、この状態がいくらかでも改善されることが示唆される。すなわち、パークのような難分解性資材の堆肥化においては、易分解性のケイ糞等を加えて微生物を励起状態とし、その力によって難分解性パークの分解を押し進めようとするが、同様のことが、マメ科草を導入した草地でも期待できる。

天北地方の草地生産における最大のネックは N 投入量の不足と、その土壤中での循環の遅延である¹²⁾。本試験の結果からマメ科草導入により草地への N 供給量が増し、その一部はマメ科ばかりでなくイネ科草へも供給されることが明らかになった。この N 移譲量はマメ科草の性格や刈り取り等の栽培法、並びにマメ科収量により左右されていた。さらに、マメ科草によって活性化された土壤微生物により草地の物質循環が促進される可能性が示された。このことから、マメ科草は上述の草地生産上の隘路を突破する鍵の 1 つとすることができる。本試験では主に、イネ-マメ混播草地の生産力的特性について検討し、植生の維持問題については特に大きく触れなかったが、単に栽培上の要因のみでなく、気象、土壤条件も含めてマメ科草維持の方向性が明らかになれば、草地生産に資すること大と考える。

謝 辞：本研究の端緒を開かれ、とりまとめにあたっては御校閲と御指導をいただいた中央農業試験場化学部高尾欽弥部長に深く感謝します。また、天北農業試験場斉藤 亘博士、中央農業試験場大崎玄佐雄部長には本報告の御校閲をいただいた。天北農業試験場三木直倫氏には本研究の遂行にあたり、物心両面から絶大な御協力をいただいた。以上の各位に心から感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 早川康夫, 橋本久夫, 奥村純一. “根釧地方の牧野改良, 6, 耐減肥性牧草の比較とイネ科牧草へのクローバ固定窒素の移譲”. 北海道立農試集報. **15**, 101-112 (1967).
- 2) Herriott, J. B. D.; Wells, D. “Clover nitrogen and sward productivity”. J. Br. Grassl. Soc. **15**, 63-69 (1960).
- 3) 東田修司. “混播草地における N 循環とマメ科草の維持技術”. 北海道草地研究会報. **20**, 30-36 (1986).
- 4) 平島利昭, 能勢 公, 袴田共之, 奥村純一. “極寒冷地域における放牧草地の維持管理法, 1, イネ科牧草に対するシロクローバの窒素移譲”. 北海道立農試集報. **23**, 44-54 (1971).
- 5) 北海道立天北農業試験場. “マメ科牧草の窒素固定利用による低コスト管理”. 草地土壤指定試験成績書. 1984. p. 70.
- 6) 伊藤憲治, 土屋 馨, 関谷長昭, 湯藤健治. “天北泥炭地における草地利用の実態と牧草の採食性に関する意識調査”. 北農. **52** (6), 1-17 (1985).
- 7) Jinki Jo; Yoshida, S.; Kayama, R. “Effect of legume/grass association on the growth and symbiotic nitrogen fixation of leguminous forages”. J. Japan. Grassl. Sci. **30**, 351-359 (1985).
- 8) Johnson, L. F.; Curl, E. A. “Methods for research on the ecology of soilborne plant pathogens”. Burgess Publishing Co., Minnesota, 1972, p. 192-196.
- 9) 北岸確三. “ニュージーランド草地農業における土壌肥沃度の諸問題”. 日土肥誌. **32**, 115-120 (1961).
- 10) Ledgard, S. F.; Freney J. R.; Simpson, J. R. “Assessing nitrogen transfer from legumes to associated grasses”. Soil Biol. Biochem. **17**, 575-577 (1985).
- 11) 三木直倫, 高尾欽弥. “経年酸性化草地における施肥窒素の利用率と土壌窒素供給力”. 北海道立農試集報. **51**, 43-54 (1984).
- 12) 三木直倫. “畜産草地系における窒素サイクル管理上の問題点”. 北海道土壌肥料研究通信. 1984. p. 17-32.
- 13) Simpson, J. R. “The transference of nitrogen from pasture legumes to an associated grass under several systems of management in pot culture”. Aust. J. Agric. Res. **16**, 915-926 (1965).
- 14) Simpson, J. R. “Transfer of nitrogen from three pasture legumes under periodic defoliation in a field environment”. Aust. J. Exp. Agric. Animal Husb. **16**, 863-870 (1976).
- 15) Vallis, I; Henzell, E. F.; Evans, T. R. “Uptake of soil Nitrogen by legumes in mixed swards”. Aust. J. Agric. Res. **28**, 413-425 (1977).

The Nitrogen Transference from Legumes to Associated Grasses under Pasture in the Tenpoku District

Shuji HIGASHIDA*, Masayuki HOJITO** and Akira NISHIMUNE**

Summary

The beneficial effect of legumes on the development of grass growing in association in pasture is well known. It is generally assumed that this effect is due to nitrogen fixed by the legumes and transferred to the grasses. In the present investigation, alfalfa (AL) and ladino clover (LC) were each grown in association with orchardgrass (OG) or timothy (TY) in order to study on the extent of N transference from these legumes and on practical significance of N transference in heavy clay soil in the Tenpoku district.

In the case of the AL mixture, N content of grasses was directly increased with AL yield. There the return of the residue of upper ground part of plant materials was thought to be a little. These facts suggested that the transference of nitrogen from AL may have involved a considerable degree of nitrogen excretion from its root. The transference of N depend on the ratio of AL yield (=N doner) and grass yield (N acceptor). When the legume yield was extremely high, the N transference was low because of the restricted N acceptor. Thereby the low legume yield, which could not provide adequate nitrogen for grasses, resulted in a small N transference and consequently low grass yield. This experiment indicated the OG-AL mixture showed the maximum N transference (5kg/10a. year), when AL yield was 400kg/10a.

In OG-LC mixture, N content of OG was not clearly related to the LC yield and N transference was significantly correlated with the LC yield in the previous year. So the principal mechanism of N transference was likely to be the deposition of upper ground part of plant materials especially in the previous year. The maximum N transference from LC observed in this experiment was 10kg/10 a. year to OG and 13kg/10a. year to TY. Comparing AL mixture, the low competitive ability of LC approximately doubled the quantity of N transfered, since yield of N doner (=LC) did not restrict the yield of N-acceptor (=grass).

The enrichment of available nitrogen and microorganisms were observed in the soils of the legume mixture and it was more pronounced especially in that of the LC mixtures.

These results indicated that quantity of N transference could match the amount of commonly applied N fertilizer in the farmer's pasture of the Tenpoku district. So we confirmed that more effective use of N fixation and it transference was one of the key to the increase of pasture production.

*Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082, Japan.

**Hokkaido Prefectural Tenpoku Agricultural Experiment Station, Hamatonbetsu, Hokkaido, 098-57, Japan.