

**Marek Wójtowicz**

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

## **Rola głównych elementów plonotwórczych w kształtowaniu poziomu plonowania odmian maku siewnego (*Papaver somniferum* L.)**

### **The effect of basic yield making components on yield level of poppy cultivars**

Słowa kluczowe: mak siewny, plon, liczba torebek na jednostce powierzchni, masa nasion w jednej torebce

Wpływ głównych elementów plonotwórczych na plon nasion dwóch odmian maku siewnego oceniono w trzyletnim doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2005–2007 na polach Gospodarstwa Łągiewniki należącego do Spółki HR Smolice – Grupa IHAR. Odmiany różniły się istotnie liczbą torebek na jednostce powierzchni i masą nasion w jednej torebce. Wykazano, że współzależność pomiędzy plonem a elementami plonotwórczymi ma podłoże genetyczne. U odmiany Opal zaobserwowano większą korelację plonu z masą nasion w torebce. Natomiast u odmiany Mieszko silniejsza korelacja wystąpiła między plonem a liczbą torebek na jednostce powierzchni. Odmiany różniły się również oddziaływaniem głównych elementów plonotwórczych na plon nasion. Obliczenia przeprowadzone metodą analizy ścieżek wykazały, że plon nasion odmiany Opal w większym stopniu zależał od masy nasion w torebce, a plon nasion odmiany Mieszko był bardziej zależny od liczby torebek na jednostce powierzchni. Zróżnicowane oddziaływanie głównych elementów plonotwórczych na plon nasion ocenianych odmian skłania do rozważań nad przydatnością odmian, u których plon jest silniej determinowany przez liczbę torebek na jednostce powierzchni do technologii uprawy opartej na stosowaniu herbicydów. Zebrany materiał wskazuje, że odmiany te mogą okazać się mniej przydatne w technologii z zastosowaniem herbicydów w porównaniu z odmianami, u których plon jest silniej determinowany przez masę nasion w torebce.

Key words: poppy, yield, number of poppy heads per area unit, weight of seeds per one poppy head

The effect of basic yield components on seed yield of two poppy cultivars was investigated in three-year (2005–2007) field experiment carried out in Łągiewniki Farm belonging to Plant Breeding Company “Smolice”. The cultivars significantly differed in the number of poppy heads per area unit and in the weight of seeds per one poppy head. It was also stated that the correlation between the yield and its components had a genetic basis. In Opal cultivar higher correlation between the yield and weight of seeds per one poppy head was observed. In Mieszko cultivar higher correlation was observed between the yield and the number of poppy heads per area unit. Cultivars also differed in the influence of basic components on yield. Calculation performed with path analysis method showed that the yield of cultivar Opal was dependent to a higher degree on weight of seeds per one poppy head and the yield of cultivar Mieszko was more dependent on the number of poppy heads per area unit. Different effect of basic yield components on seed yield in the evaluated in the experiment cultivars

enabled the discussion on the usefulness of cultivars with stronger influence of the number of poppy heads per area unit on the yield to cultivation technology with herbicide application. The collected data indicated that these cultivars can be less useful for technology with herbicide application in comparison to cultivars in which the seed yield is stronger determined by the weight of seeds per one poppy head.

## Wstęp

---

Głównymi elementami kształtującymi plon maku (*Papaver somniferum* L.) są liczba torebek na jednostce powierzchni oraz masa nasion w jednej torebce. Odmiany różnią się zarówno masą nasion w torebce, jak i liczbą torebek wytworzonych przez roślinę maku (Wójtowicz 2007). Następnym różnicą odmian do wytwarzania torebek jest różna ich liczba na jednostce powierzchni. Można założyć, że konsekwencją różnej liczby torebek na jednostce powierzchni oraz masy nasion w torebce u poszczególnych odmian będzie zróżnicowane oddziaływanie tych komponentów na plon nasion. To znaczy, że plon odmian zdolnych do wytwarzania większej liczby owoców będzie bardziej zależny od liczby torebek na jednostce powierzchni, a plon odmian charakteryzujących się większą masą nasion w torebce będzie silniej determinowany przez masę nasion w torebce. Zachodzi pytanie, czy wysokość plonu nasion jest zależna od tego, który z głównych elementów plonotwórczych oddziałuje silniej na plon. W warunkach technologii z zastosowaniem przerywki roślina ma zapewnioną optymalną dla wysokiego plonowania przestrzeń do wytwarzania owoców. W tym przypadku zróżnicowanie w oddziaływaniu elementów plonotwórczych nie będzie prawdopodobnie istotne dla uzyskiwanych plonów. Natomiast w technologii z zastosowaniem herbicydów zdolność odmian do wytwarzania owoców jest ograniczona przez większe zagęszczenie roślin, zatem znaczenie jednego z głównych elementów plonotwórczych zostaje osłabione. Technologia z zastosowaniem herbicydów jest technologią integrowaną. Łączy bowiem ochronę roślin metodą chemiczną z agrotechniczną. Niekorzystny wpływ chwastów na roślinę uprawną ograniczany jest przez zastosowane herbicydy oraz większe zagęszczenie roślin niż zalecane w uprawie z zastosowaniem przerywki. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu elementów plonotwórczych na plon nasion dwóch odmian maku. Doświadczenie miało odpowiedzieć na pytanie, czy istnieją różnice pomiędzy odmianami w determinacji plonu przez główne elementy plonotwórcze. Uzyskane wyniki skłaniają do dyskusji na temat przydatności odmian, u których plon nasion determinowany jest silniej przez liczbę torebek na jednostce powierzchni, do technologii uprawy opartej na stosowaniu herbicydów.

## Material i metody

---

Doświadczenia przeprowadzono w latach 2005–2007 na polach Gospodarstwa Łagiewniki należącego do Spółki HR Smolice – Grupa IHAR, które znajduje się w południowo-zachodniej części Wysoczyzny Kaliskiej (N 51°46' E 17°14'). Doświadczenie założono na glebie brunatnej właściwej należącej do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Przedplonem maku była kukurydza. Przedsięwzięcie zastosowano: 51–63 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 96–105 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Siew nasion wykonano na poletkach o powierzchni 7,2 m<sup>2</sup>, wysiewając 1 kg·ha<sup>-1</sup>. Azot zastosowano 3 dni po siewie w ilości 50 kg N·ha<sup>-1</sup>. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w 8 powtórzeniach. Obiektami badawczymi były: odmiana niskomorfina Mieszko (< 0,04%) oraz odmiana o wysokiej zawartości morfiny Opal (0,7%). Poletka pielęgnowano ręcznie stosując przerywkę w fazie 4 liści maku i pielenie międzyrzędzi. Zapobiegawczo przeciwko chorobom grzybowym zastosowano preparat Amistar w dawce 0,8 l·ha<sup>-1</sup>. Torebki zebrano ręcznie 8–12 sierpnia w 2005, 11–12 sierpnia w 2006 i 2 sierpnia w 2007 roku. Przed zbiorem policzono liczbę roślin na 1 m<sup>2</sup>, liczbę torebek na roślinie i na jednostce powierzchni. Po zbiorze określono masę nasion w jednej torebce i plon z powierzchni poletka. Liczbę torebek na roślinie oraz masę nasion w jednej torebce oceniono na kolejnych 25 roślinach z dwóch środkowych rzędów. Uzyskane wyniki przeanalizowano za pomocą współczynników korelacji, analizy wariancji oraz analizy ścieżek.

## Wyniki

---

Warunki meteorologiczne w latach przeprowadzenia doświadczenia były zróżnicowane (tab. 1). Korzystne warunki dla rozwoju maku odnotowano tylko w 2005 roku. W tym roku warunki pogody pozwoliły na wczesne przeprowadzenie siewu. Nasiona wysiano już 31 marca, a wschody, dzięki umiarkowanej wilgotności po siewie, nastąpiły 13 kwietnia. Rozwojowi roślin sprzyjały równomiernie rozłożone opady w maju, czerwcu i lipcu oraz umiarkowanie ciepła temperatura. W 2006 roku długotrwała zima oraz silne deszcze w pierwszej połowie kwietnia utrudniły przeprowadzenie siewów w terminie. Siew nasion przeprowadzono 20 kwietnia, a wschody odnotowano 2 maja. Warunki pogody w maju i czerwcu były korzystne dla wzrostu roślin. Natomiast niedobór opadów i bardzo wysokie temperatury w lipcu oddziaływały niekorzystnie na wzrost i wielkość makówek oraz plon nasion. W 2007 roku ciepła i wilgotna pogoda w styczniu, lutym i marcu umożliwiła przeprowadzenie siewu w terminie zalecanym dla maku. Nasiona wysiano 2 kwietnia. Niedobór wilgoci w kwietniu (8,2 mm) przyczynił się do pewnego opóźnienia wschodów i hamował rozwój roślin po wschodach. Wschody maku odnotowano 17 kwietnia. Ciepła pogoda z wystarczającą ilością opadów

Tabela 1

Średnie temperatury powietrza oraz miesięczne sumy opadów od stycznia do lipca w latach badań na tle wielolecia — *Mean air temperature and one month precipitation sum from January to July in years of investigation against the background of many years data 1957–2007*

Miesiące — Months	2005	2006	2007	1957–2007
Temperatura powietrza — Air temperature [°C]				
I	1,5	-5,8	4,4	-1,5
II	-1,8	-2	1,8	-0,3
III	1,2	0,3	6,3	3,1
IV	9	9,3	10,5	8,2
V	13,8	14,2	15,2	13,6
VI	16,7	18,2	19,1	16,8
VII	19,8	23,5	19,0	18,4
Opady — Rainfalls [mm]				
I	32,0	16,1	66,1	31,6
II	34,0	30,0	43,2	32,4
III	13,9	18,0	36,4	32,8
IV	11,0	41,8	8,2	32,4
V	65,9	42,8	100,1	52,5
VI	61,1	57,8	70,1	65,4
VII	86,2	19,2	122,3	82,3

w dwóch pierwszych dekadach maja sprzyjała rozwojowi roślin. Niekorzystnie na wzrost roślin, wielkość owoców i plon nasion oddziaływały opady burzowe, które odnotowano 22 maja (53 mm) oraz 21 i 25 czerwca (34 i 24 mm), a przede wszystkim bardzo wysokie temperatury w okresie dojrzewania maku.

Odmiany istotnie różniły się liczbą torebek na jednostce powierzchni i masą nasion w jednej torebce (tab. 2). Odmiana Mieszko odznaczała się istotnie większą

Tabela 2

Plon nasion i elementy plonotwórcze w zależności od odmiany  
*Yield of seeds and its components according to cultivars*

Odmiana Cultivar	Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	Masa nasion w 1 torebce <i>Weight of seeds per 1 poppy head [g]</i>	Liczba torebek na 1 roślinie <i>Number of poppy heads per 1 plant</i>	Plon Yield [dt ha <sup>-1</sup> ]
Mieszko	66,6 a	2,30 b	2,7 a	15,3 b
Opal	63,3 b	2,55 a	2,4 b	16,6 a
NIR — LSD <sub>0,05</sub>	3,04	0,11	0,24	1,04

liczbą torebek na jednostce powierzchni oraz mniejszą masą nasion w jednej torebce. Zróżnicowana liczba torebek na jednostce powierzchni pomiędzy odmianami była rezultatem zróżnicowanej liczby torebek wytworzonych przez jedną roślinę maku. Istotnie większą liczbę torebek wytworzyły rośliny odmiany Mieszko. Wyższym plonem charakteryzowała się odmiana Opal.

Współzależność pomiędzy plonem a głównymi elementami plonotwórczymi określono przy pomocy współczynników korelacji (tab. 3). Oba główne elementy plonotwórcze wysoce istotnie oddziaływały na wielkość plonu w latach 2005 i 2006. W 2007 roku istotne oddziaływanie odnotowano tylko dla jednego elementu plonotwórczego. Korelacja pomiędzy plonem a elementami plonotwórczymi była zależna od odmiany. W latach badań plon nasion odmiany Mieszko wykazywał silniejszą korelację z liczbą torebek na jednostce powierzchni, natomiast plon nasion odmiany Opal był silniej skorelowany z masą nasion z jednej torebki.

Tabela 3

Współczynniki korelacji plonu nasion z głównymi elementami plonotwórczymi  
*Correlation coefficient between yield and its basic components*

Rok Year	Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>		Masa nasion w 1 torebce <i>Weight of seeds per 1 poppy head [g]</i>	
	Mieszko	Opal	Mieszko	Opal
2005	0,82**	0,77**	0,75**	0,85**
2006	0,84**	0,77**	0,78**	0,91**
2007	0,70**	0,36	0,17	0,77**

\*\* korelacja istotna na poziomie  $\alpha = 0,01$  — *significant correlation at  $\alpha = 0.01$*

Determinację plonu nasion z głównymi elementami plonotwórczymi przedstawiono na podstawie analizy danych eksperymentalnych za pomocą analizy ścieżek (Wright 1960). Współczynnik ścieżek określa bezpośrednie działanie zmiennych niezależnych na zmienną zależną i obrazuje faktyczny, a nie pozorny (przez skorelowanie z innymi zmiennymi niezależnymi) wpływ danej zmiennej niezależnej na zmienną zależną. Wyniki zebrane w tabeli 4 wskazują, że oddziaływanie głównych elementów plonotwórczych na plon nasion u ocenianych odmian nie było jednakowe. We wszystkich latach prowadzenia doświadczenia u odmiany Mieszko większe znaczenie dla plonu nasion miała liczba torebek na jednostce powierzchni, a mniejsze masa nasion w torebce. Natomiast u odmiany Opal większy wpływ na plon wywierała masa nasion w torebce niż liczba torebek na jednostce powierzchni.

## Dyskusja

Zaobserwowano istotne zróżnicowanie pomiędzy odmianami głównych elementów plonotwórczych — liczby torebek na jednostce powierzchni oraz masy nasion w jednej torebce. Odmiany różniły się również liczbą torebek wytworzonych przez jedną roślinę. Istotne zróżnicowanie odmian pod względem liczby torebek wytwarzanych przez roślinę oraz na jednostce powierzchni jest zgodne z wcześniejszymi wynikami badań autora (Wójtowicz 2007).

Tabela 4  
Efekt bezpośredni (współczynniki ścieżek) i pośredni głównych elementów plonotwórczych na plon nasion — *Direct (path coefficient) and indirect effect of basic components on seed yield*

Odmiana <i>Cultivar</i>	Rok <i>Year</i>	Cecha <i>Feature</i>	Cecha 1 <i>Feature 1</i>	Cecha 2 <i>Feature 2</i>	R <sup>2</sup>
Mieszko	2005	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,587056</b>	0,146469	99,2
		2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	0,16747	<b>0,671229</b>	
	2006	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,555031</b>	0,19099	98,8
2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	0,225519	<b>0,655372</b>			
Opal	2005	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,664896</b>	0,216071	99,4
		2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	0,18111	<b>0,557311</b>	
	2006	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,705481</b>	0,306681	99,3
2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	0,200477	<b>0,461172</b>			
Opal	2007	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,853883</b>	-0,49269	93,7
		2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	-0,68696	<b>1,190581</b>	
	2005	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,664896</b>	0,216071	99,4
2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	0,18111	<b>0,557311</b>			
Opal	2006	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,705481</b>	0,306681	99,3
		2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	0,200477	<b>0,461172</b>	
	2007	1. Masa nasion w 1 torebce [g] <i>Weight of seeds per 1 poppy head</i>	<b>0,974598</b>	-0,29894	98,7
2. Liczba torebek na 1 m <sup>2</sup> <i>Number of poppy heads per sq. m.</i>	-0,20069	<b>0,65428</b>			

Bezpośredni efekt jest wyróżniony — *Direct effect is marked*

Wykazano także dodatnią korelację pomiędzy plonem a głównymi elementami plonotwórczymi. Pozytywną korelację plonu z liczbą torebek i masą nasion w torebce przedstawili wcześniej Shukla i Khanna (1987). Zależność plonu od

liczby torebek wykazali także Khanna i Singh (1975), Saini i Kaicker (1982), Singh i Khanna (1993), Bhandari i in. (1997) oraz Singh i in. (2003, 2004). Singh i Khanna (1993) udokumentowali również zależność plonu od masy torebki i masy łupiny torebki, a Bhandari i in. (1997) od wielkości torebki, co pośrednio wskazuje na korelację plonu z masą nasion w torebce. Przeprowadzone doświadczenie dowiodło ponadto, że współzależność pomiędzy plonem a elementami plonotwórczymi miała podłoże genetyczne. U odmiany Opal zaobserwowano większą korelację plonu nasion z masą nasion w torebce. Natomiast u odmiany Mieszko silniejsza korelacja wystąpiła pomiędzy plonem a liczbą torebek na jednostce powierzchni. Odmiany różniły się również oddziaływaniem głównych elementów plonotwórczych na plon nasion. Silniejsze oddziaływanie na plon masy nasion w torebce było charakterystyczne dla odmiany Opal. Z kolei u odmiany Mieszko cechą silniej wpływającą na plon nasion okazała się liczba torebek na jednostce powierzchni. Zachodzi pytanie, czy oddziaływanie komponentów plonu może okazać się istotne dla plonu nasion w technologii uprawy opartej na stosowaniu herbicydów. Jak wykazały wcześniejsze doświadczenia autora (Wójtowicz i Wójtowicz 2009) obsada roślin w technologii z zastosowaniem herbicydów jest większa od 2 do 3 razy w porównaniu z obsadą roślin w technologii z zastosowaniem przerywki. Dowiedziono również, że w warunkach technologii opartej na stosowaniu herbicydów rośliny wytwarzają mniejszą liczbę owoców. Jedna roślina odmiany Opal wytworzyła średnio 1,3 torebki, a jedna roślina odmiany Mieszko średnio — 1,4 torebki. Liczba torebek na roślinie jest zatem silnie zależna od technologii uprawy, a szerzej rzecz ujmując od warunków środowiska. Potwierdzenie tego faktu znajdujemy w pracach Briza (1983) oraz Trivedi i in. (2006), którzy wykazując niską odziedziczalność tej cechy, dowiedli jej uzależnienia od czynników środowiskowych (Weber i Moorthy 1952, Johnson i in. 1955). W warunkach większego zagęszczenia roślin, odmiany, których plon bardziej jest determinowany przez liczbę torebek, mogą słabiej plonować, gdyż nie będą w stanie wyprodukować wystarczającej liczby owoców. Ponieważ w technologii z zastosowaniem herbicydów znaczenie jednego z głównych elementów plonotwórczych zostało osłabione, można przypuszczać, że odmiany, u których plon nasion determinowany jest silniej przez liczbę torebek na jednostce powierzchni okażą się mniej przydatne do tej technologii uprawy. To założenie znajduje potwierdzenie w wynikach prezentowanych przez Cihlářa i in. (2003) oraz Wójtowicza i Wójtowicza (2006, 2009), obrazujących zróżnicowaną reakcję odmian na ochronę maku przed chwastami za pomocą herbicydów. Autorzy są zgodni, że w technologii z zastosowaniem herbicydów, spośród trzech odmian: Opal, Lazur, Mieszko najwyżej plonowała odmiana Opal, której plon silniej zależy od masy nasion w torebce a najniżej odmiana Mieszko, której plon w większym stopniu jest determinowany przez liczbę torebek na jednostce powierzchni.

## Wnioski

---

1. Ocena oddziaływania elementów plonotwórczych na plon nasion może okazać się pomocna przy prowadzeniu prac hodowlanych odmian maku przeznaczonych do uprawy opartej na stosowaniu herbicydów.
2. Przeprowadzone doświadczenie wskazuje na większą przydatność do uprawy z zastosowaniem herbicydów odmian, u których plon nasion jest silniej determinowany przez masę nasion w torebce niż liczbę torebek na jednostce powierzchni.

## Literatura

---

- Bhandari M.M., Gupta R., Sharma P.P., Joshi A. 1997. Path analysis in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Indian Journal of Genetics & Plant Breeding, 57 (1): 14-18.
- Briza J. 1983. The inheritance of seed weight per plant and morphine content in opium poppy. Sbornik Uvtiz Genetika a Slechteni, 19: 307-318.
- Cihlár P., Vašák J., Kosek Z. 2003. Technologie máku setého pro dvoutunové výnosy semen. Paper presented at: Repka, mák, hořčice. Sbornik konference s mezinárodní účastí Praha, 19.2.2003, 193 pp.
- Khanna K.R., Singh U.P. 1975. Correlation studies in *Papaver somniferum* L. and their bearing on yield improvement. Plant Med., 28: 92-96.
- Johanson H.W., Robinson H.F., Comstock R.E. 1955. Genotypic and phenotypic correlations in soybean and their implication in selections. Agron. J., 47: 471-483.
- Saini H.C., Kaicker U.S. 1982. Model plant architecture through association and path coefficient analysis in opium poppy. Indian J. Agric. Sci., 52: 744.
- Shukla S., Khanna K.R. 1987. Genetic association in opium poppy. Indian J. Agric. Sci., 57: 147-151.
- Singh S.P., Khanna K.R. 1993. Path coefficient analysis for opium and seed yield in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Genetika, 25 (2): 119-128.
- Singh S.P., Yadav H.K., Shukla S., Chatterjee A. 2003. Studies on different selection parameters in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). J. Med. and Arom. Plant Sci., 25: 8-12.
- Singh S.P., Shukla S., Yadav H.K. 2004. Genetic studies and their implication to breed desired plant type in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Genetika, 36, 1: 69-81.
- Trivedi M., Tiwari R.K., Dhawan Om 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.
- Webber C.R., Moorthy B.R. 1952. Heritable and non-heritable relationship and variability of oil content and agronomic characters in F<sub>2</sub> generation of soybean crosses. Agron. J., 44: 202-209.
- Wright S. 1960. Path coefficient of reciprocal, interaction, with or without lag, in path analysis. Biometrics, 16: 423-445.
- Wójtowicz M., Wójtowicz A. 2006. Wpływ pielęgnacji chemicznej na plonowanie odmian maku. Prog. Plant Protection Post. Ochr. Roślin, 46 (2): 699-702.
- Wójtowicz M. 2007. Wpływ warunków środowiskowych i agrotechnicznych na plonowanie odmian maku (*Papaver somniferum* L.). Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXVIII (2): 261-270.
- Wójtowicz M., Wójtowicz A. 2009. Effectiveness of chemical protection against weeds applied to poppy (*Papaver somniferum* L.). J. of Plant Protection Research, 49 (2): 209-215.