

Alkaloidgehalte im Schlafmohn (*Papaver somniferum L.*) und ihre Bedeutung bei der Gewinnung von Öl

REINHARD SEEHUBER

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

1. Einleitung

Der Mohn (*Papaver somniferum L.*) ist eine seit Jahrtausenden medizinisch genutzte Kulturart. Eines seiner Alkaloide, das Codein, wird auch noch heute für pharmazeutische Zwecke aus der Pflanze gewonnen, während sein bekannteres Alkaloid, das Morphin, meist synthetisch hergestellt wird. Der Mohn wurde aber auch schon immer zur Gewinnung des hochwertigen Öls in seinen Samen angebaut. Die Variabilität in Ertragsmerkmalen, im Ölgehalt und im Fettsäuremuster wurde von Seehuber (1984) berichtet. Dabei wurde herausgestellt, daß das Mohnöl mit einem Anteil von mehr als 70 % Linolsäure in der chemischen Industrie sicherlich Interesse finden könnte. Doch da die Nutzung des Öls allein die Rentabilität noch nicht hoch genug erscheinen läßt, wird im folgenden die Möglichkeit einer zusätzlichen Nutzung der Alkaloide diskutiert. Dabei soll vor allem die Gewinnung von Codein im Vordergrund stehen, da ein hoher Morphingehalt in Mohnpflanzen zu Mißbrauch führen könnte.

2. Syntheseweg der Alkaloide

Die Alkaloide von Mohn sind seit 180 Jahren intensiv untersucht worden, 1804 gelang die Isolierung des Morphins. Heute sind die chemischen Strukturen von mehr als 40 Alkalo-

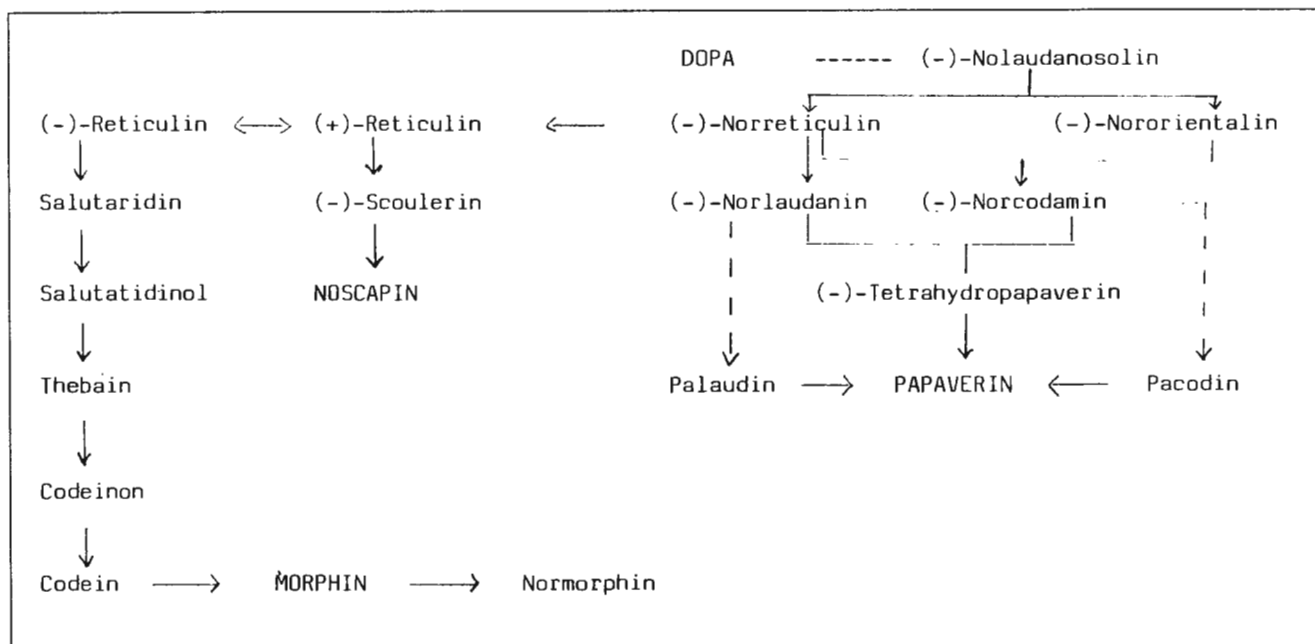
iden beschrieben worden. Biosynthetisch leiten sich die Opiumalkaloide von den aromatischen Aminosäuren Phenylalanin, Tyrosin und 3,4-Dihydroxyphenylalanin (DOPA) ab (Nyman & Hall, 1976). Aus der Abb. 1 wird deutlich, daß Codein die Vorstufe des unerwünschten Morphins ist. Da Morphin somit das natürliche Endprodukt ist, könnte es aufgrund des Syntheseweges schwierig sein, Formen mit hohem Codein- und niedrigem Morphingehalt zu finden.

Vagujfalvi u.a. (1966) stellten eine Unterteilung in Chemoconvarietäten vor, die in Abb. 2 wiedergegeben ist.

Danach wäre der Stamm "T-27" der von uns angestrebte Mohntyp, mit einer Alkaloidzusammensetzung, bei der das Codein den Hauptteil einnimmt, und das Morphin nur 10-20 % der Gesamtalkaloide ausmacht. Auch Tooke u.a. (1976) fanden unter kontrollierten Bedingungen einzelne Pflanzen der Sorte M-89 mit gleich hohem Codein- wie Morphingehalt, die er allerdings nicht erklären konnte. Schließlich fanden Heltmann & Arslan (1978) unter 47 Herkünften 4 Formen, die Codein als Hauptalkaloid besaßen.

Falls eigene Untersuchungen ergeben sollten, daß sich solche Stämme nur bedingt entwickeln lassen, gäbe es eine andere Möglichkeit, Stämme mit hohem Gehalt an Thebain zu

Abbildung 1: Schematisches Modell der Biosynthese von Morphinon- und einiger Isoquinolin-Alkaloide in *Papaver somniferum* (aus Nyman & Hansson, 1978)



entwickeln, das ein nicht narkotisches Alkaloid ist und genauso wie Morphin zu Codein weiterverarbeitet werden kann. Solche Stämme hätten dann einen sehr geringen Morphingehalt (Nyman, 1980). Nyman konnte auch nachweisen, daß die meisten Pflanzen mit Thebain als Hauptalkaloid einen rötlich gefärbten Latex bilden, so daß eine einfache Vorselektionsmethode auf hohen Thebaingehalt existiert. Der Nachteil dieser Pflanzen war allerdings, daß sie bisher einen niedrigen Samenertrag bei niedrigen Ölgehalten erbrachten.

3. Variabilität im Alkaloidgehalt

Da das Interesse des Instituts allein auf die Gewinnung der Alkaloide aus reifen Kapseln gerichtet ist, soll der Gehalt im Opium nicht berücksichtigt werden. Eine Vielzahl von Autoren, die nicht im einzelnen zitiert werden können, stellte fest, daß der höchste Alkaloidgehalt in den Kapseln ist und es sich nur noch bedingt lohnt, die 10 bis 15 cm Stengel unterhalb der Kapsel zu verwerten.

In Übersicht 1 werden die Autoren zusammengestellt, die die Variabilität vorwiegend im Morphingehalt aufgrund von Sortenunterschieden untersuchten. Das Maximum von 1,5 % in der Trockensubstanz von reifen Mohnkapseln fanden Kopp u.a. (1961); ansonsten lag der maximale Gehalt bei knapp 1 %. Die alten deutschen Sorten wie Strubes oder Mahndorfer haben einen recht hohen Morphingehalt. Der Codeingehalt wurde vergleichsweise selten untersucht. Bei den Mohnformen mit Morphin als Hauptalkaloid liegt er nur bei etwa 10 % des Morphingehaltes und ist somit auch analytisch schwieriger zu erfassen.

Heltmann & Arslan (1978) fanden eine Herkunft mit 0,32 % Codein, also eine Herkunft mit Codein als Hauptalkaloid.

Die Erträge an Alkaloiden setzen sich aus dem Produkt von Kapselertrag und Alkaloidgehalt zusammen. Doch auch die Berichte über Morphinerträge sind sehr gering (siehe Übersicht 2). So erhielten in einem zweijährigen Anbauversuch Heeger & Schröder (1959) mit der Sorte Mahndorfer,

die der DDR-Sorte Neuga entspricht, einen Morphinertrag von 4,17 kg/ha bei vollständig angenommener Ausbeute.

Die verschiedenen Versuchsergebnisse sind nur bedingt miteinander vergleichbar, da sie in unterschiedlichen Jahren, an verschiedenen Standorten (Schweden bis Australien) und mit verschiedenen analytischen Methoden gewonnen wurden. Zusammenfassend kann aber doch gesagt werden, daß eine genotypische Variabilität im Morphin- und Codeingehalt besteht, die züchtersich genutzt werden kann.

4. Beeinflussung des Alkaloidgehaltes durch Umweltbedingungen

Allgemein wird angenommen, daß im Norden wie z.B. Skandinavien die Morphingehalte niedriger und die Codeingehalte höher sind als im Süden wie z. B. in der Türkei. Doch es konnten keine wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse gefunden werden, die diese häufiger gemachten Aussagen bestätigten. Vermutlich beruht die Annahme auf starke Sorten x Standort - Interaktionen. Eine in der Türkei zur Opiumgewinnung angebaute Sorte kann für die Alkaloidgewinnung in Nordwesteuropa völlig uninteressant sein.

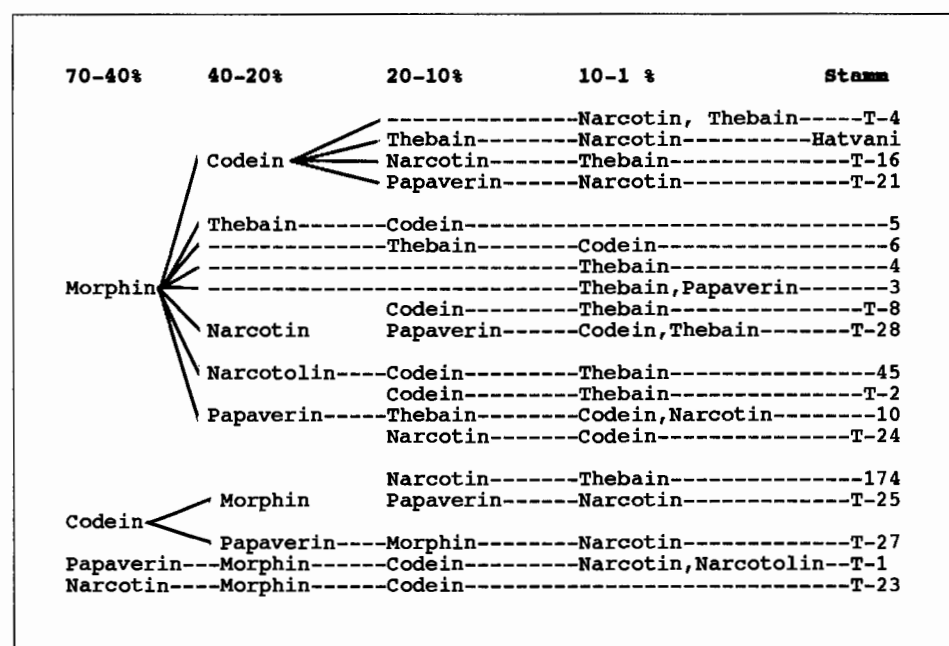
Auch die Sonnenscheindauer und die Niederschläge sollen den Alkaloidgehalt beeinflussen. In mehrjährigen Versuchen (Kopp, 1957; Schröder 1966; Voskerusa 1960) wurde festgestellt, daß in Jahren mit hoher Sonnenscheindauer die Morphingehalte aufgrund einer höheren Morphinproduktion höher waren. Bei reifenden Kapseln sollen Niederschläge die Alkaloide aus den Kapseln auswaschen, was in regnerischen Sommern zu erheblichen Verlusten führen kann. Ansonsten kann der Alkaloidgehalt durch übliche anbautechnische Maßnahmen wie Standraumzumessung und Düngung (Zoschke, 1962) beeinflusst werden.

Es konnten in der Literatur einzig bei Voskerusa (1960) rechnerisch ermittelte Korrelationen zwischen Alkaloidgehalt in trockenen Kapseln und anderen Merkmalen wie Ölgehalt oder Samenertrag gefunden werden. So bestand zwischen dem Ölertrag und dem Morphingehalt in den Kapseln eine gut gesicherte positive Korrelation, zwischen dem Ölgehalt und dem Morphingehalt war die Korrelation positiv aber statistisch nicht signifikant. Die Untersuchungen wurden mit 20 Sorten, die dreijährig angebaut worden waren, durchgeführt.

5. Ausblick

Die Nutzung des Mohns als gleichzeitige Rohstoffquelle für die chemische und pharmazeutische Industrie wird vor allem dadurch behindert, daß es keine intensiv züchterisch bearbeiteten Formen gibt, die hauptsächlich Codein und nicht Morphin als Hauptalkaloid synthetisieren. Dadurch besteht die große Gefahr, daß die Morphin-Typen als Quelle für die Drogenszene mißbraucht werden. Das Rauschgiftmittelgesetz verbietet den Mohnanbau nicht völlig wie etwa den Hanfanbau, sondern macht ihn nur genehmigungspflichtig. Da Mohn in

Abbildung 2: Die intraspezifische chemische Differenzierung bei Stämmen von *Papaver somniferum* L. (aus Vagujfalvi u.a., 1966)



Übersicht 1: Variabilität im Alkaloidgehalt nach Literaturangaben

Autoren	Material	n	Q	Variabilität im Gehalt der reifen Kapsel(%TS) an Morphin an Codein	
Andersson & Lööf, 1966	F1	47	1	0,36 - 0,62	
	"Flora II"	1	1	0,30	
Böhm, 1970	F2	16	1	0,13 - 0,99	
	F1	10	1	0,25 - 0,72	
	"Neuga"	1	1	0,52	
Danos, 1965	Stämme	4	1	0,20-0,52	0,015-0,055
Heeger & Schröder, 1959	"Mahndorfer"	1	2	0,47.0,70	
Heltmann & Arslan, 1978	Herkünfte	47	1	0,11-0,31	0,07-0,32
Heltmann & Silva, 1978	Zuchtlinien	5	1	0,52-0,58	
Hils, 1946	Sorten	44	1	0,18-0,57	
	Sorten	3	1		0,09-0,16
Hils & Rodwell, 1950	F2	31	1	0,2 - 0,7	
	F3	7	1	0,4-0,7	
	F5-Linien	9	1	0,46-0,72	0,15-0,26
Hlavackova, 1955	Sorten	17	1	0,09.0,48	
	F1	41	1	0.03-0,53	
Kleinschmidt & Mothes, 1958	Herkünfte	400	4	0,1 - 0,6	
	Individuen	1840	1	0,1 - 0,9	
Kopp u.a., 1961	Sorten	6	2	0,46-0,72	
	Stämme	8	1	-1,52?	
Küssner, 1940	Sorten	4	1	0,39-0,54	0,01-0,03
	"Strubes"	1	1	0,43	0,013
Niczulska, 1967	Sorten	6	1	0,38-0,58	
Voskerusa, 1960	Sorten	17	2	0,21-0,34	

n = Anzahl untersuchter Herkünfte
Q = Anzahl Untersuchungsjahre
F = Filialgeneration

Übersicht 2: Variabilität im Morphinertrag nach Literaturangaben

Autoren	Material	n	Q	Kapsel-ertrag (dt/ha)	Morphin-ertrag (kg/ha)
Heeger & Schröder, 1959	"Mahndorfer"	1	2	6,9	4,17
Heltmann & Silva, 1978	Zuchtlinien	5	1		3,60-4,20
Kopp u.a., 1961	Stämme	8	1		3,93-6,08

n = Anzahl untersuchter Herkünfte
Q = Anzahl Untersuchungsjahre

mehreren Ländern der EG angebaut wird, könnte er also gesetzlich problemlos auch in Deutschland angebaut werden. Wenn die projektierten Mohnanbauggebiete regional zusammenhängend angelegt werden, wäre die Gefahr des Mißbrauchs zwar nicht übermäßig groß, aber der sicherere und mittelfristig auch mögliche Weg wäre, Mohnformen zu züchten, die als Hauptalkaloid Codein besitzen.

Einfacher zu lösende Probleme des Mohnanbaues sind die Aussaat auf Endabstand und der Herbizideinsatz.

Bei einem Anbau derzeitiger vorhandener Formen könnten Samenerträge zwischen 20 und 25 dt/ha erzielt werden, was bei einem Ölgehalt von etwa 47 % Ölerträgen von 9,4 bis 11,75 dt/ha entspräche. Die Erträge an trockenen Kapseln betragen dann etwa 7 dt/ha. Bei einem ausgeprägten Codeintyp läge der Gehalt an Codein bei etwa 0,5 %, so daß zusätzlich rein rechnerisch 3,5 kg/ha Codein gewonnen werden könnten.

Alkaloid content in poppy (*Papaver somniferum L.*) and their importance in oil production

The using of poppy as a source of raw material for the chemical and pharmaceutical industry is mainly delayed by the fact that there aren't intensively bred varieties which mainly synthesize codein and not morphin as a main alkaloid. This means that there is the risk of danger in using this morphin types as a source for the drug scene. The drug law does not entirely forbid the cultivation of poppy like that of hemp. As poppy is cultivated in several countries of the European Community, it could legally be cultivated without problems in Germany, too. If the areas of cultivation were regionally together the risk of misuse wouldn't be very great. But the safer way would be to breed poppy varieties which contain codein as a main alkaloid.

Problems in cultivation of poppy which are more simple to solve are the sowing and the insertion of herbicides.

When cultivating actually existing varieties, a seed yield between 20 and 25 dt/ha could be obtained. Considering an oil content of about 47 %, this would mean an oil yield of 9.4 up to 11.75 dt/ha. The content of dry capsules will then be about 7 dt/ha. A strongly defined codein type would contain about 0.5 % codein so that mathematically another 3.5 kg/ha codein could be gained.

6. Literatur

- Andersson, G., und Löf, B., 1966. Erhöhung des Anbauwertes des Mohns durch Züchtung. Pharmazie 21, S. 240-245.
- Böhm, H., 1970. Ergebnisse und Möglichkeiten der Arbeit mit einem Arzneimohn. Planta Med. 19, S. 93-109.
- Danos, B., 1965. Wirkung der generativen Hybridisierung auf die Gestaltung des Alkaloidgehaltes des Mohns. 1. Mittlg. Untersuchung der F1-Generation. Pharmazie 20, S. 727-730.
- Heeger, E.F., und Schröder, H., 1959. Untersuchungen über die Morphinerträge bei *Papaver somniferum* unter mitteleuropäischen Anbauverhältnissen. Pharmazie 14, S. 228-233.
- Heltmann, H., und Arslan, O., 1978. Vergleichende Untersuchungen an verschiedenen Sorten und Herkünften von *Papaver somniferum* L. Acta Horticulturae 73, S. 27-34.
- Heltmann, H., und Silva, F., 1978. Zur Züchtung leistungsfähiger Inzuchtlinien für eine synthetische Mohnsorte. Herba Hungarica 17, S. 55-60.
- Hills, K.L., 1946. The suitability of a number of varieties of opium poppy for the production of morphine from the ripe capsule. J. Coun. Sci. Industr. Res. Austr. 19, S.177-186.
- Hills, K.L. und Rodwell, C.N., 1950. The recombination of some varietal characters in the opium poppy. Austral. J. Agric. Res. 1, S.118-131.
- Hlavackova, Z., 1955. Die Mohnzüchtung zwecks eines höheren Morphingehaltes (Tschechisch). Preslia 27, S. 368-382.
- Kleinschmidt, G., und Mothes, K., 1958. Zur Züchtung eines Arzneimohnes (*Papaver somniferum*). Pharmazie 13, S. 357-360.
- Kopp, E., 1957. Versuche zur Züchtung einer morphinreichen Mohnsorte. Pharmazie 12, S. 614-620.
- Kopp, E., Kotilla, E., Csedoe, K., und Matyas, S., 1961. Weitere Versuche zur Züchtung einer alkaloidreichen Mohnsorte. Pharmazie 16, S. 224-231.
- Küssner, W., 1940. Über den Alkaloidgehalt der Mohnkapseln. E. Mercks Jahresbericht 1940, S. 29-40.
- Miczulska, I., 1967. Heterosis effect in hybrids of certain varieties of poppy (*Papaver somniferum* L.) (Polnisch). Roczn. Nauk. Roln.. Ser. A., Rosln. 93, S. 197-204.
- Nyman, U., 1980. Alkaloid content in the F1 and F2 generations obtained from crosses between different chemoprovareties in *Papaver somniferum* L. Hereditas, Sweden 93, S. 115-119.
- Nyman, U., und Hall, O., 1974. Breeding oil poppy (*Papaver somniferum* L.) for low content of morphine. Hereditas, Sweden 86, S. 49-54.
- Nyman, U., und Hansson, B., 1978. Morphine content in *Papaver somniferum* L. as affected by the presence of some isoquinoline alkaloids. Hereditas, Sweden 88, S. 17-26.
- Schröder, H., 1966. Der Einfluß von Mineraldüngung und Standort auf Morphingehalte sowie andere qualitative und quantitative Merkmale des Mohns (*Papaver somniferum* L.). Pharmazie 21, S. 635-641.
- Seehuber, R., 1984. Genotypische Variabilität in Ertrags- und Qualitätsmerkmalen bei Mohn und Leindotter. Fette, Seifen, Anstrichmittel 86, S. 177-180.
- Tooke, H.L., Spencer, G.F., Grove, M.D. und Kwolek, W.F., 1976. Codeine and morphine in *Papaver somniferum* grown in controlled environments. Planta Med. 30, S. 340-348.
- Vagujfalvi, D., Tetenyi, P., und Loerincz, G., 1966. Intraspezifische chemische Sippen und Alkaloidbildung während der Ontogenese bei *Papaver somniferum* L. Abh. Deut.Akad.Wiss.Berlin Kl.Chem.Geol.Biol., S. 349-353.
- Voskerusa, J., 1960. Untersuchungen über den Morphingehalt in Mohnkapseln. Pharmazie 15, S. 552-558.
- Zoschke, M., 1962/63. Mineralstoffernährung und Morphingehalt bei *Papaver somniferum* L. Z.Acker- und Pflanzenbau 116, S. 317-326.

Verfasser: Seehuber, Reinhard, Dr. agr., Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL); Leiter: Prof. Dr. agr. Manfred Dambroth.