

緒 言

根釧地方とは根室・釧路両支庁の統轄地域合計、9,515 km²を指すのであるが、この主要部分は緩丘陵性火山地31万haで、これを根釧原野と呼称している。この地区内には現在なお広大な未墾地が存し、根室支庁の土地利用割合は昭和33年度の調査によると、耕地7%、牧野原野40%、山林42%、その他11%となっており、北海道全体の平均値が、10、14、66、10%であるのにくらべ、特に牧野原野の占める割合の高いことが注目される。従って人口密度もきわめて低く、北海道全体の平均値の1/5~1/3となっている。

世帯数および人口 (昭和33年調査)

町村名	面積 (km ²)	世帯数 (戸)	人口 (人)	1平方軒当り人口 (人)
標津町	608	1,347	7,442	12.2
中標津町	704	2,528	13,566	19.3
別海村	1,349	3,528	19,690	14.6
浜中村	445	2,021	11,563	25.9
全道平均	78,461	897,534	4,773,087	60.8

農家1戸当たりの農用地所有面積も全道の平均値をはるかに上廻るものであって、約20haとな

っているが、その内訳は次のとおりである。

耕地	5.9 ha	採草地	2.3 ha
放牧地	3.4	山林	7.1
その他	1.3		

家畜の所有頭数は乳牛2.1頭、馬2.4頭、綿羊1.1頭で、大家畜換算では全道平均の2.5倍となっている。

管内平均の農業収入は下に示すように1戸当り38万円強で農用地1ha当りの生産額はわずか2万円弱という計算になる。(昭和33年度根室支庁の調査報告による)

馬鈴薯	31,780円	耕種収入	計 91,600円	合計 383,120円
亜麻	7,050円			
てん菜	23,180円			
その他	28,990円			
牛乳	223,830円	畜産収入	計 292,120円	
犏牛	30,670円			
子馬	18,990円			
鶏卵	5,440円			
その他	13,190円			

このように農業の生産性の低いことは、まず気象条件に恵まれていないことに主な原因があるといわれている。根釧原野の中心に位置する中標津の気象を北海道の主な地点と比較すると次のとおりである。

平均気温 (°C)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	5月~9月平均
中標津	-8.6	-8.5	-3.8	2.8	8.7	12.7	17.2	19.7	15.5	9.4	2.7	-4.8	5.3	14.8
札幌	-6.1	-5.2	-1.5	5.3	10.6	15.1	19.4	21.2	16.5	9.9	3.2	-3.2	7.1	16.6
北見	-10.7	-10.1	-4.8	3.8	10.0	15.0	19.4	20.6	15.5	9.0	1.9	-6.5	5.3	16.1
帯広	-10.2	-9.2	-3.8	4.1	9.7	14.0	18.2	19.8	15.0	8.3	1.5	-6.0	5.1	15.3

降水量 (mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均	5月~9月平均
中標津	33.0	25.2	70.0	83.8	88.9	97.1	106.2	134.2	200.5	114.8	84.3	57.6	1,005.6	626.4
札幌	92.2	71.8	63.7	57.5	61.2	61.9	93.3	104.6	134.4	113.4	110.8	100.5	1,065.3	455.4
北見	49.5	37.6	41.8	42.9	51.8	60.9	91.5	114.0	115.3	69.0	58.3	38.1	770.8	433.5
帯広	40.6	35.9	56.5	63.9	81.3	83.2	99.7	126.4	149.3	95.3	66.0	46.6	949.7	544.9

中標津の年平均気温は北見・帯広とほぼ同じであるが、農期間の平均気温が低い。特に春季の気温上昇が遅く、農作物の初期生育を遅延させるが、

秋季においては他地区よりもむしろ高温である。降水量は他地区よりもやや多く、しかも農期間に集中しており、従って農期間の日照時数は少ない。

	5~9月 日照時数	耕鋤始	晩 霜	初 霜	無霜期間
中標津	640.3	5月2日	5月31日	10月1日	122日
札幌	1,009.5	4月17日	5月17日	10月5日	141日
北見	814.3	4月21日	5月28日	10月3日	130日
帯広	891.4	4月16日	5月24日	9月27日	126日

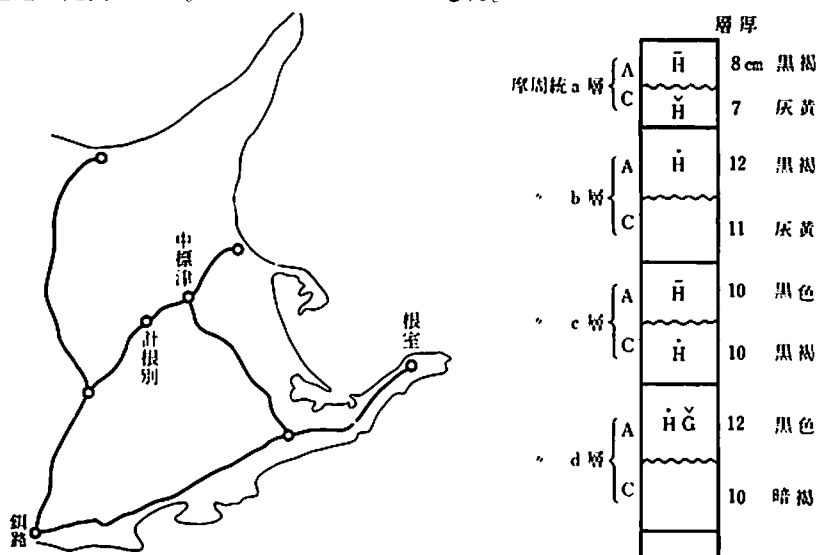
耕鋤始めは札幌・帯広より2週間、北見より10日遅く、播種期の遅延は特に春播大麦、亜麻などの収量に重大な影響を与えている。また無霜期間がわずか122日であることは、菽豆類、玉蜀黍類の栽培を不安定にし、牧草も生育そのものに対しては特に障害はないが、刈り取り回数に制限を受け単位面積当りの年間収量を上げるには不利であり結局気象的影響の最も少ない作物は根菜類(てん菜は生育期間が長いので検討の余地がある)とソバである。

根釧地方の主要作物の収量を他地方にくらべると次表のとおりである。

しかし気象条件は人為的には改変し難い因子であり、この枠内で最大の能率を発揮させる方法はまず適作物の選定が先決である。

作物名	根室支場の10アール平均収量(kg)	支場の100とときの収量比	上見支場の100とときの収量比
馬鈴薯	2,810	93	93
てん菜	1,815	57	58
大豆	93	44	43
菜豆	111	61	57
燕麥	155	59	—
亜麻	333	74	83

次に土壌条件について考察を加える。根釧地方は降灰年代の新しい未風化の火山灰に被われ地味瘠薄であって、このことも低生産地といわれる原因である。しかし現在は土壌の改良法や合理的な施肥法の研究が進んでおり、その対策も可能であるが、この問題についてまず根釧地方に分布する火山灰の性質と管理および天然供給力について論及し、その後に従来畑作物を代表するとみなされていた春播大麦を選び施肥法による増収性の限界について検討し、更に根釧地方の基幹作物である馬鈴薯ならびに牧草に対する肥培法の確立を企図した。



第1図 土壌採集地と断面

1. 根釧地方火山性土の特性とその管理ならびに養分供給力について

(1) 火山灰の堆積状況

根釧地方の火山灰の分布状況については山田らの総合的な報告がある。これによれば根釧地方の大部分は摩周統火山灰土に被われ、噴出年代を異にする火山灰が10数層にも相重なって堆積して

いる。そのうち耕作土最も関係深いと考えられる地表部約80cmには摩周統 a, b, c, d 層を見ることが多い、この4つの層の性質については先に報告したが、その概略を次項にのべる。供試土壌の採集地は中標津町宇計根別の変電所前にあった未耕地であり、各層とも腐植によって黒染されている

部分をも A とし、その下部の腐植の少ない部分を C とした。

(2) 化学組成と置換容量

まず各火山灰層を構成する土壌の化学組成につき熱塩酸分析を行なったが、硫酸、鉄、礬土について特徴ある結果を見出した。

第1表 熱塩酸分析(細土百分中)および硫酸吸収係数

火山灰層	水分	灼熱減	HCl不溶解物	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	硫酸比	硫酸吸収係数	
摩周統 a	A	8.35	22.73	82.4	6.51	3.79	0.48	0.06	1.85	1.67	0.13	0.12	0.10	0.39	2.90	1,533
	C	2.87	5.71	90.8	4.92	3.56	1.06	0.07	1.24	0.97	0.06	0.19	0.07	0.19	2.34	1,473
" b	A	6.58	13.87	84.4	3.62	3.31	2.25	0.09	0.85	1.88	0.04	0.14	0.06	0.33	1.84	1,821
	C	2.66	3.13	88.8	3.42	3.10	3.65	0.09	0.98	1.48	0.03	0.24	0.06	0.18	1.88	1,443
" c	A	7.68	18.25	77.6	2.62	5.65	3.86	0.08	0.83	1.43	0.07	0.18	0.05	0.30	0.79	1,837
	C	7.99	13.09	81.6	2.58	5.30	3.95	0.02	0.57	1.03	0.03	0.10	0.05	0.17	0.82	2,061
" d	A	8.53	12.81	79.2	2.12	6.37	4.10	0.11	0.50	1.50	0.04	0.25	0.04	0.26	0.58	2,065
	C	6.65	6.39	85.2	1.98	6.14	5.14	0.14	0.98	1.98	0.05	0.16	0.05	0.15	0.54	2,093

すなわち摩周統 a および b 両層は硫酸含量高く礬土は低い。これに反し摩周統 c および d 両層は礬土含量が高かった。硫酸比より見て摩周統 c および d 層は摩周統 a および b 層にくらべ礬土性の高い土壌である。このため硫酸吸収係数は摩周統 c および d 層が非常に高い。摩周統 c および d 層が礬土性の高いことは Tamm 試薬に可溶の硫酸鉄礬土量の多いことから推定する。

第2表 硫酸、硫酸アンモニア可溶の硫酸鉄礬土(%)

火山灰層	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Total	
摩周統 a	A	0.046	2.109	0.079	2.234
	C	0.050	1.655	0.095	1.800
" b	A	0.044	2.208	0.130	2.382
	C	0.052	2.039	0.199	2.290
" c	A	0.071	4.731	0.219	5.021
	C	0.124	5.732	0.318	6.174
" d	A	0.174	5.230	0.170	5.574
	C	0.160	6.199	0.139	6.498

Tamm 試薬に可溶の成分が多いことは粘土膠質物含量の高いことを示すもので、これを確認するためピベット法により粒径分布を調べその結果を第3表に示した。

第3表 各土層の粒径分布(%)

層名	2-0.25	0.25-0.02	0.02-0.01	0.01-0.002	0.002 mm 以下	Sand	Clay	
	mm	mm	mm	mm				
摩周統 a	A	6.37	69.10	15.59	7.05	1.91	91.04	8.96
	C	2.81	66.29	22.13	7.18	1.59	91.23	8.77
" b	A	9.63	50.99	20.67	6.05	2.70	91.24	8.76
	C	20.11	62.51	9.97	5.16	2.25	92.59	7.41
" c	A	12.79	65.65	10.08	7.13	4.35	88.52	11.48
	C	7.92	72.78	8.21	6.63	4.35	88.94	11.06
" d	A	13.64	66.78	9.09	5.66	4.83	89.51	10.49
	C	40.04	47.72	4.68	4.04	3.52	92.44	7.56

すなわち摩周統火山灰層はいずれも土壌膠質含量が少なく風化の進んでいないことを表わしている。そのなかでも摩周統 a および b 層は特に含量が低く未風化状態にあることを示していた。しかし摩周統 c および d 層は粒径 0.002 mm 以下のいわゆる膠質部分が a, b 両層の2倍以上もあってやや風化した状態にあるものと推定された。

無機膠質含量の低いことは、農業上重要な土壌の機能と考えられている塩基置換能力が土壌無機分に依存できないことを示すものである。これについては土壌を H₂O₂ で処理し腐植を除いたもの C. E. C. を測定することにより確認することが

できる。摩周統火山灰層の腐植を含んだ部分について比較した結果を第4表に掲げた。

第4表 腐植含量とこれを除いた場合の塩基置換容量

土 壤 名	腐 植 (%)	塩基置換容量(m.e.v./100g)	
		原 土	H ₂ O ₂ 処理土
摩周統 a 層	15.62	38.37	2.34
" b 層	8.82	24.87	2.72
" c 層	8.53	25.74	5.26
" d 層	6.54	18.55	6.80

すなわち H₂O₂ で処理した摩周統 a, b 両層は 2 m.e. となり、従ってこの層で C.E.C. はほとんど腐植が掌っていることを示している。これに対し摩周統 c, d 両層は 5~6 m.e. もあって無機膠質に由来する C.E.C. がやや多いことを認めた。

(3) 腐植と礬土

以上のように摩周統 a, b 両層を構成する土壤はその C.E.C. の大部分が土壤中に含有されている

腐植に依存するものであって、極端な表現をすれば石英砂に腐植を混じたような関係ともいえる。従ってこの層における腐植の消耗は地力維持上致命的となるもので、腐植の消耗すなわち地力低下となる。これに対し摩周統 c および d 層では無機膠質含量が多いのみでなく、腐植それ自体も難分解性である。すなわち腐植は易分解性腐植と難分解性のものに大別されるが、摩周統 a 火山灰層においてもこの両者から構成され、開墾後数年間に腐植含量が数%も低下して、それ以降は平衡値を保つものであるが摩周統 c および d にくらべると易分解性の占める割合が高い。

三宅, KENTH, GILBERT らの実験では遊離礬土は直接植生を害することを示したが、礬土は更に腐植とも結合し腐植を不活性化する傾向のあることを認めた。すなわちさきの実験で H₂O₂ 処理により腐植を分解除去した際遊離した硅酸鉄礬土量を第5表に示した。

第5表 H₂O₂ 処理により遊離してくる硅酸鉄礬土含量および WAKSMAN 氏法腐植

層 名	H ₂ O ₂ 処理により遊離する			C 1g と結合する Al ₂ O ₃ 量 (mg)	WAKSMAN 氏法腐植量		
	SiO ₂ (mg/100g)	Al ₂ O ₃ (mg/100g)	Fe ₂ O ₃ (mg/100g)		α-fraction	β-fraction	
摩周統 a	A	11	366	114	40.3	4.45	1.28
	C	5	170	10	111.1	0.32	2.47
" b	A	3	902	34	175.8	2.53	5.84
	C	2	92	4	195.7	0.21	1.09
" c	A	4	1,132	28	179.3	2.38	4.07
	C	3	1,037	19	229.9	1.87	5.32
" d	A	4	840	11	221.0	2.01	3.77
	C	4	235	5	225.9	0.85	3.19

すなわち炭素 1g 当りと結合していた礬土量は摩周統 c および d 層がはなはだ多く、また同一の層でも腐植の少ない部分 C では腐植の多い部分 A よりも多量の礬土と結合しており、礬土と結合した腐植 (β-fraction) は、下降移動しやすくなるものであることを示した。

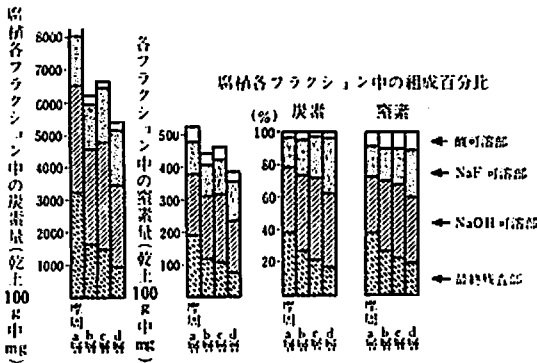
(4) 腐植各フラクションにおける炭素および窒素組成

腐植を次のようなフラクションに分け、ここに溶出する炭素と窒素量をそれぞれ測定した。すなわち、まず土壤を 3% 塩酸で 3 時間振盪し、以後

Cl⁻-free となるまで水洗し、濾液、洗滌水中に溶出する炭素および窒素量を測定した (塩酸可溶部)。残渣土壤は N/8 NaF で 2 日間室温で浸出、これを再度繰り返したのち、濾液に腐植の色が認められなくなるまで水洗し、濾液、洗滌水中に溶解する炭素および窒素を測定した (NaF 可溶部、真性腐植とみなされる)。この残渣は再び N/8 NaOH で 2 日間浸出し、これを再度繰り返した後水洗し、濾液洗滌水を合してこの中に溶出した炭素および窒素量を測定した (NaOH 可溶部、一部粗腐植を含む)。最終残渣について常法により炭素と窒素を測定した

第6表 腐植各フラクションにおける炭素および窒素組成 (乾土 100g 中 mg)

腐 別	腐植各フラクション					フルボ酸		各フラクション 72% 硫酸処理			アセチルプロ マイド処理	
	HCl 可溶部	NaF 可溶部	NaOH 可溶部	最 終 残 渣 部	合 計	NaF 可溶部	NaOH 可溶部	NaF 可溶部	NaOH 可溶部	最 終 残 渣 部	最 終 残 渣 部	
炭 素	摩周 a層	321	1,476	3,273	3,257	8,327	475	290	841(57.7)	2,497(76.3)	2,314(71.2)	2,084(64.0)
	" b層	279	1,347	2,947	1,632	6,205	482	181	814(60.4)	2,375(80.6)	1,237(75.8)	1,208(74.0)
	" c層	232	1,724	3,230	1,482	6,668	545	173	1,065(61.8)	2,985(92.4)	1,143(77.1)	1,154(77.8)
	" d層	209	1,778	2,443	954	5,394	558	142	1,193(67.1)	2,296(94.0)	741(77.7)	803(84.2)
窒 素	摩周 a層	43.7	97.0	181.4	198.7	520.8	39.1	54.6	69.1(71.2)	137.1(69.1)	155.0(85.3)	
	" b層	38.9	90.5	193.2	117.1	439.7	42.8	33.5	72.0(79.6)	140.7(72.8)	98.3(83.9)	
	" c層	40.0	105.6	206.4	103.0	460.4	46.9	31.3	84.9(80.4)	155.7(75.4)	84.1(77.9)	
	" d層	35.2	113.4	162.8	77.1	388.5	43.8	25.5	90.2(79.5)	122.8(75.9)	59.5(77.2)	
炭 素 率	摩周 a層	7.3	15.2	17.5	16.4	16.0	12.1	18.8	12.2	18.2	14.9	
	" b層	7.2	15.2	14.1	13.9	14.1	11.3	18.5	11.3	16.9	12.6	
	" c層	5.8	16.3	15.6	13.7	14.5	11.6	18.1	12.5	19.2	13.6	
	" d層	5.9	15.7	15.0	12.4	13.9	12.7	18.0	13.2	18.7	12.5	



第2図 腐植各フラクション中における炭素、窒素量およびその組成百分比

(ヒュミン炭, 粗腐植および植物遺体を含む)。このうち NaF と NaOH 可溶部中これに稀硫酸を加えても沈澱しない部分すなわちフルボ酸に相当する炭素と窒素をも併せて測定した。また木材などのリグニン定量法として一般に用いられている 72% 硫酸法に準じ、各フラクションの土壌 1g に相当する腐植について、72% H₂SO₄ 50 cc を加え 5°C において 32 時間放置、濾過洗滌後残渣について炭素と窒素量を測定したが、第6表括弧中の数字は、各フラクションの炭素量(または窒素量)に対する 72% 硫酸処理残渣中の炭素量(または窒素量)の百分比で、これは腐植の各フラクション中におけるリグニン相当量およびこれに附随する窒素量とみなし

うる。更に腐植各フラクション中最終残渣土壌中には NaF, NaOH に不溶の粗腐植酸とヒュミン炭に相当するものが含まれているわけであるが、このうち粗腐植はアセチルプロマイドに溶解するのに対しヒュミン炭はこれに不溶である。よって SPRINGER の方法に準じ残渣を乾燥粉砕し、原土 1g に相当する試料を 100 cc フラスコに入れ臭化アセチル 50 cc を加え、時々振盪して 3 日間 45°C に保ったのち石綿を詰めたグーチ坩堝で濾過し、熱水で洗滌したのち、90°C で乾燥し、再び 5% KHSO₅ で洗滌し、以後乾燥し常法により炭素を定量した。以上の結果は第6表に掲げたとおりである。

第6表の結果より次に示す傾向が認められた。

イ) 腐植各フラクション中摩周 a, b, c, d 各層の炭素含有量を比較すると

{ NaF NaOH 最 終 残 渣	HCl 可溶性のもの	摩周 a層 ← 摩周 d層
	"	摩周 a層 ← 摩周 d層
	"	摩周 a層 ← 摩周 d層
	"	摩周 a層 ← 摩周 d層

以上の傾向から摩周 c, d 層の腐植は NaF 可溶性腐植すなわち真性腐植酸として含有される炭素

が多いのに対し、摩周 a, b 層腐植は NaOH 可溶性および最終残渣中の粗腐植として多く存在していた。窒素は腐植炭素と比例して増減しており、従って腐植中に包含された状態にあることが推定された。

ロ) 炭素率について NaF 可溶部腐植以外は、いずれのフラクションにおいても摩周 a 層の値がほかの層より高くなっていて、これについて熊田は腐植化段階を 2 つに分け、まず炭素含量高く窒素含量の少ない有機物(リグニンなど)に対し窒素の富化する過程と、これについて窒素が離脱し、再び炭素の増大する過程のあることを報告しているが、上表中 a 層の NaOH 可溶部および最終残渣部の炭素率が高いのはまだ第 1 段階にある腐植を多量に含むことを示し、摩周 b, c, d 層において残渣部、NaOH 可溶部、NaF の順に次第に炭素率が上昇しているのは、これらの腐植中には第 2 段階に移行しつつあるものが多く含まれることを示すものである。フルボ酸の項についても同様なことがいえる。

ハ) 72% 硫酸処理により残溜する部分は、木材試験法によるとリグニンおよびこれの類似物とみなしている。この量を処理前の炭素量に対する百分比で示すと括弧内の値となるが、NaOH 可溶部が全般に高い値を示し、特に摩周 c, d 両層では 90% を越した。すなわちリグニンおよびこの類似物として存在する炭素の量はなほ多い。残渣および NaF 可溶部では 60~78% で比較的低い値に止まっているが、このうち残渣部には植物遺体および粗腐植すなわちリグニン類似物のほか炭水化物類の多いものが含まれ、また NaF 可溶部は、リグニンおよびその類似物のほかに更に別の高分子化合物、例えば環状構造を持つ腐植に進化しつつあるものが含まれると推定する。窒素については特に NaOH 可溶部に含まれるものが 72% 硫酸処理により分解消失される傾向が強かった。

ニ) 最終残渣部に含有されている腐植中にはヒュミン炭のほかに粗腐植または植物遺体があると思われるが、これにアセチルブロマイドを処理すると後者が溶解除去されるはずである。この結果によれば摩周 a, b 両層は c, d 両層にくらべアセチ

ルブロマイド処理に際し溶解する量がきわめて多く、従って摩周 a, b 両層の最終残渣中の腐植には粗腐植または植物遺体の含まれる率が高いと推定される。逆に摩周 a 層→d 層と古い腐植になるほどアセチルブロマイド処理の残量比率が高くなっているのも、ヒュミン炭の占める割合が高くなると推定された。また 72% 硫酸処理で残ったものは木材分析法ではリグニンとみなされているが、一方リグニンはアセチルブロマイドに溶解するはずである。しかし 72% 硫酸処理残渣とアセチルブロマイド処理残渣には大差がなく 72% 硫酸不溶のものはアセチルブロマイドにも不溶となっている。すなわち最終残渣腐植中に含まれているものは単なるリグニンではなく大部分は既に変性を起こし、アセチルブロマイドに不溶の形をとるものと考えなくてはならない。

ホ) 塩酸可溶部の炭素率が特に小さい値を示したのは塩酸処理に際して無機態、アミノ酸態およびアミド態窒素などの腐植炭素と結合していない易溶性の窒素が溶出し、特に炭素率を低下させたものと思われる。

(5) 腐植中の有機態窒素および燐酸の可給態化

土壤中の窒素はその大部分が腐植中に含まれていることは上述のとおりであるが、これらの窒素は WAKSMAN の Ligno-protein theory によれば蛋白質およびその誘導体として含まれていることになる。蛋白態窒素の最も普遍的性質の 1 つは重金属による凝固である。すなわち HCl, NaF および NaOH 可溶性各窒素フラクションに対してこれに BARNSTEIN 法に準じ CuSO₄ を加えたが、いずれの場合もそのほとんどが沈澱した。第 7 表にこの結果を示したが表中百分比とあるのは各フラクション中の窒素全量に対する硫酸銅沈澱窒素の百分比であり、NaF, NaOH 可溶性窒素ではほとんど 100% 近い値を示し、HCl 可溶性窒素のみわずかにその値が低下していた。

自然状態下では土壤腐植中の蛋白質、あるいはこの類似物は直接高等植物には利用されず、主に細菌または糸状菌の酵素作用によりアミノ酸に分解され、更にアンモニア、硝酸態と無機化の経路をたどり、初めて植物に利用されるようになる。

第7表 HCl, NaF および NaOH 可溶窒素フラクション中 CuSO₄ 沈澱窒素量 (乾土 100 g 中 mg)

土 壤 別	HCl 可 溶 部			NaF 可 溶 部			NaOH 可 溶 部		
	可 溶 性 N 全	左 の うち CuSO ₄ で 沈 澱 する N	そ の 比 百分 比	可 全	左 の うち CuSO ₄ で 沈 澱 する N	そ の 比 百分 比	可 全	左 の うち CuSO ₄ で 沈 澱 する N	そ の 比 百分 比
摩 周 a 層	43.7	37.6	83.5	97.0	94.9	97.8	181.4	178.6	98.5
" b 層	48.9	32.4	83.3	90.5	87.8	97.0	193.2	189.6	98.1
" c 層	40.0	36.7	91.8	105.6	104.7	99.1	206.4	204.9	99.3
" d 層	35.2	31.2	88.6	113.4	112.3	99.0	162.8	161.2	99.0

しかして摩周 c, d 層が比較的古い火山灰であるにもかかわらず, 多量の腐植を含み窒素も多いが, このことはこれらの層が埋没状態にあって通気や水分状態が窒素の分解に不適當であったことにもよるが, これらの層を掘り起こし1年間放置したのち植木鉢試験を行なっても依然として作物は著しい窒素欠乏症を惹起するのであり, このことはこれらの層の腐植と結合した窒素が難分解性で可給態化し難い形をとるものであると推定される。

従ってこれら土壤窒素に Protease を作用させ, アミノ酸化の難易の比較検討を行なった。まず摩周 a, b, c, d の4層の窒素可給態化の難易について Protease として Papain を用い, 次のようにして生成されたアミノ態窒素を Van Slyke 検圧法により測定した。すなわち摩周 a, b, c, d 各層の土壤を SÖRENSEN 氏緩衝液で pH 5 に調節し, 40°C 2 時間 NCH で賦活した Papain を加え, 40°C に6時間保ったのちアミノ酸化した窒素を測定し, この結果を第8表に掲げた。これによると土壤腐植に Papain を作用させたとき Aminoization を受ける窒素の絶対量は全窒素にくらべきわめて低いものであった。しかし各層間における差異は顕著であって乾土 100 g 当り生成するアミノ態窒素は摩

周 c, d 両層では摩周 a, b 両層の約 1/3, またアミノ酸化せる窒素量の全窒素に対する百分比をアミノ化率とすれば, 摩周 c, d 両層は a, b 両層の約 1/2 であった。このことから天然状態の下では摩周 c, d 両層の腐植中の窒素は Protease により分解され難い形にあるものが多く, 従ってこれらの層においては, 例え全窒素含量が高くとも植物に利用され難いと推定し得た。

HCl による前処理に際し腐植の一部が溶解することは前述のとおりであり, この HCl 可溶性腐植中の窒素は処理後の水洗で除去される。従って可溶性窒素を全部除いた土壤について Papain を作用させるわけで, その結果各層間のアミノ酸化窒素量には大差がみられなくなる。その量が無処理の場合と比較すると, 摩周 a, b 両層ではかえって減少し, また摩周 c, d 両層では多くなっていた。このことはすなわち HCl 処理により原土の最もアミノ酸化を受けやすかった土壤窒素が除去され NaF 可溶部以下のフラクション中の窒素がアミノ酸化を受けたのであったが, 摩周 c, d 両層ではこのような処理により, 処理後の土壤がアミノ酸化を受けやすくなることを示していた。

次に腐植各フラクション中の窒素のアミノ酸化の難易について比較検討を行なった。測定は前述腐植各フラクション中 HCl 可溶部を除いたもの, すなわち NaF 可溶部, NaOH 可溶部および残液の3つについてそれぞれ Pepsin と Papain を作用させアミノ酸化する窒素量を測定した。Pepsin については前と同様な条件で作用させた。Papain は試料を塩化アンモン緩衝液で pH 2.0 とし Papain を加え 20°C に6時間保ち以下同様に測定した。また別に Pepsin で作用させたのちに更に Papain

第8表 Papain によりアミノ酸化した窒素量

(乾土 100 g 中 mg)

層 別	原 土			塩 酸 前 処 理 土
	土壤全 窒素量	アミノ酸化 した N 量	アミノ化率 (%)	アミノ酸化 した N 量
摩周 a 層	520.8	30.6	5.88	13.5
" b 層	439.7	25.5	5.80	16.5
" c 層	460.4	9.9	2.15	13.9
" d 層	388.5	9.0	2.32	12.8

第9表 腐植各フラクション中窒素の酵素によるアミノ酸化窒素量(乾土100g中mg)およびアミノ化率(%)

腐植 層別	腐植						
	NaF 可溶部			NaOH 可溶部			残渣部
	Papain	Pepsin	Papain + Pepsin	Papain	Pepsin	Papain + Pepsin	Papain + Pepsin
摩周 a 層	4.27(4.40)	5.48(5.65)	6.33(6.52)	7.62(4.20)	10.73(6.05)	13.06(7.20)	10.49(5.28)
” b 層	3.83(4.23)	4.79(5.29)	5.32(5.88)	7.18(3.71)	9.29(4.81)	10.10(6.71)	5.99(5.11)
” c 層	2.96(2.80)	4.16(3.94)	5.20(4.93)	7.78(3.77)	8.78(4.25)	10.64(5.16)	5.04(4.67)
” d 層	2.70(2.42)	3.76(3.33)	4.48(3.97)	5.67(3.48)	7.28(4.47)	8.24(5.06)	3.49(3.53)

を加え二重に酵素を作用させたが、これは単独に作用させるよりもアミノ酸化を増加させることができた。最終残渣中の腐植に対しても同様に処理した。その結果は第9表に示すとおりである。ただし表中の括弧中の数字はアミノ化率で、各フラクション全窒素量に対するアミノ酸化窒素量の百分比で示した。

NaF 可溶腐植中の窒素は NaOH 可溶腐植よりもアミノ化率がやや低い。すなわち NaOH 可溶の粗腐植とみなされる部分に含まれる蛋白質およびその類似物は、NaF 可溶の真性腐植酸よりも Protease の作用で分解しアミノ酸となりやすい。このことについて細田らの高位収獲田のヘミセルローズおよびセルローズ含量が高いとの報告や、あるいは原田の乾土効果が Tjuln 法 G₁ 部において高いとの報告を考え合わせると、粗腐植に属する部分(あるいは真性腐植酸型のものを含む)は真性腐植酸中に含まれる窒素よりも分解されやすく窒素潜在地力が高いものと思われる。また最終残渣部腐植中にはアセチルブロマイドに可溶の腐植および植物遺体のほかに不溶性のヒュミン炭があるものと思われるが、摩周 a, b 両層では前者が多く、これが Protease の作用を受けやすいためにアミノ化率が比較的高くなったのに対し、摩周 c, d 両層では後者が多くアミノ化率が低くなったものと思われる。

各火山灰層間の Protease に対する反応の相異については摩周 a, b 両層では効果が大きく、c, d 両層では概して低い傾向がある。これは NaF, NaOH などの同一抽出液に溶出する腐植であっても、その間に相異があり特に NaF 可溶部では両者間の差異が大きい。しかしこの原因は以上の

ような腐植自体の相異によるものか、これに附随している吸収塩基の差異によるかは更に検討を要する点である。

次に火山灰中には有機燐が特に多く、小島、川口の報告によると本邦の“くろぼく”では全燐酸の72~78%が有機態であるとのべられ、また New Zealand の草原でも有機燐が多く、流紋岩質浮石土は全燐酸の80%に達するばかりでなく、施肥した燐の多くが有機態で集積しているとのべている。これら有機燐は腐植中に含有されているが、その多くは更に糞土、鉄その他塩基と結合し植物に直接吸収され難い形をとっていると思われるが窒素の場合と同様に腐植が分解を受ける際はその一部が Phytin, Neucleic acid あるいは無機態となって遊離放出され、作物の養分として利用されることになるものと思われる。

まず土壤中の燐酸がどの部分にどのように分布しているかを知るため、前述腐植各フラクション中の燐酸を林、滝島の方法で無機態と有機態に分け測定し、これを第10表に掲げた。測定の方法は HCl, NaF, NaOH 可溶腐植の一部をとり無機、有機燐を測定し、残渣部ではまずその一部をとり H₂O₂ で処理、この際分解溶出する燐酸を有機燐とし、また残渣部全体およびこれを更にアセチルブロマイドで処理を行なったものについて、それぞれ Na₂O₂ で融解して全燐酸を測定し、両者の差からアセチルブロマイド可溶腐植中の燐酸含量を算出した。また残渣部の全燐酸から H₂O₂ 処理にて分解測定した燐酸を差し引いたものは、燐灰石などを主体とする土壤構成鉱物中の無機燐となる。

有機燐の生成は植物あるいは細菌の枯死後、腐朽化作用を受け、Phytin, Neucleic acid その他の

第10表 腐植各フラクション中の燐酸の分布(乾土100g中mg)

腐植形態別	フ ラ ク シ ョ ン							計	有機燐合計	有機燐の対全燐百分比
	HCl可溶部		NaF可溶部	NaOH可溶部	残 渣 部					
	無機燐	有機燐	有機燐	有機燐	有機燐(1)*	有機燐(2)*	無機燐			
摩周 a 層	18.03	5.88	32.22	91.02	9.15	11.12	83.15	250.57	149.39	59.62
" b 層	12.39	7.83	31.17	119.26	5.32	7.04	84.50	267.51	170.62	63.78
" c 層	5.91	7.25	32.93	124.96	4.42	6.18	75.90	257.55	175.74	68.24
" d 層	4.79	8.14	47.09	144.84	3.74	5.64	104.72	318.96	209.45	65.67

* 有機燐(1)は Br-acetate 可溶腐植中の有機燐, 有機燐(2)は残渣土壌全有機燐(1)を差引いたもの。

形で腐植中に含まれていて、多くの場合 Al, Fe, Ca と結合し作物または細菌に利用され難い形をとっているものと思われるが、しかし窒素のように腐植炭素と密接に結合し腐植分子の一部を構成するものとは考えられず、むしろ粗腐植が真性腐植酸に進化する場合、これら有機燐はこの反応から取り残されるものようである。すなわち上表で有機燐を最も多く含んでいたのは NaOH 可溶腐植であり、これに比較して NaF 可溶腐植中にはきわめて少ない量しか存在していなかった。易溶性の無機燐は可溶部に溶出するが、礬土性の高い摩周 c, d 両層ではこのような無機燐量が少ない。しかしこの層では HCl 前処理中に溶出する腐植が比較的多く、これに伴ない有機燐含量も高くなっていた。残渣部腐植中の無機燐は、前述のようにそれぞれ火山灰を構成する鉱物により左右されるべきもので摩周 d 層が最も高い値を示すが、この一部には堅固に礬土と結合する固定燐酸をも包含される可能性がある。しかし摩周 a, b, c, d 各層の有機燐合計は全燐酸の 59~68% に当り、特に摩周 c 層が高い比率を示したが、概して古い火山灰層において有機燐の堆積が著しかった。

また前述各腐植フラクション中の窒素のアミノ酸化を測定したのと同様の目的で Phosphatase を加え有機燐の無機化を比較した。すなわち Phosphatase は米糠より抽出したもので、これを電気透折し無機燐をほとんど含まぬものにして用いた。腐植フラクションを H₂SO₄ と M/10 Nacitrate, NaOH 緩衝液で pH 5.0 に調節, 27°C に 12 時間 Phosphatase を作用させたのちに無機燐を測定し、これより酵素のみを同様処理した場合の無機燐酸量を差し引いて腐植各フラクション中有機燐の無機化燐酸量とし、その量を乾土 100 g 当り mg に換算して第 11 表として示した。この表中括弧中の数字は無機化燐の腐植各フラクション有機燐に対する百分比、すなわち燐酸無機化率である。

これら各フラクション中有機燐の無機化率が最も高かったのは HCl 可溶部であり、このように稀酸に溶けやすいものはすなわち Phytin あるいは Neucleic acid がその主体をなすものと思われる。次に NaOH 可溶部の無機化率が高くしかもその絶対量が他部より特段に高く、全無機化燐酸の 58% (摩周 a 層)~76% (摩周 b 層) を占めていたが、このことは前述の窒素のアミノ酸化の場合と同様に

第11表 腐植各フラクション有機燐の Phosphatase による無機化量(100g中mg)と無機化率(%)

層 別	HCl 可溶部	NaF 可溶部	NaOH 可溶部	残 渣 部		無機化量合計
				有機燐(1)*	有機燐(2)*	
摩周 a 層	2.93(49.72)	4.74(14.71)	19.62(21.55)	1.43(15.64)	0.84(7.56)	29.56(19.79)
" b 層	3.31(42.34)	3.70(11.87)	25.29(21.21)	0.83(15.50)	0.52(7.35)	33.65(19.72)
" c 層	2.83(39.03)	4.26(12.95)	26.12(20.90)	0.54(12.16)	0.32(5.23)	34.07(19.39)
" d 層	3.04(37.40)	5.10(10.84)	28.71(19.82)	0.46(12.35)	0.37(6.49)	37.68(17.99)

* 有機燐(1)は Br-acetate 可溶腐植中の有機燐, 有機燐(2)は残渣土壌全有機燐(1)を差引いたもの。

土壤中で NaOH 可溶部腐植中の有機態窒素および磷酸が, NaF 可溶部または最終残渣部腐植中のものよりも細菌, 糸状菌の分解酵素により無機化されやすい, すなわち真性腐植酸よりも未だ腐植化の中途にあって腐朽物質に近い形の腐植の方がかえって肥効が高いといえるようである。NaF 可溶部と残渣部有機磷(2)は無機化率が低く, このように腐植化の進んだものはいわゆる永久腐植としてきわめて安定した形をとるが, 直接作物の栄養源となり難く, もっぱら養分の置換保持に役立っているものと思われる。

前述のとおり HCl で洗滌した火山灰土壌が, 蛋白分解酵素の作用を受けやすくなるということから, このような処理を経た土壌を incubate することにより, 同様に窒素の無機化を促進させようものと思われる。また同時に有機磷も無機化を受けると思われるが, 特に硝酸ソーダを添加し, incubate してその無機化を促進させた。供試土壌は前回の摩周 a, b, c, d の4層のほかに, 根室支場所属の牧草地中特に過磷酸石灰を毎年多量に施用してきたものと, 無磷酸区の土壌の2つを加えた。前処理に3% 塩酸を用い室温にて30分間振盪後直ちに濾過, 水で洗滌を繰り返した土壌と, この処理を行なわなかった土壌とについて, それぞれ乾土効果試験方法に準じ, 沸水状態で28°C 27日間 incu-

bate 後, 1N KCl で浸出, $\text{NH}_4\text{-N}$ と P_2O_5 量を測定比較した。また硝酸ソーダ添加のものは, 沸水の代わりに硝酸ソーダ液を濃度がN/8となるように加えたほか, 全く同様にして incubate したものであり, これらの結果は第12表に示したとおりである。この表には対照として incubate 前の土壌を1N KCl で浸出しその中の $\text{NH}_4\text{-N}$ および P_2O_5 量を測定した値をも掲げたが, HCl で前処理したものは洗滌中に $\text{NH}_4\text{-N}$, P_2O_5 がほとんど流出し, いずれもその含量は痕跡程度であった。incubate 後の土壌の $\text{NH}_4\text{-N}$ 量については硝酸塩添加の有無にかかわらず HCl 前処理土壌は無処理土壌の約3倍のアモニア態窒素の化成量を示した。このように無機化されやすくなった原因として3% HCl で前処理することにより若干の加水分解を受けること, またこの処理により腐植と結合した三二酸化物が除外され, 微生物の攻撃を受けやすくなったことなどが考えられる。いま, 後者についての原因を確かめるため, HCl 前処理の代わりに TAMM 氏の試薬で前処理を試みた。すなわち pH 3 の硝酸硝酸ソーダ液にて30分間振盪し, 水で洗滌を続け以下同様に沸水状態で incubate し, 21日後 KCl で置換溶出した $\text{NH}_4\text{-N}$ を測定し, その結果を第12表にあわせ掲げた。ただし, 硝酸硝酸ソーダ液にて前処理を行なうと腐植の溶出著しく

第12表 HCl 前処理土壌の incubate による窒素, 磷酸の無機化 (乾土 100 g 中 mg)

	供試土壌別				incubate 前		incubate 後			硝酸ソーダ添加 incubate	
					無処理土	HCl 前処理土	無処理土	HCl 前処理土	TAMM 試薬前処理土	無処理土	HCl 前処理土
窒素 (N)	摩周 a 層	1.10	trace	13.27	43.90	39.85	14.83	41.20			
	" b 層	1.03	"	9.90	41.20	36.52	10.87	38.37			
	" c 層	0.63	"	8.17	46.83	43.18	9.13	46.23			
	" d 層	0.90	"	7.73	41.97	35.34	8.57	40.80			
	牧草地土壌(磷酸多用)	1.03	"	9.13	39.77	34.60	10.70	36.37			
	" (無磷酸)	1.27	"	8.90	38.30	35.13	10.93	37.23			
磷酸 (P ₂ O ₅)	摩周 a 層	0.41	trace	2.34	8.60		4.14	24.07			
	" b 層	0.34	"	1.28	5.12		1.42	20.83			
	" c 層	0.21	"	1.25	4.56		1.60	21.62			
	" d 層	0.18	"	0.96	2.58		1.25	16.23			
	牧草地土壌(磷酸多用)	0.50	"	2.05	5.56		6.21	56.30			
	" (無磷酸)	0.19	"	1.38	3.84		2.83	23.52			

このため腐植含量がやや低下し、乾土効果による $\text{NH}_4\text{-N}$ 化成量の低減も起こるようである。この際溶出される腐植の大部分は真性腐植酸に属するものである。

すなわち TAMM 氏試薬で前処理を行なった場合もほぼ HCl の場合と同様の傾向が認められるので、三二酸化物除去による効果の相当大きなことが推定される。次に燐酸について、湛水状態で incubate したのも、HCl 処理土壌は無処理土壌の約3倍の無機化量であったが、これに燐酸ソーダを添加し incubate すると、無機化が急激に進む。これは塩酸前処理土壌に燐酸ソーダを添加すると腐植の一部が可溶性となるので、特に燐酸の無機化が容易になるものと考えられる。しかして HCl 無処理土はこのような効果がほとんど現われず、燐酸ソーダを添加しても燐酸無機化の増加は起こらなかった。牧草地土壌のうち、燐酸多用区では、単に incubate したのみでは HCl 前処理土壌においても未だ無機化燐酸量は多くなかったが燐酸ソーダを添加し incubate すると無機化燐酸の生成が急に多くなる。このことは施用された燐酸質肥料のうち、有機燐になったものは更にその

大部分が三二酸化物に固定され、これが HCl 前処理により除かれてのち初めて無機化されやすくなるものと推定される。

(6) HCl 処理土壌の肥料要素鉢試験

以上のべたように HCl 前処理により窒素および燐酸の可給態化が促進され、特に摩周 c 層のように礫土性の高い土壌ではこの効果が著しいことが分かった。従って摩周 c 層を HCl で洗滌し、肥料3要素鉢試験を実施し、これを無処理土壌と比較してみた。方法は四斗樽に摩周 c 層土壌を入れ 3% HCl を加え攪拌後暫時静置し、上澄液を捨て純水を加えこれを繰り返す。これを約 20 回繰り返してもなお若干の Cl^- が認められたので石灰で中和した。この土壌を 2,000 分の 1 アールワグネルポットにつめ、燕麥(ピクトリー1号)で肥料3要素試験を行ない、これを無処理の摩周 c 層土壌と比較した。3要素区の施肥量は鉢当り $\text{N} 1\text{g}$, $\text{P}_2\text{O}_5 1.3\text{g}$, $\text{K}_2\text{O} 1\text{g}$ であった。HCl 処理区では第1年目発芽から生育初期にかけて若干の酸性障害をこうむり、また 4~5 葉期に激しい苦土欠乏症が現われたので硫酸苦土を葉面散布した。収量調査を次に掲げた。

第13表 HCl 前処理土壌の肥料3要素鉢試験 (鉢当り g)

土 壌 処 理 別	試験区分	初 年 目					第 2 年 目				
		草 丈 (cm)	総 重 (g)	稈 重 (g)	子実重 (g)	同百分比 (%)	草 丈 (cm)	総 重 (g)	稈 重 (g)	子実重 (g)	同百分比 (%)
摩周 C層 無処 理土	無肥料区	39	10	6	3	14	50	8	5	3	11
	無窒素区	49	16	11	4	19	70	13	9	2	7
	無燐酸区	43	13	8	3	14	64	10	7	2	7
	無加里区	84	68	48	13	62	108	60	34	22	79
	3要素区	90	72	48	21	100	129	87	50	28	100
摩周 C層 塩酸 処理 土	無肥料区	88	40	23	16	62	96	43	25	15	38
	無窒素区	100	43	24	18	69	131	54	32	19	48
	無燐酸区	79	53	29	20	77	111	113	75	30	75
	無加里区	101	87	56	24	92	109	106	70	32	80
	3要素区	102	82	49	26	100	123	111	67	40	100

すなわち摩周 c 層の無処理土壌では無窒素区、無燐酸区は激しい欠乏症に陥り、草丈も低く収量もはなはだ少なかった。これに対して HCl 処理土壌ではこのような欠乏状態が緩和され、相当高

い収量を得たので、HCl 処理による窒素、燐酸可給態化の効果は明瞭であった。

摘 要

根釧地方の土壌は降灰年代の比較的新しい火山

灰が耕土を構成しており、粘土含量に乏しいので養分の保持はここに含有される無機膠質に期待することができない。しかし幸いにも腐植含量が高く開墾後数年間は磷酸肥料さえ十分であればこれにより相当高い生産力を示すものである。しかしこの間に消耗する腐植含量は 2~3% であり主に粗腐植であって、その後長期間耕作を続けても腐植含有量の低下が少なく平衡状態に保たれる。腐植の構成成分として有機態の窒素や磷酸が多量にあるが、このように平衡状態に達したものは塩基の置換能力は高くとも、窒素と磷酸を可給態として作物に与えることは少ないものであった。従って根釧地方火山灰地の経年畑においては、現在の技術で土壤中に比較的豊富にある窒素と磷酸を利用することは困難であって、増収をはかるためには易分解性粗腐植として堆肥を新たに毎年添加することが必要である。しかし本質的にいわゆる地力の低い土壤に地力を附与することは莫大な労力と費用を要するものであり、あまりこれに期待せずに施肥法を合理化する手段で収量を上げる方法もあわせて検討することが必要であろう。これには各作物の養分吸収過程や吸収量についてまず十分に検討することが重要と思う。

II. 主幹作物の肥培法

1. 春播大麦の施肥法

(1) 生育促進に及ぼす磷酸の効果

根釧地方では春期融雪や土壤凍結の融解を待ち直ちに作業を開始しても、春播大麦の播種期日 5 月 15~20 日ころとなり、北見地方より 2 週間も遅れ、天候不順の年には 6 月に入ることもある。このような播種期の遅れを施肥の合理化で回復させる手段について、特に磷酸の増施が初期生育の促進に効果が大きいといわれているので、この問題について検討を行なった。

試験方法 供試品種は「早生六角」、「大樹大麦」、「町村大麦」で、根釧地方における早、中、晩生種を代表する品種であった。供試圃場は根室支場試験圃場で、前年にソバの無肥料均一栽培を行なった。

実施年度は昭和 28 年、播種期は 5 月 18 日から 10 日ごと、すなわち 5 月 28 日、6 月 7 日の 3 回、施肥条件は N 2.9 kg (10 テール当り)、K₂O 2.9 kg を共通肥料として全区に等量与え、磷酸を無磷酸、3.75 kg、11.25 kg の 3 段階に区分した。すなわち品種要因 3、播種要因 3、施肥段階 3 の 3×3=27 区、1 連式の混同試験法に従った。

生育調査 実施年度 (昭和 28 年) の天候は連日曇雨天が続き、発芽、生育ともに遅延、出穂も約 1 週間遅れで、大麦の生育に不適當であった。また一部に網斑病が発生、強風雨 (7 月 25 日、開花期) による倒伏をみた。各区の草丈、出穂期、成熟期は第 14 表のとおりであった。

供試圃場は火山灰土壌であるから麦類に対する磷酸の肥効は大きい、更に前年度無肥料均一栽培をしたため磷酸欠乏が一層激化した。特に無磷酸区では葉色黒緑化し、葉身は直立、草丈の伸長は幼穂形成期まではほとんど停止の状態であった。たとえば「早生六角」について 6 月 23 日から 7 月 6 日までの 2 週間に磷酸多用区は 20cm 伸長したが、無磷酸区はわずかに 2~3 cm 伸長したみのであった。品種間では「早生六角」の磷酸欠乏障害が最も著しく、収穫時の磷酸 11.25 kg 施用区の草丈を 100 とし (播種期 3 区分の平均値) 各品種の無磷酸区の草丈を求めると

「早生六角」	39.4%
「大樹大麦」	55.2%
「町村大麦」	65.5%

また播種期の早晩による影響について各播種期の磷酸 11.25 kg 区の草丈を 100 とし、無磷酸区の比率を求めると

	5月18日播種	5月28日播種	6月7日播種
「早生六角」	52.2%	44.1%	21.9%
「大樹大麦」	58.5	55.4	51.7
「町村大麦」	63.9	66.8	64.5

すなわち播種期を遅らすと無磷酸区の草丈の伸長阻害は更に著しくなるが、この際も早生種において特に激しくあらわれた。

磷酸の増施によって生育が促進され、播種期の