

Maria Wawrzyniak, Maria Ogrodowczyk
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Zawartość morfiny w makówkach z pędu głównego i pędów bocznych rośliny maku lekarskiego *Papaver somniferum* L.

Morphine content in capsules from main and lateral stems of *Papaver somniferum* L. plants

Słowa kluczowe: morfina, mak, makówki, selekcja na jakość, selekcja indywidualna

W trakcie prac badawczych i selekcyjnych obserwowana jest duża zmienność zawartości alkaloidów w makówkach utrudniająca selekcję materiałów hodowlanych. Celem pracy było określenie sposobu pobierania reprezentatywnej próby z rośliny maku do badania zawartości głównego alkaloidu maku — morfiny.

Materiał do badań stanowiły rośliny maku lekarskiego zawiązujące kilka makówek, przy czym do porównania użyto makówki zawiązane na pędzie głównym (A) oraz kolejnych pędach bocznych (B i C). Opisane w pracy badania wykazały istotne zróżnicowanie zawartości morfiny w makówkach zawiązywanych na kolejnych pędach tej samej rośliny. Zatem ocena zawartości morfiny w roślinie na podstawie analizy pojedynczej makówki nie jest w pełni obiektywna. Wyniki te wskazują, że prawidłowa selekcja genotypów maku ze względu na zawartość morfiny powinna opierać się na analizach wykonanych dla średniej próby pobranej przynajmniej z 2–3 makówek z pojedynczej rośliny lub z makówki pochodzącej z pędu B, dla której stwierdzono wysoką współzależność badanych cech ze średnią z rośliny.

Key words: morphine, poppy, capsules, selection for quality, individual selection

During research and selection works high variability of alkaloid content in capsules was observed, making it harder to select breeding material. The aim of the work was to establish a method of collecting a representative sample material of poppy plants to research the alkaloid content. In this work we focused on the content of the main poppy alkaloid – morphine.

Research material was composed of poppy plants binding a few capsule levels. As a comparison, capsules binding 3 levels: A — main stem, B and C — respective lateral stems, were used. The research described in this work showed significant differentiation in morphine content in capsules bound on subsequent levels of the same plant. Therefore, morphine content estimation based on single capsule analysis is not truly objective. These results show that appropriate poppy genotype selection for morphine content should be based on morphine content of a mean sample selected from at least 2–3 capsules of a single plant or from a capsule from stem B, as high correlation of the researched trait with the plant mean was observed.

Wstęp

Mak lekarski *Papaver somniferum* L. jest obecnie rośliną uprawną, przeznaczoną do wielostronnego wykorzystania. Ze względu na alkaloidy występujące w soku mlecznym, zwanym opium, słoma makowa jest surowcem dla przemysłu farmaceutycznego. Natomiast nasiona, ze względów smakowych i odżywczych, są wykorzystywane w przemyśle spożywczym. Nasiona, zależnie od odmiany, zawierają 35–50% tłuszczu charakteryzującego się dużą zawartością egzogenego kwasu linolowego oraz 12–37% białka. U odmian tradycyjnych głównym alkaloidem jest morfina, stanowiąca średnio 9% opium, wykazująca działanie nasenne i przeciwbólowe. Inne ważne dla przemysłu farmaceutycznego alkaloidy to kodeina stanowiąca około 0,5% opium i tebaina, której średnia zawartość w opium wynosi około 0,4% (Blaim 1965). Kodeina znajduje zastosowanie jako środek przeciwbólowy, a tebaina jest naturalną trucizną.

Obecnie rozwijają się nowe kierunki hodowli maku. W wyniku zapotrzebowania społecznego związanego z walką z narkomanią rozwinięto hodowlę maku niskomorfinoowego, przeznaczonego do uprawy tylko na nasiona. Formy te zawierają śladowe ilości morfiny w makowinach (około 0,04%), podczas gdy w wysokomorfinoowych odmianach zawartość ta kształtuje się na poziomie 0,9–1,0% (Liersch i in. 1997, 1998; Liersch, Krzymański 2000). Dla zwiększenia opłacalności pozyskiwania morfiny z makowin hodowla maku dla przemysłu farmaceutycznego rozwija się w kierunku selekcji form o zawartości morfiny powyżej 2%. Poszukuje się również genotypów o wysokiej zawartości tebainy.

Dla celów hodowlanych konieczne są metody pozwalające na precyzyjną ocenę zawartości poszczególnych alkaloidów. Przeprowadzone dotąd badania wykazały, że zawartość alkaloidów jest determinowana genetycznie, ale jednocześnie w dużym stopniu jest uzależniona od fazy rozwoju rośliny (Krzymański, Przyłuska 1967; Hofman, Menary 1981), warunków agroklimatycznych (Hofman, Menary 1980a), a także zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe (Blaim 1965). Badając indywidualnie poszczególne torebki owocowe zaobserwowano także dużą zmienność zawartości morfiny w obrębie pojedynczej rośliny. Różnice mogą przekraczać nawet 100%. Ta zmienność utrudnia selekcję i z tego względu podjęto badania mające na celu określenie sposobu pobierania reprezentatywnej próby z roślin, niezbędnej do badania zawartości morfiny.

Material i metody

Materiał do badań stanowiły rośliny maku lekarskiego z linii hodowlanych pokolenia F₃ i F₄ wyprowadzone z rekombinantów różnych form maku wysokomorfinoowego. Rekombinanty te uzyskano w wyniku krzyżowań rodów maku

wyhodowanych w Zakładzie Genetyki i Hodowli Roślin Oleistych. Zawartość morfiny w krzyżowanych roślinach wahała się od 1,33 do 2,48% suchej masy makowin. Wybierano pojedynki zawiązujące makówki na kilku pędach, przy czym do porównania użyto makówek zawiązanych na pędzie głównym (A) oraz kolejnych pędach bocznych (B i C). Makówki wraz z 5 cm odcinkiem pędu były zbierane po osiągnięciu przez torebkę owocową trzeciego pędu pełnej dojrzałości. Analiza zawartości morfiny w zebranych makowinach została wykonana metodą kolorymetryczną zmodyfikowaną przez Czernik-Kołodziej (1999).

W celu ustalenia plonu morfiny osiąganego na poszczególnych pędach rośliny, każdą zebraną makówkę wraz z 5 cm odcinkiem łodygi ważono po usunięciu nasion. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej w oparciu o pakiet Excel.

Wyniki

Przeprowadzone analizy wykazały istotne zróżnicowanie zawartości morfiny w makówkach zawiązywanych na kolejnych pędach tej samej rośliny. Również masa makówek była istotnie zróżnicowana (tab. 1 i 2).

Analizując średnią zawartość morfiny w makówkach badanych 56 roślin obserwowano spadek jej zawartości w makówkach pochodzących z pędów bocznych (1,343 i 1,281) w stosunku do pędu głównego (1,459). Jednak taka prawidłowość nie zawsze występowała dla poszczególnych roślin. Można wskazać rośliny, w których zawartość morfiny była najwyższa dla makówki pochodzącej z pędu bocznego C, np. linia 3/1, 20/19, 24/8, 28/6 i inne.

Średnia masa makówek zawiązywanych na kolejnych pędach badanych roślin była najwyższa dla makówek pochodzących z pędu B (4,51), ale w przypadku oceny pojedynczych roślin masa makówek była również zróżnicowana. Występująca zmienność utrudnia selekcję i może powodować błędną ocenę zawartości alkaloidów w kolejnych pokoleniach. Znaczna część tej zmienności nie ma charakteru dziedzicznego i zależy od bardzo wielu czynników środowiskowych (Krzymański 1965).

Według Blaima (1965) miejscem biosyntezy alkaloidów są wszystkie części rośliny, w których występuje sok mleczny. W metabolizmie alkaloidów główna rola przypada organom reprodukcyjnym. Torebki nasienne — makówki zawierają 75% zawartości morfiny całej rośliny (Marculescu, Bobit 2001). W warunkach polowych zawartość morfiny i kodeiny osiąga maksymalną wartość po około 5 tygodniach od kwitnienia i do 11 tygodnia po kwitnieniu ulega nieznacznym wahaniom. Po tym czasie następuje szybki spadek zawartości tych alkaloidów, o 30–35% w każdych kolejnych 2 tygodniach (Hofman, Menary 1980a; Krzymiański, Przyłuska 1965). Straty te są spowodowane wypłukiwaniem alkaloidów z dojrzałych makówek przez wodę (60–80% strat), rozkład enzymatyczny oraz działalność grzybów saprofitycznych (Hofman, Menary 1980b 1981). Zmiana zawartości

Tabela 1

Zawartość morfiny, masa makówki i plon morfiny z makówki z różnych pędów rośliny
Morphine content, mass of capsule and morphine yield of capsule

Linia <i>Line</i>	Zawartość morfiny [%] <i>Morphine content</i>			średnia <i>mean</i>	Masa makówki [g] <i>Mass of capsule</i>			średnia <i>mean</i>	Plon morfiny z makówki [g] <i>Morphine yield of capsule</i>			średnia <i>mean</i>
	pęd — <i>stem</i>				pęd — <i>stem</i>				pęd — <i>stem</i>			
	A	B	C		A	B	C		A	B	C	
2/14	2,212	1,615	1,859	1,895	2,71	3,78	2,44	2,98	0,060	0,061	0,045	0,055
2/15	1,989	1,612	0,893	1,498	3,62	3,52	0,74	2,63	0,072	0,057	0,007	0,045
3/1	1,628	1,900	2,092	1,873	7,88	5,06	3,25	5,40	0,128	0,096	0,068	0,097
3/8	1,227	0,895	0,824	0,982	3,54	2,53	2,26	2,78	0,043	0,023	0,019	0,028
3/10	1,514	1,077	0,983	1,191	3,72	0,98	0,34	1,68	0,056	0,011	0,003	0,023
8/3	1,993	1,759	1,381	1,711	5,26	8,25	0,82	4,78	0,105	0,145	0,011	0,087
11/2	1,625	1,877	1,513	1,672	3,81	8,11	8,40	6,77	0,062	0,152	0,127	0,114
11/6	0,809	0,780	0,582	0,724	2,60	8,01	8,05	6,22	0,021	0,062	0,047	0,043
11/7	2,160	1,426	1,269	1,618	2,08	4,70	2,76	3,18	0,045	0,067	0,035	0,049
12/2	1,973	0,758	1,064	1,265	4,02	6,43	5,00	5,15	0,079	0,049	0,053	0,060
12/3	2,075	1,762	1,706	1,848	3,06	6,91	6,27	5,41	0,063	0,122	0,107	0,097
12/5	2,269	1,618	1,444	1,777	5,76	3,13	3,10	4,00	0,131	0,051	0,045	0,075
18/4	1,860	1,670	1,357	1,629	4,75	6,18	5,96	5,63	0,088	0,103	0,081	0,091
18/9	1,823	1,266	1,272	1,454	5,33	7,24	1,44	4,67	0,097	0,092	0,018	0,069
18/16	2,049	0,910	0,669	1,209	6,73	5,50	6,36	6,20	0,138	0,050	0,043	0,077
18/31	0,571	0,882	0,895	0,783	4,38	2,98	1,59	2,98	0,025	0,026	0,014	0,022
19/2	1,721	1,448	1,186	1,452	3,74	5,11	4,65	4,50	0,064	0,074	0,055	0,065
19/3	0,670	0,924	1,158	0,917	2,42	5,30	4,10	3,94	0,016	0,049	0,047	0,038
19/6	1,817	1,170	1,106	1,364	3,98	5,09	3,98	4,35	0,072	0,060	0,044	0,059
19/7	1,324	0,866	0,866	1,019	6,14	2,86	2,42	3,81	0,081	0,025	0,021	0,042
20/2	1,615	1,617	1,335	1,522	4,19	3,54	3,61	3,78	0,068	0,057	0,048	0,058
20/12	1,055	1,082	1,017	1,051	5,05	6,27	3,69	5,00	0,053	0,068	0,038	0,053
20/13	1,095	0,968	1,022	1,028	2,03	6,16	4,21	4,13	0,022	0,060	0,043	0,042
20/16	1,423	1,446	1,473	1,447	4,71	4,73	3,58	4,34	0,067	0,068	0,053	0,063
20/19	1,412	1,547	1,765	1,575	2,71	3,34	2,67	2,91	0,038	0,052	0,047	0,046
20/23	1,787	1,415	1,468	1,557	5,52	4,72	3,93	4,72	0,099	0,067	0,058	0,074
20/33	1,460	1,329	1,626	1,472	5,03	2,42	1,38	2,94	0,073	0,032	0,022	0,043
20/34	1,217	1,460	1,694	1,457	6,43	3,69	0,41	3,51	0,078	0,054	0,007	0,046
21/6	1,609	1,411	1,640	1,553	5,01	7,00	5,15	5,72	0,081	0,099	0,084	0,088
21/7	1,573	1,695	1,816	1,695	4,43	4,86	3,06	4,12	0,070	0,082	0,056	0,069

Ciąg dalszy tabeli 1

21/10	1,209	0,929	1,242	1,127	5,59	5,63	5,38	5,53	0,068	0,052	0,067	0,062
21/15	0,488	0,318	0,500	0,435	5,87	2,84	1,44	3,38	0,029	0,009	0,007	0,015
21/21	0,972	0,966	1,056	0,998	3,95	4,51	4,32	4,26	0,038	0,044	0,046	0,043
21/22	0,902	1,317	1,073	1,097	4,53	2,39	1,65	2,86	0,041	0,031	0,018	0,030
22/1	1,252	1,102	1,037	1,130	4,62	2,49	2,06	3,06	0,058	0,027	0,021	0,036
22/2	1,576	1,942	1,897	1,805	3,13	3,14	2,28	2,85	0,049	0,061	0,043	0,051
22/3	0,849	1,303	1,385	1,179	5,80	4,44	4,40	4,88	0,058	0,058	0,061	0,056
22/11	1,346	1,486	1,395	1,409	3,28	2,16	1,78	2,41	0,044	0,032	0,025	0,034
22/14	1,184	1,277	0,874	1,112	4,71	3,01	1,38	3,03	0,056	0,038	0,012	0,035
22/17	0,881	1,180	1,124	1,062	3,93	4,09	2,38	3,47	0,035	0,048	0,027	0,037
23/1	1,157	1,475	1,595	1,409	2,85	5,58	5,06	4,50	0,033	0,082	0,081	0,065
23/7	1,539	1,715	1,613	1,622	5,00	5,32	5,08	5,13	0,077	0,091	0,082	0,083
23/20	1,173	1,375	1,092	1,213	4,20	5,61	5,18	5,00	0,049	0,077	0,057	0,061
23/23	1,505	1,543	1,309	1,452	3,10	3,34	1,76	2,73	0,047	0,052	0,023	0,040
24/1	1,705	1,741	1,381	1,609	3,70	2,40	0,98	2,36	0,063	0,042	0,014	0,039
24/4	1,214	1,389	0,804	1,136	5,21	3,27	2,99	3,82	0,063	0,045	0,024	0,044
24/6	1,565	1,556	1,160	1,427	4,35	4,37	3,35	4,02	0,068	0,068	0,039	0,058
24/7	1,487	1,460	1,121	1,356	3,86	2,86	3,14	3,29	0,057	0,042	0,035	0,045
24/8	1,179	1,368	1,470	1,339	1,85	2,11	1,67	1,88	0,022	0,029	0,025	0,025
24/19	1,634	1,433	1,065	1,377	4,45	6,49	4,84	5,26	0,073	0,093	0,052	0,072
24/24	1,731	1,670	1,589	1,663	4,04	4,62	4,96	4,54	0,070	0,077	0,079	0,075
24/25	1,550	1,293	1,226	1,356	3,94	4,22	3,48	3,88	0,061	0,055	0,043	0,053
27/1	1,404	1,128	1,128	1,220	2,72	3,18	2,11	2,67	0,038	0,036	0,024	0,033
27/2	1,166	1,087	0,780	1,011	4,15	3,94	3,51	3,87	0,048	0,043	0,027	0,040
28/1	1,722	1,136	1,811	1,556	5,63	4,73	4,57	4,98	0,097	0,054	0,083	0,078
28/6	1,823	1,722	2,017	1,854	4,32	7,02	6,49	5,94	0,079	0,121	0,131	0,110
31/1	1,375	1,464	1,321	1,387	6,26	4,81	3,81	4,96	0,086	0,070	0,050	0,069
Srednia Mean	1,459	1,343	1,281	1,361	4,31	4,51	3,43	4,08	0,063	0,061	0,045	0,056
Minimum	0,488	0,318	0,500	0,435	1,85	0,98	0,34	1,68	0,016	0,009	0,003	0,015
Maksimum	2,269	1,942	2,092	1,895	7,88	8,25	8,40	6,77	0,138	0,152	0,131	0,114
Wariancja Variance	0,411	0,333	0,361	0,310	1,26	1,69	1,83	1,17	0,027	0,030	0,028	0,022
Wsp. zmien. Coefficient of variability	28,18	24,82	28,20	22,79	29,18	37,48	53,39	28,76	42,07	48,66	63,75	39,74

poszczególnych alkaloidów jest więc wyraźnie zależna od stopnia dojrzałości makówek. Zawartość morfiny w roślinach jest też zależna od zaopatrzenia w makro- i mikroelementy. Istotnie dodatni wpływ na syntezę morfiny wywiera azot i potas, znacząca jest też rola miedzi, boru i manganu (Blaim 1965). Pierwszy kwiat maku zakwita najpierw na pędzie głównym, następnie kolejne kwiaty pojawiają się na pędach bocznych i w takim samym porządku wykształcają się i dojrzewają makówki (Muśnicki 1999). Zaopatrzenie w składniki pokarmowe makówek zawiązywanych na kolejnych pędach jest z przyczyn fizjologicznych zróżnicowane i może to mieć istotny wpływ na zawartość morfiny w kolejno dojrzewających makówkach. Występuje duża zmienność zawartości morfiny w zależności od położenia makówki na roślinie.

Tabela 2

Analiza wariancji dla badanych cech makówek pochodzących z różnych pędów
Analysis of variance for investigated traits of capsules of different stems

Źródło zmienności <i>Source of variation</i>	Stopnie swobody <i>Degrees of freedom</i>	Suma kwadratów <i>Sum of square</i>	Średni kwadrat <i>Mean square</i>	F obl.
<i>Zawartość morfiny — Morphine content [%]</i>				
Rośliny — <i>Plants</i>	56	16,16425	0,28865	4,73**
Pędy — <i>Stems</i>	2	0,92279	0,46139	7,56**
Błąd — <i>Error</i>	112	6,83535	0,06103	
Razem — <i>Total</i>	170	23,92239		
<i>Masa makówki — Mass of capsule [g]</i>				
Rośliny — <i>Plants</i>	56	231,7291	4,13802	2,26**
Pędy — <i>Stems</i>	2	31,3459	18,67297	10,21**
Błąd — <i>Error</i>	112	204,7916	1,82850	
Razem — <i>Total</i>	170	473,8666		
<i>Plon morfiny z makówki — Morphine yield of capsule [g]</i>				
Rośliny — <i>Plants</i>	56	0,08406	0,00150	3,34**
Pędy — <i>Stems</i>	2	0,01187	0,00594	13,22**
Błąd — <i>Error</i>	112	0,05028	0,00045	
Razem — <i>Total</i>	170	0,14622		

Wymienione czynniki powodują, że ocena zawartości morfiny w roślinie na podstawie analizy pojedynczej makówki nie jest w pełni miarodajna. Stwierdzono jednak istotne korelacje pomiędzy zawartością morfiny w makówkach pochodzących z pędu głównego i pędów bocznych oraz średnią z rośliny (tab. 3).

Korelacje te pokazują, że możliwa jest prawidłowa ocena zawartości morfiny w roślinie na podstawie analizy próby przygotowanej z 2–3 torebek owocowych.

Plon morfiny z roślin uzależniony jest także od masy torebek owocowych, która jest istotnie zróżnicowana w zależności od położenia na roślinie.

Tabela 3

Współczynniki korelacji i determinacji między pędami i średnią z rośliny
Correlation and determination coefficient between main and lateral stems, and mean of plant

Cecha <i>Trait</i>	Współczynnik korelacji <i>Correlation coefficient</i>				Współczynnik determinacji <i>Determination coefficient</i>			
	pęd — <i>stem</i>			średnia <i>mean</i>	pęd — <i>stem</i>			średnia <i>mean</i>
	A	B	C		A	B	C	
<i>Zawartość morfiny — Morphine content [%]</i>								
Pęd — <i>Stem A</i>	1				1			
Pęd — <i>Stem B</i>	0,56**	1			0,31	1		
Pęd — <i>Stem C</i>	0,42**	0,74**	1		0,18	0,54	1	
Średnia — <i>Mean</i>	0,81**	0,89**	0,84**	1	0,65	0,79	0,70	1
<i>Masa makówki — Mass of capsule [g]</i>								
Pęd — <i>Stem A</i>	1				1			
Pęd — <i>Stem B</i>	0,07	1			0,0	1		
Pęd — <i>Stem C</i>	-0,02	0,71**	1		0,0	0,51	1	
Średnia — <i>Mean</i>	0,38**	0,87**	0,86**	1	0,15	0,76	0,73	1
<i>Plon morfiny z makówki — Morphine yield of capsule [g]</i>								
Pęd — <i>Stem A</i>	1				1			
Pęd — <i>Stem B</i>	0,38**	1			0,14	1		
Pęd — <i>Stem C</i>	0,22	0,70**	1		0,05	0,49	1	
Średnia — <i>Mean</i>	0,65**	0,89**	0,82**	1	0,43	0,79	0,67	1

** — istotne na poziomie $\alpha = 0.01$ — *significant at $\alpha = 0.01$*

Dla wszystkich badanych cech najsilniejsze korelacje ze średnimi stwierdzono dla makówek z pędu B. Średnia zawartość morfiny jest w 79% determinowana zawartością morfiny w makówce B. Podobnie wysoka współzależność dla makówki B i średniej występuje w przypadku masy makówki (76%) i plonu morfiny z makówki (79%).

W przypadku konieczności ograniczenia analiz do pojedynczej makówki z rośliny wybór makówki z pędu bocznego B pozwala na najbardziej miarodajną ocenę zawartości i plonu morfiny w roślinie.

Wnioski

- Zawartość morfiny w makówkach zawiązanych na kolejnych pędach rośliny jest istotnie zróżnicowana.
- Stwierdzono występowanie istotnej korelacji pomiędzy zawartością morfiny w makówkach pochodzących z pędu głównego i pędów bocznych a średnią zawartością morfiny w roślinie.
- Prawidłowej oceny zawartości morfiny można dokonać na podstawie analizy próby sporządzonej z kilku makówek z jednej rośliny lub makówki z pędu bocznego B.

Literatura

- Blaim K. 1965. Swoiste substancje roślin uprawnych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne: 211-223.
- Czernik-Kołodziej K., Krzymański J., Michalski K. 1999. Modyfikacja oznaczania morfiny w makowinach metodą kolorymetryczną w postaci związku dwuazowego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (2): 591-598.
- Hofman P.J., Menary R.C. 1980a. Variations in morphine, kodeine and thebaine in capsules of *Papaver somniferum* L. during maturation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 31 (2): 313-326.
- Hofman P.J., Menary R.C. 1980b. Changes in Surface Characteristics of Capsules of *Papaver somniferum* L. During Maturation. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7 (3): 353-361.
- Hofman P.J., Menary R.C. 1981. Fungal and enzymic degradation of alkaloids from the capsule of poppy (*Papaver somniferum* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 35 (2): 263-269.
- Krzymański J., Przyłuska F. 1967. Wstępne badania nad wpływem stopnia dojrzałości maku niebieskiego KM na zawartość morfiny. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 6: 119-122.
- Liersch J., Szymanowska E., Krzymański J. 1997. Ocena stabilności i wartości nowych rodów maku niskomorfinowego w 1996 roku. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XVIII (1): 159-167.
- Liersch J., Szymanowska E., Krzymański J. 1998. Charakterystyka rodów maku niskomorfinowego zgłoszonych do badań rejestrowych w COBORU w 1997 roku. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX (2): 639-640.
- Liersch J., Krzymański J. 2000. Nowe odmiany maku hodowli IHAR w Poznaniu. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 621-624.
- Marculescu A., Bobit D. 2001. Studies on morphine content of *Papaver somniferum* L. *Rouman Biotechnological*, 5: 403-409.
- Muśnicki Cz. 1999. Mak siewny. W: *Szczegółowa Uprawa Roślin*, pod redakcją Z. Kosińskiej i A. Koteckiego. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu: 455-464.