

氏 名 (本籍) さ 佐 と う 藤 と く 徳 お 雄

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 283 号

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 60 年 3 月 14 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当

学 位 論 文 題 目 東 北 地 方 の 酸 性 火 山 灰 地 に お け る 牧 草 ・
畑 作 物 輪 作 に 関 す る 実 証 的 研 究

論 文 審 査 委 員 (主 査)

教 授 酒 井 博 教 授 庄 子 貞 雄

教 授 星 川 清 親

論文内容要旨

東北地方の高冷地畑作酪農地帯における飼料生産の実態をみると、牧草は青刈作物や畑作物と区別し、専用草地として永年的に利用する傾向がみられ、青刈作物や畑作物との輪作は殆んど行われていないのが現状である。特に、牧草は多肥栽培によって高位生産が可能になったため、イネ科牧草とマメ科牧草との混播は、混播率維持の困難性、乾草や埋草調製上の困難性などの点から敬遠され、イネ科牧草の単播が多くなりつつあるが、これは、家畜の栄養の面ばかりでなく土壌管理や牧草自体および牧草と輪作的に組み合わせる一般作物の生育収量上からも、マメ科牧草などを混播する生産方式を再検討・再評価する必要があるものと考えられる。

こうした観点から、本研究は、東北地方の酸性火山灰地における安定的な飼料生産と合理的な畑地利用をはかる目的で、東北大学農場において、牧草を永年栽培した場合と青刈作物や畑作物と輪作した場合との牧草収量の差異について検討する一方、青刈作物や畑作物のみを輪作した場合との青刈作物および畑作物の収量を比較し、これを土壌の理化学性および雑草の発消長の面から検討した。

永年牧草区の栽培年数は15年（1965～1974年）とし、牧草と青刈作物・畑作物輪作区の栽培年数は、牧草3年、青刈作物・畑作物2年とし、これを永年牧草区に対応して3期（15年）に亘ってくり返した。得られた結果の大要はつぎのとおりである。

1. 永年牧草畑における乾物収量の経年的推移

まず、牧草を永年栽培した場合の乾物収量の経年的推移を明らかにするために、オーチャードグラスとラジノクローバの混播区（Or + La 区）およびオーチャードグラスとアルファルファの混播区（Or + Al 区）を設け、年4～5回の刈取りを15年間に亘って行い、乾物収量の推移を追跡した。

その結果、牧草の乾物収量は両区とも年次的変動がみられたものの、採草利用2～3年で最大値に達し、以降裸地化の進行、雑草の発生量増加も相俟って漸次減少する傾向を辿ることが明らかになった。また、刈取時期別の収量は春期>夏期>秋期の順で、春期には収量も多いが、その変動も大きく、特に、1番刈収量の多少が年収量に大きく影響していることが認められた。そして、収量の季節的および年次的変動に気象要因が大きく関与していることが明らかになった（図1, 2）。

このように、永年牧草区の牧草収量は経年的に減少し、一定の収量を維持することができなかつた。従って、収量の安定性からみて、採草として利用する場合の牧草の栽培年数は4～5年を限度とすることが望ましいものと推察された。

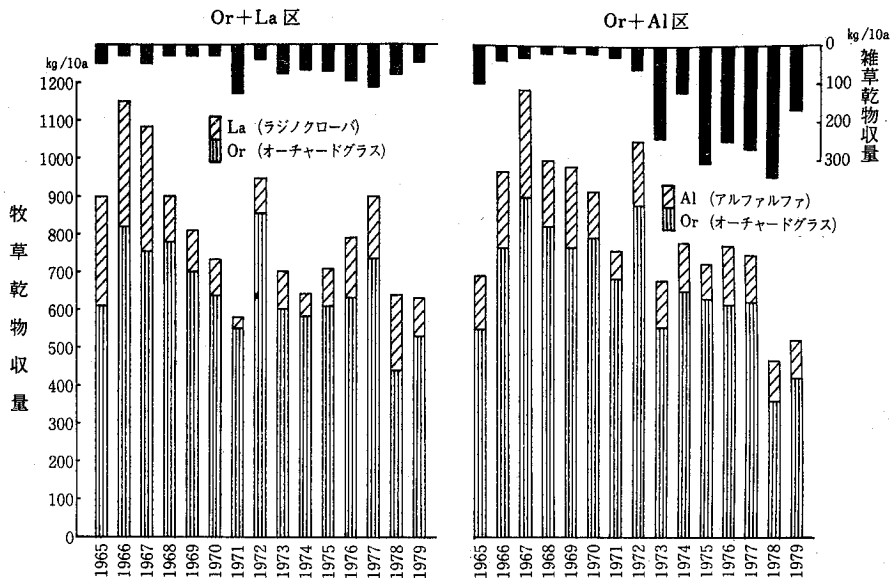


図1 永年牧草区(a)における乾物収量の経年的推移(1965~1979年)

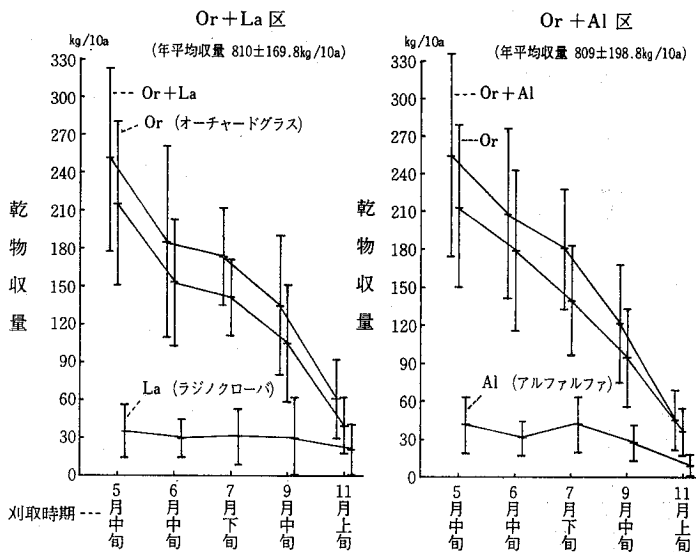


図2 永年牧草区(a)の刈取時期別乾物収量
(1965~1979年の15ヶ年, 平均値±標準偏差)

2. 青刈作物・畑作物を輪作することによる牧草の乾物収量

次に青刈作物や畑作物と輪作した場合の牧草収量の草種間差異を検討する一方、永年牧草区との収量を比較し、牧草生産からみた合理的な作付方式を検討した。

輪作区における牧草の全期間の平均収量を比較してみると、オーチャードグラスとラジノクローバ混播(Or+La)の乾物収量はラジノクローバの生育不良により1,000kg/10a台に止まり、

窒素を多く施用したオーチャードグラス単播 (Or) の収量と同じ程度となった (図3) が、混播に挿入する青刈作物や畑作物の種類をかえても変動が少なく、安定した収量が得られた (図4)。H₁ ライグラス (H₁) は Spring flush により1~2 番刈収量は多いが、越夏後の収量の落ち込みが大きいので、前2者よりも減収した。マメ科草種は雪害や虫害、再生不良などによって裸地化し、雑草の侵入も相俟って減収した。草種別ではラジノクロバ (La), アルファルファ (Al), レッドクロバ (Re), の順であった (図3)。

上述の牧草栽培年次と同年次における永年牧草 (Or + La) 区の乾物収量を100として、輪作牧草区の乾物収量を比較してみると、同種のOr + La ではI期が100, II期が125, III期が127, Or では、それぞれ105, 126および118で、II期, III期では、ともに永年牧草区の収量を凌駕したが、その他の草種は、いずれも永年牧草区の収量よりも劣った (図5)。従って、牧草を安定的に生産するためには、Or + La およびOr と輪作するのがよく、とりわけ、窒素施肥量が少なく安定多収が得られるイネ科とマメ科の混播草種を輪作に組み入れるのが合理的であることが認められた。

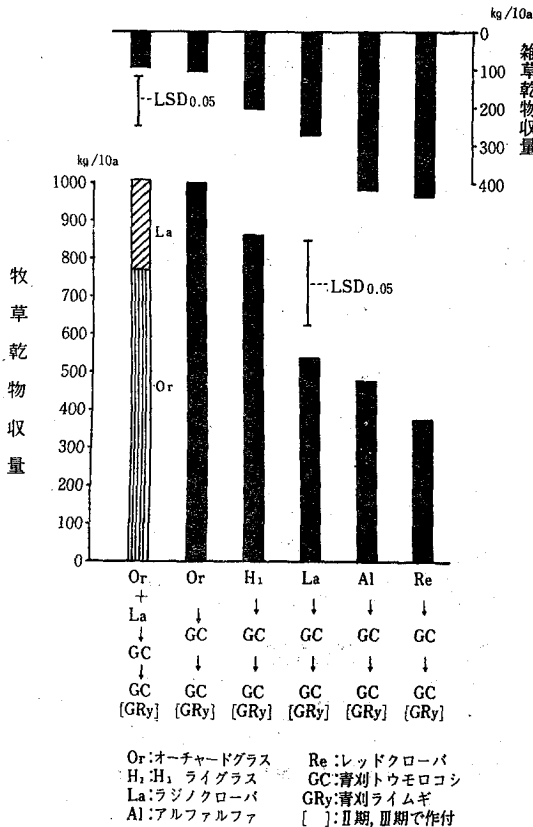


図3 数種牧草と青刈作物の輪作区 (b-1) における牧草と雑草の3期平均乾物収量比較

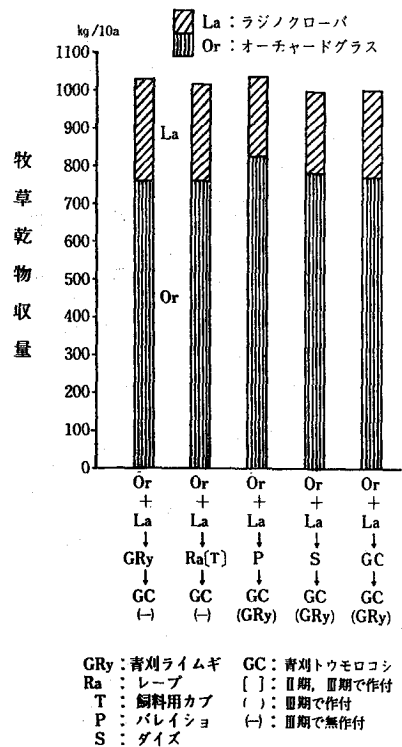


図4 混播牧草と青刈作物・畑作物輪作区 (b-2) における牧草の3期平均乾物収量の比較

3. 輪作に挿入した青刈作物・畑作物の乾物収量

次に、牧草との輪作区に挿入した青刈作物および畑作物の収量と青刈作物・畑作物輪作区に挿入した同種作物の収量の差異について検討した。

牧草との輪作区および青刈作物・畑作物輪作区に挿入した青刈トウモロコシ(GC), 青刈ライムギ(GRy)の収量は4年次のGCでは前者の方が13%ほど多くなったが、5年次のGC, GRyでは両者間の差は僅少であった。しかし、処理区全体では5年次のGRyを除いては有意差($P < 0.05$)が認められた。

草種間ではイネ科牧草との輪作区よりもマメ科牧草およびイネ科とマメ科の混播牧草との輪作区の方が多くことが認められているが、牧草収量を考慮した場合には混播牧草との輪作が有利であることが明らかになった(図6)。また、混播牧草との輪作区(b-2)に挿入した青刈ライムギ(GRy), 飼料カブ(T), パレイショ(T), ダイズ(S)の収量も、青刈作物・畑作物輪作区(C)に挿入した同

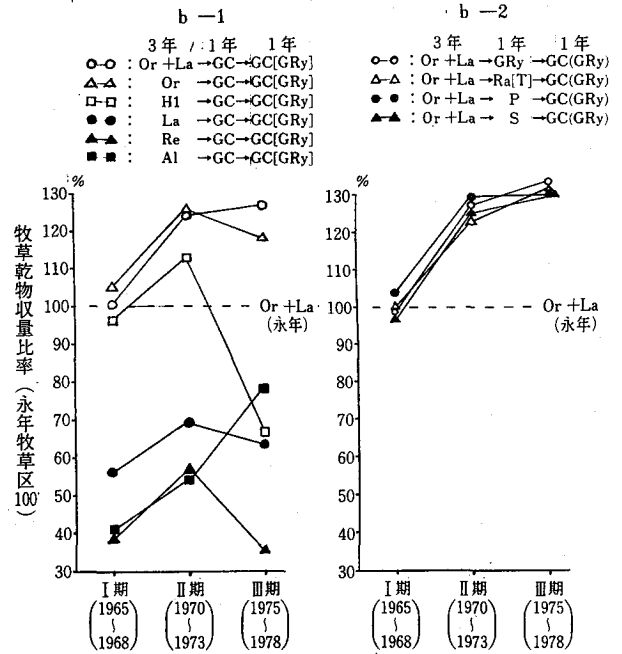


図5 永年牧草区(a)に対する数種牧草と青刈作物輪作区(b-1)および混播牧草と青刈作物・畑作物輪作区(b-2)における牧草の収量率
(注) ()内はII期, III期で作付, ()内はIII期で作付

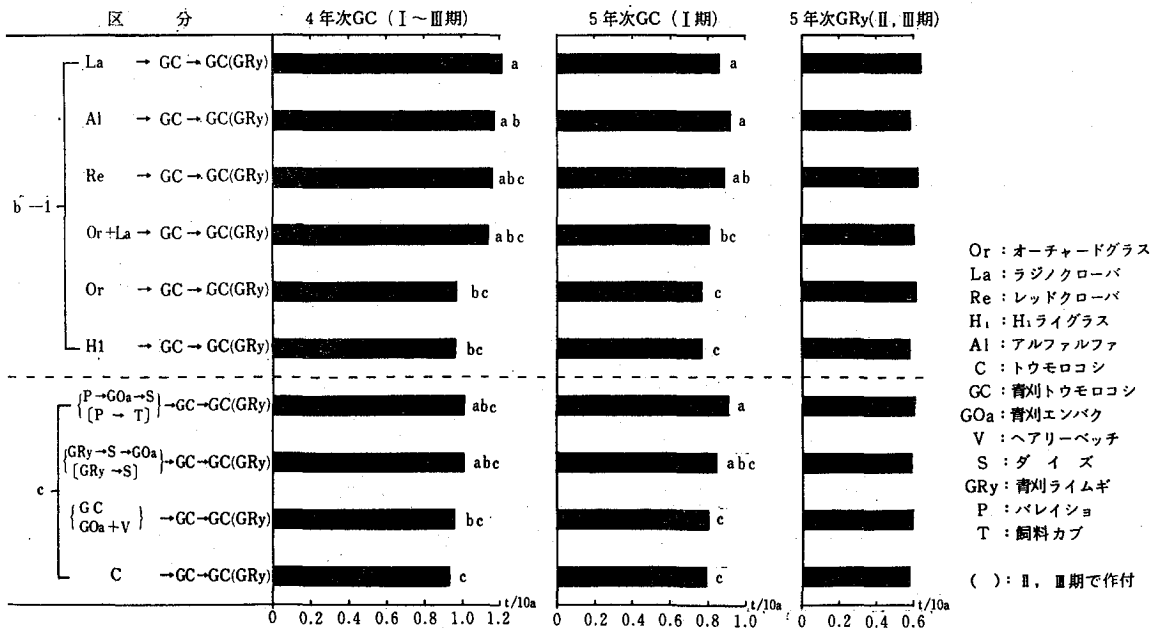


図6 牧草との輪作区(b-1)と青刈作物・畑作物輪作区(c)におけるGC, GRyの3期平均乾物収量の比較

(注) 図中のa, b, cはLSD_{0.05}以上異なっていることを示す

種作物の収量よりも、それぞれ47%、18%、16%および16%(子実は14%)ほど多いことが明らかになり(図7)、畑輪作への牧草導入の効果が大きいことが認められた。即ち、混播牧草(Or+La)と青刈作物および畑作物とを輪作することは、牧草自体の生産安定をはかる上からばかりでなく、青刈作物や畑作物の生産安定をはかる上からも合理的であることが明らかになった。

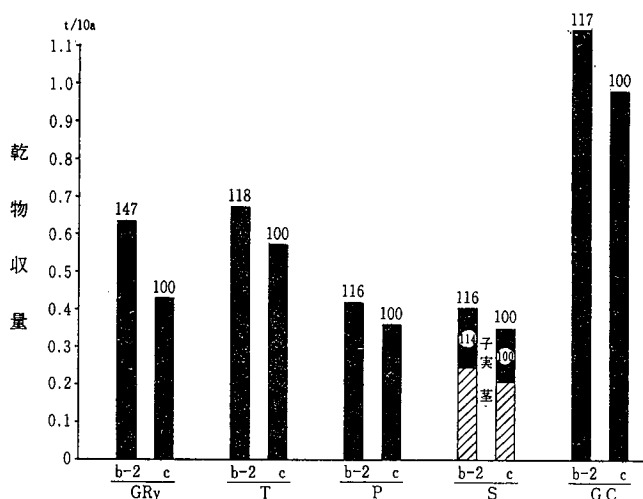


図7 混播牧草との輪作区(b-2)と青刈作物・畑作物輪作区(c)における青刈作物および畑作物の3期平均乾物収量の比較

4. 輪作に挿入した青刈作物の無機成分吸収量

牧草との輪作区(b-1)および青刈作物・畑作物輪作区(c)に挿入した青刈トウモロコシ(4年次)の無機成分吸収量は乾物収量の推移と同様の傾向を示し、概して、イネ科牧草および青刈作物・畑作物との輪作区に比較して、マメ科牧草およびマメ科を含む混播牧草との輪作区で多いことが認められた。その原因は、後述するように、蓄積有機物に固定窒素が富化されて土壌が肥沃化したためであり、挿入作物(青刈トウモロコシ)の窒素吸収に伴って生育が旺盛になり、その他の無機成分吸収量も増大したためであることは、青刈トウモロコシの乾物収量と無機成分吸収量との相関、および窒素吸収量とその他の無機成分吸収量との相関が有意な値($P < 0.01$)を示していることから推察された(図8)。

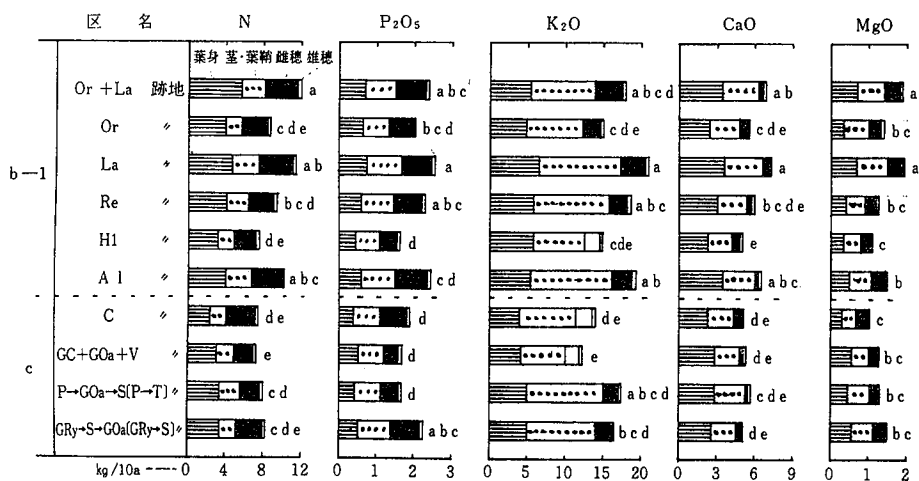


図8 牧草との輪作区(b-1)と青刈作物・畑作物輪作区(c)に挿入した青刈トウモロコシの無機成分吸収量の比較
(注) 図中のa, b, c, d, e はLSD_{0.05}以上異なっていることを示す。

5. 輪作の基幹作物として組み入れた牧草および青刈作物・

畑作物栽培跡地土壤の理化学性

前述のように、輪作に挿入した青刈トウモロコシの収量および無機成分吸収量は基幹作物として導入した牧草および組み合わせ作物の種類によって異なったが、その原因は作物栽培に伴う養分収支や残渣有機物の量および質の相違によって跡地土壤の性質に変化がもたらされたためであると考え、基幹作物栽培跡地土壤の理化学性の変化について検討した。

その結果、牧草栽培跡地は青刈作物・畑作物栽培跡地よりも粒径の大きい団粒の割合が多く、土壤水分の保持力も高いが、根群の発達などにより土壤が緊密化したため、土壤硬度が高く、透水性や容気度は必ずしも高まらないことが認められた (図9)。

また、牧草栽培跡地は青刈作物・畑作物栽培跡地に比較して腐植および窒素の含有量が增大したが、土壤の酸性化が進行し、可給態りん酸含有量が低下した。置換性塩基ではカリ含有量に差がみられ、表層土では地表追肥の影響もあって牧草栽培跡地の方が多くなった (図10)。しかし、その含有量は牧草のカリ収奪量と密接に関係 ($r=-0.899, P<0.05$) しており、カリ収奪量が多い場合にはカリ不足となって跡地に挿入する作物の生産力の制限ないしは抑制因子となることが予想された。従って、牧草を輪作に組み入れ、地力の維持増進をはかるためには、単に牧草を導入することだけでなく、牧草の肥培管理を周到に行ってこそ、その効果が期待されるものと考えられる。

草種間ではオーチャードグラスとラジノクローバ混播区の物理性 (団粒の形成など) が良好化しており、全炭素と全窒素の含有率が最も高くなった。これは、イネ科による蓄積有機物にマメ科による固定窒素が富化されたためであり、それが跡地土壤の団粒化を促し、跡地に挿入した青刈作物および畑作物の生産量を増大させた主要因であると考えられる。

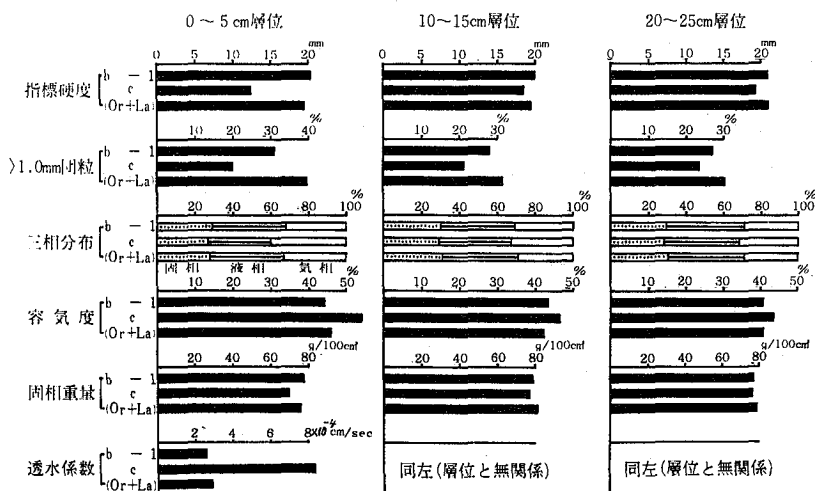


図9 数種牧草(b-1)および青刈作物・畑作物(c)栽培跡地における土壤物理性の比較
(注) Or+LaのDataはb-1区内のものである

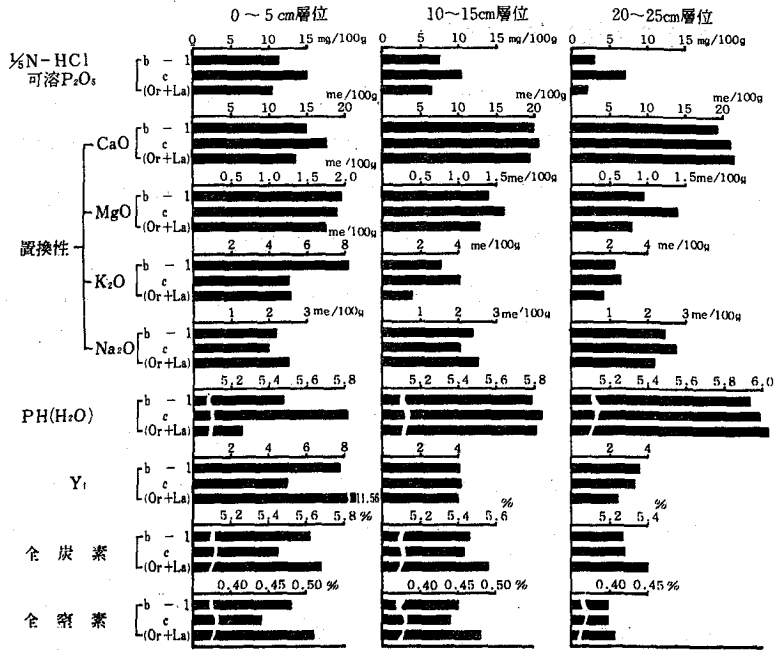


図10 数種牧草(b-1)および青刈作物・畑作物(c)栽培跡地における土壌化学性の比較
(注) Or+LaのDataはb-1区内のものである。

6. 牧草との輪作区および青刈作物・畑作物 輪作区における雑草の発消長

牧草との輪作区および青刈作物・畑作物輪作区における雑草の発消長を明らかにし、輪作による雑草調節の可能性を検討するために、両区の4年次に挿入した青刈トウモロコシ作付畑に発生した雑草の種類数、発生量および埋土種子数を調べた。

その結果、牧草栽培跡地は青刈作物・畑作物栽培跡地に比較して種子繁殖力の旺盛な1年生雑草が減少して栄養繁殖を主とする多年生雑草が増加しており、雑草の発生種数は牧草栽培跡地の方が多くなった。しかし、雑草の発生量および埋土種子数は逆に少なく、基幹作物による雑草抑制力は牧草の方が強いことが認められた(表1, 2.3. 図11)。

草種間では、とりわけ、オーチャードグラスとラジノクロープ混播区の雑草抑制力が強くなっているが、これは上繁草の旺盛な生長量と下繁草の匍匐性によって早期に群落内部を覆ってしまうためであると考えられる。

表1 牧草との輪作区(b-1)および青刈作物・畑作物輪作区(c)に挿入した青刈トウモロコシ作付地における雑草の種類と出現頻度

雑草の種類	出現頻度	
	b-1	c
ツイ	100%	94%
エ	87	100
ハ	87	72
ヨ	72	97
メ	65	78
シ	65	75
ホ	53	97
イ	57	31
レ	46	44
ス	46	33
ダ	39	36
カ	37	28
ミ	30	29
メ	22	17
シ	20	47
ホ	20	31
ナ	17	39
メ	17	14
キ	13	19
ノ	11	22
エ	9	6
ツ	9	6
ジ	7	19
エ	7	7
ズ	7	—
メ	7	—
ス	6	—
ラ	4	—
ズ	2	11
メ	2	6
フ	2	4
イ	2	3
チ	2	3
ト	2	3
オ	2	3
ム	2	—
ニ	2	—
ウ	2	—
カ	2	—
ツ	2	—
ノ	2	—
イ	2	—
グ	2	—
サ	2	—
コ	2	—
ハ	—	6
ヤ	—	6
ブ	—	3
ベ	—	3
シ	—	3
メ	—	3
カ	—	3
シ	—	3
ハ	—	3

調査種数: b-1=54 (6区×3反復×3期)
(1㎡方形種) c=36 (4区×3反復×3期)

牧草および青刈作物・畑作物栽培跡地における雑草の発生活長から、作付体系の中に牧草を導入することによって1年生雑草の発生を、また、その跡に青刈作物や畑作物を挿入することによって多年生雑草の発生を抑制しうることが認められ、導入草種としては、雑草抑制力の点からオーチャードグラスとラジノクローバの混播が有利であることが明らかになった。

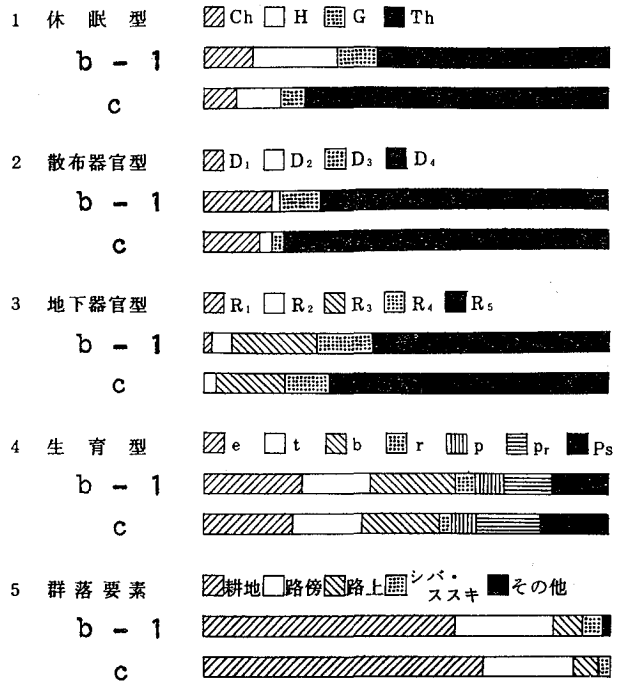


表2 牧草との輪作区(b-1)および青刈作物・畑作物輪作区(c)に挿入した青刈トウモロコシ作付地における雑草の発生量 (1㎡当たり)

前作物	雑草の主要種	雑草の発生量 (1㎡当たり)											合計	指数			
		ツユクサ	イヌカタデ	メヒシバ	シロザ	スカシタゴボウ	エゾノギンギシ	ヨモギ	ヒメスイバ	ハコベその他	合	指					
Or + La	C	15	0.6	0.7	0.4	0.1	1.1	0.4	0.1	5.9	10.8	4.5	53.7	37			
	N	6.4	6.3	3.78	0.9	0.1	2.2	0.4	0.0	2.1	9.4	3.4	53.7	37			
	W	4.3	0.4	0.3	0.2	0.0	1.7	0.4	0.0	2.1	9.4	3.4	53.7	37			
Or	C	16	1.8	0.9	0.6	0.5	0.5	1.5	1.5	3.7	12.6	5.3	124.0	85			
	N	8.8	1.82	9.14	3.2	1.1	1.3	4.4	3.2	2.2	13.5	4.9	124.0	85			
	W	1.9	1.7	1.3	0.3	0.5	0.7	2.6	2.3	2.2	13.5	4.9	124.0	85			
La	C	1.1	0.5	1.8	0.2	0.1	1.7	0.2	0.1	8.2	1.39	5.9	12.80	8.9			
	N	10.7	6.5	10.87	0.5	0.2	1.4	0.5	0.0	3.6	11.7	4.3	12.80	8.9			
	W	1.3	0.6	1.6	0.1	0.0	4.5	0.0	0.0	3.6	11.7	4.3	12.80	8.9			
b-1	Re	C	0.9	0.8	2.6	0.4	0.3	4.5	2.8	6.7	10.9	2.99	1.28	15.90	10.9		
		N	4.0	2.03	12.48	2.3	4.4	3.2	5.2	9.2	17.6	4.25	1.55	15.90	10.9		
		W	0.5	0.8	1.9	0.4	0.7	6.2	5.2	9.2	17.6	4.25	1.55	15.90	10.9		
H1	C	1.6	3.0	0.5	0.4	1.5	1.7	1.9	1.7	3.2	1.55	6.5	8.77	6.0			
	N	1.32	2.72	3.73	6.5	1.6	1.9	3.9	17.2	4.30	1.57	8.77	6.0				
	W	1.2	2.2	0.3	0.4	1.8	1.7	4.9	1.5	2.0	1.60	5.8	8.77	6.0			
平均	C	1.5	1.3	1.2	0.5	0.7	2.2	2.1	2.4	7.4	1.93	0.8	10.54	7.5			
	N	10.1	17.0	7.11	3.1	1.8	2.3	3.3	2.8	7.5	2.28	0.8	10.54	7.5			
	W	2.0	1.2	1.0	0.4	1.3	3.3	2.8	7.5	2.28	0.8	10.54	7.5				
c	C	C	5.5	0.4	1.2	2.4	1.4	0.5	3.1	0.6	8.7	2.38	1.00	14.55	10.0		
		N	34.1	6.6	7.89	18.6	6.5	0.8	1.5	0.5	1.3	0.3	9.9	2.74	1.00	14.55	10.0
		W	7.7	0.4	0.8	1.5	5.0	0.5	1.3	0.3	9.9	2.74	1.00	14.55	10.0		
GC+GOa+V	C	2.6	3.1	2.7	2.4	0.7	1.3	5.1	0.7	1.38	3.24	1.36	26.16	1.80			
	N	2.34	5.39	16.47	14.3	3.6	1.7	4.4	2.7	1.24	3.26	1.19	26.16	1.80			
	W	3.9	1.7	4.1	1.4	0.7	1.3	4.4	2.7	1.24	3.26	1.19	26.16	1.80			
P-GOa-S (P-T)	C	0.9	0.7	1.0	3.8	0.4	0.5	1.3	1.2	10.2	2.00	8.4	9.63	6.6			
	N	4.4	5.7	5.63	2.22	4.7	3.0	0.7	7.6	1.98	7.2	9.63	6.6				
	W	1.0	0.5	0.4	2.6	0.7	0.5	1.4	1.2	10.2	2.00	8.4	9.63	6.6			
GRY-S-GOa (GRY-S)	C	3.1	1.5	1.0	2.5	1.1	0.2	1.7	1.3	5.6	1.80	7.6	14.56	10.0			
	N	3.36	4.10	5.49	1.25	3.1	0.5	0.5	0.7	7.6	1.98	7.2	14.56	10.0			
	W	3.0	0.9	0.5	1.2	1.9	0.6	3.3	0.7	7.6	1.98	7.2	14.56	10.0			
平均	C	3.0	1.4	1.5	2.8	0.9	0.6	2.8	1.0	9.6	2.36	0.8	16.23	10.9			
	N	2.39	2.68	8.87	1.69	4.5	1.5	1.2	1.05	2.5	1.02	0.8	16.23	10.9			
	W	3.9	0.9	1.5	1.7	2.1	0.7	2.6	1.2	10.5	2.5	0.8	16.23	10.9			

(註) 3期平均。C: 放度(%), N: 本取(本), W: 乾物重(%)。Nの合計はツユクサ～エゾノギンギシの6種。調査時期: I期(1968), II期(1973), III期(1978)とも6月10日～12日(青刈トウモロコシ播種後35日目～45日目)

図11 牧草との輪作区(b-1)および青刈作物・畑作物輪作区(c)に挿入した青刈トウモロコシ作付地における雑草の生活型・群落要素組成の比較

表3 牧草との輪作区(b-1)および青刈作物・畑作物輪作区(c)に挿入した青刈トウモロコシ作付地における埋土種子数 (I期)

前作物	雑草の種類	埋土種子数 (面積100cm ² , 深さ1cm)							合計	
		メヒシバ	シロザ	イヌカタデ	オランダミミナグサ	イヌビエ	ナギナタコウジュ	その他		
b-1	Or + La			0.2					0.8	1.0
	Or	0.4	4.0	0.6	0.8				0.2	6.0
	La	5.6	1.4	0.8	0.6	0.2				8.6
c	Re	1.4	4.0	1.2			0.2	0.2	0.2	7.0
	H1	3.6	0.8							4.4
	Al	4.2	1.6			0.4			1.2	7.4
平均		2.5	2.0	0.4	0.2	0.1	0.0	0.4	5.7	
c	C	6.4	4.2		0.2	0.4	0.8	0.4	0.4	12.4
	GC+GOa+V	7.4	2.2	2.8	0.2		0.2	1.8	0.6	14.6
	P-GOa-S	3.4	4.0	0.2	0.6	1.0			0.6	9.8
平均		4.4	3.1	1.0	0.8	0.4	0.3	0.8	10.6	

(註) 5ヶ所の平均値

以上の結果から、牧草を永年栽培した場合には経年的に減収することが明らかになり、それを防いで牧草の生産安定をはかるためには、青刈作物や畑作物と輪作するのが合理的であることが認められた。また、牧草栽培跡地は土壌の理化学性が改善され、雑草の発生量も少なく、跡地の生産性が高まることが認められた。そして、牧草自体および輪作に挿入した青刈作物および畑作物の収量比較から、基幹となる草種としてはオーチャードグラスとラジノクローバの混播が有利であることが実証された。

審 査 結 果 の 要 旨

東北地方の高冷地畑作酪農地帯における飼料生産の実態をみると、牧草は専用草地として永年的に利用される傾向が多くみられる。しかし、牧草を青刈作物や畑作物と輪作することは諸外国の例をみる迄もなく、地力の維持や家畜の栄養の面から極めて重要と考えられる。そこで著者は、東北地方の酸性火山灰地における安定的な飼料生産と合理的な畑地利用をはかる目的で、東北大学農場において、牧草・畑作物輪作に関する実証的研究を15年間に亘って実施した。

まず牧草を永年栽培した場合の乾物収量の推移について、経年的に漸次減少することを認め、採草利用する場合牧草の栽培年数は4～5年が限度であることを明らかにした。次に青刈作物や畑作物と輪作した場合の牧草収量の草種間差異を検討し、オーチャードグラスとラジノクローバ混播(Or+La)がもっとも多収であり、また同種の永年栽培の収量を凌駕することを明らかにした。次に牧草との輪作に挿入した青刈作物・畑作物の収量と青刈作物・畑作物だけの輪作における同種作物の収量とを比較検討し、混播牧草と青刈作物・畑作物を輪作することは、牧草自体の生産向上をはかる上からだけでなく、青刈作物や畑作物の生産向上にとって合理的であることを明らかにした。

輪作に混播牧草を導入することの有利性の一つに、土壤の理化学性が考えられたので、これを解析した結果、混播牧草(Or+La)栽培跡地の土壤は団粒形成などの物理性や全炭素や全窒素の含有率の増加などの化学性の良化が認められた。また雑草の発生・消長について検討し、牧草栽培跡地は青刈作物・畑作物栽培跡地に比較して、雑草の発生種数は多いが、発生量および埋土種子数は少なく、雑草抑制力は牧草の方が強いことを明らかにし、草種間では、とりわけ混播牧草(Or+La)が強いことを明らかにした。

混播牧草を基幹とした輪作体系の有利性について、わが国でもこれ迄提唱されているが、短期間の試験成績によるものが多く、本論文のように長期間に亘る実証的研究ははじめてであり、その意義は非常に大きい。よって審査員一同は著者に農学博士の学位を授与するのが適当であると判定した。