

網走地方に分布する主要土壌の養水分供給力 に関する研究

第3報 土壌溶液中の加里が作物の加里吸収に及ぼす影響*

下野勝昭** 大垣昭一**

Investigations on Nutrients and Water Supplying Powers of Typical Soils in the Abashiri District 3. Effect of potassium in the soil solution on potassium absorption of the crop

Katuaki SHIMONO and Shooichi OOGAKI

北海道網走支庁管内に分布する代表的な数種の土壌について、1970～1973年にかけて粋試験とポット試験を行い、土壌溶液K濃度の推移とえん麦のK吸収経過との関係に検討を加えた。その結果、一般的な傾向として無栽培区の土壌溶液中K濃度、およびK活動度比 (aR^K) が高い土壌ほど、えん麦のK含有率、吸収量も高くなることを認めたが、佐呂間土壌では、土壌溶液中Kが常に低濃度となるにもかかわらず、K吸収量は他の土壌にくらべて必ずしも低くならないことが認められたので、土壌溶液中Kのような活性な部分の評価だけでは充分でなく、K供給の容量因子をも含めた総合的な土壌間の比較検討が必要になると考えられた。また、えん麦のK吸収は mass-flow による供給だけでは説明することができず、その他の要因、例えば、土壌中でのKの拡散などによって供給される可能性の強いことを認め、この結果から、粋試験とポット試験におけるえん麦のK吸収経過の相違を明らかにした。

I 結 言

作物は土壌より水分と養分の供給をうけ、炭酸同化作用、呼吸作用を営みながら生育するが、この水分と養分は主に、作物根が土壌溶液から吸収するとみなされている。土壌溶液中の養分は土壌の固相に吸着されている養分との間に熱力学的平衡関係にあるとされており、その組成、濃度は土壌の物理化学的特性を反映しているものと考えられる。このように、土壌の特性を反映した土壌溶液中の養分の動態は、作物の養分吸収に対して重要な役割を担っていると考えられるが、土壌溶液に溶存する養分は、各種有効態養分の中で最も活性な部分でもあり、作物栽培、施肥条件、水分条件、温度条件、微生物の作用などにより、微妙に変化する。したがって、それを定量的に把握するためには、厳密な条件規制による試験調査が必要である。今回は

各種養分の中の大量要素の一つであるKをとりあげ、条件規制のしやすい粋試験、あるいは、ポット試験によって、土壌溶液中での変動と、作物の吸収経過について検討を加えたので、その結果を報告する。

なお、本試験の遂行にあたり、ご助言、ご鞭撻をいただき、加えて本稿の校閲を賜った北見農業試験場長、中山利彦博士に深く感謝する。また、本稿の校閲を賜った中央農業試験場化学部、松代平治部長に厚く感謝の意を表する。

II 試験方法

1 供試土壌の理化学性

1970～1971年にかけて供試した土壌の理化学性は前報¹⁷⁾で述べたとおりである。1972～1973年にかけて供試した土壌は清里火山性土（清里と略記、以下同じ）、遠軽崩壊土（遠軽）、佐呂間沖積土（佐呂間）、訓子府

* 本報告の一部は日本土壌肥料学会で（昭和46年10月）発表した。

** 北海道立北見農業試験場 常呂郡訓子府町

表1 供試土壌の化学性

土 壤	pH		C (%)	N (%)	C/N	P ₂ O ₅ (mg/100g)		C E C (me/ 100g)	EX-Base (me/100g)			石 灰 飽 和 度 (%)
	H ₂ O	KCl				Truog	Ca-P		Ca	Mg	K	
清 里	6.01	5.25	2.37	0.22	10.8	10.0	11.0	11.4	6.6	0.8	0.5	57.9
遠 軽	5.32	4.62	3.04	0.27	11.3	22.5	23.3	17.2	8.2	1.1	1.1	47.7
佐 呂 間	5.58	4.31	1.24	0.16	7.8	10.0	13.7	20.0	14.8	3.1	0.3	74.0
訓 子 府	5.20	4.43	5.63	0.53	10.6	3.0	9.3	25.8	8.1	0.8	0.4	31.4

洪積土(訓子府)の4種であり、採取地点は前報¹⁷⁾の場合と若干異なっているが、地力保全基本調査など^{10, 11)}の報告によれば、母材、土性、物理性は前報¹⁷⁾の該当土壌とほとんど同一とみなして良い。4種の土壌の化学性は表1に示したとおりであり、土壌間の化学性の差異は前報¹⁷⁾と同様な傾向を示したが、清里、遠軽では前報¹⁷⁾の該当土壌より、全般的な養分の富化が認められ、佐呂間でも、それと同様な傾向を示すが、有効態磷酸が極端に低下しており、訓子府では、有効態Kを除いて全般的な養分の劣化が認められた。1970~1971年の生育と1972~1973年の生育は異なったパターンをとったが、これには供試土壌が同一でなかったことも影響を及ぼしたものと推察されるので、各年度間の比較検討に当っては、この点にも充分な配慮を払った。

2 試験条件

(1) 1970~1971年

前報¹⁷⁾で供試した6種の土壌の作土を北見農試ほ場に埋設した0.9m²(たて0.5m, よこ1.8m, 深さ0.4m)の無底木枠に深さ0.4mになるように充填し、無肥料区(-F区と略記)と肥料区(+F区と略記)を設けた。+F区の施肥法、施肥量は前報¹⁷⁾と同様である。また、両区にそれぞれ無栽培区(-P区と略記)とえん麦栽培区(+P区と略記)を設け、2反復で実施した。えん麦「オホーツク」を1970年には5月15日に、1971年には5月2日に畦幅60cmとなるように播種した(播種量9g/0.9m²)。その後、経時的に作物体と土壌を採取したが、土壌採取は100cc採土管を用い、+P区の場合は原則として畦間中央から行なった。また、採取深度は-P区、+P区とも地表から10cmまでの部位で行なった。土壌溶液の分離法、およびその分析法は前報¹⁷⁾と全く同様であり、土壌溶液のK活動度比(aR^Kと略記)は、土壌溶液のK, Ca, Mg濃度をDEBYE-HÜCKELのイオン集合とイオン対の理論を用いて化学ポテンシャルに変換した後^{14, 15)}算出した。作物体中のKは試料を70°Cで乾燥、粉碎後その湿式分解液について原子吸光度計で測定した。以下の年度においても、その分析法は全く同一である。

(2) 1972年

北見農試ほ場に埋設した1m²(たて, よこ, 深さそれぞれ1m)の無底コンクリート枠に深さ0.4mとなるように前記4種の土壌の作土を充填した。処理区、施肥法、施肥量、栽植法、および作物体、土壌の採取方法は1970~1971年の場合と同様であり、えん麦「オホーツク」の採種は5月3日に行なった。

(3) 1973年

a/5000ワグネル氏ポットに前年と同様に4種の土壌を充填し、-P区と+P区を設け、2反復とした。施肥量はポット当り(g), N:0.5, P₂O₅:1.0, K₂O:0.5となるように硫酸、第1りん酸カルシウム、硫酸で与え、全層施肥としたが、N, K₂O施肥量はm²当りに換算して1972年の施肥量と一致させた。えん麦「オホーツク」を5月3日にポット当り20粒播種し、10本立とした後、経時的に作物体と土壌を採取したが、土壌試料はポット中の全土壌を均一に混合した後、そのうちの一部を採取し、これを分析に供した。

III 結 果

1 乾物収量の推移とK吸収経過

図1に示したとおり、1970年と1971年の収穫期における乾物収量は、+F区、-F区とも女満別が最高収量を示し、+F区では両年とも小向が最低収量となった。+F区の乾物収量の土壌間差は1971年にくらべて1970年で顕著に認められ、また、清里、遠軽では1970年の収量よりも1971年が低く、小向ではその逆であり、女満別、佐呂間、訓子府では両年に差が認められなかった。-F区では両年とも小向、清里が低収であり、また、1970年にくらべると1971年の収量は、いずれの土壌でも明らかに低くなった。

1972年と1973年の乾物収量の推移は表2に示したとおりであり、1972年には-F区の79日目で佐呂間>清里>遠軽>訓子府の順となり、+F区の79日目では遠軽>清里>佐呂間>訓子府の順となった。しかし、両区ともそれ以前の比較では、前記順位にあてはまらなかった。1973年には+P区で佐呂間が最も低収であ

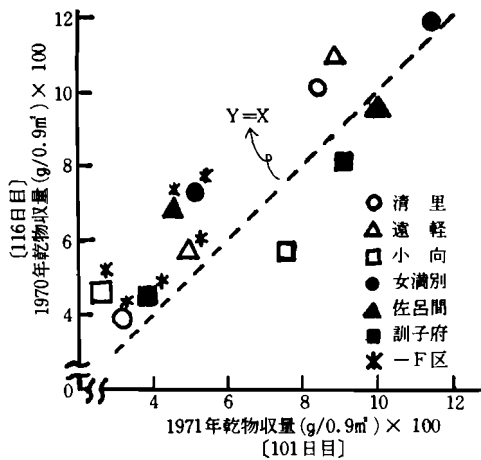


図1 1970年と1971年の乾物収量の比較

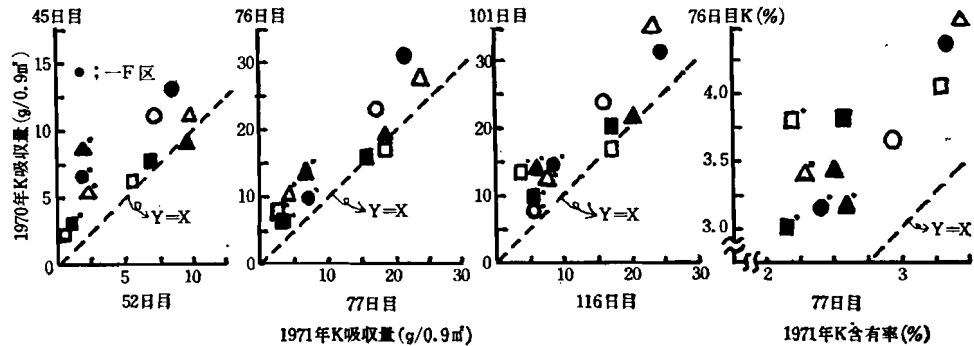
表2 1972年と1973年の乾物収量の推移

(g/m²) (mg/ポット)

年度 処理 土壌 日数	1972				1973	
	無肥料区		肥料区		肥料区	
	70	79	70	79	55	68
清里	616	952	772	1,428	19.4	28.0
遠軽	524	936	836	1,468	15.6	29.0
佐呂間	556	1,044	776	1,096	11.1	21.3
訓子府	296	320	788	876	16.3	30.0

ることを除いて、他の3土壌間にあまり差はなかった。

図2に示したとおり、1970年と1971年の+F区のK吸収量は、両年とも、女満別、遠軽が高く推移し、小向、訓子府が低くなるのが明らかになり、清里は



○=清里 △=遠軽 □=小向 ●=女満別 ▲=佐呂間 ■=訓子府

図2 1970年と1971年のK吸収量とK含有率の比較

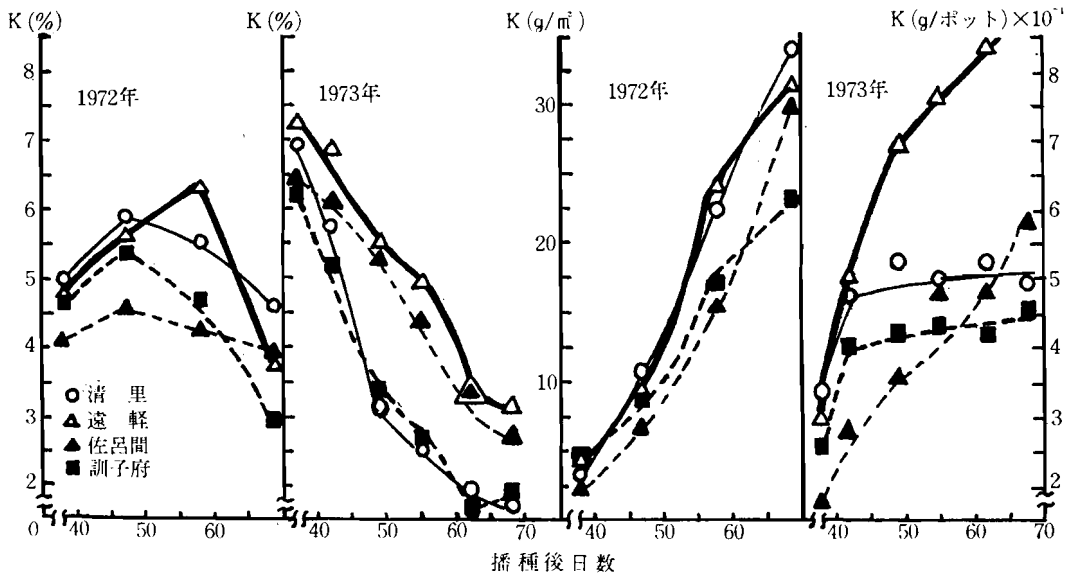


図3 1972年と1973年のえん麦のK含有率とK吸収量の推移

1970年には比較的高い吸収量を示したが、1971年には低くなる事が認められた。また、清里、遠軽、女満別のK吸収量は1970年よりも1971年が低くなり、小向、佐呂間、訓子府では両年にあまり差のないことが明らかになった。一方、-F区のK吸収量は、いずれの土壌でも1971年の吸収量が1970年よりも低くなる事が認められた。

1972年と1973年の+F区のえん麦のK含有率と吸収量の推移を図3に示したが、1972年のK含有率は播種後15日目まで増加し、その後減少する傾向を示すの

に対して、1973年のポット試験では、生育が進むにつれて急激に低下することが認められた。また、播種後40日前後の含有率は1973年が全般に高く、70日目のそれは1972年が高くなることも認められた。一方、吸収量は1972年の場合には、日数の経過に伴ない漸次増加し、70日目には清里>遠軽>佐呂間>訓子府の順となったが、1973年の68日目には遠軽>佐呂間>清里>訓子府の順となり、特に、訓子府と清里では42日目を境として吸収量は頭うちとなる傾向を示した。

2 土壌溶液K濃度と降雨量の推移

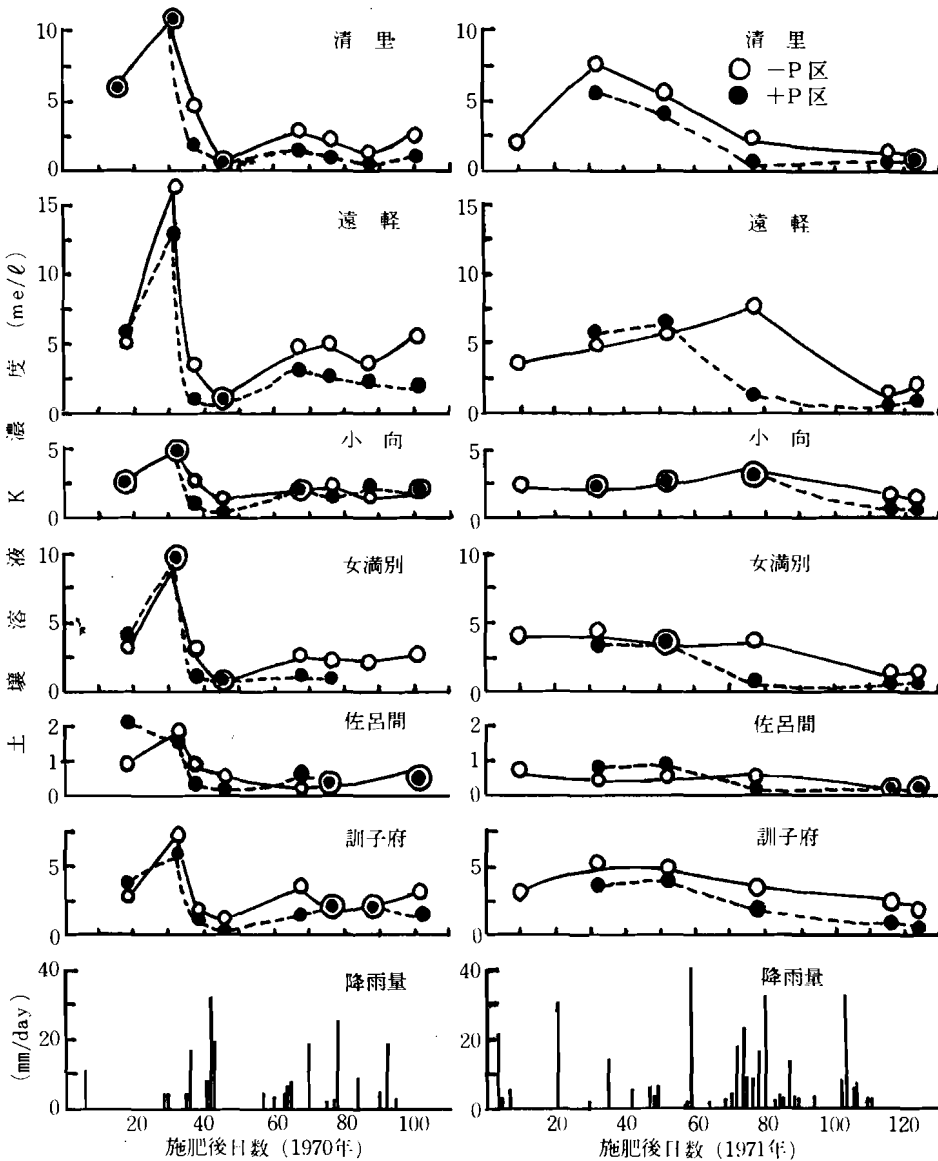


図4 1970年と1971年の土壌溶液K濃度と降雨量の推移

図4に示したとおり、1970年の+F区においては、全土壌とも施肥後（施肥、播種は同日に行なったので、土壌溶液K濃度には施肥後を、K吸収経過には播種後を用いる）32日目で土壌溶液K濃度は最高となったが、この間の降雨量は僅少であった。その後K濃度は急激に低下し、45日目には、いずれの土壌でも最低値となったが、36~43日にかけて大量の降雨があったことと対応する現象である。45日目以降のK濃度は、若

干増加する傾向を示すが、67~76日目を境として再び低下する現象が認められ、やはり、この間にもかなり大量の降雨が認められた。

冷害年であった1971年は1970年にくらべると全般的に降雨量が多くなったが、+F区での最高濃度は1970年よりかなり低くなるのが全土壌で認められた。しかし、その差は、後期になるとほとんど認められなくなった。一方、1971年の-F区の土壌溶液K濃

表3 無肥料区（無栽培区）における土壌溶液K濃度の推移 K (me/l)

土 壤	年 度 日 数	1970				1971				1972			
		32	67	76	101	32	52	77	123	38	63	70	111
清 里		1.26	0.45	0.51	0.56	0.25	0.35	0.13	0.32	1.31	1.19	0.72	1.31
遠 軽		3.49	1.06	1.53	1.74	0.85	0.86	1.30	0.68	1.51	1.40	1.84	2.00
小 向		1.12	0.42	0.42	0.49	0.20	0.19	0.09	0.13	—	—	—	—
女 満 別		2.26	0.72	0.75	0.76	0.37	0.33	0.42	0.28	—	—	—	—
佐 呂 間		0.44	0.17	0.14	0.38	0.14	0.15	0.05	0.05	0.33	0.18	0.23	0.27
訓 子 府		2.23	0.68	6.68	0.68	0.31	0.31	0.38	0.20	0.17	0.23	0.16	0.31

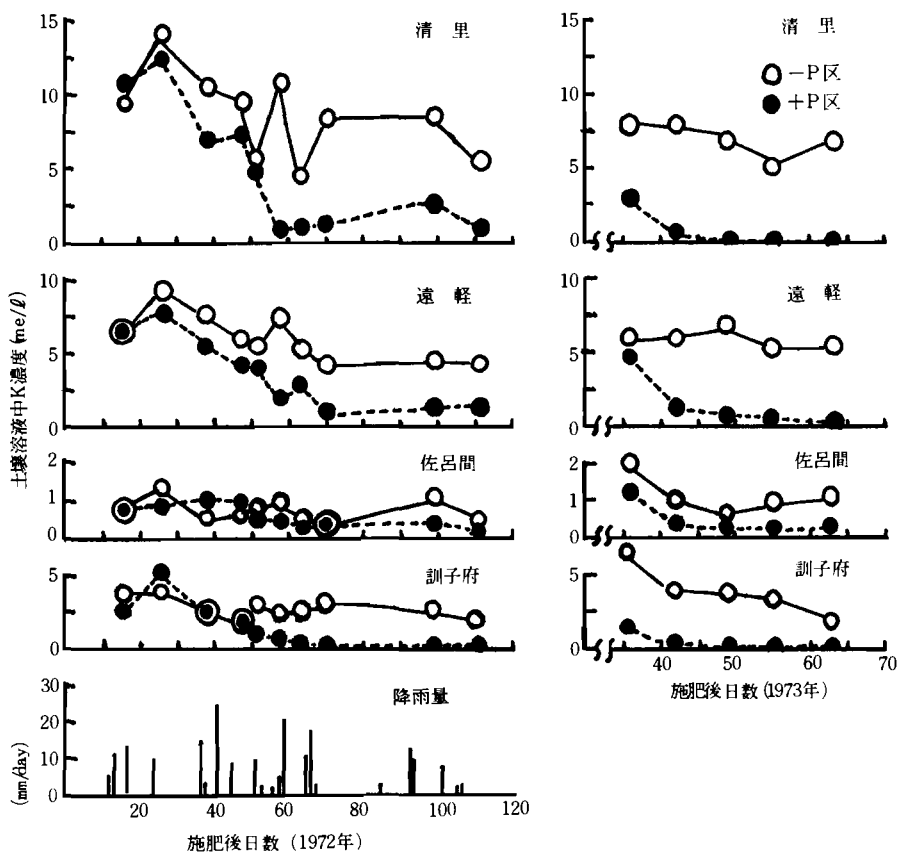


図5 1972年と1973年の土壌溶液濃度と降雨量の推移

度は表3に示すとおり、1970年よりも全般にかなり低下しており、しかも後期までその差が認められた。

図5に示したとおり、1972年の土壤溶液K濃度も前2年と同様に降雨量の多少に影響されることが認められ、+F区の最高濃度はいずれの土壤でも施肥後26日目でえられた。

ところで、1970年には施肥後32日目で土壤溶液K濃度は最高となったが、このときの濃度で土壤間の比較を行なってみると、-F区では遠軽>女満別>訓子府>清里≧小向>佐呂間の順となり、+F区では遠軽>清里>女満別>訓子府>小向>佐呂間の順となった。また、1971年の施肥後32日目においては、-F区では1970年と全く同じ順位を示し、+F区では清里>訓子府≧遠軽>女満別>小向>佐呂間となった。1972年の-F区38日目には、遠軽>清里≧佐呂間≧訓子府となり、+F区では清里>遠軽>訓子府>佐呂間となった。1973年のポット試験の場合には、全期を通して、1972年の+F区と同一順序になることが認められた。

次に、-P区と+P区の比較を+F区にしばって行なってみると、1970年には施肥後18日目で-P区が+P区よりも若干高濃度になり、32日目では、両区に

ほとんど差がなく、それ以降では+P区が低くなる傾向にあったが、小向、佐呂間での差は小さかった。また、1972年には施肥後16日目のK濃度は1970年の場合と同じく、両区にほとんど差が認められず、それ以降は+P区が低くなった。この場合にも佐呂間での差は小さく、逆に清里での差は大きくなった。1973年には36日目から+P区の濃度が全土壤とも明らかに低下しており、後期になるほどその差は大きく、とくに清里でその傾向が著しく、続いて遠軽>訓子府>佐呂間の順になった。

3 土壤溶液 K 濃度とえん麦の K 含有率、および K 吸収量との相互関係

表4に示したとおり、各年度とも-P区の土壤溶液K濃度とK含有率、吸収量との間には、それぞれ有意な正の相関のあることが認められた。これを各年度ごとに比較してみると、1970年の場合、土壤溶液K濃度は、播種後46日目にはK吸収量とよりもK含有率との間に高い正の相関を示すが、播種後101日目にはこの関係が逆転し、吸収量との間により高い相関が認められ、とくに、施肥後18日目の土壤溶液K濃度とK含有率との相関係数は、生育が進むにつれて低下する傾向にあった。また、1972年の場合も、1970年と同様に播

表4 無栽培区の土壤溶液K濃度とえん麦のK含有率およびK吸収量との相関係数(r) その1……えん麦K含有率(%)

要因	年 日数	1970年 (n=10)				年 日数	1971年 (n=9)			年 日数	1972年 (n=6)			
		46	67	76	101		52	77	116		38	47	58	70
土壤溶液 Kイオン 濃度 (me/l)	18	**	**			32	**	*		16	*	**	**	
		0.807	0.757	0.517	0.380		0.764	0.687	0.586		0.815	0.938	0.856	0.686
	32	**	**	**	*	52	**	**	**	26	*	**	**	*
		0.764	0.761	0.773	0.651		0.845	0.806	0.745		0.797	0.918	0.839	0.727
	37	**	**	*		77	**	**	**	38	**	**	**	*
	0.862	0.799	0.693	0.344		0.818	0.848	0.855		0.810	0.905	0.862	0.733	
	67	*	**	**	*	116	*	*	*	51	**	**	**	*
	0.694	0.748	0.783	0.672		0.609	0.686	0.610		0.872	0.961	0.933	0.573	
	76	*	*	**	**					58	*	**	**	*
	0.656	0.693	0.760	0.721						0.799	0.897	0.865	0.744	
	101	*	*	**	**					70	*	**	*	
	0.638	0.700	0.791	0.723						0.831	0.927	0.770	0.689	

その2……えん麦K吸収量(g/m²)

土壤溶液 Kイオン 濃度 (me/l)	18	*	**	**	**	32	**	*	*	16	*	*	**	*
		0.680	0.817	0.779	0.794		0.980	0.685	0.638		0.749	0.832	0.872	0.779
	32	*	**	**	**	52	*	**	*	26	*	*	**	*
		0.688	0.856	0.804	0.888		0.708	0.784	0.732		0.715	0.807	0.855	0.785
	38	*	**	**	**	77	*	**	**	38	*	*	**	*
	0.696	0.799	0.806	0.764		0.668	0.769	0.740		0.696	0.787	0.850	0.770	
	67	*	**	**	**	116	*	*	*	51	*	**	**	*
	0.542	0.764	0.732	0.811		0.524	0.636	0.616		0.807	0.856	0.911	0.762	
	76	*	**	*	**					58	*	**	**	*
	0.518	0.713	0.670	0.776						0.682	0.774	0.850	0.779	
	101	**	*	**	**					70	*	*	*	*
	0.554	0.735	0.695	0.810						0.732	0.826	0.811	0.788	

注) ** =1%水準で有意, * =5%水準で有意

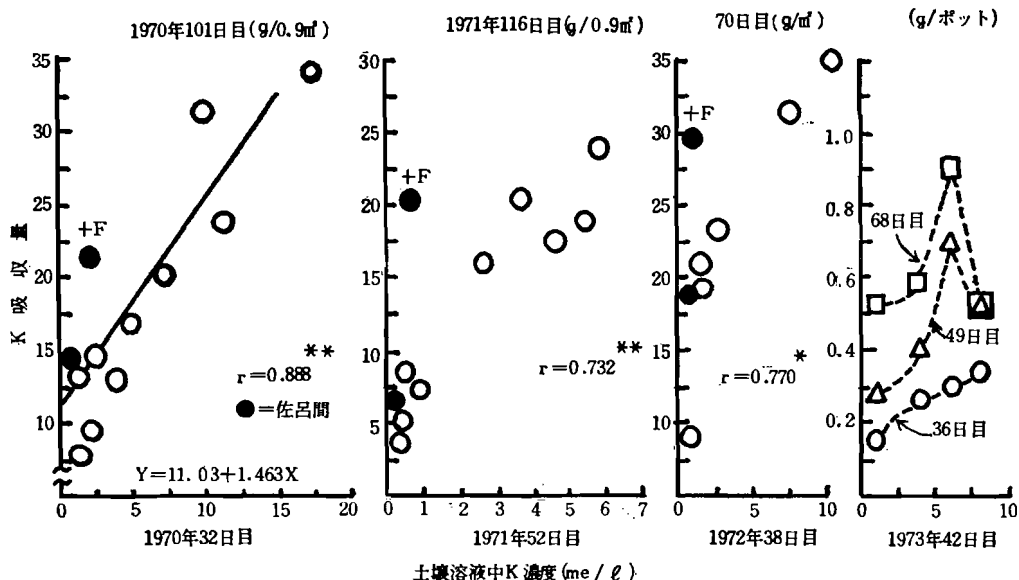


図6 無栽培地区の土壌溶液K濃度とえん麦のK吸収量の関係

種後38~47日目には、土壌溶液K濃度はK吸収量よりもK含有率との間に高い相関を示したが、70日目には吸収量との間により高い相関が認められた。

図6は表4に示した各サンプル採取時期の成績の中で代表的な時期について図示したものであるが、佐呂間での土壌溶液中Kは各年度とも極端な低濃度となるにもかかわらず、K吸収量は他の土壌にくらべてそれほど低くならないことが認められた。また、1973年のポット試験では、生育初期のK吸収量は土壌溶液K濃度に律せられることが明らかになったが、49日目

以降になると、土壌溶液K濃度が6 me/lまでは濃度増に伴ないK吸収量も増加するのに対して、8 me/lに達すると吸収量の低下が認められた。

図7に示したとおり、生育初期においては、-P区の土壌溶液K濃度の-F区に対する+F区の比率が高ければ、K吸収量のその比率も高くなることを認めたが、生育後期には、そのような傾向の弱まっていくことが明らかになった。

表5には各年度における+P区の土壌溶液K濃度に対する作物体中K濃度の比率の推移を示したが、いず

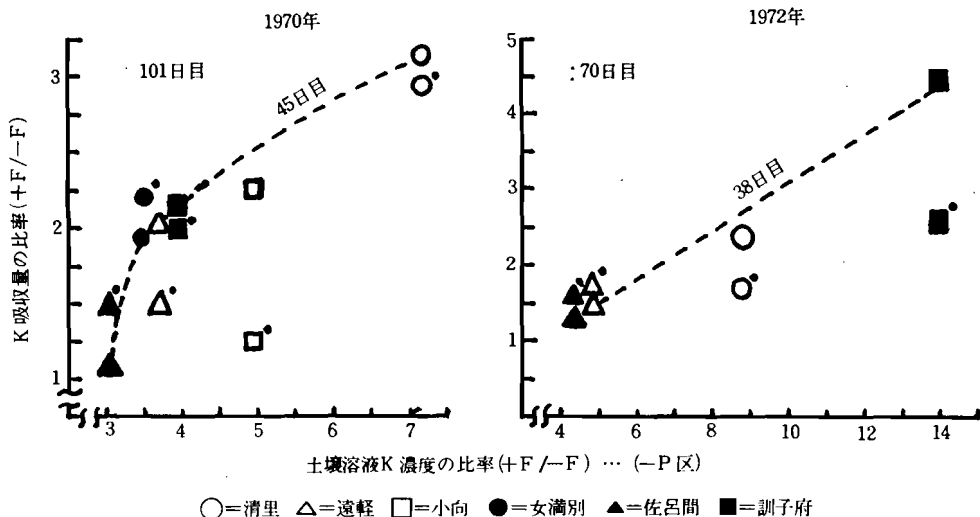


図7 土壌溶液K濃度とK吸収量の無肥料区に対する肥料区の比率の関係

表5 栽培区の土壤溶液K濃度に対するえん麦K濃度の比率

年度 処理 土壤 日数	1970年						1971年			
	無肥料区			肥料区			無肥料区		肥料区	
	45	67	76	45	67	76	52	77	52	77
清里	5,333	3,879	1,905	829	706	848	—	—	351	1,116
遠軽	2,740	1,479	1,206	1,262	379	364	5,101	2,305	247	565
小向	9,133	2,339	4,344	1,132	505	505	4,292	4,277	520	250
女満別	2,352	1,664	3,160	1,379	934	861	3,802	4,338	414	1,103
佐呂間	24,300	9,387	15,588	4,846	1,881	1,732	11,180	21,680	1,538	3,621
訓子府	863	4,347	3,713	1,102	633	444	8,957	1,712	359	342

年度 処理 土壤 日数	1972年								1973年			
	無肥料区				肥料区				肥料区			
	38	47	58	70	38	47	58	70	36	49	55	68
清里	2,051	3,049	3,132	4,900	187	208	1,718	921	568	3,907	5,009	3,760
遠軽	1,982	2,087	3,389	2,265	218	339	788	1,101	371	2,196	3,382	3,511
佐呂間	4,402	10,564	13,993	21,795	1,062	1,376	2,363	2,813	1,234	5,247	8,639	4,359
訓子府	7,574	10,154	10,712	19,743	469	619	2,908	9,487	1,142	4,282	5,227	5,099

注) 比率は〔作物体K濃度 (ppm)/土壤溶液中K濃度 (ppm)〕として算出し、両者は同一採取日のサンプルを供試した。

れの土壤においても、-F区よりも+F区での比率が低くなるのが認められた。土壤間の順位はサンプリングの時期で若干異なるが、1970年と1971年の-F区での比率は、佐呂間が最も高く、遠軽が最も低くなり、+F区での比率は、土壤間にあまり差は認められないが、佐呂間、女満別は高い値を示した。1972年の-F区での比率も佐呂間、訓子府が高く、以下、清里>遠軽の順となり、+F区での比率もほぼ同様な傾向が認められた。1973年の場合にも、土壤間差は1972年と同じ傾向を示すが、いずれの土壤でも、その比率は1972年よりも明らかに高くなるのが認められた。

4 土壤溶液のK活動度比(aR^K)とえん麦のK含有率、K吸収量との相互関係

表6に示したとおり、1970年と1971年の-P区における-F区のアR^Kは、どの時期でも遠軽>女満別>清里≧訓子府>小向>佐呂間の順となったが、両年を比較してみると、佐呂間を除いて1970年が1971年よりも高い値を示すことが明らかになり、とくに、施肥後32日目には、1970年は1971年の2倍もの値を示した。一方、+F区のアR^Kは遠軽、清里が高く、佐呂間が極端に低くなり、他の土壤ではそれらの中間値にな

ったので、一般的な傾向は-F区の場合とほぼ一致している。また、1971年の+F区の施肥後32日目のaR^Kを1970年と比較してみると、清里、小向、佐呂間、訓子府では-F区で認められたほど1971年のaR^Kの低下は認められず、それ以降は全土壤とも両年にほとんど差のないことも明らかになった。次に、1972年の-F区のアR^Kを1970年と比較してみると、清里では明らかに1972年が高く、遠軽、佐呂間は同等か若干高くなり、訓子府は低くなった。+F区では各土壤とも同等以上のaR^Kを示し、とくに、清里は1970年の2倍程度の値を示した。1973年は1972年に比べると、同等か、それ以下の値を示すが、各土壤ともaR^Kの時期的差異の小さいことが特徴である。

表7には表4の中でかなり高い相関係数を示した土壤溶液採取日を選択し、1970~1972年に亘る-P区の土壤溶液中aR^Kとえん麦のK含有率、吸収量との間の相関係数を示したが、1970においては、施肥後32日目のaR^Kが67日目のそれよりも高い相関係数を示し、とくに、32日目のaR^Kは101日目のK吸収量と密接な関係にあることが認められた。1972年には、土壤溶液のアR^KはK含有率と密接な関係にあり、その相関係数は1970、1971年よりもかなり高いものとなっ

表 6 無栽培地区における土壌溶液中のK活動度比 (aR^K) の推移 (M/I)^{1/2} × 10⁻³

土 壤	処 理 年 度 日 数	肥 料 区											
		1970				1971		1972			1973		
		32	37	67	76	32	52	26	38	51	42	49	68
清 里		19.6	14.8	14.2	15.3	10.0	9.3	51.8	42.9	40.4			
遠 軽		40.2	25.0	25.3	30.7	22.4	20.4	38.3	37.0	33.9			
小 向		12.9	6.6	7.7	7.3	6.2	5.7	—	—	—			
女 満		25.3	14.8	16.3	16.7	12.1	10.0	—	—	—			
佐 呂		5.2	3.4	3.1	3.6	5.5	3.4	4.7	7.2	4.4			
訓 子		19.9	12.4	10.7	10.3	8.4	8.9	6.6	6.0	5.6			

土 壤	処 理 年 度 日 数	肥 料 区											
		1970				1971		1972			1973		
		32	37	67	76	32	52	26	38	51	42	49	68
清 里		64.9	40.8	32.4	28.5	53.7	41.3	131.9	101.6	58.4	69.9	66.1	62.5
遠 軽		90.3	31.5	39.1	40.5	36.5	35.5	81.2	69.0	51.7	50.1	47.6	45.2
小 向		30.8	21.4	17.5	17.1	23.7	15.5	—	—	—	—	—	—
女 満		56.2	26.3	25.3	21.4	28.4	25.4	—	—	—	—	—	—
佐 呂		9.9	5.5	4.4	5.5	5.7	5.1	11.6	5.8	6.6	8.0	4.6	7.7
訓 子		41.1	21.5	28.5	22.8	42.2	32.7	42.3	26.5	33.2	34.4	32.8	30.5

表 7 無栽培区の土壌溶液中K活動度比とえん麦のK含有率, K吸収量との相関係数 (r)

要 因	要 因 年 度 日 数	K 含 有 率 (%)				K 吸 収 量 (g/m ²)				
		45	67	76	101	45	67	76	101	
土 壌 溶 液 中 K 活 動 度 比 (M/I) ^{1/2}	1970 (n=10)	32	0.528	0.666*	0.704*	0.582*	0.617*	0.772**	0.721**	0.803**
		67	0.614*	0.543	0.600*	0.487	0.503	0.637*	0.585*	0.662*
	1971 (n=9)	日	52	77	116		52	77	116	
		52	0.764**	0.629*	0.560	—	0.563	0.604*	0.579	—
1972 (n=6)	日	38	47	58	70	38	47	58	70	
	26	0.891**	0.873**	0.827*	0.726*	0.615	0.707*	0.731*	0.762*	

たが、K吸収量との間の相関係数は1970年のそれにくらべると低く、有意性も小さかった。

IV 考 察

試験の都合により、1970～1971年に供試した土壌と1972～1973年に供試した土壌の採取地点は若干異なっており、とくに、訓子府の場合には、1972～1973年の土壌に養分の劣化が認められたので、考察を進めるにあたっては1970～1971年と1972～1973年を切り離し

て、別個に論じることとする。

いずれの土壌でも、-F区の乾物収量とK吸収量は1970年に比較して、1971年が明らかに低下することが認められた。1971年には1970年のえん麦栽培跡地の土壌を均一に混合した後、枠に充填したので、-F区では全般的な養分の不足をきたしたことが低下の主因であるとみなされる。また、-P区の土壌溶液K濃度も、1971年は1970年よりも常に低く推移しており(土壌溶液K濃度を土壌100cc当りに溶存するイオン

量として算出しても兩年の差は濃度と同一傾向を示した), 土壤溶液の aR^k も全般的に 1971 年が低くなった。このように土壤中 K の最も活性化部分の低下が K 吸収量の低下と対応していた。

一方, +F 区の乾物収量は 1970 年と 1971 年にあまり差が認められず, 施肥を行なうことによって, 全般的な養分の不足はかなり軽減されたものと考えられる。したがって, えん麦の 2 年連作による障害はそれほど強く表われなかったものと考えられ, また, 1971 年は冷害年であったが, その影響もえん麦の生育に対しては,それほど強く作用しなかったとみなされる。また, +F 区の K 吸収量は, 小向, 佐呂間, 訓子府では兩年にほとんど差が認められず, 清里, 遠軽, 女満別は 1971 年が低下する傾向を示した。+F 区の土壤溶液 K 濃度を検討してみると, 施肥後 32 日目の比較では, 1970 年の濃度がいずれの土壤でも顕著に高いが, その後は兩年にそれほど差がなく, この結果から, 兩年の K 吸収量の差を説明するのは困難である。

次に, K 含有率, および K 吸収量と土壤溶液 K 濃度の関係に検討を加えてみると, 各年度とも -P 区の土壤溶液 K 濃度は降雨によって著しく変化するにもかかわらず, えん麦の K 含有率, K 吸収量と土壤溶液 K 濃度の間には, 生育期に関係なく, どの溶液採取期においても有意な正の相関がある。一方, -P 区と +P 区の土壤溶液 K 濃度の間には, 1970 年の場合, 播種後 18~32 日目で差はほとんどなく, 1971 年も 32~52 日目で各土壤とも小さく, また, 1972 年においても 15~26 日で差が小さかったので, 各年度とも生育初期の +P 区の土壤溶液 K 濃度は, -P 区の土壤間差をも反映していると考えられる。したがって, 作物栽培地でも播種後 30 日前後に採取した土壤溶液の検討結果で作物の K 吸収との関係を論ずることができよう。そこで, このような時期の土壤溶液 K 濃度とえん麦の K 吸収経過の関係をより厳密に検討してみたところ, 1970 年と 1972 年の生育前期に採取した土壤溶液 K 濃度は K 吸収量よりも K 含有率と高い相関のあることが認められるのに対して, 生育後期には吸収量との間により高い相関のあることが認められ, とくに, 1970 年の場合には, 生育が進むにつれ K 含有率との相関は漸次低下する傾向があるのに対して, K 吸収量との相関は漸次高まる傾向を示した。ただし, 供試土壤のうちで佐呂間は, 各年度とも土壤溶液 K 濃度が最も低くなるにもかかわらず, K 吸収量はその他の土壤にくらべて必ずしも低くはならず, 特異な傾向を常に示していた。また, 土壤溶液 K 濃度における -F 区に対する +F 区の比率と K 吸収量における同様な比率との間の関係を検討して

みても, 1970 年と 1972 年の生育初期においては, 両者の間に正の関係が認められたが, 後期になると, このような傾向は兩年とも弱まること became 明らかになった。このことは, 生育初期には K 施肥によって土壤溶液 K の濃度上昇の著しい土壤が K 吸収量の増加率も高く, 後期にはその影響がうすれることを示している。したがって, K 供給力は他の要因, 例えば, 置換態 K , あるいは PBC^k などの容量因子にも支配されている可能性が強く, 土壤溶液のような活性化部分のみの評価では不十分であり, 容量因子をも含めて総合的に行う必要がある。その結果から, 佐呂間の K 供給特性, あるいは各土壤の施肥反応性を論じるべきであろう。

次に, 1973 年における土壤溶液 K 濃度と K 吸収量の関係を見ると, 前年までの結果とは異なって生育初期には, 両者は正の関係を有するが, 生育が進むにつれ, その関係は弱まっている。1973 年はポット試験で培地容量が制限された閉鎖系で行われたものであり, 生育後期にはポット全体が根圏土壤になると考えられるので, 畑状態, あるいは枠試験などのように非根圏土からの養分供給は期待できず (BARBER⁴) は作物が吸収する K に対する根の近辺における有効態 K の寄与は 6~10% にすぎないことを報告している), 土壤中養分の減耗が著しくなると考えられる。この仮定は, -P 区に対する +P 区の土壤溶液 K 濃度の低下過程を 1972 年と 1973 年で比較してみれば明らかになる。すなわち, 1973 年には -P 区にくらべて +P 区の K 濃度は, 生育初期から著しく低くなることが認められ, 清里, 訓子府ではほとんど根跡程度になってしまうが, 1972 年の場合には, その傾向が軽減され, とくに, 佐呂間では両区にほとんど差のないことが明らかに認められ, ポット試験では枠試験にくらべると, 土壤中 K の減耗が激しかったものとみなされる。また, 1973 年の K 含有率は, いずれの土壤でも生育の経過に伴ない急激に低下し, 1972 年の結果とは明らかに異なっている。一方, 1973 年の K 吸収量は土壤間に差が認められ, 遠軽, 佐呂間では生育に伴ない漸次増加するが, 清里, 訓子府では播種後 42 日目を境として頭うちとなり, 1972 年の K 吸収量の経過とは異なっている。とくに, 清里では 1972 年の播種後 70 日目の K 吸収量は, 供試土壤のうちで最も多くなったが, 1973 年の同時期とみなされる 68 日目の吸収量は 訓子府に続いて少なくなった。清里は -P 区の土壤溶液 K 濃度, K 供給力の強度因子とみなされている aR^k の値が最も高い土壤であるが, これらは土壤中での K の拡散速度を規制する重要な因子でもあることから (土壤中での K の拡散速度には, この他に土壤水分, PBC^k の関与することが報告され

ている^{5,8,18)}), 1973年のように培地容量が小さい試験の場合には, 畑状態とは異なって根圏域が拡大してくると, 非根圏土壌からのK拡散に伴う供給が期待しえないので, 清里が持っているK供給特性が十分に発揮しえず, 供給が頭うちになったものと考えられる。一方, 1972年の枠試験の場合の清里では+P区における土壌溶液K濃度は-P区にくらべると低下はしているが, それでも常に1 me/l以上の値を示し(この値はASHER and OZANNE¹⁾の言う, 作物の生育に最も適した培地濃度と符合している), 他の土壌の+P区よりも全般的に高濃度になっていたため, 非根圏土壌からの拡散によるK供給が旺盛であったものとみられ, このためにK吸収量は, 清里が最も多くなったのであろう。

BARBER^ら⁴⁾は土壌中でのイオンの移動段階を1) diffusion (拡散), 2) mass-flow, 3) root-interceptionの3段階に分類しているが, BARBERはmass-flowによって根の表面に移動するイオンの速度は根の表面当りの水の吸収速度と根に移動する水中のイオン濃度の積であると推定し, 土壌溶液イオン濃度(ppm)に対する作物体(乾物)中の濃度(ppm)の比率が当該作物の蒸散係数以内であれば, 作物が吸収する以上にイオンが溶液に存在することになり, mass-flowによる供給で充分であると見做し, 蒸散係数以上になれば, 拡散によって供給される可能性の強いことを指摘している²⁾。えん麦の蒸散係数は, ROEMER^ら⁹⁾によれば無肥料区では260~310, 肥料区では230前後の値を示し, 玉井⁹⁾によれば149になると報告されている。この報告を基準にとるならば, 本試験の-F区の土壌溶液K濃度に対するえん麦のK濃度の比率は各年度とも蒸散係数をはるかに上まわるのに対して, +F区では-F区よりも常に低い値となるので, +F区では-F区よりもmass-flowに依存する度合いが強まると考えられる。しかし, 1970年と1972年の値はいずれも300以上となり, やはり, 蒸散係数より高いので, K供給はすでに報告されているとおり^{2,3,7)}, mass-flow以外の要因に支配されているとみざるをえない。また, 1972年の+F区はその比率は, 全般的に生育初期に低く, とくに, 清里, 遠軽ではROEMERの言う蒸散係数以下の値となったが, 後期になるに伴いその値は上昇した。したがって, 後期にはKの供給は拡散に依存する度合いが強くなったと考えられる。一方, 1973年には, その比率が生育初期に低く, 後期に上昇することは前年と同様であるが, 各土壌とも全般的に1972年よりもその比率が高くなり, 一見拡散に依存する度合いが一層大きかったと考えられやすいのであるが, 1973

年はポット試験であり, 容量が小さくて培地全体が低濃度になっているのであるから, 濃度こう配に起因した拡散の起こりうる可能性は小さいと考えられるので, 1973年には, mass-flowによるK供給が1972年の場合よりも低下した結果と解釈すべきであらう。すでに, ポット試験のような閉鎖系では, 水分条件が異なれば土壌溶液K濃度は変化するが, 土壌溶液の aR^K はほぼ一定になることが認められている^{13,16,20,21)}。1973年のポット試験の結果でも水分条件に加えて, 土壌採取期が異なった場合も aR^K はあまり変化しないことが明らかになった。これに対して, 他の年度の aR^K の変動幅は大きかった。枠試験のような開放系では, 降雨などによる水分の運動に伴って, 溶液中のKも間断なく変動しており, また, 土壌溶液の aR^K は土壌のCaとMgの化学ポテンシャルに対するKの化学ポテンシャルの強度を反映しているわけであるが, 前報¹⁷⁾でも報告したように, これら3イオンの降水に伴う行動様式は異なっているため, これらが土壌採取期の相違によって aR^K を変化させた原因となったのであろう。したがって, 開放系でmass-flowや拡散の問題を論じる場合には, 土壌溶液中のKをどの時期に, どのように評価するかが重要なポイントになると考えられる。

一般に, 土壌溶液K濃度が高ければ, aR^K も高くなる傾向にあるが, えん麦のK吸収との相関係数はどの年度においても aR^K の方が低くなり, この現象はWILLD^ら¹⁹⁾もライグラスや亜麻を供試した実験で認めている。先述したように aR^K はCaとMgに対するKの化学ポテンシャルの強度を表わすものであるが, 佐呂間では(Ca+Mg)の化学ポテンシャルが他の土壌より相対的に高く, 土壌溶液K濃度よりも aR^K はさらに小さく評価されるので, これが相関の有意性を低めた一因であると考えられる。WILLD^ら¹⁹⁾も土壌および土壌溶液中のCa含量にかなり変動を認め, この点が aR^K を評価する場合の限界になることを指摘している。

引用文献

- 1) ASHER, C. J. and OZANNE, P. G. 1964: Growth and Potassium content of plants in solution cultures maintained at contrast potassium concentration. *Soil. Sci.* 103: 155~161.
- 2) BARBER, S. A. 1962: A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.* 93: 39~49.
- 3) ———, J. M. WALKER, and E. H. VASEY,

- 1962 : Principles of ion movement through the soil to plant root. *Int. Soil. Conf. New Zealand*. 121~124.
- 4) ———, ———, and ———, 1963 : Mechanism for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to plant roots. *J. Agric. Food Chem.* 11 : 204.
- 5) BARROW, N. J. 1966 : Nutrient potential and capacity. II. Relationship between potassium potential and buffering capacity and the supply of potassium to plants. *Aust. J. Agric. Res.* 17 : 849~861.
- 6) BECKETT, P. H. T. and J. B. CRAIG., 1964 : The determination of K potential. 8th. *Int. Congr. of Soil Sci. Bucharest. Romania*. 249~256.
- 7) BREWSTER, J. L. and P. B. TINKER, 1970 : Nutrient cation flows in soil around plant roots. *Soil. Sci. Amer. Proc.* 34 : 421~426.
- 8) DANIELSON, R. E. and M. B. RUSSEL, 1957 : Ion absorption by moisture and aeration. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 21 : 3~6.
- 9) 江原 薫 1970 : 栽培学大要. 130. 養賢堂. 東京.
- 10) 北海道立中央農業試験場 1965~1969 : 地力保全基本調査成績 (網走地方管内各地域, 各市町村).
- 11) 北海道農業試験場 1967~1969 : 土壤調査報告書 (網走支庁管内各市町村)
- 12) MERLICH, A. and N. T. COLEMAN, 1952 : Type of soil colloid and the mineral nutrition of plants. *Adv. Agron.* IV : 67~99.
- 13) MOSS, P. 1963 : Some aspects of cation status of soil moisture content. *Plant and Soil.* XVIII : 99~113.
- 14) 小野宗三郎, 長谷川繁夫, 八木三郎 1969 : 物理化学Ⅱ. 368~370. 共立出版. 東京.
- 15) 沢谷次男 1972 : 基礎分析化学. 159. 南江堂. 東京.
- 16) 下野勝昭, 大垣昭一 1971 : 網走地方に分布する各種土壤の養水分供給特性 (第1報) 土壤溶液量と溶液中の養分の変動. *北農.* 38 (9) : 44~51
- 17) ———, ——— 1974 : 網走地方に分布する主要土壤の養水分供給力に関する研究. 第1報. 降水が土壤溶液中の養分の行動に及ぼす影響. *道農試集報.* 29 : 119~130.
- 18) WIERSON, L. K. 1958 : Influence of water content of sand on rate of uptake rubidium. *Nature* 181 : 106~107.
- 19) WILLD, A., D. L. ROWELL. and M. A. OGUNFOWORA, 1969 : The activity ratio as a measure of the intensity factor in potassium supply to plants. *Soil. Sci.* 108 : 432~439.
- 20) WOODRUFF, C. M. 1955 : The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil. Soc. mer. Proc.* 19 : 167~171
- 21) 山崎慎一 1972 : 毛管水領域 (土壤溶液中) における養分の挙動. *土壤の物理性.* 24 : 7~13

Investigations on Nutrients and Water Supplying Powers of Typical Soils in the Abashiri District

3. Effect of potassium in the soil solution on potassium absorption of the crop

Katsuaki SHIMONO* and Shooichi OOGAKI*

Summary

The authors carried out the frame experiment and the pot experiment to investigate the relation between K concentration in the soil solution and the K absorption of 4 typical soils in the Abashiri district using oats, from 1970 to 1973.

The results obtained were summarized as follows.

1) It was recognized from the investigation of three years (1970~1972) that K concentration in the soil solution varied according to the movement of soil water by the rainfall.

2) As K concentration in the soil solution was decreased by crop cultivation, it was considered that K in the soil solution was influenced by the K absorption of the crop. But the decrease of this K concentration in the pot experiment was larger than in the frame experiment.

3) The positive correlations between K concentration in the soil solution of the vacant plot and the K concentration or K absorbed amounts of the crop were obtained from the investigation of three years (1970~1972), but we have to carry out further investigation including the capacity factor to decide the K supplying power in soils accurately.

4) Positive correlations were also recognized between K activity ratio (aR^K) in the soil solution and the K absorption of the crop. but its correlation coefficient was lower than that of the above K concentration in the soil solution.

5) In the early stage of growth, when the ratio of the K concentration in the soil solution of fertilized plots to no fertilized plots was high, the ratio of increase in K absorption of the crop in both plots was also high. In the late stage of growth, we could not recognized such an obvious relationship.

6) In all soils of the culture plot, as the ratio of the K concentration of the crop to the K concentration in the soil solution was higher than the transpiration coefficient of the crop, it was assumed that K was not only supplied to the crop by mass-flow, but by diffusion of K in the soil. But the degree influenced by those factors is considered to vary with fertilization, the stage of growth and water content etc.

* Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, Japan.