УДК 633.1+635.5:631.1
DOI: 10.37128/2707-5826-2026-2-15

ДОВГОВІЧНІСТЬ НАСІННЯ ЗРАЗКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У ЗВ'ЯЗКУ З СКЛАДОМ ЗАПАСНИХ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН

***Ю.О. ЧЕРНОБАЙ**, доктор філософії*
***Р.Л. БОГУСЛАВСЬКИЙ**, кандидат біологічних наук*
***В.К. РЯБЧУН**, кандидат біологічних наук*
***О.М. БЕЗУГЛА**, кандидат с.-г наук*
***З.В. УСОВА**, кандидат с.-г наук,*
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

Національний генбанк рослин України входить до десяти найбільших генбанків світу за обсягом і різноманіттям: 157,2 тис. зразків 2020 видів рослин. Більша частина зразків – понад 110 тис. належать до культур, що репродукуються насінням. Їх довгострокове збереження здійснюється у Національному сховищі зразків генофонду рослин України (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН) (далі Сховище). Метою дослідження було проаналізувати зв'язок між довговічністю насіння зразків різних культур, що зберігаються у Сховищі та вмістом у ньому запасних речовин – білків, крохмалю та олії. Аналізували зміну вмісту запасних поживних речовин у насінні зернових культур – пшениці озимої м'якої та твердої, жита і тритикале; зернобобових – гороху та сої, які зберігались у Сховищі у морозильній камері протягом 12 років у підсушеному стані у герметично закритих пакетах з фольги за від'ємної температури -20 °С. Насіння випробуваних зразків у переважній більшості суттєво знизило схожість. При цьому відбулись зміни у вмісті запасних речовин насінин. Не спостерігався зв'язок між змінами у вмісті запасних поживних речовин і змінами схожості насіння протягом зберігання. У зернових культур – озимих пшениці м'якої та твердої, жита і тритикале – при в цілому невеликому зниженні схожості насіння за період 12 років спостерігалось суттєве підвищення вмісту білка в ньому на 0,2-1,65 %. У тритикале озимого збільшення вмісту білка становило від 0,96 до 2,42 %. У зернобобової культури гороху, навпаки, вміст білка зменшувався на 0,96-8,09 %. У сої мало місце як збільшення, так і зменшення вмісту білка. Вміст крохмалю у тритикале озимого збільшився від 7,42 до 8,92 %. У сої вміст олії зменшився майже у всіх зразків крім одного. Обговорюються можливі причини цих змін.

***Ключові слова:** насіння, зберігання, низькі температури, запасні речовини, зернові та зернобобові культури.*
Табл. 3., Літ. 25.

Постановка проблеми. Генетичне різноманіття сільськогосподарських рослин є суттєвим чинником функціонування і розвитку вітчизняного рослинництва, селекції, екологічних, наукових, навчальних програм, і у кінцевому рахунку економіки, інтелектуальної та соціальної сфер. Тому довгострокове збереження зразків генофонду рослин у стані життєздатності для використання сучасним і майбутніми поколіннями народу України є актуальним завданням, зокрема і для післявоєнного відновлення та подальшого розвитку країни [1]. Ефективним шляхом збереження генетичного різноманіття рослин *ex-situ* є банки генетичних ресурсів рослин – генбанки, яких у світі понад 1750, у яких зосереджено близько 7,4 мільйонів зразків [2].

DURABILITY OF SEED SAMPLES OF AGRICULTURAL CULTURES IN CONNECTION WITH THE COMPOSITION OF RESERVE NUTRIENTS © 2026 by Chernobai Y.O., Bohuslavskyi R.L., Riabchun V.K., Bezouhla O.M., Usova Z.V. is licensed under CC BY 4.0

Національний генбанк рослин України входить до десяти найбільших генбанків світу за обсягом і різноманіттям: 157,2 тис. зразків 2020 видів рослин. Більша частина зразків – понад 110 тис. – належать до культур, що репродукуються насінням. Їх довгострокове збереження здійснюється у Національному сховищі зразків генофонду рослин (Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, м. Харків). Проте, у визначенні чинників, що впливають на тривалість життя насіння в умовах збереження залишається низка питань. Зокрема, недостатньо вивчено стан і роль запасних поживних речовин зернівок різних груп культур: білків зернових і зернобобових культур, олії олійних культур у визначенні довговічності насіння.

Аналіз досліджень і публікацій. Установлено, що склад ліпідів відіграє значну роль через відмінності у схильності до окислення або реакції на температуру [3-7]. Білки також відіграють вирішальну роль в довговічності насіння, стабілізуючи склоподібну цитоплазму [8]. Білки теплового шоку (HSP) та рясні білки пізнього ембріогенезу (LEA), синтезуються під час розвитку насіння і сприяють стійкості до висихання та довговічності насіння, ймовірно, запобігаючи агрегації у склоподібному стані та сприяючи згортанню білків [9, 10, 11]. Запасні білки зернівки (SSP) накопичуються під час наливання насіння та є основними мішенями для окислення та карбонілювання [12]. Це робить їх важливою частиною захисту насіння від окисного пошкодження, захищаючи інші білки від окислення під час зберігання.

Метою дослідження було проаналізувати зв'язок між довговічністю насіння зразків різних культур, що зберігаються у Національному сховищі зразків генофонду рослин України та вмістом у ньому запасних речовин – білків, крохмалю та олії.

Матеріал та методика досліджень. Аналізували насіння 34 зразків генофонду, з яких шість – озимої м'якої пшениці, п'ять – озимої твердої пшениці, п'ять – жита озимого, шість – тритикале озимого, п'ять – гороху, дев'ять – сої, які зберігались у Національному сховищі зразків генофонду рослин, у морозильній камері протягом 12 років.

Зразки зберігались за такого режиму: підсушування до рівня вологості специфічного для культури, затарювання у герметично закриті пакети з фольги, у морозильній камері за температури -20±2 °С [13]. Такий режим відповідає міжнародно прийнятим Стандартам банків генів [14] як такий, що забезпечує довговічність насіння. Контроль схожості насіння після зберігання проводили у січні 2026 року. Пророщування проводили у спеціальних пластмасових ростильнях прямокутної форми розміром 24 х 16 х 8 см, на фільтрувальному папері. Попередньо ростильні знезаражували гідролізним спиртом.

Фільтрувальний папір розрізали на листи 23 х 15 см, з яких робили складчастий фільтр з висотою складки 2 см, кількість складок 10; фільтри поміщають у ростильні. У кожну складку розкладали по 10 насінин кожного зразка; загальна кількість насінин, що аналізувались у кожній повторності – 100 шт. Повторність досліду дворазова.

Схожість насіння оцінювали за відсотком проростих насінин від загальної кількості насінин, поставлених на пророщування.

Для схожості середню помилку обраховували за формулою Я. Бернуллі для альтернативної ознаки:

$$\mu = \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}}$$

де:μ–середня помилка;

w – вибіркова частка;

n–обсяг вибірки.

Вміст запасних поживних речовин визначали за методами, описаними у методиці [15]. Зокрема, вміст білка у зерні визначали за методом Й. К'єльдаля, вміст крохмалю – поляриметричним методом (за Еверсом), вміст олії визначали за методом С.В. Рушковського.

Вміст білка в насінні гороху і сої та олії в насінні сої – за допомогою приладу «Інфралюм ФТ-10» (метод інфрачервоної спектроскопії) [16, 17].

Вміст білка, крохмалю та олії визначали у триразовій повторності і обраховували середні величини. Вірогідність відмінностей між середніми оцінювали за найменш істотною різницею ($НІР_{05}$), яку обраховували за результатами двофакторного дисперсійного аналізу за рівня значущості 0,5.

Результати досліджень та їх обговорення. Насіння випробуваних зразків у переважній більшості суттєво знизило схожість протягом 12 років збереження за від'ємних температур. При цьому відбулись зміни у вмісті запасних речовин насінин (табл. 1-3).

Пшениця м'яка озима. Один зразок – Славен (UA0108339) не знизив схожості. В інших зразків схожість знизилась на 1-4 %. При цьому у всіх зразків спостерігалось збільшення вмісту білка на 0,59-1,26 % (табл. 1).

Пшениця тверда озима. При зниженні схожості на 2-3 % спостерігалось збільшення вмісту білку на 0,60 – 0,88 % (табл. 1).

Жито озиме. З випробуваних п'яти зразків чотири не змінили схожості, один – Короткостебельний (UA0700374), у якого при зберіганні було відмічено найвище підвищення білка (+1,65 %), знизив її на 2 %. При цьому вміст білка збільшився на 0,2 – 1,65 % (табл. 1).

Горох. Зразок Hilko (UD0102097), який єдиний з партії зразків гороху мав при закладанні на зберігання високий вміст білка – 28,62 %,не змінив схожості, два зразки – WT 16005 (UD0101651) та Веселик (UD0102286) значно знизили її, відповідно на 18 % і 10 %. У інших двох зразків схожість знизилась на 1–2 %. Спостерігалось істотне зниження вмісту білка в зерні на 0,96–8,09 % (табл. 1).

Тритикале озиме. Зразок (UA0602730), у якого вміст білка був найвищим, як при закладці на зберігання у 2014 р. (11,95 %), так і після зберігання у 2026 р. (12,72 %), не змінив схожості.

Таблиця 1

Вплив зберігання насіння на вміст білка у зерні сільськогосподарських культур

Номер національного каталогу	Назва зразка	Вміст білку, %			Схожість, %		
		2014	2026	±	2014	2026	±
Пшениця м'яка озима							
UA0123785	Мазурок	11,73	12,59	+0,86	94±0,2	90±0,3	-4
UA0123784	Мавка	13,23	13,82	+0,59	94±0,2	92±0,3	-2
UA0123562	Октава одеська	10,83	11,53	+0,70	97±0,2	96±0,2	-1
UA0108339	Славен	12,83	13,67	+0,84	100±0,00	100±0,0	0
UA0108468	Тарасовська	12,43	13,39	+0,96	97±0,2	96±0,2	-1
UA0108401	Добірна	12,77	14,03	+1,26	97±0,2	94±0,2	-3
	$НІР_{05}$: чинник А чинник Б взаємодія А×Б	1,38 0,50 0,09					
Пшениця тверда озима							
UA0201482	Тассей	11,91	12,79	+0,88	96±0,2	94±0,2	-2
UA0205168	Lupidur	12,57	13,36	+0,79	96±0,2	94±0,2	-2
UA0201359	Континент	11,38	11,98	+0,60	100±0,0	98±0,1	-2
UA0201232	Гордеіформе 3	13,1	13,9	+0,80	98±0,1	95±0,2	-3
UA0201288	Запорізька 808	11,7	12,4	+0,70	99±0,1	97±0,2	-2
	$НІР_{05}$*: чинник А чинник Б взаємодія А×Б	1,08 0,45 0,11					
Жито озиме							
UA0700353	Наполеон	11,8	12,31	+0,51	100±0,00	100±0,0	0
UA0700375	Левітан	10,9	11,1	+0,20	100±0,00	100±0,0	0
UA0700374	Короткостебельний	11,3	12,95	+1,65	100±0,00	98±0,1	-2
UA0700405	-	11,65	12,84	+1,19	100±0,00	100±0,0	0
UA0700406	Голубка	12,94	13,13	+0,19	100±0,00	100±0,0	0
	$НІР_{05}$*:чинник А чинник Б взаємодія А×Б	1,13 0,40 0,12					
Горох							
UD0101742	Carrera	25,95	19,55	-6,4	92±0,3	90±0,3	-2
UD0101651	WT 16005	25,41	22,31	-3,1	92±0,3	74±0,4	-18
UD0102073	-	23,35	22,39	-0,96	97±0,2	96±0,2	-1
UD0102097	Hilko	28,62	20,53	-8,09	98±0,1	98±0,1	0
UD0102286	Веселик	23,88	22,12	-1,76	96±0,2	86±0,3	-10
	$НІР_{05}$*:чинник А чинник Б взаємодія А×Б	1,92 2,76 0,45					

* чинник А – зразки генбанку
чинник Б – роки

Джерело: *сформовано на основі власних досліджень*

У інших зразків спостерігалося зниження схожості на 1–5 %. Збільшення вмісту білка становило від 0,96 до 2,42 %, крохмалю – від 7,42 до 8,92 % (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив зберігання насіння на вміст білка і крохмалю у зерні тритикале озимого

Номер Націо-нального каталогу	Назва зразка	Вміст білку, %			Вміст крохмалю, %			Схожість, %		
		2014	2026	±	2014	2026	±	2014	2026	±
UA0602730	-	11,95	12,72	+0,77	60,47	69,39	+8,92	100±0,00	100±0,0	0
UA0602741	Вольслав 2/07	9,49	11,91	+2,42	61,65	69,22	+7,57	97±0,2	92±0,3	-5
UA0602740	Вольслав 1/07	10,1	12,27	+2,17	62,33	70,36	+8,03	97±0,2	96±0,2	-1
UA0602787	Trismart	9,73	10,69	+0,96	63,58	71,87	+8,29	100±0,00	98±0,1	-2
UA002786	Remiko	9,84	10,58	+0,74	63,78	72,68	+8,90	96±0,2	94±0,2	-2
UA002784	NTH 1933	10,48	11,75	+1,27	62,85	70,27	+7,42	100±0,00	98±0,1	-2
	$НІР_{05}$*:									
	чинник А	1,33		2,21						
	чинник Б	1,14		4,54						
	взаємодія А×Б	0,32		0,67						

* чинник А – зразки генофонду
чинник Б – роки

Джерело: *сформовано на основі власних досліджень*

Соя. Насіння усіх зразків знизило схожість на величину від 1 до 54 %. Максимальне зниження схожості спостерігалося у зразка Валюта (UD0200345) – 15 % з підвищеним вмістом білка перед закладкою на зберігання у 2014 р. (відповідно 39,03 % і 38,39 %) та зразка Смолянка (UD0201988) – 21 %. Зразок Смолянка єдиний з партії зразків сої з чорним забарвленням насіннєвої оболонки, що мав низький вміст білка у 2014 р. (31,7 %), який підвищився за період зберігання за негативних температур на 2,54 %, та високий вміст олії, що знизився за період зберігання на 3,92 %. Мінімальне зниження схожості на 1 %, яке дорівнює розміру похибки при аналізі на схожість за стандартом [18], у зразка Ліра (UD0201950), у якого вміст білка перед закладкою на зберігання був низький (28,31 %), а вміст олії – найвищий серед партії зразків сої (24,54 %) (табл. 3).

Вміст білка тісно від'ємно корелює з вмістом олії перед закладкою на зберігання (r=-0,75), що узгоджується з даними інших дослідників [19]. Можливим поясненням є руйнація білково-ліпідних комплексів у насінні.

Таким чином, у зернових культур – пшениці озимої м'якої та твердої, жита і тритикале – при в цілому невеликому зниженні схожості насіння за період 12 років (з 22 випадків у двадцяти – у межах 3 %, у двох 4-5 %) спостерігалось підвищення вмісту білка в ньому. У зернобобової культури гороху, навпаки, вміст білка зменшувався. У сої мало місце як збільшення, так і зменшення вмісту білка.

Таблиця 3

Вплив зберігання насіння на вміст білка та олії у зерні сої

Номер Націо-нального каталогу	Назва зразка	Вміст білку, %			Вміст крохмалю, %			Схожість, %		
		2014	2026	±	2014	2026	±	2014	2026	±
UD0200345	Валюта	39,03	33,77	-5,26	21,68	19,94	-1,74	95±0,2	80±0,4	-15
UD0200454	-	33,54	34,86	+1,32	21,93	20,21	-1,72	92±0,3	86±0,3	-6
UD0200440	PI 360958	33,27	39,39	+6,12	21,15	19,85	-1,3	80±0,4	74±0,4	-6
UD0200276	Аркадія одеська	36,57	30,9	-5,67	21,17	21,70	+0,53	90±0,3	96±0,2	-6
UD0200197	Наддніпрянська	35,16	33,01	-2,15	21,85	21,00	-0,85	90±0,3	100±0,0	-10
UD0201965	840-5-3	32,56	38,3	+5,74	23,79	20,58	-3,21	100±0,0	90±0,3	-10
UD0201883	Cupra	32,38	37,05	+4,67	23,64	19,49	-4,15	95±0,2	92±0,3	-3
UD0201950	Ліра	28,31	36,97	+8,66	24,53	20,56	-3,97	97±0,2	96±0,2	-1
UD0201988	Смолянка	31,76	34,3	+2,54	23,82	19,90	-3,92	97±0,2	76±0,4	-21

Джерело: *сформовано на основі власних досліджень*

У тритикале озимого вміст крохмалю збільшувався. У сої вміст олії зменшувався майже у всіх зразків крім одного. Не спостерігався зв'язок між змінами у вмісті запасних поживних речовин і змінами у схожості насіння протягом досліду. Як пояснення можна припустити, що в умовах проморожування, хоча відбулись фізіологічні процеси у запасних органах насінин – ендоспермі зернових культур і сім'ядолях зернобобових, ці процеси у значно меншій мірі відбулись у зародках.

Якщо зменшення частки речовин під час досліду сприймається як природний процес, то збільшення, яке є переважно статистично достовірним, хоча й невеликим, викликає питання. Розглядаючи ці зміни, слід ураховувати, що насіння знаходилось у герметично закритих пакетах з фольги при низьких температурах, тобто у стані анабіозу. Вміст речовин, як перед закладкою на зберігання, так і після 12 років зберігання, визначали як частку від сухої речовини. Тому збільшення частки білку, яке спостерігається у зернових культур і більшості зразків сої, та частки крохмалю у тритикале навряд чи можна пояснити втратою вологи насінням за рахунок сублімації та синтезом у насінні. Тим більше, що у гороху вміст білку зменшився. Пояснити збільшення частки білку можна, взявши до уваги, що процес заморожування та розморожування міг призвести до денатурації білку. Денатурація могла спричинити вивільнення певних окремих амінокислот, таких як цистеїн або цистин, тирозин та триптофан, які також створюють колір при аналізі білка застосованим методом К'єльдаля. Це може бути причиною збільшення показань, що було інтерпретовано як збільшення концентрації білка [20].

Збільшення вмісту крохмалю під час заморожування можна пояснити ретроградацією крохмалю, під час якої молекули амілози та амілопектину перебудовуються в упорядковані кристалічні структури, які є більш стійкими до ферментативного розщеплення.

Збільшення кристалічності також може бути обумовлено руйнацією аморфних ділянок гранул крохмалю. Ці новоутворені, високоструктуровані гранули крохмалю важче піддаються дії ферментів, що призводить до вищого вимірюваного вмісту крохмалю в аналізі [21, 22].

Окреме питання – зменшення вмісту олії у насінні сої. Незважаючи на стан спокою, насіння продовжує підтримувати мінімальний рівень метаболізму. Ліпіди є важливим джерелом енергії, і їхнє поступове споживання, навіть вкрай повільне за від'ємних температур, призводить до зниження їх загального вмісту протягом років зберігання. Основною причиною зниження вмісту олії є автоокислення та ферментативний гідроліз, де ліпази розщеплюють ліпіди на вільні жирні кислоти та гліцерин, а також підвищену активність ліпоксигенази, що спричиняє перекисне окислення ненасичених жирних кислот, в результаті яких ліпіди перетворюються на вільні жирні кислоти та вторинні продукти (альдегіди), а також механічне пошкодження масляних тіл кристалами льоду [23−25].

Висновки і перспективи досліджень. Насіння випробуваних зразків у переважній більшості суттєво знизило схожість протягом 12 років збереження за негативної температури -20 °С. При цьому відбулись зміни у вмісті запасних речовин насінин. При цьому не спостерігався зв'язок між змінами у вмісті запасних поживних речовин і змінами схожості насіння протягом досліду.

У зернових культур – пшениці озимої м'якої та твердої, жита і тритикале – при в цілому невеликому зниженні схожості насіння за період 12 років спостерігалось суттєве підвищення вмісту білка в ньому. У зернобобової культури гороху, навпаки, вміст білка зменшувався. У сої мало місце як збільшення, так і зменшення вмісту білка. Вміст крохмалю у тритикале озимого збільшився. У сої вміст олії зменшився майже у всіх зразків крім одного. Результати досліду дають підставу продовжити вивчення динаміки вмісту запасних поживних речовин протягом довготривалого зберігання.

Список використаної літератури

1. Рябчун В.К., Кузьмишина Н.В., Богуславський Р.Л. Стан Національного генбанку рослин України у військовий час 2022 року. *Генетичні ресурси рослин.* 2022. № 30. С. 11–21. DOI: 10.36814/pgr.2022.30.01.

2. Holistic genotyping and phenotyping of plant genetic resources in Europe's gene banks. Activated Genebank Network. 2026. URL: https://cordis.europa.eu/article/id/463215-holistic-genotyping-and-phenotyping-of-plant-genetic-resources-in-europe-s-gene-banks.

3. Ballesteros D., Walters C. Detailed Characterization of Mechanical Properties and Molecular Mobility within Dry Seed Glasses: *Relevance to the Physiology of Dry Biological Systems. Plant J.* 2011. Vol. 68, Issue 4. P. 607–619. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04711.x.

4. Colville L., Pritchard H.W. Seed Life Span and Food Security. *New Phytol.* 2019. Vol. 224, Issue 2. P. 557–562. DOI: 10.1111/nph.16006.

5. Taylor R.E., Waterworth W., West C.E., Foyer C.H. Whirly Proteins Maintain Seed Longevity by Effects on Seed Oxygen Signalling during Imbibition. *Biochem*. J. 2023. Vol. 480, Issue 13. P. 941–956. DOI: 10.1042/BCJ20230008.

6. Li S., Zhao Q., Zhu D., Yu J. A DREB-like Transcription Factor from Maize (Zea mays), ZmDREB4. 1, Plays a Negative Role in Plant Growth and Development. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9, P. 395. DOI: 10.3389/fpls.2018.00395.

7. Buitink J., Leprince O., Hemminga M.A., Hoekstra F.A. Molecular Mobility in the Cytoplasm: An Approach to Describe and Predict Lifespan of Dry Germplasm. Proc. Natl. *Acad. Sci. USA* 2000. Vol. 97 (5), P. 2385–2390. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.040554797.

8. Sun W.Q. Glassy State and Seed Storage Stability: The WLF Kinetics of Seed Viability Loss at T > Tg and the Plasticization Effect of Water on Storage Stability. *Ann. Bot.* 1997. Vol. 79, Issue 3. P. 291–297. DOI:https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0346.

9. Verdier J., Lalanne D., Pelletier S., Torres-Jerez I., Righetti K., Bandyopadhyay K., Leprince O., Chatelain E., Vu B.L., Gouzy J. A Regulatory Network-Based Approach Dissects Late Maturation Processes Related to the Acquisition of Desiccation Tolerance and Longevity of Medicago truncatula Seeds. *Plant Physiol*. 2013, Vol. 163. Issue 2. P. 757–774. DOI: https://doi.org/10.1104/pp.113.222380.

10. Chatelain E., Hundertmark M., Leprince O., Gall S.L., Satour P., Deligny-Penninck S., Rogniaux H., Buitink J. Temporal Profiling of the Heat-stable Proteome during Late Maturation of Medicago truncatula Seeds Identifies a Restricted Subset of Late Embryogenesis Abundant Proteins Associated with Longevity. *Plant Cell Environ.* 2012. Vol. 35, Issue 8. P. 1440–1455. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2012.02501.x.

11. Kalemba E., Pukacka S., Possible Roles of LEA Proteins and sHSPs in Seed Protection: A Short Review. *Biol. Lett*. 2007. 44, 3–16. URL: https://www.researchgate.net/publication/242495942_Possible_roles_of_LEA_proteins_and_sHSPs_in_seed_protection_A_short_review.

12. Leprince O., Pellizzaro A., Berriri S., Buitink J. Late Seed Maturation: Drying without Dying. J. *Exp. Bot.* 2017. Vol. 68, Issue 4. P. 827–841. DOI:10.1093/jxb/erw363.

13. Wakasa Y., Takaiwa F. Seed Storage Proteins. In Brenner's Encyclopedia of Genetics, 2nd ed.; K., Eds. *Academic Press: San Diego, CA, USA*, 2013. P. 346–348.

14. Положення про Національне сховище зразків генофонду рослин України. Харків, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. 2017. 27 с.

15. FAO. 2014. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rev. ed. Rome. 179 p. chrome-extension: // efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fao.org/4/i3704e/i3704e.pdf.

16. Києнко З.Б., Присяжнюк Л.М., Шовгун О.О., Іваницька А.П., Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослина придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва (3-тє вид., випр. і доп.).: *Цифрове видавництво Українського інституту експертизи сортів рослин*. 2016. 159 с.

17. Ayodeji, Adeyemi. Re: Why protein concentration is increased after storage? URL: https://www.researchgate.net/post/Why_protein_ concentration_is_ increased_after_storage/5a74b26c4048541166345232/citation/download.

18. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. 62 с.

19. Jayasundera, Keerthi. Re: Why protein concentration is increased after storage? UJRL: https://www.researchgate.net/post/ Why_protein_concentration_ is_increased_after_storage/5a73c3a8eeae39aa5345fe12/citation/download.

20. Aguirre J.F., Osella C.A., Carrara C.R., Sanchez H.D., Buera M.D. Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch-Strke*. 2011. Vol. 63, Issue 9. P. 587–593. DOI:10.1002/star.201100023.

21. Li C., Shao S., Yi X., Cao S., Yu W., Zhang B., Liu H., Gilbert R.G. Influence of Storage Temperature on Starch Retrogradation and Digestion of Chinese Steamed Bread. *Foods.* 2024. Vol. 13, Issue 4. P. 517. DOI: https://doi.org/10.3390/ foods13040517.

22. Li H., Liu B., Bess K., Wang Z., Liang M., Zhang Y., Wu Q., Yang L. Impact of Low-Temperature Storage on the Microstructure, Digestibility, and Absorption Capacity of Cooked Rice. *Foods.* 2022. Vol. 11, Issue 11. P. 1642. DOI: 10.3390/foods11111642.

23. Wilson R.F., Rinne R.W. Effect of freezing and cold storage on phospholipids in developing soybean cotyledons. *Plant Physiol.* 1976. Vol. 57, Issue 2. P. 270-273. DOI: 10.1104/pp.57.2.270.

24. Silva MFD, Soares JM, Xavier WA, Silva FCDS, Silva FLD, Silva LJD. The role of the biochemical composition of soybean seeds in the tolerance to deterioration under natural and artificial aging. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, Issue 12. e21628. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21628.

25. Corbineau F. The Effects of Storage Conditions on Seed Deterioration and Ageing: How to Improve Seed Longevity. *Seeds*. 2024. Vol. 3, Issue 1. P. 56-75. DOI: https://doi.org/10.3390/seeds3010005.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Riabchun V.K., Kuzmyshyna N.V., Bohuslavskyi R.L. (2022). Stan Natsionalnoho henbanku roslyn Ukrainy u viiskovyi chas 2022 roku. [*State of national plant genebank of Ukraine in wartime of 2022*]. *Henetychni resursy Roslyn – Henetychni resursy roslyn*. 30. DOI: 10.36814/pgr.2022.30.01. [in Ukrainian].

2. Holistic genotyping and phenotyping of plant genetic resources in Europe's gene banks (2026). Activated Genebank Network. URL: https://cordis.europa.eu/article/id/463215-holistic-genotyping-and-phenotyping-of-plant-genetic-resources-in-europe-s-gene-banks [in English].

3. Ballesteros D., Walters C. (2011). Detailed Characterization of Mechanical Properties and Molecular Mobility within Dry Seed Glasses: *Relevance to the Physiology of Dry Biological Systems. Plant J.* Vol. 68, Issue 4. P. 607–619. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04711.x [in English].

4. Colville L., Pritchard H.W. (2019). Seed Life Span and Food Security. *New Phytol*. Vol. 224, Issue 2. P. 557–562. DOI: 10.1111/nph.16006 [in English].

5. Taylor R.E., Waterworth W., West C.E., Foyer C.H. (2023). Whirly Proteins Maintain Seed Longevity by Effects on Seed Oxygen Signalling during Imbibition. *Biochem. J.* Vol. 480, Issue 13. P. 941–956. DOI: 10.1042/BCJ20230008 [in English].

6. Li S., Zhao Q., Zhu D., Yu J. (2018). A DREB-like Transcription Factor from Maize (Zea mays), ZmDREB4. 1, Plays a Negative Role in Plant Growth and Development. *Front. Plant Sci.* Vol. 9, P. 395. DOI: 10.3389/fpls.2018.00395 [in English].

7. Buitink J., Leprince O., Hemminga M.A., Hoekstra F.A. (2000). Molecular Mobility in the Cytoplasm: An Approach to Describe and Predict Lifespan of Dry Germplasm. Proc. Natl. *Acad. Sci. USA.* Vol. 97 (5), P. 2385–2390. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.040554797 [in English].

8. Sun W.Q. (1997). Glassy State and Seed Storage Stability: The WLF Kinetics of Seed Viability Loss at T > Tg and the Plasticization Effect of Water on Storage Stability. *Ann. Bot.* Vol. 79, Issue 3. P. 291–297. DOI:https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0346. [in English].

9. Verdier J., Lalanne D., Pelletier S., Torres-Jerez I., Righetti K., Bandyopadhyay K., Leprince O., Chatelain E., Vu B.L., Gouzy J. (2013). A Regulatory Network-Based Approach Dissects Late Maturation Processes Related to the Acquisition of Desiccation Tolerance and Longevity of Medicago truncatula Seeds. *Plant Physiol*. Vol. 163, Issue 2. P. 757–774. DOI: https://doi.org/10.1104/pp.113.222380 [in English].

10. Chatelain E., Hundertmark M., Leprince O., Gall S.L., Satour P., Deligny-Penninck S., Rogniaux H., Buitink J. (2012). Temporal Profiling of the Heat-stable Proteome during Late Maturation of Medicago truncatula Seeds Identifies a Restricted Subset of Late Embryogenesis Abundant Proteins Associated with Longevity. *Plant Cell Environ*. Vol. 35, Issue 8. P. 1440–1455. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2012.02501.x [in English].

11. Kalemba E., Pukacka S. (2007). Possible Roles of LEA Proteins and sHSPs in Seed Protection: A Short Review. *Biol. Lett*. Vol. 44, 3–16. URL: https://www.researchgate.net/publication/242495942_Possible_roles_of_LEA_proteins_and_sHSPs_in_seed_protection_A_short_review [in English].

12. Leprince O., Pellizzaro A., Berriri S., Buitink J. (2017). Late Seed Maturation: Drying without Dying. J. *Exp. Bot.* Vol. 68, Issue 4. P. 827–841. DOI:10.1093/jxb/erw363 [in English].

13. Wakasa Y., Takaiwa F. (2013). Seed Storage Proteins. In Brenner's Encyclopedia of Genetics, 2nd ed.; Maloy, S., Hughes, K., Eds. *Academic Press: San Diego, CA, USA*, P. 346–348 [in English].

14. Polozhennia pro Natsionalne skhovyshche zrazkiv henofondu roslyn Ukrainy (2017). [*Regulations on the National Repository of the Plant Gene Pool Accessions of Ukraine*]. Kharkiv, Instytut roslynnytstva im. V.Ia. Yurieva. [in Ukrainian].

15. FAO. (2014). Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rev. ed. Rome. 179 p. chrome-extension: // efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fao.org/4/i3704e/i3704e.pdf. [in English].

16. Kyienko Z.B., Prysiazhniuk L.M., Shovhun O.O., Ivanytska A.P., Pavliuk N.V., Tkachyk S.O. (2016). Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva (3-tie vyd., vypr. i dop.).:[*Methodology for conducting a qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining the quality indicators of crop production (3rd ed., corrected and supplemented)*]. *Tsyfrove vydavnytstvo Ukrainskoho instytutu ekspertyzy sortiv roslyn. − Digital publishing house of the Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination*. [in Ukrainian].

17. Ayodeji, Adeyemi (2018). Re: Why protein concentration is increased after storage?. URL: https://www.researchgate.net/post/Why_protein_ concentration_is_ increased_after_storage/5a74b26c4048541166345232/citation/download [in English].

18. DSTU 4138-2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [*DSTU 4138-2002. Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality*]. [in Ukrainian].

19. Jayasundera, Keerthi (2018). Re: Why protein concentration is increased after storage ? URL: https://www.researchgate.net/post/ Why_protein_ concentration_is_increased_after_storage/5a73c3a8eeae39aa5345fe12/citation/downloa d. [in English].

20. Aguirre J.F., Osella C.A., Carrara C.R., Sanchez H.D., Buera M.D. (2011). Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch-Strke*. Vol. 63, Issue 9. P. 587–593. DOI:10.1002/star.201100023 [in English].

21. Li C., Shao S., Yi X., Cao S., Yu W., Zhang B., Liu H., Gilbert R.G. (2024). Influence of Storage Temperature on Starch Retrogradation and Digestion of Chinese Steamed Bread. *Foods.* Vol. 13, Issue 4. P. 517. DOI: https://doi.org/10.3390/ foods13040517 [in English].

22. Li H., Liu B., Bess K., Wang Z., Liang M., Zhang Y., Wu Q., Yang L. (2022). Impact of Low-Temperature Storage on the Microstructure, Digestibility, and Absorption Capacity of Cooked Rice. *Foods.* Vol. 11, Issue 11. P. 1642. DOI: 10.3390/foods11111642 [in English].

23. Wilson R.F., Rinne R.W. (1976). Effect of freezing and cold storage on phospholipids in developing soybean cotyledons. *Plant Physiol.* Vol. 57, Issue 2. P. 270-273. DOI: 10.1104/pp.57.2.270 [in English].

24. Silva MFD, Soares JM, Xavier WA, Silva FCDS, Silva FLD, Silva LJD. (2023). The role of the biochemical composition of soybean seeds in the tolerance to deterioration under natural and artificial aging. *Heliyon*. Vol. 9, Issue 12. e21628. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21628 [in English].

25. Corbineau F. (2024). The Effects of Storage Conditions on Seed Deterioration and Ageing: How to Improve Seed Longevity. *Seeds*. Vol. 3, Issue 1. P. 56-75. DOI: https://doi.org/10.3390/seeds3010005 [in English].

ANNOTATION
DURABILITY OF SEED SAMPLES OF AGRICULTURAL CULTURES IN CONNECTION WITH THE COMPOSITION OF RESERVE NUTRIENTS

The National Plant Genebank of Ukraine is among the ten largest genebanks in the world in terms of volume and diversity: 157.2 thousand samples of 2020 plant species. The majority of the samples – over 110 thousand – belong to crops that reproduce by seeds. Their long-term storage is carried out in the National Repository of the Plant Gene Pool Accessions of Ukraine (Yuryev Plant Production Institute of NAAS) (hereinafter referred to as the Repository). The aim of the study was to analyze the relationship between the durability of seed samples of various crops stored in the Repository and the content of reserve substances in it – proteins, starch and oil. We analyzed the change in the content of reserve nutrients in the seeds of cereal crops - bread and durum winter wheats, rye and triticale; legumes - peas and soybeans, which were stored in the Storage in a freezer for 12 years in a dried state in hermetically sealed foil bags at a negative temperature of -20 ° C. The seeds of the tested samples in the vast majority significantly reduced germination. At the same time, changes occurred in the content of reserve substances in the seeds. No connection was observed between changes in the content of reserve nutrients and changes in seed germination during storage. In cereal crops - bread and durum winter wheats, rye and triticale - with an overall slight decrease in seed germination over a period of 12 years, a significant increase in the protein content in it by 0.2-1.65% was observed. In winter triticale, the increase in protein content ranged from 0.96 to 2.42%. In the legume pea, on the contrary, the protein content decreased by 0.96-8.09%. In soybeans, both an increase and a decrease in protein content occurred. The starch content in winter triticale increased from 7.42 to 8.92%. In soybeans, the oil content decreased in almost all samples except one. Possible reasons for these changes are discussed.

Keywords: *seeds, storage, low temperatures, reserve substances, grain and legume crops.*
Table 3., Ref. 25.

Інформація про авторів

Чернобай Юлія Олександрівна, доктор філософії, старший науковий співробітник лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (61060, м. Харків, просп. Героїв Харкова, 142/7; email: juliaonishchenko2112@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-3745-5250).

Богуславський Роман Львович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії інтродукції та зберігання генетичних ресурсів рослин Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (61170, м. Харків, вул. Академіка Павлова, 132; email: boguslavr47@gmail.com, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3145-4788).

Рябчун Віктор Кузьмович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи з генетичними ресурсами рослин Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України (61124, м. Харків, просп. Аерокосмічний, 176; email: ncpgru@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1855-5114).

Безугла Ольга Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії генетичних ресурсів зернових, зернобобових і круп'яних культур Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (61100 м. Харків, просп. Петра Григоренка, 18а email: olgabezuglaya61@gmail.com, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1458-1630).

Усова Зоя Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії імунітету, біотехнології і якості Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН (61146, м. Харків; вул.. Академіка Павлова, 148, email: ppiww2017@gmail.com, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0306-5809).

Yuliia Chernobai , Ph.D. in Biology, Senior Researcher, Laboratory of Plant Genetic Resources Introduction and Storage, Yuriev Plant Production Institute of NAAS (61060, Kharkiv, 142/7, Heroiiv Kharkova Avenue; email: juliaonishchenko2112@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0009-0000-3745-5250).

Roman Bohuslavskyi, Ph.D. in Biology, Senior Researcher, Leading Researcher, Laboratory for Plant Genetic Resources Introduction and Storage, Yuriev Plant Production Institute of NAAS; (61170, Kharkiv, 132, Academika Pavlova St.; email: boguslavr47@gmail.com, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3145-4788).

Viktor Riabchun , Ph.D. in Biology, Senior Researcher, Deputy Director for Research Work with Plant Genetic Resources, Yuriev Plant Production Institute of NAAS (61124, Kharkiv, 176, Aerokosmichnyy Avenue; email:ncpgru@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1855-5114).

Olha Bezouhla, Ph.D. in Agriculture, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Cereals, Legumes and Groat Geneic Resources, uriev Plant Production Institute of NAAS (Kharkiv, 18a, Petra Hryhorenka Avenue; email: olgabezuglaya61@gmail.com, ORCID:http://orcid.org/0000-0002-1458-1630).

Zoya Usova, Ph.D. in Agriculture, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Plant Immunity, Biotechnology and Quality, Yuriev Plant Production Institute of NAAS (61146, Kharkiv, Academician Pavlova St.,114, email:ppiww2017@gmail.com; ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0306-5809).

Надходження статті 25.03.26.
Прийнято 07.04.26.
Опубліковано 17.04.26.