

АГРОНОМІЯ

УДК664.6+664.71–11:631.83/.85:664.724

Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберіганняЛюбич В.В. , Желєзна В.В. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Любич В.В., Желєзна В.В. Хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. С. 75–84.

Ljubych V.V., Zheljezna V.V. Hlibopekars'ki vlastyvositi zerna pshenyci spel'ty zalezho vid udobrennja i tryvalosti zberigannja. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija», 2021. no. 1, pp. 75–84.

Рукопис отримано: 07.04.2021 р.

Прийнято: 22.04.2021 р.

Затверджено до друку: 25.05.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-75-84

У статті наведено результати дослідження хлібопекарських властивостей зерна пшениці спельти залежно від удобрення і тривалості зберігання. Вивчали сорт пшениці спельти озимої (безплітковий) Європа, отриманий гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Для удобрення використовували аміачну селітру, сульфат амонію, суперфосфат гранульований, калій хлористий. Зберігали зерно пшениці спельти впродовж року без доступу повітря за нерегульованого температурного режиму в сухому стані (вологість під час закладання на зберігання 13,0–13,5 %) у герметичних поліетиленових рукавах, в умовах звичайного сховища. Встановлено, що пшениця спельта має високу реакцію на застосування азотних добрив. Вміст білка зростає від 18,6 до 22,8 % у варіанті $P_{60}K_{60} + N_{120}$. Якість зерна пшениці спельти змінювалась залежно від тривалості зберігання. Так, до зберігання вміст клейковини становив 41,1–50,4 % залежно від варіанта удобрення. Найменшим цей показник був у варіанті контроль та за внесення $P_{60}K_{60} - 41,1-41,2$ %. У решті варіантах удобрення вміст клейковини був на рівні 49,1–49,9 %. Найбільшим був у варіанті Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60} - 50,4$ %, або на 9 % більше порівняно з контролем. Зберігання позитивно впливало на вміст клейковини у зерні пшениці спельти, оскільки її вміст істотно збільшувався. Це можна пояснити післязбиральним досяганням зерна, в процесі якого змінюється білково-протеїназний комплекс завдяки окиснювальній дії, зокрема кисню повітря. Так, після зберігання впродовж 30 діб цей показник становив 41,8–52,1 % залежно від варіанта дослідження. Найбільшим він був за внесення $N_{60}S_{70} + N_{60} - 52,1$ %, а найменшим – у варіанті без добрив та за фосфорно-калійного удобрення ($P_{60}K_{60}$) – 41,8–42,3 %. Ці показники перевищували вміст клейковини до зберігання в середньому на 1,2 абс. %. Вміст білка та клейковини утворювальних його фракцій найвищими були після зберігання впродовж 90 діб. Ці показники майже не змінювались після 180–270 діб зберігання. Після 360 діб вони знижувались до показників якості зерна перед його зберіганням. Індекс деформації клейковини зростає до 105–108 од. п. ВДК, або на 4–8 % залежно від удобрення порівняно з свіжим зерном. Вологість клейковини знижувалась після 30 діб зберігання зерна, а потім зростала до 68,0–69,8 % після 360 діб залежно від варіанта дослідження. Кислотність зерна за таких умов також підвищувалась від 3,0 до 4,0–4,1 град.

Ключові слова: пшениця спельта, удобрення, зберігання, білок, клейковина, динаміка, вологість, кислотність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Вирощування видів пшениці, здатних накопичувати високий вміст білка в зерні – один із способів виробництва високоякісного зерна цієї культури. Нині у світі через дефіцит мікроскладових продуктів харчування страждає майже 3 млрд людей, або 40 %

населення планети [1]. Незважаючи на високий вміст крохмалю в зерні, пшениця містить значну кількість біологічно активних речовин (фенольні сполуки, антоціани, каротиноподібні пігменти, флавоноли тощо), які засвоюються організмом людини. Крім цього, ферулова кислота також міститься в зерні пшениці. Відомо,

що зерно пшениці спелти за оптимальних умов вирощування містить такі складові [2, 3]. У зв'язку з цим у світі активізовано збільшення виробництва зерна малопоширених видів пшениці [4].

Пшениця спелта (*Triticum spelta* L.) – гексаплоїдний вид пшениці, є одним із найдавніших видів роду *Triticum*, що культивувався в багатьох цивілізаціях. Крім цього, його було включено у створення багатьох високопродуктивних сортів пшениці м'якої [5, 6]. Варто звернути увагу на врожайність пшениці спелти. Вона дещо нижча (на 20–30 %) порівняно з пшеницею м'якою. Гібридизація *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. дала змогу створити голозерний сорт пшениці спелти з більшою врожайністю зерна [7].

Якість зерна пшениці змінюється залежно від багатьох чинників: елементів агротехнології, перероблення, сорту тощо [8, 9]. Харчова цінність зерна пшениці зазвичай залежить від біохімічного його складу та вмісту білка й амінокислот. Біохімічна складова зерна пшениці впливає на технологічні властивості, які визначають напрям його використання [10, 11]. З цього погляду зерно пшениці спелти досліджено недостатньо.

Пшениця спелта помітно присутня на ринку органічної продукції, саме тому цю культуру вирощують без застосування добрив. Пшениця спелта характеризується високою реакцією на застосування добрив. Здатність до відновлення вертикального положення стебла після вилягання дає змогу вирощувати її за інтенсивної агротехнології [12]. Отже, проведення досліджень щодо оптимізації мінерального живлення пшениці спелти є актуальним.

Одним із способів підвищення якості зерна є застосування добрив, особливо азотних [13]. Однак ефективність удобрення змінюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та елементів агротехнології [14]. Так, у дослідженнях [15] високі технологічні показники зерна забезпечує внесення $N_{30} + N_{30}$ на тлі $P_{60}K_{60}$ з позакореневим підживленням у фазу молочної стиглості карбамідом дозою N_{30} . В інших дослідженнях [12] застосування 90–120 кг/га діючої речовини азотних добрив у підживлення пшениці спелти зменшує натуру зерна з 753 до 718 г/л, однак підвищує його склоподібність. У дослідженнях [13] встановлено, що підживлення пшениці спелти азотними добривами підвищує вміст білка та клейковини у зерні. Водночас у складі білка найбільше зростає частка гліадину порівняно з іншими фракціями. Це зазвичай сприяло формуванню еластичнішого тіста та зниженню об'єму хліба. У досліджен-

нях [114] встановлено, що приріст урожаю був 1,2 т/га за внесення N_{60} напровесні, N_{30} у фазу інтенсивного кущіння і N_{30} під час формування верхівкового листка. Вміст білка за таких умов становив 23 %, вміст клейковини – 46 %. Дослідженнями Г.М. Господаренка і І.Ю. Ткаченка встановлено [16], що застосування азотних добрив роздільно по 25 кг/га д. р. підвищувало масу 1000 зерен з 48,1 до 48,8 г, а вміст білка – з 12,7 до 13,1 %

Зберігання зерна – один із найважливіших етапів, що визначає якість зерна під час перероблення і якість насіння під час висівання [17]. Сучасні технології якісного зберігання зерна передбачають повний комплекс захисту зернової маси загалом і зерна пшениці спелти зокрема, фокусуючись на забезпеченні умов, основні з яких: температура, вологість, термін зберігання. Сукупність внутрішніх біохімічних процесів, що відбуваються у свіжозібраному зерні, називають процесом післязбирального досягання. В середньому цей процес триває 1,5–2 місяці. Суть і загальна спрямованість процесу післязбирального досягання полягає в завершенні формування високомолекулярних біохімічних сполук, утворення яких і характеризує повну фізіологічну стиглість [18].

Зміни у зерні під час зберігання залежать від якості вихідної сировини та умов зберігання [17]. Враховуючи те, що зерно пшениці спелти має значно вищий вміст білка (25 %) і клейковини (50 %), ніж зерно традиційних сортів пшениці м'якої, необхідно для свіжозібраного врожаю створити належні умови зберігання, щоб зернова маса не змінювала якісні показники. Висока вологість, неналежна температура або доступ повітря у зерносховищі провокують поширення мікроорганізмів, що спричинює розвиток хвороб зернової маси.

У результатах досліджень щодо формування якості зерна пшениці залежно від тривалості зберігання існують різні твердження. Так, у дослідженнях науковців [18] вміст клейковини в зерні збільшувався від 21,6 до 30,0–31,5 % за зберігання впродовж 1–6 місяців, а в деяких сортах майже не змінювався. У процесі зберігання зерна пшениці м'якої відбувається зміцнення клейковини, що поліпшує його хлібопекарські властивості. Процес формування якості клейковини у зерні пшениці озимої триває 225–270 діб. Режим зберігання зерна в цей період не має значного впливу на зміну його якості [19]. У дослідженнях В.В. Петренка та ін. [20] режимами і термінами зберігання зерна пшениці озимої не мали істотного впливу на зміну вмісту білка в ньому. Однак вміст клейковини істотно змінювався залежно від тривалості зберігання.

Найвищий її вміст фіксували в перші 3–6 місяців зберігання зерна, незалежно від систем землеробства, за умов охолодження до температури $+6\pm 2$ °C. Пружність клейковини істотно погіршувалася після 9 місяців зберігання, із зниженням її якості з другої групи у третю.

У результаті формування ринкових відносин у галузі зберігання та перероблення зерна виникає гостра необхідність своєчасного отримання зацікавленими учасниками господарської діяльності повноцінної інформації щодо якості і технологічних властивостей конкретних партій зерна, про можливість зберігання його впродовж тривалого часу та перероблення у високоякісні й конкурентоздатні продукти харчування з найменшими економічними витратами на їх виробництво [21].

Огляд літератури свідчить, що вплив удобрення та тривалості зберігання на формування хлібопекарських властивостей зерна пшениці спельти вивчено недостатньо. Крім цього, відсутні рекомендації щодо тривалості зберігання зерна цієї культури залежно від удобрення, що визначає актуальність обраної теми.

Метою дослідження було вивчення питання щодо впливу удобрення та тривалості зберігання на хлібопекарські властивості зерна пшениці спельти сорту Європа.

Матеріал і методи дослідження. Дослідна ділянка розміщувалась у Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції зони Лісостепу з географічними координатами за Гринвічем $48^{\circ} 46'56,47''$ північної широти і $30^{\circ} 14'48,51''$ східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений.

Дослідження проводили у 2014–2015 рр. Загалом кліматичні умови регіону сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур помірного поясу. Погодні умови 2014 р. характеризувались достатньою кількістю опадів. Так, за період квітень–липень випало 292 мм опадів, що на 10 % більше по-

рівняно з середньобагаторічним показником. Однак цей рік характеризувався нижчою температурою повітря та ґрунту після відновлення весняної вегетації. Сума опадів за рік була найменшою у 2015 р., коли випало відповідно 520 мм, що в 1,2 раза менше порівняно з середньобагаторічним показником (633 мм). У цей рік випала значна кількість опадів під час весняно-літньої вегетації – 271 мм, за період з квітня до липня. Отже, погодні умови у роки проведення досліджень були типовими для регіону. Відхилення в окремі періоди вегетації пшениці спельти за кількістю опадів, температурними режимами і відносною вологістю повітря істотно не впливали на загальний її продукційний процес формування якості врожаю.

Ефективність удобрення вивчали в умовах навчально-науково-виробничого відділу, а тривалість зберігання – у лабораторії Оцінки якості зерна та зернопродуктів кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. Вивчали сорт пшениці спельти озимої (безплівковий) Європа, отриманий гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Пшеницю спельту вирощували за системами удобрення, наведеними в таблиці 1. Для удобрення використовували аміачну селітру, сульфат амонію ($N_{60} S_{70}$), суперфосфат гранульований, калій хлористий. Азотні добрива застосовували одноразово напровесні в дозі 120 кг/га д. р. і роздільно – напровесні (N_{60}) та на початку виходу рослин у трубку (N_{60}). Площа дослідної ділянки становила 72 м², облікової – 40 м², повторність досліду триразова, розміщення ділянок послідовне. Попередник – викоовес на зелений корм. Закладання польових дослідів, спостереження і дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик [22].

Зберігали зерно пшениці спельти без доступу повітря за нерегульованого температурного режиму в сухому стані (вологість під час закладання на зберігання 13,0–13,5 %) у герметичних поліетиленових рукавах, в умовах звичайного сховища. У зерні пшениці спельти визначали вміст білка за ДСТУ 4117:2007, вміст клейко-

Таблиця 1 – Схема дослідів

Варіант дослідів	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	+	+	+	+	+	+
$P_{60} + N_{120}$	+	+	+	+	+	+
$K_{60} + N_{120}$	+	+	+	+	+	+
$P_{60}K_{60}$ – фон	+	+	+	+	+	+
Фон + N_{120}	+	+	+	+	+	+
Фон + $N_{60} + N_{60}$	+	+	+	+	+	+
Фон + $N_{60} S_{70} + N_{60}$	+	+	+	+	+	+

вини та її якість – за ДСТУ ISO 21415–1:2009, вміст клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) та вологість клейковини; кислотність – ГОСТ 26971–86.

Залежність між технологічними властивостями зерна пшениці спелти за варіантом удобрення та тривалістю зберігання визначали методом кореляційного (Multiple Regression, Correlation matrices) та дисперсійного (ANOVA) аналізів за допомогою програм Statistica 10 і Microsoft Office 2010. Для оцінювання тісноти зв'язку між показниками, що вивчали, використовували коефіцієнт кореляції: якщо він дорівнює одиниці, то зв'язок повний; 0,66–0,99 – сильний; 0,33–0,66 – середній; якщо коефіцієнт кореляції менший за 0,33 – зв'язок слабкий [22].

Результати дослідження та обговорення. У результаті проведених досліджень встановлено, що вміст білка в зерні пшениці спелти змінювався залежно від варіанта удобрення та тривалості зберігання (табл. 2). Так, до зберігання найменшим цей показник був у варіанті контроль та за внесення $P_{60}K_{60}$ і становив 18,6–18,7 %. У решти варіантів дослідження вміст білка збільшувався за внесення удобрення і становив 22,4–22,9 %, що на 3,8–4,2 % більше порівняно з контролем.

Під час зберігання зерна вміст білка зростає. Так, за зберігання впродовж 30 діб цей показник становив 19,1–24,2 % залежно від удобрення. Найбільшим він був за внесення $N_{a60} + N_{60}$ – 23,7 %, а найменшим – у варіанті без добрив та за внесення $P_{60}K_{60}$. За зберігання впродовж 90 діб вміст білка збільшився до 19,4–24,2 % залежно від варіанта удобрення. Подальше зберігання впродовж 180 і 270 діб зменшувало вміст білка до 19,1–24,0 %. Однак найменший вміст білка було отримано за зберігання зерна пшениці спелти впродовж року, який становив 18,8–23,5 % залежно від варіанта дослідження.

Отже, найвищі показники вмісту білка отримано за зберігання впродовж 90 діб у варіанті Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$.

Динаміку вмісту клейковини у зерні пшениці спелти залежно від тривалості зберігання наведено в таблиці 3. До зберігання вміст клейковини становив 41,1–50,4 % залежно від варіанта удобрення. Найменшим цей показник був у варіанті контроль та за внесення $P_{60}K_{60}$, 41,1–41,2 %. У решти варіантів удобрення вміст клейковини був на рівні 49,1–49,9 %. Найбільшим був у варіантів Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 50,4 %, або на 9 % більше порівняно з контролем.

Таблиця 2 – Динаміка вмісту білка в зерні пшениці спелти залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант дослідження	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	18,6	19,1	19,4	19,3	19,1	18,8
$P_{60} + N_{120}$	22,5	22,7	23,5	23,3	23,3	22,7
$K_{60} + N_{120}$	22,4	23,1	23,6	23,4	23,2	22,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	18,7	19,2	19,6	19,2	19,3	19,0
Фон + N_{120}	22,8	23,3	23,8	23,5	23,4	23,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	22,8	23,4	23,4	23,3	23,2	22,6
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	22,9	23,7	24,2	24,0	24,0	23,5
<i>НІР</i> ₀₅		1,1				

Таблиця 3 – Динаміка вмісту клейковини в зерні пшениці спелти залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант дослідження	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	41,1	41,8	43,0	42,8	42,1	41,3
$P_{60} + N_{120}$	49,2	50,4	51,8	51,6	51,3	50,0
$K_{60} + N_{120}$	49,1	50,6	51,7	51,4	51,0	50,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	41,2	42,3	43,1	42,8	42,5	41,7
Фон + N_{120}	49,9	51,0	52,0	51,8	51,5	50,9
Фон + $N_{60} + N_{60}$	49,7	50,8	51,5	51,2	51,0	49,8
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	50,4	52,1	53,3	53,0	52,8	51,7
<i>НІР</i> ₀₅		2,4				

Зберігання позитивно впливало на вміст клейковини у зерні пшениці спельти, оскільки її вміст істотно збільшувався. Це можна пояснити післязбиральним досяганням зерна, в процесі якого змінюється білково-протеїназний комплекс завдяки окиснювальній дії, зокрема кисню повітря. Так, після зберігання впродовж 30 діб цей показник становив 41,8–52,1 % залежно від варіанта досліджу. Найбільшим він був за внесення $N_{60} S_{70} + N_{60}$ – 52,1 %, а найменшим у варіанті без добрив та за фосфорно-калійного удобрення ($P_{60} K_{60}$) – 41,8–42,3 %. Ці показники перевищували вміст клейковини до зберігання в середньому на 1,2 абс. %.

За зберігання впродовж 90 діб вміст клейковини збільшувався до 43,0–53,3 % залежно від варіанта удобрення. За подальшого зберігання спостерігалось послідовне зниження вмісту клейковини. Так, за зберігання впродовж 180 діб цей показник становив 42,8–53,0 %, 270 – 42,1–52,8, 360 – 41,3–51,7 % залежно від виду, доз і строків застосування азотних добрив.

Результати проведених досліджень довели, що між вмістом білка в зерні пшениці спельти та вмістом клейковини існує тісний кореляційний зв'язок (рис. 1). У результаті отримано рівняння регресії залежностей між вмістом білка та клейковини у зерні пшениці спельти:

$$y = 2,3489x - 3,2863,$$

де y – вміст білка, %;

x – вміст клейковини, %.

Результати регресійного аналізу вказують на дуже високий кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока між вмістом клейковини і білка в зерні пшениці спельти ($R^2 = 0,98$).

Відомо [2, 11], що зерно пшениці спельти має слабку клейковину. У результаті досліджень встановлено, що до зберігання індекс деформації клейковини становив 100–102 од. п. ВДК залежно від варіанта удобрення (табл. 4). Слід відзначити, що після зберігання впродовж 30 діб індекс деформації був 102–104 од. п. ВДК. Збільшення тривалості зберігання до 360 діб

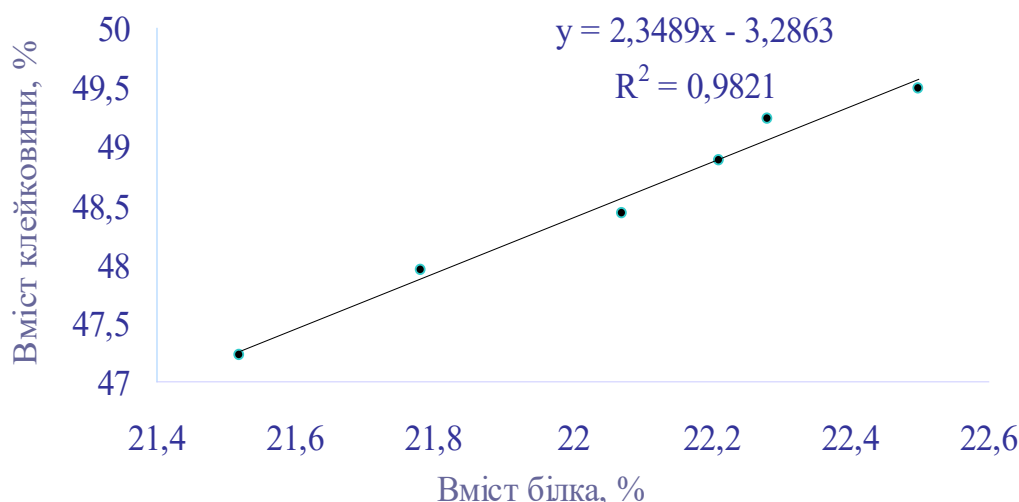


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом білка та клейковини в зерні пшениці спельти.

Таблиця 4 – Динаміка індексу деформації клейковини пшениці спельти залежно від удобрення та тривалості зберігання, од. п. ВДК

Варіант досліджу	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	101	102	102	101	103	105
$P_{60} + N_{120}$	102	103	104	103	106	108
$K_{60} + N_{120}$	101	103	104	104	105	107
$P_{60} K_{60}$ – фон	100	102	102	103	105	108
Фон + N_{120}	100	103	104	103	106	108
Фон + $N_{60} + N_{60}$	101	104	104	102	105	107
Фон + $N_{60} S_{70} + N_{60}$	100	102	103	101	104	106
HIP_{05}	5					

достовірно ($НІР_{05}=5$) підвищувало цей показник до 105–108 од. п. ВДК, що відповідало III групі якості клейковини (незадовільно слабка).

Встановлено, що кращими фізичними властивостями упродовж усього періоду зберігання характеризувалось борошно із зерна, вирощеного за промислової системи землеробства [20]. Це підтверджує, що застосування азотних добрив за вирощування пшениці спелити значно поліпшує якість зерна. Слід відзначити, що кращі показники якості зерна пшениці спелити зберігались упродовж усього періоду зберігання. Підвищення хлібопекарських властивостей зерна спостерігали упродовж перших 30–90 діб зберігання. Істотне погіршення відмічали за зберігання зерна через 360 діб за всіх варіантів дослідів. Подібну тенденцію встановлено в дослідженнях інших вчених [20, 21].

Динаміка вмісту клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) у зерні пшениці спелити змінювалась залежно від тривалості зберігання (табл. 5). Встановлено, що до зберігання вміст клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) становив 15,5–20,5 % залежно від варіанта удобрення. Найменшим цей показник був у варіантах без добрив (контроль) та за внесення $P_{60}K_{60}$ і становив 15,5 %,

найбільшим – Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 20,5 %. У решти варіантах вміст клейковиноутворювальних білків становив 19,6–20,2 %. Така тенденція зберігалась і впродовж наступного періоду зберігання. Однак за зберігання впродовж 30 діб вміст клейковиноутворювальних білків збільшився в середньому на 1,8 абс. % порівняно з показниками до зберігання.

Подальше зберігання зумовлювало зменшення вмісту клейковиноутворювальних білків. Так, за зберігання впродовж 90 діб цей показник становив 15,3–19,3 % залежно від удобрення; 180 – 14,6–18,3; 270 – 13,8–17,0; 360 – 13,2–15,6 %. Незалежно від тривалості зберігання підвищенню вмісту клейковиноутворювальних білків сприяло застосування азотних добрив.

У результаті проведених досліджень встановлено, що на вологість клейковини істотний вплив мала тривалість зберігання, тимчасом варіант удобрення впливав не істотно (табл. 6). Так, до зберігання цей показник становив 59,3–62,3 % і найбільшим був у варіантах без добрив і фосфорно-калійному живленні. Під час зберігання впродовж 30 діб вологість клейковини зменшувалась на 2,8 абс. %. Так, найбільшим цей показник був у варіантах без добрив (контроль) і за внесення $P_{60}K_{60}$ – 58,5–58,8 %,

Таблиця 5 – Динаміка вмісту клейковиноутворювальних білків (гліадин + глютенін) у зерні пшениці спелити залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант дослідів	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	15,5	17,3	15,3	14,6	13,8	13,2
$P_{60} + N_{120}$	19,7	21,4	18,8	17,8	16,5	15,1
$K_{60} + N_{120}$	19,6	21,5	18,7	17,7	16,4	15,2
$P_{60}K_{60}$ – фон	15,5	17,4	15,3	14,6	13,9	13,3
Фон + N_{120}	20,0	21,7	18,8	17,9	16,6	15,4
Фон + $N_{60} + N_{60}$	20,2	21,8	18,6	17,7	16,4	15,0
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	20,5	22,4	19,3	18,3	17,0	15,6
$НІР_{05}$		0,9				

Таблиця 6 – Динаміка вологості клейковини у зерні пшениці спелити залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант дослідів	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	62,3	58,5	64,5	66,0	67,3	68,0
$P_{60} + N_{120}$	60,0	57,5	63,8	65,5	67,8	69,8
$K_{60} + N_{120}$	60,0	57,5	63,8	65,5	67,8	69,8
$P_{60}K_{60}$ – фон	62,3	58,8	64,5	66,0	67,3	68,0
Фон + N_{120}	60,0	57,5	63,8	65,5	67,8	69,8
Фон + $N_{60} + N_{60}$	59,3	57,0	63,8	65,5	67,8	69,8
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	59,3	57,0	63,8	65,5	67,8	69,8
$НІР_{05}$		3,2				

а найменшим – у варіантах з роздрібним застосуванням азотних добрив – 57,0 %. Під час зберігання впродовж 90 діб вологість клейковини збільшувалась і становила 63,8–64,5 %, 180 – 65,5–66,0; 270 – 67,3–67,8; 360 – 68,0–69,8 % залежно від варіанта досліджу.

Встановлено, що кислотність зерна пшениці спелти змінювалась залежно від варіанта удобрення та тривалості зберігання (табл. 7). Так, до зберігання цей показник становив 3,0 град і не залежав від варіанта досліджу. За зберігання впродовж 30–90 діб кислотність збільшувалась і становила 3,4–3,6 град залежно від варіанта удобрення. Подальше зберігання також

них добрив. Вміст білка зростає від 18,6 до 22,8 % у варіанті $P_{60}K_{60} + N_{120}$. За таких умов вміст клейковини зростає від 41,1 до 49,9 %. Індекс деформації клейковини майже не змінюється (101–102 од. п. ВДК). Група якості клейковини незадовільно слабка. Вміст клейковиноутворювальних білків зростає на 29 % порівняно з ділянками, де добрив не застосовували. Кислотність зерна за таких умов не змінюється від удобрення. Роздрібне застосування азотних добрив забезпечує вищі показники якості зерна, особливо за внесення $P_{60}K_{60} + N_{60}S_{70} + N_{60}$ – унаслідок кращого забезпечення рослин азотом і сіркою.

Таблиця 7 – Динаміка кислотності зерна пшениці спелти залежно від удобрення та тривалості зберігання, %

Варіант досліджу	До зберігання	Тривалість зберігання, діб				
		30	90	180	270	360
Без добрив (контроль)	3,0	3,4	3,4	3,6	3,8	4,0
$P_{60} + N_{120}$	3,0	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1
$K_{60} + N_{120}$	3,0	3,6	3,6	3,7	3,9	4,1
$P_{60}K_{60}$ – фон	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	4,0
Фон + N_{120}	3,0	3,6	3,6	3,7	3,8	4,1
Фон + $N_{60} + N_{60}$	3,0	3,4	3,4	3,7	3,8	4,0
Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$	3,0	3,4	3,4	3,7	3,8	4,0
HIP_{03}		0,2				

підвищувало цей показник. Так, за зберігання 180 діб кислотність становила 3,6–3,7 град, 270 – 3,7–3,9; 360 – 4,0–4,1 град. Слід відзначити, що варіант удобрення мав неістотний вплив на цей показник. Це можна пояснити тим, що в процесі зберігання підвищується титрована та активна кислотність зерна, що зумовлена розщепленням жиру з утворенням вільних жирних кислот і розпадом фосфорганічних сполук з утворенням кислих фосфатів [23].

Відомо [8, 23], що титрована кислотність під час зберігання зерна зростає. Вважається, що вона зростає з подовженням терміну зберігання. За кислотності понад 4 град хлібопекарські якості зерна та смак отриманих з нього виробів різко погіршуються. Ці дані співпадають з дослідженнями. Отримані результати дослідження підтверджуються іншими вченими [24]. Початкові значення титрованої кислотності борошна із зерна пшениці озимої, вирощеного за різних систем землеробства, різнилися між собою неістотно (в середньому на 0,1–0,2 град). У зразках, що зберігали у звичайних нерегульованих температурних умовах упродовж календарного року, цей показник істотно збільшувався на 0,8–1,0 град.

Висновки. Встановлено, що пшениця спелта має високу реакцію на застосування азот-

Якість зерна пшениці спелти змінюється залежно від тривалості зберігання. Так, вміст білка, клейковини і клейковиноутворювальних його фракцій найвищий після зберігання впродовж 90 діб. Ці показники майже не змінювались після 180–270 діб зберігання. Після 360 діб вони знижуються до показників якості зерна перед його зберіганням. Індекс деформації клейковини зростає до 105–108 од. п. ВДК, або на 4–8 % залежно від удобрення порівняно зі свіжим зерном. Вологість клейковини знижується після 30 діб зберігання зерна, а потім зростає до 68,0–69,8 % після 360 діб залежно від варіанта досліджу. Кислотність зерна за таких умов також підвищується від 3,0 до 4,0–4,1 град.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Weed infestation of crops of winter spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivars grown under different conditions of mineral fertilization and chemical plant protection / Andruszczak S. et al. Acta Agrobotanica. 2012. Vol. 65 (3). P. 109–118.
2. Любич В.В. Кондитерські властивості зерна пшениці спелти залежно від походження сорту та лінії. 36. наук. пр. Уманського НУС. 2017. Вип. 91. С. 46–54.
3. Ходаницкий В., Ходаницкая О. Полба и спельта: новые перспективы выращивания. Пропозиция. 2017. № 3. С. 84–88.

4. Cacak-Pietrzak G., Gondek E., Jończyk Kr. Porównanie struktury wewnętrznej oraz właściwości przemiałowych ziarna orkisz i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 2013. № 574. P. 3–10.

5. Нінієва А.К. Генетичне різноманіття спельти озимої за господарськими ознаками в умовах східної частини Лісостепу України. Селекція і насінництво. 2012. Вип. 101. С. 156–167.

6. Твердохліб О.В. Спельта і полба в органічному землеробстві. Посібник українського хлібороба. 2013. С. 154–155.

7. Любич В.В., Полянецька І.О. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу його лушчення та водно-теплової обробки. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2015. № 2. Р. 34–39.

8. Stankevych G., Kats A., Vasyliiev S. Investigation of hygroscopic properties of the spelt grain. Technology audit and production reserves. 2018. № 5/3(43). P. 37–41.

9. Любич В.В. Біологічна цінність білка пшениці спельти залежно від походження сорту та лінії. Зб. наук. пр. Уманського НУС. 2016. Вип. 89. С. 199–206.

10. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / Escarnot E. et al. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 2012. Vol. 16 (2). P. 243–256.

11. Liubych V., Zheliezna V. Effect of water-heat treatment on spelt grain flour quality. Grain Products and Mixed Fodder's. 2020. Vol. 20. P. 19–25.

12. Хлібопекарські властивості зерна спельти залежно від удобрення / Господаренко Г.М. та ін. Вісник Уманського НУС. 2015. № 1. С. 11–16.

13. Petrenko V. Influence of agriculture systems on the technological properties of winter wheat grain and flour during long term storage. Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2012. Vol. 12. P. 30–32.

14. Вожегова Р.А., Димов О.М. Застосування добрив як запорука збереження родючості ґрунтів і стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва. Таврійський науковий вісник. 2016. Вип. 96. С. 21–30.

15. Господаренко Г., Ткаченко І. Якість пшениці спельти залежно від особливостей удобрення азотними добривами. Вісник Львівського НАУ. 2014. № 18. С. 68–75.

16. Господаренко Г.Н., Ткаченко І.Ю. Формирование продуктивности пшеницы спельты в зависимости от удобрення на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом. Почвоведение и агрохимия. 2014. № 1(52). С. 226–235.

17. Закладной Г.А. Зерно: не только произвести, но и сохранить. Защита и карантин растений. 2015. № 10. С. 37–40.

18. Гулько С.М. Зміна якості зерна пшениці озимої та виготовленого з нього борошна за тривалого зберігання. Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. Вип. 162. С. 213–217.

19. Ялпачик В.Ф., Верхоланцева В.О. Исследование влияния условий хранения на изменения клейковины пшеницы. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2014. Вип. 14. С. 128–131.

20. Petrenko V., Tanchik S.P., Podpryatov H.I. Processing on alcohol of wheat grain deprived of bakery properties due to agricultural systems. Annals of agrarian science. 2013. Vol. 11(3). P. 86–90.

21. Petrenko V. Influence of storage conditions on germination on winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in relation to agriculture systems. Zemes Ukio Mokslai. 2014. Vol. 21(3). P. 173–180.

22. Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В.О. та ін. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К». 2014. 332 с.

23. Подпряттов Г.І., Ящук Н.О., Петренко В.В. Зміна технологічних властивостей зерна пшениці озимої, вирощеного за різних умов, у процесі тривалого зберігання. Науковий вісник НУБіП України. 2011. № 162. С. 299–307.

24. Петренко В.В. Динаміка вмісту та якості клейковини у пшеничному борошні за різних умов та термінів зберігання. Збірник наукових праць ІБКЦБ. 2012. № 1 (14). С. 315–319.

REFERENCES

1. Andruszczak, S., Kraska, P., Kwiecińska-Poppe, E. (2012). Weed infestation of crops of winter spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivars grown under different conditions of mineral fertilization and chemical plant protection. Acta Agrobotanica. Vol. 65 (3), pp. 109–118.

2. Liubich, V.V. (2017). Confectionery properties of spelt wheat grain depending on the origin of the variety and strain [Confectionery properties of spelled wheat grain depending on the origin of the variety and line]. Zbirnyk naukovykh prats Umanssoho NUS [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 91, pp. 46–54.

3. Khodanytskyi, V., Khodanytskaia, O. (2017). Polba y spelta: novie perspektyvi virashchivanyia [Polba and spelled: new prospects for cultivation]. Propozytsiia [Proposal], no. 3, pp. 84–88.

4. Cacak-Pietrzak, G., Gondek, E., Jończyk, Kr. (2013). Porównanie struktury wewnętrznej oraz właściwości przemiałowych ziarna orkisz i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. no. 574, pp. 3–10.

5. Niniieva, A.K. (2012). Henetychnie riznomanittia spelly ozymoi za hospodarskymy oznakamy v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Genetic diversity of winter spelled by economic characteristics in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. Seleksiia i nasinnystvo [Breeding and seed production]. no. 101, pp. 156–167.

6. Tverdokhlib, O.V. (2013). Spelta i polba v orhanichnomu zemlerobstvi [Spelta and spelled in organic farming]. Posibnyk ukrainskoho khliboroba [Handbook of Ukrainian farmers], pp. 154–155.

7. Liubych, V.V., Polyanetska, I.O. (2015). Jakist' ciloi' krupy iz zerna spel'ty zalezchno vid indeksu jogo lushhinnja ta vodno-teplovoi' obrobky [Quality of cereals grain of spelt wheat depending on the index its unhusking and water-heat processing]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman NUH], no. 1, pp. 34–39.

8. Stankevych, G., Kats, A., Vasyliiev, S. (2018). Investigation of hygroscopic properties of the spelt grain. Technology audit and production reserves. no. 43, pp. 37–41.

9. Liubich, V.V. (2016). Biologichna cinnist' bilka pshenyci spel'ty zalezchno vid pohodzhennja sortu ta lini'i' [Biological value of spelt wheat protein depending on the origin of the variety and strain]. Zb. nauk. pr. Umanskoho NUS [Collection of scientific works of Uman NUS], no. 89, pp. 199–206.

10. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. Vol. 16, pp. 243–256.
11. Liubych, V., Zheliezna, V. (2020). Effect of water-heat treatment on spelt grain flour quality. *Grain Products and Mixed Fodder's*. no. 20, pp. 19–25.
12. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., Polianetska, I.O., Voziiian, V.V. (2015). Khlіbopekarski vlastyivosti zerna spelti zalezno vid udobrennia [Baking properties of spelled grain depending on fertilizer]. *Visnyk Umanskoho NUS [Bulletin of Uman NUS]*, no. 1, pp. 11–16.
13. Petrenko, V. (2012). Influence of agriculture systems on the technological properties of winter wheat grain and flour during long term storage. *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. no. 12, pp. 30–32.
14. Vozhehova, R.A., Dymov, O.M. (2016). Zastosuvannia dobryv iak zaporuka zberezhenia rodichosti gruntiv i stiikoho rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva [The use of fertilizers as a guarantee of preserving soil fertility and sustainable development of agricultural production]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk [Tavriya Scientific Bulletin]*, no. 96, pp. 21–30.
15. Hospodarenko, H., Tkachenko, I. (2014). Iakist pshenytsi spelti zalezno vid osoblyvosti udobrennia azotnyimi dobryvamy [The quality of spelled wheat depending on the characteristics of nitrogen fertilizers]. *Visnyk Lvivskoho NAU [Bulletin of the Lviv NAU]*, no. 18, pp. 68–75.
16. Hospodarenko, H.N., Tkachenko, Y.IU. (2014). Formyrovanyie produktyvnosti pshenytsi spelti v zavysymosti ot udobrennia na chernozeme opodzolennom tiazheleosuhlynystom [Formation of productivity of spelled wheat depending on fertilizer on chernozem podzolic heavy loam]. *Pochvovedenye y ahrokhymia [Soil science and agrochemistry]*, no. 1, pp. 226–235.
17. Zakladnoi, H.A. (2015). Zerno: ne tolko proyzvesty, no y sokhranyt [Grain storage and factors of its durability]. *Zashchyta y karantyn rastenyi [Storage and processing of grain]*, no. 10, pp. 37–40.
18. Hunko, S.M. (2011). Zmina iakosti zerna pshenytsi ozymoi ta vyhotovlenoho z noho boroshna za tryvaloho zberihannia [Changing the quality of winter wheat grain and flour made from it during long-term storage]. *Naukovyi visnyk natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]*, no. 162, pp. 213–217.
19. Ialpachyk, V.F., Verkholtantseva, V.O. (2014). Yssledovanyie vliyaniya uslovyi khraneniya na yzmeneniya kleikovyny shenytsi [Investigation of the influence of storage conditions on changes in wheat gluten]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu [Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University]*, no. 14, pp. 128–131.
20. Petrenko, V., Tanchik S.P., Podpriyatov, H.I. (2013). Processing on alcohol of wheat grain deprived of bakery properties due to agricultural systems. *Annals of agrarian science*. no. 11(3), pp. 86–90.
21. Petrenko, V. (2014). Influence of storage conditions on germination on winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in relation to agriculture systems. *Zemes Ukio Mokslai*. no. 21(3), pp. 173–180.
22. Ieshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]*. Vinnytsia, Edelveis i K, 332 p.
23. Podpriyatov, H.I., Iashchuk, N.O., Petrenko, V.V. (2011). Zmina tekhnolohichnykh vlastyvosti zerna pshenytsi ozymoi, vyroshchenoho za riznykh umov, u protsesi tryvaloho zberihannia [Change of technological properties of winter wheat grain grown under different conditions in the process of long-term storage]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy [Scientific herald of the NULES of Ukraine]*, no. 162, pp. 299–307.
24. Petrenko, V.V. (2012). Dynamika vmistu ta iakosti kleikovyny u pshenychnomu boroshni za riznykh umov ta terminiv zberihannia [Dynamics of gluten content and quality in wheat flour under different conditions and terms of storage]. *Nauk. praci ĭnst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]*, no. 1, pp. 315–319.

Хлебопекарные свойства зерна пшеницы спельты в зависимости от удобрения и продолжительности хранения

Любыч В.В., Железная В.В.

В статье приведены результаты исследования хлебопекарных свойств зерна пшеницы спельты в зависимости от удобрения и продолжительности хранения. Изучали сорт пшеницы спельты озимой (голозерный) Европа, полученный гибридизацией *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Для удобрения использовали аммиачную селитру, сульфат аммония, суперфосфат гранулированный, калий хлористый. Хранили зерно пшеницы спельты на протяжении года без доступа воздуха при нерегулированном температурном режиме в сухом состоянии (влажность при закладке на хранение 13,0–13,5 %) в герметических полиэтиленовых рукавах, в условиях обычного хранилища. Установлено, что пшеница спельта имеет высокую реакцию на применение азотных удобрений. Содержание белка увеличивалось от 18,6 до 22,8 % в варианте $P_{60}K_{60} + N_{120}$. Качество зерна пшеницы спельты изменялось в зависимости от продолжительности хранения. Так, перед хранением содержание клейковины составляло 41,1–50,4 % в зависимости от варианта удобрения. Наименьшим этот показатель был в варианте контроль и при внесении $P_{60}K_{60}$ – 41,1–41,2 %. В остальных вариантах удобрения содержание клейковины было на уровне 49,1–49,9 %. Наибольшим этот показатель был в варианте Фон + $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 50,4 %, или на 9 % больше по сравнению с контролем. Хранение положительно влияло на содержание клейковины в зерне пшеницы спельты, поскольку ее содержание существенно увеличивалось. Это можно объяснить послеуборочным созревaniem зерна, в процессе которого изменяется белково-протеиназный комплекс за счет окислительного действия, в частности кислорода воздуха. Так, после хранения на протяжении 30 суток этот показатель составлял 41,8–52,1 % в зависимости от варианта опыта. Наибольшим он был при внесении $N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 52,1 %, а наименьшим – в варианте без удобрений и при фосфорно-калийном удобрении ($P_{60}K_{60}$) – 41,8–42,3 %. Эти показатели превышали содержание клейковины перед хранением в среднем на 1,2 абс. %. Содержание белка и клейковинообразующих его фракций были наибольшими

ми после хранения в течение 90 суток. Эти показатели почти не изменялись после 180–270 суток хранения. После 360 суток они снижались к показателям качества зерна перед его хранением. Индекс деформации клейковины увеличивался до 105–108 ед. п. ИДК, или на 4–8 % в зависимости от удобрения по сравнению со свежим зерном. Влажность клейковины снижалась после 30 суток хранения зерна, а затем возрастала до 68,0–69,8 % после 360 суток в зависимости от варианта опыта. Кислотность зерна при этом также повышалась от 3,0 до 4,0–4,1 град.

Ключевые слова: пшеница спельта, удобрения, хранение, белок, клейковина, динамика, влажность, кислотность.

Bakery properties of spelt wheat grain depending on fertilization and storage period

Liubych V., Zheliezna V.

The article presents the study results of spelt wheat grain baking properties depending on fertilization and storage period. Europe (huskless) winter spelt wheat variety obtained by hybridization of *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. was studied. For fertilization, ammonium nitrate, ammonium sulfate, granular superphosphate, potassium chloride were used. Spelt wheat grain was stored for a year without air access at an unregulated temperature regime dry (moisture content during storage – 13.0–13.5 %) in airtight polyethylene sleeves in the conditions of usual storage. It was found that spelt wheat has a high response to the application of nitrogen fertilizers. The protein content increased from 18.6 to 22.8 % in $P_{60}K_{60} + N_{120}$ variant. The spelt wheat grain

quality varied depending on the storage period. Thus, before storage, the gluten content was 41.1–50.4 % depending on the fertilizer variant. The lowest indicator was in the control variant and for $P_{60}K_{60}$ introduction – 41.1–41.2 %. In other fertilizer variants, the gluten content was at the level of 49.1–49.9 %. The largest was in $P_{60}K_{60} + N_{60}S_{70} + N_{60}$ – 50.4 % variant or 9 % compared to the control. Storage had a positive effect on the gluten content in spelt wheat grain as its content increased significantly. It can be explained by the post-harvest grain ripening, in the process of which the protein-proteinase complex changes due to the oxidizing action, oxygen, in particular. Thus, after storage for 30 days, this indicator was 41.8–52.1 % depending on the experiment variant. It was the largest when $N_{60}S_{70} + N_{60}$ was applied – 52.1 %, and the smallest in the variant with no fertilizers and with phosphorus-potassium ($P_{60}K_{60}$) fertilizer – 41.8–42.3 %. These indicators exceeded the gluten content before storage by an average of 1.2 abs. %. The content of protein and gluten-forming fractions is the highest after storage for 90 days. These indicators almost did not change after 180–270 days of storage. After 360 days they decreased to the grain quality indicators before storage. The gluten deformation index increased to 105–108 units of GSI instrument or by 4–8 % depending on the fertilization compared to fresh grain. Gluten moisture content decreased after 30 days of grain storage, and then increased to 68.0–69.8 % after 360 days, depending on the experiment variant. The grain acidity also increased from 3.0 to 4.0–4.1 degrees.

Key words: spelt wheat, fertilization, storage, protein, gluten, dynamics, moisture content, acidity.



Copyright: Любич В.В., Железна В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Любич В.В.
Железна В.В.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>
<https://orcid.org/0000-0002-1874-2155>