

Data analysis also indicates a significant difference in the intensity of shoot formation between different selection samples. The largest amount of material was induced during the cultivation of fertility restorers (10.8–12.7 pcs. of shoots per one explant), the smallest – from ChS-lines (4.3–5.8 pcs.). It is necessary to point out the high intensity of growth and development of clones obtained from hybrid material. The growth of biomaterial on the 30th day of cultivation reached 41.6 mm, which made it possible to obtain plants with maximally developed vegetative photosynthetic organs (5–7 leaves per clone) in a short period of time. The share of rooted material was reliably high and reached 95,0 % on average for individual genotypes. The performed cytological analysis confirmed the genetic identity of the obtained clones with respect to the original material by 94,2 %.

Key words: *sugar beet, genotype, microclonal propagation, regeneration, adventitious buds.*

УДК: 631.527:633.811

DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-171-178

УСПАДКУВАННЯ ОСНОВНИХ ДЕКОРАТИВНИХ ОЗНАК ГІБРИДІВ ТРОЯНД ПРИ ДІАЛЕЛЬНИХ СХРЕЩУВАННЯХ

О. А. УКРАЇНЕЦЬ, викладач-стажист

В. В. ПОЛЩУК, доктор сільськогосподарських наук

Уманський національний університет садівництва

У статті наведено результати оцінювання популяцій отриманих від прямих та зворотніх діалельних схрещуваннях при селекції троянд. Оцінювання проведено за основними декоративними показниками квітки. Проаналізувавши отриманні результати, було виявлено, що більшість сортів передають певні ознаки однаково, як при використанні в якості материнського компонента, так і при використанні його як батьківського компонента.

Ключові слова: *троянда, сорти, гібриди, генотип, успадкування, материнська форма, батьківська форма.*

Троянда походять з одного з найбільш економічно важливого в декоративному садівництві роду *Rosa* L. [1]. Вона є комерційно важливою декоративною культурою, яка займає основну частку світового ринку квітникарства та ефіроолійної промисловості [2]. Однак, про генетику троянд, а саме про структуру геному, функції генів – відомо небагато. Насамперед, це пов'язано з ускладненнями при селекції та успадкування, спричинені поліплоїдією, обмеженим державним фінансуванням та простими методами селекції, які все ще використовуються більшістю селекціонерів [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історія вирощування троянд існує з тисячолітньої давності (141–87 рр. до н.е.), де високо цінували і широко культивували китайці, єгиптяни, римляни та греки [4, 5]. У садах королівського

палацу в Китаї троянди використовувалися як прикраса [6]. В Західній Азії та Європі їх використовували для отримання олії [7].

До початку ХІХ століття нові сорти троянд оригінатори створювали шляхом висіву насіння від вільного запилення. Такий метод мав певні недоліки – при великому витрачанні часу і праці відсоток одержуваних перспективних сіянців був низький, оскільки в потомстві від вільного запилення виходило мало цінних генотипів. Незадовільність цим методом призвела до заміни його найбільш ефективним методом – гібридизацією [8].

Завдяки широкій гібридизації між китайськими, європейськими та близькосхідними трояндами було створено так звану генетичну основу сучасних сортів троянд [9]. У літературних джерелах вказується, що до 1867 року безперервно квітучою була лише китайська троянда [10]. Згодом використовуючи китайську троянду європейські селекціонери вивели велику кількість сучасних сортів троянд з безперервним цвітінням [11].

Виходячи з перспектив та можливостей троянд існує «велика гібридизація» для створення сучасних сортів троянд [12]. Нині селекція троянд ведеться за декількома напрямками, такими як життєздатність рослин, стійкість до хвороб та несприятливих факторів навколишнього середовища, декоративні ознаки, колір квіток, аромат, утворення колючок на стеблі та листі, ремонтантність [13].

Класичний генетичний аналіз при вивченні генетичного успадкування є невід'ємною частиною процесу визначення функції гена, оскільки молекулярний аналіз сам по собі не визначає функцію певного гена або послідовності ДНК без класичних генетичних тестів, які підтверджують результатів молекулярного аналізу [14]. Використання цих класичних генетичних тестів може допомогти визначити генетичне успадкування важливих фізіологічних ознак троянд, таких як форма та діаметр квітки, колір, махровість та інші показники. Тому метою наших досліджень було проведення прямих та зворотних діалельних схрещування для аналізу успадкування основних ознак від материнського або батьківського компонента.

Методика досліджень. Дослідження проводились впродовж 2018–2021 рр. За вихідний матеріал для селекційного процесу було використано високодекоративні сорти троянд колекції кафедри садово-паркового господарства. Батьківські пари підбирали за основними параметрами: висока стійкість до хвороб і несприятливих умов навколишнього середовища (посухостійкість та морозостійкість), ремонтантність рослин та декоративність.

Було проведено 450 діалельних схрещувань. Створення нового вихідного матеріалу проходило в декілька етапів. На першому – проведено кастрацію материнської форми (використовували квітки, які розпустились приблизно на 30 %). Після кастрації одягали ізолятори. На цьому ж етапі проводили збір пиляків з квіток, які розпустилися на 50 %. Пиляки зберігали в чашках Петрі при оптимальних температурах. На другому етапі проводили запилення кастрованих квіток в ранішні години. Після утворення гіпантія та його побуріння чи пожовтіння проводили його збір.

Оскільки насіння троянд має ендогенні та екзогенні чинники спокою ми проводили стратифікацію та скарифікацію насіння [15–17].

Дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик [18–21], статистичний аналіз даних проводили за допомогою Data Analysis в Excel. Відповідність розщеплення у гібридних комбінаціях теоретично очікуваному оцінювали за допомогою χ^2 за формулою:

$$\chi^2 = \frac{(O - E)^2}{E},$$

де O – суму квадратів відхилень частот, що вимірюються;

E – теоретичне значення частот.

Результати досліджень. Згідно отриманих даних необхідно відмітити, що із загальної кількості проведених схрещувань насіння утворилось тільки у 18,4 % комбінацій, тому слід вважати, що діалельне схема була не успішною. При вивченні сіянців першого покоління від вдалих прямих та зворотніх діалельних схрещувань на успадкування основних декоративних ознаках квітки (табл. 1 та табл. 2), нами не було виявлено абсолютного впливу на передачу цих ознак материнськими або батьківськими рослинами.

Табл 1. Характеристика типу успадкування декоративних ознак квітки гібридних сіянців (за формою та розміром квітки), 2019-2021 рр.

Комбінація схрещування	Форма квітки				p****	Розмір квітки				
	♀*	♂**	o***	χ^2 ****		♀	♂	o	χ^2	p
P3 × P7	38,5	57,7	3,8	11,43	0,003	50,0	42,3	7,7	1,86	0,4
P7 × P3	82,1	14,3	3,6			67,9	28,6	3,6		
P1 × P6	70,8	29,2	0,0	10,78	0,001	58,3	41,7	0,0	4,60	0,03
P6 × P1	24,0	76,0	0,0			28,0	72,0	0,0		
P4 × P6	75,0	20,8	4,2	9,95	0,007	75,0	25,0	0,0	9,70	0,002
P6 × P4	33,3	66,7	0,0			38,1	61,9	0,0		
P10 × P5	34,5	58,6	6,9	4,87	0,09	44,8	48,3	6,9	3,93	0,9
P5 × P10	47,8	30,4	21,7			69,6	21,7	8,7		
P2 × P10	32,1	35,7	32,1	0,14	0,8	46,4	35,7	17,9	3,31	0,033
P10 × P2	40,0	32,0	28,0			32,0	56,0	12,0		

Примітка ♀* - материнський тип успадкування; ♂** - батьківській тип успадкування; o*** - інший тип успадкування; χ^2 **** - фактичне значення; p - рівень значущості.

Троянди за формуою квітки поділяються на зіркоподібні, округлі та неправильно-округлі. В наших дослідженнях при прямому та зворотньому діалельному схрещуванні у комбінації Amelia (P1) × Hans Gonewein Rose (P6), Hans Gonewein Rose (P6) × Amelia (P1) та Hans Gonewein Rose (P6) × Gebruder Grimm (P4) спостерігали розщеплення тільки за батьківськими компонентами – зіркоподібні і неправильно-округлі у відсотковому відношенні 70,8:29,2; 24,0:76,0 та 33,3:66,7. Однак при Gebruder Grimm (P4) × Hans Gonewein Rose (P6) нами зафіксовано роцщеплення за трьома типами

округлі : неправильно-округлі : зіркоподібні У інших комбінаціях також спостерігали розщеплення за трьома типами. У комбінацій Lidka (P7) × Cream Abundance (P3) та Amelia (P1) × Hans Gonewein Rose (P6) рівень значущості (p) був менше за 0,05. Це означає, що відхилення від прогнозованого співвідношення розщеплення коефіцієнтів сегрегації не може бути зумовлене виключно випадковістю (табл.1).

У деяких комбінаціях, за розміром квітки спостерігали розщеплення тільки за батьківськими компонентами при прямих та зворотніх діалельних схрещуваннях, комбінації Lidka (P7) та Cream Abundance (P3), Goldelse (P5) та Santa Monika (P10), Santa Monika (P10) та Chippendale (P2) мали три типи успадкування. Однак при такому успадкуванні ознаки, спостерігали перевагу батьківських компонентів. Згідно табл.1 фактичний χ^2 у комбінаціях перевищував теоретичний χ_c^2 , що вказує на незалежне успадкування ознаки в місцях розташування в комбінації (батьківський чи материнський компонент).

У табл. 2 наведено успадкування ознак, а саме: махровості та кольору при прямих та зворотніх діалельних схрещуваннях.

Табл 2. Характеристика типу успадкування декоративних ознак квітки гібридних сіянців (за махровістю та кольором квітки), 2018-2021 рр.

Комбінація схрещування	Махровість квітки				p*****	Колір квітки				p****
	♀*	♂**	o***	χ^{2****}		♀	♂	o	χ^{2***}	
P3 × P7	73,1	23,1	3,8	14,58	0,001	64,3	3,6	32,1	15,31	0,005
P7 × P3	21,4	71,4	7,1			23,1	46,2	30,8		
P1 × P6	33,3	62,5	4,2	5,89	0,05	41,7	58,3	0,0	5,98	0,02
P6 × P1	64,0	28,0	8,0			76,0	24,0	0,0		
P4 × P6	79,2	16,7	4,2	16,86	0,001	43,5	21,7	34,8	9,70	0,2
P6 × P4	19,0	76,2	4,8			23,8	47,6	28,6		
P10 × P5	50,0	42,9	7,1	2,37	0,3	0,0	42,9	57,1	17,12	0,001
P5 × P10	65,2	34,8	0,0			34,8	4,3	60,9		
P2 × P10	57,1	39,3	3,6	6,81	0,03	10,7	60,7	28,6	19,61	0,001
P10 × P2	24,0	60,0	16,0			52,0	8,0	40,0		

Примітка ♀* - материнський тип успадкування; ♂** - батьківський тип успадкування; o*** - інший тип успадкування; χ^{2****} - фактичне значення; p- рівень значущості.

За кількістю пелюсток (махровістю) троянди поділяються на п'ять класів. У всіх комбінаціях ми спостерігали розщеплення на три типи успадкування: від материнської форми, батьківської та інший тип успадкування. У комбінація Gebruder Grimm (P4) × Hans Gonewein Rose (P6), Hans Gonewein Rose (P6) × Gebruder Grimm (P4) та Lidka (P7) × Cream Abundance (P3), Cream Abundance (P3) × Lidka (P7) рівень значущості дорівнював 0,001. У комбінаціях між сортами Gebruder Grimm (P4) та Hans Gonewein Rose (P6) спостерігали, що $\chi^2 = 16,858 > \chi_c^2 = 13,816$. Таке співвідношення $\chi^2 > \chi_c^2$ спостерігалось у всіх комбінаціях, це означає, що також є незалежне успадкування ознак.

За кольором квітки троянди поділяються на 16 груп. Згідно отриманих результатів, необхідно виділити, що більшість комбінацій мали більшу величину відхилення від прогнозованого. Це відхилення може бути спричинене неточним розподілом кольорів на групи. Оскільки при схрещуванні білої квітки з світло-рожевою квіткою Amelia (P1) × Hans Gonewein Rose (P6) ми спостерігаємо розщеплення за батьківськими компонентами (41,7:58,3:0,0). Однак багато з білих квіток також можуть бути блідо-рожевими, оскільки блідо-рожеві квіточки легко вибілюються до білого кольору в польових умовах. А це призводить до неможливості точного розподілення квіток за кольором. Однак схрещування Gebruder Grimm (P4) та Hans Gonewein Rose (P6) рівень значущості дорівнює 19,61%, ймовірності того, що коефіцієнти сегрегації пояснюються лише випадковістю.

Висновки. Одне з найпоширеніших застосувань тесту (χ^2) – оцінювання значимості зв'язку у двох категоріальних змінних. Проаналізувавши отриманні дані можна зробити висновок, що більшість сортів передають певні ознаки однаково, як при використанні, як материнський компонент, так і при використанні його як батьківського компонента.

Таким чином слід зазначити, що в більшості випадків успадкування залежить від генотипу вихідних форм. Однак, у деяких сортів спостерігалась різна передача ознак квітки в залежності від того, в ролі материнського чи батьківського компонента виступає сорт.

Література:

1. Gudin S. Rose: Genetics and Breeding. *Plant breeding reviews*. 2000. Vol. 17. P. 159–189.
2. Bhat V. A., Janakiram K. V., Prasad T., Raju K. V., Namitha P. S., Singh K. P. Assessment of genetic diversity and population structure of fragrant rose (*Rosa* × *hybrida*) cultivars using microsatellite markers. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 89. № 11, P. 1964–1970. DOI: <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i11.95353>.
3. Debener T., Linde M. Exploring Complex Ornamental Genomes: The Rose as a Model Plant. *Critical reviews in plant sciences*. 2009. Vol. 28. № 4. P. 267–280.
4. Canli F. A., Kazaz S. Biotechnology of Roses: Progress and Future Prospects. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 2009. Seri: A, P. 167–183.
5. Datta S. K. Breeding of New Ornamental Varieties: Rose. *Current science*. 2018. Vol. 114 (6). P. 1194–1206.
6. Guoliang W. History of roses in cultivation. Ancient Chinese roses. *Encyclopedia of Rose Science*. Oxford: Elsevier. 2003. P. 387–395.
7. Farooq A., Lei S., Nadeem M., Asif M., Akhtar G., Butt S. J. Cross compability in various scented *Rosa* species breeding Pak. *J. Agri. Sci*. 2016. Vol.53(4). P. 863–869.
8. Рубцова О. Л. Рід *Rosa* L. в Україні: генофонд, історія, напрями досліджень, досягнення та перспективи: монографія. К.: Фенікс, 2009. 375 с.

9. Bendahmane M., Dubios A., Raymond O. and Bris, M. L. Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. *J. Exp. Bot.* 2013. Vol. 64(4). P. 847–857.

10. Hurst C. C., Notes on the origin and evolution of our garden roses. *Journal of the Royal Horticultural Society.* 1941. Vol. 66. P. 73–82.

11. Shubin L., Ningning Zh., Qing Zh., Huijun Y., Hongying J., Qigang W., Min Ch., Xianqin Q., Hao Zh., Shufang W., Shufa L., Kaixue T. Inheritance of Perpetual Blooming in *Rosa chinensis* ‘Old Blush’. *Horticultural Plant Journal.* 2015. № 1 (2). P. 108–112. DOI: <https://doi.org/10.16420/j.issn.2095-9885.2016-0004>

12. Bandahmane M., Dubois A., Raymond O., Bris M. L. Genetic and genomics of flower initiation and development in roses. *J. of Exp. Bot.* 2013. Vol. 64(4). P. 847–857.

13. Wang L. N., Liu Y. F., Zhang Y. M., Fang R. X., Liu Q. L. The expression level of *Rosa* Terminal Flower 1 (RTFL1) is related with recurrent flowering in roses. *Molecular Biology Reports.* 2012. Vol. 39. P. 3737–3746.

14. Debener T., Linde M. Exploring Complex Ornamental Genomes: The Rose as a Model Plant. *Critical reviews in plant sciences.* 2009. Vol. 28(4) P. 267–280.

15. Hosafçi H., Arslan N., Sarihan E. O. Propagation of dog roses (*Rosa canina* L.) by seed. *Acta Hort.* 2005. P. 159–164.

16. Pipino L., Leen L., Valentina S., Marie C., Van L. Embryo and hip development in hybrid roses. *Plant Growth Regul.* 2013. Vol. 69. P. 107–116.

17. Alp S., Ipek A., Arslan N. The effect of gibberellic acid on germination of rosehip seeds (*Rosa canina* L.). *Acta Hort.* 2010. Vol. 885. P. 33–37.

18. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. *Основи наукових досліджень в агрономії.* Київ: Дія. 2005. 288 с.

19. Кохно М. А. Методичні рекомендації щодо добору дерев та кущів для інтродукції в Україні. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 48 с.

20. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних на відмінність, однорідність і стабільність міністерство аграрної політики та продовольства України. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин в Україні, 2016. 908 с.

21. Ott R. L., Longnecker M. T. An introduction to statistical methods and data analysis. Nelson Education. 2015. P. 235.

References:

1. Gudin, S. (2000). Rose: Genetics and Breeding. *Plant breeding reviews*, no. 17, pp. 159–189.

2. Bhat, V. A., Janakiram, K. V., Prasad, T., Raju, K. V., Namitha, P. S., Singh, K. P. (2019). Assessment of genetic diversity and population structure of fragrant rose (*Rosa* × *hybrida*) cultivars using microsatellite markers. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 89(11), pp. 1964–1970. DOI: <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i11.95353>.

3. Debener, T., Linde, M. (2009). Exploring Complex Ornamental Genomes: The Rose as a Model Plant. *Critical reviews in plant sciences*, vol. 28(4), pp. 267–280.

4. Canli, F. A., Kazaz, S. (2009). Biotechnology of Roses: Progress and Future Prospects. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, pp. 167–183.
5. Datta, S. K. (2018). Breeding of New Ornamental Varieties: Rose. *Current science*, vol. 114 (6). pp. 1194–1206.
6. Guoliang, W. (2003). History of roses in cultivation. Ancient Chinese roses. *Encyclopedia of Rose Science*. Oxford: Elsevier, pp. 387–395.
7. Farooq, A., Lei, S., Nadeem, M., Asif, M., Akhtar, G. and Butt, S. J. (2016). Cross compability in various scented Rosa species breeding Pak. *J. Agri. Sci*, vol. 53(4), pp. 863–869.
8. Rubtsova, O. L. (2009). *The genus Rosa L. in Ukraine: gene pool, history, research directions, achievements and prospects*. K.: Phoenix, 375 p. (in Ukrainian).
9. Bendahmane, M., Dubios, A., Raymond, O., Bris, M. L. (2013). Genetics and genomics of flower initiation and development in roses. *J. Exp. Bot.*, no. 64(4), pp. 847–857.
10. Hurst, C. C. (1941). Notes on the orig in and evolution of our garden roses. *Journal of the Royal Horticultural Society*, no. 66. pp. 73–82.
11. Shubin, L., Ningning, Zh., Qing, Zh., Huijun, Y., Hongying, J., Qigang, W., Min, Ch., Xianqin, Q., Hao, Zh., Shufang, W., Shufa, L., Kaixue, T. (2015). Inheritance of Perpetual Blooming in *Rosa chinensis* ‘Old Blush’. *Horticultural Plant Journal*, no. 1 (2), pp 108–112. DOI: <https://doi.org/10.16420/j.issn.2095-9885.2016-0004>.
12. Bandahmane, M., Dubois, A., Raymond, O., Bris, M. L. (2013). Genetic and genomics of flower initiation and development in roses. *J. of Exp. Bot.*, vol. 64(4), pp. 847–857.
13. Wang, L. N., Liu, Y. F., Zhang, Y. M., Fang, R. X., Liu, Q. L. (2012). The expression level of Rosa Terminal Flower 1 (RTFL1) is related with recurrent flowering in roses. *Molecular Biology Reports*, no. 39, pp. 3737–3746.
14. Debener, T., Linde, M. (2009). Exploring Complex Ornamental Genomes: The Rose as a Model Plant. *Critical reviews in plant sciences*, no. 28(4), pp. 267–280.
15. Hosafçi, H., Arslan, N., Sarihan, E. O. (2005). Propagation of dog roses (*Rosa canina* L.) by seed. *Acta Hor.*, pp. 159–164.
16. Pipino, L., Leen, L., Valentina, S., Marie, C., Van, L. (2013). Embryo and hip development in hybrid roses. *Plant Growth Regul*, vol. 69. pp. 107–116 DOI:10.1007/s10725-012-9752-9.
17. Alp, S., Ipek, A., Arslan, N. (2010). The effect of gibberellic acid on germination of rosehip seeds (*Rosa canina* L.). *Acta Hort*, vol. 885. pp. 33–37.
18. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., Kostohryz, P. V. (2005). *Fundamentals of scientific research in agronomy*. Kyiv: Diya. 288 p. (in Ukrainian).
19. Koxno, M. A. (2005). Methodical recommendations for the selection of trees and shrubs for introduction in Ukraine. Kyiv: Phytosociocenterio 48 p. (in Ukrainian).
20. Methodology for the examination of plant varieties of the ornamental group for distinctiveness, uniformity and stability (2016). Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Ukrainian Institute of Plant Variety Expertise in Ukraine. 908 p. (in Ukrainian).
21. Ott, R. L., Longnecker, M. T. (2015). An introduction to statistical methods and data analysis. Nelson Education. Pp. 235.

Annotation

Ukrainets O. A., Polishchuk V. V.

Heritability of the main decorative features in rose hybrids at diallel crosses

The article presents the results of direct and reciprocal diallel crosses, and evaluates populations for inheritance of the main traits from the maternal or paternal component in rose breeding. The research was carried out during 2018–2021. Highly decorative varieties of roses from the collection of the department of landscape gardening were used as the source material for the breeding process. A total of 450 diallel crosses were made. According to the data obtained, it should be noted that only 18.4 % of the total number of crosses produced seeds, so it should be assumed that the diallel scheme was not successful. When studying first-generation seedlings from successful direct and reciprocal diallel crosses for inheritance of the main decorative traits of a flower, we found no absolute influence on the transmission of these traits by mother or father plants.

It was found that by flower shape in the combination Amelia (P1) × Hans Gonewein Rose (P6), Hans Gonewein Rose (P6) × Amelia (P1) and Hans Gonewein Rose (P6) × Gebruder Grimm (P4) split only by the parental components – star-shaped and irregularly rounded in the percentage ratio of 70,8:29,2, 24,0:76,0 and 33,3:66,7. It have been shown that when splitting by flower size, the father component prevails in most cases. In the hybrids, the number of petals was observed to split across three types of inheritance: from the mother form, the father form, and another type of inheritance. In terms of flower colour, most of the combinations had a larger deviation from the predicted value. It is substantiated that the deviation may be caused by an inaccurate division of colours into groups. Having analysed the data obtained, it can be concluded that most varieties transmit certain traits equally, both when used as a mother component and when used as a father component. Thus, it should be noted that in most cases, heritability depends on the genotype of the starting forms.

Key words: *rose, varieties, hybrids, genotype, heritability, mother form, father form.*