

УДК 57.08:633.112

БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ (*TRITICUM DICOCCUM* (SCHRANK) SCHUEBL) ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ

Осокіна Н.М., Любич В.В. , Новіков В.В., Лещенко І.А.

Уманський національний університет садівництва

 E-mail: Kondorkomik@gmail.com

Осокіна Н.М., Любич В.В., Новіков В.В., Лещенко І.А. Біохімічний склад зерна пшениці полби (*Triticum Dicoctum* (Schrunk) Schuebl) залежно від генотипу. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 1. С. 111–119.

Osokina N.M., Liubych V.V., Novikov V.V., Leshchenko I.A. Biokhimichnyi sklad zerna pshenytsi polby (*Triticum Dicoctum* (Schrunk) Schuebl) zalezhno vid henotypu. Zbirnyk naukovykh prac' "Agrobiologija", 2020. no. 1, pp. 111-119.

Рукопис отримано: 18.03.2020 р.
Прийнято: 02.04.2020 р.
Затверджено до друку: 25.05.2020 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119

У статті наведено результати вивчення біохімічного складу зерна – вміст білка, крохмалю, золи, хімічних елементів у зерні пшениці (полба, м'яка). Крім того, визначено показник седиментації за методом Зелені та частку хімічних елементів у золі зерна. Відомо, що зерно різних сортів пшениці різниться за розмірами і вмістом анатомічних складників, що впливає на його біохімічний склад. Вміст білка в зерні сучасних сортів пшениці змінюється в широкому діапазоні. Полба має високу цінність як сировина для одержання продуктів дієтичного харчування. У зерні пшениці полби біохімічні складники недостатньо вивчені, особливо нових сортів. Отже, дослідження біохімічного складу зерна нових сортів і ліній пшениці полби є актуальними.

Метою дослідження було вивчення питання біохімічних складників зерна пшениці полби залежно від генотипу. Для якісного оцінювання врожаю виконували завдання дослідження – визначали вміст білка, крохмалю, число падання, вміст золи, вміст мікроелементів, показник седиментації за методом Зелені. Дослідження проводили упродовж 2017–2019 рр. з сортом пшениці полби Голіковська та лінією LP 1152, вирощених в умовах Правобережного Лісостепу.

Встановлено, що біохімічний склад зерна пшениці (полба, м'яка) істотно залежить від сортових особливостей, агротехнічних і погодних умов. Найвищий вміст білка і показник седиментації за методом Зелені мала лінія пшениці полби LP 1152 – відповідно 16,2 % і 53,9 см³. У сорту полби Голіковська ці показники були на рівні пшениці м'якої сорту Епоха одеська – відповідно 13,8 % і 45,8 см³. Вміст білка істотно змінювався за роками досліджень. У зерні лінії пшениці полби – від 15,2 до 17,3 %, а в зерні сорту Голіковська – від 11,7 до 15,3 %. Встановлено сильний кореляційний зв'язок між вмістом білка в зерні та показником седиментації за методом Зелені. Вміст крохмалю змінювався від 48,5 до 69,1 % у зерні сорту Голіковська та від 50,0 до 61,7 % – у зерні лінії LP 1152. Упродовж усіх років дослідження активність альфа-амілази сортів пшениці була низькою. В середньому вміст золи у зерні пшениці полби сорту Голіковська становив 1,88–1,92 %, лінії LP 1152 – 1,95 %, або на 19–22 % вище порівняно з сортами-стандартами Епоха одеська та Акратос. Зерно пшениці полби має істотно вищий вміст фосфору, калію, сірки, магнію, кальцію, заліза, цинку та міді.

Ключові слова: пшениця, полба, сорт, біохімічний склад, білок, крохмаль, хімічні елементи, седиментація.

Постановка проблеми. Велике значення мають відомості про вміст біохімічних складників у зерні, оскільки з погляду на них визначається напрям його використання: борошномельний, круп'яний, макаронний та можливість застосування в дієтичному харчуванні.

Найважливішою речовиною, що входить до складу живої клітини є білок. Протеїн, або білок (грец. *protos* – перший, основний) – високомолекулярна органічна речовина з елементарним складом, що розпадається під час гідролізу до амінокислот. У зерні білкові речовини містять-

ся в меншій кількості, ніж вуглеводи, однак у будові живої матерії та здійсненні процесів життєдіяльності вони мають основне значення. Майже всі реакції в організмі відбуваються за участю білкових речовин [1].

Приблизно дві третини маси зернівки пшениці становлять вуглеводи, представлені переважно крохмалем. Основна функція крохмалю в рослинах поживна (запасна). Для людини він є енергетичним матеріалом. Мінеральні елементи становлять лише 2–5 % від маси зерна, однак вони є цінними поживними речовинами, що необхідні для людського організму. Якісний склад і вміст мінеральних елементів у зерні змінюється залежно від особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури [2].

Аналіз останніх досліджень. На території України пшеницю полбу вирощували в епоху Буго-Дністровської та Трипільської культур у 5–6 тис. до н.е. [1]. Нині пшениця полба є однією із важливих зернових культур в Ефіопії, гірських районах Східної Європи, Албанії, Австрії, Греції, Італії, Іспанії [2], Румунії [3], а також обмежено культивується у Вірменії, Індії, Італії, на Закавказзі [4].

У багатьох країнах Європи переважає інтерес до пшениці спелти порівняно з іншими плівковими пшеницями через більшу врожайність. Однак у зерні пшениці полби, поряд з високим вмістом білка, міститься значна кількість резистентного крохмалю, клітковини, каротиноподібних пігментів й антиоксидантів [5, 6].

Харчова цінність зерна визначається особливостями біохімічного складу: вмістом вуглеводів, білків, ліпідів, мінеральних елементів і вітамінів [7, 8]. Білки зернових становлять приблизно третину споживаного людиною протеїну. За каталогом ВІР вміст білка в зерні пшениці полби – від 9 до 27 % [9], в інших працях [8–11] цей показник становить 11,2–22,7 %. Вміст білка є ключовим чинником у визначенні біологічної цінності продукту. Вміст водорозчинних фракцій білка пшениці полби може сягати 60 % від його загальної кількості в зерні [3, 12–14]. Білкові компоненти у клейковині пшениці полби містять менше алергенних елементів, ніж пшениця м'яка й спелта, що дає можливість використовувати її зерно для здорового харчування. Однак її не рекомендовано вживати хворим на целіакію [3, 15].

Вуглеводи забезпечують 40–75 % загального споживання енергії та є найважливішим джерелом енергії в раціоні людини. Пшениця полба, як і решта злакових культур, багата крохмалем – 52,7–68,0 % [3, 12, 16], який є джере-

лом енергії, виконує структуроутворювальну функцію у готових виробах. Вміст клітковини у зерні становить 2,0–5,3 % [12].

В ендоспермі пшениці крохмаль присутній у вигляді внутрішньоклітинних гранул різних розмірів і форм, залежно від виду зернової культури. Розміри і співвідношення різних фракцій крохмальних зерен, зв'язок з білками визначають технологічні властивості – бубнявність, тривалість варіння, розварюваність.

У пшениці м'якій і пшениці полби крохмальні зерна в ендоспермі зернівки занурені (обгорнуті) в білкову матрицю. Більшою крохмально-білковою адгезією характеризується зерно пшениці полби із склоподібним ендоспермом, порівняно з борошністим [16, 17]. Відомо, що в ендоспермі зерна пшениці полби переважають крупні крохмальні гранули (А-тип), а в пшениці м'якій – малі (В-тип). Встановлено [11], що в пшениці полби є розчинні вуглеводи – мікополісахариди, які сприяють зміцненню імунної системи організму людини. Зі збільшенням кількості білка в зернах пшениці полби зменшується загальна частка вуглеводів, зокрема числі крохмалю та харчових волокон.

Температура початку клейстеризації крохмалю полби вища на 3 °C [3], ніж у крохмалю пшениці м'якої. Це вказує на вищий вміст амілопектину в ньому, ніж амілози, яка завдяки меншій молекулярній масі гідролізується швидше та досягає меншої в'язкості крохмального клейстера. Однак вірогіднішим поясненням є низька здатність до розчинення на початковій стадії нагрівання гранул А-типу через більшу кількість амілози в них. Це сприяє повільнішому розщепленню в організмі людини, тому пшеницю полбу рекомендується вживати людям з порушеннями вуглеводного обміну.

Плівкові пшениці різняться від пшениці м'якої за вмістом мікроелементів. Однак, незважаючи на більшу кількість мікроелементів, плівкові пшениці мають менший ступінь їх засвоєння, внаслідок більшого дисбалансу мінеральних речовин (кальцію, фосфору і магнію) [3]. Вміст золи у зерні пшениці полби знаходиться в межах 1,1–2,5 % [3, 16], що корелює з високим вмістом макро- і мікроелементів. Зерно пшениці полби містить більше селену, заліза, мангану, цинку і міді порівняно з пшеницею м'якою [3, 18].

Збільшення виробництва зерна пшениці полби з великим спектром унікальних характеристик та якостей дасть змогу розширити асортимент традиційних і нових корисних продуктів харчування. Впровадження пшениці полби відкриє нові резерви розвитку галузі виробництва високоякісного зерна для подолання

дефіциту білка. Отже, дослідження біохімічного складу зерна нових сортів і ліній пшениці полби є актуальними.

Метою дослідження було визначення біохімічних складників зерна пшениці полби залежно від генотипу.

Матеріал і методи дослідження. Експериментальну частину роботи проводили упродовж 2017–2019 рр. в лабораторії «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва.

Агротехнологія пшениці полби була загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України. У досліді вирощували пшеницю полбу сорту Голіковська (яра), яку в 2017 р. вирощували після кукурудзи, а в 2018–2019 рр. – після сої. Пшеницю полбу лінії LP1152 (озима) – після чистого пару. За стандарт взято два районовані озимі сорти пшениці м'якої – Епоха одеська і Акратос. Для якісного оцінювання врожаю в зерні пшениці визначали вміст білка і крохмалю за ДСТУ 4117:2007 (визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії) [19], число падання – за ДСТУ ISO 3093:2009 [20], вміст золи – за ДСТУ 27494:2019 [21], вміст мікроелементів – методом атомно-абсорбційної спектрометрії за ГОСТ 30178–96, показник седиментації за методом Зелені – за ДСТУ ISO 5529:2014 [22].

Математичну обробку експериментальних матеріалів здійснювали методом дисперсійного аналізу, використовуючи пакет стандартних програм «Microsoft Excel 10» та «STATISTICA». Щільність зв'язку між показниками оцінювали коефіцієнтом кореляції за шкалою R. E. Chaddock [23]: 0,1–0,3 – незначний зв'язок; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – істотний; 0,7–0,9 – високий; 0,9–0,99 – дуже високий; 1,00 – функціональний.

Результати дослідження та їх обговорення. Відомо, що для пшениці дуже високим вважається вміст білка > 18 %, високим – у межах 16–18, середнім – 14–16, низьким – 12–14 і дуже низьким – < 12 %.

У досліджуваних видів пшениці вміст білка змінювався від 12,2 до 16,2 % залежно від генотипу (табл. 1). Найвищий його вміст (16,2 %) формували рослини лінії пшениці полби LP 1152, що

відповідно на 16 і 33 % вище сортів-стандартів Епоха одеська та Акратос. Зерно пшениці полби сорту Голіковська перевищувало цей показник лише сорт-стандарт Акратос (на 13 %).

Вміст білка в зерні пшениці змінювався залежно від погодних умов року дослідження. Сприятливі погодні умови під час достигання зерна пшениці були у 2017 р., оскільки температура повітря відповідала оптимальній (22–25 °C), крім цього, випало лише 41,0 мм опадів, що на 46 пункти менше середньобаторічного показника. Однак вирощування пшениці полби сорту Голіковська після гіршого попередника сприяло формуванню найнижчого вмісту білка – 11,7 %. Погодні умови 2018 р. сприяли формуванню високої вегетативної маси, що зумовило вилягання рослин пшениці полби лінії LP1152. Крім цього, випало 82,4 мм опадів, а в 2019 р. – 69,8 мм. Вміст білка в зерні пшениці м'якої сорту Акратос був найнижчим у 2017 р. внаслідок низької реутилізації азоту з вегетативної маси. Формування більшої вегетативної маси у 2018–2019 рр. сприяло формуванню вищого вмісту білка.

Вміст білка в зерні лінії пшениці полби LP 1152 був від середнього (15,2 %) до високого (17,3 %), у зерні сорту Голіковська – від дуже низького (11,7 %) в 2017 р. до середнього (14,3 %). Крім цього, низький вміст білка в зерні пшениці полби сорту Голіковська у 2017 р. зумовлений вирощуванням після попередника кукурудзи на зерно без удобрення. Цей прийом використано для отримання зерна із борошністим ендоспермом згідно з програмою дослідження.

У зерні пшениці м'якої вміст білка змінювався від низького (11,5 %) до середнього (14,1 %) залежно від року дослідження. Цей показник у сорту Акратос був істотно нижчий ($HP_{05}=0,5-0,7$) порівняно із сортом Епоха одеська.

Для пшениці сила борошна вважається дуже високою за показника седиментації за методом Зелені > 60 см³, високою – в межах 40–60, середньою – 20–40, низькою – < 20 см³. У середньому за три роки дослідження показник

Таблиця 1 – Вміст білка в зерні пшениці м'якої та полби, %

Сорт, лінія	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st ₁)	14,0	13,8	14,1	14,0
Акратос (st ₂)	11,5	12,2	12,8	12,2
Голіковська	11,7	14,3	15,3	13,8
LP 1152	17,3	15,2	16,2	16,2
HP_{05}	0,7	0,5	0,5	–

седимнтації пшениці полби сорту Голіковська був на 56 % вищим (табл. 2) порівняно із сортом-стандартом Акратос (29,4 см³). Однак цей показник не перевищував значення сорту-стандарту Епоха одеська (48,2 см³).

69,1 %. У зерні лінії LP 1152 цей показник був нижчий на 2,1–2,4 пункти. У зерні сорту Епоха одеська вміст крохмалю змінювався від 50,3–67,0 % за V= 11,8 %. У зерні сорту Акратос цей показник змінювався подібно.

Таблиця 2 – Показник седимнтації за методом Зелені, см³

Сорт, лінія	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st ₁)	48,8	46,2	49,7	48,2
Акратос (st ₂)	28,1	29,4	30,6	29,4
Голіковська	31,0	52,8	53,5	45,8
LP 1152	53,6	52,4	55,8	53,9
<i>HIP</i> ₀₅	3,3	2,7	2,8	–

Таблиця 3 – Вміст крохмалю в зерні пшениці м'якої та полби (2017–2019 рр.), %

Сорт, лінія	Елемент варіаційної мінливості		
	$\bar{x} \pm S_x$	Min–Max	V
Епоха одеська (st ₁)	57,4±6,8	50,3–67,0	11,8
Акратос (st ₂)	57,1±6,1	51,5–66,8	10,7
Голіковська	57,2±6,6	48,5–69,1	11,5
LP 1152	55,0±4,7	50,0–61,7	8,6

Зерно лінії пшениці полби LP 1152 у середньому та за три роки дослідження істотно перевищувало показник обох сортів пшениці м'якої. За показником седимнтації сила борошна пшениці полби була високою. У сорту Акратос цей показник був середній, а сорту Епоха одеська – високий.

Між вмістом білка і показником седиментації за методом Зелені встановлено прямий високий кореляційний зв'язок ($r=0,8821\pm0,03$), який описується таким рівнянням регресії: $y = 6,6+0,17x$, де y – вміст білка, %; x – показник седиментації, см³ (рис. 1).

Між вмістом білка та крохмалю встановлено обернений істотний кореляційний зв'язок ($r=-0,68\pm0,04$) за рівня значимості $p < 0,05$, який описується таким рівнянням регресії: $y = -0,5747+46,597x$, де y – вміст білка, %; x – вміст крохмалю, % (рис. 2).

Дослідження свідчать, що число падання пшениці полби було на 49–85 пункти меншим порівняно із пшеницею м'якою (табл. 4). Цей показник був істотно нижчим у 2017–2018 рр. ($HIP_{05} = 35–37$), а в 2019 р. – на рівні стандартів. Відомо, що для пшениці активність альфа-амілази висока за показника

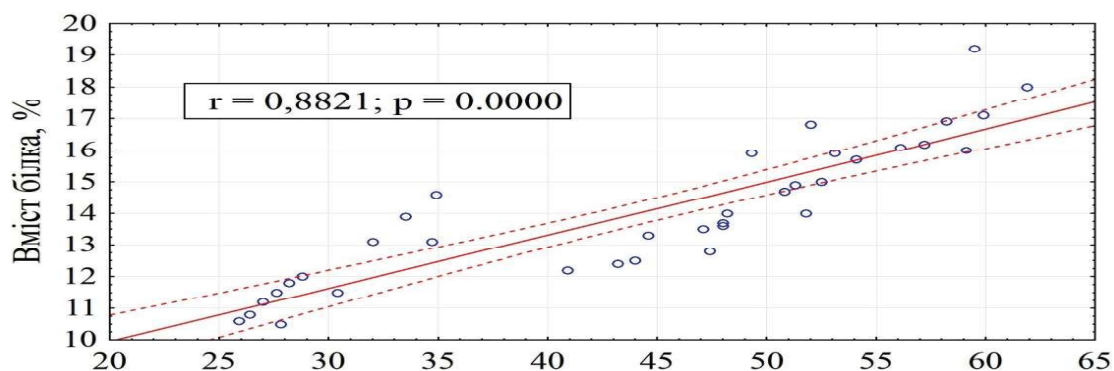


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом білка і показником седиментації за методом Зелені.

У середньому за три роки дослідження вміст крохмалю в зерні пшениці полби сорту Голіковська був на рівні обох сортів-стандартів – 57,2 % (табл. 3) з мінливістю від 48,5 до

числа падання ≤ 150 с, середня – 150–300, низька – ≥ 300 с. Отже, активність альфа-амілази зерна досліджених видів пшениці була низькою.

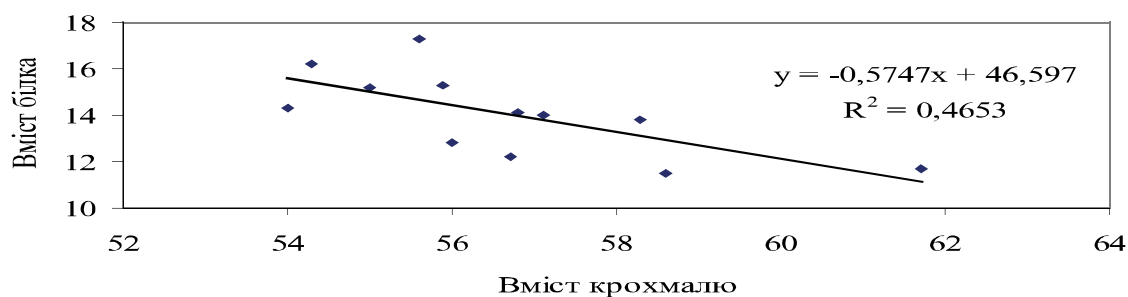


Рис. 2. Кореляційна залежність між вмістом білка і крохмалю.

Таблиця 4 – Число падання зерна пшениці м'якої та полби, с

Сорт, лінія	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st ₁)	441	420	433	431
Акратос (st ₂)	464	471	454	463
Голіковська	401	310	436	382
LP 1152	343	371	419	378
НІР ₀₅	37	36	33	–

За даними досліджень встановлено, що в середньому вміст золи у зерні пшениці змінювався від 1,53 до 1,95 % залежно від генотипу (рис. 3). Найвищий вміст золи мало зерно пше-

Вміст хімічних елементів істотно різнився залежно від генотипу пшениці (табл. 5). Зерно досліджуваних видів пшениці найбільше містило фосфор, калій, сірку, магній та кальцій –

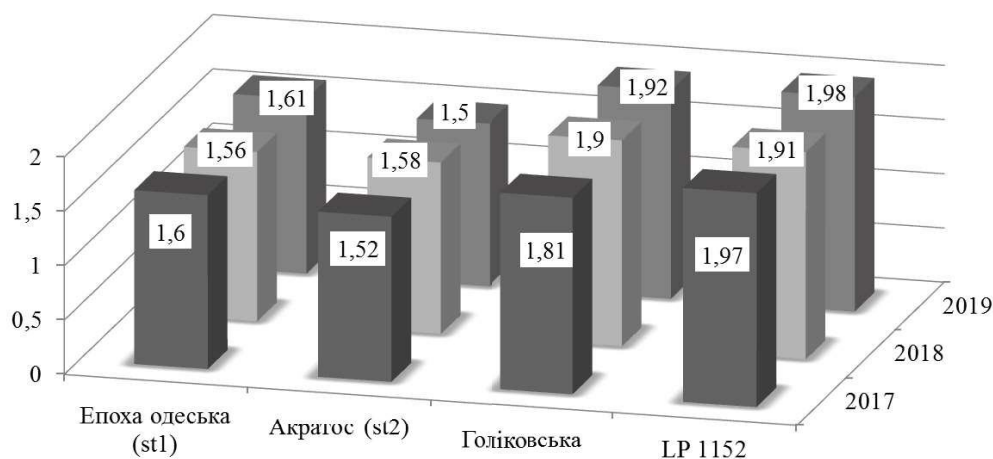


Рис. 3. Вміст золи у зерні пшениці м'якої та полби, %.

ниці полби лінії LP 1152 (1,95 %), що на 18,5 і 21,5 % вище відповідно сортів-стандартів Епоха одеська і Акратос. Зерно пшениці полби сорту Голіковська поступалося за цим показником лінії LP 1152 на (4 %). У зерні сорту Епоха одеська вміст золи змінювався від 1,56 до 1,61 % за V= 4,6 %. У зерні сорту Акратос цей показник становив 1,50–1,58 % залежно від року дослідження.

3,2–47,3 % від вмісту золи. Зерно пшениці полби мало істотно більший вміст фосфору, калію, сірки, магнію, кальцію, заліза, цинку та міді порівняно з сортом-стандартом Епоха одеська (НІР₀₅=26–375).

Вміст фосфору у зерні пшениці полби був на 21–22 %, калію – на 17–25, сірки – на 21–36, магнію – на 50–67, кальцію – на 27–45, цинку – на 14–17, міді – на 13–19 % більший порівняно

Таблиця 5 – Вміст хімічних елементів у зерні пшениці м'якої та полби (2017–2019 рр.), мг/кг сухої речовини

Хімічний елемент	Сорт, лінія			НІР ₀₅
	Епоха одеська	Голіковська	LP 1152	
P	7300±401	8900±530	8800±380	375
K	3600±403	4200±511	4500±426	214
S	1400±138	1700±135	1900±191	75
Mg	1200±163	1800±128	2000±118	54
Ca	510±62,0	650±61,2	740±46,2	26
Fe	40,9±4,58	52,6±4,0	50,1±4,9	2,1
Mn	36,3±3,58	34,1±3,8	27,8±3,1	1,0
Zn	40,5±5,50	47,2±3,7	46,3±3,6	2,5
Na	33,0±4,0	22,0±3,0	22,0±3,0	1,7
Cu	6,26±0,70	7,08±0,62	7,43±0,54	0,31
B	1,45±0,14	0,81±0,09	0,57±0,06	0,09
Co	0,11±0,015	0,071±0,007	0,058±0,006	0,011

з сортом-стандартом. Вміст мангану, натрію, бору та кобальту був істотно меншим порівняно з пшеницею м'якою.

У результаті проведених досліджень встановлено, що частка калію і фосфору в золі була найвищою – 45,1–47,3 % залежно від генотипу (табл. 6). Частка міді, бору та кобальту най-

Формування більшої вегетативної маси пшениці сприяє формуванню вищого вмісту білка, внаслідок реутилізації азоту з неї. Однак слід враховувати схильність сорту до вилягання внаслідок надмірного наростання вегетативної маси рослин. Недбалий підбір попередника і використаних добрив або відсутність піджив-

Таблиця 6 – Частка хімічних елементів у золі зерна пшениці м'якої та полби (2017–2019 рр.), %

Хімічний елемент	Сорт, лінія		
	Епоха одеська	Голіковська	LP 1152
P	45,9±2,2	47,3±2,3	45,1±1,6
K	22,6±1,7	22,3±2,7	23,1±2,3
S	8,8±0,7	9,4±0,6	9,7±0,8
Mg	7,5±0,7	9,6±0,7	10,3±0,6
Ca	3,2±0,3	3,5±0,3	3,8±0,2
Fe	0,26±0,02	0,28±0,02	0,26±0,03
Mn	0,23±0,02	0,18±0,02	0,14±0,01
Zn	0,25±0,02	0,25±0,02	0,24±0,02
Na	0,21±0,02	0,12±0,01	0,11±0,01
Cu	0,039±0,003	0,04±0,003	0,04±0,03
B	0,009±0,001	0,004±0,001	0,003±0,001
Co	0,0007±0,0001	0,0004±0,0001	0,0003±0,0001

нижча – 0,039–0,0003 %, а решти хімічних елементів – 0,11–9,7 %. Частка хімічних елементів пшениці полби обох сортів була подібною до пшениці м'якої сорту Епоха одеська.

Обговорення. Аналіз літератури щодо біохімічного складу зерна пшениці свідчить, що на вміст білка, крохмалю та хімічних елементів впливає комплекс умов. Частина з них керується (вибір сорту, попередника й типу добрив), інша – некерована (погодні умови). Цей комплекс чинників має діалектично складні причини спадкових зв'язків. Із погодних умов часто вирішальне значення мають запаси продуктивної вологи у ґрунті, кількість і розподіл опадів у період вегетації, гідротермічний коефіцієнт.

лювання негативно впливає на врожайність і біохімічний склад зерна. Було створено умови, які сприяли одержанню зерна із борошнистим ендоспермом пшениці полби сорту Голіковська (2017 р.), вирощеного після попередника кукурудзи на зерно без удобрення.

Для реалізації біологічного потенціалу пшениці потрібно створювати оптимальні умови росту та розвитку рослин. За таких умов вміст білка в зерні пшениці полби може сягати 17 %. Однак цей показник може змінюватися від 14,3 до 17,3 % залежно від генотипу. Біохімічні складники зерна досліджених видів пшениці знаходяться в межах, які наведено в літературі [9, 12, 16].

Висновки. Встановлено, що біохімічні складники зерна різних видів пшениці змінюються залежно від генотипу та погодних умов року дослідження. Так, за вмістом білка лінія пшениці полби LP 1152 (16,2 %) перевищувала сорти-стандарту на 16,7–33 %. Зерно сорту Голіковська за цим показником було на рівні стандарту Епоха одеська (14,0 %). Показник седиментації за методом Зелені пшениці полби перевищував значення сорту-стандарту Акратос у 1,5–1,8 раза. Найвищий показник мас ліній пшениці полби LP 1152 (53,9 см³). Встановлено прямий сильний кореляційний зв'язок між вмістом білка та показником седиментації.

Вміст крохмалю в зерні пшениці полби сорту Голіковська (57,2 %) знаходився на рівні пшениці м'якої. Лінія LP 1152 за цим показником поступалася сортам-стандартам на 2,1–2,4 пункти. Зерно пшениці полби перевищує стандарти за вмістом золи у середньому на 20 %. Вміст фосфору у зерні пшениці полби на 21–22 %, калію – на 17–25, сірки – на 21–36, магнію – на 50–67, кальцію – на 27–45, цинку – на 14–17, міді – на 13–19 % більший порівняно з пшеницею м'якою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильєв Х.С. Характеристика полби як перспективної зернової культури та основні проблеми її післязбирального оброблення. Зернові продукти і комбикорми. Vol. 17, 1. 2017. С. 16–22.
2. Боровик А.Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозёрной (*Triticum sphaerococcum* Perc.), полбы (*Triticum dicoccum* (Schr.) Schuebl.), твёрдой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозёрной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна: автореф. дис. ... д-р. с.-х. наук: 06.01.05. Краснодар, 2016. 49 с.
3. Дробот В.І., Михонік Л.А., Семенова А.Б., Фалендиш Н.О. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба: монографія. Київ: ПрофКнига, 2018. 188 с.
4. Кириленко Н.А., Ружицька О.М., Борисова О.В. Анатомо-морфологічні особливості стебел та листків півчастих пшениць *Triticum spelta* L. та *T. dicoccum* (Schr.) Schuebl. Вісник ОНУ. Біологія. Одеса. 2016. Т. 21, Вип. 1 (38). С. 50–61. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2016.1\(38\).68615](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2016.1(38).68615).
5. Новак Ж.М., Жекова І.О. Характеристика пшениці озимої *Triticum spelta* L. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Умань, 2011. Вип. 75. Ч. 1: Агрономія. С. 128–133.
6. Spring, einkorn and emmer wheat species – potential rich sources of free ferulic acid and other phenolic compounds / Lachman J. et al. Plant Soil Environ. 2012. Vol. 58. P. 347–353. DOI: <https://doi.org/10.17221/289/2012-PSE>.
7. Чугунова О.В., Крюкова Е. В. Агрономические свойства полбы, как нетрадиционного сырья для производства мучных кондитерских изделий. Научный вестник: Технические науки. Тамбов, 2015. No 3 (5). С. 90–100. DOI: <https://doi.org/10.17117/nv.2015.03.090>.
8. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review / Zaharieva M. et al. Genet Resour Crop Evol. 2010. Vol. 57. P. 937–962. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9572-6>.
9. Differences in gluten protein composition between old and modern durum wheat genotypes in relation to 20th century breeding in Italy / Santisa M.A. et al. European Journal of Agronomy. 2017. Vol. 87. P. 19–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.04.003>.
10. Lacko-Bartošová M., Čurná V., Lacko-Bartošová L. Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. Research Journal of agricultural science. 2015. Vol. 47. P. 3–10.
11. Разработка технологических решений по применению зерна полбы для производства зернового хлеба / Хмелева Е.В. и др. Фундаментальные и прикладные аспекты создания биосферосовместимых систем: материалы 3-й межд. науч.-техн. интер.-конф. Орел, 2017. С. 118–122.
12. Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) – review / Nakov G. et al. Smart Specialization – an Innovative Strategy for Regional Economic Transformation: 55th Science Conference of Ruse University, Bulgaria 28 October 2016. Ruse, P. 381–384.
13. Wieser H., Mueller K.J., Koehler P. Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines. European Food Research and Technology. 2009. Vol. 229 (3). P. 523–532. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1081-5>.
14. Lacko-Bartošová M., Čurná V. Nutritional characteristics of emmer wheat varieties. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. 2015, Vol. 4 (special issue 3). P. 95–98. DOI: <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.special3.95-98>.
15. Einkorn Characterization for Bread and Cookie Production in Relation to Protein Subunit Composition / Corbellini M. et al. Cereal Chemistry. 1999. Vol. 76 (5). P. 727–733. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.727>.
16. Composition, Protein Contents, and Microstructural Characterisation of Grains and Flours of Emmer Wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the Central Italy Type / Giacintucci V. et al. Czech J. Food Sci. 2014, Vol. 32, No 2. P. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.17221/512/2012-CJFS>.
17. Jie Zeng, Guanglei Li, Haiyan Gao, Zhengang Ru. Comparison of A and B Starch Granules from Three Wheat Varieties. Molecules. 2011. Vol. 16 (12), P. 10570–10591. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules161210570>.
18. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a Review. Journal of Central European Agriculture. 2017. Vol. 18 (1). P. 117–134. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>.
19. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [Чинний від 01.08.2007] Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 7 с.
20. ДСТУ 3093:2019 Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупини з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена (Hagberg-Perten) (ISO 3093:2009, IDT). [Чинний від 1.12.2019] Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 16 с.
21. ДСТУ 27494:2019 Борошно та висівки. Метод визначення зольності (ГОСТ 27494-2016, IDT). [Чинний від 1.01.2020]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 9 с.
22. ДСТУ 5529:2014 Пшениця. Визначення індексу седиментації методом Зелені. (ISO 5529:2007). [Чинний від 1.07.2015]. Вид. офіц. Київ, 2020. 14 с.
23. Chaddock R.E. Exercises in statistical methods. Houghton, 1952. 166 p.

REFERENCES

1. Vasyliiev, S.V. (2017). Harakteristika polbi jak perspektivnoi' zernovoi' kul'turi ta osnovni problemi i'i' pisl'jazbiral'nogo obrobennja [Description of the spelt as a promising grain crop and main problems of its postharvest

processing]. Zernovi produkti i kombikormi [Cereal products and compound feeds], Vol. 17, I, pp. 16–22.

2. Borovik, A.N. (2016) Selekcija i vozvrashhenie v kul'turu ischezajushchih i redkih vidov pshenicy: sharojznoj (Triticum sphaerococcum Perc.), polby (Triticum dicoccum (Schr.) Schuebl.), tvjorjodj (Triticum durum Desf.) i sozdanie tritikale sharojznoj (Triticale sphaerococcum) dlja diversifikacii proizvodstva vysokokachestvennogo zerna: avtoref. dis. ... d-r. s/g. nauk [Breeding and returning to the culture of endangered and rare species of wheat: spherical (Triticum sphaerococcum Perc.), Spelled (Triticum dicoccum (Schr.) Schuebl.), Hard (Triticum durum Desf.) and the creation of a tritikale sharojznoj (Triticocification sphaera) for high quality grain: autoref. diss. Doctor of Agricultural Sciences]. Krasnodar, 49 p.

3. Drobot, V.I., Mikhonik, L.A., Semenova, A.B., Falendish, N.O. (2018). Boroshno starodavnih pshenice', produkti pererobki krup'janij kul'tur ta shroty u tehnologii' hliba [Ancient wheat flour, cereals and bread in bread technology]. Kyiv, ProfKniga, 188 p.

4. Kirilenko, N.A., Ruzhic'ka, O.M., Borisova, O.V. (2016). Anatomico-morfologichni osoblivosti stebel ta listkiv plivchastih pshenice' Triticum spelta L. ta T. dicoccum (Schr.) Schuebl [Anatomical and morphological features of Triticum spelta L. and T. dicoccum (Schr.) Schuebl stems and leaves]. Visnik ONU. Biologija. [Bulletin of ONU. Biology.], Vil. 21, I 1 (38), pp. 50–61. Available at: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2016.1\(38\).68615](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2016.1(38).68615)

5. Novak, Zh.M., Zhekova, I.O. (2011). Harakteristika pshenicy ozimoj Triticum spelta L. [Characteristics of winter wheat Triticum spelta L.]. Zbirnik naukovih prac' Umanskogo nacional'nogo universitetu sadivnictva [Collection of scientific papers of Uman National University of Horticulture], Vol. 75 (1), Agronomy, pp. 128–133.

6. Lachman, J., Musilová, J., Kotíková, Z., Hejtmánková, K. (2012). Spring, einkorn and emmer wheat species – potential rich sources of free ferulic acid and other phenolic compounds. Plant Soil Environ. Vol. 58, pp. 347–353. Available at: <https://doi.org/10.17221/289/2012-PSE>.

7. Chugunova, O.V., Krjukova, E.V. (2015). Agronomicheskie svojstva polby, kak netradsionnogo syr'ja dlja proizvodstva muchnih konditers'kih izdelij [Agronomic properties of the shelf as an unconventional raw material for the production of flour confectionery]. Nauchnyj vestnik: Tehniceskie nauki [Scientific Bulletin: Technical Sciences], Vol. 3 (5), pp. 90–100. Available at: <https://doi.org/10.17117/nv.2015.03.090>

8. Zaharieva, M., Ayana, N.G., Hakimi, A.A. (2010). Cultivated emmer wheat (Triticum dicoccon Schr.), an old crop with promising future: a review. Genet Resour Crop Evol. Vol. 57, pp. 937–962. DOI: 10.1007/s10722-010-9572-6

9. Santisa, M.A., Giuliana, M.M., Giuzio L. (2017). Differences in gluten protein composition between old and modern durum wheat genotypes in relation to 20th century breeding in Italy. European Journal of Agronomy. Vol. 87, pp. 19–29. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.04.003>

10. Lacko-Bartošová, M., Čurná, V., Lacko-Bartošová, L. (2015). Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. Research Journal of agricultural science. Vol. 47, pp. 3–10.

11. Hmeleva, E.V., Zhukov, V.Ju., Snurnicyn, E. (2016). Razrabotka tehnologicheskijh reshenij po primeneniju zerna polby dlja proizvodstva zernovogo hleba [Development of technological solutions for the use of grain grain for the production of grain bread]. Fundamental'nye i prikladnye aspekty sozdaniya biosferosovmestimijh sistem: materialy 3-j mezhd. nauch.-tehn. inter.-konf [Fundamental and applied aspects of creation of biosphere-compatible systems: materials of the 3rd inter. scientific-technical inter-conf.]. Orel, pp. 118–122.

12. Nakov, G., Stamatovska, V., Necinova, L. (2016). Nutritional properties of einkorn wheat (Triticum monococcum L.) – review. Smart Specialization – an Innovative Strategy for Regional Economic Transformation: 55th Science Conference of Ruse University, Bulgaria 28 October. Ruse, pp. 381–384.

13. Wieser, H., Mueller, K.J., Koehler, P. (2009). Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines. European Food Research and Technology. Vol. 229 (3), pp. 523–532. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1081-5>

14. Lacko – Bartošová, M., Čurná V. (2015). Nutritional characteristics of emmer wheat varieties. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. Vol. 4 (special issue 3), pp. 95–98. Available at: <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.special3.95-98>

15. Corbellini, M., Empilli, S., Vaccino, P. (1999). Einkorn Characterization for Bread and Cookie Production in Relation to Protein Subunit Composition. Cereal Chemistry. Vol. 76 (5), pp. 727–733. Available at: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.727>

16. Giacintucci, V., Guardado, L., Puig, A. (2014). Composition, Protein Contents, and Microstructural Characterisation of Grains and Flours of Emmer Wheats (Triticum turgidum ssp. dicoccum) of the Central Italy Type. Czech J. Food Sci. Vol. 32, no. 2, pp. 115–121. Available at: <https://doi.org/10.17221/512/2012-CJFS>

17. Ji, Zeng, Guanglei, Li, Haiyan, Gao, Zhengang, Ru. (2011). Comparison of A and B Starch Granules from Three Wheat Varieties. Molecules. Vol. 16 (12), pp. 10570–10591. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules161210570>

18. Čurná, V., Lacko-Bartošová, M. (2017). Chemical Composition and Nutritional Value of Emmer Wheat (Triticum dicoccon Schr.): a Review. Journal of Central European Agriculture. Vol. 18 (1), pp. 117–134. Available at: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>

19. DSTU 4117:2007. Zerno ta produkti jogo pererobki. Vznachennja pokaznikov jakosti metodom infrachervonoj spektroskopii' [DSTU 4117:2007. Grain and its products. Determination of quality indices by infrared spectroscopy]. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2007, 7 p.

20. DSTU 3093:2019. Pshenicja, zhito ta boroshno z nih, pshenicja tvrda j manni krupi z tvrdoj' pshenici. Vznachennja chisla padinnja metodom Hagberga-Pertena (Hagberg-Perten) [DSTU 3093:2019. Wheat, rye and flour thereof, durum wheat and semolina of durum wheat. Determination of the fall number by the Hagberg-Perten method]. Kyiv, UkrNDNC SE., 2019, 16 p.

21. DSTU 27494:2019. Boroshno ta visivki. Metod vznachennja zol'nosti [DSTU 27494: 2019. Flour and bran. Method of determining ash content]. Kyiv, UkrNDNC SE., 2020, 9 p.

22. DSTU 5529:2014. Pshenicja. Vznachennja indeksu sedimentacii' metodom Zeleni [DSTU 5529: 2014. Wheat. Determination of the sedimentation index by the Greens method]. Kyiv, 2020, 14 p.

23. Chaddock, R.E. (1952). Exercises in statistical methods. Houghton: Houghton Mifflin, 1952, 166 p.

Биохимический состав зерна пшеницы полбы (*Triticum Dicoccum (Schr.) Schuebl*) в зависимости от генотипа

Осокина Н.М., Любич В.В., Новиков В.В., Лещенко И.А.

В статье приведены результаты изучения биохимического состава зерна – содержание белка, крахмала, золы, химических элементов в зерне пшеницы (полба, мягкая). Помимо этого, определено показател седи-

таций по методу Зелени и долю химических элементов в золе зерна. Известно, что зерно разных сортов пшеницы отличается по размерам и содержанию анатомических составляющих, что влияет на его биохимический состав. Современные сорта пшеницы могут формировать зерно с содержанием белка около 20 %. Полба имеет высокую ценность как сырье для получения продуктов диетического питания. В зерне пшеницы полбы биохимические составляющие недостаточно изучены, особенно новых сортов. Поэтому исследования биохимического состава зерна новых сортов и линий пшеницы полбы актуальны.

Целью исследования было изучение вопроса биохимических составляющих зерна пшеницы полбы в зависимости от сорта и линии. Для качественной оценки урожая выполняли задачи исследования – определяли содержание белка, крахмала, число падения, содержание золы, содержание микроэлементов, показатель седиментации по методу Зелени. Исследования проводили в течение 2017–2019 гг. с сортом пшеницы полбы Голиковская и линией LP 1152, выращенных в условиях Правобережной Лесостепи.

Установлено, что биохимический состав зерна пшеницы (полба, мягкая) существенно зависит от сортовых особенностей, агротехнических и погодных условий. Высокое содержание белка и показатель седиментации по методу Зелени имела линия пшеницы полбы LP 1152 – соответственно 16,2 % и 53,9 см³. У сорта полбы Голиковская эти показатели были на уровне пшеницы мягкой сорта Эпоха одесская – соответственно 13,8 % и 45,8 см³. Содержание белка существенно менялось по годам исследований. В зерне линии пшеницы полбы – от 15,2 до 17,3 %, а в зерне сорта Голиковская – от 11,7 до 15,3 %. Установлена сильная корреляционная связь между содержанием белка в зерне и показателем седиментации по методу Зелени. Содержание крахмала менялось от 48,5 до 69,1 % в зерне сорта Голиковская и от 50,0 до 61,7 % – в зерне линии LP 1152. На протяжении всех лет исследований активность альфа-амилазы сортов пшеницы была низкой. Содержание золы в зерне пшеницы полбы сорта Голиковская составляло 1,81–1,92 %, линии LP 1152 – 1,91–1,98 %, или на 19–22 % выше по сравнению с пшеницей мягкой. Зерно пшеницы полбы имеет существенно выше содержание фосфора, калия, серы, магния, кальция, железа, цинка и меди.

Ключевые слова: пшеница, полба, сорт, биохимический состав, белок, крахмал, химические элементы, седиментация.

Biochemical composition of emmer wheat (*Triticum Dicoccum* (Schrunk) Schuebl) grain depending on the variety

Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I.

The article presents the research results of the biochemical composition of grain – the content of protein, starch, ash, chemical elements in wheat grains (emmer, soft). The sedimentation index according to Zelen test, and the proportion of chemical elements in the grain ash were determined. It is known that the grain of different wheat varieties differ in size and content of anatomical components, which affects its biochemical composition. Modern wheat varieties can form grain with the protein content of about 20 %. Emmer is of high value as a raw material for dietary food. Biochemical components of emmer wheat grain, especially of new varieties, are poorly investigated. Therefore, studies on the biochemical composition of emmer wheat grain new varieties and lines are relevant.

The aim of the study was to investigate the issue of the emmer wheat biochemical components, depending on the genotype. To properly evaluate the crop, the tasks of the study were performed - the protein and starch content, number of falls, ash content, trace element content, sedimentation index according to Zelen test were determined. The studies were conducted during 2017–2019 with Holikovska emmer wheat variety and LP 1152 line, grown under the Right-bank forest steppe.

It was found that the biochemical composition of wheat grain (emmer, soft) significantly depends on the varietal characteristics, agri-technical and weather conditions. The highest protein content and sedimentation index according to the Zelen test had the LP 1152 wheat line – 16.2 % and 53.9 cm³, respectively. In Holikovska emmer variety, these indicators were at the level of soft wheat Odessa Epoch variety – 13.8 % and 45.8 cm³ respectively. Protein content has greatly varied over the years of research. In emmer wheat grain – from 15.2 to 17.3 %, and in Holikovska variety – from 11.7 to 15.3 %. There is a strong correlation between protein content in grain and sedimentation index according to Zelen test. The starch content varied from 48.5 to 69.1 % in Holikovska variety grain and from 50.0 to 61.7 % in LP 1152 line grain. The alpha amylase activity of wheat varieties has been low throughout the research years. The average ash content of Holikovska wheat grain was 1.81 %, the LP 1152 line was 1.95 %, which is 19–22 % higher compared to the standard varieties, respectively, the variety Akrotos and Age of Odessa. Emmer wheat grain has a significantly higher content of phosphorus, potassium, sulfur, magnesium, calcium, iron, zinc and copper.

Key words: wheat, emmer, variety, biochemical composition, protein, starch, chemical elements, sedimentation.



Copyright: © Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I.

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., <https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

