

КОСЕНКО І.С., ОПАЛКО А.І.[✉], БАЛАБАК О.А., ОПАЛКО О.А.

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України,

Україна, 20300, м. Умань, вул. Київська, 12а, e-mail: ndp.sofievka@gmail.com[✉] opalco_a@ukr.net, (050) 611-68-81**ВИКОРИСТАННЯ ЛІЩИНИ КИТАЙСЬКОЇ (*CORYLUS CHINENSIS* FRANCH.)
У СЕЛЕКЦІЇ ФУНДУКА (*CORYLUS DOMESTICA* KOS. ET OPAL.)**

Мета. Необхідність вдосконалення вітчизняного сортименту фундука та обнадійливі результати, отримані внаслідок залучення ліщини китайської *Corylus chinensis* Franch. в гібридизацію з кращими його сортами, спонукали до виконання досліджень. **Методи.** У програму гібридизації були включені найбільш адаптовані до умов України вітчизняні та зарубіжні сорти фундука, а також запилювачі з природних популяцій *Corylus avellana* L. та *Corylus chinensis*. Ізолювання материнських та збирання пилку з батьківських компонентів схрещування виконували стандартними методами. Запилювали вдуючи пилок в ізоляторі медичним інсуфлятором МО-03 зі спеціальною голкою (без знімання ізолятора) і через 2–3 доби запилення повторювали. Гібридні горіхи висівали восени з обгортками без стратифікації. Решту операцій з вирощування сіянців та подальшого супроводу виконували згідно усталених методик. **Результати.** Досить високі рівні зав'язування плодів у варіантах з пилом *C. avellana* засвідчують генетичну близькість вивчених сортів до цього виду, а нижчі у 3–5 разів показники від запилення *C. chinensis*, хоча й підтверджують віддаленість ліщини китайської від сучасного сортименту, однак дають можливість використовувати цей вид у селекції фундука. Завдяки цьому створено цінний матеріал, з якого виділено новий сорт Софіївський 15, що вступив у плодоношення на третій рік після схрещування і поєднує високу потенційну продуктивність з адаптивністю, кулястою формою плодів та високим вмістом у них сирого протеїну й олії. **Висновки.** Сорт Софіївський 15 за адаптивністю, скороплідністю, технологічністю і якістю горіхів суттєво перевищив сорт Галле та умовний стандарт і може бути рекомендований для широкого впровадження у господарствах усіх агрокліматичних зон України.

Ключові слова: *Corylus chinensis* Franch., *Corylus* spp., сорт Софіївський 15, гібридний сад, міжвидове схрещування.

Світове виробництво горіхів фундука характеризується тенденцією до постійного, хоча й нестабільного зростання, і, за валовим збором горіхів, поступається лише показникам мигдалю [1]. Натомість рівень і темпи розвитку вітчизняного фундукарства наразі не задовольняють ні внутрішні потреби переробної галузі, ані попит населення України на горіхи фундука для споживання у свіжому вигляді. Дефіцит лише частково компенсується імпортованою продукцією, зумовлюючи подорожчання горіхів та продуктів їхньої переробки. При цьому можливість успішної вітчизняної фундукокультури майже на всій території держави доведена багаторічними дослідженнями [2–5], однак для реалізації існуючих потенцій необхідно подолати структурну роз'єднаність підприємств підкомплексу, відмовитись від орієнтації переробних підприємств на імпорتنу сировину та домогтись поліпшення генотипів вирощуваних сортів. Більшість вітчизняних сортів фундука створено відомим селекціонером Ф.А. Павленком з колегами протягом 80–90 років минулого сторіччя в Українському ордені «Знак Пошани» науководослідньому інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького. Нині на розвиток вітчизняного фундукарства, зокрема створення нових сортів, що поєднують адаптованість до умов підсоння України з високою врожайністю і технологічністю, найбільш цілеспрямовано працюють науковці Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України (НДП «Софіївка») [3, 4], а впровадженню новостворюваних сортів і наукових розробок активно сприяють ентузіасти Всеукраїнської громадської організації «Українська горіхова асоціація». В останні роки в Одеській, Тернопільській, Черкаській та інших областях України зростає кількість фермерських господарств, власники яких вже заклали фундукові сади, однак переважно іноземними сортами.

Результативність селекції фундука, як і будь-якої іншої рослини, залежить від багатьох

чинників, з-поміж яких найголовнішими вважаються якість і різноманіття вихідного матеріалу. Відповідно, зусилля селекціонерів спрямовуються на пошук донорів і джерел ознак, що відповідають селекційному завданню, а також удосконалення способів індукування мінливості селекційних популяцій. Добір з природних популяцій ліщини донедавна був основним методом роботи у селекції фундука, саме цим методом створено більшість сортів, що нині складають промисловий сортимент багатьох регіонів фундукокультури. Однак значна частина природних популяцій утворилась унаслідок спонтанної гібридизації між різними видами й різновидами роду *Corylus* L., тому, класифікуючи сорти фундука, навіть відібрані у природних популяціях, не завжди легко відокремити внутрішньовидові гібриди від міжвидових [3, 6]. Ефективність міжвидових схрещувань доведена історією селекції фундука [6, 7], способи залучення в гібридизацію різних *Corylus* spp. успішно розробляються у США [6], нещодавно впроваджені на північному сході Китаю холодостійкі гібридні сорти, отримані внаслідок схрещування *C. heterophylla* Fisch. ex Trautv. з *C. avellana* L. Натомість в Україні дещо неочікувано проявились переваги гібридів від запилення відомих сортів фундука пилом ліщини китайської *C. chinensis* Franch., в популяціях яких було виділено декілька сортів [5], зокрема Софіївський 15, що внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік [8].

Матеріали і методи

Дослідження проводили впродовж 2010–2019 рр. на маточно-сортівній ділянці фундука відділу генетики, селекції та репродуктивної біології рослин НДП «Софіївка». Грунт фундукового дослідного саду – чорнозем опідзолений важко-суглинковий на лесі з невисоким вмістом гумусу (3,31% в орному шарі 0–30 см) і грудкувато-пилуватою структурою. За вмістом рухомих сполук фосфору й калію ґрунт належить до групи середньо-забезпечених (80–130 мг/кг ґрунту), з низьким вмістом легкогідролізованого азоту (лише 100–110 мг/кг ґрунту), нейтральною реакцією ґрунтового розчину (рНсол 6,5–6,7) та характеризується незначною водопідйимальною здатністю.

У колекції НДП «Софіївка» налічується 33 таксономічні одиниці роду *Corylus*, 11 з яких у ранзі загальноновизнаних видів, а помологічна

колекція нараховує близько 200 сорто-зразків (96 сортів вітчизняної й зарубіжної селекції та 103 селекційні номери). У програму гібридизації були включені найбільш адаптовані до умов України сорти. Окрім того, ряд високопродуктивних сортів фундука було залучено в гібридизацію з *C. chinensis*. У міжвидових схрещуваннях сорти Болградська новинка, Галле, Гарібальді, Дар Павленка, Дохідний, Трапезунд, Україна-50 та інші були використані за материнські компоненти. Підбір і ізоляцію пагонів з жіночими квітками проводили до початку весняного розвитку чоловічих суцвіть. Для цього на обрані для роботи гілки материнських сортів з жіночими квітками одягали трубчасті ізолятори у вигляді рукава, пошитого зі щільної, непроникної для дрібного пилку ліщини, тканини ФПП-15. З батьківського компоненту схрещування зрізали гілки з сережками, розташовували їх у посудинах з водою на великому листі глясுவатого паперу у сухому прохолодному (15–16°C) приміщенні. Пилок, що при досяганні осипався, збирали у спеціальні слоїчки і використовували для запилення. Запилювали без знімання ізолятора, вдуваючи пилок в ізолятор медичним інсуфлятором МО-03 зі спеціальною голкою. Через 2–3 доби запилення повторювали. Отримані гібридні горіхи висівали восени з обгортками без стратифікації. Сіянци гібридів першого покоління F_1 вирощували в контейнерах у контрольованих умовах вегетаційної споруди з дрібнодисперсним зволоженням, звідки пересаджували для дорощування й оцінювання сіянців у гібридний сад.

Результати та обговорення

У Державному реєстрі сортів рослин придатних для поширення в Україні всі сорти фундука наведені під узагальнюючою українською назвою «Ліщина велика (фундук)», латинською – «*Corylus maxima* Mill.», а англійською – «Hazelnut» [8], хоча сформовані вони з природних популяцій декількох видів, зокрема *C. avellana*, *C. maxima* і *C. avellana* var. *pontica* (колишня *C. pontica* K. Koch), котрі вирощувалися як горіхоплідні рослини ще за античних часів, а також з *C. americana* Walter, що введена в культуру значно пізніше. Наступні схрещування між ними та іншими *Corylus* spp., які набули найбільших масштабів починаючи з 60-х років минулого сторіччя, дали чимало гібридних сортів фундука. Це стало підставою об'єднання їх в один збірний вид із запропоно-

ваною нами назвою *Corylus domestica* Kos. et Opal. [3, 5, 9]. Зав'язування гібридних плодів на рослинах материнських сортів фундука, запиленних *C. avellana* та *C. chinensis* засвідчило трип'ятиразову перевагу в кількості плодів від запилення *C. avellana* порівняно з зав'язуванням плодів від *C. chinensis* (рис. 1). При цьому рівень зав'язування плодів у межах 10,6–16,0 %, отриманий від запилення *C. chinensis* можна визнати за цілком достатній для практичної селекції, а показники 44–68 % у комбінаціях з *C. avellana* підтверджує генетичну близькість вивчених сортів до саме цього виду з найбільш широким природним ареалом у Європі, що загалом збігається з новітніми результатами молекулярно-біологічних таксономічних досліджень [10, 11].

Висячі восени горіхи з обгортками (без стратифікації) характеризувались досить високими показниками схожості 62,8–76,9 %, що дало змогу отримати достатню кількість сіянців для їхнього комплексного оцінювання, внаслідок чого з комбінації Гарібалді×*C. chinensis* виділено цінний матеріал, з якого й виведено новий сорт Софіївський 15. З-поміж ряду ознак, що зумовлюють придатність сорту для широкого впровадження, зимостійкість належить до лімітувальних ознак. Річ у тім, що рослини *Corylus* spp. мають надзвичайно короткий період органічного спокою, передусім чоловічих суцвіть (сережок), які вже під час січневих-лютневих відлиг можуть розпочати свій розви-

ток і пошкоджуватись морозами, що часто повертаються у лютому–березні. Проведений у 2014–2016 рр. аналіз морозних пошкоджень однорічних приростів, пиляків і бруньок сортів фундука засвідчив високу морозостійкість сорту Софіївський 15. Морозостійкість пиляків була на рівні *C. avellana*, а за сумарним балом пошкодження тканин і бруньок однорічного приросту сорт Софіївський 15 з показником 12,7 пошкодився більше ліщини звичайної лише на 1,6 балів. Схожі результати отримано у досліді зі штучним проморожуванням за температури -35°C (24,9 балів – Софіївський 15 і 19,8 – *C. avellana*) за відсутності підмерзання пиляків.

Врожайність сортів фундука у досліді, а особливо темпи її нарощування після вступу у плодоношення, залежали від сортових особливостей. Із 27 вивчених у закладеному у 2010 р. саду первинного сортовивчення сортів і гібридних сіянців на восьмий рік після садіння перевищили показник 2,5 т/га лише сорти Дохідний, Зюйдівський, Лозівський шаровидний, Морозівський, Степовий-83, Софіївський 1, Софіївський 15 і Шедевр, тоді як урожайність відомих сортів Галле, Дар Павленка, Футкурамі і Черкеський-2 у цьому досліді була у межах 1,35–2,08 т/га. При цьому горіхи сорту Софіївський 15 високотехнологічні завдяки зручній для шоколадно-кондитерської промисловості близько-кулястої форми; високій виповненості горіха; кулястій формі ядра та відсутністю у ньому порожнин (рис. 2), які властиві ядрам багатьох сортів.

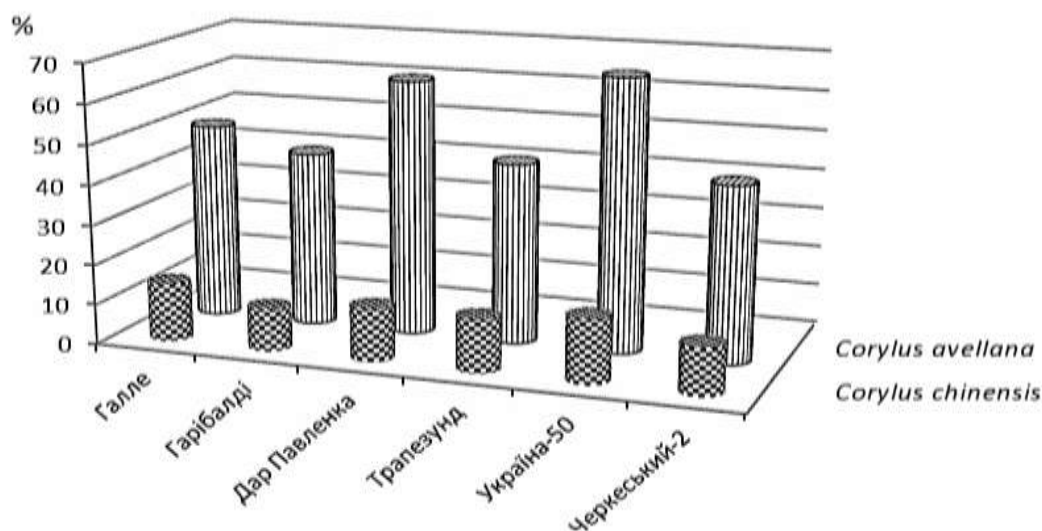


Рис. 1. Зав'язування гібридних плодів на рослинах материнських сортів фундука залежно від виду ліщини-запилювача (2011–2013 рр.).

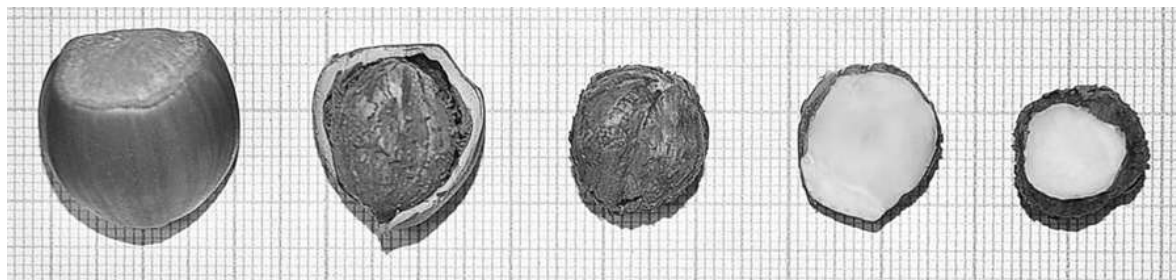


Рис. 2. Архітектура горіха фундука сорту Софіївський 15, зліва направо: – горіх близько-кулястої форми; – виповненість горіха; – форма ядра, – поздовжній та поперечний розрізи ядра.

Вміст і склад хімічних речовин, що входять до запасних ліпідів ядер фундука визначають якість, склад нутрієнтів, органолептичні показники створюваних харчових продуктів та їхні поживні властивості. Ліпіди ядер фундука представлені моно-, ди- та триацилгліцеридами, вільними жирними кислотами, фосфоліпідами, стеролами та їхніми ефірами [12, 13].

Середній вміст олії в ядрах горіхів вивчених сортів фундука коливався в межах 61,4–74,5% від маси ядра, що робить фундук перспективним джерелом рослинної сировини для харчової і фармацевтичної промисловості [3, 14]. Дослідження метилових етерів жирних кислот олії фундука та аналіз їхнього кількісного складу засвідчили, що в композиціях жирних кислот ліпідів нових сортів містилася переважна кількість (%) олеїнової С18:1 (77,8–81,0) і велика лінолевої С18:2 (9,6–15,7) кислот за значно меншої кількості пальмітинової С16:0 (5,0–5,7),

стеаринової С18:0 (2,4–3,6) і лінолевої С18:3 (0,07–0,14) кислот (табл.).

Така майже десятиразова перевага кількості ненасичених жирних кислот у ліпідах олії фундука над вмістом насичених жирних кислот характеризує цю олію, як цінний дієтичний продукт за рахунок як мононенасиченої олеїнової, так і поліненасиченої лінолевої кислот. Горіхи всіх вивчених сортів, а також видів, різновидів і гібридних сіяньців *Corylus* spp. мали сприятливий баланс ненасичених і насичених жирних кислот, однак зважаючи на вищу продуктивність і скороплідність та зручну для переробки кулясту форму плоду, найбільш перспективним для промислового вирощування сировини для отримання високоякісної фундукової олії й есенціальних фосфоліпідів слід визнати сорт Софіївський 15.

Таблиця. Кількісний склад жирних кислот олії нових сортів фундука

Кислота	Сорт*			
	C1	C2	C4	C15
1	2	3	4	5
12:0	0,007±0,006	ND	ND	0,052 ±0,002
14:0	0,04±0,006	0,033 ±0,001	0,033 ±0,000	0,048 ±0,002
15:0	0,010±0,001	0,012 ±0,001	0,007 ±0,007	0,009 ±0,001
16:0	5,66±0,16	5,16 ±0,01	5,31 ±0,01	5,02 ±0,01
16:1	0,139±0,006	0,142 ±0,003	0,095 ±0,007	0,136 ±0,006
17:0	0,057±0,005	0,059 ±0,000	0,040 ±0,0001	0,048 ±0,001
17:1	0,072±0,005	0,076 ±0,001	0,068 ±0,001	0,074 ±0,002
18:0	3,31±0,27	3,57 ±0,02	2,62 ±0,01	2,44 ±0,01
18:1 ω9	80,07±0,31	80,86 ±0,04	75,75 ±0,43	80,99 ±0,03

Продовження табл.

1	2	3	4	5
18:2 ω6	10,20±0,17	9,63 ±0,03	15,70 ±0,43	10,63 ±0,01
18:3 ω3	0,081 ±0,012	0,068 ±0,04	0,099 ±0,007	0,140 ±0,002
20:0	0,139 ±0,013	0,155 ±0,010	0,099 ±0,0007	0,207 ±0,011
20:1 ω9	0,169 ±0,004	0,182 ±0,07	0,129 ±0,000	0,156 ±0,01
20:2 ω11	ND	0,04 ±0,05	ND	ND
20:4 ω6	ND	ND	ND	ND
21:0	0,003 ±0,003	0,06 ±0,02	0,07 ±0,000	0,009 ±0,003
22:0	0,025 ±0,001	0,29 ±0,01	0,22 ±0,000	0,026 ±0,000
23:0	ND	0,09 ±0,000	0,02 ±0,02	ND
24:0	0,012 ±0,002	0,015 ±0,02	0,06 ±0,000	0,010 ±0,01
24:1 ω9	ND	ND	ND	ND

Примітка: * – C1 (Софіївський 1), C2 (Софіївський 2), C4 (Софіївський 4), C15 (Софіївський 15).

Висновки

Ефективність залучення ліщини китайської *C. chinensis* в селекцію фундука як джерела крупноплідності і високого вмісту сирого протеїну й жиру підтверджено створенням нового сорту Софіївський 15 (Гарібалді×*C. chinensis*), який вступив у плодоношення на третій рік піс-

ля схрещування і характеризується адаптивністю, кулястою формою плодів, високим вмістом олії та сприятливим балансом ненасичених і насичених жирних кислот, що дає підстави рекомендувати його для широкого впровадження у господарствах усіх агрокліматичних зони України.

References

- Hazelnuts, with shell. FAOSTAT Domains Production/Crops: Average. 2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (Last accessed: 22.01.2020).
- Kosenko I.S., Balabak A.F., Sonko S.P., Balabak O.A., Balabak A.V., Opalko, A.I., Denysko I.L., Soroka L.V. Tolerance of hazelnuts towards unfavorable environmental factors. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, № 3. P. 117–125.
- Kosenko I.S., Opalko A.I., Balabak O.A., Opalko O.A. The hazelnut (*Corylus domestica* Kos. et Opal.) breeding program in National dendrological park "Sofiyivka" of NAS of Ukraine. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*. 2017. Vol. 21. P. 154–159. [in Ukrainian] / Косенко І.С., Опалко А.І., Балабак О.А., Опалко О.А. Селекція фундука (*Corylus domestica* Kos. et Opal.) у НДП «Софіївка» НАН України. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 154–159.
- Kosenko I.S., Opalko A.I., Balabak O.A., Opalko O.A., Balabak A.V. Hazelnut breeding in the National Dendrological Park "Sofiyivka" of the NAS of Ukraine. *Plant varieties studying and protection*. 2017. Vol. 13, № 3. P. 245–251. doi: 10.21498/2518-1017.13.3.2017.110706.
- Kosenko I.S., Opalko A.I., Balabak O.A., Opalko O.A., Balabak A.V. Hazelnut (*Corylus domestica* Kos. et Opal.) research and breeding at NDP "Sofiyivka" of NAS of Ukraine. *Temperate Horticulture for Sustainable Development and Environment. Ecological aspects* [Eds.: Larissa I. Weisfeld, Anatoly I. Opalko, Sarra A. Bekuzarova]. Oakville; Waretown: Apple Academic Press. 2019. Ch. 13. P. 237–267.
- Erdogan V., Mehlenbacher S.A. Interspecific hybridization in hazelnut (*Corylus*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2000. Vol. 125, № 4. P. 489–497. doi: 10.21273/JASHS.125.4.489.
- Botta R., Molnar T.J., Erdogan, V., Valentini N., Marinoni D.T., Mehlenbacher S.A. Hazelnut (*Corylus* spp.) breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops*. [Eds.: Jameel M. Al-Khayri, Shri Mohan Jain, Dennis V. Johnson]. Cham (Switzerland): Springer, 2019. Vol. 4, Ch. 6. P. 157–219. doi: 10.1007/978-3-030-23112-5_6.
- Hazelnut. *Corylus maxima* Mill. State Register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2019. Kyiv: Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 2019. P. 442–443. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> (Last accessed: 26.01.2020).
- Holstein N., el Tamer S., Weigend M. The nutty world of hazel names – a critical taxonomic checklist of the genus *Corylus* (Betulaceae). *European Journal of Taxonomy*. 2018. № 409. P. 1–45. doi: 10.5852/ejt.2018.409.

10. Bassil N., Boccacci P., Botta R., Postman J.D., Mehlenbacher S.A. Nuclear and chloroplast microsatellite markers to assess genetic diversity and evolution in hazelnut species, hybrids and cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2012. Vol. 60, № 2. P. 543–568. doi: 10.1007/s10722-012-9857-z.
11. Frary A., Öztürk S.C., Balık H.I., Balık S.K., Kızılcı G., Doğanlar S., Frary A. Analysis of European hazelnut (*Corylus avellana*) reveals loci for cultivar improvement and the effects of domestication and selection on nut and kernel traits. *Molecular Genetics and Genomics*. 2019. Vol. 294, № 2. P. 519–527. doi: 10.1007/s00438-018-1527-1.
12. Cristofori V., Ferramondo S., Bertazza G., Bignami C. Nut and kernel traits and chemical composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Vol. 88, № 6. P. 1091–1098. doi: 10.1002/jsfa.3203.
13. Turan A. Effect of drying methods on fatty acid profile and oil oxidation of hazelnut oil during storage. *European Food Research and Technology*. 2018. Vol. 244, № 12. P. 2181–2190. doi: 10.1007/s00217-018-3128-y.
14. Ding J., Ruan C., Guan Y., Mopper S. Qualitative and quantitative assessment of fatty acids of hazelnut by GC-TOF/MS. *Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops*. [Eds.: Jaya R. Soneji, Madhugiri Nageswara-Rao]. London: IntechOpen, 2018. Ch. 6. P. 117–125. doi: 10.5772/intechopen.73016.

KOSENKO I.S., OPALKO A.I., BALABAK O.A., OPALKO O.A.

National dendrological park "Sofiyivka" of NAS of Ukraine,
Ukraine, 20300, Uman, Kiyivska str., 12A, e-mail: ndp.sofievka@gmail.com

USE OF CHINESE HAZEL (*CORYLUS CHINESE* FRANCH.) IN HAZELNUT BREEDING (*CORYLUS DOMESTICA* KOS. ST OPAL.)

Aim. The need to improve the domestic assortment of hazelnuts and encouraging results obtained due to the involvement of Chinese hazel *Corylus chinensis* Franch. in hybridization with the best of its cultivars, prompted the research.

Methods. The hybridization program included the most adapted to the conditions of Ukraine domestic and foreign cultivars of hazelnuts, as well as pollinators from natural populations of *Corylus avellana* L. and *Corylus chinensis*. Isolation of maternal and collection of pollen from paternal components of crossing was made using standard methods. Pollination was made by blowing pollen into bags with a medical insufflator MO-03 with a special needle (without removing the bag) and after 2–3 days, the pollination was repeated. Hybrid nuts were sown in autumn with wrappers without stratification. Other operations for growing seedlings and further maintenance were performed according to the standard methods. **Results.** Sufficiently high levels of fruit binding in variants with *C. avellana* pollen confirm the genetic proximity of the studied cultivars to this species, and the indicators from pollination by *C. chinensis* were 3–5 times lower. They confirm the remoteness of Chinese hazel from the modern cultivar assortment, but they make it possible to use this species in the hazelnut breeding. Thanks to this, a valuable material was created from which a new cultivar Sofiyivsky 15 was selected. It entered fruiting in the third year after crossing and combines high potential productivity with adaptability, a spherical shape of the fruit and a high content of raw protein and oil in them. **Conclusions.** The 'Sofiyivsky 15' has significantly exceeded the 'Halle' and the conditional standard due to its adaptability, quickness, processability and quality of nuts. It can be recommended for wide introduction in farms of all agro-climatic zones of Ukraine.

Keywords: *Corylus chinensis* Franch., *Corylus* spp., cultivar Sofiyivsky 15, hazelnut hybrids, hybrid orchard, interspecific crossing.