

# ÜBER DEN EINFLUSS VON ERBSE AUF DIE TROCKEN- SUBSTANZERZEUGUNG VON HAFER IN ERBSE- HAFER-MISCHBESTAND.

ONNI POHJAKALLIO und ARVI SALONEN.

*Pflanzenpathologische Anstalt, Universität Helsinki.*

Eingegangen am 19. 11. 1948

## *Einleitung.*

VIRTANEN (10, 11, 12 usw.) hat nachgewiesen, dass die Leguminosen schon während ihrer Wachstumszeit an die zwischen ihnen wachsenden anderen Pflanzen Stickstoff abgeben; doch ist die Stickstoffexkretion nur unter bestimmten Verhältnissen festgestellt worden. Nach ROBERTS (7) geht die Stickstoffabgabe nur unter den Bedingungen eines langen Tages bei niedriger ( $55^{\circ}\text{F} = 12.8^{\circ}\text{C}$ ) Temperatur vor sich oder wenigstens bei niedriger Nachttemperatur. Auf Grund dessen nimmt ROBERTS an, dass in nördlichen Anbaugebieten mit dem Mischbau von Leguminosen und anderen Pflanzen besondere Möglichkeiten verbunden seien.

Im folgenden wird über Versuche berichtet, die in der Lehr- und Versuchswirtschaft der Universität Helsinki, auf dem Gut Wiik ( $60^{\circ}10'$  nördl. Br.,  $24^{\circ}57'$  östl. Länge), ausgeführt worden sind und in denen die Wirkung der Tageslänge auf den Trockensubstanzertrag des zwischen Erbse gewachsenen Hafers zur Untersuchung gelangt ist. Zugleich ist auch anderen mit dem Mischbau verknüpften Fragen, insbesondere der Stickstoffdüngewirkung des Erbsensamens, Aufmerksamkeit zugewandt worden.

## *Untersuchungsverhältnisse.*

Die Forschungen sind teils in Gefäßversuchen, teils in Feldversuchen ausgeführt worden, letztere auf einem in guter Fruchtbarkeit befindlichen Lehmmullboden (pH 6.54, Versuchsreihe 3 und pH 5.31, Versuchsreihe 8), der im Frühjahr als Düngung 400 kg Kotkaphosphat und 300 kg 40 %iges Kalisalz je Hektar erhalten hat. Die Gefäßversuche wurden ins Freie gebracht, abgesehen von zwei Versuchsreihen, von denen die eine in das Gewächshaus (Versuchsreihe 1) und die andere vor das südostwärts gerichtete Fenster eines Laboratoriumszimmers (Versuchsreihe 5) kam.

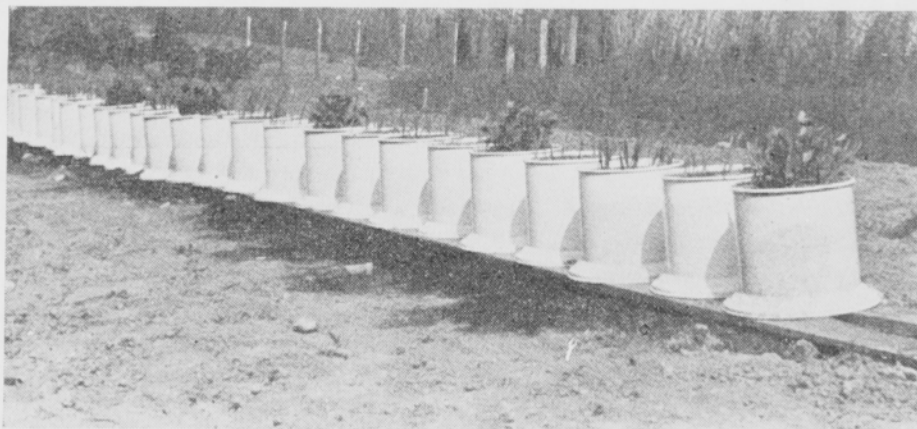


Abb. 1. Auf dem Felde ausgeführter Gefäßversuch. Von rechts an gerechnet Hafer und geimpfte Erbse, Hafer und beschnittene Erbse, Hafer und gekochte Erbse, einzig Hafer usw.

Nach den monatlichen Übersichten (4) der Meteorologischen Zentralanstalt (etwa 7 km von den Versuchsfeldern) von Helsinki waren die Witterungsverhältnisse der Versuchszeiten folgende:

	1947			1948		
	VI	VII	VIII	VI	VII	VIII
Temperaturmittel (C°) . . . . .	15.9	17.7	16.8	15.3	18.0	15.1
Minimum (C°) . . . . .	4	12	7	8	11	7
Maximum (C°) . . . . .	28	29	26	24	28	25
Niederschlagsmenge (mm) . . . .	36	94	28	42	25	87

Im Laboratorium betrug die Temperatur während der Versuchszeit am Tage 18—20° C, in der Nacht 12—15° C. Im Gewächshaus, das ungeheizt war, war die Temperatur besonders an sonnigen Tagen bedeutend höher als im Freien.

#### *Untersuchungsmethoden.*

Die Versuchsgefäße waren Mitscherlich-Gefäße (Abb. 1), in den Versuchsreihen 1 und 4 jedoch kleinere Zinkblechgefäße (Abb. 3).

Als Wuchsboden diente nach den Versuchen von ROBERTS (7) Sand aus einer Sandgrube; er wurde mit einem Sieb von etwa 2.5 mm gesiebt. Die Samenkörner wurden jedoch mit etwas größerem Sand bedeckt. Die Düngung je Gefäß bestand aus 3 g Superphosphat, 2 g 40%igem Kalisalz und 1.5 g gelöschtem Kalk; die Düngung der Zinkblechgefäße war indessen halb so gross. Die Hälfte der Düngung wurde zu Beginn des Versuchs in den Sand gemischt, die andere Hälfte um die Mitte der Versuchszeit als Oberflächendüngung gegeben. Im Sommer 1948 setzte man den Gefäßen noch 100 mg Kupfersulfat zu, denn bei dessen Fehlen erschienen an den Rändern der Blättchen braune Flecken. Zur Impfung der Erbse kamen Knöllchenbakterienkulturen aus dem Biochemischen Forschungsinstitut zur Anwendung. Alle Versuchsgefäße jeder Serie erhielten in als geeignet erachteten Zwischenzeiten eine Bewässerung bis zur vollen Wasserkapazität.

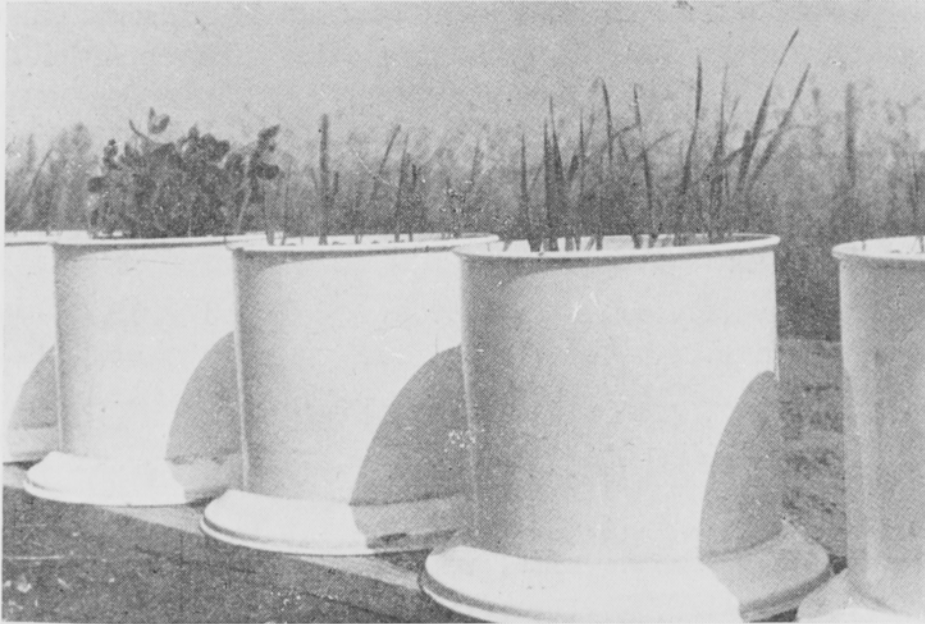


Abb. 2. In Reinbestand und zwischen Erbse, unter Langtagbedingungen gewachsener Hafer (Versuchsreihe 1).

Eine photoperiodische Behandlung wurde so ausgeführt, dass man die zu behandelnden Pflanzen um 18 h mit holzgerahmten Pappkästen bedeckte und diese um 8 h entfernte, so dass die Dauer der hellen Zeit 10 Stunden ausmachte; die Wirkung der Verdunklungskästen auf die Temperatur war nur gering (vgl. 6).

Nach Beendigung der Versuchszeit entfernte man die Wurzeln der Pflanzen aus dem Sand, indem man sie vorsichtig in stehendem Wasser behandelte. Der mittlere Fehler (M) des Mittelwertes der Versuchsergebnisse wurde nach der Formel

$$\sqrt{\frac{\sum a^2}{n(n-1)}}$$
 berechnet, bei der  $a$  = Abweichung des einzelnen Versuchsergebnisses vom Mittelwert und  $n$  = Anzahl der Versuchsergebnisse. Der mittlere Fehler (D)

des Unterschiedes wurde berechnet nach der Formel  $\sqrt{M_1^2 + M_2^2}$ . Bei der Berechnung des Sicherheitsprozents kamen die Tabellen von BONNIER und TEDIN (2) zur Anwendung.

### *Versuchsergebnisse.*

#### *A. Die Wirkung der Tageslänge auf das Ergebnis des Mischbaues.*

Die photoperiodische Behandlung verzögerte die Entwicklung der Pflanzen. Z.B. bei der Versuchsreihe 2 begann das Rispienschiessen des Hafers bei normaler Tageslänge am 28. 7., aber bei 10stündiger Tagesdauer gewachsen, befand sich der Hafer am 13. 8., da die Versuchsserie beendet wurde, immer noch im Wurzelblattstadium. Die Erbse begann bei langtäglichem Wachsen am 22. 7.—25. 7. zu blühen, bei kurzstäglichem am 10. 8. Unter kurzstächtigen Bedingungen blieben insbesondere die oberirdischen Teile der Pflanzen klein. Auf die Menge der Bewurzelung hatte

die photoperiodische Behandlung dagegen in gewissen Fällen sogar einen positiven Einfluss ausgeübt, und durchweg vergrößerte sie den relativen Anteil des Wurzelwerks an dem gesamten Trockensubstanzertrag. Setzt man den Ertrag der bei normaler Tageslänge gewachsenen Pflanze mit 100.0 an, so sind die Verhältniszahlen für die bei einer Tagesdauer von 10 st erhaltenen Beträge folgende:

Versuchsreihen:	1	2	3	4
Einzig Hafer, Triebe .....	58.3	19.7	66.6	58.0
» » Wurzeln .....	117.0	94.3	—	72.9
» » zus. ....	81.0	52.1	—	68.3
» Erbse, Triebe .....	68.3	45.4	49.6	66.7
» » Wurzeln .....	82.8	115.1	—	111.3
» » zus. ....	71.3	59.4	—	93.4
Hafer zwischen Erbse, Triebe .....	29.0	27.9	58.2	86.7
Erbse zwischen Hafer » .....	84.5	44.7	62.3	74.3
Erbse-Hafer-Mischbestand, Triebe .....	72.9	43.4	60.0	80.5
» Wurzeln .....	96.9	148.0	—	82.5
» zus. ....	77.6	62.3	—	81.5

In einigen Versuchsreihen war der Ertrag des zwischen geimpfter Erbse gewachsenen Hafers grösser als der des in Reinbestand gewachsenen. So war in dem im Gewächshaus ausgeführten Gefässversuch der Trockensubstanzertrag des in Mischbestand gewachsenen Hafers unter Langtagbedingungen mehr als doppelt so gross (Tabelle 1), die Sicherheit des Unterschiedes betrug mehr als 95%. Bei dem im Freien durchgeführten Gefässversuch (Tabelle 2) war die entsprechende

Tabelle 1. Ergebnisse eines Gefässversuchs, ausgeführt vom 31. 5.—8. 7. 1947 im Gewächshaus (Versuchsreihe I: Tageslänge 16 st 18 min—18 st 48 min; Verdunklung vom 10. 6.—8. 7.; Eho-Hafer und Sinikka-Erbse).

Je Gefäss eingesät: Einzig Hafer 25 St. » Erbse 25 » Hafer in der Mischung 10 St. Erbse —»— 15 »	Trockensubstanzertrag je 30 Individuen			
	Langer Tag		Kurzer Tag	
	Indiv. je Gefäss 8. 7.	g	Indiv. je Gefäss 8. 7.	g
Einzig Hafer, Triebe .....	24.0	2.52 ± 0.39	24.7	1.47 ± 0.12
» » Wurzeln .....		1.59 ± 0.21		1.86 ± 0.24
» » zus. ....		4.11 ± 0.30		3.33 ± 0.30
Einzig Erbse, Triebe .....	23.0	9.93 ± 0.87	23.0	6.78 ± 0.57
» » Wurzeln .....		2.61 ± 0.42		2.16 ± 0.12
» » zus. ....		12.54 ± 1.29		8.94 ± 0.51
Hafer in der Mischung, Triebe .....	9.7	5.07 ± 0.87	8.0	1.47 ± 0.18
Erbse in der Mischung, Triebe .....	13.0	9.69 ± 1.11	13.0	8.19 ± 0.72
Erbse-Hafer-Mischung, Triebe .....		7.74 ± 0.60		5.64 ± 1.23
—»— Wurzeln .....		1.92 ± 0.15		1.86 ± 0.09
—»— zus. ....		9.66 ± 0.54		7.50 ± 0.48

Tabelle 2. Ergebnisse des Gefässversuchs im Felde vom 10. 6.—13. 8. 1947 (Versuchsreihe 2: Tageslänge 15 st 46 min—18 st 48 min, Verdunklung vom 18. 6.—13. 8.; Eho-Hafer und Sinikka-Erbse).

Je Gefäss gesät: Einzig Hafer 30 St. » Erbse 30 » Hafer in Mischung 12 St. Erbse —»— 20 »	Trockensubstanzertrag je 30 Indiv.			
	Langtag		Kurztag	
	Indiv. je Gefäss 13. 8.	g	Indiv. je Gefäss 13. 8.	g
Einzig Hafer, Triebe .....	28.3	7.81 ± 0.07	25.7	1.54 ± 0.20
» » Wurzeln.....		6.00 ± 0.38		5.66 ± 0.17
» » zus.....		13.81 ± 0.38		7.20 ± 0.04
Einzig Erbse, Triebe .....	27.0	44.00 ± 4.29	28.7	19.97 ± 2.00
» » Wurzeln.....		11.05 ± 0.88		12.72 ± 1.70
» » zus.....		55.05 ± 3.13		32.69 ± 3.32
Hafer in Mischung, Triebe .....	11.7	11.82 ± 1.11	11.0	3.30 ± 0.17
Erbse in Mischung, Triebe .....	18.7	53.46 ± 5.66	18.3	23.88 ± 0.99
Erbse-Hafer-Mischung, Triebe .....		37.35 ± 3.41		16.21 ± 0.76
—»— Wurzeln .....		8.24 ± 0.40		12.19 ± 1.26
—»— zus. ....		45.59 ± 3.53		28.40 ± 1.82

Verhältniszahl etwa 1.5, die Sicherheit des Unterschiedes über 99 % und beim Feldversuch 1.14, die Sicherheit des Unterschiedes nur über 20 %.

In Versuchsreihe 2 (Tabelle 2) gab auch der unter Kurztagbedingungen gewachsene Hafer im Mischbestand einen unverkennbar besseren Ertrag als in Reinbestand; im Gemisch war der Haferertrag mehr als doppelt so gross, Sicherheit des Unterschiedes über 99 %.

In den Gefässversuchen wurde auch der Ertrag der Erbse in der Mischung verhältnismässig gross, so dass das Trockensubstanzergebnis des Mischbaues gegenüber den Reinbestandskulturen von Erbse und Hafer positiv war. Setzt man den gewogenen Mittelwert (z.B. Versuchsreihe 1, Langtag:  $\frac{9.7 \times 4.11 + 13.0 \times 12.54}{9.7 + 13.0} =$

8.94) der Gesamterträge (Triebe+Wurzeln) von Hafer und Erbse in Reinbestand mit 100.0 an, so ist die Ertrags-Verhältniszahl der Mischung bei Versuchsreihe 1 unter Langtagbedingungen 108.1, unter Kurztagbedingungen 108.3 gewesen. Die

Tabelle 3. Ergebnisse des Feldversuchs vom 23. 5.—14. 8. 1947 (Versuchsreihe 3: Tageslänge 15 st 35 min—18 st 48 min, Verdunklung vom 3. 6.—13. 8.; Örn-Hafer und Sinikka-Erbse).

	Lufttrockener Ertrag je 30 Individuen			
	Langtag		Kurztag	
	Indiv. auf der Versuchs- parzelle 14. 8.	g	Indiv. auf der Versuchs- parzelle 14. 8.	g
Einzig Hafer, Triebe .....	50.3	104.7 ± 6.3	41.7	69.7 ± 3.1
» Erbse, » .....	31.0	203.1 ± 9.1	36.7	101.6 ± 14.0
Hafer in der Mischung, Triebe .....	25.0	119.3 ± 2.1	24.7	69.4 ± 4.9
Erbse in der Mischung, Triebe .....	24.3	145.1 ± 27.3	24.0	90.4 ± 11.4
Erbse-Hafer-Mischung, Triebe .....		132.0 ± 23.1		80.1 ± 6.4

entsprechenden Verhältniszahlen bei dem im Freien ausgeführten Gefässversuch (Versuchsreihe 2) beliefen sich auf 113.8 und 122.8. Dagegen wuchs die Erbse im Feldversuch (Versuchsreihe 3) zwischen Hafer verhältnismässig schwach, wodurch der Mischbau ein negatives Resultat gab; Verhältniszahlen 86.2 und 93.8.

In einigen der oben beschriebenen Versuchsreihen wuchs der Hafer also zwischen Erbse merklich stärker als im Reinbestand. Ein derartiges Ergebnis stellte sich unter Kurz- wie auch Langtagbedingungen heraus, sowohl im Felde, wo die Temperatur besonders nachts verhältnismässig niedrig war, als auch im Gewächshaus, wo eine höhere Temperatur herrschte.

In den Ergebnissen trat jedoch eine beträchtliche Abwechslung hervor, und sogar bei einem und demselben Versuchsgefäss waren die zwischen Erbse gewachsenen Haferindividuen recht ungleich gross. Ausserdem zeigte es sich, dass die grossen Haferindividuen ihr Wurzelwerk um den Erbsensamen geschlungen hatten. Aus diesem Grunde wurden Versuchsreihen ausgeführt, die der Klärung der Frage dienen, welchen Einfluss der Düngungswert des Erbsensamens auf die Ergebnisse der Mischbauversuche ausübt.

#### *B. Untersuchungen über die Stickstoffdüngewirkung des Erbsensamens auf den Hafer.*

Dass das Wurzelwerk des Hafers sich um den Erbsensamen schlingt, wurde schon in den Versuchsreihen 1 und 2 beobachtet. Bei Versuchsreihe 4 wurde dieser Frage mehr Aufmerksamkeit zugewandt und ihr unter anderem ein Versuchsglied hinzugefügt, in dem zwischen Erbse, die mit heissem Wasser (fast 100° C, 10 min) behandelt worden war, Hafer gezogen wurde. Die Heissbehandlung hatte jedoch nicht alle Erbsensamen abgetötet; sie waren grösstenteils nur beschädigt, brachten missbildete Keime hervor, und der Samen blieb lebendig. Derartige Samen haben die Haferwurzeln nicht aufgesucht. Die Grösse des Haferertrages schien entschieden von der Menge der in das Gefäss geratenen abgestorbenen Erbsensamen abhängig zu sein. Darauf unter anderem beruhte es (Tabelle 4), dass bei einem Versuchsgefäss der Ertrag des bei 10stündiger Tagesdauer gewachsenen Hafers über doppelt so gross war wie an Langtagen gewachsener Haferertrag, obgleich in allen anderen Versuchen die photoperiodische Behandlung die Menge des Haferertrages stark verminderte. — Bei den folgenden Versuchsreihen wurde der Erbsensamen gekocht, wovon die Folge war, dass seine Wirkung auf den Haferertrag gleichmässiger und durchschnittlich grösser war.

In der Versuchsreihe 4 wurde auch die Wirkung geimpfter und ungeimpfter Erbse auf den Trockensubstanzertrag des Hafers untersucht. Die Impfung mehrte erheblich besonders den Ertrag der unter Langtagbedingungen gewachsenen Erbse; die Menge des Erbsenertrages stieg auf mehr als das Doppelte. Die Menge des Haferertrages wurde durch die Impfung der Erbse dagegen erheblich herabgesetzt (Tabelle 4). Vermutlich lag dies an der Zunahme der Beschattungswirkung der Erbse, vielleicht auch an gesteigerter Wurzelkonkurrenz. Da es sich bei diesen

Tabelle 4. Ergebnisse des im Felde vom 15. 7.—26. 8. 1947 ausgeführten Gefässversuchs (Versuchsreihe 4: Tageslänge 14 st 44 min—17 st 41 min, Verdunklung vom 20. 7.—26. 8.; Eho-Hafer und Sinikka-Erbse; nur 2 Wiederholungsgefässe).

Je Gefäss gesät: Hafer 10 St. Einzig Erbse 25 » Erbse in der Mischung 15 St. (auch erhitzt)	Trockensubstanzertrag je 10 Individ.					
	Langtag			Kurztag		
	Indiv. je Gefäss 26. 8. (Gefäss a—b)	a		Indiv. je Gefäss 26. 8. (Gefäss a—b)	g	
		Gefäss a	Gefäss b		Gefäss a	Gefäss b
Einzig Hafer, Triebe .....	9—9	0.52	0.48	10—10	0.29	0.29
» » Wurzeln .....		1.61	1.04		0.98	0.95
» » zus. ....		2.13	1.52		1.27	1.24
Einzig geimpfte Erbse, Triebe .....	25—24	2.68	2.35	24—22	2.09	1.83
» » » Wurzeln .....		1.94	1.78		2.00	2.13
» » » zus. ....		4.62	4.13		4.09	3.96
Hafer (erhitzte Erbse) Triebe .....	9—9	0.94	0.60	7—9	2.07	0.80
» » » Wurzeln .....		0.98	1.08		2.17	1.03
» » » zus. ....		1.92	1.68		4.24	1.83
Hafer zwischen geimpfter Erbse, Triebe .....	10—9	0.33	0.27	10—10	0.31	0.20
Geimpfte Erbse zwischen Hafer, Triebe .....	13—13	4.08	3.23	14—14	2.94	2.50
Hafer zwischen ungeimpfter Erbse, Triebe .....	9—10	0.42	0.44	10—10	0.28	2.25
Ungeimpfte Erbse zwischen Hafer, Triebe .....	15—12	1.89	1.48	12—12	2.03	2.30

Versuchen als zu schwer erwies, zu verhindern, dass die Knöllchenbakterien in die ungeimpften Wuchsunterlagen gerieten, wurde dieses Versuchsglied nicht mehr den übrigen Versuchsreihen angeschlossen, sondern durch ein anderes ersetzt, bei dem man den Erbsenkeim durch tägliches Abschneiden in der Höhe der Standbodenoberfläche entfernte. Dadurch konnte die Erbse kein Kohlendioxyd assimilieren, und dadurch konnte auch keine Stickstoffassimilation in den Bakterienknöllchen vor sich gehen (13). In einigen Fällen wurden denn auch an den Wurzeln der Erbsen einige kleine Bakterienknöllchen gefunden, aber sie waren farblos und dadurch in der Stickstoffbindung bedeutungslos (13).

Bei dem im Laboratorium ausgeführten Gefässversuch (Tabelle 5) war der Ertrag des in Reinbestand gewachsenen Hafers je Individuum bedeutend grösser als in den übrigen Gefässversuchen. Auf Grund dessen ist anzunehmen, dass der bei diesem Versuch angewandte Sand, der im Winter unter dem Schnee ausgegraben werden musste, in reichlicherem Masse als sonst Stickstoff in Pflanzennährstoffform enthielt. Entsprechend war auch die Wirkung gekochter Erbse auf den Haferertrag verhältnismässig gering, wenn auch deutlich festzustellen. Das Sicherheitsprozent der Wirkung auf den Frischertrag des Eho-Hafers betrug über 99, auf seinen Trockensubstanzertrag über 95 und auf den Frischertrag des Örn-Hafers über 99, auf seinen Trockensubstanzertrag über 80. Die Wirkung beschnittener Erbse war noch geringer, und das Sicherheitsprozent ihres Einflusses auf den Frischertrag des Eho-Hafers betrug 95, auf seinen Trockensubstanzertrag etwa 70 und auf den Frischertrag des Örn-Hafers über 98, auf seinen Trockensubstanzertrag über 50.

Tabelle 5. Ergebnisse des vom 4. 3.—4. 5. 1948 im Laboratorium ausgeführten Gefässversuchs (Versuchsreihe 5: Tageslänge 11 st 8 min—16 st 15 min, Versuchspflanzen Eho- und Örn-Hafer sowie Sinikka-Erbse).

Je Gefäss gesät: Hafer 10 St. Erbse 20 » (auch gekocht)	Indiv. je Gefäss 4. 5.	Triebertrag je 10 Indiv.			
		Frisch		Trockensubstanz	
		g	Einzig Hafer = 100.0	g	Einzig Hafer = 100.0
<i>Eho-Hafer</i>					
Einzig .....	9.7	27.83 ± 1.65	100.0	4.72 ± 0.33	100.0
Zwischen gekochter Erbse .....	9.3	39.26 ± 1.93	141.1	6.15 ± 0.33	130.3
» beschnittener Erbse .....	9.3	35.43 ± 2.59	127.3	5.40 ± 0.29	114.4
<i>Örn-Hafer</i>					
Einzig .....	9.7	23.33 ± 1.22	100.0	4.06 ± 0.15	100.0
Zwischen gekochter Erbse .....	10.0	33.03 ± 1.83	141.6	5.02 ± 0.45	123.6
» beschnittener Erbse .....	10.0	29.33 ± 1.16	125.7	4.29 ± 0.25	105.7

Bei den im Sommer 1948 ausgeführten Gefässversuchen (Tabelle 6 und 7) wurde bei geimpfter Erbse keine positive Wirkung auf den durchschnittlichen Haferertrag je Pflanze beobachtet. Das hat zum mindesten nicht entschieden darauf beruht, dass die üppig gewachsene geimpfte Erbse den zwischen ihr gezogenen Hafer zu sehr gestört hätte, denn das Ergebnis hat sich nicht sehr geändert, obgleich in Versuchsreihe 7 (Tabelle 7) die Erbsen in die Mitte des Gefässes eingesät worden sind und der Hafer unmittelbar rings um sie herum. Auch die durchschnittliche Wirkung beschnittener Erbse war nur gering und im Lichte statistischer Fehlerberechnung undeutlich. Dagegen bewirkte gekochte Erbse beim Hafer einen vielfachen Mehrertrag (Tabelle 6 und 7), und die Wirkung war statistisch sicher, das Sicherheitsprozent durchweg über 99.9. Der Trockensubstanzertrag des zwischen gekochter Erbse gewachsenen Hafers war ausserdem gleicher Grössenordnung wie

Tabelle 6. Ergebnisse der vom 24. 5.—7. 7. 1948 im Felde ausgeführten Gefässversuche (Versuchsreihe 6: Tageslänge 18 st 48 min, Versuchspflanzen Eho-Hafer und Sinikka-Erbse).

Je Gefäss gesät: Hafer 10 St. Erbse 20 » (auch gekochte)	Indiv. je Gefäss 7. 7.	Trockensubstanzertrag je 10 Indiv.	
		g	Einzig Hafer = 100.0
Einzig Hafer, Triebe .....	9.5	1.150 ± 0.116	100.0
» » Wurzeln .....		1.562 ± 0.106	100.0
» » zus. ....		2.712 ± 0.214	100.0
Hafer zwischen gekochter Erbse, Triebe .....	9.8	7.614 ± 0.372	662.1
» » » » Wurzeln .....		4.789 ± 0.177	306.6
» » » » zus. ....		12.403 ± 0.841	457.3
» » beschnittener » Triebe .....	10.0	1.414 ± 0.252	122.9
» » » » Wurzeln .....		1.794 ± 0.143	114.9
» » » » zus. ....		3.208 ± 0.359	118.3
Beschnittene Erbse zwischen Hafer, Wurzeln .....	18.2	0.478 ± 0.016	30.6
Hafer zwischen geimpfter Erbse, Triebe .....	9.7	0.996 ± 0.272	86.6
Geimpfte Erbse zwischen Hafer, Triebe .....	19.2	7.516 ± 0.299	653.6



Tabelle 7. Ergebnis eines vom 8. 7.—20. 8. 1948 im Felde ausgeführten Gefässversuchs (Versuchsreihe 7: Tageslänge 15 st 25 min—18 st 8 min, Versuchspflanzen Eho-Hafer und Sinikka-Erbse; die Wurzeln der geimpften Erbse und des Hafers liessen sich nicht gänzlich voneinander trennen).

Je Gefäss gesät: Hafer 10 St. Erbse 20 » (auch gekochte)	Indiv. je Gefäss 20. 8.	Trockensubstanzertrag je 10 Indiv.	
		g	Einzig Hafer = 100.0
Einzig Hafer, Triebe .....	9.7	0.729 ± 0.021	100.0
» » Wurzeln .....		1.092 ± 0.041	100.0
» » zus. ....		1.821 ± 0.029	100.0
Hafer zwischen gekochter Erbse, Triebe .....	9.7	4.369 ± 0.291	599.3
» » » » Wurzeln .....		4.460 ± 0.250	408.4
» » » » zus. ....		8.829 ± 0.490	484.8
Hafer » beschnittener » Triebe .....	9.8	0.665 ± 0.024	91.2
» » » » Wurzeln .....		1.230 ± 0.070	112.6
» » » » zus. ....		1.895 ± 0.074	104.1
Beschnittene Erbse zwischen Hafer, Wurzeln .....	18.5	0.718 ± 0.029	65.8
Hafer zwischen geimpfter Erbse, Triebe .....	10.0	0.741 ± 0.048	101.6
» » » » Wurzeln .....		(0.999 ± 0.247)	(91.5)
» » » » zus. ....		(1.740 ± 0.271)	(95.6)
Geimpfte Erbse zwischen Hafer, Triebe .....	19.0	6.549 ± 0.392	898.4
» » » » Wurzeln .....		(2.515 ± 0.080)	(230.3)
» » » » zus. ....		(9.064 ± 0.449)	(497.7)

der Ertrag der geimpften Erbse, was darauf hinweist, dass 20 gekochte Erbsensamen recht gut ausreichen, den Bedarf von 10 Haferpflanzen an Stickstoffnahrung zu decken. Nimmt man an, dass der Erbsensamen 28 % Rohprotein enthielt (vgl. 8), so umfassten die 20 Erbsensamen (Gewicht 4.2 g) 1.18 g Rohprotein. In Versuchsreihe 6 (Tabelle 6) betrug die den Haferertrag steigernde Wirkung 20 gekochter Erbsensamen 9.619 g Trockensubstanz, die vermutlich 10 % (vgl. 9) oder 0.96 g Rohprotein enthalten hat. Stickstoffbestimmungen sind zwar nicht ausgeführt worden, und in den einzelnen Fällen schwanken der Rohproteingehalt der Erbse und der des Hafers beträchtlich, aber auf Grund des Obigen ist es klar, dass der Stickstoff gekochter Erbse dem Hafer fast ganz zur Verfügung gestanden hat, besonders in Anbetracht dessen, dass auch der Stickstoffgehalt der Trockensubstanz des Hafers, der am meisten Stickstoffnahrung aufgenommen hat, im allgemeinen am grössten ist (vgl. 5, 8, 9). Die Wirkung gekochter Erbse auf den Hafer ging ausserdem sehr rasch vor sich. So waren bei Versuchsreihe 7 das verhältnismässig üppige Wachstum des Hafers und die dunkelgrüne Farbe der jungen Saat gegenüber dem in Reinbestand gewachsenen Hafer dem Augenschein nach schon am 20. 7. oder nur 12 Tage nach der Aussaat und 4—6 Tage nach dem Aufspriessen zu beobachten; auf dem drei Tage später aufgenommenen Lichtbild (Abb. 1 und 2) ist dieser Unterschied schon recht deutlich zu erkennen.

Obleich der Trockensubstanzertrag des zwischen geimpfter wie auch des zwischen beschnittener Erbse gewachsenen Hafers nur in einzelnen Versuchsreihen (Tabelle 1, 2, 3 und 5) grösser als der Trockensubstanzertrag des in Reinbestand



Abb. 3. Die Wirkung gekochter Erbse auf die junge Saat des Hafers (links Hafer allein, rechts zwischen gekochter Erbse 15 Tage nach der Aussaat und 9—11 Tage nach dem Aufspriessen).

gewachsenen Hafers war, so war auch bei den übrigen Versuchsreihen wahrzunehmen, dass einige Haferindividuen viel höher wuchsen als andere Haferindividuen desselben Versuchsgefässes. Die entsprechende Erscheinung ist auch nicht annähernd ebenso deutlich zu beobachten gewesen bei den Versuchsgefässen, in denen der Hafer in Reinbestand oder zwischen gekochter Erbse wuchs (Tabelle 8). Bei den Versuchsreihen 6 und 7, bei denen jeder einzelne Erbsensamen und die Wurzeln der Versuchspflanzen genau untersucht worden, zeigte es sich, dass die ungewöhnlich hohen Haferindividuen regelmässig ihre Wurzeln um den Erbsensamen geschlungen hatten. Das gesamte Wurzelwerk des Haferindividuums war jedoch nicht dem Erbsensamen zugewandt, sondern meistens nur eine ihrer Verzweigungen. Sie war zu einem stark verästelten Netz entwickelt, das den Samen ganz einschloss. Der Erbsensamen war dann ausnahmslos so sehr zersetzt, dass nur noch Reste von ihm zu sehen waren. Ausserdem war es interessant zu beobachten, dass regelmässig nur ein Haferindividuum sich einer einzigen Erbse bemächtigt hatte; um eine und dieselbe Erbse hatten sich niemals Wurzeln zweier oder mehrerer Haferpflanzen geschlungen. Dadurch mag denn auch

das Auftreten einzelner grosser Haferindividuen erklärt werden können.

Besonders diejenigen Erbsensamen, die ohne Keime waren, wurden Gegenstand der Nahrungsaufnahme des Hafers, aber in vielen Fällen diente auch gekeimter Erbsensame, nachdem die Pflanze nicht mehr auf die Reservestoffe des Samens angewiesen war, der Nahrungsaufnahme des Hafers. In beiden Fällen zeigte sich die Wirkung der Nahrungsaufnahme beim Hafer erst einige Tage später, als die Wirkung gekochter Erbse schon deutlich zu sehen war. Dies weist darauf hin, dass der Hafer erst dann dem Erbsensamen Nahrung entnommen hat, als dieser abgestorben oder so sehr geschwächt war, dass er der Wirkung von Mikroben ausgesetzt war.

Es ist offenbar, dass bei den Versuchsreihen, in denen der Ertrag des zwischen Erbse gewachsenen Hafers grösser als der des in Reinbestand gewachsenen war, der Ertragsunterschied entschieden abhängig war von der Stickstoffdüngewirkung des Erbsensamens. Dagegen war, obgleich bei geimpfter Erbse regelmässig in reichlicher Menge grosse und stark rötliche Bakterienknöllchen auftraten, keine auf Stickstoffexkretion beruhende Zunahme des Haferertrages wahrzunehmen, und wenn auch Exkretion hervorgetreten ist, hat ihr Einfluss im Vergleich zu der Düngewirkung des Erbsensamens nur ganz gering sein können. Die Veränderlich-

Tabelle 8. Der Trockensubstanzertrag des grössten Haferindividuums in Versuchsreihe 7.

Hafer gewachsen	g	Einzig Hafer = 100.0	Durchschn. Gewicht der Indiv. = 100.0
Einzig, Triebe .....	0.115	100.0	157.8
» Wurzeln .....	0.155	100.0	141.9
» zus. ....	0.270	100.0	148.3
Zwischen gekochter Erbse, Triebe .....	0.605	526.1	138.5
» » » Wurzeln .....	0.470	303.2	105.4
» » » zus. ....	1.075	398.1	121.8
» beschnittener » Triebe .....	0.210	182.6	315.8
» » » Wurzeln .....	0.285	183.9	231.7
» » » zus. ....	0.495	183.3	261.3
» geimpfter » Triebe .....	0.215	187.0	290.1
» » » Wurzeln .....	(0.635)	(409.7)	(635.6)
» » » zus. ....	(0.850)	(314.8)	(488.5)

keit der Versuchsergebnisse ist hauptsächlich davon abhängig gewesen, aus wie vielen Erbsensamen und wie früh der Hafer seine Nahrung aufgenommen hat.

### C. Die Wirkung der Leguminosen auf den Haferertrag in einem Feldversuch.

Im Sommer 1948 wurde auch eine kleine Feldversuchsreihe eingerichtet, bei dem der Ertrag des Hafers, in Reinbestand sowie zwischen Erbse und Wicke gewachsen, untersucht wurde. Weil die Aussaat, mit der Handsämaschine Planet Junior ausgeführt, nicht ganz gelungen war, wurden die Mischbestände nicht gleichmässig, sondern stellenweise war der Hafer, hier und da wiederum die Leguminosen reichlicher als durchschnittlich gewachsen. Um dennoch brauchbare Ergebnisse zu erzielen, wurden auf jeder Versuchsparselle 50 Haferpflanzen gesondert geerntet an solchen Stellen der Bestände, an denen die Pflanzenzusammensetzung des Bestandes dem Aussaatverhältnis ungefähr entsprach. Aus den Versuchsergebnissen (Tabelle 9) geht hervor, dass die Wicke auf die Menge des Korn- wie auch Halmertrages des Hafers günstig eingewirkt hat; die Sicherheitsprozensätze der positiven Ergebnisse betragen über 99. Dagegen hat die Erbse zum mindesten keinen deutlich steigernden Einfluss auf den Haferertrag ausgeübt. Obgleich nicht mit Sicherheit erschlossen werden kann, worauf die günstigere Wirkung der Wicke beruht hat, ist auf Grund der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Versuchsergebnisse darauf hinzuweisen, dass die Keimfähigkeit des Wickensamens nur 87 % ausgemacht hat, so dass die nicht aufgelaufenen Samen eine beträchtliche Düngewirkung auf den Hafer haben ausüben können. Die Keimfähigkeit des Erbsensaatgutes war viel besser, 99 %. Nach beendeter Versuchszeit waren alle Wicken- und Erbsensamen so vollkommen zersetzt, dass sie nicht mehr aufzufinden waren. Allerdings waren dann auch keine um den Erbsensamen geschlungenen Anhäufungen von Haferwurzeln anzutreffen wie bei den Gefässversuchen. In den Feldversuchen war jedoch der natürliche Stickstoffnahrungsgehalt des Standbodens offenbar verhältnismässig

Tabelle 9. Ergebnisse eines vom 20. 5.—9. 9. 1948 ausgeführten Feldversuchs (Versuchsreihe 8: Örn-Hafer, Keimfähigkeit 94 %; Sinikka-Erbse, Keimfähigkeit 99 %; Wickensaatgut, Keimfähigkeit 87 %. Wiederholungspartzenellen 7 von je 2 m<sup>2</sup>, Reihensaat).

Versuchspflanze	Saatmenge kg/ha		Trockensubstanzertrag					
			Je Parzelle insges.		Von 50 Haferpflanzen			
	Le- gumi- nosen	Hafer			insges.		Körner	
			g	Hafer = 100.0	g	Hafer = 100.0	g	Hafer = 100.0
Hafer .....	—	200	928 ± 38	100.0	139 ± 4	100.0	75.9 ± 2.2	100.0
Erbse .....	200	—	789 ± 34	85.0	—	—	—	—
Wicke .....	200	—	757 ± 33	81.6	—	—	—	—
Erbse-Hafer ....	100	100	972 ± 38	104.7	129 ± 6	92.8	68.6 ± 4.5	90.4
» .....	150	50	839 ± 10	90.4	150 ± 7	107.9	79.4 ± 3.5	104.6
Wicke-Hafer ....	100	100	995 ± 29	107.2	171 ± 7	123.0	95.4 ± 6.8	125.7
» .....	150	50	865 ± 34	93.2	172 ± 8	123.8	93.7 ± 4.6	123.5

gross (der Trockensubstanzertrag des in Reinbestand gewachsenen Hafers betrug 4640 kg/ha), so dass eine reichliche Anhäufung von Haferwurzeln um den sich zersetzenden Samen der Leguminose vielleicht gar nicht vor sich gegangen ist. Da ausserdem die Versuchszeit in diesem Fall sehr lang (112 Tg) war, hat sich der Leguminosensamen so früh zersetzen können, dass seine Wirkung auf die Wurzeln des Hafers bei beendetem Versuch nicht mehr festzustellen gewesen ist. Des weiteren ist die beschattende Wirkung der Wicke auf den Hafer nicht ebenso nachteilig wie die der Erbse mit ihren üppigen Blättern, so dass die Stickstoffdüngewirkung des Wickensamens besser hat hervortreten können.

### Diskussion.

Bei den oben beschriebenen Versuchen ist eine Stickstoffexkretion aus den Leguminosen in den Hafer nicht festzustellen gewesen. Nach VIRTANEN (12) tritt Exkretion auch nur in dem Fall auf, dass die absorbierende Fläche des Standbodens gross ist, wie in Versuchen, die in sehr feinem Quarzsand ausgeführt worden sind. ROBERTS (7) beschreibt jedoch Fälle, in denen auch auf gewöhnlicher Sandunterlage gewachsene Leguminosen einen sehr starken positiven Einfluss auf die Ertragsmenge von Gräsern ausgeübt haben. Alle positiven Ergebnisse wurden unter Langtagbedingungen, bei niedriger Nachttemperatur (etwa 12.8° C), erhalten; das Ergebnis war am deutlichsten, wenn auch die Tagestemperatur nur etwa 12.8° C betrug. — In den von uns ausgeführten Versuchen steigerte der Langtag zwar den Ertrag der Erbse und des Hafers, aber es wurde nicht beobachtet, dass die Tagesdauer eine Sonderwirkung darauf ausübte, inwieweit der Hafer von der Erbse Stickstoffnahrung aufnahm. Im Lichte der bisherigen Untersuchungen ist denn auch die Stickstoffexkretion der Leguminosen und ihr Einfluss auf die in ihrer unmittelbaren Nähe wachsenden Gräser (*Graminaceae*) recht zufällig; es haben sich

nämlich die Bedingungen, unter denen eine derartige Exkretion vor sich geht, nicht exakt herausstellen lassen.

In einigen in Finnland ausgeführten Feldversuchen (1, 8, 9) hat zwischen Erbse gewachsener Hafer einen verhältnismässig grösseren Trockensubstanz- und besonders Rohproteintrag gegeben als in Reinbestand gezogener. Doch hat nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden können, dass diese Unterschiede auf Stickstoffexkretion von Leguminosen beruht hätten. Der Einfluss der Erbse auf den Haferertrag ist denn auch in diesen Versuchen von einer solchen Grössenordnung gewesen, dass er sogar hauptsächlich auf der Stickstoffdüngewirkung des Erbsensamens hat beruhen können, zumal wenn berücksichtigt wird, dass bei gewöhnlichem Feldbau von der ausgesäten Samenmenge im allgemeinen ein viel grösserer Teil als bei Gefässversuchen nicht aufläuft oder noch junge Pflanzen zugrunde gehen, wobei der Stickstoff des Erbsensamens schon früh dem zwischen ihm gewachsenen Hafer zugute kommt.

Da ausserdem auch ein beträchtlicher Teil der Bakterienknollen schon im Verlaufe der Vegetationsperiode eingeht (vgl. 3) und da anzunehmen ist, dass auch der in ihnen enthaltene Stickstoff recht schnell dem zwischen der Erbse gewachsenen Hafer zugute kommt, ist es möglich, dass die Erbse eine beträchtliche Stickstoffdüngewirkung auf den zwischen ihr gewachsenen Hafer auch dann ausübt, wenn die bestehenden Verhältnisse für Stickstoffexkretion nicht günstig sind.

#### *Schlussfolgerungen.*

In den oben beschriebenen Untersuchungen, in denen die Wirkung von Erbse auf den Ertrag des im Erbse-Hafer-Mischbestand wachsenden Hafers erforscht worden ist, haben sich folgende Resultate ergeben:

Eine Wirkung der Exkretion von Bakterienstickstoff auf die Menge des Haferertrages ist nicht festzustellen gewesen.

Eine Herabsetzung der normalen Tageslänge auf 10 Stunden hat nachteilig auf die Grösse des Hafer- und des Erbsenertrages eingewirkt, aber die Tagesdauer hat keinen Einfluss auf die von der Erbse an den Hafer abgegebene Nahrungsmenge ausgeübt.

In den Gefässversuchen, bei denen der Ertrag des Hafers im Mischbau grösser als der Ertrag des in Reinbestand gewachsenen gewesen ist, hat der Hafer dem Erbsensamen Stickstoffnahrung entnommen.

Nahrung ist allen keimlosen Samen und vielfach ausserdem den ausgekeimten entnommen worden, nachdem die Erbsenpflanze in ihrer Nahrungsaufnahme unabhängig geworden war. Auch in letzterem Fall hat der Hafer Nahrung offenbar nur aus solchen Erbsensamen gewonnen, die abgestorben gewesen waren, bevor ihre Reservestoffe erschöpft gewesen waren.

Die Düngewirkung gekochter Erbse auf Hafer ist sehr schnell vor sich gegangen; sie ist schon 4—6 Tage nach dem Aufspriessen des Hafers okular zu beobachten gewesen. In einer Versuchsreihe hat der Hafer den Stickstoff gekochter Erbse fast restlos verbraucht.

## LITERATUR.

- (1) ANTTINEN, OLAVI 1948. Hernekauran viljelysmahdollisuuksista Pohjois-Pohjanmaalla. Koetoiminta ja käytäntö, 5, p. 31—32.
- (2) BONNIER, G. und TEDIN, O. 1940. Biologisk variationsanalys. Stockholm.
- (3) GÄUMANN, ERNST 1944. Immunreaktionen und Immunität bei Pflanzen. Schweizerische Zeitschr. für Pathologie und Bakteriologie, 8, p. 407—441.
- (4) *Ilmatieteellinen keskuslaitos*. Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin 1947 ja 1948.
- (5) POHJAKALLIO, ONNI 1939. Kalkkisalpietarin vaikutuksesta eri kauralajikkeiden sadon määrään ja muihin ominaisuuksiin. Maan Suola 1939, p. 28—30.
- (6) —»— ja SALONEN, ARVI 1947. Der Einfluss der Tageslänge auf Entwicklung und Energiehaushalt einiger Kulturpflanzen. Acta Agralia Fennica, 67, 1.
- (7) ROBERTS, R. H. 1946. Effect of Temperature and Photoperiod upon Growth of Grasses Planted with Legumes. Journ. Amer. Soc. Agr., 38, p. 947—953.
- (8) VALLE, OTTO 1946. Palkokasvien merkitys rehuviljan tuotannossa. Maatalous ja koetoiminta, I, p. 115—134.
- (9) VARTIOVAARA, U. 1933. Untersuchungen über die Leguminosen-Bakterien und -Pflanzen. Ztr. für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde A., 31, p. 253—259.
- (10) VIRTANEN, ARTTURI I. 1929. Undersøgelser over Baelgplantebakterierne og Baelgplanterne. Beretning fra N.J.F:s Kongres i Helsingfors, p. 782—795.
- (11) —»— 1937. Associated Growth of Legumes and Non-Legumes. Report of the Fourth International Grassland Congress. Aberysthwyth.
- (12) —»— 1937. Excretion of Nitrogen by Leguminous Plants. Nature, 140, p. 683.
- (13) —»— 1945. Symbiotic Nitrogen Fixation, Nature, 155, p. 747.

## SELOSTUS.

## HERNEEN VAIKUTUKSESTA KAURAN KUIVA-AINETUOTANTOON HERNEKAURASEKAKASVUSTOSSA.

ONNI POHJAKALLIO ja ARVI SALONEN.

*Yliopiston Kasvipatologinen laitos, Helsinki.*

Vuosina 1947 ja 1948 suoritetuissa kokeissa todettiin, että herne-kaura-sekakasvustoissa kaura otti ravintoa herneen siemenestä. Varsinkin orastumattomilla herneen siemenillä oli huomattava lannoitusvaikutus, mutta kaura sai usein ravintoa myös orastuneista siemenistä sen jälkeen kun herneen taimi oli kehittynyt omavaraiseksi. Tutkimusten tulokset viittaavat samalla siihen, että kaura sai typpiravintoa ainoastaan kuolleista herneen siemenistä, sen jälkeen kun ne olivat joutuneet bakteeritoiminnan vaikutuksen alaisiksi. — Keitetyn herneen siemenen lannoitusvaikutus oli erittäin nopea ja voimakas.