Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 76 (1966)

Artikel: Aufnahme von Strontium durch höhere Pflanzen in Mischkultur

Autor: Läuchli, André

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-53572

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Aufnahme von Strontium durch höhere Pflanzen in Mischkultur

Von *André Läuchli*

Aus dem Botanischen Institut der Universität Basel

Manuskript eingegangen am 8. Juni 1966

Einleitung

Stoffwechselphysiologische Untersuchungen werden gewöhnlich an Einzelkulturen durchgeführt. In der Natur aber leben die verschiedensten Arten höherer Pflanzen zusammen; auch können ihre Wurzelsysteme mit Bodenmikroorganismen vergesellschaftet sein. Zwischen den Individuen einer Pflanzengesellschaft treten sowohl hemmende als auch fördernde Beeinflussungen auf.

Die gegenseitige Beeinflussung von Pflanzen kann verschiedene Ursachen haben (Rademacher, 1959): Sie kann einmal indirekt durch Konkurrenzierung in den Wachstumsbedingungen zustande kommen, vor allem durch Konkurrenz um Raum, Wasser, Nährstoffe und Licht. Die Beeinflussung kann auch von der Ausscheidung von Stoffwechselprodukten in das Substrat und Wirkung derselben auf benachbarte Individuen herrühren (Allelopathie).

Bei höheren Pflanzen wird meist nur die gegenseitige Beeinflussung des Wachstums untersucht. Winter (1961) hat dagegen die Forderung gestellt, es sollten primär die möglichen Veränderungen des physiologischen und biochemischen Zustands der Partner abgeklärt werden. Aus den wenigen Untersuchungen in dieser Richtung geht hervor, dass die Ursache für die Beeinflussung oft eine Konkurrenz um Nährstoffe ist.

Die Hemmung des Wachstums von Klee durch bestimmte Gräser beruht mindestens zum Teil auf einer Konkurrenz um die Nährionen Kalium (Blaser und Brady, 1950, Gray et al., 1953) und Nitrat (Walker et al., 1956). Der Hafer weist eine höhere Kalium- und Phosphataufnahme auf als die Luzerne (Lambert und Linck, 1964); dies kann in Mischkultur zu vermindertem Wachstum der Luzerne führen. Der schädigende Einfluss von Unkräutern auf Getreidearten ist beim Mais vor allem auf eine Konkurrenz um Kalium und Nitrat zugunsten der Unkräuter zurückzuführen (Vengris et al., 1955).

Weniger bekannt sind fördernde Beeinflussungen zwischen höheren Pflanzen. Virtanen (1935) hat festgestellt, dass Leguminosenknöllchen

Aminosäuren ausscheiden. Diese werden von benachbarten Getreidearten als Stickstoffquelle ausgenützt, besonders in stickstoffarmen Böden.

Im Rahmen von Arbeiten über die Strontiumaufnahme durch Pflanzen konnte Frei (1963) zeigen, dass Bodenpilze die Strontiumaufnahme durch Mais hemmen. Die Aufnahmehemmung kommt durch die Ausscheidung von Antibiotika durch die Pilze in das Substrat zustande. Vergleicht man die Strontiumaufnahme durch Mais und *Pisum*, so zeigt Mais eine wesentlich höhere Aufnahme (Läuchli, 1962). Es werden nun Versuche über die Aufnahme von Strontium durch Mais und *Pisum* in *Mischkultur* beschrieben; auf die Ergebnisse wurde bereits früher kurz hingewiesen (Läuchli, 1965 b).

Methode

Zea Mays, Sorte «Saatmais Ohio M 34», und *Pisum sativum*, Sorte «Markerbsen Senator», dienten als Versuchspflanzen.

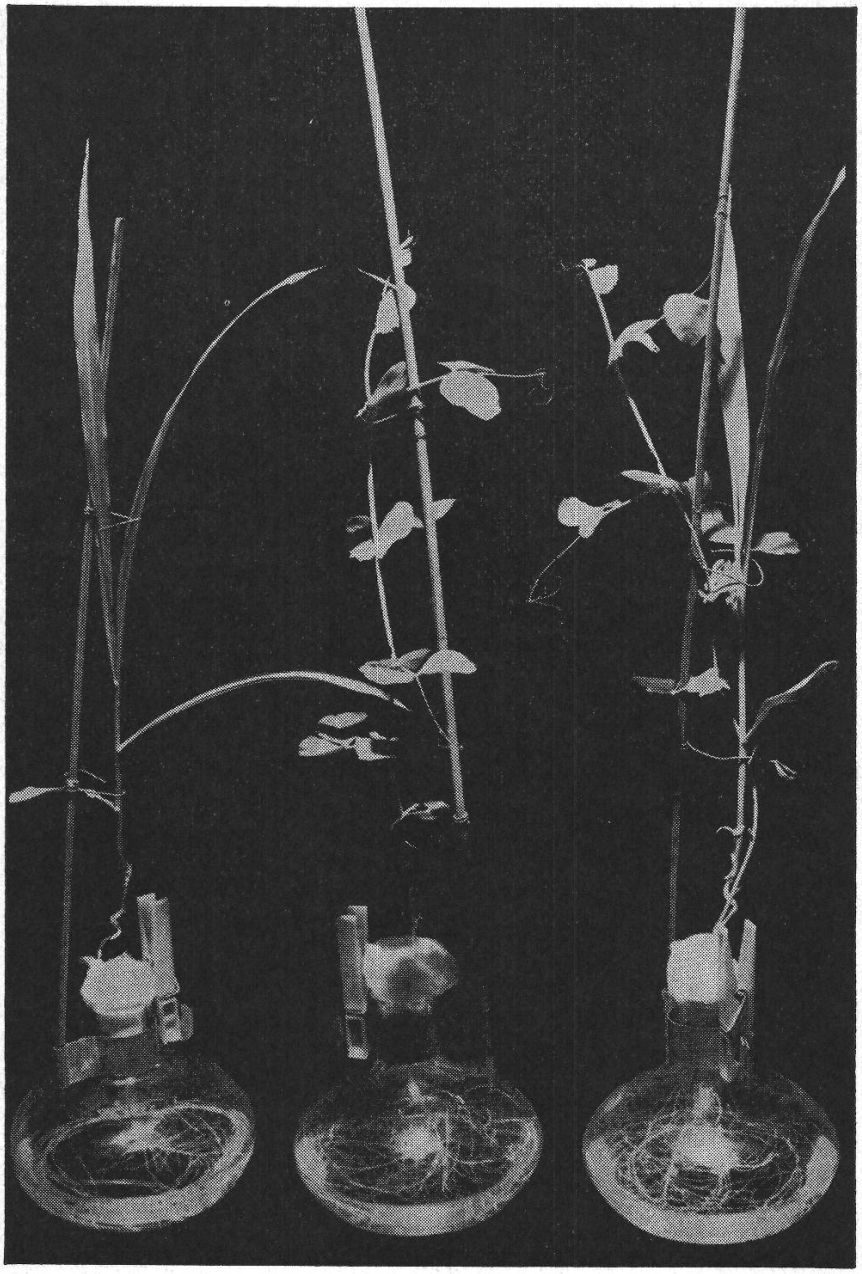
Die *Aufzucht* erfolgte im Prinzip nach der bei Bürgin-Wolff (1959) beschriebenen aseptischen Methode, um mögliche Beeinflussungen durch Mikroorganismen auszuschliessen. Maiskaryopsen wurden mit Bromwasser 1:500 während 2 Stunden desinfiziert, Erbsensamen mit Bromwasser 1:700 während 1¾ Stunden; die Quellung erfolgte während 24 Stunden in durchlüftetem Leitungswasser. Anschliessend wurden die Samen in Keimröhrchen im Dunkeln gekeimt (Mais: 4 Tage bei 28 °C; *Pisum*: 7 Tage bei 25 °C). Für die Versuche wurden die Keimlinge einzeln und in Mischkultur zu zweit auf Fernbachkolben in Knop-Nährlösung mit erhöhtem Eisengehalt (10 mg $FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$/l) und variierter Strontiumkonzentration gesetzt. Die Kultivierung erfolgte im Versuchsgewächshaus während 20 Tagen. Pro Bedingung wurden je 10 Parallelkulturen angesetzt.

Die Aufarbeitung des Materials ist bereits früher beschrieben worden (Läuchli, 1962, S. 152 ff.), ebenso die flammenphotometrische Bestimmung des Strontiums (Frei, 1963, S. 28 ff.).

Statistische Auswertung: Die Resultate wurden mit dem t-Test (Fisher, 1946, S. 122 ff.) statistisch gesichert; Signifikanz wurde für $p < 0{,}01$ angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Das Wachstum der Versuchspflanzen in Mischkultur verhält sich gleich wie in Einzelkultur (Fig. 1). Dies geht auch aus dem Vergleich der Werte von Tabelle 1 hervor.



Figur 1

Zea Mays und *Pisum sativum* in Einzel- und Mischkultur (20 Tage Kultivierung in modifizierter Knop-Nährlösung)

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse für die Strontiumaufnahme: Beim Mais sind einzelne Unterschiede zwischen Einzel- und Mischkultur zu erkennen, doch sind die Werte grossen Schwankungen unterworfen und nicht signifikant verschieden. Dagegen ist bei *Pisum* der Strontiumgehalt in der Mischkultur im allgemeinen erhöht; Wurzel und Spross verhalten sich nicht bei allen Strontiumkonzentrationen gleich.

Ein Vergleich der pH-Änderungen der Nährlösung durch Kultivierung von Einzel- bzw. Mischkulturen ergab ebenfalls Unterschiede (Fig. 2). Bei einem Anfangs-pH von 4,1 stieg das pH bei Einzelkulturen von Mais

Tabelle 1

Wachstum von *Zea Mays* und *Pisum sativum* in Einzel- und Mischkultur
Kultivierung: 20 Tage

Pflanze	Organ	Längenwachstum in cm		Trockengewicht in g	
		Einzelkultur	Mischkultur	Einzelkultur	Mischkultur
Zea Mays	Wurzel	45,5	45,2	0,094	0,092
	Spross	57,2	62,1	0,268	0,271
	Pflanze	102,7	107,3	0,362	0,363
Pisum sativum	Wurzel	25,9	20,9	0,033	0,030
	Spross	28,9	28,6	0,103	0,102
	Pflanze	54,8	49,5	0,136	0,132

und bei Mischkulturen in 20 Tagen auf etwa 6,5 an, bei Einzelkulturen von *Pisum* blieb es praktisch konstant. Der pH-Wert nitrathaltiger

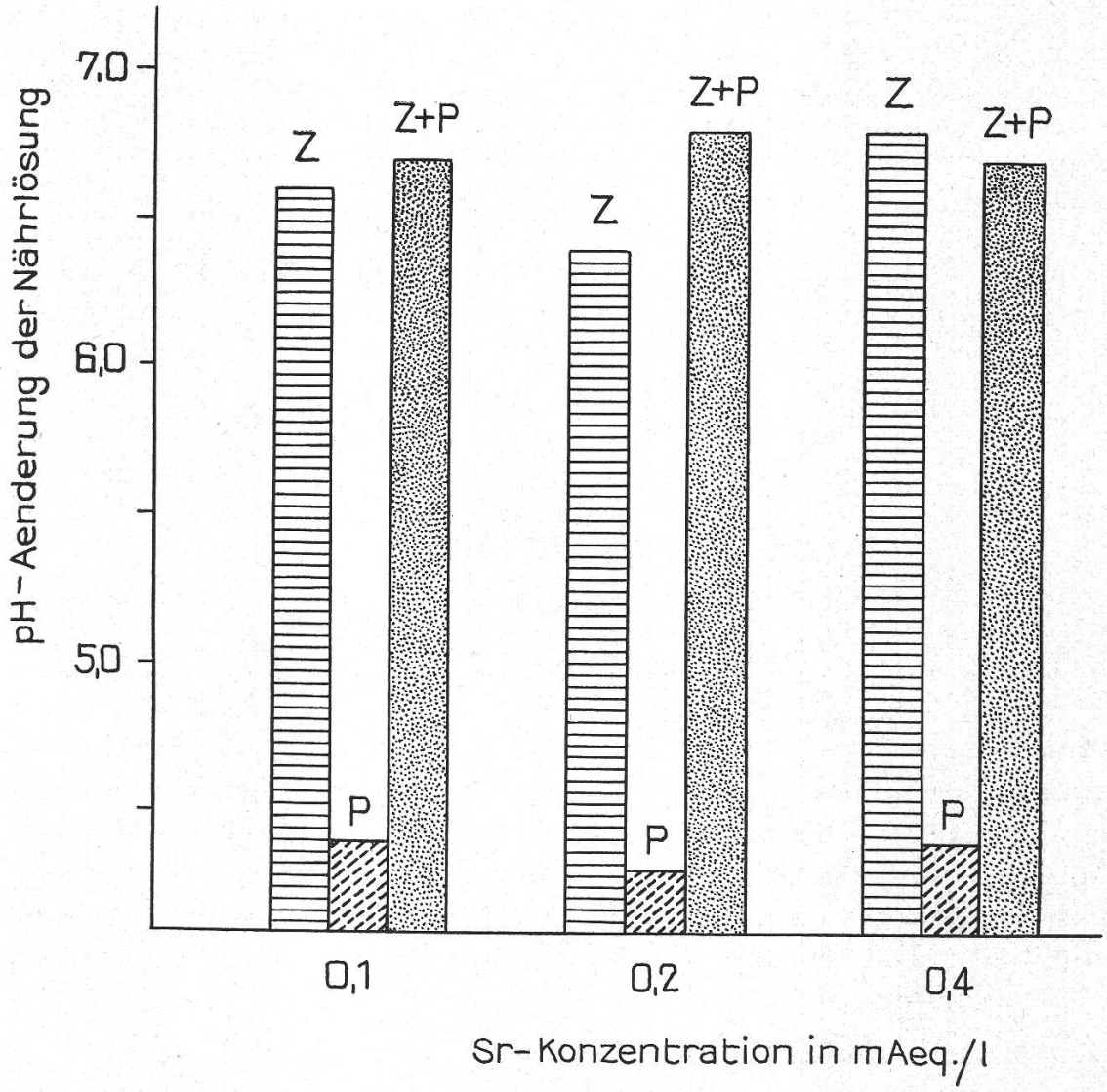
Tabelle 2

Strontiumaufnahme durch *Zea Mays* und *Pisum sativum* aus Nährlösungen in Einzel- und Mischkultur
Versuchsdauer: 20 Tage

Pflanze	Anfangskonzentration an Sr: mÄq./l	Organ	Sr-Gehalt in γ		Sr-Gehalt pro Trockengew.: γ/g	
			Einzelkultur	Mischkultur	Einzelkultur	Mischkultur
Zea Mays	0,1	Wurzel	105	117	1106	1103
		Spross	97	94	338	274
		Pflanze	202	211	529	469
	0,2	Wurzel	(317)	198	(3410)	2250
		Spross	150	164	521	586
		Pflanze	(467)	362	(1226)	983
	0,4	Wurzel	318	289	3380	3140
		Spross	274	454	1008	1677
		Pflanze	592	743	1637	2047
Pisum sativum	0,1	Wurzel	9	8	273	320
		Spross	11	28	102	280
		Pflanze	20	36	142	288
	0,2	Wurzel	14	16	389	516
		Spross	38	66	349	681
		Pflanze	52	82	358	641
	0,4	Wurzel	15	26	454	866
		Spross	117	83	1137	814
		Pflanze	132	109	971	826

Nährlösungen kann durch Abgabe von OH-Ionen aus den Wurzeln nach Nitrataufnahme ansteigen (Mengel, persönliche Mitteilung). Andererseits werden die Kationen zum Teil im Austausch gegen Wasserstoffionen aufgenommen. Der pH-Anstieg in den Nährlösungen der Maispflanzen deutet auf eine intensive Nitrataufnahme durch diese Pflanze hin, bei *Pisum* dürfte dies weniger der Fall sein.

Infolge dieser unterschiedlichen pH-Verschiebungen sind die Bedingungen der Strontiumaufnahme für *Pisum* in Einzel- und Mischkultur ver-



Figur 2

pH-Änderung der Nährlösung durch Kultivierung von *Zea Mays* und *Pisum sativum* in Einzel- und Mischkultur

Anfangs-pH der Nährlösung: 4,1

Kultivierung: 20 Tage

Z: Einzelkultur *Zea Mays*

P: Einzelkultur *Pisum sativum*

Z+P: Mischkultur

schieden. Es ist naheliegend, die erhöhte Aufnahme durch *Pisum* in Mischkultur mit der pH-Änderung der Nährlösung in Zusammenhang zu bringen. Zur Prüfung dieser Hypothese wurde die Aufnahme von Strontium durch die Versuchspflanzen bei einem Anfangs-pH von 4,0 und 6,5 untersucht. Nach 7 und 14 Tagen Kultivierung wurden die Nährlösungen mit $n/10$ HCl bzw. $n/10$ NaOH auf die anfänglichen pH-Werte eingestellt, wodurch das pH einigermassen konstant blieb (Näheres siehe Tab. 3).

Tabelle 3

Zea Mays und *Pisum sativum:* Wasserstoffionen-Konzentrationsänderungen der Nährlösung bei verschiedenem Anfangs-pH

Die modifizierte Knop-Nährlösung (pH = 4,1) wurde mit $n/10$ HCl auf ein Anfangs-pH von 4,0 und mit $n/10$ NaOH auf ein Anfangs-pH von 6,5 eingestellt. Nach 7 und 14 Tagen Kultivierung wurden die Nährlösungen in den Versuchskolben auf ihr Anfangs-pH zurücktitriert

Kultivierung: 20 Tage

Anfangs-pH	Kulturbedingung	End-pH	pH-Änderung
4,0	Einzelkultur *Zea Mays*	5,3	+1,3
	Einzelkultur *Pisum sativum*	4,2	+0,2
	Mischkultur	5,4	+1,4
6,5	Einzelkultur *Zea Mays*	5,9	—0,6
	Einzelkultur *Pisum sativum*	6,0	—0,5
	Mischkultur	6,0	—0,5

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass Mais bei beiden pH-Werten gleich viel Strontium aufnimmt, *Pisum* aber wesentlich mehr bei pH 6,5 als bei pH 4,0. Unterschiedliche Strontiumgehalte bei Einzel- und Mischkulturen von *Pisum* sind nur bei pH 4,0 in der Wurzel erkennbar und dürften durch den pH-Anstieg in der Nährlösung der Mischkultur auf über pH 5 bedingt sein. Die Strontiumaufnahme durch *Pisum* ist also vom pH der Nährlösung abhängig.

Bei Mais ist die Strontiumaufnahme unabhängig vom pH-Wert der Nährlösung. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Strontium in den Maiswurzeln in hohem Masse aktiv akkumuliert wird (Läuchli, 1965 a). Wird Strontium den Maispflanzen jedoch über die Blätter zugeführt, so ist die Aufnahme aus sauren Lösungen höher als aus neutralen bis schwach alkalischen (Sudia und Linck, 1961).

Aus den Resultaten muss auf Ionenkonkurrenz zwischen Mais und *Pisum* in Mischkultur geschlossen werden. Wir haben hier ein Beispiel dafür, dass das Nährsubstrat durch die Wurzelaktivität des einen Part-

Tabelle 4

Einfluss der Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung auf die Strontiumaufnahme durch *Zea Mays* und *Pisum sativum*

Anfangskonzentration an Sr: 0,1 mÄq./l

Versuchsdauer: 20 Tage

Pflanze	Organ	Anfangs-pH	Sr-Gehalt in γ		Sr-Gehalt pro Trockengew.: γ/g	
			Einzel-kultur	Misch-kultur	Einzel-kultur	Misch-kultur
Zea Mays	Wurzel	4,0	26	26	578	541
		6,5	20	23	476	575
	Spross	4,0	32	39	205	265
		6,5	31	31	220	217
	Pflanze	4,0	58	65	288	334
		6,5	51	54	279	295
Pisum sativum	Wurzel	4,0	0[1]	1,0	0[1]	40
		6,5	1,5	1,4	54	50
	Spross	4,0	5,8	7,2	104	106
		6,5	14	19	203	244
	Pflanze	4,0	5,8	8,2	73	88
		6,5	15,5	20,4	160	192

[1] Sr-Gehalt unter der Grenze der Nachweisbarkeit

ners so verändert werden kann, dass der Stoffwechsel des andern beeinflusst wird, nicht aber das Wachstum.

Eine Konkurrenz um lebensnotwendige Stoffe zwischen höheren Pflanzen ist meistens mit einer Beeinflussung des Wachstums gekoppelt und verdient daher auch ein gewisses ökologisches Interesse.

Zusammenfassung

Es wurde die Strontiumaufnahme durch *Zea Mays* und *Pisum sativum* in Einzel- und Mischkultur untersucht. Mais nimmt bei beiden Kulturbedingungen etwa gleich viel Strontium auf, *Pisum* in Mischkultur mehr als in Einzelkultur. Die erhöhte Aufnahme durch *Pisum* in Mischkultur ist durch den Anstieg des pH-Wertes der Nährlösung von anfänglich pH 4,1 auf etwa pH 6,5 bedingt. Ein entsprechender pH-Einfluss ist bei Mais nicht feststellbar.

Die Ergebnisse stellen einen Fall von Ionenkonkurrenz zwischen höheren Pflanzen dar.

Summary

The uptake of strontium by single and mixed cultures of *Zea Mays* and *Pisum sativum* was investigated. There are no differencies between the two culture conditions for maize, but the uptake by *Pisum* is higher in mixed than in single cultures. This increased uptake of strontium comes from the change of pH in the culture solution from pH 4.1 to about pH 6.5. No similar influence of pH is found for maize.

The results represent a case of ion competition between higher plants.

Ich danke Herrn Prof. M. Geiger-Huber für sein Interesse an dieser Arbeit und Fräulein E. Rudin und Herrn cand. phil. P. Schudel für ihre Mithilfe bei den Versuchen.

Literatur

Blaser R.E. und N.C. Brady. 1950. Nutrient competition in plant associations. Agron. J. **42**, 128–135.

Bürgin-Wolff A. 1959. Untersuchungen über die Infektion von Wurzeln durch Knöllchenbakterien. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **69**, 75–111.

Fisher R.A. 1946. Statistical methods for research workers. Oliver and Boyd, London, Edinburgh.

Frei P. 1963. Die Aufnahme von Strontium durch *Zea Mays* L. in Mischkultur mit Bodenpilzen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **73**, 21–57.

Gray B., M. Drake und W.G. Colby. 1953. Potassium competition in grass-legume associations as a function of root cation exchange capacity. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **17**, 235–239.

Läuchli A. 1962. Über die Aufnahme von Strontium durch höhere Pflanzen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **72**, 147–197.

— 1965 a. Ionentransport durch Wurzeln intakter Keimpflanzen von *Zea Mays* L. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **75**, 5–19.

— 1965 b. Stoffwechselphysiologisches Verhalten höherer Pflanzen in Mischkultur. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. **145**, 109–110.

Lambert R.G. und A.J. Linck. 1964. Comparison of the uptake of P^{32} and K^{42} by intact alfalfa and oat roots. Plant Physiol. **39**, 920–924.

Mengel K. Persönliche Mitteilung.

Rademacher B. 1959. Gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen. Handb. d. Pflanzenphysiol. **11**, 655–706. Springer, Berlin.

Sudia T.W. und A.J. Linck. 1961. The effect of pH on the absorption of Sr^{89}, P^{32} and Fe^{59} ions by leaves of *Zea Mays*. Ohio J. Sci. **61**, 107–112.

Vengris J., W.G. Colby und M. Drake. 1955. Plant nutrient competition between weeds and corn. Agron. J. **47**, 213–216.

Virtanen A.I. 1935. Die Wechselbeziehungen zwischen Leguminosen und Nichtleguminosen bezüglich der Stickstoffernährung. Proc. 6th Int. Bot. Congr. **2**, 3–5.

Walker T.W., A.F.R. Adams und H.P. Orchiston. 1956. Fate of labelled nitrate and ammonium nitrogen when applied to grass and clover grown separately and together. Soil Sci. **81**, 339–351.

Winter A.G. 1961. New physiological and biological aspects in the interrelationships between higher plants. Symp. Soc. exp. Biol. **15**, 229–244.