

ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЖОЛУДІВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) В ПОПУЛЯЦІЯХ УКРАЇНСЬКОГО СТЕПУ І КОЕФІЦІЄНТОМ ЇХ ФОРМИ

О. О. СЛЄПИХ

Донецький ботанічний сад НАН України,
50089, вул. Маршала, 50, м. Кривий Ріг,
e-mail: aleksandr_slepykh@mail.ru

Одним з перспективних напрямків господарської діяльності індустріально розвинених країн є забезпечення продовольчої безпеки і формування раціонального і ефективного використання альтернативних джерел поживних компонентів. Для реалізації цього напрямку в Україні, зокрема, в її зоні Степу, є великі можливості використання різних джерел сировини, перш за все рослинного походження. До такої сировини можна співвіднести жолуді дуба черешчатого. У даній роботі представлено детальний аналіз фізико-хімічного та біохімічного складу основних показників жолудів в 7-ми популяціях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), які ростуть на південному кордоні природного поширення в степовій зоні України, в Донецькій області. Варто відзначити, що ці діброви Українського Степу сформувалися в посушливих умовах в ході тривалого еволюційного процесу і виробили комплекс адаптаційних механізмів до метеорологічних, едафічних і еколого-популяційних факторів. Для забезпечення об'єктивних результатів, в роботі використовували сучасні методи лабораторних випробувань, рекомендовані системою менеджменту в області безпеки харчової продукції - ISO 22 000. У даній роботі були досліджені наступні параметри: білки, жири, вуглеводи, крохмаль, дубильні речовини, таніни, вологість, зола. Коефіцієнт форми жолудя був розрахований відповідно до рекомендацій А.С. Яковлева. Однією з прикладних задач, поставлених в даній роботі, було визначення закономірностей між коефіцієнтом форми жолудя ($K_{фж}$) і його характеристиками, отриманими в ході лабораторних аналізів. Так, результати проведених аналізів дозволили виявити взаємозв'язок деяких біохімічних показників від коефіцієнта форми жолудя ($K_{фж}$) та екологічної специфіки району, взятого для дослідження. Було відзначено, що найвищим вмістом білків (18,5%) і жирів (13%) мали жолуді з широкоокруглою формою ($K_{фж} < 1,50$), а високий вміст вуглеводів (26,6%) мали жолуді типової форми ($2,01 > K_{фж} > 1,50$). Залежність величини показників дубильних речовин була обумовлена фактором вологості ґрунтів. Так, популяції дуба, які ростуть уздовж р. Сіверський Донець, мали більш високий показник дубильних речовин, на відміну від популяцій, які ростуть віддалено від водних джерел. Таким чином, отримані дані вказують на можливість широкого впровадження плодів *Q. robur*, які ростуть в Українському Степу, як для використання господарської діяльності людини, так і як цінний кормовий ресурс для тварин.

Ключові слова: *Quercus robur* L., жолудь, коефіцієнт форми, дубильні речовини, білки, жири, вуглеводи.

Вступ. В якості перспективних джерел сировини для створення біологічно активних добавок і підгодівлі тварин, що містять в своєму складі комплекс фізіологічно функціональних інгредієнтів, доцільно використовувати нетрадиційну рослинну сировину, з якої великий інтерес представляють плоди дуба черешчатого *Q. robur* L. – жолуді, які, по суті, являють собою горіхи (Skurikhina, 1987).

Хімічний склад жолудя може варіюватися залежно від виду та відповідної форми *Quercus*, місця вирощування і зараження комахами-шкідниками (Gea-Izquierdo, Cañellas et al., 2006). Результат дозрівання дубових жолудів може залежати від дати збору (de Oliveira, Machado et al., 2012), а також, і від кліматичних умов, таких як вологість і сильні вітри, що позначається на їх поживній цінності (Rey et al., 1998).

Дуб звичайний формує невеликі стійкі популяції в умовах Українського степу, зокрема, в Донецькій області. Тут *Q. robur* представлений нечисленними ізольованими популяціями, які часто піддаються надмірному антропогенному впливу і сформувалися в посушливих умовах, через що, в чималому ступені, тут відзначається деградація і масове всихання дібров (Слепих, Коршиков, 2016).

У сучасній літературі практично відсутні дані про біохімічні і фізико-хімічні дослідження плодів *Q. robur*, а вивчення їх параметрів в Україні не проводилося зовсім. Знання про склад і властивості жолудів дасть можливість ефективного використання даної сировини.

Мета даної роботи – оцінити біохімічні та фізико-хімічні параметри жолудів, а також проаналізувати кореляцію цих параметрів від коефіцієнта форми плода.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на жолудях популяцій 7-ми *Q. robur* у Донецькій області. З них 5 місцезростань – це байрачні діброви природного походження в РЛП «Донецький кряж», НПП «Святі гори», заповідник «Крейдяна флора», РЛП «Клебан-бик», РЛП «Краматорський» (на ділянці «Білокузьминівській») і в 2-х – це лісові заказники штучного походження «Великоанадольський ліс» (посадки проведені в 1845-1900-х рр.) і «Азовська дача» (дубові насадження на високому плато півдня області, посадки виконані на початку ХХ-го століття). Для дослідження відбиралося не менше 1000 г модельних плодів *Q. robur* з кожної популяції, властивих середнім значенням маси, довжини, ширини і коефіцієнта форми, які найбільш чітко характеризують домінування конкретної форми в конкретній популяції. Збори плодів здійснювалися протягом перших двох декад жовтня 2016 г. Для визначення коефіцієнта форми жолудів, вимірювали їх довжину (L) і діаметр (Ø) за допомогою штангенциркуля першого класу точності з похибкою 0,1 мм.

Коефіцієнт форми ($K_{фж}$) визначали згідно рекомендацій Яковлева (Яковлев А. С., 1999) за формулою:

$$K_{фж} = L/\varnothing$$

Коефіцієнт, результат якого становив менше 1,50 – відповідав широкоокруглій формі жолудя,

від 1,51 до 2,00 – відповідав типовій формі, а коефіцієнт, результат якого становив 2,01 і вище – відповідав довгоплідній формі (Кириллов, 2013; Яковлев, 1999) (рис. 1).

Після збору, плоди були доставлені в лабораторію. Жолуді, які були уражені комахами і хворобами та непридатними для аналізу, були видалені. Підвибірку із 100 жолудів зважили для обчислення середньої маси жолудя. Жолуді були розділені на корпус і ядро з використанням ножа і кожна вага частини була зареєстрована. Корпуси та ядра заморожували при -20°C , сушили виморожуванням. Зразки гомогенізували в лабораторному млині до Ø частинок не менше 1 мм.

Зразки ядер аналізували на вологість (105°C з примусовою вентиляцією протягом 24 годин), золу (обугленням на електричній печі з подальшою прокалюванням у муфельній печі при 750°C), білок за методом Кьельдаля (згідно ГОСТ ISO 5983-97), де аналізований матеріал розкладали за допомогою програмованого інфрачервоного дигестора Veger IDU 6, після чого, виробляли відгонку паровим дистилятором SDU 300 Veger і титрували пробу на титраторі Titroline 6000. Жир визначали з використанням апарату Соксклета, шляхом екстракції його з аналізованої проби петролейним ефіром, видаленні розчинника шляхом відгону і сушки та зважуванні отриманого залишку (згідно ГОСТ ISO 6492).



Рис. 1. Форми жолудів: 1 - широкоокругла, 2 - довгоплідна, 3 - типова.

Fig. 1. The forms of acorns: 1 - wide-rounded, 2 - long-bodied, 3 - typical.

Нейтрально-детергентну клітковину (харчові волокна) визначали з використанням термостабільної альфа-амілази по ГОСТ ISO 16472-2014. Загальний вміст вуглеводів визначали фотометричним методом по ГОСТ 26176-91 з використанням спектрофотометра GENESYS 30 Thermo Scientific. Вміст загального крохмалю визначали ферментативним методом згідно ГОСТ ISO 15914-2016. Вміст дубильних речовин визначали по ГОСТ 24027.2-80 титруванням проби 0,1 Н розчином перманганату калію в присутності індігосульфокислоти. Таніни визначали шляхом їх екстрагуванням диметілформамідом, центрифугуванням і подальшому їх вилученні шляхом додавання амоній-заліза (III) цитрату і аміаку до аліквотної частини верхнього шару рідини і в спектрофотометричному вимірюванні оптичної щільності отриманого екстракту при довжині хвилі 525 нм (Makkar et al., 1993, Makkar, 2003).

Обробка отриманих даних проводилась за допомогою пакетів програм *STATISTICA 10* та *Microsoft Excel*.

Результати та їх обговорення. Кількість пошкоджених плодів варіювала від 0,74 (популяція НПП «Святі гори») до 1,61% («Азовська дача»).

За отриманими результатами виявлено деякі взаємозв'язки між масовою часткою білка та формою жолудя ($r= 0,73$; $P<0,001$). Так, показники білка в жолудях з типовою формою мали найменші показники - 16,3-16,9% (табл. 1), в той час, як у довгоплідних плодів цей показник становив 17,6-18,3%, а у жолудів з широкоокруглою формою він був найбільшим - 18,5%. Роль білків для дубових рослин полягає в тому, що вони служать матеріалом для побудови клітин, тканин, утворення ферментів і інших речовин.

За показниками рівня вмісту жирів також була виявлена закономірність ($r= 0,68$; $P<0,001$): жолуді з довгоплідною формою мали найменші показники - 10,6-10,8%. У жолудів типової форми цей показник становив в районі 11,4-11,8%. У широкоокруглій форми жири склали найбільший відсоток - 13%. Основна роль жирів - використання їх в якості резервного матеріалу (під час проростання насіння і розвитку зародка); крім того, вони виконують важливу роль захисних речовин, які допомагають плодам переносити несприятливі умови навколишнього середовища, зокрема низькі температури.

Виявлено також закономірність варіації показника вуглеводів від форми плода ($r= 0,76$; $P<0,001$): найменший результат у широкоокруглій формі - 22,7%, довгоплідна має

- 23,2-23,4%, типова - 25,1-26,6%. Вміст крохмалю, як основного компонента вуглеводів у плодах *Q. robur* коливалося з тієї ж залежністю, що і загальний вміст вуглеводів. У середньому, частка крохмалю в загальному вмісті вуглеводів становила 55-65%. Вуглеводи мають особливе значення в житті рослин, так як вони є прямими продуктами фотосинтезу і, отже, грають роль первинних «накопичувачів» енергії, вихідних органічних речовин, з яких синтезується більшість інших сполук.

Вміст дубильних речовин у цілому коливалося в незначних межах - 0,55-0,66%, які, в свою чергу, на 80-90% склалися з танинів. Залежність даного показника від форми плода не було встановлено ($r= 0,06$; $P<0,001$). Однак, варто зауважити, що найвищим показником дубильних речовин володіли плоди, від тих рослин, чії популяції мали відношення до заплави р. Сіверський Донець (НПП «Святі гори» і «Крейдяна флора»). У свою чергу, найменшу кількість дубильних речовин мали дуби популяції з регіону («Азовська дача», де зафіксована найменша кількість опадів на рік (близько 400 мм). Дані аспекти можуть свідчити про можливу залежність досліджуваного параметра від географічної специфіки та розподілу вологості ґрунтів. У дослідженнях de Oliveira M. (de Oliveira et al., 2012), в плодах роду *Quercus* (а саме *Q. rotundifolia* та *Q. suber*) встановлено, що частка дубильних речовин зменшується по мірі проходження процесу дозрівання плодів аж до опадання.

Важливе значення має вміст харчових волокон. Згідно Тровеллу і Буркітту (Trowell H. C., Burkitt D. P. 1987), харчові волокна визначаються як сума полісахаридів і лігніну, які не перетравлюються ендogenousними секретами шлунково-кишкового тракту людини або тварини. У жолудях містяться переважно нерозчинні або малорозчинні харчові волокна. Нерозчинні харчові волокна часто ще називають клітковиною, вказуючи на їх походження, так як найчастіше серед нерозчинних харчових волокон зустрічається целюлоза як компонент клітинних стінок (Дудкин, 1988). У досліджуваних плодах *Q. robur* вміст харчових волокон коливався в межах 50 г/кг у перерахунку на суху речовину (або 5%). У цілому, найбільшою кількістю даних волокон володіли жолуді з широкоокруглою та довгоплідною формою плода (табл. 1).

Показник вологості жолудів у цілому залежав від едафічних умов, домінуючим з яких був водний режим ґрунтів, характерний для регіону досліджень - час від часу промивного типу.

Таблиця 1
Значення фізико-хімічних показників жолудів
Q. robur в Степовій зоні України

Table 1
Values of physicochemical parameters of *Q. robur*
acorns in the steppe zone of Ukraine

№ п/п	Популяція	K _{фж}	Домінуюча форма жолудя	Ср. т жолудя, г	Ядро, %	Харчові волокна, %	Вологість, %	Зола, %	Білок, %	Жир, %	Вуглеводи загальні, %	Крохмаль, %	Дубильні речовини (загальне), %	Таніни, %
1	РЛП "Донецький кряж"	1,90 ±0,08	Типова	3,9±0,12	70±3,5	4,7±0,12	7±0,21	2,3±0,09	16,5±1,65	11,5±1,15	25,4±2,54	9,54±0,67	0,6±0,03	0,519±0,052
2	НПП "Святі гори"	1,89 ±0,08	Типова	4,3±0,13	75±3,8	4,9±0,12	9,5±0,30	2,4±0,10	16,9±1,69	11,8±1,18	26,6±2,66	10,29±0,72	0,66±0,03	0,572±0,057
3	Заповідник "Мелова флора"	1,84 ±0,13	Типова	3,8±0,11	75±3,8	4,9±0,12	9±0,27	2,4±0,10	16,5±1,65	11,7±1,17	26,3±2,63	10,11±0,71	0,62±0,03	0,537±0,054
4	РЛП "Клебань-бик"	2,13 ±0,07	Длинноплідна	3,1±0,09	68±3,4	5,6±0,14	5±0,15	3±0,12	17,6±1,76	10,6±1,06	23,2±2,32	7,26±0,51	0,56±0,03	0,485±0,049
5	РЛП "Краматорський"	1,88 ±0,09	Типова	2,9±0,09	65±3,3	5,7±0,14	5±0,15	2,9±0,11	16,3±1,63	11,4±1,14	25,1±2,51	9,06±0,63	0,57±0,03	0,494±0,049
6	Заказник "Великоана дольський ліс"	2,11 ±0,08	Длинноплідна	5,3±0,16	72±3,6	5,0±0,13	8±0,24	2,5±0,10	18,3±1,83	10,8±1,08	23,4±2,34	8,71±0,61	0,65±0,03	0,563±0,056
7	Заказник "Азовська дача"	1,42 ±0,07	Широкоокругла	4,8±0,14	77±3,9	5,8±0,15	8±0,24	2,7±0,11	18,5±1,85	13±1,30	22,7±2,27	8,6±0,60	0,55±0,03	0,476±0,048
	Середній показник по регіону дослідження			4,01 ±0,13	71,7 ±3,5	5,23 ±0,13	7,43 ±0,22	2,6 ±0,11	17,23 ±1,733	11,54 ±1,14	24,67 ±2,43	9,08 ±0,66	0,60 ±0,03	0,52 ±0,052

Вміст золи дозволяє судити про мінеральний залишок, пов'язаний з наявністю неорганічних речовин у рослинному об'єкті, а також із вмістом у ньому домішок, що потрапили в сировину при збиранні та сушінні. У цілому, всі значення даного параметра вписуються в норму вимог по ГОСТ 21537-76 «Жолуді дубові».

Висновки. У ході проведених досліджень, було виявлено залежність деяких параметрів (білків, жирів та вуглеводів) жолудів *Q. robur* від їх форми. Так, найвищим відсотком вмісту білків і жирів мають жолуді широкоокруглої форми, при цьому, відсоток вмісту вуглеводів у них – найнижчий. Найбільшим відсотків вмісту вуглеводів володіли жолуді типової форми. Залежність величини показників дубильних

речовин у плодах дуба черешчатого, можливо, може бути пояснена обумовлена абіотичними екологічними факторами: кліматом (у районах де сума щорічних опадів становить 550-600 мм їх більше, в той час, при 400 мм їх результат найменший), ступенем вологості (у заплавної популяції їх більше, ніж у популяції справжнього та сухого степу).

Список літератури

1. Химический состав пищевых продуктов: Справочник /Под ред. Скурихина И.М.-М.: Агропромиздат, 1987. 1 Т. – 225 с, 2 Т. – 226 с.
2. Trowell H. C., Burkitt D. P. The development of the concept of dietary fibre // Molecular aspects of medicine. – 1987. – Vol. 9, №. 1. – P. 7–15.

3. Дудкин М. С., Черно Н.К., Казанская И.С., Соломон Г.В., Масик А.М. Пищевые волокна. – Киев : Урожай, 1988. – 152 с.
4. de Oliveira M. I. F., Machado M. G., d'Abreu M. C. Acorn chemical composition depending on shedding date and *Quercus* species // Options Méditerranéennes A. no. 101 (7th International Symposium on the Mediterranean Pig) – 2012. – Vol. 9. – P. 4–8.
5. Кириллов С. В. Рост лесных культур дуба черешчатого, созданных разными формами желудей // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – №. 4. – С. 334.
6. Gea-Izquierdo G., Cañellas I. and Montero G., Acorn production in Spanish holm oak woodlands // Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales. – 2006. – Vol. 15. – P. 339–354.
7. Rey A. I., Isabel B., Cava R., & López-Bote C. J. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively // Canadian Journal of Animal Science. – 1998. – Vol. 78, № 3. – P. 441–443.
8. Слепих О. О., Коршиков И. И. Аналіз віталітетної, вікової структури та відносної продуктивності ізольованих районів місцезростань дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в Донецькій області // Вісник Одеського національного університету. Біологія, [S.I.]. – 2016. – Т. 21, № 2 (39). – С. 61–75. doi: 10.18524/2077-1746.2016.2(39).85127
9. Яковлев И.А., Яковлев А. С. Дубравы Среднего Поволжья. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 326 с.
10. Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., & Becker, K. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1993. – Vol. 61, № 2. – P. 161–165.
11. Makkar H. P. Quantification of tannins in tree and shrub foliage: a laboratory manual. – Springer Science & Business Media, 2003. – 102 p.
- Agropromizdat, 1987. 1st Vol. – 225 p, 2nd Vol. – 226 p. (In Russian).
2. Trowell H. C., Burkitt D. P. The development of the concept of dietary fibre // Molecular aspects of medicine. – 1987. – Vol. 9, №. 1. – P. 7–15.
3. Dudkin M. S., Cherny N.K., Kazanskaya I.S., Solomon G.V., Masik A.M. Pischevyye volokna. – Kyiv: Urozhay, 1988. – 152 p. (In Russian).
4. de Oliveira M. I. F., Machado M. G., d'Abreu M. C. Acorn chemical composition depending on shedding date and *Quercus* species // Options Méditerranéennes A. no. 101 (7th International Symposium on the Mediterranean Pig) – 2012. – Vol. 9. – P. 4–8.
5. Kirillov S. V. Rost lesnykh kul'tur duba chereschatogo, sozdannykh raznymi formami zheludej // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal. – 2013. – №. 4. – P. 334. (In Russian).
6. Gea-Izquierdo G., Cañellas I. and Montero G., Acorn production in Spanish holm oak woodlands // Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales. – 2006. – Vol. 15. – P. 339–354.
7. Rey A. I., Isabel B., Cava R., & López-Bote C. J. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively // Canadian Journal of Animal Science. – 1998. – Vol. 78, № 3. – P. 441–443.
8. Slepikh, O. O., Korshikov, I. I. The analysis of vitality structure, age structure and relative productivity of isolated districts of habitat of oak (*Quercus robur* L.) in Donetsk Region // Odesa National University Herald. Biology, [S.I.]. – 2016. – v. 21, n. 2(39). – P. 61–75. doi: 10.18524/2077-1746.2016.2(39).85127 (In Ukrainian).
9. Yakovlev I. A., Yakovlev A. S. Dubravy Srednego Povolzh'ya. – Yoshkar-Ola: MarGTU, 1999. – 326 p. (In Russian).
10. Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., & Becker, K. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1993. – Vol. 61, № 2. – P. 161–165.
11. Makkar H. P. Quantification of tannins in tree and shrub foliage: a laboratory manual. – Springer Science & Business Media, 2003. – 102 p.

References

1. Chemical composition of foodstuff: The reference book / Edited by Skurikhina I.M.-M.:

DEPENDENCE OF THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ACORNS OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN THE POPULATION OF THE UKRAINIAN STEPPE STEPPES FROM THEIR COEFFICIENT OF FORM

O. O. Slepikh

*One of the promising areas of economic activity in industrialized countries is to ensure food security and the formation of rational and effective use of alternative sources of nutrient components. To implement this direction in Ukraine, in particular, in its Steppe zone, there are great opportunities to use various sources of raw materials, primarily plant origin. To this raw material can be correlated acorns of oak. In this paper, was demonstrated a detailed analysis of the physical-chemical and biochemical composition of the main acorn indicators in 7 populations of oak (*Quercus robur* L.), which grow on the southern border of natural distribution in the steppe zone of Ukraine, in the Donetsk region. It should be noted that these oak stands of the Ukrainian Steppe are formed in arid conditions during a long evolutionary process and developed a complex of adaptation mechanisms to meteorological, edaphic and ecology-population factors. To ensure objective results, was used modern methods of laboratory analyzes which recommended*

by the management system in the field of food safety - ISO 22 000. In this scientific work, the following parameters were investigated: proteins, fats, carbohydrates, starch, tannins, moisture, and ash. The shape of the acorn was calculated according to the recommendations by A.S. Yakovlev. One of the applied problems posed in this work was the determination of the regularities between the coefficient of the shape of the acorn (K_{fa}) and its characteristics which obtained in the course of laboratory analyzes. Thus, the results of this analyzes made it possible to identify the interrelation of certain biochemical indicators with the coefficient of the form of the acorn (K_{fa}) and the ecological specificity of the region which taken for the study. It was noted that the highest content of proteins (18,5%) and fats (13%) had acorns with a wide-round shape ($K_{fa} < 1,50$) and high carbohydrate content (26,6%) had acorns of typical shape ($2,01 > K_{fa} > 1,50$). Dependence of the value of indicators of tannins was due to the moisture factor of soils. Thus, the populations of oak, which grow along the river Seversky Donets, had a higher rate of tannins, in compare to populations growing remotely from water sources. Thus, the obtained data indicate the possibility of widespread introduction of oak acorns, which growing in the Ukrainian Steppe as for the use of human economic activities, and as a valuable feed resource for animals.

Key words: *Quercus robur L., acorn, coefficient of form of acorn, tannins, proteins, fats, carbohydrates.*

Отримано редколегією 07.12.2017