

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur,
Vorstand: o. Univ.-Prof. Dr. P. Ruckebauer, Abteilung Pflanzenernährung, Leiter: Univ.-
Doz. Dr. A. Edelbauer)

Nährstoffentzug durch den Waldviertler Graumohn (*Papaver somniferum* L.) im Verlauf der Vegetationszeit

Von A. EDELBAUER und J. STANGL

(Mit 2 Abbildungen)

Zusammenfassung

In einem Feldversuch während der Vegetationsperiode 1988 ermittelte man auf einer Braunerde im niederösterreichischen Waldviertel zu sechs Terminen Substanzbildung, Nährstoffgehalt und Nährstoffentzug durch *Papaver somniferum* L. subsp. „Waldviertler Graumohn“. Zum Zeitpunkt der Samenreife erreichte die Sproßtrockensubstanz 3864 kg/ha. Davon entfielen 17,5 % auf die Blätter, 41 % auf die Stengel, 14,8 % auf die Kapseln und 26,7 % auf die Samen. Damit ergibt sich ein Ernteindex von 0,27.

Der Nährstoffgehalt der vegetativen Organe variiert, nach Element verschieden, beträchtlich in Abhängigkeit vom Entwicklungszustand der Mohnpflanze. Die Gehaltsänderungen sind für die Hauptnährstoffe deutlicher als für die Mikronährstoffe. Im Gegensatz dazu bleibt der Mineralstoffgehalt der Samen im Verlauf der Vegetationszeit nahezu unverändert. Der Nährstoffentzug erfolgt während der Vegetationszeit verhältnismäßig gleichförmig. Eine stärkere Abweichung davon ergibt sich zwischen der dritten und vierten Zeitstufe.

Die Nährstoffentzüge der Sproßmasse zum Zeitpunkt der Samenreife betragen bei einer Bestandesdichte von 270.000 Pflanzen/ha: 71,4 kg Stickstoff; 26,6 kg Phosphor; 92,7 kg Kalium; 81,7 kg Calcium und 15,3 kg Magnesium. Davon entfallen auf die Samen: 38,5 kg Stickstoff, 15,0 kg Phosphor, 8,0 kg Kalium, 14,6 kg Calcium und 4,0 kg Magnesium. Für die Mikronährstoffe lauten die entsprechenden Werte 347 g Mangan, 35 g Kupfer, 205 g Zink und 113 g Bor bzw. 101 g Mangan, 18,7 g Kupfer, 92,8 g Zink und 23,4 g Bor.

Schlüsselworte: Mohn, Nährstoffentzug.

Nutrient removal of the Waldviertler Graumohn (*Papaver Somniferum* L.) during vegetation period

Summary

During the vegetation period 1988 dry matter production, nutrient content and nutrient removal of grey poppy "Waldviertler Graumohn" were determined at six

different stages in a field trial on brown soil at the "Waldviertel" region of Lower Austria.

At the time of seed maturity 3864 kg shoot dry matter were accumulated. The proportion of leaves amounts to 17.5 %, stalks to 41 %, capsules to 14.8 % and seeds to 26.7 % which results in a harvest index of 0.27.

Dependent on the growth state of the poppy plant, the nutrient content of the vegetative organs varies considerably. The variations of the macronutrient contents are more distinct than for micronutrients. Contrary to this, the mineral content of the seeds remains almost unchanged during the vegetation period and the removal of nutrients occurs relatively constant too. Greater differences were observed from the third to the fourth harvest date.

The nutrient removals of the shootmass considering a plant density of 270,000/ha amounts to 71.4 kg nitrogen, 26.6 kg phosphorus, 92.7 kg potassium, 81.7 kg calcium and 15.3 kg magnesium. The share of seed is: 38.5 kg nitrogen, 15.0 kg phosphorus, 8.0 kg potassium, 14.6 kg calcium and 4.0 kg magnesium. The correspondend figures for the micronutrients are 347 g manganese, 35 g copper, 205 g zinc and 113 g boron, respectively 101 g manganese, 18.7 g copper, 92.8 g zinc and 23.4 g boron.

Key-words: poppy, nutrient removal.

1. Einleitung und Fragestellung

Der Mohnanbau hat in Österreich in den letzten Jahren wieder an Bedeutung gewonnen (Tab. 1). Zur wissenschaftlichen Fundierung der Produktionstechnik zählt auch eine ausgeglichene und standortangepaßte Nährstoffbilanz. Für die optimale Nährstoffversorgung in den verschiedenen Entwicklungsphasen ist es nötig, den Mineralstoffentzug im Verlauf der Vegetationsperiode zu kennen. Untersuchungen über den Nährstoffgehalt, zum Teil auch im Verlauf der Vegetationszeit, wurden an verschiedensten Kulturpflanzen durchgeführt. Ergebnisse für Winterweizen liegen von KADAR und LASZTITY (1981) bzw. LASZTITY et al. (1984 a), für Wintergerste und Winterroggen von LASZTITY (1983 und 1986) und für Winterroggen und Triticale von LASZTITY et al. (1984 b), LASZTITY (1987) vor. Mais wurde diesbezüglich von ANGELOV und DIMITROV (1978) sowie von CLARK (1975) untersucht. Über Mineralstoffgehalte in Knäuelgras, Raygras und Weidelgras berichteten CALOIN und YU (1984), CULLETON und FLEMING (1983) und MÜLLER et al. (1971). Den Gesamtstickstoffgehalt in Blättern von Kartoffelpflanzen verwendeten GUPTA und SAXENA (1976) als Index für den Ernährungszustand. Ergebnisse über die Anwendung der Blattanalyse bei der Weinrebe teilten u. a. BALO et al. (1975), POLYAK et al. (1975), BUCHER (1979) und ROBINSON und MCCARTHY (1985) mit. Einschlägige Ergebnisse über Himbeerkulturen liegen von HUGHES et al. (1979) und für die Haselnuß von KOWALENKO und MAAS (1982) vor. PINKERTON et al. (1989) berichten über die Einschätzung der Phosphatversorgung von Ölraps mittels Blattanalyse, und MURALI und MÖLLER NIELSEN (1979) beurteilten mit dem gleichen Hilfsmittel den Stickstoff- und Phosphorennährungszustand von Sojabohnen. REGIUS-MÖCSÉNYI und SZENTMIHALYI (1983) ermittelten den Makro- und Spurenelementgehalt von Luzerne, OJALA et al. (1987) erforschten den Calcium-, Magnesium-, Eisen-, Mangan-, Kupfer-, Zink- und Natriumgehalt der in Skandinavien auch als Gemüse genutzten echten Engelwurz. Hinweise für die Düngung des Mohns finden sich u. a. bei NEHRING (1948), RHEINWALD und JESSEN (1949) und WUNDERLICH (1960).

Tabelle 1

*Entwicklung der Fläche, Erntemenge und Erträge von Mohn in Österreich
(Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik und Bodennutzungserhebung)*

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Anbaufläche, ha	246	202	143	167	418	218	183	381	646	851	706
Produktion, t	243	206	139	145	367	210	163	334	529	656	713
Ertrag, dt/ha	9,9	10,0	10,4	8,7	8,8	9,6	8,9	8,8	8,2	7,7	10,0

Für den Mohnanbau im Waldviertel existieren keine Entzugswerte. Deshalb war das Ziel der Arbeit, für die in Österreich wichtigste Sorte „Waldviertler Graumohn“ die Nährstoffgehalte und Gesamtnährstoffentzüge an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Mangan, Kupfer, Zink und Bor im Vegetationsverlauf sowie die Entzüge durch die einzelnen Pflanzenorgane (Blätter, Stengel, Kapseln, Samen) unter ortsüblichen Produktionsbedingungen zu ermitteln.

2. Materialien und Methoden

Der Versuchsstandort (Niederredlitz bei Thaya) liegt im oberen Waldviertel. Beim Boden handelt es sich um kalkfreie Felsbraunerde aus Gneis. Den Wasser-Verhältnissen nach ist der Boden mäßig trocken mit hoher Durchlässigkeit, geringer Speicherkraft, aber ausreichend mit Nährstoffen versorgt. Das kalkfreie Ausgangsmaterial bedingt eine saure bis stark saure Bodenreaktion (Tab. 2).

Tabelle 2

*Analysendaten des Bodens vom Versuchsstandort für Makro- und Mikronährstoffe
(in mg/100 g bzw. mg/kg)*

Sorp- tions- kraft	pH _{CaCl₂}	% Humus	P ₂ O ₅ (DL)	K ₂ O (DL)	Mg _{CaCl₂}	Fe	Mn im EDTA-EXTRAKT	Cu	Zn	B n. Baron
2	4,6	1,5	13	28	8	360	244	1,9	2,5	0,15

Die klimatischen Verhältnisse sind aus Abbildung 1 ersichtlich.

Über 80 % der heimischen Mohnerte stammen von der Sorte „Waldviertler Graumohn“ (GRESSL 1992). Diese untersuchte Sorte gilt als primitive und inhomogene Schüttmohnsorte, die an die Waldviertler Verhältnisse sehr gut angepaßt ist. Im Vergleich mit ausländischen Sorten erbrachte sie unter trockenen Witterungsbedingungen hohe Erträge, hohe Fett- und niedrige Morphingehalte. Letzteres ist für die floristische Verwendbarkeit der Kapseln von Vorteil (DACHLER 1990).

Vorfrucht war ein Hafer-Gerste-Gemisch (Futtergetreide). Vor der Saat wurden 90 kg N/ha, 90 kg P₂O₅/ha und 90 kg K₂O/ha gedüngt. Die Saat erfolgte am 20. April 1988 mit einer sechsreihigen Einzelkornsämaschine für Feinsämereien. Unkraut wurde mechanisch bekämpft.

Im Verlauf der Vegetationszeit wurden in sechs Zeitstufen (10. und 26. Juni, 11. und 26. Juli, 8. und 19. August 1988; die Pflanzen erreichten zu diesen Terminen 24 cm, 62 cm, 120 cm, 130 cm und 137 cm Länge) aus dem Bestand die Sprosse von zunächst 30 und ab der dritten Zeitstufe von 20 Pflanzen in vierfacher Wiederholung entnommen und davon sobald differenzierbar, nach Blättern, Stengeln, Kapseln und Samen getrennt, die gebildete Trockenmasse ermittelt. Zur Bestimmung der Nährstoffgehalte wurden folgende Verfahren angewandt: Stick-

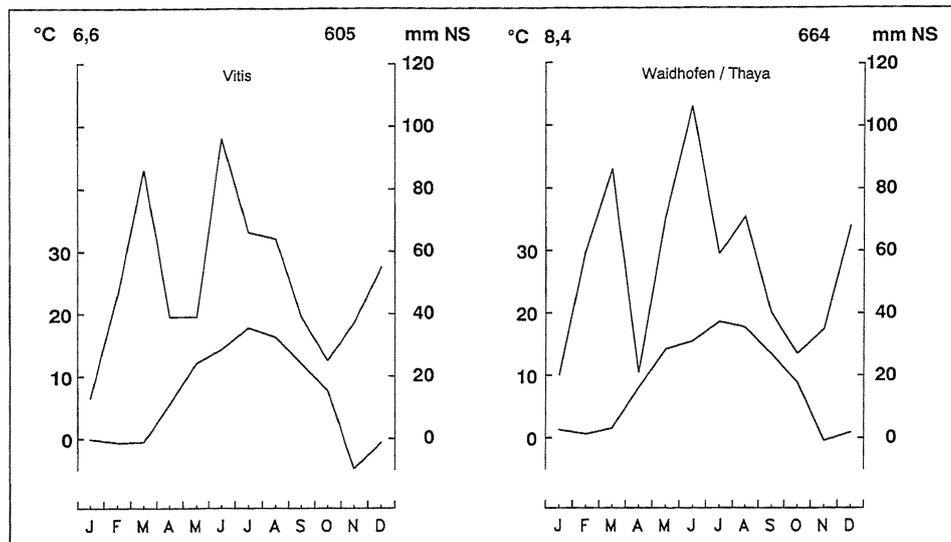


Abb. 1: Klimadiagramme nach WALTER und LIETH (1967) für die dem Versuchsstandort nächstgelegenen Meßstellen (Daten: Hydrographischer Dienst, 1988)

stoff nach Kjeldahl, nach nasser Veraschung mit einem Dreisäuregemisch (EDELBAUER 1978), Phosphor mit Vanadat-Molybdat kolorimetrisch und die übrigen Haupt- und Mikronährstoffkationen unter Ausnutzung der atomaren Absorption, Bor nach trockener Veraschung mit Azomethin H.

3. Ergebnisse

3.1 Längenwachstum und Trockensubstanzproduktion

Der Aufgang erfolgte am 8. Mai, 18 Tage nach der Saat, am 26. Juni war der Beginn der Knospenbildung feststellbar, und am 11. Juli das Ende der Blüte.

Einer langsamen Jugendentwicklung folgt ab dem Zeitpunkt des Schossens eine Phase überproportionaler Substanzproduktion, die schließlich in eine Sättigungskurve mündet (Abb. 2). Bei der durchschnittlichen Bestandesdichte von 270.000 Pflanzen/ha wurden bis zur Ernte 6,8 dt Blätter, 15,8 dt Stengel, 5,7 dt Kapseln und 10,3 dt Samen (in Summe 38,6 dt Trockensubstanz) gebildet (Tab. 3).

Den größten Anteil an der Gesamttrockenmasse hatten nach dem Schossen mit 56 % die Stengel. Ihre absolute Masse sank gegen Ende der Vegetationszeit leicht (87 % des Maximums), anteilmäßig aber bis auf 41 % der Erntetrockenmasse.

Der Anteil der Blätter an der Gesamttrockenmasse betrug maximal 37 %. Zur Ernte hin nahm, durch Vertrocknen und von unten beginnendes Abfallen der Blätter bedingt, ihr Trockenmasseanteil absolut auf ca. 18 % ab.

Die Kapseln weisen am Beginn der Differenzierung stärkere, aber auch noch zur Vollreife hin leicht steigende Substanzzunahmen auf. Sie liefern etwa 15 % der Erntetrockenmasse. Charakteristischerweise beginnt das Produktwachstum (Samen) erst mit dem Abklingen der Hauptwachstumsphase. Zum Zeitpunkt der Ernte gehen die Samen mit einem Ernteindex von nur knapp 27 % in die Sproßtrockenmasse ein.

Abb. 2: Durchschnittliche Trockensubstanzproduktion einer Mohnpflanze im Verlauf der Vegetationszeit

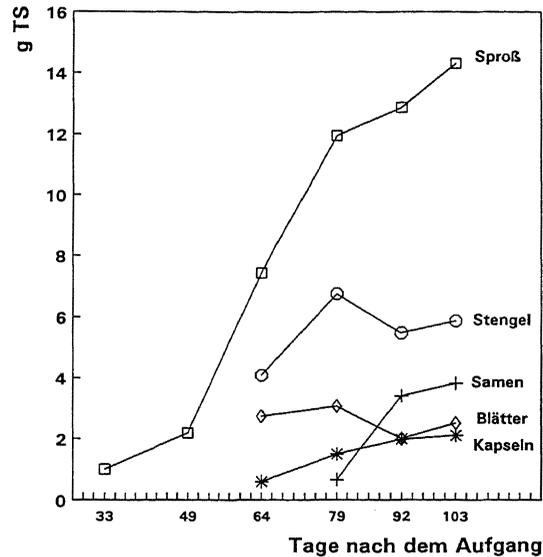


Tabelle 3

Trockensubstanzproduktion in g/Sproß (g/Pflanzenteil) und Gesamttrockenmasse in kg/ha bei 270.000 Pflanzen/ha \bar{x} (s_x)

Zeitstufe	Blätter	Stengel	Kapseln	Samen	Sproß	kg/ha
1.	—	—	—	—	1,00	270
	—	—	—	—	(0,14)	—
2.	—	—	—	—	2,19	591
	—	—	—	—	(0,42)	—
3.	2,74	4,09	0,60	—	7,43	2006
	(0,2)	(0,32)	(0,1)	—	(1,54)	—
4.	3,07	6,75	1,50	0,66	11,98	3235
	(0,33)	(0,85)	(0,1)	(0,1)	(1,37)	—
5.	2,00	5,48	1,98	3,40	12,86	3472
	(0,3)	(0,67)	(0,25)	(0,12)	(0,89)	—
6.	2,51	5,87	2,11	3,82	14,31	3864
	(0,1)	(0,1)	(0,14)	(0,54)	(0,35)	—
6.	678	1585	570	1031	kg/ha	—

3.2 Nährstoffgehalt der Mohnpflanzenorgane im Verlauf der Vegetationszeit

In den oberirdischen Organen der Mohnpflanze entwickelt sich der Gehalt an Makronährstoffen im Verlauf der Vegetationszeit weitgehend verschieden nach Organ und untersuchtem Element. Gemeinsamkeiten ergeben sich für den Gehaltsverlauf der Elemente Calcium und Magnesium in Blättern, Stengel und leerer Kapsel sowie für Phosphor in Blättern und im Stengel (Tab. 4).

Bis zur Vollreife nimmt der Stickstoffgehalt der Blätter auf 54 %, jener der Kapseln sogar bis auf 36 % des Ausgangswertes ab. Demgegenüber verbleiben die Stickstoffgehalte in Stengel und Samen von der Entwicklung praktisch unbeeinflusst auf dem für sie charakteristischen Gehaltsniveau. Der Phosphorgehalt der Blätter und Stengel geht auf 66 % bzw. 30 %, jener der Kapsel hingegen nur auf 96 % des Vergleichswertes zurück. In den Samen bleibt der Phosphorgehalt unverändert. Für den Kaliumgehalt ergeben sich gegenüber dem Ausgangswert

Tabelle 4

Nährstoffgehalt der Mohnpflanze im Verlauf der Vegetationszeit, Makronährstoffe
(g/kg TS)

Zeitstufe	Blätter*					Stengel				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
1.	39	11	79	17	3,7	—	—	—	—	—
2.	28	10	67	14	3,1	—	—	—	—	—
3.	26	8,5	55	20	3,5	7,6	6,1	31	6,2	1,7
4.	25	6,6	38	43	5,7	6,1	3,6	28	6,4	1,8
5.	21	6,7	24	53	6,5	6,7	2,1	28	7,2	2,1
6.	21	7,3	22	56	6,4	7,6	1,8	30	8,8	2,5

Zeitstufe	Kapseln					Samen				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	33	7,1	22	8,1	2,8	—	—	—	—	—
4.	25	8,6	24	14	3,9	36	14	11	13	3,4
5.	12	6,8	40	26	4,7	37	14	8,3	14	3,8
6.	12	6,8	41	27	5,2	37	14	7,8	14	3,8

* Blätter entsprechen in 1. und 2. Zeitstufe dem Gesamtsproß

drastische Gehaltsreduktionen in den Blättern (bis auf 28 %), geringfügige Abnahmen in den Samen (auf 71 %), praktisch keine Veränderung in den Stengeln und eine Zunahme um 90 % in den leeren Kapseln. Der Calciumgehalt erfährt sowohl in den Blättern als auch in den Kapseln einen Anstieg um 230 %. In den Stengeln steigt der Gehalt um 40 % des Ausgangswertes. Auf den Calciumgehalt in den Samen hat der Entwicklungszustand keinen Einfluß. Der Magnesiumgehalt nimmt in den Kapseln am deutlichsten zu (um 90 %), gefolgt von den Blättern (um 70 %) und Stengel (um 40 %). Am geringsten ist der Gehaltsanstieg in den Samen, er beträgt hier knapp 12 %.

Tabelle 5

Nährstoffgehalt der Mohnpflanze im Verlauf der Vegetationszeit, Mikronährstoffe
(mg/kg TS)

Zeitstufe	Blätter*				Stengel			
	B	Mn	Cu	Zn	B	Mn	Cu	Zn
1.	23,5	118	13,0	77	—	—	—	—
2.	26,9	110	11,9	74	—	—	—	—
3.	31,3	120	10,6	80	12,3	35	6,3	24
4.	37,6	154	9,0	100	12,4	27	4,3	18
5.	46,5	200	8,4	107	13,0	28	3,8	16
6.	57,8	212	9,5	106	15,9	37	3,8	21

Zeitstufe	Kapseln				Samen			
	B	Mn	Cu	Zn	B	Mn	Cu	Zn
1.	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	28,0	65	13	70	—	—	—	—
4.	33,5	63	11	48	17,4	100	20	92
5.	43,4	76	6,7	15	23,8	99	18	88
6.	44,5	79	6,3	14	22,7	98	18	90

* Blätter entsprechen in 1. und 2. Zeitstufe dem Gesamtsproß

Hinsichtlich der untersuchten Mikronährstoffe (Tab. 5) ergab sich für das Mangan eine deutliche Gehaltszunahme in den Blättern (+80 %) und eine geringe in den Kapseln (+20 %). In Stengeln und Samen blieben die Mangan-gehalte im Verlauf der Vegetationszeit weitgehend unverändert. Die Kupfergehalte weisen in allen Organen eine fallende Tendenz auf. In den Blättern sinkt der Gehalt auf 75 % und in den Stengeln auf 60 % des Ausgangswertes. Am ausgeprägtesten ist die Abnahme in den Kapseln (-49 %). In diesem Organ nimmt von der 4. auf die 5. Zeitstufe nicht bloß der Kupfergehalt sprunghaft ab, sondern ebenso der Zink- und Stickstoffgehalt. Der Zinkgehalt schließlich erfährt lediglich in den Blättern eine deutliche Zunahme (+40 %) und bleibt in den Samen praktisch unverändert. Für die Stengel ergibt sich eine geringe Reduktion des Gehaltes (-12 %). Drastisch ist der Gehaltsrückgang in den Kapseln auf 20 % des Ausgangswertes. Hier ist auf die zwischen 4. und 5. Zeitstufe erfolgte überproportionale Abnahme zu verweisen. Die Borgehalte nehmen im Verlauf der Vegetationszeit in den Organen unterschiedlich stark zu. Am deutlichsten ausgeprägt ist der Gehaltsanstieg in den Blättern. Von der 1. bis zur 6. Zeitstufe nimmt der Gehalt in den Blättern um 146 % und in den Kapseln um 59 % zu. In den Stengeln und Samen liegen die Gehalte wesentlich niedriger und erfahren gegenüber dem Ausgangswert lediglich eine Zunahme um ca. 30 %.

3.3 Nährstoffentzug und Nährstoffverteilung

Der höchste Entzug für die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor, Calcium und Magnesium findet sich in den vollreifen Pflanzen der 6. Zeitstufe. Eine Ausnahme bildet der Kaliumentzug (Tab. 6). Bis zur Reife nehmen die Stickstoffentzüge vor allem in den Samen zu. Hier ergibt sich ein sprunghafter Anstieg von der 4. auf die 5. Zeitstufe; dies gilt auch für die übrigen Hauptnährstoffe. Der vollreife Bestand weist einen Stickstoffentzug von 71,4 kg auf. Davon entfallen etwa 54 % auf die Samen. Die Phosphorentzüge der vegetativen Sproßorgane nehmen im Verlauf der Vegetationszeit ab (Blätter -22 %, Stengel -58 %), jene der generativen Organe hingegen erheblich zu. Für die Kapseln erfolgt der Anstieg bereits in der 3., für die Samen erst in der 4. Zeitstufe. Der Phosphorsamtentzug erreicht in der 6. Zeitstufe 26,6 kg; 56 % davon beinhalten die Samen. Im Verlauf der Vegetationszeit sinken die Kaliumentzüge lediglich in den Blättern (-64 %). Starke Zunahmen ergeben sich für die Kapseln (+557 %) und für die Samen (+297 %), in denen der Anstieg von der 3. auf die 4. Zeitstufe besonders ausgeprägt ist. Im Gegensatz zu den übrigen Elementen tritt der höchste Kaliumentzug mit 97,1 kg bereits in der 4. Zeitstufe auf. Zum Zeitpunkt der Vollreife entfallen vom Gesamtentzug lediglich 8,7 % auf die Samen, 15,9 % auf die Blätter, 25 % auf die Kapseln und 50,4 % auf die Stengel. Die Calcium- und Magnesiumentzüge der Blätter, Stengel und Kapseln nehmen am augenfälligsten von der 3. auf die 4. Zeitstufe zu. In den Samen erfolgt der entscheidende Anstieg wieder von der 4. auf die 5. Zeitstufe. Der höchste Calcium- bzw. Magnesiumentzug findet sich mit 81,7 bzw. 15,3 kg/ha in der letzten Zeitstufe. Zu diesem Termin enthalten die Samen 18 % bzw. 26 % der jeweiligen Gesamtmenge. Die vollreifen Pflanzen der 6. Zeitstufe weisen auch hinsichtlich der Mikronährstoffe die höchsten Entzüge auf (Tab. 7). Je nach Mikronährstoff verschieden entfallen von der im Sproß enthaltenen Menge unterschiedlich hohe Anteile auf die einzelnen Organe. Vom Gesamt-mangan findet sich der höchste Anteil in den Blättern, der geringste in den Kapseln. Mit den Samen werden bei einer durch-

Tabelle 6

Nährstoffentzug durch Mohnpflanzen im Verlauf der Vegetationszeit (mg/Pflanzenteil bzw. mg/Sproß und kg/ha, Bestandesdichte 270.000 Pflanzen)

Zeitstufe	Makronährstoffe					kg/ha	
	Blätter	Stengel	Kapseln	Samen	Sproß	\bar{x}	s_x
	N						
1.					38,7	10,5	2,02
2.					62,2	16,8	5,19
3.	70,6	31,0	19,6		121,2	32,7	4,79
4.	75,8	41,2	37,4	24,0	178,4	48,2	4,00
5.	42,2	36,7	24,4	124,4	227,7	61,5	2,05
6.	52,0	45,2	24,9	142,5	264,6	71,4	5,46
	P						
1.					10,7	2,9	0,44
2.					23,6	6,4	2,37
3.	23,4	24,8	4,3		52,5	14,2	1,61
4.	20,2	24,3	12,8	8,5	65,8	17,8	2,62
5.	13,5	11,6	13,5	48,6	87,2	23,5	2,53
6.	18,2	10,3	14,3	55,6	98,4	26,6	3,41
	K						
1.					79,3	21,4	3,58
2.					149,9	40,5	13,05
3.	151,5	128,1	13,8		293,4	79,2	9,01
4.	117,1	199,2	35,9	7,4	359,6	97,1	7,80
5.	47,5	153,5	79,8	28,1	308,9	83,4	11,19
6.	54,6	173,1	85,9	29,8	343,4	92,7	4,13
	Ca						
1.					17,2	4,6	0,83
2.					32,8	8,9	3,69
3.	55,7	25,4	4,9		86,0	23,2	7,94
4.	130,3	43,1	21,3	8,1	202,8	54,8	5,33
5.	105,3	39,5	52,6	46,9	244,3	66,0	7,63
6.	140,4	51,7	56,4	54,2	302,7	81,7	4,86
	Mg						
1.					3,7	1,0	0,11
2.					7,0	1,9	0,86
3.	9,6	6,8	1,6		18,0	4,9	1,10
4.	17,5	12,1	5,9	2,2	37,7	10,2	0,85
5.	12,9	11,4	9,4	13,1	46,8	12,6	0,76
6.	16,0	14,9	10,9	14,7	56,5	15,3	0,86

schnittlichen Bestandesdichte etwa 100 g Mangan je Hektar dem Boden entzogen. Im Gegensatz dazu entfällt vom Kupfer mehr als die Hälfte auf die Samen (18,7 g), weniger als ein Fünftel auf die Blätter und nur ein Zehntel auf die Kapseln. Der Gesamtentzug von etwa 35 g/ha ist am geringsten von allen untersuchten Mikronährstoffen. Auch vom Gesamtzink liegt der überwiegende Teil (45 %) in den Samen vor. Etwa ein Drittel entfällt auf die Blätter, ein Sechstel findet sich in den Stengeln und lediglich knapp 4 % verbleiben zum Zeitpunkt der Ernte in den Kapseln. Die Samen entziehen dem Boden etwa 93 g Zink/ha. Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Mikronährstoffen ist die Gesamtbormenge verhältnismäßig gleichmäßig auf die einzelnen Sproßorgane verteilt. Ungefähr ein Drittel findet sich in den Blättern, jeweils etwa 20 % entfallen auf Stengel, Kapseln und Samen. Letztere entziehen dem Boden ca. 23 g Bor/ha.

Tabelle 7

Nährstoffentzug durch Mohnpflanzen im Verlauf der Vegetationszeit ($\mu\text{g}/\text{Pflanzenteil}$ bzw. $\mu\text{g}/\text{Sproß}$ und g/ha , Bestandesdichte 270.000 Pflanzen)

Zeitstufe	Mikronährstoffe					g/ha	
	Blätter	Stengel	Kapseln	Samen	Sproß	\bar{x}	s_x
Mn							
1.					116,2	31,4	4,16
2.					249,1	67,3	28,16
3.	330,1	143,5	39,8		513,4	138,6	32,76
4.	476,8	185,1	94,3	65,8	822,0	221,9	40,22
5.	402,2	152,8	151,2	338,9	1045,1	282,2	45,58
6.	529,7	215,6	167,0	373,1	1285,4	347,1	27,72
Cu							
1.					12,9	3,5	0,55
2.					27,3	7,4	3,31
3.	28,9	25,9	7,9		62,7	16,9	1,58
4.	27,6	29,2	16,1	13,1	86,0	23,2	2,64
5.	16,7	20,6	13,3	62,4	113,0	30,5	0,75
6.	23,1	22,3	13,3	69,2	127,9	34,5	2,88
Zn							
1.					77,0	20,8	3,62
2.					166,2	44,9	17,40
3.	194,5	109,9	55,8		360,2	97,2	18,64
4.	309,4	118,0	71,7	60,8	559,9	151,2	18,28
5.	213,0	87,5	29,0	299,9	629,4	169,9	33,79
6.	263,7	122,1	29,5	343,7	759,0	204,9	13,97
B							
1.					23,4	6,23	1,03
2.					59,8	16,15	4,97
3.	85,9	50,3	17,0		153,2	41,36	4,48
4.	116,5	83,3	49,9	11,5	261,2	70,52	8,70
5.	92,9	71,8	86,2	81,1	332,0	89,64	8,80
6.	144,9	93,3	93,7	86,5	418,4	112,97	5,46

4. Diskussion

Das ermittelte Längenwachstum entspricht den Angaben von GEISLER (1983), wonach der Mohn verhältnismäßig lange in der Blattbildungsphase verharret. Dieser Abschnitt mit geringer Längenwachstumsrate dauerte bis Mitte Juni. In einem Drittel der Vegetationszeit erreichten die Pflanzen lediglich ein Fünftel ihrer Endlänge. Das anschließende rasche Streckungswachstum (es erbrachte in nur 16 % der Vegetationszeit 54 % der Gesamtlänge) war mit der Blüte praktisch abgeschlossen. Einen annähernd gleichen Verlauf, allerdings mit geringerer Endwuchshöhe, ermittelten YADAV et al. (1984). Die durchschnittliche Sproßlänge von 133 cm unserer Versuchspflanzen liegt über den Maximalwerten eines internationalen Sortenvergleichs (SEEHUBER und DAMBROTH 1983). Mit bis zu 180 cm Wuchshöhe zählt der Waldviertler Graumohn zu den längsten Mohnsorten der Welt.

Die Trockensubstanzbildung in Abhängigkeit von der Vegetationszeit verläuft in Übereinstimmung mit YADAV et al. (1984) charakteristisch S-förmig. RÖMISCH (1958), HEEGER und SCHRÖDER (1959) sowie LAUGHLIN (1980) berichten über ein Maximum der Gesamttrockensubstanz und der Organe (außer den Samen) für die Zeit etwa zwei bis drei Wochen nach der Blüte und über darauffolgende absolute Trockensubstanzabnahmen. Im Gegensatz dazu steigt die Trockenmasse

der Sprosse, aber auch der Kapseln aus den eigenen Untersuchungen kontinuierlich bis zur Ernte. Substanzeinbußen ergeben sich bei Blättern und Stengeln ab der 4. Zeitstufe. Die Abnahme gegenüber dem Maximalwert beträgt für die Blätter 19 % und 13 % für die Stengel. Nach PROKOFIEV und GODNEVA (1957) sowie nach PROKOFIEV und KATS (1961) ist die Mohnkapsel nach dem Abblühen der Pflanze das Zentrum der physiologischen Aktivitäten. Zehn bis zwölf Tage nach der Blüte ist in den Kapseln die Transpirationsrate höher und die Photosyntheseaktivität gleich hoch wie in den Blättern der zentralen Stammregion. Die damit verbundene Steigerung der Atmungsaktivität könnte nach LAUGHLIN (1980) für die Trockenmasseabnahme der Blätter und Stengel verantwortlich sein. Blattabfall im Zuge der Reife kann zu weiteren Substanzverlusten führen.

Der berechnete Ernteindex von 0,27 liegt etwas unter dem von CHUNG (1987) für australische Verhältnisse ermittelten Werten. Die gesamte Sproßtrockenmasse von durchschnittlich 38,6 dt/ha bewegt sich dagegen im mittleren Bereich der vom selben Autor beobachteten Bandweite. Daraus und aus dem erheblichen Längenwachstum des Waldviertler Graumohns könnte abgeleitet werden, daß die Konkurrenz um Assimilate eher zugunsten der vegetativen Organe ausgeht.

Die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Nährstoffgehalte stimmen nur teilweise mit den entsprechenden Literaturangaben überein (Tab. 8). So liegt der Stickstoffgehalt der Blätter gegen Ende der Blüte (3. Zeitstufe) in dem von TEMPLE-SMITH et al. (1983) für denselben Entwicklungsabschnitt angegebenen Gehaltsbereich. Auch für die Samen stimmen Gehalt und Gehaltsverlauf mit den Angaben von SPASENOSKI (1979) überein. Sämtliche Phosphorgehalte bewegen sich dagegen zum Zeitpunkt der Blüte bzw. Samenreife über den von BUDZYNSKI (1985) und TEMPLE-SMITH et al. (1983) angegebenen Werten.

Tabelle 8

Nährstoffgehalte der Mohnpflanze (Literaturangaben), Hauptnährstoffe in g/kg TS, Mikronährstoffe in mg/kg TS

	BUDZYNSKI (1985) Zeitpunkt: Samenreife			TEMPLE-SMITH et al. (1983) Zeitpunkt: Blüte Blätter
	Samen	Kapseln	Stroh	
N	32,0—32,6	17,8—19,1	15,5—17,3	18,4— 33,5
P	7,8— 8,1	1,4— 2,4	1,0— 1,8	2,9— 4,9
K	3,5— 4,0	27,9—35,2	13,4—18,4	—
Ca	9,9—10,6	14,1—16,3	15,7—18,4	6,6— 19,3
Mg	3,2— 3,5	1,5— 1,7	2,0— 2,7	1,0— 2,5
Mn	—	—	—	43,0—120,0
Mo	—	—	—	0,1— 0,8
B	SYWOROTKIN (1958): Sproß 94			14,0— 31,0

Die an reifen Pflanzen ermittelten Kaliumgehalte der Kapseln und Samen entsprechen den Ergebnissen von BUDZYNSKI (1985), Stengel und Blätter weisen dagegen höhere Werte auf. Der Rückgang im Kaliumgehalt der Blätter bestätigt die Angaben von SPASENOSKI (1979).

Weitgehende Übereinstimmung zeigen die Calciumgehalte in Stengeln, Kapseln und Samen mit den Angaben von BUDZYNSKI (1985), die Blattgehalte zur Blüte decken sich mit der Mitteilung von TEMPLE-SMITH et al. (1983). Bemerkenswert sind die hohen Calciumgehalte der Blätter, zumal sie von Pflanzen stammen, die auf einem Boden mit dem $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 4,6$; 28 mg $\text{K}_2\text{O}/100$ g, 8 mg $\text{Mg}/100$ g und 244 mg Mn/kg (EDTA-Extrakt) wuchsen. Sicherlich kommt darin auch der

von COSTES et al. (1976) hervorgehobene Calciumbedarf der Mohnpflanze zum Ausdruck.

In Übereinstimmung mit SPASENOSKI (1979) weisen von allen Organen die Blätter den höchsten Magnesiumgehalt auf. Er übersteigt in allen vegetativen Organen die Vergleichswerte (BUDZYNSKI 1985, TEMPLE-SMITH et al. 1983). Lediglich die Samen enthalten deutlich weniger als die von MENGEL und KIRKBY (1982) angegebenen 0,49 %.

Der Mangangehalt der Blätter bleibt zum Zeitpunkt der Blüte unter der von TEMPLE-SMITH et al. (1983) angegebenen Toxizitätsgrenze von 150 ppm. Die in späteren Entwicklungsabschnitten deutlich höheren Blatt-Mangengehalte dürften vor allem im Hinblick auf die absolut hohen Phosphorgehalte ohne negative Wirkung auf den Ertrag geblieben sein.

Die Kupfergehalte der Samen mit bis zu 20 ppm liegen im obersten Bereich der von BERGMANN (1988) für unbelastete Kulturpflanzen angegebenen Werte. Ergebnisse für den Vergleich der Zinkgehalte unserer Mohnpflanzen stehen nicht zur Verfügung. Die für Blätter und Samen ermittelten Gehalte um 100 ppm in der TS stimmen jedoch mit den von GLADSTONES und LONERAGAN (1967) allgemein für dikotyle Pflanzen gemachten Angaben überein.

An der Grenze zum latenten Mangel könnten sich die Borgehalte bewegen. WRAZIDLO (1973) gibt für die gesamte oberirdische Mohnpflanzenmasse zum Zeitpunkt der Blüte 51 ppm als ausreichend und 19 ppm als Grenze zum Mangelbereich an. Diese Werte wurden in Hydroponikversuchen ermittelt. Der errechnete Gehalt der Sproßmasse aus den eigenen Untersuchungen liegt bei 20,5 ppm, demnach an der Grenze zur mangelhaften Versorgung. Andererseits weisen die Blätter im Knospenstadium der Pflanzen etwa 27 ppm Bor auf und liegen damit um 9 ppm über dem von SCHNORR (1967) im Freilandversuch gefundenen Grenzwert für eine niedrige Versorgung.

Boden und Klima in Verbindung mit den übrigen Wachstumsfaktoren, dem Entwicklungszustand und den Eigenheiten der jeweiligen Pflanzenart (-sorte) bedingen ihren Nährstoffgehalt und -entzug. Unter Berücksichtigung dieser allgemein bekannten Umstände führt ein Vergleich von unterschiedlich angezogenen Pflanzen bzw. -sorten zur Beurteilung ihres Ernährungszustandes stets nur zu einer ersten Näherung. Die Einbeziehung von Menge und Qualität der Ernteprodukte erlaubt bereits weitreichendere Schlüsse.

Der Nährstoffentzug durch die Pflanze oder bestimmte Pflanzenteile steht in einer engeren Beziehung zum gebildeten Ertrag als der Nährstoffgehalt (SCHÜLLER 1972). Die aus den gebildeten Substanzmengen und zugehörigen Gehalten errechneten Nährstoffentzüge liefern erstmals diesbezügliche Information über die Verhältnisse beim Waldviertler Graumohn. Die Ergebnisse können Ansatzpunkte sein für die weitere Verbesserung der Produktionsmethode, soweit es den Bedarf dieser Kulturpflanze an Haupt- und Mikronährstoffen betrifft.

Literatur

- ANGELOV, A. P. and D. St. DIMITROV, 1978: Use of results of soil and plant analysis for estimating the nitrogen nutrition of maize. *Plant Science* 15, 3—12, Sofia.
- BALO, E., M. PANCZEL, Gy. PRILESZKY und G. GENITSCHER, 1975: Die rationelle Düngung von Weinbaugroßbetrieben auf der Grundlage von Blattanalysen. 3^e Colloque Européen et Méditerranéen I, Akadémiai Kiadó, Budapest, 629—643.
- BERGMANN, W., 1988: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- BUCHER, R., 1979: Die Blattanalyse im Rebenbau. Kritische Betrachtungen zur Interpretation ihrer Ergebnisse und Hinweise für ihre Durchführung. *Landwirtsch. Forschung* 32, 1—2.

- BUDZYNSKI, W., 1985: The effect of the cultivation method on poppy yields. *Acta academiae agriculturae ac technicae Olstenensis* 42, 55—56.
- CALOIN, M. and O. YU, 1984: Analysis of the time course of change in nitrogen content in *Dactylis glomerata* L. Using a model of plant growth. *Annals of Botany* 54, 69—76.
- CHUNG, B., 1987: The effect of irrigation on the growth and yield components of poppies (*Papaver somniferum* L.). *J. agric. Sci., Camb.* 108, 389—394.
- CLARK, R. B., 1975: Mineral element concentrations on corn leaves by position on the plant and age. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 6, 439—450.
- COSTES, B., Y. MILHET, C. CANDILLON and G. MAGNIER, 1976: Mineral nutrition and morphine production in *Papaver somniferum* L. *Physiologia plantarum* 36, 201—207.
- CULLETON, M. and G. A. FLEMING, 1983: Mineral composition of ryegrass cultivars. *Ir. J. agric. Res.* 22, 21—29.
- DACHLER, M., 1990: Varieties and nitrogen treatments of some medicinal and spice plants grown for seeds (*Papaver somniferum* L., *Linum usitatissimum* L., *Carum carvi* L. and *Sinapsis alba* L.). *Herba Hungarica* 29, 41—49.
- EDELBAUER, A., 1978: Traubenertrag, Mineralstoffgehalt von Blättern und einjährigen Trieben sowie Frostanfälligkeit der Knospen von *Vitis vinifera* L. bei verschiedenen $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ -Relationen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 141, 83—94.
- GEISLER, G., 1983: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas, 117 ff. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GLADSTONES, J. S. and J. F. LONERAGAN, 1967: Minerals in field- and pasture plants. *Austr. J. Agric. Res.* 18, 427—446.
- GRESSL, M., 1992: Mohnanbau und Mohnvermarktung in Österreich — Grundlagen für ein Produktions- und Marketingkonzept. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur, Wien.
- GUPTA, A. and M. C. SAXENA, 1976: Evolution of leaf analyses as a guide to nitrogen and phosphorus fertilization of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Plant and Soil* 44, 597—605.
- HEEGER, E. F. and H. SCHRÖDER, 1959: Untersuchungen über die Morphinerträge bei *Papaver somniferum* L. unter mitteldeutschen Anbauverhältnissen. *Pharmazie* 14, 228—233.
- HUGHES, M., M. H. CHAPLIN and A. R. DIXON, 1979: Elemental composition of red raspberry leaves as a function of time of season and position on cane. *Hort. Science* 14, 46—47.
- KADAR, I. és B. LÁSZTITY, 1981: Az őszi búza tápelemarányainak változása a tenyészidő folyamán. *Agrokémia és Talajtan* 30, 291—306.
- KOWALENKO, C. G. and E. F. MAAS, 1982: Seasonal effect on leaf nutrient concentrations of flint. *Can. J. Soil Sci.* 62, 209—211.
- LÁSZTITY, B., 1983: The kinetics of dry matter accumulation and nutrient uptake in winter barley. *Zimljiste i biljka* 32, 1—10.
- LÁSZTITY, B., 1986: The dynamics of different element contents in winter rye. *Cereal Research Communications* 14, 207—210.
- LÁSZTITY, B., 1987: The variation of element contents in triticale during vegetative growth. *Fertilizer Research* 13, 155—159.
- LÁSZTITY, B., G. BICZÓK and M. RUDA, 1984a: Evaluation of dry matter and nutrient accumulation in winter wheat. *Cereal Research Communications* 12, 193—199.
- LÁSZTITY, B., L. SIMON-SARKADI and M. HIDVÉGI, 1984b: The effect of NPK Fertilizers on the composition of winter rye and triticale grains. *Agrokémia és Talajtan* 33, 391—402.
- LAUGHLIN, J. C., 1980: The effect of time of harvest on the yield components of poppies (*Papaver somniferum* L.). *J. agric. Sci. Camb.* 95, 667—676.
- MENGEL, K. and E. A. KIRKBY, 1982: Principles of Plant Nutrition 3rd Edition. International Potash Institute, Bern.
- MENGEL, K., 1984: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 6. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- MÜLLER, H. L., G. VOIGTLÄNDER and M. KIRCHGESSNER, 1971: Veränderungen des Gehaltes an Mengenelementen (Ca, Mg, P, Na, K) von Weidegras in Abhängigkeit von Wachstumsdauer und Vegetationsperiode. *Das wirtschaftseigene Futter* 17, 165—178.
- MURALI, N. S. and J. MÖLLER NIELSEN, 1979: Evaluation of N and P nutritional Status of SJ2 soybean by plant analysis. *Commun. in Soil Sci. and Plant Analysis* 10, 673—688.
- NEHRING, K., 1948: Aussaatzeiten und N-Düngungsversuche zu Mohn. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenkd.* 42, 31—39.
- OJALA, A., S. HINNERI and H. YLIAHO, 1987: Mineral element content of *Angelica archangelica* subsp. *archangelica*. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 20, 41—45.
- PINKERTON, A., K. SPENCER and A. G. GOVAARS, 1989: Assessment of the phosphorus status of oilseed rape by plant analysis. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 29, 861—865.
- POLYAK, D., P. M. KOPCSAI and F. ÁNGYAH, 1975: Blattanalyse der Reben im Tokayer Wein-

- baugebiet. 3^e Colloque Européen et Méditerranéen II, Akadémiai Kiado, Budapest, 779—783.
- PROKOFIEV, A. A. and M. T. GODNEVA, 1957, z. n. LAUGHLIN, 1980: Significance of photosynthetic activity of opium poppy fruits for development of seeds and fat accumulations in them.
- PROKOFIEV, A. A. and K. M. KATS, 1961, z. n. LAUGHLIN, 1980: Transpiration of fruit of oil bearing plants.
- REGIUS-MÖCSÉNYI, A. and S. SZENTMIHALYI, 1983: Macro- and trace element contents in alfalfa. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae* 32, 64—74.
- RHEINWALD, H. und W. JESSEN, 1949: Stickstoffdüngungsversuche zu Mohn. *Z. f. Pflanzenern. Düng. Bodenk.* 46, 190—195.
- ROBINSON, J. B. and M. G. MCCARTHY, 1985: Use of petiole analysis for assessment of vineyard nutrient status in the Barossa district of South Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 25, 231—240.
- RÖMISCH, H., 1958: Morphin aus Grünmohn. Beitrag zur Möglichkeit seiner Gewinnung. *Pharmazie* 13, 769—777.
- SCHNORR, H., 1967, z. n. BERGMANN, W. und P. NEUBERT, 1976: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse, S. 541. VEB, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- SCHÜLLER, H., 1972: Ertragsprognose durch Boden- und Pflanzenanalyse. *Landw. Forschung* 27, Sdhft. 2, 158—170.
- SEEHUBER, R. und M. DAMBROTH, 1983: Untersuchungen zur genotypischen Variabilität der Ertragskomponenten bei Lein, Mohn und Leindotter. *Landbauforschung Vökenrode* 33, 183—188.
- SPASENOSKI, M., 1979: The effect of sodium chloride and sodium sulphate on the production of alkaloids and content of some elements of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) *Radovi poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu* 31, 38—39.
- SYWOROTKIN, G. S., 1958, z. n. MENGEL, K., 1984: Über den Borgehalt von Pflanzen mit einem Milchsaftgefäßsystem. Spurenelemente in der Landwirtschaft. Akademie Verlag, Berlin.
- TEMPLE-SMITH, M. G., D. N. WRIGHT, J. C. LAUGHLIN and B. J. HOARE, 1983: Field response of poppies (*Papaver somniferum* L.) to lime application on acid krasnozems in Tasmania. *J. of Agricultural Science, Camb.* 100, 485—492.
- WALTER, H. und H. LIETH, 1967: Klimadiagramm — Weltatlas. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- WRAZIDLO, W., 1973: Unveröffentlichte Ergebnisse; z. n. BERGMANN, W. und P. NEUBERT, 1976: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse, S. 541. VEB, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- WUNDERLICH, G., 1960: Mohn. In Gerold's Handbuch d. Landwirtschaft, Band I, 2. Teil, Lieferung 7. Verlag Carl Gerold's Sohn, Wien.
- YADAV, R. L., R. MOHAN, R. SINGH and R. K. VERMA, 1984: The effect of application of nitrogen fertilizer on the growth of opium poppy in north central India. *J. of Agricultural Science, Camb.* 102, 361—366.

(Manuskript eingelangt am 22. Oktober 1992, angenommen am 16. Dezember 1992)

Anschrift der Verfasser:

Univ.-Doz. Dr. Anton EDELBAUER und Dipl.-Ing. Josef STANGL, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität für Bodenkultur, Abteilung Pflanzenernährung, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien