

STANISŁAW PLUTA
DANUTA KUCHARSKA
ŁUKASZ SELIGA

Instytut Ogrodnictwa, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

Kierownik Tematu: dr hab. Stanisław Pluta prof. Instytutu Ogrodnictwa, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3,
96-100 Skierniewice, tel. 46 8345315; e-mail: stanislaw.pluta@inhort.pl

Prace zostały wykonane w ramach badań podstawowych na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej na podstawie decyzji Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi nr HOR.hn.802.20.2018, Zadanie 72.

Ocena potencjału genetycznego wybranych genotypów borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) w oparciu o czynnikiowy układ krzyżowań

Evaluation of the genetic potential of selected genotypes of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) based on a factorial crossing design

Słowa kluczowe: GCA, SCA, jakość owoców, ocena fenotypowa, odmiany

CEL I BADAŃ

Celem planowanych w 2018 roku badań było określenie zdolności kombinacyjnej (efekty GCA i SCA) 12 genotypów rodzicielskich i 35 rodzin mieszańcowych poprzez ocenę fenotypową populacji siewek F_1 (2100 szt.) borówki wysokiej rosnących doświadczeniu polowym, zoptymalizowanie warunków rozmnażania i ukorzenia in vitro wytypowanych genotypów tego gatunku oraz ocena sensoryczna i instrumentalna jakości owoców najwartościowszych pojedynków.

OPIS WYNIKÓW

Materiał badawczy stanowiła populacja 2100 siewek pokolenia F_1 borówki wysokiej należących do 35 rodzin mieszańcowych, uzyskana ze skrzyżowania w układzie czynnikowym 7 form matecznych — ‘Aurora’, ‘Bluecrop’, ‘Brigitta Blue’, ‘Chandler’, ‘Draper’, ‘Duke’ i ‘Northland’ oraz 5 form ojcowskich — ‘Earliblue’, ‘KazPliszka’,

Borówka wysoka

'Polaris', 'Toro' i 'Weymouth'. Siewki posadzono jesienią 2014 roku w doświadczeniu polowym, w układzie bloków losowych, w 4 powtórzeniach po 15 siewek.

Tabela 1

Siła wzrostu siewek borówki wysokiej rosnących w doświadczeniu polowym, Sad Pomologiczny w Skierniewicach, 2018 r. (średnie z: 4 powtórzenia × 15 siewek /poletko), I termin — ocena wykonana 21–22. 05. 2018 r. II termin — ocena wykonana 17–18. 10. 2018 r.)

Lp.	Nr komb.	Rodowód ♀ × ♂	Siła wzrostu siewek					
			ocena bonitacyjna (1-9)*		wysokość (cm)		szerokość (cm)	
			I termin	II termin	I termin	II termin	I termin	II termin
1	1\1	Aurora × Earliblue	4,5	6,0	29,6	51,0	30,0	46,0
2	1\2	Aurora × KazPliszka	4,2	5,2	26,2	44,0	32,3	44,0
3	1\3	Aurora × Polaris	5,5	6,9	38,8	62,9	39,2	63,9
4	1\4	Aurora × Toro	5,2	5,5	39,1	58,2	44,9	57,9
5	1\5	Aurora × Weymouth	4,0	4,8	20,1	32,7	25,3	33,9
		średnia	4,7	5,7	30,8	49,8	34,3	49,1
6	2\1	Bluecrop × Earliblue	5,0	5,8	27,5	56,7	31,4	48,4
7	2\2	Bluecrop × KazPliszka	5,2	6,2	30,5	63,1	33,7	61,4
8	2\3	Bluecrop × Polaris	5,5	6,4	35,7	61,0	37,5	59,3
9	2\4	Bluecrop × Toro	5,0	6,2	31,5	62,6	34,6	56,2
10	2\5	Bluecrop × Weymouth	5,5	6,8	35,5	69,1	45,0	71,9
		średnia	5,2	6,3	32,2	62,5	36,4	59,4
11	3\1	Brigitta B. × Earliblue	5,2	6,0	31,4	53,6	33,8	51,8
12	3\2	Brigitta B. × KazPliszka	5,5	6,3	45,0	37,3	40,5	34,4
13	3\3	Brigitta B. × Polaris	4,7	5,8	22,8	41,1	26,4	42,2
14	3\4	Brigitta B. × Toro	4,8	6,4	24,2	43,5	30,4	42,1
15	3\5	Brigitta B. × Weymouth	4,6	5,9	25,5	46,7	30,6	44,9
		średnia	5,0	6,1	29,8	44,5	32,3	43,1
16	4\1	Chandler × Earliblue	4,6	6,2	24,5	40,8	27,5	37,7
17	4\2	Chandler × KazPliszka	4,0	5,4	18,7	35,6	34,2	34,6
18	4\3	Chandler × Polaris	6,7	7,6	35,7	70,0	30,3	66,0
19	4\4	Chandler × Toro	5,0	6,2	25,1	56,1	30,3	51,0
20	4\5	Chandler × Weymouth	4,5	5,3	22,3	37,9	25,8	33,3
		średnia	5,0	6,1	25,3	48,1	29,6	44,5
21	5\1	Draper × Earliblue	4,8	6,1	27,2	48,2	29,0	47,0
22	5\2	Draper × KazPliszka	5,0	6,5	33,4	59,1	42,7	65,6
23	5\3	Draper × Toro	5,5	6,8	34,4	56,8	40,8	57,5
24	5\4	Draper × Polaris	4,6	5,5	25,8	38,8	40,0	36,8
25	5\5	Draper × Weymouth	4,8	6,0	28,9	52,5	34,0	48,3
		średnia	4,9	6,2	29,9	51,1	37,3	51,0
26	6\1	Duke × Earliblue	5,4	7,0	37,7	62,1	34,7	62,4
27	6\2	Duke × Polaris	5,4	5,8	31,7	49,5	35,5	46,1
28	6\3	Duke × KazPliszka	5,0	5,6	27,4	45,2	31,7	48,2
29	6\4	Duke × Toro	5,3	6,2	28,9	63,8	36,4	65,6
30	6\5	Duke × Weymouth	5,2	6,5	35,0	67,3	42,5	65,6
		średnia	5,3	6,2	32,1	57,6	36,1	57,6
31	7\1	Northland × Earliblue	5,7	6,4	36,9	48,1	42,9	52,6
32	7\2	Northland × KazPliszka	4,0	5,0	25,0	32,2	35,0	33,2
33	7\3	Northland × Polaris	4,2	5,2	25,9	39,9	29,0	42,1
34	7\4	Northland × Toro	4,5	6,4	22,9	65,5	31,5	70,0
35	7\5	Northland × Weymouth	5,6	6,8	33,6	66,6	44,4	69,1
		średnia	4,8	6,0	28,9	50,5	36,6	53,4

Objaśnienia: * ocena bonitacyjna 1–9, gdzie: 1 — siewki najslabiej rosnące, 5 — średnio silnie rosnące, 9 — siewki rosnące najsilniej

W 2018 roku wykonano ocenę fenotypową siewek pod względem siły wzrostu (pomiar wysokości i szerokości roślin). Wykazano, że młode rośliny należące do 35 rodzin mieszańcowych różniły się siłą wzrostu. Najsilniej rosły siewki należące do następujących rodzin mieszańcowych: 'Aurora' × 'Polaris', 'Aurora' × 'Toro', 'Bluecrop' × 'Polaris', 'Chandler' × 'Polaris', 'Draper' × 'KazPliszka', 'Draper' × 'Toro', 'Duke' × 'Earliblue', 'Duke' × 'Toro', 'Duke' × 'Weymouth' i 'Northland' × 'Weymouth' (tab. 1).

Na podstawie wyników oceny fenotypowej populacji mieszańców określono zdolność kombinacyjną (GCA i SCA) w/w odmian rodzicielskich borówki wysokiej pod względem siły wzrostu. Wykazano, że badane genotypy różniły się wartościami efektów GCA i SCA pod względem tej cechy. Spośród 12 genotypów rodzicielskich tylko 5 odmian miało istotne (na plus lub minus) wartości efektów GCA dla siły wzrostu (tab. 2).

Tabela 2

Wartości efektów GCA dla siły wzrostu 12 odmian borówki wysokiej krzyżowanych w układzie czynnikowym (7 × 5), Skierniewice, 2018; program statystyczny SERGEN

Nr matki lub ojca	Formy rodzicielskie	Wysokość roślin (cm)		Szerokość roślin (cm)	
		ocena efektu głównego	statystyka F dla efektu głównego	ocena efektu głównego	statystyka F dla efektu głównego
Analiza względem matek (♀)					
1	Aurora	-2,22	1,70	-2,04	1,38
2	Bluecrop	10,51**	38,00	8,26**	22,64
3	Brigitta Blue	-7,54**	19,54	-8,08**	21,66
4	Chandler	-3,91	5,26	-6,66**	14,72
5	Draper	-0,91	0,29	-0,13	0,01
6	Duke	5,59**	10,75	6,42**	13,66
7	Northland	-1,52	0,79	2,23	1,65
Wartości krytyczne dla testowania indywidualnego na poziomie		0,1	2,76	0,1	2,76
		0,05	3,93	0,05	3,93
		0,01	6,89	0,01	6,89
Wartości krytyczne dla testowania jednoczesnego na poziomie		0,1	6,21	0,1	6,21
		0,05	7,54	0,05	7,54
		0,01	10,75	0,01	10,75
Analiza względem ojców (♂)					
8	Earliblue	-0,49	0,12	-1,74	1,51
9	KazPliszka	-6,16**	19,56	-5,56**	15,39
10	Polaris	1,85	1,77	2,99	4,46
11	Toro	3,51	6,37	3,06	4,69
12	Weymouth	1,28	0,84	1,26	0,79
Wartości krytyczne dla testowania indywidualnego na poziomie		0,10	2,76	0,10	2,76
		0,05	3,93	0,05	3,93
		0,01	6,89	0,01	6,89
Wartości krytyczne dla testowania jednoczesnego na poziomie		0,10	5,59	0,10	5,59
		0,05	6,89	0,05	6,89
		0,01	10,06	0,01	10,06

Objaśnienie: * - wartości istotnie różne od średniej ogólnej przy poziomie $\alpha = 0,05$

** - wartości istotnie różne od średniej ogólnej przy poziomie $\alpha = 0,01$

Istotnie dodatnie efekty GCA dla wysokości i szerokości roślin wykazano dla odmian: 'Bluecrop' i 'Duke', zaś ujemne efekty GCA — dla 'Brigitta Blue', 'KazPliszka' i 'Chandler'. Oznacza to, że badane odmiany rodzicielskie, posiadające dodatnie efekty GCA, są donorami genów warunkujących silny wzrost u potomstwa ocenianych siewek,

podczas gdy genotypy rodzicielskie wykazujące ujemne efekty GCA przekazują potomstwu słaby wzrost siewek. Oszacowane efekty SCA dla 5 rodzin mieszańców przyjmowały istotnie pozytywne wartości dla wysokości roślin, a istotne negatywne — dla innych 5 rodzin. Nieco więcej istotnych efektów SCA oszacowano dla szerokości siewek. Pozytywne efekty stwierdzono dla 6 rodzin mieszańców, zaś negatywne efekty SCA — dla 4 rodzin mieszańcowych. Oznacza to, że genetyczne współdziałanie obu genotypów rodzicielskich w ramach tych rodzin mieszańcowych warunkuje z dużym prawdopodobieństwem wysoki/niski lub szeroki/wąski charakter wzrostu u potomstwa siewek.

Zoptymalizowano warunki rozmnażania i ukorzenia *in vitro* i *in vivo* wytypowanych genotypów borówki wysokiej. Materiałem badawczym były kultury *in vitro* 20 wybranych pojedynków oraz 2 odmian standardowych ('Bluecrop' i 'Duke'). Te same genotypy rozmnożono tradycyjnie przez sadzonki zielne w warunkach szklarniowych. Uzyskane wyniki wskazują, że efektywność rozmnażania *in vitro* gatunków z rodzaju *Vaccinium* spp., w tym borówki wysokiej, jest bardzo różna i zależna od genotypu, składu pożywki, rodzaju i stężenia hormonów wzrostu w pożywce i świadczą o dużej trudności namnażania i ukorzenia w kulturach *in vitro* genotypów borówki. Współczynnik namnażania kultur określany jako liczba pędów na eksplantat wynosił od 0,7–0,9 dla pojedynków 9P i 10P do 8,1; 8,2 oraz 8,6 odpowiednio dla pojedynków 51, 68 i 69. Najtrudniej było uzyskać nowe pędy dla pojedynków 75 i 10P, które wykazują bardzo słabą zdolność namnażania w kulturach *in vitro*, spowodowaną obecnością bakterii endogennych. Efektywność ukorzenia *in vitro* była wysoka i wynosiła od 68,6 do 97,8%. Efektywność ukorzenia sadzonek zielnych była również zależna od genotypu i wynosiła od 12,5 do 74,2%. Uzyskane rośliny 22 genotypów z *in vitro* oraz z sadzonek zielnych posłużyły do założenia jesienią 2018 roku polowego doświadczenia odmianowo-porównawczego. Doświadczenie założono w układzie bloków losowych w 3 powtórzeniach, po 5 roślin na poletku. W kolejnych 2 latach prowadzona będzie ocena fenotypowa badanych genotypów pod względem cech morfologicznych, plonowania roślin, wielkości i jakości owoców.

Wykonano ocenę sensoryczną i instrumentalną owoców 20 wybranych pojedynków borówki wysokiej dla uzyskania informacji, czy w oparciu o użyte formy rodzicielskie możliwe jest uzyskanie nowych genotypów o ulepszonych cechach jakościowych owoców. Materiał badawczy stanowiły próbki owoców o masie od 25 do 100 g. Ocena sensoryczna owoców, obejmująca atrakcyjność i smak owoców, wykonana była przy użyciu skali bonitacyjnej 1–9. Ocena instrumentalna obejmowała zawartość ekstraktu i witaminy C. Dodatkowo wykonano identyczną ocenę jakości owoców dla 12 odmian rodzicielskich.

Wstępne wyniki pokazują, że owoce badanych pojedynków i odmian rodzicielskich borówki wysokiej różniły się pod względem atrakcyjności i smaku owoców oraz zawartości ekstraktu i witaminy C. Najatrakcyjniejsze owoce miał pojedynek (23C/1), o rodowodzie 'Draper' × 'Toro', zaś najsmaczniejsze — 5 pojedynków (29B/14, 18C/6, 8B/3, 26A/1 i 23C/1). Najwięcej ekstraktu zawierały owoce 3 pojedynków (31B/10,

1A/14 i 26A/1). Najbogatsze w witaminę C były owoce 3 pojedynków (24A/3, 1A/14 i 25A/5).

WNIOSKI

1. Siewki borówki wysokiej charakteryzują się słabym i powolnym wzrostem po posadzeniu w doświadczeniu polowym. Wraz z wiekiem siła wzrostu młodych siewek (wysokość i szerokość roślin) jest bardziej zróżnicowana w obrębie poszczególnych rodzin mieszańców i między nimi.
2. Badane genotypy rodzicielskie borówki wysokiej różnią się zdolnością kombinacyjną (efekty GCA i SCA) pod względem siły wzrostu siewek, ocenianej na podstawie pomiaru wysokości i szerokości roślin. Oszacowane efekty GCA i SCA dla wybranych form rodzicielskich borówki wysokiej przyjmują wartości dodatnie i ujemne. Zatem odmiany te, użyte w krzyżowaniach, mogą przyczynić się do poprawy lub pogorszenia siły wzrostu u potomstwa.
3. Powodzenie namnażania i ukorzenia *in vitro* borówki jest silnie uzależnione od genotypu. Rozmnożenie kultur *in vitro* jest trudne dla pojedynków 75 i 10P, a łatwe dla pojedynków oznaczonych numerami 51, 68 i 69. Zaproponowany w badaniach sposób ukorzenia pędów *in vitro* w perlicie, nasączonym płynną pożywką jest najbardziej efektywny.
4. Odsetek ukorzenionych sadzonek rozmnażanych tradycyjną metodą (sadzunki zielne) był uzależniony od genotypu borówki wysokiej
5. Owoce badanych pojedynków i odmian rodzicielskich borówki wysokiej różnią się pod względem atrakcyjności i smaku.
6. Zawartość ekstraktu i witaminy C w owocach testowanych pojedynków są w dużym stopniu uzależnione od genotypu.

LITERATURA

- Baker R. J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Science*, 18 (4): 533 — 536.
- Griffing B. 1956 a. A generalised treatments of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10: 31 — 50.
- Griffing B. 1956 b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.* 9: 463 — 493.
- Mądry W., Ubysz-Borucka L. 1982. Biometryczna analiza zdolności kombinacyjnej w niekompletnym układzie diallel cross. Cz. I. Model stały dla cech ilościowych. *Rocz. Nauk Roln. Ser. A*, 105: 9 — 27.
- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński S. 1985. Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych w hodowli roślin. Wydawn. SGGW — AR, Warszawa: 220 ss.
- Chandler C. K., A. D. Draper. 1986. Effect of zeatin and 2iP on shoot proliferation of three highbush blueberry clones *in vitro*. *HortScience* 21: 1065 — 1066.
- Debnath S. C. 2007. Propagation of *Vaccinium in vitro*: A review — *International Journal of Fruit Science*, — Taylor & Francis: 47 — 71.
- Gonzalez M. V., Lopez M., Valdes A. E., Ordas R. J. 2000. Micropropagation of three berry fruit species using nodal segments from field-grown plants. *Ann. Appl. Biol.* 137: 73 — 78.
- Morrison, S., J. Smagula M., Litten W. 2000. Morphology, growth, and rhizome development of *Vaccinium angustifolium* Ait. seedlings, rooted softwood cuttings, and micropropagated plantlets. *HortScience* 35: 738 — 741.

- Noè N., Echer T. 1994. Influence of irradiance on *in vitro* growth and proliferation of *Vaccinium corymbosum* (highbush blueberry) and subsequent rooting *in vivo*. *Physiol. Plant.* 91: 273 — 275.
- Orlikowska T. 1986. Micropropagation of highbush blueberry. *Fruit Sci. Rep.* 13: 105 — 115.
- Ostrolucká M. G., Gajdošová A., Libiaková G. 2007 Protocol for micropropagation of selected *Vaccinium* spp. Chapter 41 In: Protocol for micropropagation of Woody Trees and Fruits. Springer: 445 — 455.
- Reed B. M., Abdelnour-Esquivel A. 1991. The use of zeatin to initiate *in vitro* cultures of *Vaccinium* species and cultivars. *HortScience* 26: 1320 — 1322.
- Ružić D., Vujović T., Libiaková G. 2012. Micropropagation *in vitro* of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) *Journal of Berry Research* 2: 97 — 103.