

# そ菜の生育に対するカリ施肥の効果と土壌の置換性カリ含量との関係

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	杉山, 信男 岩田, 正利
巻/号	43巻1号
掲載ページ	p. 34-42
発行年月	1974年6月

## そ菜の生育に対するカリ施肥の効果と土壌の 置換性カリ含量との関係

杉山信男・岩田正利

(東京大学農学部)

Relationships between the Soil Exchangeable Potassium and Growth  
Responses of some Vegetable Crops to Potassium Fertilizer

Nobuo SUGIYAMA and Masatoshi IWATA

Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo

### Summary

Pot experiments were carried out to clarify the effect of K fertilizer on the growth of some vegetable crops in the volcanic ash soils with different levels of exchangeable K.

1. On the soil with 94 ppm exchangeable K, growth of spinach, lettuce, turnip and cucumber plants not receiving K fertilizer seemed to be inferior to those supplied with K, already from the cotyledon stage. In radish, carrot and snap beans, the increase of growth due to K supply did not become apparent until the mid-stage of growth. However, at the harvest time, K application resulted in a marked increase in yield of all species investigated.

2. On the soil with 255 ppm exchangeable K, K application resulted in a noticeable increase in yield of spinach and cucumber. With lettuce and carrot there was a slight increase in yield due to K fertilizer.

3. On the soil with 472 ppm exchangeable K, there was no increase in yield due to K supply, with the exception of spinach.

4. These results suggested that the exchangeable K level, below which yield increase due to K application would be expected, might be higher for vegetable crops on volcanic ash soils than that reported by other investigators. It seemed that the critical level of exchangeable K described above might be different by the plant species.

### 緒 言

作物の生育に対するカリ肥料の効果は、主として、土壌の置換性カリ含量（正確にいえば、水溶性カリと置換性カリの和であるが、便宜上、以後、これを置換性カリと呼ぶ）に左右されるといわれている。しかし、作物の種類、土壌条件、気象条件、栽培法などの違いも、カリ施肥の効果に影響をおよぼすと考えられている(23)。

したがって、置換性カリ含量によつて、カリ施肥の効果を予想するためには、あらかじめ、それぞれの地域ごとに、しかも、作物別、土壌の種類別に、カリ施肥の効果と置換性カリ含量との関係を明らかにしておく必要があると思われる。ところが、わが国の火山灰土壌での、そ菜に対するカリ施肥の効果と置換性カリ含量との関係

は、まだ、ほとんど調べられていない。そこで、この関係を明らかにするため、置換性カリ含量の異なる3つの土壌で、7種類のそ菜について、カリ施肥試験をおこなつた。

### 材料と方法

この実験に使用した土壌は、東大田無農場において、無肥料で牧草を栽培しつづけた畑の表層からとつた火山灰土壌である。この土壌の化学的性質は、第1表に示すとおりである。予備実験の結果によると、この土壌は、他の火山灰土壌同様(14, 17, 18)、非置換性カリからカリをほとんど放出しないし、また、カリをほとんど固定しない。このような土壌にカリを加えると、いろいろな形態のカリの中に、すみやかに、新しい平衡関係ができていくはずである。したがって、カリを混ぜ合わせて数週間

1973年10月14日受理

第1表 供試土壌の化学的性質

pH		置換性塩基			塩基置換容量 <sup>1)</sup>	腐植 <sup>2)</sup>	有効態 P <sup>3)</sup>	りん酸吸収係数
(H <sub>2</sub> O)	(KCl)	Ca	Mg	K				
5.60	5.21	2,640ppm	458ppm	94ppm	30.10me/100g	8.13%	2.67ppm	2,454

1) セミマイクロ Schollenberger 法による。2) Walkley 法による。3) Bray の第1法による。

第2表 実験材料と栽培概要

品 種	は 種 日	ま び ぎ の 日 時				収 穫 日
		1	2	3	4	
ハウレンソウ 次 郎 丸	年月日 1970. 9.26	月 日 10.12	月 日 10.22	月 日 10.30	月 日 —	月 日 11.13
レ タ ス 岡山サラダナ	1970. 9.18	10. 2	10.16	10.24	—	11.11
ハツカダイコン 大 赤 丸	1970. 6. 4	( 6.11) <sup>1)</sup>	6.23	7. 2	—	7. 8
カ ブ 金町コカブ	1970. 9.21	10. 3	10.13	10.20	—	11. 5
ニ ン ジ ン 子 安 三 寸	1971. 4.18	4.30	5.12	5.21	6. 2	7. 7
キ ャ ウ リ 加 賀 青 節 成	1970. 5. 9	( 5.25)	6. 2	6.10	—	7. 7
イ ン ゲ ン 江 戸 川 菜 豆	1971. 5.10	5.25	6. 1	6.10	—	6.28

1) ( ) は、まびぎの際、新鮮重、カリ濃度の測定をおこなっていないことを示す。

放置した土壌を、多年のカリ施肥の結果、置換性カリ含量の高まつた土壌、あるいは、もともと置換性カリの多い土壌とみなしてもさしつかえないと考えられる。そこで、適当量の硫酸カリ粉末を加えて、よくかき混ぜた後、数週間放置した土壌を2種類作つて、前述の無肥料土壌とともに、以下の実験に供試した。これら3種類の土壌の置換性カリ含量は、乾土あたり、それぞれ、Kとして 94, 255, 472 ppm である。

第2表に示す7種類の作物を、湿つた状態ではかつた、10 kg の土壌をつめた 1/2,000a ログナーポットで栽培した。ポットあたりの硫酸カリ施用量を、3種類の土壌で、それぞれ、0, 2.5, 5g と3段階に変えて処理とした。反復は、1ポット1反復と考へて、5回おこなつた。基肥として、硫酸カリ以外に、硫酸アンモニウム 10g と 20% 過リン酸石灰 40g をすべてのポットに施用した。ハウレンソウ、レタス、インゲンの実験では、このほかに、10g の消石灰を施用して、土壌上層の pH を約6に調節した。これらの肥料は、すべて、ポット上層の 5 kg の土壌とよくかき混ぜた。生育後期になつてから、すべてのポットに硝酸アンモニウム 4.5g を2回にわけて、(ただし、カブ、ハツカダイコン、インゲンの実験では、3g を1回) 施用した。

7種類の作物は、いずれもじかまきし、子葉展開後、数回まびぎをおこなつて、最終的には、1ポット3個体(ただし、キュウリ、インゲンは1個体)にそろえた。は種、まびぎ、収穫は、それぞれ、第2表に示す時期におこなつた。

まびいた植物体、あるいは、収穫時の植物体は、新鮮

重を測定した後、最大葉ともつとも若い展開葉をとつて、処理ごとにまとめて(収穫時には、ポットごとにまとめて)、70°C で乾燥した。これを粉碎したものの一部をとつて、550°C で灰化し、塩酸にとかした後、定容として、カリ(Kとして)の定量をおこなつた。

収穫がおわつたあとで、上層の土壌をとつて、風乾した後、pH 7, 1N 酢酸アンモニウム溶液で置換浸出されるカリ(Kとして)を定量した。得られた結果は、乾土あたりに換算して表示した。なお、カリの定量は、植物体も、土壌も、炎光法でおこなつた。

収穫時の植物体重と植物体カリ濃度のデータについて、それぞれの土壌ごとに、分散分析をおこなつた。5%以下の水準で有意性が認められた時には、Duncan の多重検定によつて、処理間の比較をおこなつた。5%以上 10% 以下の水準で有意性が認められた時には、処理間に有意差のある可能性が高いと考へた。10% 水準で有意性が認められず、しかも、誤差分散があまり大きくない場合には、処理間に差がないと考へた。

### 結 果

#### ハウレンソウ

置換性カリ含量 94 ppm の土壌では、カリを施肥しないで育てた植物体は、カリを与えたものに比べると、発芽直後から小さかつた。そして、は種後 13 日目には、すでにカリ欠乏症状を示して、子葉の先端が黄化し、その後もさらに、下葉の葉縁が黄化枯死した。置換性カリ含量 255 ppm と 472 ppm の土壌では、収穫まぢかになつてから、カリ施肥区と無カリ区の植物体の大きさに、わずかではあるが、差が認められるようになった。

第3表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがホウレンソウの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	地上部重 <sup>1)</sup>			
		10月12日	10月22日	10月30日	11月13日
ppm	g/pot	g	g	g	g
94	0	0.09	0.31	1.37	8.17a <sup>2)</sup>
	2.5	0.33	1.21	5.66	26.07b
	5	0.32	1.70	7.27	30.38c
255	0	0.25	1.23	4.56	21.17 <sup>a)</sup>
	2.5	0.29	1.54	6.20	28.32
	5	0.29	1.35	6.52	29.27
472	0	0.32	1.04	4.82	26.78 <sup>+</sup>
	2.5	0.31	1.55	6.39	31.43
	5	0.33	1.53	5.22	32.98

- 1) 1個体あたり新鮮重。以下同様。
- 2) それぞれの土壌において, 同一文字のない処理間には5%水準で有意差がある。以下同様。
- 3) それぞれの土壌において, 10%水準で処理間に有意差のあることを示す。以下同様。

第4表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがホウレンソウの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	体内カリ濃度 <sup>1)</sup>				
		10月12日	10月22日 <sup>2)</sup>	10月30日	11月13日	11月13日
ppm	g/pot	%	%	%	%	%
94	0	4.63	3.60	4.46	2.87 a	2.01 a
	2.5	9.53	7.30	8.02	4.74 b	6.15 b
	5	9.78	7.24	8.56	6.37 c	8.53 c
255	0	8.78	6.50	7.46	4.41 a	5.74 a
	2.5	9.89	7.36	8.59	6.36 b	8.60 b
	5	9.92	7.74	8.72	6.70 b	8.98 b
472	0	9.86	7.58	8.25	6.10 a	8.57 <sup>+</sup>
	2.5	9.81	7.59	8.83	6.52ab	9.06
	5	10.24	7.85	9.08	7.00 b	9.79

- 1) 乾物あたりのカリ(K)濃度。以下同様。
- 2) 10月22日には, もっとも若い展開葉が最大葉と一致した。

そして, 収穫時の地上部重をみると(第3表), 94 ppmの土壌はもちろん, 255 ppm, 472 ppmの土壌でも, 10%水準でならば, カリ施肥の効果のあることがわかる。

第4表で, 各時期の体内カリ濃度をみると, 置換性カリ含量 94 ppmの土壌では, 子葉展開直後には, すでに, カリ施肥区と無カリ区の地上部カリ濃度の間に, 大きな差のあることがわかる。また, 置換性カリ含量 255 ppmと472 ppmの土壌でも, 収穫時になれば, カリ施肥区と無カリ区の体内カリ濃度に, はつきりした差がみられた。

レタス

置換性カリ含量 94 ppmの土壌では, カリを施肥しないで育てた植物体は, カリを与えたものに比べると, 発芽直後から小さかった。置換性カリ含量 255 ppmの土壌でも, 収穫まぢかになると, カリ施肥区と無カリ区の植物体の大きさに, わずかではあるが, 差がみられるようになった。そして, 94 ppmの土壌はもちろん, 255

第5表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがレタスの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	地上部重			
		10月2日	10月16日	10月24日	11月11日
ppm	g/pot	g	g	g	g
94	0	0.02	0.41	1.19	10.81 a
	2.5	0.04	0.76	2.14	22.36 b
	5	0.05	0.76	2.52	25.00 b
255	0	0.04	0.74	2.07	22.38 <sup>+</sup>
	2.5	0.05	0.76	2.87	27.57
	5	0.05	0.77	2.27	27.77
472	0	0.04	0.73	2.60	22.31
	2.5	0.05	0.88	2.32	23.33
	5	0.04	0.90	2.41	23.54

第6表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがレタスの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	体内カリ濃度 <sup>1)</sup>				最大葉
		10月2日	10月16日 <sup>2)</sup>	10月24日	11月11日	
ppm	g/pot	%	%	%	%	%
94	0	2.64	3.32	2.63	1.74 a	1.81 a
	2.5	6.49	6.96	5.54	5.10 b	6.26 b
	5	6.67	7.35	5.81	6.04 c	7.46 c
255	0	5.42	6.67	5.31	4.39 a	5.48 a
	2.5	6.18	7.19	6.01	5.58 b	7.07 b
	5	6.83	6.90	5.71	6.57 c	7.86 c
472	0	5.81	7.10	5.81	5.23 a	6.21 a
	2.5	6.76	7.54	5.66	6.24 b	7.56 b
	5	6.48	7.56	6.17	6.63 b	7.90 b

- 1) 10月16日にはもっとも若い展開葉が最大葉と一致した。

ppmの土壌でも, 10%水準でならば, 収穫時の地上部重に対するカリ施肥の効果が認められた。しかし, 置換性カリ含量 472 ppmの土壌では, カリを与えても, 収穫時の地上部重は, ほとんど増加しなかつた(第5表)。

第6表で, 各時期の体内カリ濃度をみると, 置換性カリ含量 94 ppmの土壌では, 子葉展開直後には, すでに, カリ施肥区と無カリ区の地上部カリ濃度に, 大きな差のあることがわかる。また, 置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppmの土壌でも, 収穫時になれば, カリ施肥区と無カリ区の体内カリ濃度に, はつきりした差がみられた。

ハツカダイコン

発芽直後には, いずれの土壌でも, カリ施肥区と無カリ区の植物体の大きさに, はつきりした差は認められなかつた。しかし, 生育中期になると, 置換性カリ含量 94 ppmの土壌では, 植物体の大きさに対するカリ施肥の効果が, 認められるようになった。さらに, この土壌では, カリを施肥すると, 収穫時の肥大根重は著しく増加した。置換性カリ含量 255 ppmの土壌でも, カリを施肥すると, 収穫時の肥大根重は, かなり増加した。しかし, 誤差分散が大きいので, 10%水準でも, 処理間に有意差が認められず, カリ施肥の効果があるか, どうかは, 判定できなかつた。一方, 置換性カリ含量 472

第7表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがハツカダイコンの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	6月23日		7月2日		7月8日	
		地上部重	地上部重	肥大根重	地上部重	肥大根重	
94	0	g	g	g	g	g	
	2.5	0.52	5.03	0.76	14.64	2.41 a	
	5	0.93	8.51	2.47	17.29	16.39 b	
255	0	0.87	7.77	2.02	16.71	20.13 c	
	2.5	0.45	5.56	1.83	13.22	8.00	
	5	0.68	7.62	2.43	16.50	12.36	
472	0	0.53	6.22	2.29	16.55	13.54	
	2.5	1.08	9.61	2.14	16.41	15.02	
	5	0.94	8.96	2.72	16.68	15.75	
		0.88	8.92	2.27	16.90	18.24	

第8表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがハツカダイコンの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	もっとも若い展開葉		最大葉		
		7月2日		6月23日	7月2日	7月8日
		%	%	%	%	%
94	0	2.55	2.70 a	2.08	1.94	1.71 a
	2.5	4.98	4.31 b	5.37	5.28	5.06 b
	5	5.08	4.74 b	5.92	5.80	6.49 c
255	0	4.70	3.94 a	4.27	4.71	4.59 a
	2.5	5.35	4.75 b	5.95	5.78	6.11 b
	5	5.12	4.78 b	6.38	6.05	6.60 b
472	0	4.94	4.33 a	5.68	5.24	5.18 a
	2.5	5.22	5.11 b	6.19	5.76	6.50 b
	5	5.11	5.21 b	6.29	6.30	6.58 b

ppmの土壌では、収穫時の地上部重、肥大根重に対するカリ施肥の効果は、ほとんど認められなかつた(第7表)。

子葉展開直後の植物体を採取していないので、この時期の植物体カリ濃度は、わからなかつた。しかし、置換性カリ含量 94 ppmの土壌では、おそくとも生育中期には、カリ施肥区と無カリ区の体内カリ濃度に、大きな差がみられた。また、置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppmの土壌でも、収穫時になれば、両区の体内カリ濃度に、はつきりした差がみられた(第8表)。

カブ

置換性カリ含量 94 ppmの土壌では、カリを施肥しないで育てた植物体は、カリを与えたものに比べると、発芽直後から小さかつた。そして、この土壌の無カリ区では収穫直前になると、一部の植物体に、カリ欠乏症状が現われ、下葉の葉縁が黄化した。そこで、この土壌では、カリを施肥すると、収穫時の地上部重、肥大根重は、ともに著しく増加した。ところが、置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppmの土壌では、収穫時の地上部重、肥大根重に対するカリ施肥の効果は、ほとんど認められなかつた(第9表)。

第10表で、各時期の体内カリ濃度をみると、置換性

第9表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがカブの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	10月3日	10月13日	10月20日		11月5日	
		地上部重	地上部重	地上部重	肥大根重	地上部重	肥大根重
94	0	g	g	g	g	g	g
	2.5	0.07	1.09	4.14	0.17	37.57 a	9.68 a
	5	0.13	2.53	6.75	0.53	49.30 b	27.74 b
255	0	0.14	2.50	7.39	0.64	53.32 b	30.71 b
	2.5	0.12	2.04	7.01	0.50	46.55	27.89
	5	0.14	2.23	7.28	0.60	45.66	26.91
472	0	0.15	2.21	8.10	0.67	48.36	29.25
	2.5	0.14	2.04	7.96	0.73	46.49	26.23
	5	0.14	2.10	7.36	0.62	43.96	28.89
		0.14	2.05	7.80	0.58	48.78	29.65

第10表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがカブの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	幼植物		もっとも若い展開葉		最大葉
		10月3日		10月13日 <sup>b)</sup>	10月20日	11月5日
		%	%	%	%	%
94	0	2.43	2.74	2.31	1.86 a	1.29 a
	2.5	4.52	5.48	5.12	3.17 b	2.91 b
	5	4.95	6.17	5.79	4.48 c	4.68 c
255	0	4.14	5.52	5.10	3.38 a	3.10 a
	2.5	4.92	6.72	5.88	4.52 b	4.56 b
	5	4.96	5.97	5.81	4.66 b	5.04 b
472	0	4.88	5.76	5.66	4.34 a	4.24 a
	2.5	4.93	6.05	5.82	4.76 b	5.17 b
	5	5.08	6.52	5.88	5.17 c	5.79 c

1) 10月13日には、もっとも若い展開葉が最大葉と一致した。

カリ含量 94 ppmの土壌では、子葉展開直後には、すでに、カリ施肥区と無カリ区の地上部カリ濃度の間に、大きな差のあることがわかる。また、置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppmの土壌でも、おそくとも収穫時には、カリ施肥区と無カリ区の体内カリ濃度に、はつきりした差がみられた。

ニンジン

いずれの土壌でも、発芽直後には、カリ施肥区と無カリ区の植物体の大きさに、はつきりした差は認められなかつた。しかし、置換性カリ含量 94 ppmの土壌では、生育中期になると、植物体の大きさに対するカリ施肥の効果は認められるようになり、収穫時の地上部重、肥大根重も増加した。置換性カリ含量 255 ppmの土壌でも、カリを施肥すると、わずかではあるが、肥大根重が増加した。ところが、置換性カリ含量 472 ppmの土壌では、収穫時の地上部重、肥大根重に対するカリ施肥の効果は、ほとんど認められなかつた(第11表)。

第12表で、各時期の体内カリ濃度をみると、置換性カリ含量 94 ppmの土壌では、子葉展開直後に、すでにカリ施肥区と無カリ区の地上部カリ濃度に、大きな差のあることがわかる。また置換性カリ含量 255 ppm, 472

第 11 表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがニンジンの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	4月30日		5月12日		5月21日		6月2日		7月7日	
		地上部重	地上部重	地上部重	地上部重	地上部重	肥大根重	地上部重	肥大根重		
94	0	g	0.009	0.05	0.40	2.85	1.19	18.97 a	g	56.55 a	
	2.5	g	0.009	0.07	0.54	4.19	1.98	25.20 b	g	61.43 a	
	5	g	0.010	0.06	0.56	4.55	2.22	27.41 b	g	74.71 b	
255	0	g	0.011	0.08	0.56	3.99	2.33	23.74	g	63.55 <sup>+</sup>	
	2.5	g	0.012	0.09	0.66	4.73	2.46	23.47	g	71.70	
	5	g	0.012	0.09	0.60	4.48	2.23	26.11	g	72.86	
472	0	g	0.012	0.08	0.62	4.31	1.96	26.60	g	73.12	
	2.5	g	0.012	0.09	0.69	5.12	2.50	24.62	g	76.46	
	5	g	0.014	0.08	0.63	4.66	2.11	30.25	g	80.14	

第 12 表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがニンジンの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	幼植物		もっとも若い展開葉					最大葉		
		4月30日	5月12日	5月21日	6月2日	7月7日	5月21日	6月2日	7月7日		
94	0	%	1.59	1.79	3.13	2.98	1.71 <sup>2)</sup>	2.28	2.76	0.53 <sup>3)</sup>	
	2.5	%	3.35	4.31	4.75	4.88	3.15	4.69	5.25	2.67	
	5	%	3.59	4.57	4.91	5.38	3.76	5.13	5.80	4.03	
255	0	%	3.75	4.14	4.37	4.77	3.03	4.21	4.91	2.28	
	2.5	%	3.97	5.11	4.96	5.32	3.80	5.03	5.71	3.55	
	5	%	4.13	4.99	4.94	5.27	4.18	4.95	5.72	4.19	
472	0	%	3.65	4.62	4.59	4.96	3.53	4.72	5.43	2.99	
	2.5	%	3.98	5.21	5.00	5.39	3.81	5.05	5.60	4.01	
	5	%	4.34	5.08	4.92	5.66	4.08	5.21	5.80	4.43	

- 1) 5月12日には, もっとも若い展開葉が最大葉と一致した.
- 2), 3) サンプルを処理ごとにまとめて分析したので, 統計処理をしていない.

ppm の土壌でも, おそくとも収穫時には, 両区の体内カリ濃度に, はつきりした差がみられた.

キュウリ

置換性カリ含量 94 ppm の土壌では, カリを施肥しないで育てた植物体は, カリを与えたものに比べると, 発芽直後から小さかった. そこで, この土壌では, カリ施肥の効果があり, 実験終了時の葉重, 茎重が増加し, また, 収量も著しく増加した. 置換性カリ含量 255 ppm の土壌でも, カリを施肥すると, 収量は増加した. とこ

第 13 表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがキュウリの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	6月2日		6月10日		7月7日		収量 <sup>1)</sup>	
		地上部重	地上部重	葉重	茎重	葉重	茎重		
94	0	g	2.6	17.2	g	103.6 <sup>+</sup>	g	60.7 a	85.7 a
	2.5	g	6.2	34.0	g	125.4	g	88.5 b	141.8 ab
	5	g	5.3	39.8	g	156.5	g	91.4 b	211.3 b
255	0	g	3.7	24.4	g	113.0	g	72.6	113.4 <sup>+</sup>
	2.5	g	6.0	38.2	g	120.9	g	82.1	158.1
	5	g	3.8	20.0	g	140.0	g	86.5	214.7
472	0	g	4.6	38.4	g	142.5	g	80.8	204.7
	2.5	g	8.9	41.0	g	158.3	g	92.5	218.2
	5	g	5.0	36.4	g	152.7	g	90.8	233.4

- 1) 7月7日までの, 1個体あたり収穫果実重.

ろが, 置換性カリ含量 472 ppm の土壌では, 収量に対するカリ施肥の効果は, ほとんど認められなかつた (第 13 表).

初子葉展開直後の植物体を採取していないので, この時期の植物体カリ濃度は, わからなかつた. しかし, 置換性カリ含量 94 ppm の土壌ではおそくとも生育中期には, カリ施肥区と無カリ区の体内カリ濃度に, 大きな差がみられた. また, 置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppm の土壌でも, 収穫時になれば, 両区の中位葉カリ濃度に, はつきりした差が認められた (第 14 表).

インゲン

初生葉展開直後には, いずれの土壌でも, カリ施肥区と無カリ区の植物体の大きさに, はつきりした差は認められなかつた. しかし, 生育中期になると, 置換性カリ含量 94 ppm の土壌では, 植物体の大きさに対するカリ施肥の効果は認められるようになった. また, この土壌で, カリ

を施肥しないで育てた植物体とカリを与えたものとを比べると, 前者の葉は粗剛な感じとなり, また, 分枝や花数も少ないようにみうけられた. この土壌で, カリを施肥すると, 実験終了時の葉重, 茎重が増加し, また収量も著しく増加した. しかし, 置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppm の土壌では, 葉重, 茎重, 収量に対するカリ施肥の効果は, ほとんど認められなかつた (第 15 表).

第 14 表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがキュウリの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	中位葉 <sup>1)</sup>			上位葉 <sup>2)</sup>	下位葉 <sup>3)</sup>	
		6月2日	6月10日	7月7日	7月7日	7月7日	
94	0	%	1.61	1.90	1.80 a	2.44 a	1.57 a
	2.5	%	3.60	3.66	3.01 b	2.43 a	3.87 b
	5	%	4.09	3.74	3.95 c	3.24 b	4.39 b
255	0	%	3.10	3.02	2.69 a	2.86	4.34
	2.5	%	4.56	3.47	4.08 b	2.95	4.69
	5	%	4.71	4.23	4.51 b	3.55	5.13
472	0	%	3.54	3.41	3.60 a	2.70 a	4.69
	2.5	%	3.91	4.40	4.26 b	3.16 b	5.46
	5	%	4.76	3.92	4.70 b	3.25 b	5.47

- 1) 1本整枝をしたキュウリの全生存展開葉中のほぼ中間に位置する葉のカリ濃度.
- 2) 上から数えて1枚目と2枚目の展開葉のカリ濃度.
- 3) 下から数えて4枚目の展開葉カリ濃度.

第 15 表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがインゲンの生育におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	5月25日			6月1日			6月10日		6月28日		収量 <sup>1)</sup>
		地上部重	地上部重	地上部重	地上部重	地上部重	地上部重	葉重	莖重	g	g	
94	0	3.05	6.21	25.61	57.5 a	16.7 a	130.8 a					
	2.5	2.65	8.70	33.67	99.7 b	33.7 b	215.3 b					
	5	3.02	8.99	41.79	107.0 b	34.1 b	208.2 b					
255	0	3.07	9.87	34.94	108.3	33.4	214.5					
	2.5	3.61	11.43	39.52	118.5	38.1	221.6					
	5	4.37	10.32	38.65	105.6	36.3	230.0					
472	0	3.52	10.94	34.09	103.7	34.4	224.4					
	2.5	3.92	8.99	35.13	106.5	34.5	213.9					
	5	3.48	8.64	38.14	113.6	36.1	217.7					

1) 6月28日までの1個体あたり収穫さや重.

第 16 表 置換性カリ含量, カリ施肥量のちがいがインゲンの体内カリ濃度におよぼす影響

置換性カリ含量	硫酸カリ施用量	初生葉		主枝上のもつとも若い展開葉		分枝の上の方の葉 <sup>1)</sup>		分枝の下の方の葉 <sup>2)</sup>	
		5月25日	6月1日	6月10日	6月28日	6月28日	6月28日	6月28日	6月28日
94	0	1.99	2.73	1.94	0.57 <sup>3)</sup>	0.49 <sup>4)</sup>	0.69 <sup>5)</sup>		
	2.5	4.18	4.91	3.72	1.74	1.65	2.43		
	5	4.40	4.41	4.03	2.61	2.37	3.35		
255	0	3.86	4.37	3.61	2.11	2.11	2.68		
	2.5	4.50	4.87	3.82	2.84	2.92	3.26		
	5	4.62	4.80	4.29	3.39	2.97	4.31		
472	0	4.28	4.34	4.04	2.49	2.57	3.78		
	2.5	4.56	4.67	4.11	3.21	3.13	4.15		
	0	4.32	4.60	4.21	3.90	3.34	4.76		

- 1), 2) 第3本葉の葉えきからでている第1次分枝の上方, 下方に位置する葉のカリ濃度.
- 3), 4), 5) サンプルを処理ごとにまとめて分析したので, 統計処理をしていない.

第 16 表で, 各時期の体内カリ濃度をみると, 置換性カリ含量 94 ppm の土壌では, 初生葉展開直後に, すでに, カリ施肥区と無カリ区の体内カリ濃度に, 大きな差がみられた. また, 置換性カリ含量 255 ppm, 472 ppm の土壌でも, おそくとも収穫時には, 両区の体内カリ濃度に, はつきりした差が認められた.

考 察

作物が土壌から吸収することのできるカリ (有効態カリといわれている) と置換性カリとは, かならずしも同一のものではない. しかしながら, カリを施肥しないで作物を連続栽培し, 作物のカリ吸収量と実験開始時の置換性カリ含量との関係を調べてみると, 両者の間に高い相関関係の認められることが多い. そこで, 多くの研究者が, 有効態カリの指標として置換性カリを用いることができると考えており, さらに, この値によつてカリ施肥の効果を予想しようと試みている (1, 2). また, 火山灰土壌では, 非置換性カリからのカリ放出量が少ないので, 置換性カリが有効態カリと一致すると考えてもさしつかえないと思われる. このような理由から, 本実験で

第 17 表 カリ施肥の効果が認められなくなる, 作付け前の土壌の置換性カリ含量

作物の種類	施肥効果がなくなる置換性カリ含量	研究者
	ppm <sup>1)</sup>	
パイナップル	156 <sup>2)</sup> (K <sub>2</sub> O として 0.4me)	Magistad (16)
ジャガイモ	110 <sup>3)</sup> (エーカーあたり 220 ポンド)	Winters (32)
タバコ	95 <sup>3)</sup> ( 〳 190 〳 )	〳
ワタ	93 <sup>3)</sup> ( 〳 185 〳 )	〳
アルファルファ	80 <sup>3)</sup> ( 〳 160 〳 )	〳
トウモロコシ	78 <sup>3)</sup> ( 〳 155 〳 )	〳
	100 <sup>4)</sup>	Hanway ら (8)
サトウキビ	150 (エーカーあたり 300 ポンド)	Humbert (10)
インゲン	48 ( 〳 95 〳 )	Peck (21)
ナタネ	100	Soper (24)
コモチカンラン	100	Munro ら (19)
種々の作物	200	Powers ら (22)

- 1) ( ) 内の数値から換算.
- 2) 1N 塩化アンモニウム溶液を抽出液として使用.
- 3) 22% 過塩素酸ナトリウム溶液を抽出液として使用.
- 4) 湿つた土壌を基準にした含量.

も, 置換性カリを有効態カリの指標とし, これとカリ施肥の効果との関係を明らかにしようとした.

作付け前の土壌の置換性カリ含量と作物の収量に対するカリ施肥の効果との関係は, これまでにも, 多くの作物で調べられている. すなわち, Magistad (16) をはじめ, 多くの研究者 (8, 10, 19, 21, 22, 24, 32) は, 種々の作物でカリ施肥試験をおこない, その結果から, それらの作物の収量に対して, カリ施肥の効果が認められなくなる, 作付け前の土壌の置換性カリ含量を第 17 表のように推定している. また, Bray (5) は, イリノイ州の 23 か所の実験ほ場で, トウモロコシを組み入れた 4 年周期の輪作に対する施肥試験をつづけて, 無カリ区とカリ施肥区の収量を比較した. そして, 1935 年にそれぞれのほ場の無カリ区からとつた土壌の置換性カリ含量 b (22% 過塩素酸ナトリウム溶液で抽出) と 1934 年から 1937 年のトウモロコシのパーセント収量 (カリ施肥区の収量を 100 とした時の無カリ区の収量) の平均値 y との間には,  $\log(100-y) = \log y - cb$  (ただし, c は定数) という関係式が成り立つことを明らかにした. さらに, 彼はダイズ, コムギ, エンバク, クローバーについても, 上記の関係式が成り立つことを認めた. そして, これらの関係式から, 作付け前の土壌の置換性カリ含量が, トウモロコシ, クローバーでは, エーカーあたり 300 ポンド (150 ppm), ダイズでは, 250 ポンド (125 ppm), コムギ, エンバクでは, 150 ポンド (75 ppm) あれば, カリ施肥の効果がほとんど期待できないだろうと推論している (6). また, Nelson ら (20) は, メイン,

ブース・カロライナ両州にある、置換性カリ含量の異なる 14 か所のほ場で、ジャガイモのカリ施肥試験をおこなった。そして、置換性カリ含量がふえるとともに、ガリ施肥による収量増加の程度は小さくなるが、エーカーあたり 976 ポンド (488 ppm) のほ場でも、また、カリ施肥の効果があることを明らかにした。

Tyler ら (27) も、置換性カリ含量が 46 ppm から 106 ppm の範囲にある、カリフォルニア州の 8 つの畑で、ジャガイモのカリ施肥試験をおこなった。そして、置換性カリ含量が 100 ppm 前後の畑には、カリを施肥したとき、収量のふえるものとふえないものがあることを明らかにした。その後、彼ら (15) は、南カリフォルニアのいくつかの地域でおこなわれた、ジャガイモのカリ施肥試験の結果をまとめたが、それによると、カリ施肥によつて収量が増加したのは、すべて、置換性カリ含量が 100 ppm 以下の畑であつた。長谷部ら (9) は、北海道でおこなわれたコムギのカリ施肥試験の結果から、置換性カリ含量とパーセント収量との間に、有意な相関関係があることを確かめた。また、置換性カリ含量が 150 ppm 前後の畑でも、カリを施肥すると、わずかではあるが、収量がふえることを明らかにした。

さて、これらの研究結果を概観すると、作物の種類や土壌の違いに関係なく、置換性カリ含量が 150 ないし 200 ppm をこえる土壌では、多くの場合、カリを施肥しても、ほとんど収量が増加しないということがわかる。また、Ulrich ら (29) も、総説の中で、置換性カリ含量が 150 ppm をこえる土壌では、カリ施肥による収量増加がほとんど期待できないと述べている。さらに、置換性カリ含量のわかっている土壌でおこなわれたカリ施肥試験 (3, 4, 7, 11, 12, 25, 26, 31) の結果も一、二の例外 (3, 26) はあるが、全体としては、上に述べた推論を支持しているように思われる。

しかしながら、本実験では、置換性カリ含量 255 ppm の土壌でも、ハウレンソウやキュウリの収量は、カリを施肥すると、かなりふえることが確認された。また、レタスやニンジンでも、わずかではあるが、カリ施肥による収量増加のあることが認められた。さらに、置換性カリ含量 472 ppm の土壌でも、カリを施肥すると、ハウレンソウの収量はいくらか増加するようであつた。したがつて、カリ施肥の効果が認められなくなる置換性カリ含量の値として、これまでの研究結果からひきだされた、150 ないし 200 ppm という数字は、火山灰土壌に

第 18 表 実験終了時の土壌の置換性カリ含量

置換性 カリ含量	硫酸カリ 施用量	ハウレン ソウ	レタス	ハツカ ダイコン	カブ	ニンジン	キュウリ	インゲン
ppm	g/pot	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
94	0	62	53	54	36	40	54	36
	2.5	125	152	126	147	67	94	85
	5	273	350	184	251	90	161	220
255	0	98	90	117	71	45	85	76
	2.5	201	220	160	220	76	126	157
	5	394	390	233	371	116	202	377
472	0	156	166	121	125	58	99	148
	2.5	322	331	193	265	102	175	287
	5	623	529	233	452	107	197	462

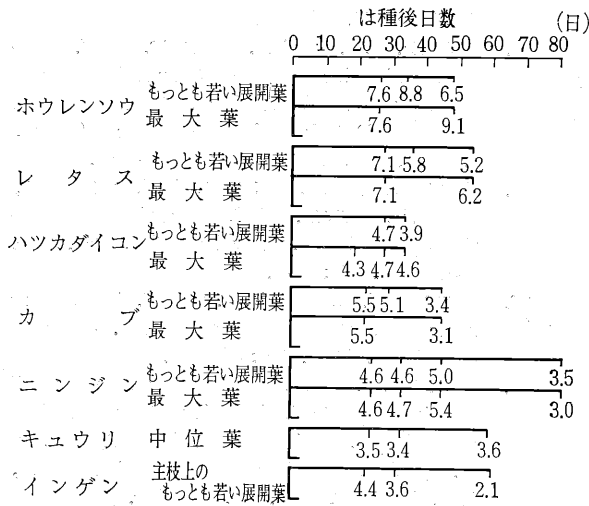
おけるそ菜栽培を考慮するならば、いくらか高く修正する必要があると思われる。

置換性カリ含量 255 ppm の土壌では、カブやインゲンの収量に対するカリ施肥の効果が認められなかつた。しかし、ハウレンソウの収量に対するカリ施肥の効果は、置換性カリ含量 472 ppm の土壌でも認められた。こうした結果から考えると、ハウレンソウの収量に対してカリ施肥の効果が認められなくなる置換性カリ含量の値は、カブやニンジンのそれに比べると、やや高いように思われる。カリ施肥の効果が認められなくなる置換性カリ含量の値が、作物の種類によつて異なることは、Bray (6), Winters (32), James ら (13) も確かめている。しかしながら、すでに述べたように、置換性カリ含量と作物の収量に対するカリ施肥の効果との関係は、かならずしも安定したものではなく、気象条件、土壌条件、栽培法などの相違によつて変化すると考えられている (23)。したがつて、ここでは、上に述べたような可能性があると指摘するだけにとどめたほうがよいと思う。

次に、第 18 表をみると、置換性カリ含量 255 ppm の土壌で、カリを施肥しないで作物を栽培すると、実験終了時の置換性カリ含量は、きわめて低くなつていくことがわかる。そこで、一部の作物では、収穫まぢかになると、この土壌の無カリ区とカリ施肥区の植物体の生育に差がみられるようになったが、これは、無カリ区の置換性カリ含量の、このような著しい減少が一因になつていとも考えられよう。さらに、生育期間中に、置換性カリがどのようにして、どの程度まで減少するかということも、カリ施肥の効果と作付け前の置換性カリ含量との関係を左右する要因の一つではないかと思われる。

ところで、Tyler ら (28) は、カリ施用量試験をおこなつて、少ない施肥量で最大収量が得られた処理区の体内カリ濃度の経時変化 (彼らは、これを安全水準曲線と呼んでいる) を明らかにした。体内カリ濃度が、全生育期間を通じて、この安全水準曲線以上で推移するならば、カリ施用量を増加することによる効果は期待できないは





第1図 体内カリ濃度の安全水準

ずである。そのような理由で、彼らは、栄養診断の際の判定基準の一つとして、安全水準曲線を利用できると考えている。そこで、本実験の結果から、各作物について、一応の安全水準曲線を求めて、第1図に示した。しかし、Ulrichら(30)も指摘しているように、栄養診断を正確におこなうためには、安全水準曲線だけでなく、臨界濃度(これ以下になると、生育が劣りはじめる体内養分濃度)を明らかにしておく必要があると思われる。したがって、今後の研究では、これらの作物の、各生育時期における、体内カリの臨界濃度も明らかにしたほうがよいと考える。

摘 要

火山灰土壌での、そ菜の生育に対するカリ施肥の効果と作付け前の土壌の置換性カリ含量との関係を明らかにするため、適当量の硫酸カリを加えて、置換性カリ含量を変えた3つの土壌を用いて、1/2,000aワグナーポットで、7種類のそ菜のカリ施肥試験をおこなった。

1) 置換性カリ含量 94 ppmの土壌では、カリを施肥しないで育てたハウレンソウ、レタス、カブ、キュウリは、カリを与えたものに比べると、発芽直後から小さかった。一方、ハツカダイコン、ニンジン、インゲンでは、発芽直後には、カリ施肥区と無カリ区の植物体の大きさに、はつきりした差がみられなかった。しかし、これらのそ菜でも、生育中期になると、両区の植物体の大きさに差がでてきた。この土壌では、カリを施肥すると、これら7種類のそ菜の収量は、いずれも、著しく増加した。

2) 置換性カリ含量 255 ppmの土壌では、カリを施肥すると、ハウレンソウとキュウリの収量はかなり増加

し、また、わずかではあるが、レタスとニンジンの収量も増加した。

3) 置換性カリ含量 472 ppmの土壌では、ハウレンソウを除いて、収量に対するカリ施肥の効果が認められなかった。

4) これまで、作物の種類に関係なく、置換性カリ含量が150ないし200 ppmをこえる土壌では、カリ施肥の効果がほとんど認められないといわれてきた。しかし、以上の結果から、火山灰土壌でのそ菜栽培を考える場合には、この数値をいくらか高く修正したほうがよいと思われた。

5) そ菜の種類によって、カリ施肥の効果が認められなくなる置換性カリ含量に差のあることが推定された。

謝 辞 本実験は、杉山直儀博士のご指導の下におこなわれたものである。ここに厚くお礼申し上げます。また、本実験をおこなうにあたり、種々のご助言をいただいた尾形亮輔博士に感謝します。

引用文献

1. BARBER, S. A., and R. P. HUMBERT. 1963. Advances in knowledge of potassium relationships in the soil and plant. In Fertilizer technology and usage. MCVICKAR, M. H. et al. (ed.) Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wis. pp. 231—268.
2. ———, R. D. MUNSON, and W. B. DANCY. 1971. Production, marketing, and use of potassium fertilizers. In Fertilizer technology and use. 2nd Ed. OLSON, R. A. et al. (ed.) Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wis. pp. 303—334.
3. BISHOP, R. F., C. R. MACEACHERN, J. S. LEEFE, and H. B. CANNON. 1968. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yields and nutrient levels in the leaves of processing peas. Can. J. Soil Sci. 48: 225—233.
4. ———, E. W. CHIPMAN, and C. R. MACEACHERN. 1969. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yields and nutrient levels in laminae and petioles on pickling cucumbers. ibid. 49: 297—304.
5. BRAY, R. H. 1944. Soil-plant relations. I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and crop response to potash additions. Soil. Sci. 58: 305—324.
6. ———. 1945. ———. II. Balanced fertilizer use through soil tests for potassium and phosphorus. ibid. 60: 463—473.
7. CUTCLIFFE, J. A., and D. C. MUNRO. 1973. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium

- on rutabaga yields. *Can. J. Plant Sci.* 53 : 357—361.
8. HANWAY, J. J., S. A. BARBER, R. H. BRAY, A. C. CALDWELL, M. FRIED, L. T. KURTZ, K. LAWTON, J. T. PESEK, K. PRETTY, M. REED, and F. W. SMITH. 1962. North central regional potassium studies. III. Field studies with corn. *Iowa Agr. Home Econ. Sta. Res. Bul.* 503, pp. 407—438.
  9. 長谷部俊雄・宮脇 忠. 1970. 秋播小麦の道内主要栽培地における施肥反応. 第2報. 施肥効果と土壤肥沃度ならびに養分吸収調査. *北海道立農試集報.* 20 : 32—43.
  10. HUMBERT, R. P. 1958. Potash fertilization in the Hawaiian sugar industry. In *Proc. 5th Potassium Symposium, Madrid. Intern. Potash Inst., Berne, Switz.* pp. 319—344.
  11. 石居企救男・細谷 毅・新井真杉. 1968. ネギ栽培における土壤肥料に関する研究. 第5報. 要素欠乏および施肥に対するネギと他野菜との対応性の比較. *埼玉農試研報.* 29 : 111—129.
  12. ————・———. 平野福治. 1969. 水田裏作カンランおよび跡作水稻の施肥に関する研究. 第2報. 水田裏作カンランに対する三要素および施肥量の影響. *同誌.* 32 : 65—72.
  13. JAMES, D. W., W. H. WEAVER, and R. L. REEDER. 1968. Soil test index of plant-available potassium and the effects of cropping and fertilization in central Washington irrigated soils. *Wash. Agr. Exp. Sta. Bul.* 697. pp. 1—12.
  14. 北岸確三. 1962. 火山灰土壌における牧草の集約栽培に関する土壤肥料学的研究. *東北農試研報.* 23 : 1—67.
  15. LORENZ, O. A., K. B. TYLER, F. H. TAKATORI, J. C. BISHOP, and P. M. NELSON. 1961. Fertility experiments with potatoes in southern California. *Calif. Agr. Exp. Sta. Bul.* 781. pp. 15—24.
  16. MAGISTAD, O. C. 1934. The relation between replaceable potassium and field response to potash in Hawaiian soils. *Soil Sci.* 37 : 99—104.
  17. 諸遊英行・松浦一人・吉沢孝之. 1971. 飼料畑, 草地土壌のカリウム供給力について. *中国農研.* 42 : 38—40.
  18. ————・———. 1971. 飼料畑, 草地土壌のカリウム固定について. *同誌.* 42 : 41—42.
  19. MUNRO, D. C., and J. A. CUTCLIFFE. 1971. Available soil potassium and fertilizer potassium for Brussels sprouts. *Can. J. Plant Sci.* 51 : 197—200.
  20. NELSON, W. L., and A. HAWKINS. 1947. Response of Irish potatoes to phosphorus and potassium on soils having different levels of these nutrients in Maine and North Carolina. *J. Amer. Soc. Agron.* 38 : 1053—1067.
  21. PECK, N. H., R. F. SANSTED, D. J. LATHWELL, and T. E. SHULTZ. 1963. Potassium fertilization of snap beans. *New York Sta. Agr. Exp. Farm Res.* 29 : 8—9.
  22. POWERS, W. L., and L. A. ALBAN. 1949. Crop response to potash on Oregon soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13 : 342—346.
  23. ROUSE, R. D. 1967. Organizing data for soil test interpretation. In *Soil testing and plant analysis. I. Soil Testing.* HARDY, G. W. et al. (ed.) *Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wis.* pp. 115—123.
  24. SOPER, R. J. 1971. Soil tests as a means of predicting response of rape to added N, P and K. *Agron. J.* 63 : 564—566.
  25. TIMM, H., and F. G. MERKLE. 1963. The influence of chlorides on yield and specific gravity of potatoes. *Amer. Potato J.* 40 : 1—8.
  26. 津野林士・桑野幸男. 1964. 高冷地の腐植質火山灰土のカンランに対する施肥試験成績. *農及園.* 39 : 825—826.
  27. TYLER, K. B., O. A. LORENZ, and F. S. FULLMER. 1959. Soil and plant potassium studies with potatoes in Kern district, California. *Amer. Potato J.* 36 : 358—366.
  28. ————, ————, and ————. 1961. Plant and soil analyses as guides in potato nutrition. *Calif. Agr. Exp. Sta. Bul.* 781, pp. 4—15.
  29. ULRICH, A., and K. OHKI. 1966. Potassium. In *Diagnostic criteria for plants and soils.* CHAPMAN, H. D. (ed.) *Univ. Calif. Press, Berkeley, Calif.* pp. 362—393.
  30. ————, and F. J. HILLS. 1967. Principles and practices of plant analysis. In *Soil testing and plant analysis. Part II. Plant analysis.* HARDY, G. W. et al. (ed.) *Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wis.* pp. 11—24.
  31. UZO, J. O. 1971. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.) in the humid tropics. *Hort. Res.* 11 : 65—74.
  32. WINTERS, E. 1946. Crop response to potassium fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10 : 162—167.