

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ПОЛІФЕНОЛЬНИХ РЕЧОВИН У БАЗИЛІКУ (OSIMUM BASILICUM L.) ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ ВИСІВУ НАСІННЯ В ТЕПЛИЦЯХ

Прісс О. П., Бурдіна І. О., Кюрчев С. В., Верхованцева В. О., Степаненко Д. С.

1. Вступ

Кліматичні умови України зумовлюють сезонність виробництва овочевої продукції. Відтак, пріоритетна роль у забезпеченні населення свіжими овочами у міжсезонний період належить овочівництву закритого ґрунту. Тепличне виробництво має ряд переваг у порівнянні з традиційним вирощуванням [1, 2]:

- більший вихід зеленої маси з одиниці площі;
- висока товарна якість;
- контроль ураження хворобами і шкідниками;
- регулювання температурних умов, раціональне використання води та добрив.

Сучасне овочівництво України вимагає від виробника постійного освоєння виробництва цінних, малопоширених, нетрадиційних для даної зони овочевих рослин, зокрема пряно-ароматичних [3]. Саме такою культурою є базилік – однорічна пряно-ароматична трав'яниста рослина з родини губоцвітих (Lamiaceae) [4]. Великі площі займає в Франції, Угорщині, Болгарії, Німеччині, Італії, Ізраїлі, Єгипті, Мексиці, Індонезії та США [5, 6]. Привабливість цієї пряності в першу чергу полягає у різноманітності ароматів та забарвленні листків. Спектр використання базиліку дуже широкий:

- свіжі або сухі квітки і листки використовують в кулінарії при виготовленні консервів, солінь, томатних соусів, у ковбасному виробництві та при виготовленні прянощів;
- в медицині та косметології в якості лікарської рослини [7];
- у ландшафтному дизайні, як декоративну культуру [8, 9].

Базилік містить велику кількість біологічно активних речовин, які представлені різними класами, але одну з найважливіших ролей відіграють саме поліфенольні сполуки. До складу поліфенольних сполук входить велика кількість гідроксильних груп, які нейтралізують вільні радикали, зупиняють ланцюгові реакції, поглинають атомарний кисень. Саме поліфеноли є основною складовою загальної антиоксидантної активності пряно – ароматичних культур, у тому числі і в базиліку. Дослідження показують, що антиоксидантні властивості фенольних речовин у 4–5 разів переважають антиоксидантний потенціал вітамінів С та Е [10]. Тому вивчення закономірностей формування фонду поліфенольних сполук у рослинній продукції є актуальним.

2. Об'єкт досліджень та його технологічний аудит

Об'єкт досліджень – процес формування поліфенольного комплексу рослинами базилику.

Поліфенольний комплекс базилику представлений рядом кислот: кофейна, розмаринова, кафтарова, цикорова, які зустрічаються у базилику у високих концентраціях [11, 12] та мають суттєвий вплив на антиоксидантний статус рослини [13–15]. Для поліфенольного комплексу базилику фіолетового типу також характерний високий рівень антоціанів [12] – водорозчинні фенольні сполуки, які відповідають за червоне та фіолетове забарвлення. Так само, як і поліфенольні кислоти, антоціани мають антиоксидантні властивості. Доведено, що вживання рослин, багатих на антоціани знижує ризик розвитку нейродегенеративних хвороб [16].

Проте, на формування поліфенольних сполук впливає цілий ряд біотичних і абіотичних факторів, що призводить до варіювання рівня поліфенолів у дуже широких межах навіть для рослин одного сорту.

3. Мета і завдання досліджень

Мета досліджень – визначити вплив строків висіву насіння на формування поліфенольного комплексу рослинами.

Завдання досліджень:

1. Встановити рівень накопичення поліфенолів у сортів базилику з різним забарвленням листя.
2. Проаналізувати динаміку формування комплексу поліфенольних сполук залежно від терміну висіву насіння у сортів з різним забарвленням листя.
3. Встановити закономірності формування поліфенолів при повторних зрізуваннях відростаючої зеленої маси.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Активний синтез поліфенольних сполук – це захисна реакція рослини від різноманітного шкочинного екзогенного впливу [13–15]. Будь-який біотичний або абіотичний стрес може призвести до інтенсифікації біосинтезу поліфенольних сполук у різних анатомічних частинах рослини. Такими стресовими факторами можуть бути вплив патогенних грибів, бактерій, вірусів, температурні коливання, механічні пошкодження, яскраве світло, ультрафіолетове опромінення, дисбаланс мінеральних компонентів у ґрунті, засуха, засоленість, дія гербіцидів та солей тяжких металів [16]. Також, рівень поліфенолів змінюється залежно від агротехнічних елементів вирощування (сортів, схем садіння, мінерального живлення, субстратів, тощо [11, 17].

Базилік з фіолетовим забарвленням листків накопичує більше поліфенолів порівняно з зеленим базиликом [18]. Наприклад, автори роботи [19] зазначали, що вміст поліфенольних сполук у сортів фіолетового базилику коливається в межах 81,7–126,2 мг/г сухої речовини, в той час, як у сортів із зеленим забарвленням листків – 35,6–62,9 мг/г сухої речовини. Це пояснюється наявністю антоціанів у пігментному комплексі фіолетового базилику. В інших дослідженнях рівень поліфенолів коливається в інтервалі від $3,16 \pm 0,62$ мг/г у сорту 'DarkGreen' до $5,90 \pm 0,29$ мг/г у сорту 'RedOpal' [20].

Відомо, що рівень поліфенольних сполук може змінюватись залежно від зрізування врожаю. У дослідженнях італійських вчених [21] рівень розмаринової кислоти у другому зрізуванні на 74,8 % був більшим ніж у першому, а рівень кофеїнової та ферулової кислот поступово зростав до 3 зрізування. Такі зміни у поліфенольному комплексі базилику вчені пояснюють реакцією рослин на стрес спричинений зрізуванням зелені.

Крім того, є дані, які підтверджують залежність рівня поліфенольних сполук базилику з фіолетовим забарвленням листків від віку рослини. Так рівень поліфенолів змінювався від 3,30 мг/г сухої речовини у молодих рослинах до 20,08 мг/г сухої речовини при старінні [22].

Проведений аналіз сучасної світової наукової літератури підтверджує відсутність досліджень у даному напрямку, що обумовлює актуальність та практичність таких досліджень.

5. Методи досліджень

5.1. Рослинні матеріали, умови вирощування та збирання

Дослідження проводились у 2014–2016 роках в умовах плівкових теплиць з технічним опаленням. У дослідженнях використовували сорти базилику селекції, які внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, а саме:

- Бадьорий (контроль) і Рутан, які мають зелене забарвлення листків;
- Філософ і Пурпурова зоря з фіолетовим забарвленням;
- Сяйво в якого основне забарвлення зелене з антоціановим вкрапленням.

Визначення оптимальних строків висіву насіння базилику включало наступні варіанти дослідження:

- 1 – висівання насіння у III декаді лютого;
- 2 – висівання насіння у II декаді березня;
- 3 – висівання насіння у II декаді квітня.

Насіння висівали в ящики рядками з шириною міжрядь 5 см. Температурний режим під час проростання насіння підтримували на рівні 22–25 °С. При утворенні першої пари справжніх листків рослини пікірували в горщечки розміром 6×6 см. Розсаду висаджували після утворення 3 пар справжніх листків. Площа облікової ділянки 2 м², повторення п'ятиразове. В кожній обліковій ділянці маркували 5 дослідних рослин, за якими проводили фенологічні спостереження та біометричні вимірювання.

5.2. Методика визначення вмісту поліфенолів

Вміст поліфенольних визначали речовин за допомогою реактиву Фоліна-Деніса, за ДСТУ 4373:2005 [11].

Отримані дані математично обраховані за допомогою пакету програм AgrostatNew (Україна) та MicrosoftExcel.

6. Результати досліджень

Строки висіву насіння впливали на відростання зеленої маси після зрізування. Висівання насіння у березні та квітні сприяло швидкому відростанню зе-

лені та дало можливість провести 5 зрізувань зеленої маси в усіх сортах базилику. Після висівання насіння у лютому отримати 5 зрізувань зелені вдалося тільки на сортах фіолетового забарвлення Філософ та Пурпура зоря. У сорту Бадьорий провели 4 зрізування врожаю, а у сортах Рутан та Сяйво – лише 3, після чого відростання зелені припинялось, рослини дерев'яніли та зацвітали. Таку підвищену стійкість фіолетового базилику до стресових умов, а саме до нестачі світла, підвищення температур у період вегетації можна пояснити наявністю антоціанів у поліфенольному комплексі рослин. Антоціани накопичуються та володіють найвищою антиоксидантною активністю саме в похмурі, прохолодні та надмірно спекотні дні [23].

На момент першого зрізування врожаю, тобто на початку фази бутонізації, найбільшу кількість поліфенольних речовин накопичували сорти з фіолетовим забарвленням листків Філософ (у середньому – $317.9 \text{ мг} \times 100 \text{ г}^{-1}$) та Пурпура зоря (у середньому – $288.4 \text{ мг} \times 100 \text{ г}^{-1}$), що достовірно більше за контрольний сорт Бадьорий на 66,6 та 51,2 % відповідно. Поліфенольний комплекс зелених сортів Рутан та Сяйво був також потужнішим за контрольний сорт. Рівень поліфенолів цих сортів був в межах $249,3\text{--}254,0 \text{ мг} \times 100 \text{ г}^{-1}$. Двофакторний аналіз показав, що достовірної різниці між цими сортами немає (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст поліфенольних речовин в зелені базилику, мг/100г (середнє за 2014–2016 роки)

Сорт	Строки висі- ву	Зрізування				
		I	II	III	IV	V
Бадьорий	III дек. лю- того	166,9	176,2	185,0	213,1	–
	II дек. берез- ня	237,0	241,2	221,4	215,2	216,7
	II дек. квітня	168,4	180,2	206,2	220,2	227,5
Середнє за сортом		190,8	199,2	204,2	216,2	–
Рутан	III дек. лю- того	276,7	300,7	335,7	–	–
	II дек. берез- ня	256,1	264,8	257,2	260,2	257,6
	II дек. квітня	215,2	223,6	253,7	267,1	278,7
Середнє за сортом		249,3	263,0	282,2	–	–
Філософ	III дек. лю- того	385,2	370,7	345,4	338,3	314,2
	II дек. берез- ня	335,3	327,5	339,0	340,6	337,2
	II дек. квітня	233,3	232,9	257,0	359,5	380,8
Середнє за сортом		317,9	310,4	313,8	346,1	344,1
Пурпурова зоря	III дек. лю- того	369,8	342,4	325,9	314,4	289,0
	II дек. берез- ня	322,1	303,5	315,2	312,9	311,0
	II дек. квітня	173,2	159,1	188,6	296,0	325,8
Середнє за сортом		288,4	268,3	276,6	307,8	308,6
Сяйво	III дек. лю- того	215,3	237,1	315,4	–	–
	II дек. берез- ня	274,8	285,0	277,0	268,8	263,7
	II дек. квітня	271,8	277,6	299,7	307,9	313,1
Середнє за сортом		254,0	266,6	297,4	–	–
Середнє за строками висіву на- сіння	III дек. лю- того	282,7	285,4	301,5	–	–
	II дек. берез- ня	285,0	284,4	282,0	279,5	277,2
	II дек. квітня	212,4	214,7	241,0	290,1	305,2
НІР _{0,05} (для сортів)		16,3	14,0	7,3	–	–
НІР _{0,05} (для строків висіву)		7,6	7,5	2,6	–	–

У проведених дослідженнях динаміка накопичення поліфенолів різнилась залежно від зрізування врожаю та, особливо, від строків висіву насіння. У зелених сортів Бадьорій, Рутан та Сяйво простежується підвищення рівня поліфенолів з кожним наступним зрізуванням зелені за лютневого та квітневого строку висіву насіння. Це вказує на лігніфікацію провідних тканин, а отже і на старіння рослини.

Дещо інша тенденція простежується в сортах Філософ та Пурпурова зоря з фіолетовим забарвленням листків. Різниця між сортами не достовірна. За лютневого строку висіву найбільший рівень поліфенолів (369,8–385,2 мг/100 г) спостерігався при першому зрізуванні зелені. Пояснюється це активацією захисного механізму рослини (накопиченням антоціанів) на стресові умови, а саме низьку освітленість. При подальших зрізуваннях зелені базилюку цих сортів рівень поліфенолів зменшувався. За квітневого строку висіву закономірність накопичення фенольних сполук у цих сортах протилежна. Зважаючи на більш сприятливі умови на початкових етапах росту поліфенольні сполуки у зелені 1–3 зрізувань були на рівні 233,3–257,0 мг/100г у сорту Філософ та 173,2 – 188,6 мг/100г у сорту Пурпурова зоря. Подальший розвиток відбувався при надмірно інтенсивних температурах повітря та інтенсивним освітленням. Це спричинило передчасне старіння рослин, накопичення лігніноподібних речовин та накопичення антоціанів, як захист від надмірного УФ випромінення при четвертому та п'ятому зрізуванні зелені [24, 25]. Дослідження авторів показують, що високі температури індукують експресію генів синтезу флавоноїдів, які попереджують шкодочинний вплив високих температур [26]. Це також може бути пов'язано з накопиченням поліфенолів при старінні рослин [22].

При висіванні насіння в березні рівень поліфенолів усіх сортів суттєво не змінювався при зрізуваннях, що вказує на зменшення стресової напруги та оптимальні умови вирощування.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Серед сильних сторін даного дослідження необхідно виділити отримані результати стосовно накопичення та змінення вмісту поліфенольних речовин у зелені васильків справжніх різних сортів залежно від строків висіву насіння та зрізування врожаю. Отримані дані дають можливість вирішити задачу вибору оптимальних строків висіву насіння базилюку в умовах закритого ґрунту, які б дали можливість отримати зелень зі стабільним високим вмістом поліфенольних сполук.

Weaknesses. Строки висіву насіння є тільки одним із факторів, що впливають на накопичення біологічно активних речовин, у тому числі і поліфенольних сполук, у зелені васильків справжніх. Рівень поліфенолів овочевих культур суттєво змінюється також від багатьох агротехнічних прийомів вирощування (схеми садіння, ґрунтові суміші, мінеральне живлення та ін.), а також від умов навколишнього середовища (освітлення, волога, температура, тощо). Тому необхідно провести дослідження з базилюком в умовах закритого ґрунту, для чого потрібні додаткові витрати.

Opportunities. Вирощування зелені в умовах закритого ґрунту дозволяє вирішити проблему сезонності споживання та асортименту. Тому вдосконалення технологій вирощування зеленних овочів стабільної якості з високим вмістом цінних фітонутрієнтів саме в умовах закритого ґрунту є перспективним.

Threats. Вміст ендогенних антиоксидантів, у тому числі і поліфенолів, овочевих культур досить нестабільний, простежуються щорічні коливання поліфенолів залежно від агрокліматичних умов вирощування.

8. Висновки

1. Встановлено, що при вирощуванні в умовах закритого ґрунту, сорти з фіолетовим забарвленням листків накопичують поліфенолів більше порівняно з зеленими сортами на 51,2–66,6 %.

2. Показано, що строки висіву насіння суттєво впливають на рівень поліфенолів в листі базилику. При ранніх строках висіву (ІІІ декада лютого) сорти з фіолетовим забарвленням листків накопичують поліфенолів більше порівняно з більш пізніми строками висіву насіння.

3. Встановлено, що сорти базилику з зеленим забарвленням листя нарощують вміст поліфенольних речовин з кожним наступним зрізуванням зелені при ранніх та пізніх строках висіву. Середні строки висіву насіння (ІІ декада березня) сприяли найменшим коливанням вмісту поліфенолів незалежно від зрізування зелені. Сорти з фіолетовим забарвленням листків накопичували найбільший рівень поліфенолів за першого зрізування лютого строку висіву насіння та за четвертого та п'ятого зрізування зелені квітневого строку висіву. При висіванні насіння в березні рівень поліфенолів усіх сортів суттєво не змінювався при зрізуваннях, що вказує на оптимальніші умови вирощування.

Література

1. Liu, R. H. Dietary Bioactive Compounds and Their Health Implications [Text] / R. H. Liu // Journal of Food Science. – 2013. – Vol. 78, No. s1. – P. A18–A25. doi:[10.1111/1750-3841.12101](https://doi.org/10.1111/1750-3841.12101)
2. Motorna, R. V. Efficiency of growing vegetable production in the closed soil in the region [Text] / R. V. Motorna // Vestnik Agrarian Science of the Black Sea Region. – 2007. – Vol. 3, No. 42. – P. 163–168.
3. Vasilenko, O. V. Justification of technological measures for growing cornflowers in the Right-bank Forest-steppe of Ukraine [Text]: PhD Thesis / O. V. Vasilenko. – Kyiv: National University of Bioresources and Nature Management, 2009.
4. Ulyanich, O. I. Green and Spice Vegetable Cultures [Text] / O. I. Ulyanich. – Kyiv: DIA, 2004. – 168 p.
5. Golcz, A. Bazylija pospolita (*Ocimum basilicum* L.) [Text] / A. Golcz. – Poznan: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego, 2008. – 106 p.
6. Nurzynska-Wierdak, R. *Ocimum basilicum* L. – wartosciowa roslina przyprawowa, lecznicza i olejkodajna [Text] / R. Nurzynska-Wierdak // Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio EEE: Horticultura. – 2012. – Vol. 22, No. 1. – P. 20–30.

7. Nurzynska-Wierdak, R. Bazylija pospolita (*Ocimum basilicum L.*), w: Uprawazioł [Text] / R. Nurzynska-Wierdak; ed. by B. Kołodziej. – Pwrił: Poznan, 2010.
8. Makri, O. *Ocimum* sp. (Basil): Botany, Cultivation, Pharmaceutical Properties, and Biotechnology [Text] / O. Makri, S. Kintzios // Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. – 2008. – Vol. 13, No. 3. – P. 123–150. doi:[10.1300/j044v13n03_10](https://doi.org/10.1300/j044v13n03_10)
9. Niederwieser, J. G. Guide to hydroponic vegetable production [Text] / J. G. Niederwieser. – Ed. 2. – Pretoria, Roodeplaat: Agricultural Research Council, Vegetable and Ornamental Plant Institute, 2001. – 140 p.
10. Lapin, A. A. Antioxidant properties of balsams based on plant raw materials [Text] / A. A. Lapin // 5th (Jubilee) International Conference «Phytotherapy and New Technologies 21st century». – 2004. – P. 334–347.
11. Javanmardi, J. Chemical Characterization of Basil (*Ocimum basilicum L.*) Found in Local Accessions and Used in Traditional Medicines in Iran [Text] / J. Javanmardi, A. Khalighi, A. Kashi, H. P. Bais, J. M. Vivanco // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, No. 21. – P. 5878–5883. doi:[10.1021/jf020487q](https://doi.org/10.1021/jf020487q)
12. Kwee, E. M. Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum L.*) cultivars [Text] / E. M. Kwee, E. D. Niemeyer // Food Chemistry. – 2011. – Vol. 128, No. 4. – P. 1044–1050. doi:[10.1016/j.foodchem.2011.04.011](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.011)
13. Surveswaran, S. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants [Text] / S. Surveswaran, Y. Cai, H. Corke, M. Sun // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 102, No. 3. – P. 938–953. doi:[10.1016/j.foodchem.2006.06.033](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.033)
14. Wojdylo, A. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs [Text] / A. Wojdylo, J. Oszmianski, R. Czemerys // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 105, No. 3. – P. 940–949. doi:[10.1016/j.foodchem.2007.04.038](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038)
15. Shan, B. Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents [Text] / B. Shan, Y. Z. Cai, M. Sun, H. Corke // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2005. – Vol. 53, No. 20. – P. 7749–7759. doi:[10.1021/jf051513y](https://doi.org/10.1021/jf051513y)
16. Gao, X. Habitual intake of dietary flavonoids and risk of Parkinson disease [Text] / X. Gao, A. Cassidy, M. A. Schwarzschild, E. B. Rimm, A. Ascherio // Neurology. – 2012. – Vol. 78, No. 15. – P. 1138–1145. doi:[10.1212/wnl.0b013e31824f7fc4](https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e31824f7fc4)
17. Burdina, I. Effect of the Substrate Composition on Yield and Quality of Basil (*Ocimum basilicum L.*) [Text] / I. Burdina, O. Priss // Journal of Horticultural Research. – 2016. – Vol. 24, No. 2. – P. 109–118. doi:[10.1515/johr-2016-0027](https://doi.org/10.1515/johr-2016-0027)
18. Brewer, M. S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications [Text] / M. S. Brewer // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2011. – Vol. 10, No. 4. – P. 221–247. doi:[10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x](https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x)

19. Juliani, H. R. Antioxidant activity of basil. Trends in new crops and new uses [Text] / H. R. Juliani, J. E. Simon; ed. by J. Janick, A. Whipkey. – Alexandria, VA: ASHS Press, 2002. – P. 575–579.
20. Baratova, S. Impact of biofortification, variety and cutting on chosen qualitative characteristic of basil (*Ocimum basilicum* L.) [Text] / S. Baratova, I. Mezeyova, A. Hegedusova, A. Andrejiova // Acta fytotechnica et zootechnica. – 2015. – Vol. 18, No. 3. – P. 71–75. doi:[10.15414/afz.2015.18.03.71-75](https://doi.org/10.15414/afz.2015.18.03.71-75)
21. Carlo, N. Influence of cut number on qualitative traits in different cultivars of sweet basil [Text] / N. Carlo, S. Silvia, B. Stefano, S. Paolo // Industrial Crops and Products. – 2013. – Vol. 44. – P. 465–472. doi:[10.1016/j.indcrop.2012.10.009](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.009)
22. McCance, K. R. Influence of plant maturity on anthocyanin concentrations, phenolic composition, and antioxidant properties of 3 purple basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars [Text] / K. R. McCance, P. M. Flanigan, M. M. Quick, E. D. Niemeyer // Journal of Food Composition and Analysis. – 2016. – Vol. 53. – P. 30–39. doi:[10.1016/j.jfca.2016.08.009](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.08.009)
23. Proestos, C. RP-HPLC Analysis of the Phenolic Compounds of Plant Extracts. Investigation of Their Antioxidant Capacity and Antimicrobial Activity [Text] / C. Proestos, N. Chorianopoulos, G.-J. E. Nychas, M. Komaitis // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2005. – Vol. 53, No. 4. – P. 1190–1195. doi:[10.1021/jf040083t](https://doi.org/10.1021/jf040083t)
24. Andersen, O. M. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications [Text] / O. M. Andersen, K. R. Markham. – CRC Press, 2005. – 1256 p.
25. Parr, A. J., Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile [Text] / A. J. Parr, G. P. Bolwell // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2000. – Vol. 80, No. 7. – P. 985–1012. doi:[10.1002/\(sici\)1097-0010\(20000515\)80:7<985::aid-jsfa572>3.3.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0010(20000515)80:7<985::aid-jsfa572>3.3.co;2-z)
26. Oren-Shamir, M. Temperature effects on the leaf pigmentation of *Cotinus coggygria* «Royal Purple» [Text] / M. Oren-Shamir, A. Levi-Nissim // Journal of Horticultural Science. – 1997. – Vol. 72, No. 3. – P. 425–432. doi:[10.1080/14620316.1997.11515530](https://doi.org/10.1080/14620316.1997.11515530)