

Maria Ogrodowczyk, Magdalena Walkowiak

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu

Zmiany fenotypowe roślin maku oleistego (*Papaver somniferum* L.) po kwitnieniu i akumulacja morfiny w makówkach

I. Rozwój roślin i makówek maku oleistego po kwitnieniu

**Phenotypic changes in poppy plants (*Papaver somniferum* L.)
after flowering and accumulation of morphine in poppy capsules**

I. The development of a poppy plants and poppy capsules after flowering

Słowa kluczowe: mak oleisty, *Papaver somniferum* L., cechy fenotypowe, środowisko

Przeprowadzone w latach 2009 i 2010 badania miały na celu prześledzenie zmian cech fenotypowych po kwitnieniu roślin maku oleistego. Badanie przeprowadzono w dwóch miejscowościach. Materiał do badań stanowiły dwie niskomorfinowe odmiany maku: Mieszko i Rubin oraz wysokomorfinowa odmiana Lazur. Pomiar biometryczny prowadzono systematycznie na oznaczonych w czasie kwitnienia roślinach, od chwili zawiązania makówki na pędzie głównym do pełnej dojrzałości. Uzyskane wyniki pozwoliły na przedstawienie zmian zachodzących w roślinach po kwitnieniu. Duży wpływ na tworzenie i rozwój makówki mają warunki środowiskowe. Wzrost makówek trwał do około 20 dni po przekwitnięciu, a później makówki stopniowo zmniejszały się, co było związane z dojrzwaniem i zasuszaniem roślin. Cechą najbardziej odróżniającą odmiany okazał się współczynnik kształtu makówek.

Key words: poppy, *Papaver somniferum* L., phenotype characters, environment

The studies on phenotypic changes during the development of poppy plants after flowering were carried out in years 2009 and 2010 in two localities. The material consisted of two cultivars of low morphine poppy: Mieszko and Rubin and cultivar Lazur high in morphine. Biometric measurements were carried out systematically on the marked plants during the flowering period from the end of flowering to the full maturity. The obtained results show that environmental conditions affect plant growth. The growth of poppy capsules lasted until about 20 days after flowering, and later gradually decreased, which was associated with the capsules maturation and drying. The shape of poppy capsules determined with calculated shape index was characteristic for each cultivar.

Wstęp

Mak oleisty (*Papaver somniferum* L.) należy do najstarszych roślin uprawnych znanych człowiekowi (Bernáth 1998, Duke 1973, Mărculescu i Bobit 2001). Jedną z hipotez jest, że *Papaver somniferum* L. ($2n = 22$) wywodzi się z dziko rosnącego w rejonie śródziemnomorskim gatunku *Papaver setigerum* DC ($2n = 44$) (Muśnicki 2003). Sumerowie 4 tys. lat p.n.e. nazywali mak „kwiatem radości” (Nožina 2001). Za centrum pochodzenia maku uważa się zachodnią Azję (Simmends 1976). Najstarsze udokumentowane ślady maku w Europie pochodzą z okresu neolitu, o czym świadczą znalezione w rejonie Alp nasiona i makówki (Muśnicki 2003, Kohout 2007).

Mak jest w przewodzie rośliną autogamiczną (Heltmann i Silva 1978). Rośliny tworzą korzeń palowy sięgający na głębokość 150 cm i korzenie boczne. Łodyga jest wyprostowana, do 160 cm wysokości, z rozgałęzieniami, pokryta nalotem woskowym i szczecinkowatymi włoskami. Każdy pęd jest zakończony pąkiem kwiatowym. Kwiaty są duże, w zależności od odmiany, barwy białej, różowej, fioletowej lub czerwonej. Płatki kwiatów mogą być całobrzegie lub postrzępione. Owocem maku jest torebka (makówka) o zróżnicowanych kształtach, od owalnych przez kuliste do stożkowych (Muśnicki 2003, Vašák 2010). Cechy fenotypowe roślin maku, także kształt makówki, są determinowane genetycznie (Németh i in. 2002), jakkolwiek wpływ na ich kształtowanie mają także warunki środowiskowe i agrotechniczne (Wałkowski 2005).

Należy rozróżnić dwa typy użytkowe maku: odmiany dostosowane do produkcji opium z makówek oraz odmiany niskomorfinowe uprawiane dla otrzymania nasion.

Podstawowymi produktami uzyskiwanymi z roślin maku w Polsce są nasiona wykorzystywane w przemyśle piekarniczym i cukierniczym (Muśnicki 2003). Wysoka zawartość oleju w nasionach jest wynikiem prac hodowlanych prowadzonych w latach 1950–1975. Ze względu na zawartość tłuszczu (40–48%) nasiona mogą być surowcem do produkcji oleju makowego, który jest wartościowym produktem spożywczym o bardzo korzystnych cechach organoleptycznych (smak, zapach, barwa) lub może mieć zastosowanie w przemyśle chemicznym do produkcji farb artystycznych (Appelqvist 1963, Szymanowska i in. 2000). Natomiast puste torebki (makowiny) mogą być surowcem do pozyskiwania morfiny — głównego alkaloidu maku, która ze względu na posiadane właściwości przeciwbólowe, rozkurczowe i narkotyczne znajduje zastosowanie w przemyśle farmaceutycznym (Duke 1973, Németh i in. 2002).

Bernáth i Németh (1999) proponują podział form maku na wysokomorfinowe, zawierające od 1,5 do 2,5% morfiny, niskomorfinowe zawierające poniżej 0,1% morfiny oraz ozdobne. W Polsce Ustawa o przeciwdziałaniu narkomanii (Dz.U. 2005) za mak niskomorfinowy przyjmuje „roślinę z gatunku mak lekarski należąca do odmiany, w której zawartość morfiny w torebce (makówce) bez nasion, wraz

z przylegającą do niej łodygą o długości do 7 cm, wynosi poniżej 0,06% w przeliczeniu na suchą masę wymienionych części rośliny”.

Celem przeprowadzonych badań była analiza zmian cech morfologicznych jakie zachodzą po przekwitnięciu roślin trzech polskich odmian maku oleistego.

Material i metody

Dla zbadania zmian morfologicznych w roślinach maku oleistego po kwitnieniu wybrano dwie niskomorfinowe odmiany: Mieszko i Rubin oraz wysokomorfinową odmianę Lazurowy. Charakterystyka odmian została przedstawiona w tabeli 1. Materiał roślinny użyty w badaniach pochodził z plantacji należących do Spółki Hodowla Roślin Strzelce, Grupa IHAR, Oddział w Borowie oraz z poletek doświadczalnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Oddział w Poznaniu. W tabeli 2 przedstawiono dane meteorologiczne dla Borowa i Poznania dla okresu wegetacji roślin maku w obu latach badań: dekadowy rozkład opadów, temperatury i wilgotności powietrza.

Tabela 1

Charakterystyka badanych odmian maku (2006 r.)
Characteristics of investigated cultivars of poppy (2006)

Odmiana <i>Cultivar</i>	Rok wpisania do rejestru <i>The year of registration</i>	Wysokość roślin <i>Height of plant [cm]</i>	Masa 1000 nasion <i>1000 seeds weigh [g]</i>	Zawartość tłuszczu w nasionach <i>Fat content in seeds [%]</i>	Zawartość morfiny w makowinach <i>Morphine content in poppy capsules [%]</i>
Odmiany niskomorfinowe — <i>Low morphine cultivars</i>					
Mieszko	1999	98	0,42	46,7	0,026
Rubin	2000	104	0,43	44,9	0,023
Odmiana wysokomorfinowa — <i>High morphine cultivar</i>					
Lazurowy	1990	102	0,47	47,1	0,818

Źródło — *Source*: Zając, Oleksy 2010a

Podczas kwitnienia wybrano i oznaczono po 20 roślin na każdej z badanych plantacji, a następnie systematycznie dwa razy w tygodniu mierzono zawsze te same wybrane rośliny. Jako pierwszy dzień po przekwitnięciu kwiatu na pędzie głównym przyjęto dzień, w którym z kwiatu opadły wszystkie płatki. Pierwszy pomiar roślin przeprowadzono w drugim dniu po przekwitnięciu kwiatu położonego na pędzie głównym, tzn. po zawiązaniu makówki na pędzie głównym. Ostatni

Tabela 2

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji maku w Poznaniu i Borowie w latach 2009 i 2010
Meteorological conditions during growing period of poppy in Poznań and Borowo in years 2009 and 2010

Miesiąc <i>Month</i>	Dekada <i>Decade</i>	Opady <i>Precipitation</i> [mm]	Temperatura <i>Temperature</i> [°C]			Wilgotność powietrza <i>Air humidity</i> [%]	Opady <i>Precipitation</i> [mm]	Temperatura <i>Temperature</i> [°C]			Wilgotność powietrza <i>Air humidity</i> [%]
			min	max	średnia <i>mean</i>			min	max	średnia <i>mean</i>	
Poznań											
Kwiecień <i>April</i>	I	0,0	-3,8	22,0	9,1	69	0,0	0,6	24,1	12	68
	II	0,0	-2,4	18,9	8,7	70	8,2	0,6	20,8	10	69
	III	5,1	-0,7	22,5	11,3	63	7,6	2,8	25,9	14	57
Maj <i>May</i>	I	4,5	0,3	23,0	11,0	66	6,6	3,9	25,2	13	69
	II	0,9	1,3	22,9	11,5	66	59,6	3,2	23,1	13	70
	III	16,4	5,4	26,9	14,0	68	5,4	6,8	28,4	15	82
Czerwiec <i>June</i>	I	15,3	2,1	22,7	13,1	71	12,4	4,7	23,4	13	80
	II	8,1	6,1	23,4	14,1	68	32,4	8,1	24,6	15	76
	III	20,5	6,4	27,1	17,0	81	27,8	9,4	29,3	18	84
Lipiec <i>July</i>	I	14,3	9,6	28,6	18,4	72	16,8	10,4	29,0	20	80
	II	41,0	9,9	28,4	18,0	71	24,8	10,9	30,3	19	79
	III	3,1	9,6	29,2	17,8	68	14,2	10,5	31,1	19	77
Sierpień <i>August</i>	I	2,6	7,6	29,8	18,5	68	17,2	10,2	31,7	20	74
	II	3,3	9,0	28,0	16,9	68	0,2	14,5	27,9	19	77
	III	2,7	7,0	28,3	17,1	70	1,0	8,6	30,6	19	72
Borowo											

Źródło danych meteorologicznych — *Source of meteorological data:*

Poznań — www.agrometeo.pl, Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej
Internet Service of Agrometeorology Information for Wielkopolska

Borowo — www.hr-strzelece.pl, Hodowla Roślin Strzelece, Grupa IHAR, Spółka z o.o.
Plant Breeding Company Ltd. Strzelece – Groupe IHAR

ciąg dalszy tabeli 2

Miesiąc <i>Month</i>	Dekada <i>Decade</i>	Opady <i>Precipitation</i> [mm]			Temperatura <i>Temperature</i> [°C]			Wilgotność powietrza <i>Air humidity</i> [%]		
		min	max	średnia <i>mean</i>	min	max	średnia <i>mean</i>	min	max	średnia <i>mean</i>
Poznań										
Kwiecień <i>April</i>	I	2,0	15,7	5,5	72	7,0	1,2	17,0	7	80
	II	0,8	17,7	7,0	74	10,0	0,3	20,1	9	71
	III	0,9	21,7	8,5	68	9,4	0,0	25,7	11	70
Maj <i>May</i>	I	8,5	16,9	10,0	76	24,0	4,8	17,9	11	84
	II	14,5	19,2	10,4	80	29,0	6,0	19,8	11	90
	III	12,1	21,6	12,9	74	38,6	5,5	21,9	14	85
Czerwiec <i>June</i>	I	2,7	30,6	17,0	72	2,4	8,5	29,5	18	81
	II	3,4	30,0	14,9	65	4,4	7,5	31,4	16	74
	III	4,2	27,7	16,5	64	19,2	7,1	29,6	18	68
Lipiec <i>July</i>	I	13,1	31,3	19,0	61	5,8	9,7	33,0	21	67
	II	21,8	31,7	21,7	65	32,2	14,2	33,9	24	71
	III	30,8	32,8	18,2	71	29,2	12,1	34,6	20	77
Sierpień <i>August</i>	I	45,9	26,9	17,9	77	31,2	13,7	28,5	19	85
	II	15,1	27,6	17,8	76	30,4	13,6	30,0	20	85
	III	19,8	28,2	15,8	76	46,8	9,9	26,1	16	87
Borowo										

Źródło danych meteorologicznych — *Source of meteorological data:*

Poznań — www.agrometeo.pl, Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej

Internet Service of Agrometeorology Information for Wielkopolska

Borowo — www.hr-strzelce.pl, Hodowla Roślin Strzelce, Grupa IHAR, Spółka z o.o.

Plant Breeding Company Ltd. Strzelce – Groupe IHAR

pomiar roślin wykonano w czasie pełnej dojrzałości roślin, tzn. gdy nasiona maku charakterystycznie szeleszczą w makówkach (Muśnicki 2003).

Ocenie biometrycznej podlegały następujące cechy morfologiczne roślin: wysokość rośliny, odległość między podstawą makówki a pierwszym liściem (długość szypułki), liczba rozgałęzień oraz wysokość i szerokość makówek z dwóch pędów rośliny (pęd główny — A oraz pierwszy pęd boczny — B).

Wyniki opracowano statystycznie wykorzystując program Sergen oraz arkusz kalkulacyjny Excel.

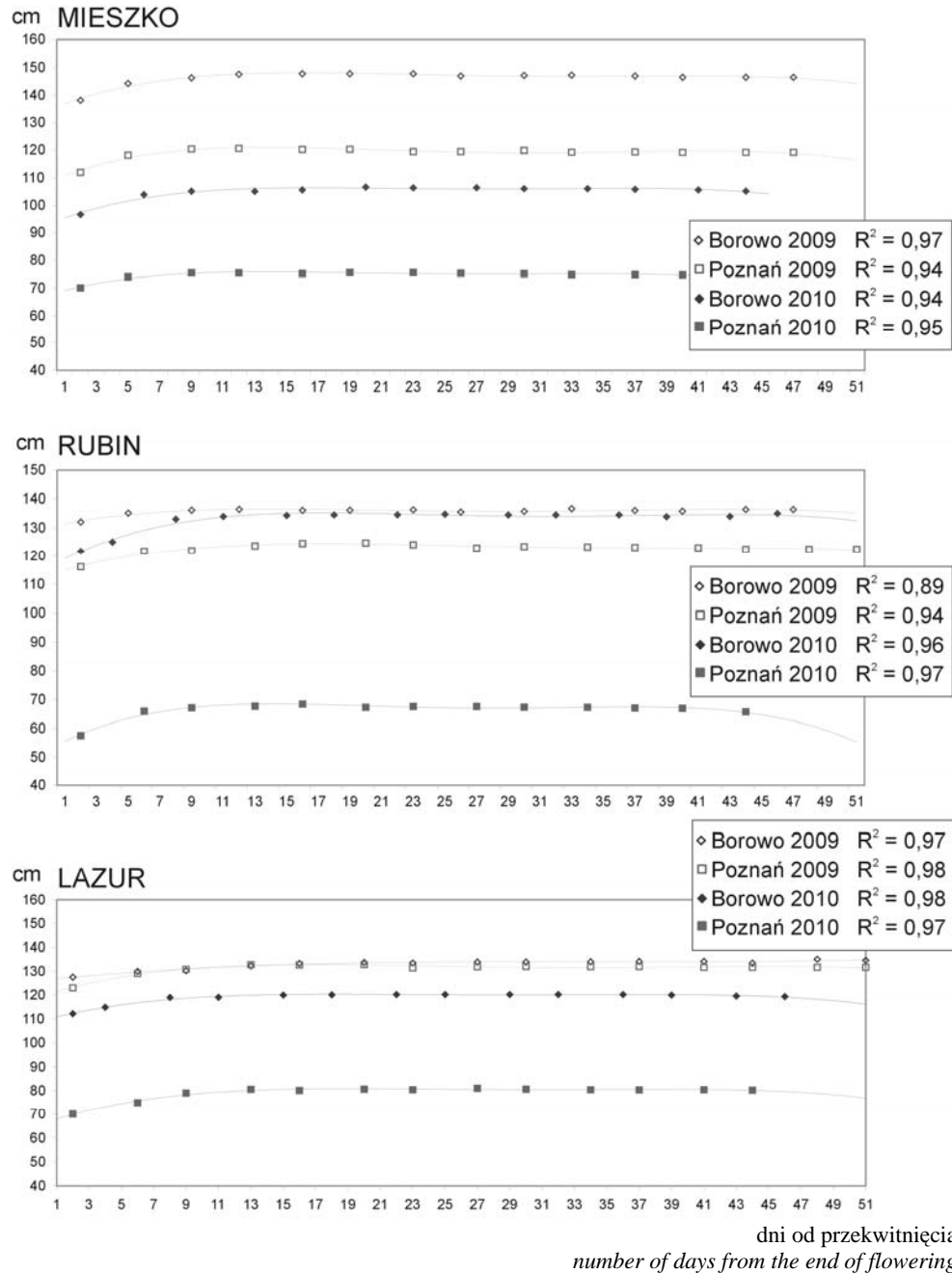
Wyniki i dyskusja

Na podstawie uzyskanych w wyniku oceny biometrycznej wyników wyznaczono podstawowe parametry statystyczne badanych cech, które przedstawiono w tabeli 3. Tabela zawiera średnie z pomiarów wykonywanych w kolejnych dniach od przekwitnięcia kwiatu na pędzie głównym do zawiązania makówki (w każdym terminie pomiary wykonywane dla 20 roślin), zakresy wartości średnich w badanych terminach i współczynniki zmienności dla każdej z badanych cech, odmian, środowisk oraz lat.

Zmiany wysokości roślin zachodzące podczas dojrzewania, począwszy od pierwszego dnia po przekwitnięciu kwiatu położonego na pędzie głównym aż do osiągnięcia pełnej dojrzałości roślin, przedstawiono na rysunku 1. Dla każdej odmiany, środowiska i roku badań pokazano prócz punktów pomiarowych także wykresy regresji krzywoliniowej oraz wartości współczynnika determinacji R^2 mówiącego o dopasowaniu funkcji regresji do rzeczywistych obserwacji. Wykorzystano program obliczania linii trendu. Najlepsze dopasowanie uzyskano dla regresji wielomianowej 4. stopnia. Współczynniki determinacji wahały się od 0,89 do 0,98, co świadczy o tym, że wyliczone krzywe regresji bardzo dobrze ilustrują zmiany wysokości roślin maku.

W celu oceny istotności różnic między średnimi uzyskanymi w kolejnych pomiarach w trakcie dojrzewania roślin dla cechy wysokość roślin wykonano jednoczynnikową analizę wariancji. Stwierdzono istotne zmiany wysokości roślin w trakcie dojrzewania dla odm. Mieszko w Borowie w obu latach badań, dla odm. Rubin w Poznaniu w pierwszym roku badań i Borowie w drugim roku badań oraz dla odm. Lazur w Borowie w obu latach badań i Poznaniu w 2010 roku (tab. 4, kolumna 4). Zaobserwowano również, że w obu miejscowościach i latach badań rośliny wszystkich badanych odmian rosły do 8. dnia od przekwitnięcia kwiatu na pędzie głównym, a począwszy od 9. dnia nie obserwowano już dalszego wzrostu roślin. Aby udowodnić brak istotności różnic między średnimi uzyskanymi po 9. dniu od przekwitnięcia aż do zbioru wykonano ponownie analizę wariancji. Badanie istotności zmian wysokości roślin w tym okresie wykazało brak istotnych

wysokość roślin — *plant height*



Rys. 1. Zmiany wysokości roślin po kwitnieniu — *Changes of plant height after flowering*

Tabela 3

Charakterystyka badanych cech podczas dojrzewania roślin w dwóch latach badań i dwóch miejscowościach
Characteristic of investigated traits during plant maturation in two years and two localities

Rok Year	Środowisko Environment	Odmiana Cultivar	Wysokość roślin Height of plants			Długość szypułki kwiatowej Length of flower peduncle			Liczba rozgałęzień Branch number		
			zakres range [cm]	średnia mean [cm]	współ. zm. coefficient of variation	zakres range [cm]	średnia mean [cm]	współ. zm. coefficient of variation	zakres range	średnia mean	współ. zm. coefficient of variation
Odmiany niskomorficzne — Low morphine cultivars											
2009	Borowo	Mieszko	138–148	146	2,1	26,4–30,5	29,5	3,8	2,1–2,3	2,1	2,7
		Rubin	129–137	135	1,6	25,6–32,4	29,9	5,4	1,1–1,5	1,3	7,7
	Poznań	Mieszko	112–121	119	2,3	18,4–30,8	27,9	10,4	3,7–4,6	4,5	5,4
		Rubin	116–125	123	1,6	29,3–33,4	31,2	3,6	4,5–4,8	4,7	2,0
2010	Borowo	Mieszko	95–107	104	3,5	24,8–27,0	26,4	2,8	2,9–3,5	3,3	4,9
		Rubin	122–135	133	3,0	29,3–30,8	30,4	1,5	2,7–3,2	3,1	5,2
	Poznań	Mieszko	65–76	73	5,0	21,2–22,7	22,3	2,4	2,7–3,1	3,0	4,2
		Rubin	56–68	66	5,8	20,3–21,3	21,2	1,3	1,3–1,4	1,4	3,7
Odmiana wysokomorficzna — High morphine cultivar											
2009	Borowo	Lazur	127–135	133	1,6	26,5–30,5	29,0	3,7	1,6–1,8	1,7	4,3
		Poznań	123–133	131	1,7	32,9–36,5	33,9	3,7	2,7–3,1	3,0	4,7
2010	Borowo	Lazur	112–120	119	2,0	28,1–29,2	28,8	1,6	2,0–2,5	2,4	5,5
		Poznań	69–81	78	5,1	22,1–23,7	23,4	1,9	1,4–1,8	1,7	6,6

Tabela 4
 Badanie istotności zmian wybranych cech (F_{obs}) podczas dojrzewania roślin w dwóch latach badań i dwóch miejscowościach
Investigation of the significance of changes in chosen traits during plant maturation in two years and two localities

Rok <i>Year</i>	Środowisko <i>Environment</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Wysokość roślin <i>Height of plants</i>				Długość szypułki kwiatowej <i>Length of flower peduncle</i>		Liczba rozgałęzień <i>Branch number</i>	Współczynnik kształtu makówki <i>Shape factor</i>		
			analizowany okres [dni po przekwitnięciu kwiatu napędzie głównym]				od 9 do 47	od 1 do 47		od 1 do 47	pęd A	pęd B
			od 1 do 47	od 9 do 47	od 1 do 47	od 9 do 47						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Odmiany niskomorfinowe — <i>Low morphine cultivars</i>												
2009	Borowo	Mieszko	10,60**	0,82	1,56*	0,12	0,07	6,97**	3,16**			
		Rubin	1,19	0,10	5,44**	2,10*	0,58	4,54**	3,88**			
	Poznań	Mieszko	1,07	1,03	3,07**	2,04*	0,27	1,05	0,88			
		Rubin	2,92**	0,42	1,93*	1,34	0,10	0,80	1,42			
2010	Borowo	Mieszko	3,08**	0,26	2,07*	1,33	0,45	10,53**	5,37**			
		Rubin	17,60**	0,25	6,09**	0,61	0,22	5,76**	8,93**			
	Poznań	Mieszko	0,95	0,95	1,13	1,13	0,21	5,19**	4,06**			
		Rubin	1,68	0,12	0,62	0,07	0,17	5,81**	6,14**			
Odmiana wysokomorfinowa — <i>High morphine cultivar</i>												
2009	Borowo	Lazur	1,97*	0,19	1,67*	1,17	0,16	0,35	1,64			
		Lazur	1,14	0,09	2,13**	2,39**	0,55	1,25	0,98			
2010	Borowo	Lazur	2,49**	0,11	2,38**	0,48	0,13	3,92**	2,79**			
		Lazur	2,40**	0,63	0,44	0,11	0,54	2,61**	0,99			

Istotne na poziomie — *Significant at the level* * — $\alpha = 0,05$ ** — $\alpha = 0,01$

różnic dla wszystkich badanych odmian, środowisk i lat (tab. 4, kolumna 5).

Zaobserwowano również, że wyższy wzrost osiągnęły rośliny w warunkach Borowa:

— odm. Mieszko maksymalnie do 148 cm w 2009 roku i 107 cm w 2010 roku,

— odm. Rubin maksymalnie do 137 cm w 2009 roku i 135 cm w 2010 roku,

— odm. Lazur maksymalnie do 135 cm w 2009 roku i 120 cm w 2010 roku;

niż w Poznaniu:

— odm. Mieszko maksymalnie do 121 cm w 2009 roku i 76 cm w 2010 roku,

— odm. Rubin maksymalnie do 125 cm w 2009 roku i 68 cm w 2010 roku,

— odm. Lazur maksymalnie do 133 cm w 2009 roku i 81 cm w 2010 roku (tab. 3).

Różnice w wysokości roślin tłumaczyć można zapewne faktem, że w obu latach w Poznaniu obserwowano od kwietnia do sierpnia niższe opady i niższą średnią temperaturę powietrza (tab. 2). Porównując wysokość roślin w obu latach badań można stwierdzić, że wszystkie odmiany były wyższe w pierwszym roku badań, kiedy ilość opadów w czasie dojrzewania była równomiernie rozłożona. Ponadto w Poznaniu występowały gorsze warunki glebowe mające wyraźny wpływ na wysokość roślin. Acock i in. (1997), Wang i in. (1997) oraz Wójtowicz (2007) podkreślają, że warunki środowiskowe mają wpływ na wysokość roślin maku. Jak podaje Muśnicki (2003) mak dorasta do 160 cm, natomiast w badaniach Lierscha i in. (1997) rośliny osiągały wysokość do 120 cm. Podobnie kształtowała się wysokość roślin trzech odmian w badaniach Németha i in. (2002). Wysokość roślin na plantacjach maku zdaniem innych autorów może być różna: 87–142 cm (Yadav i in. 2007) lub 41–121 cm (Trivedi i in. 2006) w zależności od odmiany.

Częścią składową wysokości roślin jest długość szypułki kwiatowej, wynosząca w badaniach Yadava i in. (2007) od 19 do 28 cm, a w badaniach Trivedi i in. (2006) średnio 24 cm.

W naszych badaniach średnia długość szypułki kwiatowej była większa w pierwszym roku badań (tab. 3). Zaobserwowano również, że długości te były podobne dla każdej z odmian w Borowie:

— odm. Mieszko — 29,5 cm w 2009 roku i 26,4 cm w 2010 roku,

— odm. Rubin — 29,9 cm w 2009 roku i 30,4 cm w 2010 roku,

— odm. Lazur — 29,0 cm w 2009 roku i 28,8 cm w 2010 roku;

i w Poznaniu:

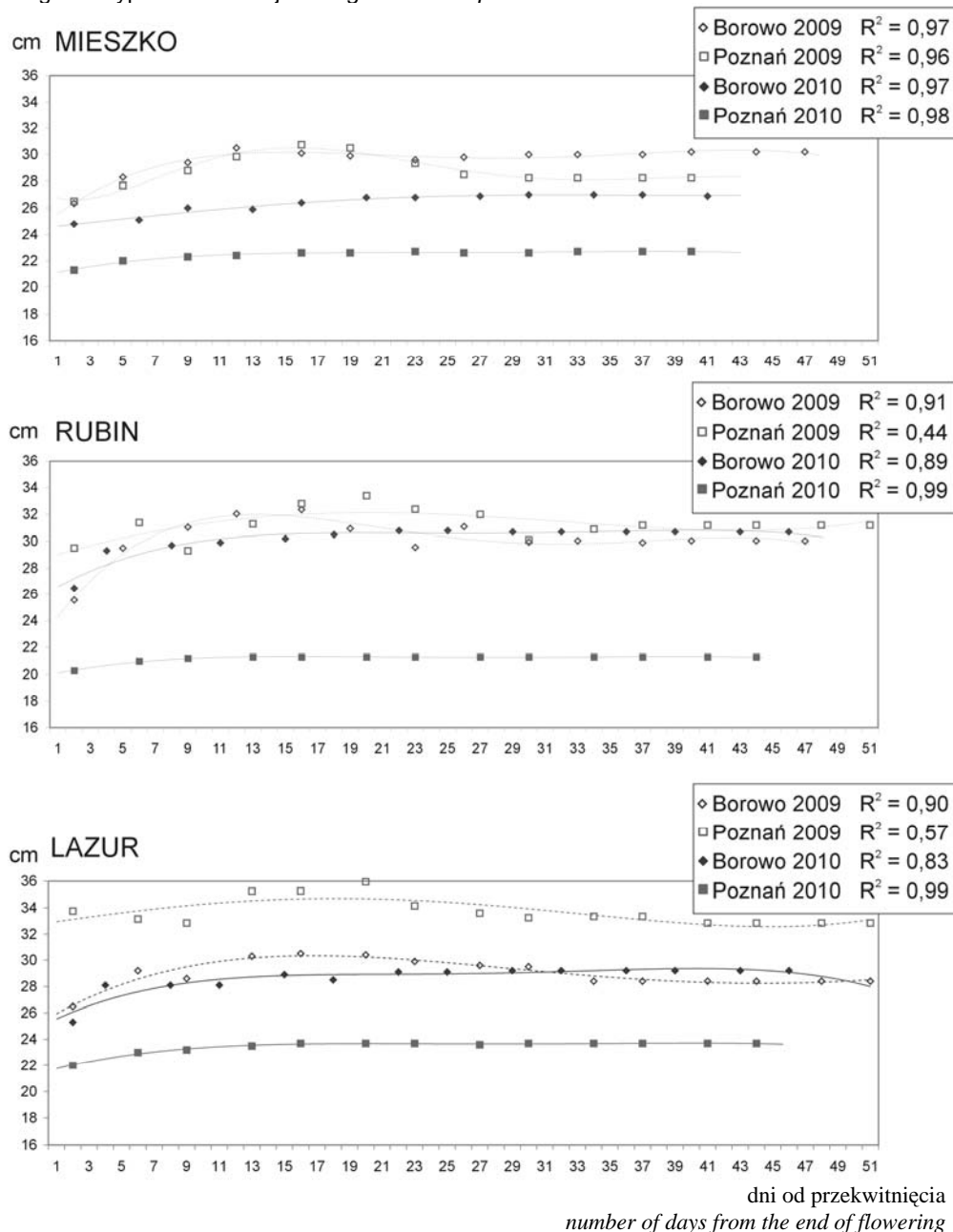
— odm. Mieszko — 27,9 cm w 2009 roku i 22,3 cm w 2010 roku,

— odm. Rubin — 31,2 cm w 2009 roku i 21,2 cm w 2010 roku,

— odm. Lazur — 33,9 cm w 2009 roku i 23,4 cm w 2010 roku.

Zmiany długości szypułki kwiatowej po kwitnieniu przedstawia rysunek 2. Tu również współczynniki determinacji dla regresji wielomianowej wahały się od 0,83 do 0,99 (poza krzywą w 2009 roku w Poznaniu dla odm. Rubin — 0,44 i odm. Lazur — 0,57), co świadczy o tym, że krzywe regresji wielomianowej 4. stopnia bardzo dobrze ilustrują badane zmiany długości szypułki kwiatowej roślin maku.

długość szypułki kwiatowej — *height of flower peduncle*



Rys. 2. Zmiany długości szypułki kwiatowej po kwitnieniu — *Changes of flower peduncle after flowering*

Na podstawie analizy wariancji wykonanej dla różnych terminów stwierdzono istotne różnice w długości szypułki kwiatowej wszystkich odmian w obu miejscowościach w 2009 roku, natomiast w 2010 roku tylko w Borowie (tab. 4, kolumna 6). Natomiast badanie istotności zmian długości szypułki w okresie od 9 dnia po przekwitnięciu do pełnej dojrzałości wykazało istotne różnice dla odm. Rubin w Borowie, Mieszko i Lazur w Poznaniu w 2009 roku oraz brak istotnych różnic dla wszystkich badanych odmian i środowisk w 2010 roku (tab. 4, kolumna 7). Długość szypułki kwiatowej była największa między 11. a 13. dniem od przekwitnięcia dla wszystkich badanych odmian (rys. 2).

Na wielkość roślin ma wpływ również zagęszczenie siewu. Optymalna liczba na 1 m² to 40–60 roślin (Muśnicki 2003), zwiększanie zagęszczenia powoduje słabe rozwinięcie roślin (Vašák i in. 2010). Najczęściej stosuje się siew nasion w rzędach co 25 cm (Bhandari 1990, Mărculescu i Bobit 2001, Shukla i in. 2006), 30 cm (Yadav i in. 2009) lub 40 cm (Muśnicki 2003). Optymalne zagęszczenie roślin w rzędzie według Vašáka i in. (2010) to odstęp 10–15 cm.

W naszych badaniach liczba rozgałęzień na roślinie była największa w pierwszym roku badań w Poznaniu (rys. 3 oraz tab. 3), gdzie rośliny rosły w rzędach co 40 cm z odstępem w rzędzie 10–15 cm:

- odm. Mieszko — 4,5 w 2009 roku i 3,0 w 2010 roku,
- odm. Rubin — 4,7 w 2009 roku i 1,4 w 2010 roku,
- odm. Lazur — 3,0 w 2009 roku i 1,7 w 2010 roku.

W Borowie, gdzie rośliny rosły w rzędach co 22 cm z odstępem w rzędzie 10–15 cm, zaobserwowano duże różnice liczby rozgałęzień w zależności od roku badań:

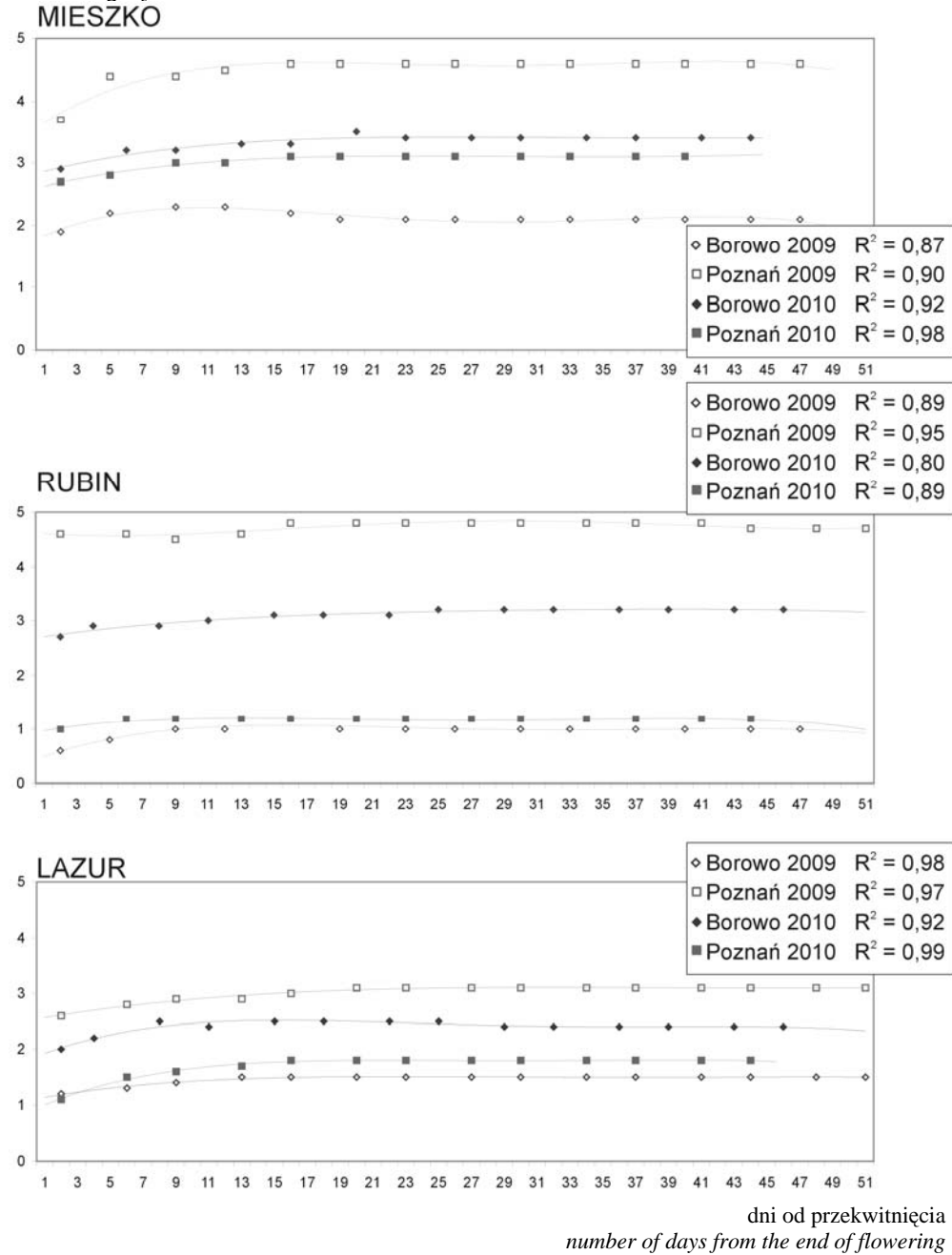
- odm. Mieszko — 2,1 w 2009 roku i 3,3 w 2010 roku,
- odm. Rubin — 1,3 w 2009 roku i 3,1 w 2010 roku,
- odm. Lazur — 1,7 w 2009 roku i 2,4 w 2010 roku.

Zmiany liczby rozgałęzień po kwitnieniu przedstawia rysunek 3. Współczynniki determinacji mówiące o stopniu dopasowania krzywych regresji wykreślonych dla tej cechy wahały się od 0,80 do 0,99.

Wykonana analiza wariancji mająca na celu zbadanie zmian w ilości rozgałęzień na roślinie wykazała brak istotnych różnic w liczbie rozgałęzień dla wszystkich odmian, środowisk i lat (tab. 3, kolumna 8). Oznacza to, że od momentu przekwitnięcia nie obserwowano tworzenia nowych rozgałęzień.

Rośliny maku w Poznaniu miały do dyspozycji prawie dwukrotnie większą przestrzeń, stąd zaobserwowana znacznie większa średnia liczba rozgałęzień na roślinie w 2009 roku. Natomiast w 2010 roku, mimo że wielkość poletek była analogiczna jak w 2009 roku, to jednak liczba rozgałęzień była podobna zarówno w Poznaniu jak i Borowie. W Borowie w roku 2010 liczba rozgałęzień była większa dla każdej z badanych odmian niż w roku 2009. Natomiast w Poznaniu, odwrotnie, w 2009 roku zaobserwowano większą liczbę rozgałęzień niż w roku 2010.

liczba rozgałęzień — *branch number*



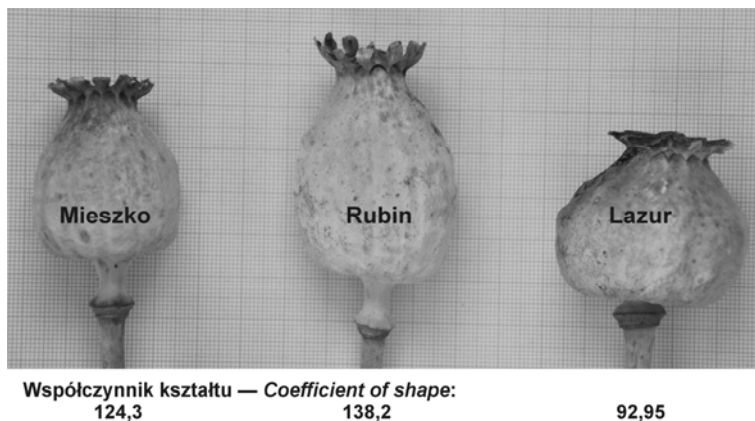
Rys. 3. Zmiany liczby rozgałęzień po kwitnieniu — *Changes of branch number after flowering*

Największe różnice między latami w liczbie rozgałęzień obserwowano u odmiany Rubin, a najmniejsze u odmiany Lazur.

Najbardziej charakterystyczną cechą morfologiczną odmian jest kształt i wielkość makówek. Wielu autorów przywiązuje dużą wagę do kształtu makówki. W badaniach prowadzonych przez Yadav'a i in. (2008) na 22 genotypach maku średnica makówek wahała się w zakresie 3,65–4,36 cm, wysokość makówek od 3,03 do 4 cm. Kształt makówki jest cechą w dużej mierze wpływającą na wielkość plonu nasion i zawartość morfiny (Heger i Pathke 1947). Makówki odmiany Lazur są kuliste, natomiast odmian Mieszko i Rubin lekko wydłużone. Ich kształt i wielkość mogą ulegać wahaniom w zależności do warunków wzrostu (Szymanowska i in. 2000) i terminów siewu (Zajac i in. 2010b).

Zróznicowanie kształtu makówek jest określane na podstawie tzw. wskaźnika kształtu Kulczyckiego (Kulczycki 1938), wyraża on stosunek wysokości do szerokości makówek mnożony przez 100. Im wartość bliższa 100, tym kształt makówki bardziej okrągły.

Rysunek 4 pokazuje różnice w kształcie makówek odmian Mieszko, Rubin i Lazur oraz współczynniki kształtu dla tych makówek.

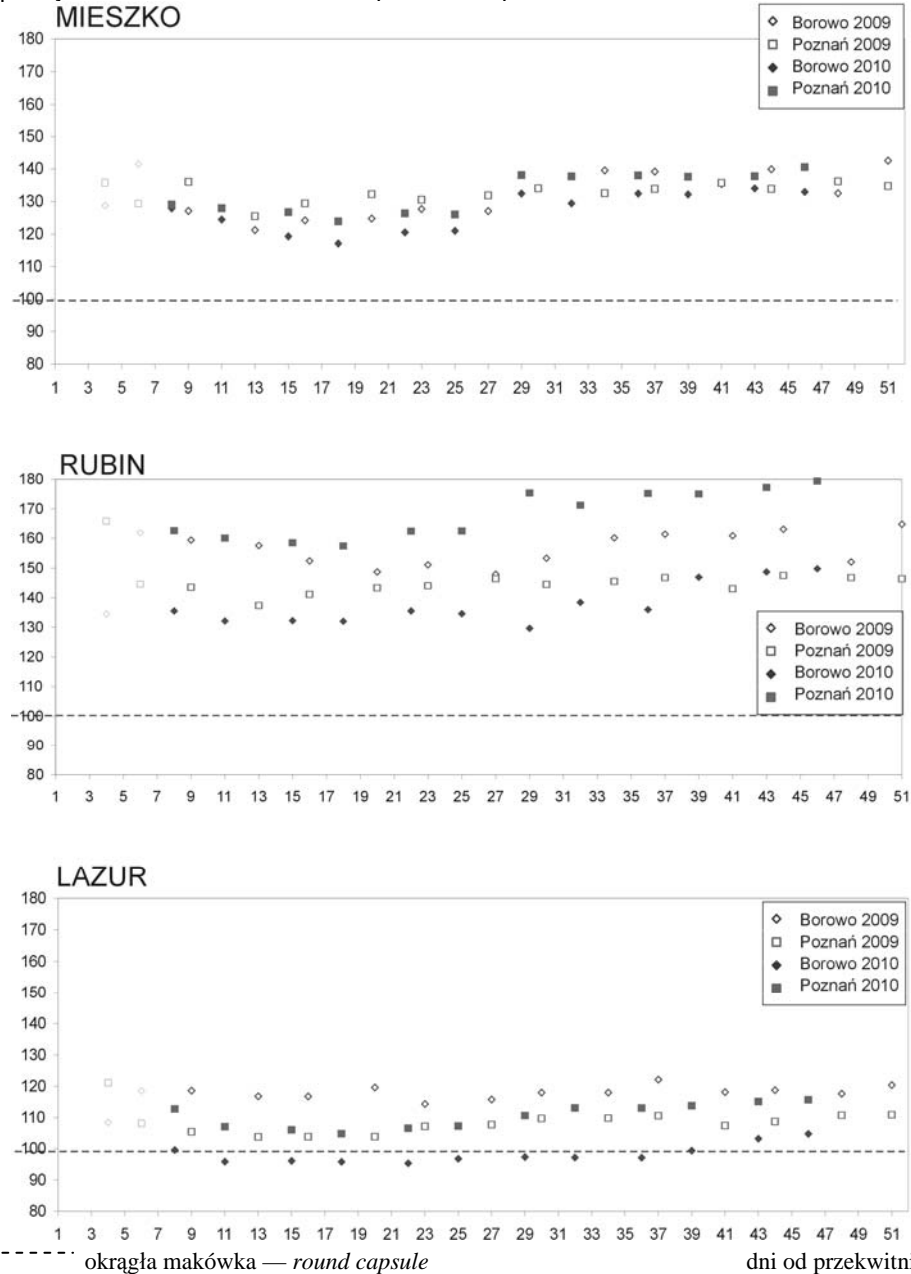


Rys. 4. Różnice w kształcie makówek i współczynniki kształtu makówek trzech badanych odmian maku — *Differences in the shape of poppy capsules and shape capsules factors of three investigated poppy cultivars*

W badaniach wyliczono współczynnik kształtu dla makówki pędu głównego (A) i makówki pierwszego pędu bocznego (B) w kolejnych terminach prowadzenia obserwacji. Rysunki 5 i 6 pokazują zmiany kształtu makówek — charakterystyczne dla każdej z badanych odmian.

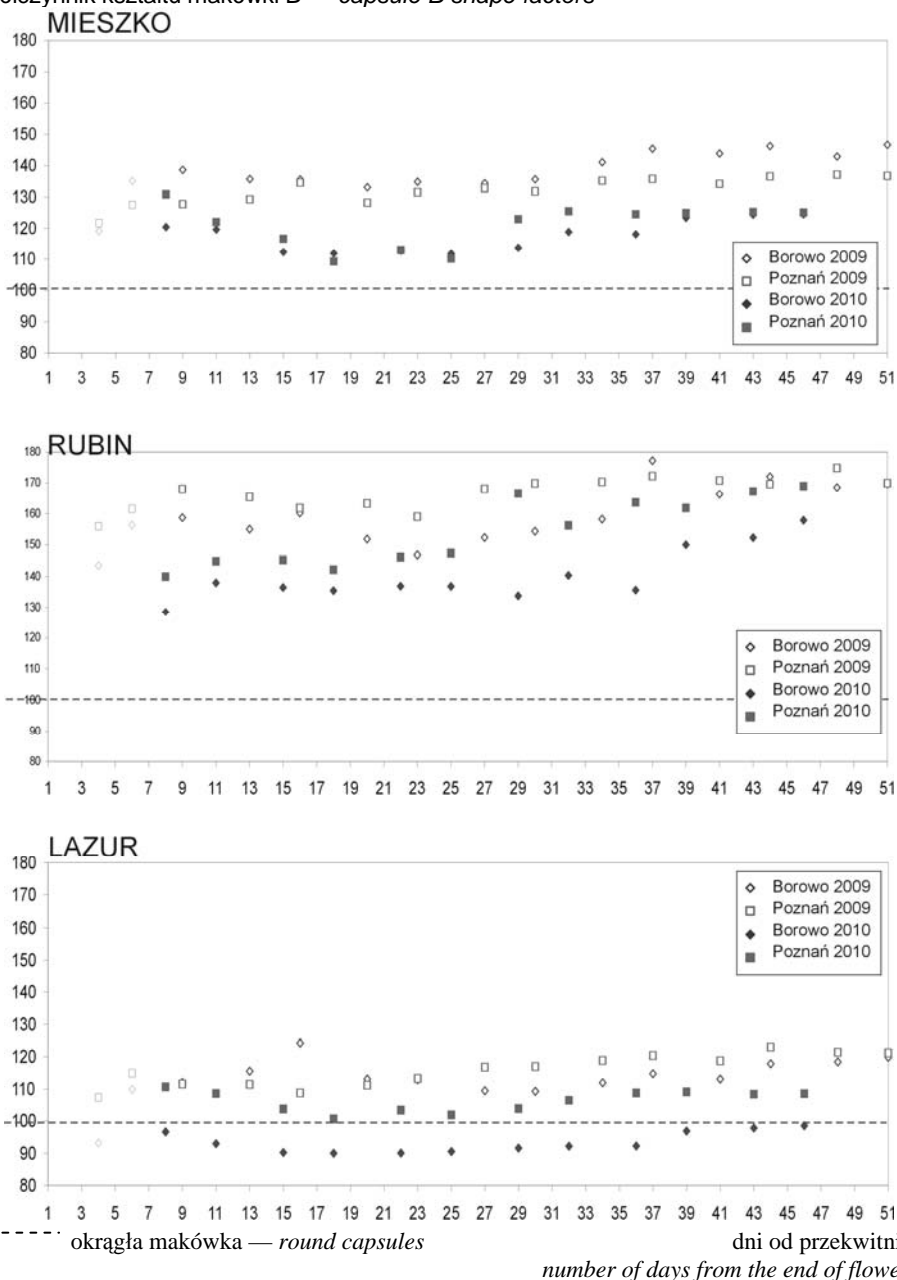
Odmiana Mieszko miała makówki początkowo wydłużone, po czym od 11. do 15. dnia od przekwitnięcia kwiatu na pędzie głównym nieco bardziej spłaszczone, aby po 29. dniu od przekwitnięcia uzyskać już stały wydłużony kształt. Współczynnik kształtu wahał się w zakresie 121–143 w 2009 i 128–147 w 2010 roku.

współczynnik kształtu makówki A — *capsule A shape factors*



Rys. 5. Zmiany współczynnika kształtu makówki A w trakcie dojrzewania roślin — *Changes of poppy capsule A shape factors during ripening and maturity*

współczynnik kształtu makówki B — *capsule B shape factors*



Rys. 6. Zmiany współczynnika kształtu makówki z pierwszego pędu bocznego B w trakcie dojrzewania roślin — *Changes of poppy capsule B shape factors during vegetation growth and maturity*

Dla odmiany Rubin nie obserwowano wyraźnej zmiany kształtu makówki. Współczynnik kształtu przybierał wartości w zakresie 137–165 w 2009 i 147–177 w 2010 roku.

Makówki odmiany Lazur początkowo były nieco wydłużone, po około 10 dniach od przekwitnięcia przyjmowały już stały kształt kulisty. Współczynnik kształtu dla tej odmiany przybierał wartości w zakresie 104–122 w 2009 i 109–124 w 2010 roku.

Różnice w kształcie makówki między badanymi odmianami powtarzały się w kolejnych latach doświadczeń w Poznaniu i Borowie. Można stwierdzić, że wyznaczony współczynnik kształtu jest charakterystyczny dla odmiany.

Wnioski

1. U badanych odmian maku w trakcie dojrzewania, od przekwitnięcia pierwszego kwiatu do pełnej dojrzałości, następują zmiany cech morfologicznych. Do 8. dnia od przekwitnięcia kwiatu na pędzie głównym obserwuje się wzrost roślin i makówek, potem następuje faza stabilizacji, a po 20. dniu od przekwitnięcia następuje zasychanie roślin.
2. Warunki środowiska mają istotny wpływ na zmiany wysokości roślin i długości szypułki kwiatowej maku oleistego po kwitnieniu roślin.
3. Współczynnik kształtu makówek jest cechą bardzo charakterystyczną i może być wykorzystany do opisu odmian.

Literatura

- Acock M.C., Pausch R.C., Acock B. 1997. Growth and development of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) as function of temperature. *Biotronics*, 26: 45-57.
- Appelqvist L.Å. 1963. Quality Problems in Cruciferous Oilcrops, pp. 301-332. In: E. Åkerberg et al. (eds.), *Rec. Pl. Breed. Res. Svalöf, 1946-1961*, Almqvist and Wiksell, Stockholm.
- Bernáth J. 1998. Poppy – The Genus *Papaver*. Harwood Academic Publisher, Amsterdam, XIV: 352.
- Bernáth J., Nemeth E. 1999. New trends in selection of poppy (*Papaver somniferum* L.). *International Journal of Horticultural Science*, 5: 69-75.
- Bhandari M.M. 1990. Out-crossing in opium poppy *Papaver somniferum* L. *Euphytica*, 48: 167-167.
- Duke J.A. 1973. Utilization of *Papaver*. *Econ. Bot.*, 27 (4): 390-400.
- Fulara A. 1967. Opis niektórych cech różnych odmian maku białego. *Biuletyn IHAR*, 6: 109-113.
- Heger O., Pathke N. 1947. *Papaver somniferum* L. *Der Mohn*. *Anbauchemie*.
- Heltmann H., Silva R. 1978. Zur Züchtung leistungsfähiger Inzuchtlinien für eine synthetische Mohnsorte. *Herba Hung.*, 17: 55-60.
- Kohout J. 2007. Archeologové našli nešli nejstarší zrnko máku. *Klatovský deník*, 16.4.2007
- Kulczycki J. 1938. przyczynek do badań nad makiem *Papaver somniferum* L. *Pamiętniki PINGW w Puławach*, IX: 2.

- Liersch J., Krzymański J. 2000. Nowe odmiany maku hodowli IHAR w Poznaniu. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXI (2): 621-624.
- 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.
- Mărculescu A., Bobit D. 2001. Studies on morphine content of *Papaver somniferum* L. *Rouman Biotechnological*, 5: 403-409.
- Muśnicki Cz. 2003. Mak siewny. W: *Szczegółowa Uprawa Roślin*, pod red. Z. Jasińskiej i A. Koteckiego, Wydawnictwo AR Wrocław, 2: 463-472.
- Németh É., Bernáth J., Sztéfanov A., Petheó F. 2002. New results of poppy (*Papaver somniferum* L.) breeding for low alkaloid content in Hungary. *Acta Hort.*, 576: 151-158.
- Nožina M. 2001. Cesty za opiem. Nakladatelstvi Lidové noviny Praha.
- Szymanowska E., Pszczoła J., Liersch J. 2000. Mak. IHAR Radzików.
- Shukla S., Singh S.P., Yadav H.K., Chatterjee A. 2006. Alkaloid spectrum of different gerplasm lines in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53: 533-540.
- Simmends N.W. 1976. *Evolution of Crop Plants*. Longman, London and New York.
- Trivedi M., Tiwari R.K., Dhawan O.P. 2006. Genetic parameters and correlations of collar rot resistance with important biochemical and yield traits in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *J. Appl. Genet.*, 47 (1): 29-38.
- Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o przeciwdziałaniu narkomanii. *Dziennik Ustaw 2005 r. Nr 179, poz. 1485*.
- Vašák J. 2010. *Mák*. Praca pod redakcją Jana Vašáka. Praha: 5-337.
- Wang Z., Acock M.C., Acock B. 1997. Phases of development to flowering in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) under various temperatures. *Annals of Botany*, 80: 547-552.
- Wójtowicz M. 2007. Wpływ warunków środowiskowych i agrotechnicznych na plonowanie odmian maku (*Papaver somniferum* L.). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVIII (2): 261-270.
- Wałkowski T. 2005. *Mak oleisty*. IHAR, Poznań.
- Yadav H.K., Shukla S., Singh S.P. 2007. Genetic divergence in parental genotypes and its relation with heterosis, F₁ performance and general combining ability (GCA) in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Euphytica*, 157: 123-130.
- Yadav H.K., Shukla S., Singh S.P. 2008. Discriminant function analysis for opium and seed yield in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Genetika*, 40 (2): 109-120.
- Yadav H.K., Shukla S., Singh S.P. 2009. Genetic combining ability estimates in the F₁ and F₂ generations for yield, its component traits and alkaloid content in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Euphytica*, 168 (1): 23-32.
- Zajęc T., Oleksy A. 2010a. Mak siewny. W: *Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie*, pod red. W. Budzyńskiego i T. Zajęca, PWRiL: 143-166.
- Zajęc T., Oleksy A., Klimek-Kopyra A. 2010b. Wpływ terminu siewu na plonowanie i cechy roślin maku niskomorfinowego odm. Mieszko (*Papaver somniferum* L.). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXXI (2): 333-349.