

Aus dem Landwirtschaftlich-Chemischen Institut
und dem Institut für Acker- und Pflanzenbau
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

WILHELM RÖMER und HEINZ DOLZMANN

Untersuchungen über die gerichtete P-Verlagerung und den P-Umsatz bei Hopfen (*Humulus lupulus* L.) mit Hilfe ^{32}P -markierter Substanzen

Eingegangen: 7. 12. 1967

1. Problemstellung

Es ist bekannt, daß das Zentrum intensiven Wachstums in der Pflanze eine attraktive Kraft auf mobile Substanzen wie Kohlenhydrate (THAINE et al., 1959; WANNER und BACHOFEN, 1961; BACHOFEN, 1962; HALE und WEAVER, 1962; STÖY, 1963; JOY, 1964) und lösliche Stickstoffverbindungen ausübt (WILLIAMS, 1955; SCHALLDACH, 1965; FAUST, 1965). Dadurch kommt eine transpirationsunabhängige, gerichtete und stoffwechselabhängige Wanderung dieser Stoffe in die jeweils wachsenden Teile zustande. Die genannte Tendenz gilt auch für den Phosphor, wenn er der Pflanze als Orthophosphat verabreicht wird bzw. wenn er bereits eingebaut in ihr vorliegt (LINCK und SWANSON, 1960; WANNER und BACHOFEN, 1961; KLEIN, 1965; HUSAIN und LINCK, 1966; SMITH und WAREING, 1966; WURL, 1967). Auf Grund der dargelegten Tatsachen kann man die Wanderungsrichtung von ^{32}P als Indikator für die Stoffwechsel- und Wachstumsintensität der Empfängerorgane benutzen, sofern die Pflanze den Nährstoff als Orthophosphat zugeführt bekommt. Eine solche Fragestellung ist beispielsweise für den Hopfen interessant. Es erscheint notwendig zu wissen, ob bei eintretender Reife noch merkliche Mengen Baustoffe aus den oberirdischen Teilen in die Wurzeln verlagert werden, etwa im Sinne einer Verschiebung des Stoffattraktionszentrums in diese Organe. Frühere Befunde DOERRELLS (1931) lassen dies möglich erscheinen. In einem solchen Falle könnte der Einsatz von Hopfenpflückmaschinen zu Ertragsrückgängen im nächsten Jahr führen, weil bei ihrer Verwendung alle oberirdischen Teile vor der Ernte abgeschnitten werden müssen, so daß der Stoffrücktransport unterbunden wird. Bei anderen Ernteverfahren bleiben die oberirdischen Teile demgegenüber noch mehrere Wochen am Wurzelstock.

Auf der Grundlage dieser Überlegungen wurde ^{32}P -markiertes Orthophosphat an Hopfenpflanzen einerseits im Jugendstadium, zum anderen zur Zeit der Pflückreife verabreicht, und zwar über halbhoch inserierte Blätter. Die Verlagerungsrichtung des ^{32}P sollte Auskunft über die fraglichen Zusammenhänge geben.

2. Material und Methoden

2.1. Material

Als Versuchspflanzen standen Klone des Stammes 69 in der Hopfenversuchsanlage Jena-Wöllnitz des Instituts für Acker- und Pflanzenbau der Friedrich-Schiller-Universität Jena zur Verfügung. Sämtliche Versuche wurden mit ihnen durchgeführt, und zwar unter Freilandbedingungen.

2.2. Versuchsdurchführung

2.2.1. ^{32}P -Zugabe zur Zeit des Frühjahrswachstums

Die Behandlung fand an 4 Hopfenstöcken im Mai statt. Von diesen waren jeweils 2 Reben (Stengel), die etwa die gleiche Größe hatten (1,66 m Länge) und sich im 9-Blatt-Stadium befanden, an einem Draht angeleitet. Ein Blatt des dritten Blattpaares (von unten gezählt) aller 8 Reben wurde in eine 20-ml-Glasküvette eingeführt, die in entsprechender Höhe angebracht worden war. Sie enthielt $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$ -Lösung mit einer spezifischen Aktivität von $2,6 \cdot 10^6$ Imp./min \cdot 4 mg P, gemessen mit einem Flüssigkeitszählrohr des VEB Vakutronik. Die Pflanzen waren aus Sicherheitsgründen von einem Mantel aus durchsichtiger PVC-Folie umgeben. Aus ihm ragten lediglich die Pflanzenspitzen heraus, um ein normales Wachstum zu gewährleisten. Die ^{32}P -Behandlung dauerte 5 Tage. Nach dieser Zeit hatten die Pflanzen eine Länge von 2,37 m erreicht (tägliches Wachstum rd. 14 cm). Bei der Ernte wurden sie in folgender Weise fraktioniert:

Hauptwurzeln¹, Sommerwurzeln¹, unterirdische Sprosse¹, 1., 2., 3., 4. + 5., 6. + 7., 8. + 9. Blattpaar bzw. Stengelsegment² sowie Pflanzenspitze. Das ^{32}P -behandelte Blatt des 3. Paares ist verworfen worden.

2.2.2. ^{32}P -Zugabe zur Zeit der Pflückreife

Anfang September wurden 6 Reben (von 6 verschiedenen Hopfenstöcken stammend) aus ihrer üblichen Aufhängung gelöst und flach auf den Boden gelegt. Von drei dieser Reben sind die Zapfen³ gepflückt worden. Danach erfolgte die ^{32}P -Behandlung. Jeweils 4 aufeinanderfolgende Blätter in der Mitte der Reben tauchten in 1-l-Bechergläser, die mit einer 0,03%igen $\text{KH}_2^{32}\text{PO}_4$ -Lösung gefüllt waren (spez. Aktivität: 10^6 Imp./min \cdot 62 mg P, gemessen wie unter 2.2.1.). Eine durchsichtige PVC-Folie schützte die Pflanzen vor Witterungsunbilden. Die Behandlung dauerte 7 Tage. Danach wurden die eintauchenden Blätter entfernt und verworfen sowie die ca. 7 m langen Pflanzen in 1-m-Teilstücke zerschnitten. Stengel, Blätter und Zapfen sind getrennt geerntet worden, wobei die Seitentriebe in die jeweiligen Fraktionen eingingen. Von den unterirdischen Pflanzenteilen (Sprosse, Hauptwurzeln, Sommerwurzeln) konnten nur Anteile erfaßt werden.

2.3. Analytische Verarbeitung des Erntegutes

Die analytische Verarbeitung hatte das Ziel, an Hand der radiometrisch ermittelten ^{32}P -Verteilung in der Pflanze Aufschluß über die Wanderungsrichtung der applizierten Substanzen zu erhalten. Die Proben wurden folgendermaßen auf die Radioaktivitätsmessung vorbereitet:

¹ Nur Anteile erfaßt

² Das jeweilige Stengelsegment umfaßt den Abschnitt vom Blattansatz nach oben und unten bis zur Hälfte des Abstandes zum nächsten Blattpaar

³ Zapfen = Fruchtstand des Hopfens zur technischen Reife

Trocknung bei 65°C, Bestimmung der Trockenmasse, Mahlen und Veraschen aliquoter Anteile bei 600°C, 2 × Abrauchen mit 1:1,5 verdünnter HNO₃ auf dem Wasserbad (zum Abscheiden des SiO₂), Aufnehmen mit verdünnter HNO₃, heiß Filtrieren und Auffüllen mit destilliertem Wasser. Die Ermittlung der Radioaktivität in der Aschelösung erfolgte sodann mittels eines Flüssigkeitszählrohrs. Die Meßzeit betrug 10 min je Probe, der relative Meßfehler entsprach 10%. Die Meßergebnisse wurden zunächst in die ³²P-Konzentration je Trockensubstanzeinheit (= Imp. je Minute und g Trockensubstanz) umgerechnet. Dieser Wert stellt ein Maß für die Anreicherung eines Organs mit ³²P dar. Außerdem sind die Gesamtpulsraten je Organ ermittelt worden, weil sie als Grundlage für das Erkennen der Hauptwanderungsrichtung dienen müssen. Sind ³²P-Konzentration und Gesamt-³²P-Menge in einer bestimmten Richtung vom Applikationsort aus gestaffelt, so kann ein gerichteter ³²P-Transport dorthin als erwiesen gelten. Der radioaktive Zerfall wurde bei allen Rechnungen berücksichtigt.

3. Ergebnisse

3.1. ³²P-Zugabe zur Zeit des Frühjahrswachstums

Der Verteilungsmodus des ³²P in der Pflanze wird für den Fall der Frühjahrsanwendung aus Tabelle 1 ersichtlich.

Mit auffällender Deutlichkeit erkennt man eine starke Anreicherung von ³²P (je g Trockensubstanz und absolut) im obersten Teil der Pflanze, besonders in den jungen Blättern. In den unteren Blättern findet sich kaum Radioaktivität. Im Stengel ist die gleiche Tendenz zu beobachten. Die Radioaktivität des Stengels über der Applikationsstelle wächst zur Spitze progressiv, aber darunter wird sie

Tabelle 1

³²P-Konzentration in der Trockensubstanz (Imp./min · g Trockensubstanz) und Gesamt-³²P-Gehalt (Imp./min) im Mittel von 4 Parallelpflanzen (8 behandelte Reben)*

Fraktionen	Imp./min g Tr.-S.			Gesamt-Imp./min
Spitze	4738			1128
8. + 9. Blattpaar	1419			978
6. + 7. Blattpaar	237			495
4. + 5. Blattpaar	42	GD _{1%}	1223	125
3. Blatt**	14	GD _{5%}	915	7
2. Blattpaar	12			8
1. Blattpaar	1			0
<hr/>				
8. + 9. Stengelsegment	382			600
6. + 7. Stengelsegment	120			239
4. + 5. Stengelsegment	77	GD _{1%}	242	140
3. Stengelsegment (Behandlungsstelle)	426	GD _{5%}	181	348
2. Stengelsegment	77			51
1. Stengelsegment	80			54
Stengelrest	29			14
<hr/>				
SO-Wurzel	0			0
Hauptwurzel	0			0

* Von jeder Analysensubstanz wurden Doppelbestimmungen durchgeführt, deren Mittelwert die Grundlage der Berechnung bildete

** Dem behandelten Blatt gegenüberstehend

immer geringer, und in der Wurzel konnte kein ^{32}P gefunden werden. Daraus läßt sich schließen, daß in diesem frühen Vegetationsstadium der Phosphattransport streng apikal gerichtet abläuft.

3.2. ^{32}P -Zugabe zur Zeit der Pflückreife

Bei der Variante mit ^{32}P -Verabreichung im Sommer erhebt sich zunächst die Frage, ob das Abschneiden der Zapfen einen Einfluß auf die ^{32}P -Aufnahme gehabt hat. Die Antwort ergibt sich aus den Zahlen der Tabelle 2, in der die Gesamtimpulsraten je Pflanze wiedergegeben sind.

Tabelle 2

Gesamtradioaktivität (Imp./min)*

Pflanzen	Nr.	Zapfen	Blätter	Stengel	Summe	Mittelwert der Summe $\pm m^{**}$
mit Zapfen	I	1530	2679	5668	9877	7212 \pm 1334
	II	325	1420	3995	5740	
	III	306	1679	4035	6020	
Zapfen entfernt	IV	—	2137	6144	8281	8526 \pm 1708
	V	—	1475	4219	5694	
	VI	—	3079	8524	11603	

* Jeder Einzelpflanzenwert setzt sich aus zwei gut übereinstimmenden Parallelanalysen zusammen

$$** m = \pm \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Man erkennt, daß der ^{32}P -Gehalt in den Pflanzen der beiden Varianten individuell stark streut, aber nicht gesichert durch den Prüffaktor beeinflusst wird. Demzufolge hat das Abschneiden der Zapfen keine nachweisbare Auswirkung auf die Phosphataufnahme gehabt.

Wichtiger im vorliegenden Zusammenhang erscheint jedoch die Ermittlung der ^{32}P -Verteilung innerhalb der Pflanze. Diese ist teilweise schon aus Tabelle 2, besser jedoch aus Tabelle 3 zu ersehen, in der die ^{32}P -Konzentrationen der Erntefraktionen angegeben sind. Ein Vergleich der einander entsprechenden Fraktionen in Tabelle 3 ergibt, daß der Verteilungsmodus in beiden Varianten der gleiche ist und daß die Zapfen ohne Einfluß sind. Somit erscheint es gerechtfertigt, die Zahlen der beiden Varianten zu Mittelwerten zusammenzufassen.

Diese wie auch die Einzelergebnisse zeigen, daß die im Applikationsbereich (4. m) vorhandenen Pflanzenteile die größte ^{32}P -Konzentration besitzen. In den Fraktionen oberhalb dieser Zone nimmt die Impulsrate je Trockensubstanzeinheit sowohl im Stengel als auch in den Blättern und Zapfen rasch ab, wobei die Zapfen nicht die ^{32}P -Konzentrationen der Blätter erreichen. Die Teile unterhalb des Applikationsortes verhalten sich demgegenüber anders. Vor allem beinhalten die zu betrachtenden Stengelabschnitte (5. — einschl. 7. m) gesichert mehr ($P = 5\%$) ^{32}P je Trockensubstanzeinheit als die besprochenen oberen Fraktionen, und es ist auch keine abfallende Tendenz mit wachsender Entfernung von der behandelten Stelle zu bemerken. Im Gegenteil, es sieht so aus, als ob insbesondere die Sommerwurzeln die Zielorte des ^{32}P wären, da dort merkliche Mengen an Radioaktivität

Tabelle 3
³²P-Konzentration der Erntefraktionen von pflückreifem Hopfen in Imp./min · 10 g Trockensubstanz

Fraktionen von 1 m Länge von Spitze abwärts	mit Zapfen*	ohne Zapfen*	Mittelwert aus mit und ohne Zapfen	
Zapfen Spitze	59	—	59	
2. m	62	—	62	
3. m	92	—	92	
4. m (behandelt)	428	—	428	
Blätter Spitze	84	112	94	
2. m	123	134	128	
3. m	189	148	168	GD _{5%} = 84
4. m (behandelt)	464	441	453	
5. m	82	62	72	
6. —7. m	—	—	—	(Blätter vor Beginn des Versuchs abgefallen)
Stengel Spitze	85	85	85	
2. m	95	101	98	
3. m	158	145	152	
4. m (behandelt)	855	664	759	GD _{5%} = 118
5. m	243	204	269	
6. m	320	387	353	
7. m	237	334	285	
Hauptwurzel	70	93	83	
Sommerwurzel	255	191	224	GD _{1%} = 131
unterird. Sproßteile	74	110	93	

* Mittelwert von je 3 Hopfenstöcken (vgl. 2.2.2.); der Wert für jede Einzelpflanze setzt sich aus zwei gut übereinstimmenden Parallelanalysen zusammen.

zu finden sind. Der sich daraus ergebende Eindruck einer zur Wurzel gerichteten ³²P-Verlagerung wird durch zwei weitere Befunde verstärkt:

a) Die ³²P-Anreicherung in den Blättern unterhalb der Applikationsstelle ist sehr gering, so daß diese Teile nicht als Empfängerorgan in Frage kommen.

b) Eine Zerlegung der im Stengel insgesamt vorhandenen Gesamt-³²P-Mengen in den ober- und unterhalb der Applikationsstelle vorhandenen Anteil ergibt, daß wesentlich größere Mengen unten zu finden sind (Tab. 4), obwohl beide Hälften etwa die gleiche Länge besitzen. Daraus folgt das Vorhandensein eines intensiveren Abwärtstransportes.

Faßt man die dargelegten Ergebnisse zusammen, so läßt sich der Schluß ziehen, daß die Hauptwanderungsrichtung zum Zeitpunkt der Pflückreife basipetal verläuft, wenn auch ein merklicher Teil ³²P in die Organe oberhalb der Applikationsstelle transportiert wird.

Tabelle 4
 Prozentualer Anteil der ³²P-Menge in den Stengelfraktionen
 (ermittelt aus 6 gleichartig behandelten Reben, vgl. 2.2.2.)

oberhalb der Applikationsstelle	16,9 v. H.
im Bereich der Applikations- stelle (4. m)	54,2 v. H.
unterhalb der Applikationsstelle	29,0 v. H.
	GD _{1%} 12,8
	GD _{5%} 9,0

4. Diskussion

Eine Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse der unterschiedlichen Vegetationsstadien zeigt, daß beträchtliche Änderungen im Nährstofftransport im Laufe der Pflanzenentwicklung vonstatten gehen.

Im Frühjahr, bei einer täglichen Längenzunahme von 14 cm, besitzen offenbar die oberen Teile des Sprosses die höchste Stoffwechselrate und damit das stärkste Baustoffaneignungsvermögen. Daher fließt ein klar gerichteter Nährstoffstrom zur Spitze des Sprosses. Die Ergebnisse des Frühjahrsversuches unterstützen damit die Ansichten von WANNER und BACHOFEN (1961) sowie HUSAIN und LINCK (1966), daß eine positive Beziehung zwischen Wachstumsintensität und Baustoffeinlagerung besteht. Sie bestätigen aber auch die Gültigkeit dieses Prinzips für Hopfen.

Anders liegen die Verhältnisse beim pflückreifen Hopfen. Hier ist das oberirdische Wachstum zum Stillstand gekommen. Da außerdem die Blüten unbefruchtet bleiben, gibt es zu dieser Zeit am Sproß keinen Ort mit intensiver Stoffbildung. Nunmehr wird offenbar die Wurzel konkurrenzfähig; denn der ^{32}P -Strom verläuft im wesentlichen nach unten. Dabei läßt sich allerdings nicht entscheiden, ob das Aneignungsvermögen der Wurzel wächst oder ob die Stoffattraktion nur infolge des Abklingens dieser Fähigkeit bei anderen Organen wirksam wird. Auf alle Fälle darf die Verschiebung der Wanderungsrichtung wohl mit einer Verschiebung des Zentrums maximaler Stoffwechselintensität in Zusammenhang gebracht werden. Über die einzelnen Reaktionsketten wie auch über die Wanderungsform des P wird dabei natürlich nichts ausgesagt. Doch lag das nicht in der Zielstellung dieser Arbeit.

Bedeutsam im vorliegenden Zusammenhang dürfte jedoch sein, daß die Hopfenwurzel auch nach der technischen Reife noch merkliche Baustoffmengen aus dem Sproß bekommt. Daher erscheint eine Abtrennung der oberirdischen Teile zu diesem Zeitpunkt nicht von vornherein belanglos. Vielmehr wird im Hopfenbau zu prüfen sein, ob in solchen Fällen — wie sie durch den Einsatz von Hopfenpflückmaschinen auftreten — zusätzliche Maßnahmen (zusätzliche Düngung?) notwendig sind.

Zusammenfassung

An junge, stark wachsende und an pflückreife Hopfenpflanzen wurde ^{32}P -markiertes Orthophosphat über Blätter verabreicht. Die jungen Pflanzen erhielten es über wurzelnahe Blätter, die in der technischen Reife befindlichen (gepflückte und ungepflückte) über Blätter, die in der Sproßmitte inseriert waren. Nach 5 bzw. 7 Tagen wurden die Pflanzen geerntet und in folgende Fraktionen aufgeteilt: Hauptwurzel, Sommerwurzel, unterirdische Sprosse, Stengelsegmente und an ihnen inserierte Blätter bzw. Zapfen unter und über dem Applikationsort. Die ^{32}P -Radioaktivität wurde mit einem Flüssigkeitszählrohr gemessen. Folgende Resultate ergaben sich:

1. In den rasch wachsenden jungen Hopfenpflanzen war der ^{32}P -Transport streng zur Sproßspitze gerichtet. In den Wurzeln wurde keine Radioaktivität gefunden. Das Zentrum des Wachstums fiel daher wie bei anderen Pflanzen mit dem Zielort des P-Stromes zusammen.

2. Bei den pflückreifen Pflanzen wurde der größte Teil des verlagerten ^{32}P im Stengel unterhalb der Applikationsstelle sowie in den Wurzeln gefunden. Offenbar hatte sich das Attraktionszentrum für Nährstoffe zu dieser Zeit in die Wurzeln verlagert. Ein Abschneiden der oberirdischen Pflanzenteile bei der maschinellen Ernte kann daher nicht von vornherein belanglos erscheinen. Es bleibt zu prüfen, ob zusätzliche Düngungsmaßnahmen notwendig werden und den unterbundenen Nährstoffrücktransport ersetzen können.

Резюме

Название работы: Изучение направленного перемещения фосфора и фосфорного обмена у хмеля (*Humulus lupulus* L.) с помощью веществ, содержащих меченый P^{32} . Через листья молодых, сильно растущих и технически зрелых растений хмеля вводился ортофосфат, содержащий P^{32} . В молодые растения ортофосфат вводился через листья, близко расположенные к корням, а в технически зрелые (с собранными и несобранными плодами) он вводился через листья, расположенные в середине побега. Через 5—7 дней растения убирали и делили на следующие фракции: главный корень, летние корни, подземные побеги, отрезки стебля с находящимися на них листьями или шишками, расположенными выше и ниже места нанесения препарата. Радиоактивность P^{32} определялась с помощью жидкостного счетчика. Получены следующие результаты:

1. В быстрорастущих молодых растениях хмеля передвижение P^{32} шло строго в направлении к верхушке побега. В корнях не было обнаружено радиоактивности. Центр роста как и у других растений совпадал поэтому с местом, в которое направлялся поток фосфора.
2. В технически зрелых растениях основная часть перемещенного P^{32} была найдена в стебле, ниже места нанесения препарата, и в корнях. Очевидно центр притяжения питательных веществ к этому времени переместился в корни. Поэтому срезанию надземных частей растений при механизированной уборке следует уделять внимание. Остается проверить, необходимо ли дополнительное удобрение и может ли оно заменить прекратившееся передвижение питательных веществ.

Summary

Title of the paper: Investigations on directional phosphorus displacement and phosphorus conversion in hop (*Humulus lupulus* L.) by use of ^{32}P -labelled substances

^{32}P -labelled orthophosphate was applied via the leaves to young strongly growing and ripe hop plants. The young plants were treated through leaves situated near the roots, while the ripe plants (prior to and after harvest of cones) were treated through leaves inserted in mid-shoot position. The plants were harvested after five or seven days and subdivided into the following fractions: main root, summer root, underground shoots, stalk segments with the leaves or cones, respectively, inserted at them below and above the site of application. A liquid counter tube was used to measure the ^{32}P -radioactivity. The following results were found:

1. In the fast-growing young hop plants, the ^{32}P -transport was directed strictly towards the shoot tip. No radioactivity was detected in the roots. Hence, the centre of growth coincided with the target site of the P-flow, just as in other plants.
2. In the plants ripe for harvest, the greater portion of the displaced ^{32}P was found in the stalk in a position somewhat below the site of application as well as in the roots. The attractive centre for nutrients had obviously shifted to the roots. Therefore, cutting of the overground plant

portions in mechanical harvesting should not be simply considered as negligible. Further studies are required to find out whether additional fertilization is needed to make up for the depression of nutrient feedback.

Literatur

- BACHOFEN, R.: Transport und Verteilung von markierten Substanzen. VII. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 72 (1962), S. 280—285
- DOERRELL, E. G.: Die Düngung des Hopfens. Handb. d. Pflanzenernähr. u. Düng. 2. Bd., Berlin, 1931, S. 770—785
- FAUST, H.: Untersuchungen über Verteilung und Umsatz spät gedüngten Stickstoffs bei *Triticum aestivum* L. und *Hordeum vulgare* L. Jena, Schiller-Univ., Landwirtsch. Fak., Habil.-Schr. 1965
- HALE, Chr. R.; WEAVER, R. J.: The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *vitis vinifera*. Hilgardia 33 (1962), S. 89—131
- HUSAIN, S. M.; LINCK, A. J.: Relationship of apical dominance to the nutrient accumulation pattern in *Pisum sativum* var. Alaska. Phys. Plant. 19 (1966), S. 992—1010
- JOY, K. W.: Translocation in sugar beet. I. Assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ and distribution of materials from leaves. J. exp. Bot. 15 (1964), S. 485—494
- KLEIN, G.: Mineralstoffernährung und Mineralstoffhaushalt des keimenden Maises. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. 108 (1965), S. 19—29
- LINCK, A. J.; SWANSON, C. A.: A study of several factors affecting the distribution of ^{32}P from the leaves of *Pisum sativum*. Plant and Soil 12 (1960), S. 57—68
- SCHALLDACH, I.: Untersuchungen über Stickstoffumsatz und -verwertung bei Leguminosen, durchgeführt mit ^{15}N -markierten Verbindungen bei *Pisum sativum* L. Jena, Schiller-Univ., Landwirtsch. Fak., Diss. 1965
- SMITH, H.; WAREING, P. F.: Apical dominance and the effect of gravity on nutrient distribution. Planta (Berlin) 70 (1966), S. 87—94
- STOY, V.: The translocation of ^{14}C -labelled photosynthetic products from the leaf to the ear in wheat. Physiol. Plantarum 16 (1963), S. 851—866
- THAINE, R.; OVENDEN, St. L.; TURNER, J. S.: Translocation of labelled assimilates in the soy bean. Austr. J. biol. Sci. 12 (1959), S. 349—372
- WANNER, H.; BACHOFEN, R.: Transport und Verteilung von markierten Assimilaten. I. Planta 57 (1961), S. 531—542
- WILLIAMS, R. F.: Redistribution of mineral elements during development. Ann. rev. Plant. Physiol. 6 (1955), S. 25—43
- WURL, G.: Untersuchungen über die Verlagerung von β -Methylmercaptoäthylthiophosphorsäuredimethylester und seiner Oxydations- und Hydrolyseprodukte in *Vicia faba* L. Jena, Schiller-Univ., Landwirtsch. Fak., Diss. 1967

Anschriften der Verfasser

Dipl.-Landw. WILHELM RÖMER
Landwirtschaftlich-Chemisches Institut
der Friedrich-Schiller-Universität Jena
69 Jena, Philosophenweg 14

Dr. HEINZ DOLZMANN
Institut für Acker- und Pflanzenbau
der Friedrich-Schiller-Universität Jena
69 Jena, Am Steiger 3