

## 草地における塩素系肥料の施肥効果

誌名	東北農業試験場研究速報
ISSN	0495730X
著者	杉原,進, 石井,和夫, 佐々木,健治, 赤塚,恵,
巻/号	18号
掲載ページ	p. 6-12
発行年月	1975年3月

# 草地における塩素系肥料の施肥効果

杉原 進・石井和夫  
佐々木 健治\*・赤塚 恵\*\*

## 緒 言

我が国の草地は畜産先進国と比較し規模及び立地条件の劣るものが多く、単位面積当たりの粗飼料生産を高める必要から草地に対する施肥は欠くべからざるものとなっている。草地における施肥法はこれまで数多く研究され、牧草に対するカリの効果<sup>1,2)</sup>、草地造成時のりん酸の効果<sup>4,9)</sup>などが明らかにされ、これらの成果は牧草の単位面積当たりの収量の向上に大きな役割を果たした。しかし、近年草地に施用される肥料の形態（単肥、化成肥料など）や種類（塩素系、硫酸系、尿素系など）が増加し、これら肥料の草地における肥効の解明は牧草の収量の向上のみならず飼料の質をも考慮した草地の適正な維持管理上必要となってきた。本研究で取り扱った塩安及び塩安系化成肥料が窒素肥料として普及したのは戦後

のことであるが、これら塩素系肥料は、老朽化水田において無硫酸根肥料の長所が注目されて<sup>8)</sup>急速に普及し、その肥効上の特性は水田<sup>2)</sup>、畑<sup>3)</sup>でかなり明らかにされてきた。しかし、これまで草地に対する塩素系肥料の肥効の特性について検討されたものは比較的少ない。そこで草地に対する施肥効果及び土壌の理化学性に及ぼす影響を硫酸及び硫加里ん安と比較検討したのでその結果を報告する。

## 試 験 方 法

### (1) 試験場所

東北農業試験場（盛岡市下厨川）、既耕地、岩手火山灰土壌C統。試験地土壌の理化学性は第1表に示した。

第1表 試験地土壌の化学性

項目	pH		T-N	T-C	C/N	有効態りん酸 (mg/100g) 吸収係数	置換性塩基 (me/100g)				CEC (me/100g)	飽和度 (%)		
	H <sub>2</sub> O	KCl	%	%			Ca	Mg	K	Na			計	
0~15cm	6.5	4.7	0.87	10.5	12	0.5	2430	12.9	1.3	0.5	0.3	15.0	41.3	36

### (2) 試験区及び施肥法

試験区規模は1区4m×4m、3連制とした。試験区及び施肥量は第2表に示したとおりである。塩安区には塩

第2表 試験区及び施肥量 (kg/10a)

試験区	基 肥			追 肥		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
塩安区	4.0	9.6	6.4	4	1.25	4
硫酸区	〃	〃	〃	〃	〃	〃
塩加里ん安区	〃	〃	〃	〃	〃	〃
硫加里ん安区	〃	〃	〃	〃	〃	〃
無施肥区	0	0	0	0	0	0

安、過石、塩加を使用し、硫酸区には硫酸、過石、硫加を使用した。塩加里ん安区では基肥に成分含有率10—24—16の塩加里ん安、追肥には16—5—16のものを使用した。硫加里ん安区では基肥に成分含有率13—13—13の硫加里ん安を使用し、不足分は過石、硫加で補充した。また、追肥には14—7—14のものを使用し、不足分を尿素、硫加で補充した。追肥は融雪直後の早春追肥を除き、刈取りごとに実施した。ただし、最終刈取り後の追肥は行わなかった。なお、土壌改良資材として、造成時に炭カル10a当たり300kgを施用した。

### (3) 牧草の栽培法

供試牧草は、オーチャドグラス（北海道在来種）、ラジノクローバ（カリフォルニア）で、10a当たりそれぞれ2.0kg、0.4kgを混散播した。刈取りは、造成翌年5回、以後6回とし、刈取りの期日は草丈を目安としたほか、

オーチャドグラスの出穂期、ラジノクローバの開花期を勘案して決定した。試験期間は46年9月3日の播種日から49年6月11日の2番草刈りまでとした。

(4) 牧草及び跡地土壌の分析

牧草の分析は、硝酸、過塩素酸の混酸分解後、りん酸は比色法、カリは炎光法、石灰、苦土は原子吸光法で測定した。窒素はケルダール法、硝酸はMORRIS法による比色法によって分析した。

土壌分析は、試験跡地の土壌断面（深さ約60cm）から土色の違いにより5層にわけて採取したものについて行った。土壌の置換性塩基はSCHOLLENBERGER法により、pHは1N塩化カリ溶液で浸出後pHメーターで測定した。

試験結果

(1) 牧草の生草収量

刈取り開始から終了までの牧草生草収量を第3表に示した。刈取りは初年目5回、2、3年目は6回行い、4年目は2回刈取り後試験を打ち切った。施肥区の牧草の年間生草収量の差は、刈取り初年目から3年目を通じてわずかであり、試験期間中の総生草収量の最も高い硫加里ん安区の総生草収量は最も低い塩加里ん安区の9%増に過ぎなかった。総生草収量に占めるラジノクローバの収量を相互に比較すると、塩安区、硫安区、塩加里ん安區ではほとんど差がなかったのに対し、硫加里ん安區ではこれらの区を上回っていた。これは刈取り3、4年目の硫加里ん安區の生草収量に占めるラジノクローバの割合が他の施肥区を上回っていたためである（第3表）。

第3表 牧草生草収量

(kg/10a)

試験区	刈取回 年次	第1回刈取り			第2回刈取り			第3回刈取り		
		G	L	計	G	L	計	G	L	計
塩 安 区	1年目	2,070	310	2,380	300	1,560	1,860	730	740	1,470
	2年目	956	907	1,863	654	666	1,320	1,041	417	1,458
	3年目	645	207	852	190	1,162	1,352	1,018	369	1,387
	4年目	827	15	842	1,422	0	1,422	—	—	—
	計	4,498	1,439	5,937	2,566	3,388	5,954	2,789	1,526	4,315
硫 安 区	1年目	1,840	400	2,240	540	1,520	2,060	1,400	470	1,870
	2年目	1,089	630	1,719	400	748	1,148	765	710	1,475
	3年目	446	186	632	607	726	1,333	923	570	1,493
	4年目	890	139	929	1,335	60	1,395	—	—	—
	計	4,265	1,355	5,620	2,882	3,054	5,936	3,088	1,750	4,838
塩 加 り ん 安 区	1年目	2,080	430	2,510	280	1,700	1,980	1,300	430	1,730
	2年目	746	983	1,729	589	674	1,263	1,108	394	1,502
	3年目	529	179	708	375	935	1,310	882	513	1,395
	4年目	621	0	621	1,238	0	1,238	—	—	—
	計	3,976	1,592	5,568	2,482	3,309	5,791	3,290	1,337	4,627
硫 加 り ん 安 区	1年目	2,080	430	2,510	470	1,490	1,960	1,110	600	1,710
	2年目	1,256	792	2,048	498	818	1,316	911	593	1,504
	3年目	534	146	680	504	1,035	1,539	654	905	1,559
	4年目	875	213	1,088	1,096	400	1,496	—	—	—
	計	4,745	1,581	6,326	2,568	3,743	6,311	2,675	2,098	4,773
無 施 肥 区	1年目	550	170	720	430	360	790	630	910	1,540
	2年目	99	793	892	119	888	1,007	263	949	1,212
	3年目	102	123	225	453	305	758	238	559	77
	4年目	204	28	232	501	27	528	—	—	—
	計	955	1,114	2,069	1,503	1,580	3,083	1,131	2,418	3,549

第4回刈取り			第5回刈取り			第6回刈取り			全 合 計			マメ科率 (%)
G	L	計	G	L	計	G	L	計	G	L	計	
590	1,660	2,250	630	440	1,070	—	—	—	4,320	4,710	9,030	52.2
835	297	1,137	589	433	1,022	560	409	969	4,653	3,129	7,782	40.2
870	0	870	840	1	841	360	31	391	3,923	1,770	5,693	31.1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,249	15	2,264	0.7
2,295	1,957	4,252	2,059	874	2,933	920	440	1,060	15,145	9,624	24,769	38.9
810	1,310	2,120	630	530	1,160	—	—	—	5,220	4,230	9,450	44.7
691	597	1,288	597	406	1,003	362	557	919	3,904	3,648	7,552	48.3
772	68	840	849	36	885	340	58	398	3,937	1,644	5,581	29.5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,225	199	2,424	8.2
2,273	1,975	4,248	2,076	972	3,048	702	615	1,317	15,286	9,721	25,007	38.9
870	1,210	2,080	595	645	1,240	—	—	—	5,125	4,145	9,270	44.7
946	304	1,250	562	496	1,058	555	423	978	4,506	3,274	7,780	42.1
823	11	834	834	7	841	377	0	377	3,820	1,645	5,465	30.1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,859	0	1,859	0
2,639	1,525	4,164	1,991	1,148	3,139	932	423	1,355	15,310	9,064	24,374	37.2
840	1,310	2,150	600	730	1,330	—	—	—	5,100	4,560	9,660	47.2
788	428	1,216	294	821	1,115	414	616	1,030	4,146	4,068	8,214	49.5
634	247	881	845	101	946	346	138	484	3,517	2,572	6,089	42.2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,971	613	2,584	23.7
2,262	1,985	4,247	1,739	1,652	3,391	760	754	1,514	14,734	11,813	26,547	44.5
0	1,980	1,980	260	820	1,080	—	—	—	1,810	4,240	6,110	69.4
231	747	978	141	657	798	124	501	625	977	4,535	5,512	82.3
435	96	531	381	78	459	186	43	229	1,795	1,204	2,999	40.1
—	—	—	—	—	—	—	—	—	705	55	760	7.2
666	2,823	3,489	782	1,558	2,337	310	544	854	5,347	10,034	15,381	65.2

G : オーチャードグラス

L : ラジノクローブ

## (2) 牧草中の硝酸濃度

最近、飼料中の硝酸が家畜に与える影響が問題となっているので、施用した肥料の種類の違いが牧草の硝酸濃度にどのような影響を及ぼすかを検討した。その結果は第4表に示すとおり、最も硝酸濃度の高い硫加里ん安区のオーチャードグラスでも0.022%でADAMSら<sup>1)</sup>のいう中毒の危険限界量 0.2%の1/10程度にとどまった。また、肥料の形態、種類による濃度差も認められなかった。

## (3) 土壌の理化学性

混播草地に対する施肥は草種のバランスに影響を与えるが、更に草地を適正に維持管理してこれを長く利用するためには、施肥によってもたらされる土壌の理化学性の変化に注目しなくてはならない。そこで、各試験区の跡地土壌を土層別に採取し理化学性を調査した。その結果を第5表に示した。

跡地土壌の置換性塩基のうち、まず置換性石灰について

第4表 牧草中の硝酸態窒素 (乾物当り%)

試 験 区	1~3 番草		4~5 番草	
	G	L	G	L
塩 安 区	0.016	0.004	0.020	0.002
硫 安 区	0.011	0.009	0.011	0.004
塩加里ん安区	0.007	0.008	0.012	0.012
硫加里ん安区	0.022	0.005	0.012	0.008
無 施 肥 区	0.007	0.010	0.006	0.006

て検討する。牧草根の大部分が分布する深さ0~20cmの土層に含まれる置換性石灰量は、硫安区14.18me>塩安区12.19me, 硫加里ん安区13.01me>塩加里ん安区7.29meで上部2層における塩素系肥料区の置換性石灰量は硫安区より低かった。一方、第3層以下の深さ22~60cmまでの土層では逆に塩素系肥料区の置換性石灰

第5表 跡地土壌の理化学性  
(置換性塩基me/100g)

深さ cm	区名	置換性塩基		無施肥区		
		塩安区	硫安区	塩加りん安区	硫加りん安区	
第1層 0-10	Ca	9.24	12.11	1.95	12.34	15.23
	Mg	0.14	0.34	0.09	0.37	0.91
	K	0.36	0.22	0.42	0.23	0.09
	Na	0.13	0.16	0.10	0.14	0.21
	pH	4.62	4.67	4.29	4.75	5.11
第2層 10-21	Ca	15.14	16.25	12.62	13.68	12.55
	Mg	0.13	0.28	0.25	0.24	0.41
	K	0.08	0.14	0.83	0.09	0.07
	Na	0.19	0.16	0.15	0.15	0.26
	pH	5.08	4.90	5.00	5.00	5.00
第3層 21-32	Ca	14.17	13.69	15.13	13.52	10.36
	Mg	0.23	0.44	0.23	0.79	0.50
	K	0.07	0.08	0.23	0.08	0.08
	Na	0.17	0.16	0.26	0.15	0.16
	pH	5.02	5.10	5.23	5.06	5.02
第4層 32-43	Ca	13.55	12.46	14.32	13.09	8.11
	Mg	0.55	0.89	0.46	1.02	0.41
	K	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07
	Na	0.15	0.13	0.26	0.19	0.09
	pH	5.21	5.25	0.29	5.27	5.10
第5層 43-60	Ca	10.40	10.27	10.89	10.00	7.16
	Mg	0.81	0.97	0.63	0.87	0.41
	K	0.06	0.07	0.08	0.08	0.07
	Na	0.15	0.10	0.22	0.15	0.09
	pH	5.49	5.53	5.56	5.55	5.33

量が硫酸系肥料区を上回っていた。また、無施肥区の置換性石灰量は第1層で最も高く、下層に向かうに従って減少し、施肥区では置換性石灰量のピークが第2～3層に認められ、施肥による置換性石灰の垂直分布の変化が見られた。なお、この試験では、塩安区、硫安区の追肥に過石を使用しているため、単肥区と化成肥料区の置換性石灰量を直接比較できない。試験終了時における塩素系肥料区の第1層に含まれた置換性石灰量は、試験開始前の12.9meを下回り、塩加りん安区では著しく減少していた。塩安区の置換性石灰量が塩加りん安区ほど減少しなかったのは、追肥に過石が使用されていたためと考えられた。

次に置換性苦土について同様に検討すると、深さ0～21cm間の土層における置換性苦土量は、無施肥区>硫加りん安区>硫安区>塩安区>塩加りん安区の順で塩素系肥料区の置換性苦土は各土層とも硫酸系肥料区より低かった。置換性苦土の垂直分布をみると、無施肥区では第1層に多く、それ以下の土層では変化がなかったのに対

し、施肥区では下層に向かうに従って増加した。苦土は試験開始以来全く施用されておらず、一方、牧草によって収奪された苦土は第6表に示すように各区ともほぼ同量であったから、各区の苦土の土層別分布をみると、苦土含量に及ぼす施肥の影響を知ることができる。これによると、置換性苦土は施肥によって下層に移動し、移動の速さは置換性石灰の場合と同様、塩素系肥料区の方が硫酸系肥料区より大きいことが分かった。

置換性カリについてみると、第1層においては石灰、苦土の場合と異なり、塩素系肥料区が硫酸系肥料区を上回ったが、第2層以下では塩加りん安区を除きほぼ0.1me以下で、肥料の違いによる差は認められなかった。

次に土壌反応についてみると第1層のpHは硫加りん安区が最も高く、次いで硫安区、塩安区、塩加りん安区の順でこれは同層に含まれる置換性石灰、苦土の量の順位に対応していた。

#### (4) マメ科率の推移

混播草地に対する施肥法の違いが草種のバランスに影響を与えることはよく知られているが、ここでは塩素系及び硫酸系肥料の単肥並びに化成肥料を用い、肥料の形態及び種類の違いが混播草地の草種のバランスに及ぼす影響を検討した。これらの結果は第1-1図及び第1-2図に示すとおりである。

これによると、刈取り開始初年目のマメ科率の推移は、単肥と化成肥料でやや傾向を異にしたが、塩素系と硫酸系肥料との間にはほとんど差がみられなかった。2年目に入ると、各区とも春先のマメ科率が高く夏に低くなり、秋になって再び高まるという共通のパターンが示され、また、1番草を除けば塩素系肥料区のマメ科率は硫酸系肥料区より劣った。施肥区の3年目のマメ科率は2番草で最も高かったが、夏期の3～4番草に至りマメ科率は急減し、特にこの傾向は2年目の結果と同様塩素系肥料区において大きく、塩加りん安区のラジノクローバはほとんど消滅した。この傾向は4年目のマメ科率においても同様であった。このように刈取り3年目の塩素系肥料区における著しいマメ科率の低下を招いた原因については次のように考察した。

刈取り3年目のラジノクローバの生育が2年目より著しく劣った原因の一つは、第7表の気象表に示されるように、2年目の夏の気温及び降水量が平年並みに経過したのに対し、3年目の夏の気温は平年より高く、しかも降水量が著しく少なく経過したため、ラジノクローバの生育が高温と乾燥の影響を受けたものと考えられた<sup>6,10)</sup>しかし、最終刈取り時の硫酸系肥料区のマメ科率が再び

第6表 要素吸収量

(kg/10a)

		1 年 目			2 年 目			3 年 目			3 年 間 計		
		G	L	計	G	L	計	G	L	計	G	L	計
N	塩硫	21.35	23.38	44.73	21.27	15.29	36.56	23.30	9.53	32.83	65.92	48.20	114.12
	塩加	27.42	22.13	49.55	18.64	18.38	37.02	23.47	9.83	33.30	69.53	50.34	119.87
	硫加	25.11	22.60	47.71	19.14	15.82	34.96	22.24	9.73	31.97	66.49	48.15	114.64
	無肥	24.52	23.03	47.55	17.17	19.75	36.92	20.79	15.23	36.02	62.84	58.01	120.85
		9.67	25.86	35.53	5.08	25.82	30.90	11.98	8.68	20.66	26.73	60.36	87.09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	塩硫	4.93	4.09	9.02	4.96	2.59	7.55	4.78	1.59	6.37	14.67	8.27	22.94
	塩加	5.87	3.59	9.46	4.39	3.33	7.72	4.98	1.56	6.54	15.24	8.48	23.72
	硫加	5.72	3.77	9.49	4.76	2.65	7.41	4.41	1.52	5.93	15.03	7.84	22.87
	無肥	1.71	3.85	5.56	0.95	3.19	7.41	4.13	2.51	6.64	14.07	9.47	23.54
						3.93	4.88	2.09	1.27	3.36	4.75	9.05	13.80
K <sub>2</sub> O	塩硫	50.41	28.69	79.10	32.88	11.48	44.36	24.70	5.83	30.58	107.99	46.00	153.99
	塩加	54.03	24.56	78.59	25.35	15.13	40.48	25.42	5.39	30.81	104.80	45.08	149.88
	硫加	54.38	24.59	79.97	33.83	12.97	46.80	28.04	6.59	34.63	116.25	44.15	160.40
	無肥	50.10	26.81	76.91	29.32	16.42	45.74	22.94	9.57	32.51	102.36	52.80	155.16
		19.36	31.10	50.46	7.59	16.56	24.15	7.85	2.64	10.49	34.80	50.30	85.10
CaO	塩硫	3.93	16.51	20.44	4.33	10.59	14.92	3.92	6.70	10.62	12.18	33.80	45.98
	塩加	4.67	13.11	17.78	3.48	11.77	15.25	3.76	6.01	9.77	11.91	30.89	42.80
	硫加	4.91	13.47	18.38	3.50	10.45	13.95	3.89	6.46	10.35	12.30	30.38	42.68
	無肥	4.37	14.43	18.80	3.52	12.39	15.91	3.30	9.66	12.96	11.19	36.48	47.67
		1.84	15.53	17.37	0.91	17.96	18.87	2.83	6.38	9.21	5.58	39.87	45.45
MgO	塩硫	2.74	2.52	5.26	2.46	1.40	3.86	2.43	0.92	3.35	7.63	4.84	12.47
	塩加	3.00	2.24	5.24	2.28	1.97	4.25	2.13	0.97	3.10	7.41	5.18	12.59
	硫加	3.13	2.27	5.40	2.30	1.49	3.79	2.52	0.88	3.40	7.95	4.64	12.59
	無肥	3.16	2.43	5.59	2.15	2.03	4.18	2.29	1.59	3.88	7.60	6.05	13.65
		1.19	2.52	3.71	0.75	2.76	3.51	2.12	1.11	3.23	4.06	6.39	10.45

第7表 気 象 表

摘 要

	平均気温 °C			降水量 mm		
	平年	1972	1973	平年	1972	1973
4 月	7.5	8.1	8.8	105.0	96.0	108.0
5 月	12.9	12.6	12.3	102.3	86.8	77.5
6 月	16.7	17.3	17.5	141.0	120.0	57.0
7 月	21.0	22.1	22.4	186.0	250.2	6.2
8 月	22.3	22.0	24.7	164.3	285.2	195.3
9 月	17.6	18.1	18.5	177.0	120.0	204.6
10 月	10.9	12.1	11.2	114.7	83.7	127.1
11 月	4.8	5.1	4.2	96.0	162.0	162.0

増大したこと,更に塩素系肥料区の第1層の置換性石灰,苦土が硫酸系肥料区より明らかに少なかったことなどから,塩素系肥料区のマメ科率の著しい低下の原因は夏期の気象条件に加えてラジノクロバの根の分布が多い深さ0~10cmの土層における置換性石灰,苦土の減少及びpHの低下がより著しかったことによると理解された。

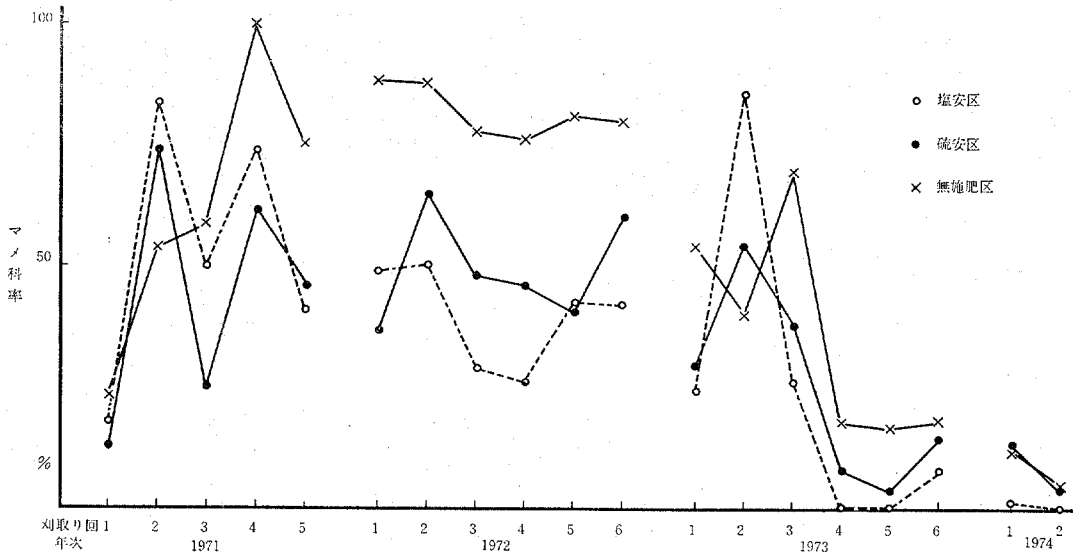
草地に対する塩素系肥料の施肥効果を明らかにするため,オーチャードグラスとラジノクロバの混播草地を造成し,塩安区,硫安区,塩加りん安区,硫加りん安区無施肥区の5試験区を設け比較検討した。得られた結果は次のとおりである。

(1) 施肥区における3年余の試験期間中の年間生草収量は塩素系肥料と硫酸系肥料との間にほとんど差が認められなかった。

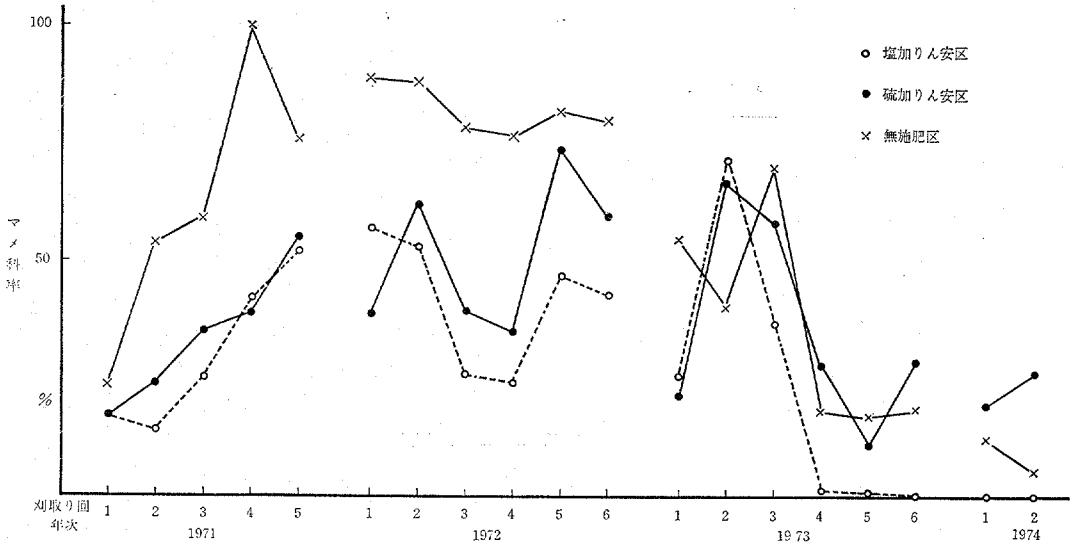
(2) 土壌中の置換性石灰,苦土は施肥によって溶脱を受けるが,塩素系肥料は硫酸系肥料と比較してこの作用の強いことが認められた。

(3) 塩素系肥料区では,刈取り開始3年目に至りマメ科率の著しい低下を招き,その主要因の一つは根圏土壌中の置換性石灰,苦土の減少,pHの低下にあることが分かった。

(4) 以上のことから,塩素系肥料の混播草地に対する施用に当たっては,石灰,苦土などの塩基の補給に留意する必要がある。



第1-1図 刈取りごとのマメ科率の推移(単肥区)



第1-2図 刈取りごとのマメ科率の推移(化成肥料区)

引用文献

- 1) ADAMS D, R. S., and GUSS, S. B. 1965. Silo gas and nitrate poisoning. *Feedstuffs* Dec. 4: 32-44.
- 2) 塩安研究会. 1966. 塩安の水稲に対する肥効と水田土壌
- 3) 原田正夫. 1957. 塩化アンモニアの肥効研究.

第二輯, 徳山曹達株式会社.

- 4) 北農会. 1969. 北海道農業と土壌肥料. 北農会研究シリーズⅢ.
- 5) 北岸確三・宮里 愿・沖田 正. 1959. 施肥に対する多年性牧草の反応(1), カリに対する牧草の反応. *土肥誌* 30: 5-9.
- 6) 松林 実・高橋 均. 1958. 作物の水分経済に

関する研究, 第3報 牧草の水分経済と温度の関係. 日作紀 27: 238—240.

7) 諸遊英行. 1973. 土壌中におけるカリの有効性と飼料作物に対するカリの施用効果に関する研究. 中国農試報 E 9: 19—102.

8) 農林省振興局研究部監修. 1962. 土壌肥料全編

第4版.

9) 奥村純一. 1973. 天北地方に分布する各種土壌とそれに対応する草地造成, 管理の基本方式. 北海道立農試報 22.

10) 山田豊一. 1959. ラジノクローバの耐旱性に関する研究. 農技研報 G17: 143—169.