

Zdeňka Hlaváčková:

## Šlechtění máku na zvýšený obsah morfinu.

(Genetický ústav Karlovy university.)

Cennou a žádanou surovinou farmaceutického průmyslu je opium, z něhož se získává morfin a další v lékařství důležité alkaloidy (kodein, papaverin). Opium se až dosud dováží z Orientu. Je to zaslá mléčná šťáva, získaná z naříznutých nezralých makovic. K tomuto účelu se tam pěstuje t. zv. opiový mák, což jsou odrůdy *Papaver somniferum* L., vyznačující se nízkým vzrůstem, mělkým, málo se větvičím kořenem, silným voskovým povlakem na listech a krátkou vegetační dobou. Většinou se pěstuje forma bělokvětá s bílými semeny, někde též s fialovými květy, modrosemenná. Opiový mák má v mléčné šťávě vysoký obsah alkaloidů. U nás se pěstují různé odrůdy máku olejného. Tyto odrůdy jsou vyšlechtěny na vysoký výnos semene aspoň s průměrnou olejnatostí. Na obsah alkaloidů v mléčné šťávě se nehledělo. Přesto by bylo možno i z olejného máku získávat hodnotné opium, vhodné pro extrakci morfinu. To však není u nás realizovatelné pro vysoké náklady, jež by byly spojeny se získáváním opia. Proto výhodnější surovinou k získání morfinu je suché makovíní. Z 10 q suchých makovic je možno získat až 1 kg bezvodého morfinu. Obsah morfinu je závislý na odrůdě, klimatických podmínkách a na vhodné agrotechnice. Hodnota suchého makovíní jako suroviny je závislá na odrůdovém obsahu morfinu. Vyšlechtění odrůdy, která by kromě standardních hospodářských vlastností, t. j. vysokého výnosu semene a vysokého obsahu oleje, měla i zvýšený obsah morfinu v suchých makovicích, bylo by cenným přínosem našemu hospodářství. V této práci jsou shrnuty první výsledky šlechtění máku na zvýšený obsah morfinu v suchých makovicích. Shrnuje vyšetření sortimentu odrůd máku a jejich kříženců.

### Literatura

Otázka, zda jsou v suchých makovicích přítomny alkaloidy, především morfin a v jakém množství, není problémem posledních let. Existuje řada starších prací, které se zabývaly důkazem morfinu v máku a jeho částech a jeho kvantitativním stanovením. Tyto práce dnes, pro ne dosti přesnou metodiku, nemají praktický význam. Až teprve K a b a y v letech 1930—1934 zanalysoval vzorky suchých makovic z Maďarska, Polska a Jugoslavií a stanovil rozdíly v obsahu morfinu jak mezi jednotlivými vzorky, tak i mezi jednotlivými částmi rostliny. Zjistil, jako řada autorů po něm, že nejvyšší obsah má suchá makovice, pak následují teprve listy a lodyha. K a b a y navrhl též způsob extrakce opiových alkaloidů. F u c h s (1932) při stanovení procenta oleje a jodového čísla u různě zralých makovic analysoval zároveň makovice po stránce obsahu morfinu a zjistil, že nejvyšší obsah mají makovice polozralé (nezralá makovice 0,25 % morfinu, polozralá 0,40 %, zralá 0,30 %). O několik let později se otázkou obsahu morfinu jak jednotlivých odrůd z různých zemí, tak jednotlivých částí rostliny zabývali W u e s t a F r e y (1936). Nejvyšší obsah našli v suchých makovicích, a proto doporučili makovice jako základní materiál pro extrakci morfinu. Zároveň přezkoušeli K a b a y o v u metodu extrakce, odmítli ji jako ne dosti vhodnou a navrhli vlastní, novou a rychlou analytickou metodu. K u h n (1936) se v zevrubném pojednání o máku zmiňuje o výsledcích svých pokusů s pěstováním opiových odrůd máku a získáváním opia. H e e g e r (1939) se ve své práci zabýval

otázkou získání opia z domácích německých odrůd máku. Domácí zkoušené odrůdy měly až 23 % obsahu morfinu v opiu. Autor zjistil korelace mezi procentem morfinu a barvou semen a mezi procentem morfinu a tvarem makovic. Nejvyšší obsah morfinu v opiu měly máky se semeny stříbrošedými, pak následovala semena šedomodrá, nažloutlá, a nejnižší obsah měla semena bílá. Obsah morfinu klesal, čím protáhlejší byl tvar makovice. Dále autor zjistil silnou závislost obsahu morfinu na klimatu, především teplotě a srážkách, a na půdních podmínkách. V suchých a teplých letech byl obsah morfinu vysoký, za studených let se projevila značná deprese. Nepříznivě působily srážky na konci vegetační doby. Při hnojení, především dusíkem, obsah morfinu stoupl. Heeger proto předpokládá, že obsah morfinu v odrůdě je sice založen dědičně, ale závislý na půdních, klimatických a vyživovacích faktorech. Další Heegerova a Baue-rova práce (1940) se zabývá stejnou otázkou. Autoři zkoušeli zároveň výtvarnost a obsah opia při rozličných vnějších podmínkách. Determan (1940) studoval otázku závislosti počtu a velikosti mléčnic v tobolce na obsahu alkaloidů, především morfinu. Pracoval se čtyřmi odrůdami, které po zkoumání vlivu klimatických podmínek vylze v sedmi etapách po sobě. Nejvyšší obsah morfinu a alkaloidů vůbec prokázala odrůda Freudlův Libverdský ve všech čtyřech výsevech. U druhých odrůd autor zjistil, že vnější podmínky, vzniklé různou dobou výsevu, mohou způsobit obrácený poměr v obsahu alkaloidů. Mikroskopickým vyšetřením se ukázalo, že plocha mléčnic hlavního svazku cévního je v přímém kladném vztahu k obsahu alkaloidů. Kuessner (1940) analysoval rozličné domácí německé odrůdy máku na obsah morfinu, kodeinu, thebainu, papaverinu a narkotinu, aby získal základ pro výběr vhodných odrůd k pěstování. Zjistil při tom, že zralé makovice mají nejvyšší obsah morfinu (zelené makovice 0,261 %, polozralé 0,305 %, zralé 0,387 %). Při srovnávání jednotlivých částí rostliny ukázaly opět tobolky nejvyšší obsah (tobolka 0,345 %, horní část lodyhy 0,038 %, střední část 0,021 %, spodní část 0,018 %, kořen 0,032 %). Dále autor popsal rychlý způsob izolace morfinu a dalších čtyř alkaloidů. Shlediska chemie alkaloidů dělí odrůdy na dva typy. V jednom převládají alkaloidy struktury fenanthrenové (morfin, kodein, thebain), v druhém struktury isochininu (papaverin, narkotin, narcein). Autor je náhledu, že ačkoliv jsou odrůdy velmi rozdílného alkaloidního typu, zůstává poměr alkaloidů za různých podmínek pěstování v základě zachován. Ze zkoušených odrůd měl nejvyšší obsah Freudlův Libverdský mák a Dubský stříbrošedý.

Baggesgaard - Rasmussen (1945) se zabýval zjišťováním obsahu morfinu v jednotlivých částech rostliny během vegetační doby. Zjistil, že obsah morfinu v listech je nízký během celé vegetační doby (0,10 % v mladých listech, postupně klesá až na 0,02 %). Obsah morfinu v lodyze je po celou vegetační dobu poněkud vyšší než v listech. Obsah morfinu v tobolkách rychle stoupá až do polozrálosti makovic, kdy dosahuje výšky kolem 0,60 % morfinu, potom klesá. Autor vypočítal, že v 10 q makoviní je průměrně obsažen 1 kg bezvodého morfinu. Při sklizni 25 q makoviní z hektaru je tedy možno získat 2,5 kg bezvodého morfinu. Poethke a Arnold (1951) postupovali stejným způsobem. Analysovali během vegetační doby kořeny, listy, lodyhy a tobolky. Zároveň zjišťovali obsah morfinu v opiu, získaném z analysovaných odrůd, a procento oleje ze semen. Pokusy byly prováděny během dvou let. Autoři zjistili, že mladé kořeny mají vysoký obsah morfinu (0,30—0,45 %), který během vegetační doby klesá, poněkud stoupne za květu a opět klesne. Morfin v listech stoupá až do doby tvoření pupat, potom klesne. V lodyze obsah morfinu stoupá až do opadání korunních plátek, při dozrávání tobolek pak rychle klesá. V tobolkách byl obsah morfinu zjišťován v polozrálosti a zralosti. U všech odrůd byl v roce 1948 nejvyšší obsah morfinu v polozralých makovicích, v roce 1949 v zralých. Autoři to vysvětlují vnějšími vlivy, především povětrnostními. Poukazují na silné deštivé počasí při dozrávání makovic v roce 1948. Podobná je i práce Wagnerova (1951). Pracoval s odrůdou Peragis modrosemenná, která jednak, podle Kuessnera, patří k fenanthrenovému typu a obsahuje proto vysoký obsah morfinu, jednak neklade příliš vysoké nároky na podnebí a půdu. V malých rostlinkách byl morfin nalezen pouze v kořínkách, v pozdějších stadiu v lodyze, kde bylo pozorováno ubývání morfinu směrem k lodyžnímu vrcholu. Na začátku kvetení se těžiště přesunulo do hořejší třetiny lodyhy a po vytvoření tobolek do nich. Autor potvrdil Kuessnerův názor, že morfin v tobolkách s postupující zralostí přibývá. U suchých rostlin na poli byl zjištěn úbytek morfinu, patrně vlivem povětrnostních činitelů.

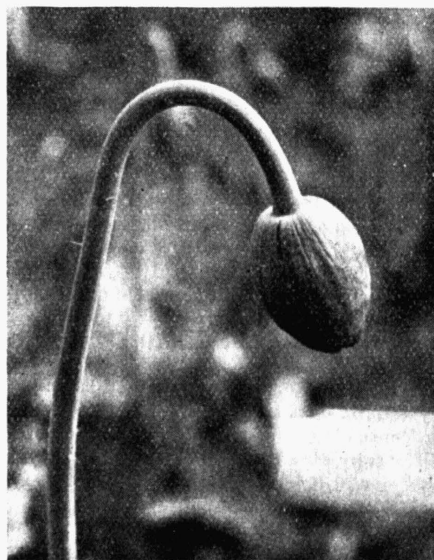
Všechny tyto práce se zabývaly pouhým zjištěním obsahu morfinu u různých již vyšlechtěných odrůd máku. U nás se stejným problémem zabývala Výzkumná a šlechtitelská stanice Sládkovičovo-Nový Dvůr (Ing. Sz a m ák). První část jeho pokusů shrnují Tomko a W ag en h o f e r (1951), kteří spolupracovali po chemické stránce. Kromě zjištění obsahu morfinu a vedlejších alkaloidů všech našich běžných šlechtěných odrůd byly analysovány i ozdobné zahradní máky dánské. Dále autoři prozkoumali obsah alkaloidů ze dvou po sobě jdoucích sklizní a pro přesný obraz rozložení alkaloidů v makovici zpracovali analyticky její jednotlivé části. Při srovnávání analys nezralých a zralých makovic zjistili, že nezralé makovice obsahují větší množství nafenolických alkaloidů než morfinu, zatím co u zralých je tomu opačně. Autoři předpokládají, že během dozrávání makovic tvoření morfinu se děje na újmu rozkládajících se

nefenolických alkaloidů. Dále autoři dokázali prakticky velmi důležitou věc, že totiž v suchých makovicích, vhodně uskladněných, obsah alkaloidů neklesá, jak bylo uváděno literaturou, a že je proto možno vzorky uchovávat libovolnou dobu, což má význam při tovární extrakci morfinu. Hills - Rodwell (1950) se snažili metodou křížení vyšlechtit odrůdu, jež by spojovala vlastnosti mrazuvzdornosti, nízkého vzrůstu, vysokého výnosu semene a vysokého obsahu morfinu v suchých makovicích. Tato jejich snaha však byla korunována jen částečným úspěchem.

Z uvedeného vyplývá, že pouze práce Hillse a Rodwella z roku 1951 a dosud nepublikovaná práce Ing. S z a m á k a (podle ústního sdělení) se zabývala cílevědomou snahou po vyšlechtění nové odrůdy se zvýšeným obsahem morfinu v suchých makovicích. Ostatní citované práce jsou vesměs práce fyziologické, jež se zabývaly rozdíly v obsahu morfinu během jejich vegetační periody a rozdíly obsahu morfinu v jednotlivých částech rostliny. Některé práce vyšetřovaly a srovnávaly procento morfinu u různých krajových odrůd, jejich výsledky jsou však vzhledem k tomu, že se jednalo o práce zahraniční, pro naše účely nepoužitelné. Základní význam pro naši práci mají publikace, jež prokázaly přítomnost morfinu v suchých makovicích a upozornily na jejich význam jako surovin pro získání morfinu. Jsou to práce K a b a y e, W u e s t a a F r e y e, K u e s s n e r a a druhých.



Obr. 1. Poupě odrůdy Dětenický bělosemenný.



Obr. 2. Poupě odrůdy Bulharský bílý.

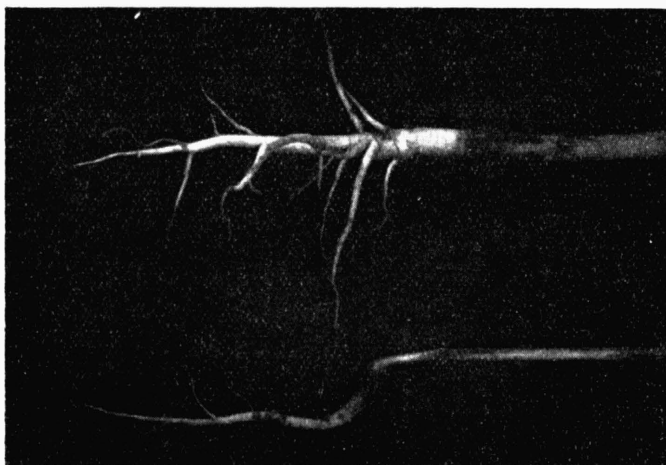
Vzhledem k neúplnosti těchto literárních údajů bylo nutno se zaměřiti především k zjištění obsahu morfinu našeho sortimentu máků a dostupných odrůd cizích pro výběr nejvhodnějších odrůd ke křížení. Další část práce pak zahrnuje analýsy kříženců a jejich potomstva.

Co se týče stanovení morfinu, většina metod, popsaných v literatuře, se zabývá určováním morfinu v opiu a farmaceutických přípravcích. K stanovení procenta morfinu v opiu se užívají nejčastěji metody gravimetrické a titrační, předpisované Pharmakopeemi (Faul 1916, Stucki 1932, Graenicher 1936, Fulton 1937 atd.). Refraktometrických a polari-metrických metod se dnes již neužívá. Pro stanovení malých množství morfinu, jak je tomu ve farmaceutických přípravcích a u biologického materiálu, se užívají ponejvíce metody kolori-metrické a fotometrické (David 1931, Cahen - Feuer 1939, Guarino 1949, Kal-voda - Z ý k a 1949, Wegner 1950, Cramer - Voerman 1950, Balák - Jindra 1950 atd.). Využívají barevné reakce morfinu, založené na snadné oxydaci sekundárně alko-holické skupiny. Metod je mnoho a jsou uvedeny a zhodnoceny v práci S v e n d s o n a (1948).

Kolorimetrické a fotometrické metody jsou dostatečně přesné a citlivé, předpokládají však dodržení dvou podmínek:

1. odstranění průvodních alkaloidů z výluhu, jelikož ovlivňují barevnou reakci,
2. nepřítomnost jiných barevných látek v reakčním roztoku.

Těchto obtíží je zbavena metoda polarografická, umožňující analýsu morfinu za přítomnosti průvodních alkaloidů. Polarografickým stanovením opiových alkaloidů se zabýval *Pech* (1934) a *Kirkpatrick* (1947). Podle *Hobzy-Šantavého* (1949) lze z alkaloidů opia polarograficky přímo stanovit narcein, protopin a kyselinu mekonovou. Metodu na stanovení morfinu polarograficky opracoval *Baggesgaard-Rasmussen* (1945). Podle jeho metody se morfin v kyselém prostředí převede působením dusitanu na nitrosomorfin a po zalkalisoání hydroxydem draselným se vzniklá draselná sůl nitrosoderivátu redukuje na rtuťové kapkové elektrodě při potenciálu  $-0,6$  V. Metoda byla přezkoušena *Březinou-Zumanem* (1952) a *Noskem-Krestýnovou* (1950) a ověřena. Upravené polarografické metody použili ve své práci kromě metody titrační *Tomko a Wagenhofer* (1951). Metoda polarografická tedy nejlépe splňuje požadavek rychlé, přesné a jednoduché analýsy, a tím se nejlépe hodí pro seriovou práci. Proto se jí v této práci používá.



Obr. 3. Nahoře kořen olejného máku (Dětenický bělosemenný), dole opiového máku (Bulharský bílý).

### Materiál a metodika

K pokusům byl vybrán jednak náš sortiment olejných odrůd máků, jednak některé cizozemské odrůdy olejné a opiové. Byly to tyto odrůdy:

1. Dvorského Azur — lodyha ochlupená, poupě protáhlé, hladké, na konci smáčknuté, se slabým anthokyanovým nádechem při základu kališních lístků, barva květů bílá s nádechem do fialova, líčko tmavě fialové, makovice podlouhlé, žluté, blizna stříškovitá, barva semen modrošedá.
2. Dětenický bělosemenný — lodyha ochlupená nebo hladká, poupě protáhlé, na špičce smáčknuté, barva květů červená s modrým líčkem, makovice žluté, kulaté, s vmáčkнутým dnem, blizna plochá až miskovitá, barva semen bílá.
3. Hanácký modrošedý — lodyha ochlupená, poupě oválné, na špičce smáčknuté, s anthokyanovým nádechem při základu kališních lístků, barva květů bílá s nádechem do fialova, tmavěfialové líčko, makovice oválné, blizna stříškovitá, barva semen modrá.
4. Hokešův stříbrošedý — jako předchozí odrůdy, makovice žluté, velké, oválné, blizna stříškovitá, semena šedá.

5. Chlumecký stříbrošedý — jako předchozí odrůdy, makovice žluté, kulaté, s vmáčknutým dnem, blizna miskovitá, semena šedá.
7. Libverdský — jako předcházející odrůdy, makovice žluté, velké, kulaté, blizna stříškovitá, semena šedá.
8. Zborovický — podobný předešlým, makovice žluté, kulaté, blizna plochá se zvednutými okraji, semena modrošedá.
9. Mansholtův — poupata protáhlá, silně se stran smáčknutá, barva květů bílá s tmavě fialovým líčkem, makovice žluté, kulaté s vmáčknutým dnem, blizna plochá, semena modrošedá.
10. Nobel — poupata se stran silně smáčknutá, barva květů bílá s fialovým žlínáním, tmavě fialové líčko, makovice žluté, kulaté, blizna plochá, semena šedomodrá.
11. Nordster — lodyha ochlupená, poupě oválné, květy bílé, tmavě fialové líčko, makovice žluté, kulaté, se zřetelným podélným rýhováním, blizna stříškovitá.
15. Bulharský bílý — lodyha nízká, hladká, listy šedozelené, mělce vykrajované, poupata kulaté oválná, hladká, na švech, spojujících plátky kališní, nažloutlá, květy čistě bílé, malé, makovice žluté, konického tvaru, blizna miskovitá, barva semen nažloutlá.
16. Bulharský fialový — jako u předcházející odrůdy, květy tmavě fialové s tmavším, málo zřetelným líčkem, barva semen šedomodrá.
17. Váhovecký — poupata protáhlá, na konci tupě smáčknutá, při základu kališních lístků anthokyanové zbarvení, květ tmavě růžový s namodralým líčkem, makovice kulaté oválné, blizna miskovitá.

Sortiment našich máků pocházel ze sbírky Genetického ústavu K. U., odrůdy holandské ze šlechtitelské stanice Kapelle-Biezelinge (Zeeland) a Westpolder (Groningen). Bulharský mák opiový a Váhovecký mák poskytla Výzkumná a šlechtitelská stanice Sládkovičovo-Nový Dvůr (Ing. Szamák).

Tento sortiment byl vyset v Praze na Genetické zahradě K. U., na Výzkumné a šlechtitelské stanici na Větrově, p. Nadějkov, v Botanické zahradě v Košicích a v Arboretu v Mlýňanech. Agrotechnický postup byl prováděn standardním způsobem obvyklým pro mák. V Praze a na Větrově byla provedena křížení pro získání hybridního materiálu, vhodného k dalšímu šlechtění. V Mlýňanech a Košicích byly prováděny paralelní pokusy, při nichž se sledovala závislost obsahu morfinu na klimatických podmínkách. Křížení a autogamie byly prováděny normálním způsobem (viz: Z. K o h o u t o v á 1953). Materiál byl sklizen ručně po jednotlivých rostlinách. Kříženci byli sklizeni odděleně a po vhodné úpravě uskladnění k dalšímu výsevu. U odrůd byl proveden popis tvaru makovic a blizny a zjištěna váha semen každé makovice. Po sklizni byly připraveny suché makovice k analýsám. Makovice byly očištěny a po ulámaní krků hrubě rozdrceny a vysušeny při 75 °C do konstantní váhy. Po vysušení byl materiál uskladněn v skleněných prachovnicích s bakelitovým uzávěrem a zaparafinován. K analytickým rozborům obsahu morfinu jednotlivých odrůd bylo přikročeno bez prodlení. Zvolená metoda zaručovala co možná nejrychlejší provádění serií analýs při zachování dostatečné přesnosti výsledků.

#### Postup analýsy:

10 g vysušeného, rozdrceného vzorku bylo rozemleto na elektrickém mlýnku, zn. Cyklon, na prach. Rozemletý vzorek byl nasypán do Erlenmayerovy baňky se zábrusem, zvlhčen 5 cm 35% uhličitanu sodného a přidáno 100 cm směsi n-butanolu a benzenu v poměru 7 : 3. Tato směs byla zahřívána pod zpětným chladičem po dobu jedné hodiny při 70 °C teploty na vodní lázni. Po hodině byl teplý roztok zfiltrován a na filtru usazený nános promýván teplou směsí butanolu s benzenem (7 : 3). Sjedené filtráty byly vytřepány n-kyselinou solnou. Výtřepky byly odpařeny na 50 cm. Potom byl vzorek přelit do hnědé lékovky se zabroušenou zátkou. Větší serie vzorků byly pak polarografovány. Polarografováno bylo v Polarografickém ústavu ČSAV na Heyrovského polarografu.

Postup práce při polarografování:

Ke 3 ccm vzorku bylo přidáno 2 ccm n-kyseliny solné a 2 ccm m-dusitanu sodného a roztok byl ponechán po dobu 5 minut při laboratorní teplotě. Pak byly přidány 3 ccm 20% hydroxydu draselného a 1 ccm 0,25% gelatiny. Tento roztok byl polarografován v Kalouskově nádobce po probublání dusíkem proti nasycené kalomelové elektrodě při katodické polarisaci rtuťové kapkové elektrody. Napětí akumulátoru bylo 4V, citlivost 1/100, 1 drát. Na každém polarogramu byl zároveň zachycen standard, připravený za stejných podmínek z čistého hydrochloridu morfinu.

## Experimentální část.

Uvedené odrůdy byly vysety v roce 1953 v Praze dne 26. března. V červnu byla provedena reciproká křížení holandských a bulharských odrůd s naším sortimentem. Před sklizní bylo provedeno měření výšky rostlin jednotlivých odrůd a zjištěn počet makovic na rostlině. Sklizeň, příprava materiálu a analýsy byly provedeny způsobem popsáním v metodice.

Výsledky analys obsahu morfinu jednotlivých odrůd jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. 1.

| Odrůda                | Číslo | Praha 1953<br>% morfinu | Praha 1954<br>% morfinu |
|-----------------------|-------|-------------------------|-------------------------|
| Dvorského Azur        | 1     | 0,277                   | 0,146                   |
| Dětenický bělosemenný | 2     | 0,311                   | 0,486                   |
| Hanácký modrosemenný  | 3     | 0,289                   | 0,186                   |
| Hokešův stříbrošedý   | 4     | 0,306                   | 0,203                   |
| Chlumecký             | 5     | 0,444                   | 0,321                   |
| Libverdský            | 7     | 0,444                   | 0,321                   |
| Zborovický            | 8     | 0,300                   | 0,188                   |
| Mansholtův            | 9     | 0,611                   | 0,374                   |
| Nobel                 | 10    | 0,378                   | 0,238                   |
| Nordster              | 11    | 0,683                   | 0,474                   |
| Bulharský bílý        | 15    | 0,344                   | 0,151                   |
| Bulharský fialový     | 16    | 0,244                   | 0,088                   |
| Váhovecký             | 17    | —                       | 0,233                   |

Obsah morfinu jednotlivých odrůd máku podle analys z roku 1953 a 1954. Průměrné vzorky vždy ze 100 makovic.

V roce 1954 (26. března) byl v Praze opakován výsev odrůd společně s výsevem kříženců ( $F_1$ ), získaných v roce 1953. Za květu byly provedeny autogamie odrůd i kříženců. Výsledky analys obsahu morfinu jsou shrnuty v tabulce č. 1 pro srovnání s rokem 1953, analýsy kříženců v tabulce č. 2.

Na Větrově byl v roce 1953 proveden paralelní výsev odrůd dne 23. dubna. Křížení byla prováděna v červenci. Jelikož za květnových nočních mrazů obě bulharské odrůdy vymrzly, byla provedena pouze křížení holandských odrůd s naším sortimentem a náhradou přivzata do pokusu odrůda Váhovecký (č. 17). Před sklizní bylo opět provedeno měření výšky rostlin jednotlivých odrůd a stanovení počtu makovic na rostlině. Analýsy obsahu morfinu

Tab. 2. — Praha 1954

| Kříženec | % morfinu | Mateřská odrůda<br>% morfinu | Otcovská odrůda<br>% morfinu |
|----------|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 1 × 9    | 0,208     | 0,146                        | 0,374                        |
| 11 × 16  | 0,528     | 0,474                        | 0,088                        |
| 16 × 11  | 0,164     | 0,088                        | 0,474                        |
| 15 × 3   | 0,147     | 0,151                        | 0,186                        |
| 3 × 15   | 0,109     | 0,186                        | 0,151                        |
| 15 × 9   | 0,150     | 0,151                        | 0,374                        |
| 15 × 16  | 0,136     | 0,151                        | 0,088                        |
| 16 × 15  | 0,130     | 0,088                        | 0,151                        |
| 15 × 4   | 0,132     | 0,151                        | 0,203                        |
| 16 × 8   | 0,065     | 0,088                        | 0,188                        |
| 8 × 16   | 0,107     | 0,188                        | 0,088                        |
| 7 × 2    | 0,158     | 0,321                        | 0,486                        |
| 1 × 15   | 0,135     | 0,146                        | 0,151                        |
| 15 × 1   | 0,116     | 0,151                        | 0,146                        |
| 10 × 11  | 0,346     | 0,238                        | 0,474                        |
| 10 × 16  | 0,110     | 0,238                        | 0,088                        |
| 11 × 8   | 0,185     | 0,474                        | 0,188                        |
| 15 × 2   | 0,200     | 0,151                        | 0,486                        |
| 2 × 15   | 0,100     | 0,486                        | 0,151                        |
| 15 × 11  | 0,201     | 0,151                        | 0,474                        |
| 10 × 8   | 0,173     | 0,238                        | 0,188                        |
| 16 × 3   | 0,142     | 0,088                        | 0,186                        |
| 3 × 16   | 0,122     | 0,186                        | 0,088                        |
| 15 × 5   | 0,162     | 0,151                        | 0,321                        |
| 16 × 2   | 0,109     | 0,088                        | 0,496                        |
| 2 × 16   | 0,162     | 0,486                        | 0,088                        |
| 3 × 11   | 0,173     | 0,186                        | 0,474                        |
| 4 × 16   | 0,148     | 0,203                        | 0,088                        |
| 1 × 2    | 0,129     | 0,146                        | 0,486                        |
| 2 × 11   | 0,244     | 0,486                        | 0,474                        |
| 11 × 2   | 0,190     | 0,474                        | 0,486                        |
| 11 × 5   | 0,333     | 0,474                        | 0,321                        |
| 16 × 4   | 0,144     | 0,088                        | 0,203                        |
| 16 × 7   | 0,106     | 0,088                        | 0,321                        |
| 15 × 8   | 0,096     | 0,151                        | 0,188                        |
| 8 × 15   | 0,196     | 0,188                        | 0,151                        |
| 16 × 5   | 0,033     | 0,088                        | 0,321                        |
| 15 × 7   | 0,156     | 0,151                        | 0,321                        |
| 11 × 7   | 0,297     | 0,474                        | 0,321                        |
| 11 × 4   | 0,378     | 0,474                        | 0,203                        |
| 9 × 16   | 0,142     | 0,374                        | 0,088                        |

Obsah morfinu  $F_1$  kříženců z pražské sklizně 1954. Průměrné vzorky vždy z 50 makovic. Pro srovnání jsou uvedeny obsahy morfinu mateřské a otcovské odrůdy z pražské sklizně téhož roku.

byly opět provedeny způsobem popsáním v metodice. Výsledky analys jednotlivých odrůd jsou uvedeny v tabulce č. 3. V roce 1954 byl na Větrově 21. května opakován výsev odrůd společně s výsevem jejich kříženců ( $F_1$ ). Za květu byly provedeny autogamie odrůd i kříženců. Výsledky analys odrůd jsou shrnuty v tabulce č. 3 pro srovnání s rokem 1953, analysy kříženců v tabulce č. 4.

Tab. 3.

| Odrůda                | Číslo | Větrov 1953<br>% morfinu | Větrov 1954<br>% morfinu |
|-----------------------|-------|--------------------------|--------------------------|
| Dvorského Azur        | 1     | 0,225                    | 0,068                    |
| Dětenický bělosemenný | 2     | 0,275                    | 0,122                    |
| Hanácký modrosemenný  | 3     | 0,325                    | 0,057                    |
| Hokešův stříbrošedý   | 4     | 0,410                    | 0,312                    |
| Chlumecký             | 5     | 0,410                    | 0,209                    |
| Libverdský            | 7     | 0,560                    | 0,145                    |
| Zborovický            | 8     | 0,275                    | 0,099                    |
| Mansholtův            | 9     | 0,425                    | 0,057                    |
| Nobel                 | 10    | 0,375                    | 0,224                    |
| Nordster              | 11    | 0,400                    | 0,193                    |
| Váhovecký             | 17    | 0,445                    | 0,239                    |

Obsah morfinu jednotlivých odrůd podle analys větrovské sklizně z roku 1953 a 1954. Průměrné vzorky vždy ze 100 makovic.

Tab. 4. — Větrov 1954

| Křížence | % morfinu | Mateřská odrůda<br>% morfinu | Otcovská odrůda<br>% morfinu |
|----------|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 10 × 8   | 0,151     | 0,224                        | 0,099                        |
| 17 × 5   | 0,328     | 0,239                        | 0,209                        |
| 5 × 17   | 0,247     | 0,209                        | 0,239                        |
| 17 × 4   | 0,333     | 0,239                        | 0,312                        |
| 4 × 17   | 0,242     | 0,312                        | 0,239                        |
| 17 × 1   | 0,200     | 0,239                        | 0,068                        |
| 3 × 17   | 0,221     | 0,057                        | 0,239                        |
| 7 × 17   | 0,203     | 0,145                        | 0,239                        |
| 17 × 11  | 0,320     | 0,239                        | 0,193                        |
| 7 × 2    | 0,169     | 0,145                        | 0,122                        |
| 2 × 7    | 0,333     | 0,122                        | 0,145                        |
| 17 × 8   | 0,172     | 0,239                        | 0,099                        |
| 8 × 17   | 0,293     | 0,099                        | 0,239                        |
| 2 × 17   | 0,285     | 0,122                        | 0,239                        |

Obsah morfinu  $F_1$  kříženců z větrovské sklizně 1954. Průměrné vzorky vždy z 50 makovic. Pro srovnání uvedeny obsahy morfinu rodičovských odrůd.



Pro zjištění variability obsahu morfinu v suchých makovicích v rámci odrůdy a křížence byly provedeny analýsy makovic jednotlivých rostlin u odrůd Dětenický bělosemenný a Váhovecký, a křížence Dětenický  $\times$  Váhovecký ( $2 \times 17$ ). Byl použit materiál z výsevu na Větrově v roce 1954. Analýsováno bylo po 20 rostlinách z každého vzorku. Výsledky byly zpracovány biometrickými metodami (H r u b ý 1951), byl zjištěn průměr se svou střední chybou a stanovena standardní deviace. Neprůkaznost rozdílů obsahu morfinu jednotlivých rostlin byla ověřena t-testem.

#### Biometrické zhodnocení:

|               | 17 Váhovecký | 2 Dětenický | Kříženec $2 \times 17$ |
|---------------|--------------|-------------|------------------------|
| $\bar{x}$     | 0,240 ‰      | 0,119 ‰     | 0,286 ‰                |
| $s_{\bar{x}}$ | 0,023        | 0,017       | 0,006                  |
| s             | 0,104        | 0,076       | 0,084                  |
| t             | 0,257        | 0,197       | 0,850                  |
| P             | 0,80         | 0,90        | 0,40                   |

$\bar{x}$  = průměr obsahu morfinu v ‰,  $s_{\bar{x}}$  = střední chyba, s = standardní deviace, t = poměr difference dvou průměrů k příslušné střední chybě, P = pravděpodobnost příslušející k hodnotě t, hranice průkaznosti zvolena P = 0,05.

Ověření průkaznosti diferencí v obsahu morfinu (v ‰) mezi oběma odrůdami a jejich křížencem:

| Odrůda 2 a 17 | 2 a $2 \times 17$ | 17 a $2 \times 17$ |
|---------------|-------------------|--------------------|
| t = 4,10      | t = 6,50          | t = 1,54           |
| P = 0,001     | P = 0,0001        | P = 0,35           |

Průkazný rozdíl je mezi oběma odrůdami a mezi mateřskou odrůdou (2) a křížencem. Mezi otcovskou odrůdou a křížencem je rozdíl neprůkazný.

Stran sledování vlivu různých klimatických podmínek na obsah morfinu v suchých makovicích odrůd bylo provedeno jejich vysetí v roce 1954 ještě v Košicích a v Mlýňanech. Rozdíly v klimatických podmínkách těchto míst jsou zřejmy z tabulky.

| Místo             | Průměrné srážky | Průměrná teplota |
|-------------------|-----------------|------------------|
| Praha-Klementinum | 480 mm          | 9,3 °C           |
| Sedlec-Branišov   | 773 mm          | 6,3 °C           |
| Košice            | 601 mm          | 8,2 °C           |
| Zlaté Moravce     | 632 mm          | 9,1 °C           |

Průměrné srážky za období 1876—1925, průměrné teploty za období 1901—1930.

Zpracování materiálu bylo provedeno analogicky jako u materiálu z Prahy a Větrova.

Výsledky analys obsahu morfinu z těchto výsevů jsou uvedeny v tab. č. 6 společně s výsledky z Prahy a Větrova r. 1954 pro srovnání.

Tab. 6. — 1954

| Číslo odrůdy | Praha<br>% morfinu | Větrov<br>% morfinu | Košice<br>% morfinu | Mlýňany<br>% morfinu |
|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 1            | 0,146              | 0,068               | 0,265               |                      |
| 2            | 0,486              | 0,122               | 0,280               | 0,256                |
| 3            | 0,186              | 0,057               | 0,273               |                      |
| 4            | 0,203              | 0,312               | 0,288               | 0,279                |
| 5            | 0,321              | 0,209               | 0,380               | 0,321                |
| 7            | 0,321              | 0,145               | 0,364               |                      |
| 8            | 0,188              | 0,099               | 0,178               |                      |
| 9            | 0,374              | 0,057               | 0,349               |                      |
| 10           | 0,238              | 0,224               | 0,310               | 0,238                |
| 11           | 0,474              | 0,193               | 0,403               | 0,421                |
| 15           | 0,151              |                     | 0,225               |                      |
| 16           | 0,088              |                     | 0,155               |                      |
| 17           | 0,233              | 0,239               | 0,302               | 0,333                |

Srovnání obsahu morfinu odrůd z jednotlivých míst v roce 1954. Průměrný vzorek vždy ze 100 makovic.

### Zhodnocení výsledků a diskuse.

Většina autorů se shoduje v názoru, že vnější podmínky mají silný vliv na obsah alkaloidů (K u h n 1936, H e e g e r 1939, H e e g e r a B a u e r 1940, D e t e r m a n 1940, P o e t h k e a A r n o l d 1951 atd.). Jsou to jednak podmínky půdní. Vysoký obsah alkaloidů je závislý na vhodné agrotechnice, zejména hnojení. Zvláště důležitý je obsah dusíku v půdě. To je snadno pochopitelné, jsou-li alkaloidy vedlejšími produkty při synthese bílkovin. Ještě větší význam mají podmínky klimatické, zejména teplota a množství srážek. Uvádí se, že menší množství srážek koncem vegetační doby příznivě ovlivňuje obsah alkaloidů (H e e g e r 1939, H e e g e r a B a u e r 1940). Studený rok snižuje obsah alkaloidů. Tyto údaje byly potvrzeny i výsledky rozborů z let 1953—1954. Vegetační sezona 1953 byla normální. Naproti tomu v roce 1954 bylo abnormálně studené a deštivé léto. Přes zpožděný výsev, zaviněný dlouhou zimou, měly rostliny až do květu zhruba normální klimatické podmínky. Poslední fáze kvetení a pak prakticky celá doba dozrávání makovic však probíhala v neobvyklém vlhku a chladnu. Tyto podmínky se projeví na obsahu morfinu v roce 1954. Zatím co obsah morfinu v roce 1953 jak v Praze, tak na Větrově byl dosti vysoký a zhruba odpovídal údajům v literatuře (T o m k o a W a g e n h o f e r 1951), v roce 1954 se ukázal podstatně nižší i v Praze i na Větrově. Markantní rozdíl se projevil na Větrově, kde byl výsev pro dlouhotrvající zimu proveden se značným zpožděním a vegetační cyklus máku byl tím posunut, takže sklizeň probíhala až v polovině října. Následkem dešťů v této době došlo k částečnému vyklíčení semen v makovicích. Vlhko mělo podstatný vliv na snížení obsahu morfinu

u všech odrůd. Podle očekávání výhodnější klimatické podmínky Košic a Mlýňan — méně srážek a vyšší teploty na konci vegetační periody — proti Praze a zejména proti Větrovu se i v roce 1954 projeví vyšším obsahem morfinu takřka u všech odrůd.

Heeger (1939) dospívá při svých pokusech s německými odrůdami máku k názoru, že obsah morfinu je závislý na genotypu odrůdy. Přes silný vliv klimatických podmínek zjistil korelace mezi obsahem morfinu a barvou semen a tvarem makovic. K u e s s n e r (1940) stanovil mezi německými odrůdami máku dva typy podle příslušnosti převažujícího množství alkaloidů k struktuře fenanthrenové nebo isochinolinové. Poměr alkaloidů jednotlivých odrůd zůstal stejný i při pěstování v různých podmínkách. Hills a Rodwell (1951) při křížení dvou variet *Papaver somniferum*, var. *subspontanum* a var. *indicum* dospěli k závěru, že obsah morfinu je znakem polymerně založeným a geneticky fixovaným. K ověření literárních údajů byly provedeny analýsy suchých makovic z dvaceti rostlin odrůd Dětenický bělosemenný (2), Váhovecký (17) a jejich křížence Dětenický  $\times$  Váhovecký. Výsledky rozborů (tab. 5) potvrdily údaje o genotypové fixaci obsahu morfinu v jednotlivých odrůdách. Jak vyplývá z výpočtu variability obsahu morfinu u jednotlivých rostlin, projevuje se zde v rámci odrůdy plynulá variabilita. Stanovení t-testu prokázalo stejnorodost materiálu.

Tomko a Wagenhofer (1951) zpracovali analyticky odrůdy máku, jež jim poskytla Výzkumná a šlechtitelská stanice Sládkovičovo-Nový Dvůr. Podle jejich zjištění obsah morfinu našich šlechtěných odrůd je poměrně vysoký. Naše analýsy potvrdily zjištění Tomka a Wagenhfera, že naše odrůdy mají za vhodných podmínek pěstování vysoký obsah morfinu. Nejvyšší obsah morfinu ukázaly šlechtěné odrůdy holandské, Nordster (0,683 %) a Mansholtův (0,611 %). Z našich odrůd nejvyšší obsah měly odrůdy Chlumecký (0,444 %), Libverdský (0,444 %), Dětenický (0,311 %) a Hokešův (0,306 %). Holandská odrůda Nobel prokázala obsah morfinu zhruba odpovídající našim odrůdám (0,378 %). Hodnocení odrůd bylo provedeno podle analýs pražské sklizně roku 1953, kdy podmínky pěstování byly normální. Na Větrově se v téže roce vlivem vyšší polohy (chladnější a vlhčí klima) ukázaly nižší výsledky v obsahu morfinu u holandských odrůd (Nordster 0,400 %, Mansholtův 0,425 %, Nobel 0,375 %). Naše odrůdy se projeví přibližně stejně jako v Praze. Nejvyšší obsah morfinu měl Libverdský (0,560 %), Váhovecký (0,445 %), Hokešův a Chlumecký (0,410 %). Obsah morfinu v roce 1954 pro abnormální podmínky, jak bylo již výše uvedeno, jest nižší, pořadí odrůd však zůstává stejné jako v roce 1953. Jen odrůda Dětenický bělosemenný vykazovala výjimečně vysoký obsah (0,486 %) a umístila se na prvním místě. Tento vysoký obsah vznikl zřejmě shodou náhodných příznivých podmínek, protože všechny ostatní analýsy této odrůdy ze Stupic, Košic a Mlýňan ukázaly výsledky nižší, odpovídající obsahu morfinu uvedených analýs z roku 1953. V Košicích bylo toto pořadí: Nordster (0,403 %), Chlumecký (0,380 %), Libverdský (0,364 %), Mansholtův (0,349 %), Nobel (0,310 %) a Váhovecký (0,302 %). Odrůda Nordster ukázala i v Mlýňanech nejvyšší obsah (0,421 %). Na základě výše uvedených výsledků lze stanovit toto pořadí odrůd co do obsahu morfinu v našich podmínkách: Nordster, Mansholtův, Libverdský, Chlumecký, Váhovecký, Hokešův. Bulharské opiové máky ukázaly v našich podmínkách jen průměrné výnosy morfinu. K vyšší produkci morfinu by zřejmě potřebovaly vyšší průměrné teploty během vegetace, což

potvrzují výsledky analys z Košic. Jsou to odrůdy málo odolné vůči mrazu a drsnějšímu klimatu, jak se ukázalo na Větrově, kde po oba roky, 1953 a 1954, vymrzly. Kříženci byli dosud analysováni pouze v  $F_1$ . Jak vyplývá z tabulky č. 2, vysoký obsah morfinu se projevil u kříženců odrůd, jež samy mají vysoký obsah morfinu. Jako nejlepší se ukázali kříženci s odrůdou Nordster, jež má nejvyšší obsah morfinu. Křížení této odrůdy s odrůdami Mansholtův, Nobel, Dětenický, Hokešův, Chlumecký a Libverdský, jež mají vysoký obsah morfinu, poskytlo křížence s nejvyšším obsahem morfinu vzhledem k ostatním. Na Větrově se poměry kříženců lišily. Ve většině případů měli kříženci vyšší obsah morfinu než vyšší z rodičů. Na základě dosavadních výsledků však nelze rozhodnouti, jedná-li se zde o heterosi. Výsledky jak v Praze tak na Větrově mohou být silně ovlivněny nepříznivými klimatickými podmínkami. Z větrovské sklizně se nejlépe osvědčili kříženci odrůdy Váhovecký (17), zejména s odrůdami Hokešův, Chlumecký a Nordster.

Kříženci s vysokým obsahem morfinu jsou základem k dalším analysům v  $F_1$ , jež jsou pokračováním této práce.

## Závěry.

1. Byly ověřeny údaje autorů o vlivu vnějších podmínek na obsah alkaloidů v suchých makovicích *Papaver somniferum* L. Především větší množství srážek a nízká průměrná teplota na konci vegetační doby nepříznivě ovlivňují obsah alkaloidů.
2. Byly ověřeny údaje autorů o závislosti obsahu alkaloidů na genotypu odrůdy. Vyšetřením variability obsahu morfinu dvou odrůd a jejich křížence bylo zjištěno, že se jedná o plynulou variabilitu. Rozdíly mezi odrůdami byly jasně průkazné, u křížence se ukázala neúplná dominance vyššího z rodičů.
3. Vyšetřením odrůd *Papaver somniferum* L. na obsah morfinu bylo zjištěno: naše šlechtěné odrůdy mají za vhodných podmínek pěstování poměrně vysoký obsah morfinu. Nejvyšší obsah prokázaly šlechtěné odrůdy holandské. Opiový mák bulharský má v našich podmínkách nízký obsah morfinu v makovicích.
4. Vyšetřením  $F_1$  kříženců odrůd bylo zjištěno, že nejvyšší obsah mají kříženci odrůd, jež samy mají vysoký obsah morfinu.

## Seznam literatury.

- Balák F.—Jindra A. (1950): Fotometrické stanovení morfinu za užití diazoniových solí. Čas. čes. lékár. 63 : 125—136.
- Baggesgaard—Rasmussen, Kjeld Ilver (1945): Orienterende Undersogelser over Morfinindholdet i Papaver somniferum under plantens vækst. Dansk Tids. Farm. 19 : 71—105.
- Baggesgaard—Rasmussen, Hahn C., Ilver Kjeld (1945): Kvantitativ bestemmelse af Morfin VII. Polarografisk bestemmelse af Morfin. Dansk. Tids. Farm. 19 : 41—64.
- Březina M. — Zuman P. (1952): Polarografie v lékařství, biochemii a farmacii. Praha, Zdrav. nakl. 1952.
- Cahen R., Feuer H. (1939): Mikromethode zur elektrophotometrischen Bestimmung des Morphins. C. R. hebdomadaire des Seances Acad. 208. 1907—10. 12/6.
- Cramer J. S. N., Voerman J. G. (1950): Colorimetric determination of Morphine. Acta Pharm. Intern. Vol. I.: 219—224.
- David L. (1931): Über eine neue Methode zur Bestimmung von Morphin. Pharm. Ztg.: 706—708, 20/6.

- Determann W. (1940): Über Zusammenhänge zwischen Alkaloidgehalt und Zahl u. Grösse der Milchröhren in den Kapseln von *Papaver somniferum* L. Ein Beitrag zur Züchtung des Mohnes auf hohen Alkaloidgehalt. *Z. f. Pflanzenzüchtung* 23 : 371.
- Faul M. (1916): Über die quantitative Bestimmung des Morphins. Lipsko 1916.
- Fulton Ch. C. (1937): Die hauptsächlichen chemischen Proben auf Morphin. *Amer. J. Pharm.* 109 : 219—240.
- Fuchs L. (1932): Untersuchungen an *Fructus Papaveris* in verschiedenen Reifestadien. *Pharm. Mh.* 13 : 223—225.
- Granicher F. (1936): Über die Bestimmung des Morphins im Opium. Trossingen 1936.
- Guarino S. (1949): A new method for the quantitative estimation of morphine in simple solutions, mixtures a. opium extracts. *Exc. Med.* II. 2 : 1062.
- Heeger E. F. (1939): Sortenkundliche Untersuchungen zur Frage der Opiumgewinnung in Deutschland. *Forsch.-Dienst* 8 : 508.
- Heeger E. F., Bauer K. H. (1940): Untersuchungen über den Morphingehalt der zum Handel zugelassenen u. einiger anderen Mohnsorten u. die Möglichkeit der Opiumgewinnung. *Lanw. Jb.* 90 : 397.
- Hills L. K., Rodwell C. N. (1950): The Recombination of some varietal characters in the opium poppy. *Austral. Journ. of Agric. Res.* 1 : 118—131.
- Hobza J., Šantavý F. (1949): Polarografie opia, narceinu a kyseliny mekonové. *Čas. česk. lékár.* 62 : 86—89, v. p.
- Hrubý K. (1951): Variabilita a korelace v biologii. *Rozpr. II. tř. Č. A.* 60 (17) : 1—98.
- Chajt G. (1949): Kolorimetričeskij metod opredělenija morfina v složnych lekarstvennyh formach, soděržaščich opij. *Med. Prom.* 5 : 32.
- Kabay J. (1930): Production of Morphin by the Hungarian procedure. *Pharm. Mh.* 11 : 73—74.
- Kabay J. (1934): Production of opium alkaloids. *Ref. C. A.* 28 : 5182.
- Kalvoda R., Zýka J. (1949): O využití polarometrických titrací k stanovení malých množství morfinu. *Čas. česk. lékár.* 62 : 134—139, v. p.
- Kirkpatrick H. F. W. (1947): A polarographic Study of Alkaloids. *Quart. J. Pharm. Pharmacol.* 20 : 87—94.
- Kohoutová Z. (1953): Šlechtění máku s ohledem na olejnatost. *Preslia* 25 : 97—106.
- Kuhn V. (1936): Mák jako olejina a rostlina narkotická. Praha 1936.
- Küssner W. (1940): Über den Alkaloidgehalt der Mohnkapseln. *Merk's Jahresbericht* 54 : 29—40.
- Nosek J.—Krestýnová O. (1955): Polarografie morfinu. *Čas. česk. lékár.* 63 : 49—51.
- Pech J. (1934): The electro-reduction of some Alkaloids. *Collect. of Czech. chem. com.* 6 : 190—202.
- Poethke W., Arnold E. (1949): Über die Bestimmung des Morphins in Mohnkapseln. *Pharm. Zentralhalle D.* 88 : 1—5.
- Poethke W., Arnold E. (1951): Untersuchungen über den Morphingehalt der Mohnpflanze. *Die Pharmazie* 6 : 406—420.
- Poethke W., Arnold E. (1951): Über die Bestimmung des Morphins in Mohnkapseln u. anderen Teilen des Mohnpflanze. *Pharm. Zentralhalle* 90 : 145—151.
- Stucki W. (1932): Über eine neue Methode zur Bestimmung des Morphins im Opium. Zürich 1932.
- Svendsen A. B. (1948): Om kolorimetrisk bestemmelse an Morfin i Opium. *Dansk Tidssk. Farm.* 22 : 131—160.
- Tomko J., Wagenhofer E. (1951): Snahy o zvýšenie obsahu alkaloidov v makoviaciach. *Chem. zvesti* 5 : 393—401.
- Vessellovskaja A. M. (1933): Mak, jevo klassifikacija i značenie, kak masličnoj kultury. Leningrad 1933.
- Wegner E. (1950): Beitrag zur photometrischen Bestimmung der Mohnalkaloide. *Die Pharmazie* 5 : 33—35, 445—447.
- Wegner E. (1951): Die Morphinverteilung in der Mohnpflanze u. ihre Veränderungen im Laufe der Vegetationsperiode als Beitrag zur Physiologie dieses Alkaloides. *Die Pharmazie* 6 : 420—426.
- Wegner E. (1951): Beitrag zur photometrischen Bestimmung der Mohnalkaloide. *Die Pharmazie* 6 : 55—57.
- Wüst H. M., Frey A. J. (1936): Opiate aus Mohnstroh. *Festschr. E. C. Borell (Basel)* 1936 : 556—570.
- Žukovskij P. M. (1950): Kulturnyje rastěnija i jich sorodoči. Moskva 1950.

### Селекция мака для повышения содержания морфина.

Предлагаемая работа разбирает вопрос о селекции мака с целью повысить содержание морфина в сухих маковых коробочках. Для опытов были использованы отечественные культивированные сорта маков: Азур Дворского, Детеницкий белосемянный, Ганацкий сизый, серебристоседей Гокеша, Хлумецкий серебристоседей, Либвердский, Зборовицкий и Ваговецкий. Кроме того культивированные голландские сорта: Мангольт, Нобель, Нордстер, и два сорта опийного болгарского мака: Болгарский белый и фиолетовый. Для изучения влияния климатических условий ассортимент был высеян одновременно в Праге, в Ветрове (Чехия), в Кошицах и Млынянах (Словакия).

В течение первого года (1953) было проанализировано содержание морфина в сухих маковках сверху упомянутых сортов и произведено взаимное скрещивание голландских и болгарских сортов с ассортиментом.

В 1954 г. установлено содержание морфина у гибридов  $F_1$  и анализы повторены у сортов. Результаты анализа приведены в таблицах. Анализы произведены по Баггесгаарду-Расмуссену, приспособлены Бржезиной-Зуманом.

1) Было установлено сильное влияние внешних условий на количество морфина, прежде всего климатических условий, в частности количества осадков и средней температуры в течение вегетационного периода. Кроме того большое значение имеет правильная агротехника, особенно достаток питательных веществ. Таким образом проверены известные уже в литературе результаты.

2) Установлена зависимость присутствия морфина от генотипа сорта. Изучением изменчивости на основе биометрического анализа выяснено, что наличие морфина в рамках сорта означает постепенной кривой изменчивости.

При помощи Т-тестов установлены определенное различие между сортами, между тем как ценное значение в рамках породы взаимно не доказательно. Анализ показал, что присутствие морфина является не вполне доминантным признаком потомства. К тому же выводу можно прийти на основе исследования изменчивости гибрида.

3) Исследованием сортов *Papaver semniferum* L. было установлено, что сорта при благоприятных условиях культивирования, имеют сравнительно большее содержание морфина. Сравнительно самое высокое содержание морфина обнаруживается у культивированных голландских сортов, в частности у культивированного сорта Нордстер. Опийный болгарский мак в наших условиях имеет меньше морфина в маковках.

4) Изучением гибридов  $F_1$  было установлено наибольшее содержание морфина у тех гибридов, которые сами имеют высокое содержание морфина.

## Die Mohnzüchtung zwecks eines höheren Morphingehaltes.

Die vorgelegte Arbeit behandelt die Mohnzüchtung zwecks eines höheren Morphingehaltes in den trockenen Mohnköpfen. Zu den Versuchen wurden die folgenden heimlichen kultivierten Mohnsorten benützt: Dvorský's Azur, der weiszsamige Dětenický, der blaugraue Hanácký, Hokeš's silbergrauer Mohn, der silbergrau Chlumecký, Libverdský, Zborovický und Váhovecký. Ausserdem einige kultivierte holländische Sorten: Mansholt's, Nobel, Nordster und zwei bulgarische Opiummohnsorten: der weisse und der violette.

Zur Sicherstellung von klimatischen Bedingungen wurde das Sortiment in derselben Zeit in Prag, zu Větrov, Košice und Mlýňany ausgesät. Im ersten Jahre (1953) wurden die Analysen von Morphingehalt in den trockenen Mohnköpfen der obenangeführten Sorten und reziproke Kreuzungen der bulgarischen und holländischen Sorten mit unserem Sortiment durchgeführt. Im zweiten Jahre (1954) wurden die Morphinanalysen der  $F_1$  Bastarde durchgeführt und mit den Sorten wiederholt. Die Resultate der Analysen werden tabellarisch zusammengestellt. Die Analysen wurden durch die polarografische Baggesgaard-Rasmussen Methode, in Bearbeitung Březina-Zuman, durchgeführt.

1. Es wurde festgestellt, dass durch äussere Bedingungen der Morphingehalt stark beeinflusst wird. Es sind, in erster Reihe, klimatische Bedingungen, besonders die Niederschläge und die Durchschnittstemperatur während der Vegetationsperiode. Ausserdem von einer grossen Bedeutung ist die richtige Agrotechnik, besonders eine Fülle von Stickstoffnahrung. Dadurch wurden die sich in der Literatur befindlichen Angaben beglaubigt.

2. Es wurde weiter die Abhängigkeit des Inhalts des Morphins vom Genotyp der Sorte festgestellt. Durch die Untersuchung der Variabilität auf dem Grunde der biometrischen Analyse hat es sich gezeigt, dass der Morphingehalt im Rahmen der Sorte eine ununterbrochene Krümme darstellt. Durch t-Test wurde festgestellt, es gebe Ausweisdifferenzen unter den Sorten, im Gegenteil aber die Werte im Rahmen der Sorten gegenseitig sind unerweislich. Die Analysen der Bastarde haben gezeigt, dass sich der Morphingehalt in der Nachkommenschaft nicht vollkommen dominant erweist. Derselbe Erfolg wird auf Grund der Untersuchung der Variabilität der Bastarde erreicht.

3. Durch die Sortenuntersuchung des *Papaver somniferum* L. wurde festgestellt, dass unsere heimlichen Sorten, unter entsprechenden Zuchtbedingungen, einen relativ hohen Morphingehalt erweisen. Der relativ höchste Morphingehalt hat sich jedoch in den kultivierten holländischen Sorten, beziehungsweise in der Nordstersorte, gezeigt. Der bulgarische Opiummohn besitzt unter unseren Bedingungen einen niedrigen Morphingehalt in den Mohnköpfen.

4. Durch die Untersuchung der  $F_1$  Bastarde wurde festgestellt, dass den höchsten Morphingehalt die Bastarde eben der Sorten besitzen, die selbst einen ziemlich hohen Morphingehalt erweisen.