

Beziehungen zwischen dem Kaliumbedürfnis landwirtschaftlicher Pflanzen und den Wetterverhältnissen

Von F. van der Paauw
Institut für Bodenfruchtbarkeit Groningen, Holland
Plant & Soil 9, Nr. 3, 254 (1958)

Einführung

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Reaktion der Pflanzen zur Anwendung von verschiedenen Kaliumdüngergaben sich von Jahr zu Jahr ändert. Es ist selbstverständlich, dass dieser Unterschied im Verhalten der Pflanzen dem Wechsel der Witterungsverhältnisse zugeschrieben wird.

Russell (10) hat eine negative Korrelation zwischen der Sonnenscheindauer in Stunden, während der Monate Juli bis Oktober, und der Abnahme der Kartoffelernte in Abwesenheit einer Kaliumdüngung gefunden. Sich auf einige Versuchsergebnisse stützend, stellte er fest, dass der Einfluss der Sonnenscheindauer bei angemessenen Kaliumgaben abnimmt. Russell und Watson (11) haben gefunden, dass in den trockensten und sonnenreichen Jahren das Bodenkali weniger leicht durch die Gerstenpflanzen aufgenommen wird und dass die Kaliumdüngung wirksamer ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Unterschied eher der Bodenfeuchtigkeitsabnahme als dem Überschuss an Sonnenscheindauer zu verdanken ist.

Bei einem Vergleich zwischen einem Meertonboden von hohem Gehalt an aufnehmbarem Kalium und einem Flusstonboden von kleinem Gehalt an aufnehmbarem Kalium hat Ferrari (2) für den letzten dieser Böden, aber nicht für den ersten, eine deutliche positive Korrelation zwischen dem Ernteertrag und den meteorologischen Verhältnissen gefunden. Dies erscheint wahrscheinlich, wenn, wie es der genannte Autor angenommen hat, die Wetterverhältnisse einen Einfluss auf die Verfügbarkeit des Kaliums haben.

Die Unterschiede, welche bei der Reaktion der Pflanzen auf eine Kaliumdüngung hervortreten, können mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in Verbindung gebracht werden. In einer Literaturrecherche erwähnen Richards und Wadleigh (9) verschiedene Fälle, wo die Kaliumaufnahme durch einen hohen Feuchtigkeitsgehalt des Bodens gefördert wurde. Ferrari (3) hat gefunden, dass der Kaliumgehalt des Grases, welches auf mässig mit Wasser versorgten Sandböden gewachsen ist, höher ist als derjenige des Grases, welches aus Böden mit sehr geringer Feuchtigkeit stammt. Eine entgegengesetzte Beobachtung hat er bei sehr feuchten Böden gemacht. Dieser letzte Fall entspricht der Abnahme der Kaliumaufnahme durch die Zuckerrüben auf sehr feuchten Böden, wie sie durch Larson (6) festgestellt wurde.

Dieser Autor schreibt diesen Fall dem niedrigen Sauerstoffgehalt dieser Böden zu.

Schuffelen und Middelburg (12) bemerken schliesslich, sich auf Überlegungen bezüglich des Donnangleichgewichtes stützend, dass einer Zunahme der Bodenfeuchtigkeit eine Zunahme der Löslichkeit des Kaliums und eine Abnahme der Löslichkeit des Magnesiums entsprechen. Verschiedene Versuche haben diese Hypothese bestätigt.

Letzthin haben Dijkshoorn und 't Hart (1) gezeigt, dass der Kationengehalt des unter ständiger Temperaturkontrolle gewachsenen englischen Ray-Grass (*Lolium perenne*) sehr stark durch die Temperatur beeinflusst wird. Der Kaliumgehalt nimmt in diesem Falle zu bzw. ab nach einer Temperatursteigerung oder -erniedrigung. Diese Ergebnisse entsprechen denen von Kemp und 't Hart (5), welche im Freien gearbeitet haben. Die beobachteten Wechsel stehen in enger Korrelation mit dem Weidetetaniefall. Auf Gerstenwurzeln arbeitend, haben Hoagland und Broyer (4) schon früher ähnliche Temperatureinflüsse beobachtet.

Untersuchungen

Die Ergebnisse eines Versuchsfeldes, welches während 15 Jahren ständig mit demselben Fruchtwechsel angebaut wurde und welches zur Untersuchung der Einflüsse von verschiedenen Kaliumdüngern verwendet wurde, haben uns erlaubt, das Verhältnis zwischen der Wirkung des Kaliums auf die Pflanzen und den Wetterverhältnissen zu untersuchen.

Für diese Untersuchungen musste eine vernünftige Kennzahl der Wetterverhältnisse angewendet werden. Eine solche Kennzahl kann durch die Anzahl der Tage mit schwachen Regenfällen gebildet werden (d. h. der Tage mit weniger als 1 mm Niederschlag). Eine solche Zahl kennzeichnet, nach Post (8), in befriedigender Weise die Art der Wetterverhältnisse. Solche Angaben standen bei der meteorologischen Station Zoukamp zur Verfügung. Diese Station ist 6 km vom Versuchsfeld entfernt. Die Zahl der regenarmen Tage eignet sich besser für unsere Arbeit als die Niederschläge in mm, denn diese letzte Angabe wird sehr stark von den Gewittern beeinflusst.

Die Angaben über das Kaliumbedürfnis der Kulturen wurden durch die Ernteunterschiede zwischen den stark gedüngten und den ungedüngten Parzellen geliefert. Andere Angaben wurden ebenfalls durch die Gewichtsabnahme der Kartoffelknollen (Unterwassergewicht von 5 kg Kartoffelknollen entspricht einer Angabe über das spezifische Gewicht), welche eine starke Kaliumdüngung erhalten haben, geliefert. Dieses Gewicht gibt uns eine Angabe über den Trockensubstanzgehalt und den Kaliumgehalt der Knollen.

Es wurden vor allem die meteorologischen Angaben vom 1. Mai bis 31. Juli in Betracht gezogen. Diese Jahreszeit entspricht nämlich ziemlich der Wachstumsperiode der angebauten Pflanzen. Wenn andere Zeitabschnitte besser für unsere Untersuchungen geeignet waren, wurden sie ebenfalls berücksichtigt.

Die Beziehungen zwischen den meteorologischen Verhältnissen und der Wirkung der Kaliumdüngung auf die Pflanzen wurden durch Kurven und durch den Korrelationskoeffizienten auch dann dargestellt, wenn die statistischen Forderungen einer natürlichen Verteilung nicht ganz erfüllt waren.

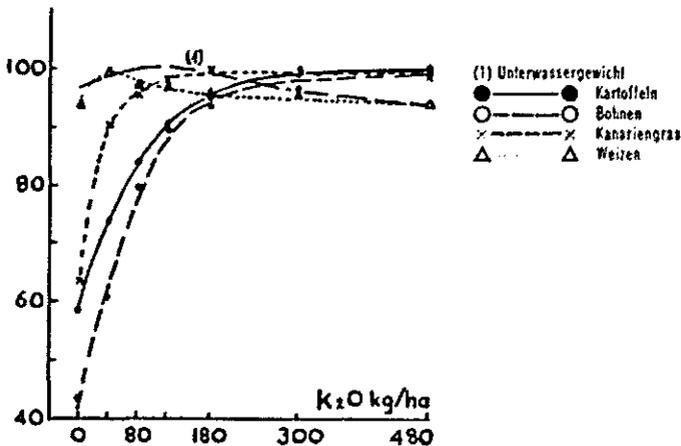
Das Versuchsfeld (Pr 201 in Pieterzijl) liegt im Norden von Holland, genau 20 km nordwestlich von Groningen. Es wurde vom Jahre 1935 bis 1949 zu diesem Zwecke angebaut. Der Boden ist ein leichter Meertonboden, welcher im Jahre 1453 trockengelegt wurde. Der CaCO_3 -Gehalt beträgt 2,3%, und der Kaliumgehalt ist eher zu gering.

Kartoffeln, Kanariengras (*Phalaris canariensis*), Puffbohnen (*Vicia faba*) und Sommerweizen standen in der Fruchtfolge. Diese Kulturen wurden auf den verschiedenen Parzellen so angebaut, dass jedes Jahr gleichzeitig alle vier Kulturen geerntet werden konnten. Die Kaliumdüngung erfolgte in Form von Sulfat in Gaben von 0, 40, 80, 120, 180, 300 und 480 kg K_2O je ha. Jede Düngermenge wurde je auf drei Wiederholungen ausgesät. Die angewendeten Gaben waren immer mehr als ausreichend, um optimale Ernten zu erzeugen.

Ergebnisse

Abgesehen vom ersten Jahr, wurde die Häufung der Einflüsse der jährlichen Kaliumdüngungen untersucht. Nach einigen Jahren wurde ein Ertragsgleichgewicht für jede angewendete Kaliumgabe erreicht. Demzufolge sind die in diesen Jahren erhaltenen Ergebnisse unter sich vergleichbar. Dieser Vergleich könnte eigentlich beim zweiten und dritten Versuchsjahr nicht gemacht werden, da noch kein Gleichgewicht erreicht wurde. Der Einfluss einiger zu niedriger Erträge war jedoch so schwach, dass sie leicht vom vorherrschenden Einfluss der jährlichen Düngergaben überschattet wurden.

Ernte und Unterwassergewicht
in % der höchsten Werte



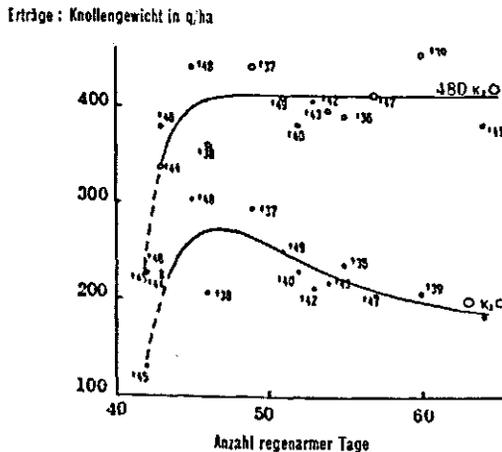
Figur 1. Beziehung zwischen der jährlichen Kaliumdüngergabe und der mittleren Ernte von Kartoffeln, Bohnen, Kanariengras, Weizen und Unterwassergewicht (1) von Kartoffeln (12-14 Jahre). Die höchsten Werte waren die folgenden: Kartoffeln 100% = 379 q/ha (Knollen); Weizen 100% = 33,8 q/ha (Körner); Bohnen 100% = 31,4 q/ha (Samen); Kanariengras 100% = 27,5 q/ha (Samen); Unterwassergewicht der Kartoffelknollen 100% = 493 g

so dass nur die Ergebnisse des ersten Jahres ausgeschieden werden mussten. Keine Erhöhung der Kaliumbedürfnisse wurde während der Versuche bei den ungedüngten Parzellen beobachtet, so dass die K_2O -Gehalte der Pflanzen und das Unterwassergewicht der Kartoffelknollen aus den ungedüngten Parzellen des ersten Jahres von den statistischen Berechnungen nicht ausgeschieden werden mussten. Die Körnerernte (Weizen) konnte im Jahre 1944 nicht ermittelt werden.

Die Erträge dieses Düngungsversuches im Mittel aller Versuchsjahre sind in der Figur 1 zusammengestellt. Die Düngerwirkung des Kaliums auf die Bohnen, Kartoffeln und das Kanariengras ist beträchtlich. Die Ernte des Kanariengrases erreicht ein Maximum bei einer verhältnismässig bescheidenen Kaliumgabe. Der schwachen Erntezunahme des Weizens nach der kleinsten Kaliumgabe folgt ein Rückgang der Ernte nach den höheren Kaliumgaben. Das Unterwassergewicht der Kartoffelknollen zeigt eine Zunahme nach den kleinsten Düngergaben, welche von einer Gewichtsabnahme nach den höheren Düngergaben gefolgt wird.

1. Kartoffeln

Die Beziehung zwischen den regenarmen Tagen und den mit den höchsten Kaliumgaben bzw. ohne Düngung erhaltenen Erträge wird durch die Figur 2 veranschaulicht.



Figur 2. Beziehung zwischen der Anzahl regenarmer Tage (Mai bis Juli) und den Erträgen an Kartoffelknollen mit oder ohne Kaliumdüngung (480 kg und 0 kg K_2O je ha)

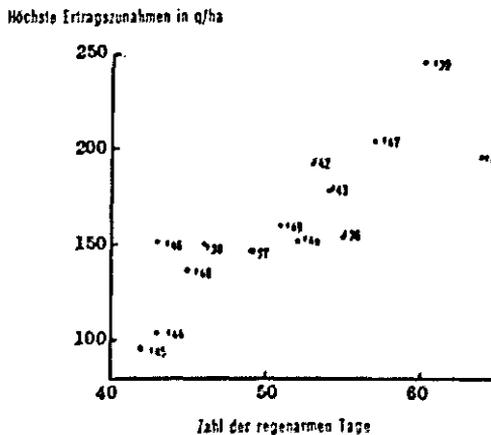
Vom ersten Abschnitt der Kurven kann man ableiten, dass die Erträge in einem regenreichen Jahr deutlich schwächer sind. Dieses Ergebnis entspricht jedoch nicht den Beobachtungen von Russell (10), nach welchen die Ertragsabnahme (in q/ha) deutlicher bei den Parzellen ohne Kaliumdüngung hervortritt als bei den Parzellen, welche starke Kaliumdüngungen erhalten haben. Im Laufe der Trockenjahre verändern sich die Erträge der mit Kalium

gedüngten Parzellen nur wenig. Die Ernten, welche kein Kalium erhalten haben, nehmen ab mit der Zunahme der Anzahl der Trockentage; der Unterschied ist demnach grösser in den Trockenjahren.

Beim Vergleich der reinen Unterschiede der verschiedenen Jahreserträge ist das sehr ungünstige Jahr 1945 wegen seiner anormalen kleinen Ernte für den Vergleich mit den anderen Jahren weniger geeignet. Dementsprechend wurden die relativen Unterschiede ebenfalls berücksichtigt.

Diese positive Beziehung zwischen der höchsten Ertragszunahme der Knollen, welche durch die Kaliumdüngung verursacht wurde, und der Anzahl regenarmer Tage ist überzeugend (Figur 3). Der Korrelationskoeffizient (Tabelle 1) beträgt 0,84 (ohne die Erträge des Jahres 1945 beträgt er 0,80) und ist sehr bezeichnend. Der Korrelationskoeffizient für die prozentualen Ertragszunahmen beträgt $-0,74$ (ohne das Jahr 1945 = $-0,80$). Offenbar ist der Einfluss der Kaliumdüngung am grössten in den Trockenjahren, welche einer geringen Verfügbarkeit des Bodenkalkiums entsprechen.

Die Niederschläge (in mm ausgedrückt) zeigen eine geringere Korrelation mit der Reaktion der Pflanzen auf die Kaliumdüngung.



Figur 3. Beziehung zwischen der Anzahl regenarmer Tage (Mai bis Juli) und den höchsten Ertragszunahmen der Kartoffelknollen, welche nach der Anwendung von Kaliumdünger erreicht wurden

Für den gleichen Zeitabschnitt ist die Korrelation zwischen diesem Faktor und der Ertragszunahme klein ($r = -0,35$). Dies ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass die in einer Entfernung von 6 km vom Versuchsfeld gemessenen Niederschläge nicht genau den tatsächlich auf diesem Felde gefallenen Niederschlägen entsprechen.

Eine höhere Korrelation besteht in der Tat ($r = -0,52$), wenn die Niederschläge von 5 meteorologischen Stationen (welche 6–20 km vom Versuchsfeld entfernt sind) berücksichtigt werden.

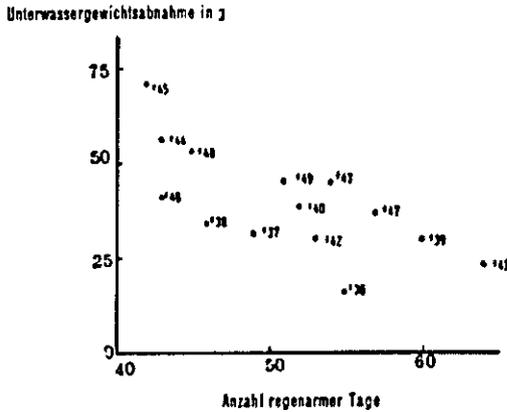
Wenn man von den Erträgen der Jahre 1936 und 1945 absieht, kann die Beziehung zwischen dem Umfang der Kaliumdüngung und dem Unterwasser-

Tabelle 1. Korrelation zwischen der Anzahl der regenarmen Tage von Mai bis Juli und der Reaktion der Pflanzen auf die Kaliumdüngung

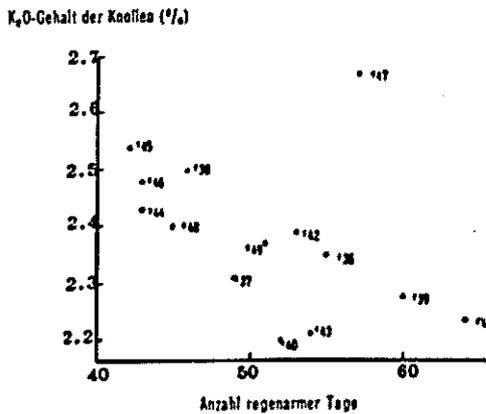
Pflanze	Reaktion	r	P
Kartoffeln . . .	Ertragsunterschiede (max.-min.)	0,84	<0,001
	do. ohne 1945	0,81	<0,001
	Relativerträge ohne K.	-0,74	0,001
	do. ohne 1945	-0,80	0,001
	Abnahme des Unterwassergewichtes (max.-min.)	-0,71	<0,01
	do. ohne 1945	-0,65	0,02
	höchster K ₂ O-Gehalt der Knollen mit K-Düngung	-0,47	0,09
	do. ohne 1941	-0,32	0,30
	do. ohne 1941 und 1947	-0,75	<0,01
	K ₂ O-Gehalt der Knollen ohne K-Düngung do. ohne 1941	-0,18	0,53
do. ohne 1941 und 1947	-0,52	0,06	
do. ohne 1941 und 1947	-0,61	0,03	
Sommer- weizen	Körnerertragsunterschiede (480-0)	0,69	0,01
	Relativerträge (480 in % von 0)	0,67	0,01
	Relativerträge ohne K (Stroh)	-0,16	0,61
Kanariengras	Unterschiede im K ₂ O-Gehalt (max.-min.) (Stroh)	-0,56	0,07
	Relativerträge ohne K (Samen und Stroh)	-0,11	0,74

gewicht der Knollen mit einer Kurve dargestellt werden, welche ein Optimum zeigt. Die mittlere Korrelation ist in der Figur 1 dargestellt. Aus dem Kurvenverlauf der Jahre 1936 und 1945 können wir ableiten, dass während dieser zwei Jahre der optimale Wert in den Parzellen, welche wenig oder kein Kalium erhielten, schon erreicht wurde. Der Unterschied zwischen den optimalen und den minimalen Werten, welche mit den höchsten Kaliumgaben erreicht wurden, kann als Maßstab für die Verfügbarkeit des Kaliums verwendet werden (7). Eine deutliche Korrelation kann zwischen diesem Unterschied im Unterwassergewicht der Knollen und der Anzahl regenarmer Tage beobachtet werden (Tabelle 1 und Figur 4). Der Unterschied ist während der feuchten Jahre grösser. Dies deutet auf eine grössere Verfügbarkeit des Kaliums während der feuchten Jahre in den stark mit diesem Nährstoff gedüngten Parzellen hin. Wir können bemerken, dass das optimale Unterwassergewicht an und für sich nicht mit der Anzahl regenarmer Tage in Korrelation steht. Es scheint wahrscheinlich, dass diese optimalen Werte nicht nur von der Kaliumernährung abhängen, sondern von allen Faktoren, welche den Stärkegehalt während dieser Jahre beeinflusst haben. Übrigens wechselte die optimale Kaliumgabe von Jahr zu Jahr.

Eine relativ schwache Abnahme des Unterwassergewichtes wurde im Laufe der Jahre 1936-38 beobachtet. Diese Erscheinung kann vielleicht zufällig sein, kann aber ebenfalls von einem noch etwas schwächeren Kaliumgehalt des Bodens (der Parzellen, welche stark mit Kalium gedüngt wurden)



Figur 4. Korrelation zwischen der Anzahl regenarmer Tage (Mai bis Juli) und der maximalen Unterwassergewichtsabnahme der Kartoffelknollen, welche durch starke Kaliumdüngung verursacht wird



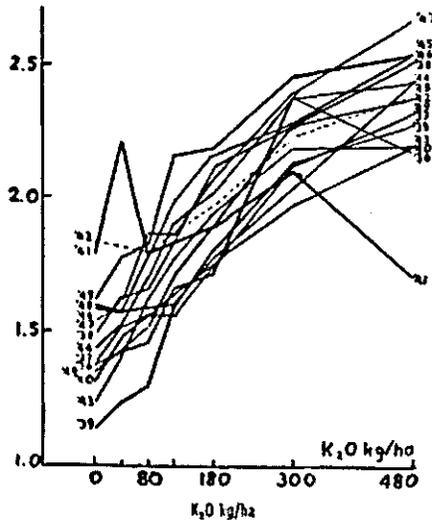
Figur 5. Korrelation zwischen der Anzahl regenarmer Tage und dem K₂O-Gehalt der Kartoffelknollen, welche eine starke Kaliumdüngung erhalten haben

während der ersten Versuchsjahre herrühren. Entsprechende Änderungen wurden jedoch nicht gefunden im Falle der höchsten Ertragszunahme der Knollen (Figur 3) oder im Falle des K₂O-Gehaltes der Knollen (Figur 5). Es ist demnach wahrscheinlich, dass die während dieser Jahre erhaltenen Ergebnisse mit denjenigen, welche während der anderen Jahre erhalten wurden, vergleichbar sind.

Eine solche Tendenz in der chemischen Zusammensetzung der Ernte wäre der beste Beweis für eine verstärkte Verfügbarkeit des Kaliums im Boden während der regenreichen Jahre. Der Korrelationskoeffizient der

Beziehung zwischen K_2O -Gehalt der Knollen aus den Versuchspartellen, welche die stärksten Kaliumgaben erhalten haben, und der Anzahl trockener Tage ist jedoch nicht völlig gesichert (Tabelle 1 und Figur 5). Wir müssen bemerken, dass die Ergebnisse des Jahres 1941 ungesichert erscheinen. Die K_2O -Gehaltskurven der Knollen, aufgezeichnet in Beziehung mit dem Umfang der Kaliumdüngung (Figur 6), zeigen, dass die Werte des Jahres 1941 sehr unregelmässig sind, insbesondere was den K_2O -Gehalt der Knollen anbelangt, welche keinen Kaliumdünger erhalten haben. Es scheint wahrscheinlich, dass Fehler bei der Probenentnahme begangen wurden. Wenn wir die Werte von 1941 ausschliessen, fällt der Korrelationskoeffizient von $-0,47$ auf $-0,32$. Die Ergebnisse des Jahres 1947 weichen ebenfalls stark von der allgemeinen Richtung ab. Dieses Jahr war besonders heiss und trocken am Ende der Wachstumszeit. Wenn die Ergebnisse des Jahres 1947 ausgeschlossen werden, beträgt der Korrelationskoeffizient $-0,75$.

K_2O -Gehalt der Knollen (%)



Figur 6. Beziehung zwischen der Kaliumgabenzunahme und dem K_2O -Gehalt der Kartoffelknollen während der ganzen Versuchsdauer

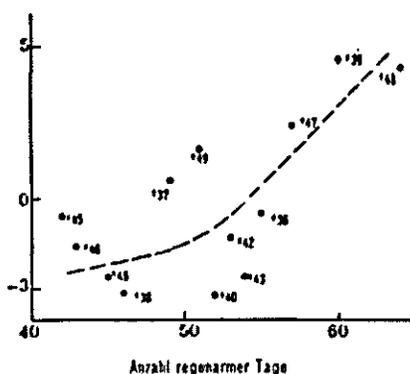
Die Ergebnisse des Jahres 1935 bezüglich des K_2O -Gehalts der Knollen, welche keinen Kaliumdünger erhielten, sind ebenfalls vorhanden, zeigen aber nur eine schwache Korrelation.

Wenn die zweifelhaften Angaben des Jahres 1941 bei den Berechnungen unberücksichtigt bleiben, wird die Korrelation grösser. Die vorliegenden Ergebnisse der chemischen Pflanzenanalyse sind ungenügend gesichert, um definitive Angaben über eine Erhöhung der Kaliumaufnahme unter sehr feuchten Wetterverhältnissen zu geben.

2. Sommerweizen

Die Wirkung des Kaliumdüngers auf diese Pflanze ist kleiner als auf die Kartoffeln. Im übrigen ist der Einfluss des Kaliums auf die Erträge in vielen Fällen durch ein Optimum gekennzeichnet (Figur 1). In den Jahren, wo die im Boden verfügbare Kaliummenge klein ist, zeichnet sich eine Kurve, welche eine graduelle Ertragszunahme parallel zur Steigerung der Kaliumdüngung zeigt. In den Jahren, wo die im Boden verfügbare Kaliummenge gross ist, bleibt der positive Einfluss der Kaliumdüngung schwach und die herabdrückende Wirkung auf die Erträge herrscht vor. Es ist schwierig, solche Einflüsse mit einem einzigen Maßstab zu kennzeichnen. Der Ertrag, welcher mit der höchsten Düngung erreicht wurde, wird sowohl positiv als negativ beeinflusst. Der Unterschied zwischen den Erträgen nach der höchsten Kaliumdüngung und den Erträgen ohne Kaliumdüngung scheint den geeignetsten Maßstab zu bilden.

Ertragsunterschied beim Weizen (q/ha) nach 480 kg/ha K₂O und ohne Kaliumdüngung



Figur 7. Beziehung zwischen der Anzahl regner Tage (Mai-Juli) und den Ertragsunterschieden beim Weizen nach einer 480-kg/ha-K₂O-Düngung und ohne Kaliumdüngung

Die Beziehung zwischen der Anzahl regner Tage und dem Unterschied zwischen den Erträgen des Weizens mit und ohne Kaliumdüngung ist in der Figur 7 dargestellt. Positive Wirkungen der Kaliumdüngung wurden während der trockenen Jahre, negative Wirkungen hauptsächlich während der feuchten Jahre beobachtet. Dieses Ergebnis lässt eine grössere Verfügbarkeit des Kaliums während der feuchten Jahre vermuten und stimmt mit dem Ergebnis überein, welches wir bei den Kartoffeln erhalten haben.

Diese Beziehung kann wahrscheinlich nicht mit einer geraden Kurve dargestellt werden. Es scheint, dass der Teil der Kurve, welcher sich am nächsten vom Ursprung befindet, einen viel weniger steifen Verlauf einnimmt. Dies entspricht einer durchschnittlichen Reaktion des Sommerwei-

zens auf eine Verstärkung der Kaliumdüngung (Figur 1). Sehr starke Kaliumdüngungen erniedrigen die Erträge nicht viel mehr als die mässigen Gaben.

Die Wirkung der Kaliumdüngergaben auf das Stroh scheint im Laufe der trockenen Jahre nicht in empfindlicher Weise zuzunehmen (Tabelle 1).

3. Kanariengras

Bei dieser Pflanze wurden nur schwache Korrelationen zwischen den Wittereinflüssen und dem Einfluss der Kaliumzufuhr auf die Ernte beobachtet. Die deutlichste Korrelation wurde bei der Beziehung zwischen der Anzahl regenarmer Tage und der Zunahme des K_2O -Gehaltes des Strohs beobachtet. Diese Beziehung kann vor allem dank den Veränderungen der höchsten K_2O -Gehalte des Strohs aus den Versuchsfeldern, welche die höchsten Kaliumgaben erhielten, festgestellt werden. Die höchste K_2O -Gehaltszunahme wurde in den feuchtesten Jahren beobachtet.

Obwohl diese Feststellung nicht vollkommen eindeutig ist (Tabelle 1), stimmt sie mit den Ergebnissen, welche bei den Kartoffeln und beim Sommerweizen festgestellt wurden, überein.

4. Bohnen

Es konnte bei dieser Pflanze keine Korrelation gefunden werden (Tabelle 1). Es ist eigenartig festzustellen, dass das Verhalten dieser Pflanze, welche gegenüber Kaliummangel sehr empfindlich ist, so stark vom Verhalten der anderen beobachteten Kulturpflanzen abweicht.

Zeitpunkt der höchsten Empfindlichkeit

Um den Zeitpunkt der höchsten Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber den Wittereinflüssen, welche ihrerseits die Wirkung des Kaliums auf diese Pflanzen beeinflussen, zu bestimmen, wurden Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen dem meteorologischen Index während kürzerer Zeitabschnitte und der Wirkung des Kaliums auf die Kulturpflanzen errechnet. Die Ertragszunahmen der Kartoffeln nach den Kaliumdüngungen (Tabelle 2) wurden als Wirkungsmaßstab verwendet.

Offensichtlich nimmt der Korrelationskoeffizient bis zum Zeitabschnitt vom 16. Mai bis 15. Juni zu, um später regelmässig abzusinken. Diese Regelmässigkeit kann als Andeutung für eine besonders hohe Empfindlichkeit der Kartoffeln während ihrer frühen Entwicklungsstadien gelten.

Die höchsten Korrelationen für die Ertragsunterschiede des Weizens wurden zwischen dem 16. Mai und dem 15. Juni ($r = 0,41$, $p = 0,17$) beobachtet. Es wurde keine deutliche Korrelation in den Monaten Mai und Juli beobachtet. Vom 1. Mai bis zum 31. Juli betrug der Korrelationskoeffizient $0,69$ ($p = 0,01$) (Tabelle 1).

Was das Kanariengras anbetrifft, ist die Korrelation zwischen der höchsten K_2O -Gehaltszunahme des Strohs und der Anzahl regenarmer Tage ebenfalls vom 16. Mai bis 15. Juni am höchsten ($r = -0,50$, $p = 0,12$). Vom 1. Mai bis zum 31. Juli betrug der Korrelationskoeffizient $0,56$ (Tabelle 1).

Was die Bohnen anbetrifft, konnten keine Korrelationen in diesen kurzen Zeitabschnitten beobachtet werden.

Tabelle 2. Korrelation zwischen der Anzahl regenarmer Tage in verschiedenen Zeitabschnitten der Wachstumszeit und der Ertragszunahme der Kartoffelknollen

Zeitabschnitt	r	p
1.-30. April	-0,20	0,50
16. April-15. Mai	0,35	0,23
1.-31. Mai	0,64	0,01
16. Mai-15. Juni	0,77	< 0,01
1.-30. Juni	0,68	< 0,01
16. Juni-15. Juli	0,12	0,69
1.-31. Juli	-0,10	0,74
16. Juli-15. August	-0,32	0,27
1. Mai-30. Juni	0,78	0,001
1. Juni-31. Juli	0,59	0,02
1. Mai-31. Juli	0,84	< 0,001
1. Mai-15. August	0,71	< 0,01

Art des meteorologischen Faktors, welcher für die Reaktionen der Pflanzen verantwortlich ist

Die gefundenen Korrelationen zwischen der meteorologischen Kennzahl und der Reaktion der Kulturpflanzen auf die Kaliumdüngung verrät den wahren Einfluss der klimatologischen Faktoren nicht. Die Anzahl der regenarmen Tage kann eine Andeutung auf die Grösse der Niederschläge und der Bodenfeuchtigkeit liefern, aber sie kann uns ebensogut Angaben über die Sonnenscheindauer, die Lichtintensität, die Temperatur und andere Faktoren geben. Die verhältnismässig kurze Versuchsdauer erlaubt es uns nicht, weitere Schlussfolgerungen zu ziehen.

Es ist möglich, dass Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt des Bodens Unterschiede in der Verfügbarkeit des Kaliums verursachen (12, 13). Die Kaliumgehaltszunahmen der Kulturpflanzen können diese Annahme bekräftigen. Es scheint möglich, dass die augenscheinliche Zunahme der Verfügbarkeit des Kaliums eher auf eine Erhöhung der Kaliumkonzentration in der Bodenlösung zurückzuführen ist als auf eine Zunahme der Aufnahmefähigkeit der Pflanzen.

Allgemein nimmt man an, dass gute Wetterbedingungen (hohe Lichtintensität) sich auf die Kaliumaufnahme durch die Pflanzen günstig auswirken.

Es scheint jedoch, dass einer grossen Anzahl Trockentage ein schwacher Kaliumgehalt der Kartoffeln und des Kanariengrases entspricht.

Die Unterschiede in der Kaliumaufnahme können aber auch auf die Temperatur oder auf die Temperaturschwankungen zurückgeführt werden, wie es Dijkshoorn und 't Hart (1) gezeigt haben.

Zusammenfassung

Wichtige Korrelationen zwischen den Reaktionen der Kartoffeln, des Sommerweizens und in einer anderen Art des Kanariengrases auf die Kali-

düngungen und der Anzahl regenarmer Tage während der Vegetationszeit konnten gefunden werden.

Der Einfluss der Kaliumdüngungen auf die Kartoffelerträge war während der trockenen Jahre gross, auf das Unterwassergewicht der Knollen war er klein. Dieser Einfluss war auf den K_2O -Gehalt der Knollen klein. Diese Tatsachen zeigen, dass die Verfügbarkeit des Kaliums im Boden während der Trockenjahre kleiner wird.

Der positive Einfluss der Kaliumdüngungen auf die Weizenenerträge (Körner) war am grössten im Laufe der trockenen Jahre. Während der feuchten Jahre konnte man beobachten, dass hohe Kaliumgaben einen niederdrückenden Einfluss auf die Erträge ausüben. Dieser Vorgang zeigt, dass die Verfügbarkeit des Kaliums im Boden in den feuchten Jahren grösser ist.

Was das Kanariengras betrifft, konnte man eine grosse K_2O -Gehaltszunahme im Stroh nach der Anwendung von Kaliumdünger in feuchten Jahren feststellen.

Man konnte keine gesicherte Korrelation in den Puffbohnen- (*Vicia-faba*-) Kulturen feststellen.

Der Einfluss der Wetterverhältnisse auf die Reaktion zum Kalium ist wahrscheinlich grösser bei der Keimung und den ersten Wachstumsstadien der Pflanzen. Bei den späteren Wachstumsstadien ist der Einfluss des Kaliums klein.

Schrifttum

1. DIJKSHOORN, W., und 't HART, M. L.: Neth. J. Agr. Sci. 5, S. 18 (1957)
2. FERRARI, TH. J.: Versl. landb. Onderz. 's-Grav. 58, Nr. 1, 132 (1952)
3. FERRARI, TH. J.: Noch nicht erschienen
4. HOAGLAND, D. R., und BROYER, T. C.: Plant Physiol. 11, S. 471 (1936)
5. KEMP, A., und 't HART, M. L.: Neth. J. Agr. Sci. 5, S. 4 (1957)
6. LARSON, W. E.: Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18, S. 313 (1954)
7. PAAUW, F. VAN DER: Trans. Intern. Congr. Soil Sci. Amsterdam I, S. 232 (1950)
8. POST, J. J.: Kon. Ned. Meteorol. Inst. Mededel. Verhandl. Serie A, Nr. 55 's-Gravenhage (1949)
9. RICHARDS, S. A., und WADLEIGH, C. H.: Agronomy. A series of monographs, II, S. 203, New York 1952
10. RUSSELL, J.: Ernähr. Pflanze 24, S. 258 (1928)
11. RUSSELL, E. J., und WATSON, D. J.: Emp. J. exp. Agric. 6, S. 293 (1938)
12. SCHUFFELEN, A. C., und MIDDELBURG, H. A.: Neth. J. Agr. Sci. 1, S. 97 (1953)
13. SCHUFFELEN, A. C.: Potassium Symposium 1954, S. 169