


УДК 631.559+664.64.016:633.111:631.53.04

Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву

Колібабчук Т.В.¹ , Кузьменко О.В.¹ , Зарва О.І.¹ , Любич В.В.² 

¹ Верхняцька селекційно-дослідна станція

² Уманський національний університет садівництва

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



Колібабчук Т.В., Кузьменко О.В., Зарва О.І., Любич В.В. Урожайність і якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 168–178.

Kolibabchuk T., Kuzmenko O., Zarva O., Liubych V. Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 168–178.

Рукопис отримано: 04.05.2022 р.

Прийнято: 19.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178

Виявлено, що в середньому за роки досліджень урожайність пшениці м'якої озимої найвищою була за норми висіву 5 млн/га – 5,53 т/га. Цей показник, за норми висіву 4 млн/га, був 5,28 т/га або лише на 5 % менше порівняно з нормою висіву 5 млн/га. Збільшення норми висіву до 8 млн/га зменшувало врожайність зерна на 3–5 %. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,95–0,98. Урожайність у сприятливішому 2021 р. змінювалась від 4,82 до 5,59 т/га, а в 2020 р. – від 4,56 до 5,47 т/га залежно від норми висіву.

Збільшення норми висіву пшениці м'якої озимої сприяло зниженню вмісту білка в зерні. Так, найвищим його вміст був за найменшої норми висіву – 15,8 %, а за 8 млн/га – 12,6 %. Вміст білка змінювався від погодних умов у період досягання пшениці м'якої озимої. Так, за дефіциту вологи у 2020 р. вміст білка був найвищим – 12,9–16,1 %, а в 2021 р. – 12,2–15,4 % залежно від варіанту досліду. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,93–0,97. Вміст крохмалю змінювався обернено пропорційно до вмісту білка. Так, зі збільшенням норми висіву цей показник зростав від 55,6 до 59,0 % за індексу стабільності 0,98–0,99. У середньому за два роки досліджень вміст клейковини знижувався від 33,9 до 27,3 % або на 20 %. Найвищий її вміст отримано за вирощування пшениці м'якої озимої у 2020 р. – 27,7–35,8 %, а в 2021 р. – 26,8–31,9 %. Збільшення норми висіву знижувало індекс седиментації пшениці м'якої озимої. Так, у середньому за роки досліджень цей показник знижувався від 63,7 за найменшої норми висіву до 35,9 см³ або в 1,8 рази. Сила борошна пшениці м'якої озимої знижувалась від 334 до 228 од. а. зі збільшенням норми висіву або в 1,5 рази.

Натура зерна пшениці м'якої озимої збільшувалась від 696 г/л за норми висіву 3 млн/га до 725–729 г/л за норми висіву 4–5 млн/га або на 4–5 %. За збільшення норми висіву до 6–8 млн/га натура зерна зменшувалась до 694–718 г/л або на 2–5 % порівняно з показником, отриманого за норми висіву 4–5 млн/га. Індекс стабільності був високим – 0,97–0,99. Натура зерна майже не змінювалась упродовж років досліджень.

В агротехнології лінії LP 2666 пшениці м'якої озимої норма висіву повинна становити 4–5 млн/га. За такого сценарію урожайність становить 5,28–5,53 т/га, вміст білка 14,3–15,1 %.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, урожайність, норма висіву, якість зерна, індекс стабільності.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.) є однією з найважливіших культур, яка вирощується в різних ґрунтово-кліматичних умовах, що впливають на загальну продуктивність, зокрема на врожайність зерна та його якість [1, 2]. Урожайність і якість зерна пшениці залежать від багатьох чинників і їх взаємодії [3]. Серед них одним із важливих чинників є формування оптимальної густоти стеблестою [4]. Висока продуктивність цієї культури формується за умови формування достатньої кількості стебел [5]. Слід відзначити, що формування стебел залежить від селекційно-генетичних особливостей сорту [6]. Крім цього, цей показник змінюється від застосування елементів агротехнології [7, 8]. Враховуючи це необхідно вивчати особливості формування густоти посівів нових сортів пшениці м'якої озимої. Тому дослідження є актуальними.

Практика управління густотою посівів відіграє важливу роль у формуванні врожайності та якості зерна пшениці м'якої [9]. Низка вчених [10–13] зазначають, що норма висіву пшениці м'якої озимої значно змінюється залежно від строку сівби, здатності сорту до утворення стебел і застосування інших елементів агротехнології (удобрення, попередник, зрошення тощо).

Збільшення норми висіву пшениці м'якої озимої по різному впливає на формування врожайності та якості зерна. Так, у дослідженні [14] встановлено, що збільшення норми висіву від 80 до 140 кг/га насіння пшениці м'якої озимої урожайність збільшувалась від 4,31 до 4,95 т/га. За норми висіву 180 кг/га цей показник зменшувався до 3,84 т/га. При цьому врожайність мало змінювалась залежно від погодних умов. Якість зерна за такого сценарію агротехнології погіршувалась. Так, за збільшення норми висіву від 80 до 180 кг/га вміст білка знижувався від 14,0 до 11,8–13,5 %, а вміст клейковини – від 34,5 до 31,1–34,1 %. Слід відзначити, що доцільно перевести норму висіву з маси у шт/га, тому що маса 1000 зерен відрізняється залежно від сорту.

В іншому дослідженні [15], норма висіву змінювалась залежно від сорту пшениці м'якої озимої. Так, в агротехнології сорту CW134 оптимальна норма висіву становила 1,80 млн/га, тому що збільшення її до 2,80 млн/га врожайність зменшувалась від 4,20 т/га до 4,00 т/га. За вирощування сорту SN58 оптимальна норма висіву становила 2,25 млн/га, а сорту SN1 – 2,80 млн/га, тому що формували найбільшу врожайність зерна. Проте елементи агротехнології розроблялись для умов, які значно відрізняються від Правобережного Лісостепу.

Збільшення норми висіву не завжди знижує якість зерна пшениці м'якої озимої. Так, у дослідженні [16] маса 1000 зерен, індекс седиментації і вміст клейковини зростали за збільшення норми висіву від 5 до 6,6 млн/га. Застосування більшої норми висіву сприяло зростанню маси 1000 зерен на 2 %, індексу седиментації на 29 %, вмісту клейковини на 7 % у середньому по сортах. При цьому автори зазначають, що вплив різних норм висіву змінювався залежно від погодних умов року та особливостей сорту пшениці м'якої озимої. У результаті проведення досліджень вчені зазначають, що оптимальною є норма висіву 6,5 млн/га. Проте у цьому дослідженні вивчали лише дві норми висіву. Крім цього, в статті не обґрунтовано механізм покращення якості зерна пшениці м'якої озимої за збільшення норми висіву та не висвітлено формування врожайності. Ґрунтово-кліматичні умови значно відрізняються від Правобережного Лісостепу.

Вчені зазначають [17–19], що для досягнення високого врожаю та якості пшениці м'якої озимої необхідно повністю використовувати усі елементи агротехнології, особливо норму висіву. Нині у виробництві впроваджуються сорти пшениці м'якої, отримані гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Вони мають різну реакцію на елементи агротехнології. Виникає необхідність детальнішого вивчення формування продуктивності форм пшениці м'якої озимої, отриманої гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Крім цього, неоднозначний вплив різних норм висіву на формування якості зерна пшениці м'якої озимої вимагає проведення детальніших досліджень.

Мета дослідження – вивчення формування урожаю і якості зерна пшениці м'якої озимої за різних норм висіву.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах Верхняцької селекційно-дослідної станції упродовж 2020–2021 рр. У досліді пшеницю м'яку озиму (лінія LPP 2666, отримана гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L.) вирощували після гороху з різними нормами висіву, які представлено в таблицях результатів досліджень. Повторність досліді триразова. Загальна площа ділянки 72 м², облікової 42 м². Агротехнологія пшениці м'якої озимої загальноприйнята для Правобережного Лісостепу.

Ґрунт дослідної ділянки дослідної станції чорнозем опідзолений важкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі 3,0–3,1 %, ступінь насичення основами 90–91 %, реакція ґрунтового розчину середньокисла (pH_{сол} = 5,6), гідролітична кислотність – 1,9–2,0 смоль/кг

грунту, вміст рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 123–125 мг/кг, азот сполук, що лужногідролізуються (за методом Корнфілда) – 109–110 мг/кг ґрунту.

Урожайність визначали поділянково прямим комбайнуванням Сампо-400. Вміст білка, крохмалю, клейковини, індекс седиментації, силу борошна та натуру зерна визначали методом інфрачервоної спектроскопії на приладі Infratec™ 1241 Grain Analyzer. Індекс стабільності визначали за формулою:

$$SE = \frac{HE}{LE},$$

де HE – найбільший прояв ознаки;

LE – найменший прояв ознаки.

Статистичне оброблення цифрового матеріалу здійснювали методом польового однофакторного дисперсійного аналізу польового дослідження [20]. Для якісного оцінювання тісноти зв'язку використовували коефіцієнт детермінації за шкалою Чеддока: 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 – функціональний.

Погодні умови за роки проведення досліджень відрізнялись від середньобагаторічного показника (табл. 1). Кількість опадів у 2020 р. була меншою порівняно з середньобагаторічним показником і 2021 р. Недостатньо опадів для отримання сходів випало в жовтні 2019 р. У 2021 р. упродовж вегетаційного періоду випадала достатня кількість опадів для форму-

вання високого врожаю зерна пшениці твердої озимої. Температура повітря 2020 р. була вищою порівняно з середньобагаторічним показником, крім фази ВВСН 10 і фази ВВСН 50.

Фази розвитку змінювались залежно від погодних умов року дослідження (табл. 2). Так, у 2020 р. сходи пшениці озимої були у кінці січня завдяки дефіциту вологи у період сівби 2019 р. Нижча температура у період куштиння – вихід у трубку в 2021 р. збільшили їх тривалість.

Результати дослідження та обговорення. Встановлено, що в середньому за два роки досліджень урожайність пшениці м'якої озимої найбільшою була за норми висіву 5 млн/га – 5,53 т/га (табл. 3). Цей показник за норми висіву 4 млн/га був 5,28 т/га або лише на 5 % менше порівняно з нормою висіву 5 млн/га. Збільшення норми висіву до 8 млн/га зменшувало врожайність зерна на 3–5 %. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,95–0,98. Урожайність у 2021 р. змінювалась від 4,82 до 5,59 т/га, а в 2020 р. – від 4,56 до 5,47 т/га залежно від норми висіву.

Збільшення норми висіву пшениці м'якої озимої сприяло зниженню вмісту білка в зерні (табл. 4). Так, найвищим його вміст був за найменшої норми висіву – 15,8 %, а за 8 млн/га – 12,6 %. Вміст білка змінювався від погодних умов у період досягання пшениці м'якої озимої. Так, за дефіциту вологи у 2020 р. вміст білка був найвищим – 12,9–16,1 %, а в 2021 р. – 12,2–15,4 % залежно від варіанту дослідження. Індекс стабільності при цьому був високим – 0,93–0,97.

Таблиця 1 – Погодні умови у період вегетації пшениці м'якої озимої

Фаза росту	Рік проведення досліджень				1991–2020 рр.	
	2020		2021		Опади, мм	Температура, °С
	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С		
Перед сівбою	10,3	10,0	81,5	12,7	49	8,3
ВВСН 10	78,9	-2,1	109,7	-0,2	72	-5,0
ВВСН 20	38,7	7,1	44,9	9,5	77	6,1
ВВСН 30	35,6	17,0	59,1	14,3	52	15,4
ВВСН 50	34,3	20,4	68,0	18,7	81	20,9
ВВСН 73	35,8	21,9	58,7	23,0	–	–

Таблиця 2 – Календарні дати фаз розвитку рослин пшениці м'якої озимої у досліді

Фаза розвитку	Рік проведення досліджень	
	2020	2021
Сівба	17.10.2019	30.10.2020
ВВСН 10	25.01.2020	20.11.2020
ВВСН 20	25.02.2020	13.04.2021
ВВСН 30	01.05.2020	10.05.2021
ВВСН 50	05.06.2020	06.06.2021
ВВСН 73	20.06.2020	20.06.2021
Збирання	15.07.2020	22.07.2021

Таблиця 3 – Урожайність пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, т/га

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	4,56	4,82	4,69	0,95
4	5,21	5,34	5,28	0,98
5	5,47	5,58	5,53	0,98
6	5,42	5,59	5,51	0,97
7	5,26	5,41	5,34	0,97
8	5,22	5,38	5,30	0,97
НІР ₀₅	0,26	0,29	–	–

Таблиця 4 – Вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	16,1	15,4	15,8	0,96
4	15,4	14,7	15,1	0,95
5	14,8	13,8	14,3	0,93
6	14,0	13,2	13,6	0,94
7	13,4	13,0	13,2	0,97
8	12,9	12,2	12,6	0,95
НІР ₀₅	0,7	0,5	–	–

Встановлено, що вихід білка збільшувався від 738 кг/га за найменшої норми висіву до 790–794 кг/га за норми висіву 4–5 млн/га з високим індексом стабільності (табл. 5). За збільшення норми висіву до 6–8 млн/га цей показник зменшувався до 665–749 кг/га.

Для пшениці дуже високим вважається вміст білка > 18 %, високим – в межах 16–18, середнім – 14–16, низьким – 12–14 і дуже низьким < 12 % [21]. Отже, високий вміст білка в зерні пшениці м'якої озимої був за норми висіву

3 млн/га в 2020 р. Середній його вміст отримано за норми висіву 4–6 млн/га в 2020 р. та за норми висіву 3 і 4 млн/га в 2021 р. Низький вміст білка формувала пшениця м'яка озима за норми висіву 6 і 7 млн/га в 2020 р. та 5–8 млн/га в 2021 р.

Вміст крохмалю змінювався обернено пропорційно до вмісту білка (табл. 6). Так, зі збільшенням норми висіву цей показник зростав від 55,6 до 59,0 % за індексу стабільності 0,98–0,99. Вищим вміст крохмалю в зерні був у 2021 р., а нижчим у 2020 р.

Таблиця 5 – Вихід білка з урожаю зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, кг/га

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	734	742	738	0,99
4	802	785	794	0,98
5	810	770	790	0,95
6	759	738	749	0,97
7	705	703	704	0,99
8	673	656	665	0,97
НІР ₀₅	36	33	–	–

Таблиця 6 – Вміст крохмалю в зерні пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	55,2	56,0	55,6	0,99
4	56,8	57,7	57,3	0,98
5	57,3	58,4	57,9	0,98
6	57,9	59,1	58,5	0,98
7	58,2	59,3	58,8	0,98
8	58,4	59,5	59,0	0,98
НІР ₀₅	2,8	3,0	–	–

Вихід крохмалю збільшувався від 2608 кг/га за норми висіву 3 млн/га до 3221 кг/га за норми висіву 3221 кг/га (табл. 7). Збільшення норми висіву до 8 млн/га зменшувало вихід крохмалю до 3125–3135 кг/га. Найбільший вихід крохмалю отримано в 2021 р. завдяки формуванню вищого вмісту крохмалю і більшої врожайності зерна.

У середньому за два роки досліджень вміст клейковини знижувався від 33,9 до 27,3 % або на 20 % (табл. 8). Найвищий її вміст отримано за вирощування пшениці м'якої озимої у 2020 р. – 27,7–35,8 %, а в 2021 р. – 26,8–31,9 %. Індекс стабільності при цьому становив 0,89–0,97.

Для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим – в межах 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 % [21]. Отже, високим вміст клейковини був за норми висіву 3–5 млн/га в 2020 р. та за норми висіву 3 млн/га в 2021 р. Середній вміст клейковини отримано за норми висіву 6–8 млн/га в 2020 р. та за норми висіву 4–8 млн/га в 2021 р.

Вміст крохмалю у зерні пшениці м'якої озимої обернено пропорційно залежав від вмісту білка в зерні. Так, між ними у 2020–2021 рр. встановлено дуже високий кореляційний зв'язок ($r = -0,95$). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності з високим коефіцієнтом апроксимації:

$$y = -1,0379x + 72,426 (R^2 = 0,9017),$$

де y – вміст крохмалю, %;
 x – вміст білка, % (рис. 1).

Між вмістом клейковини і вмістом білка встановлено прямий дуже високий коефіцієнт кореляції – 0,96. Залежність виражається наступним рівнянням регресії:

$$y = 2,1771x - 0,4174 (R^2 = 0,9293),$$

де y – вміст клейковини, %;
 x – вміст білка, %.

Збільшення норми висіву знижувало індекс седиментації пшениці м'якої озимої (табл. 9). Так, у середньому за два роки досліджень цей показник знижувався від 63,7 за найменшої норми висіву до 35,9 см³ або в 1,8 рази. Тенденція формування цього показника залежно від погодних умов була подібною до вмісту білка. Проте індекс стабільності був високим.

Відомо, що за індексу седиментації ≥ 60 см³ борошно відноситься до дуже сильного, 40–60 – сильного, 20–40 – середнього, ≤ 20 см³ – слабкого [21]. Отже, дуже високу силу борошна отримано за норми висіву 3 млн/га впродовж двох років досліджень. За норми висіву 4–7 млн/га борошно було сильним, а за найбільшої норми висіву сила борошна була середньою.

Сила борошна пшениці м'якої озимої знижувалась від 334 до 228 од. а. зі збільшенням норми висіву або в 1,5 рази (табл. 10). Вищою вона була в 2020 р. – 236–341 од. а., а в 2021 р. – 219–327 од. а. з високим індексом стабільності.

Таблиця 7 – Вихід крохмалю з урожаю зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, кг/га

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	2517	2699	2608	0,93
4	2959	3081	3020	0,96
5	3134	3259	3197	0,96
6	3138	3304	3221	0,95
7	3061	3208	3135	0,95
8	3048	3201	3125	0,95
НІР ₀₅	143	149	–	–

Таблиця 8 – Вміст клейковини у зерні пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	35,8	31,9	33,9	0,89
4	33,6	30,3	32,0	0,90
5	32,1	29,4	30,8	0,92
6	30,5	28,0	29,3	0,92
7	29,0	27,6	28,3	0,95
8	27,7	26,8	27,3	0,97
НІР ₀₅	–	–	–	–

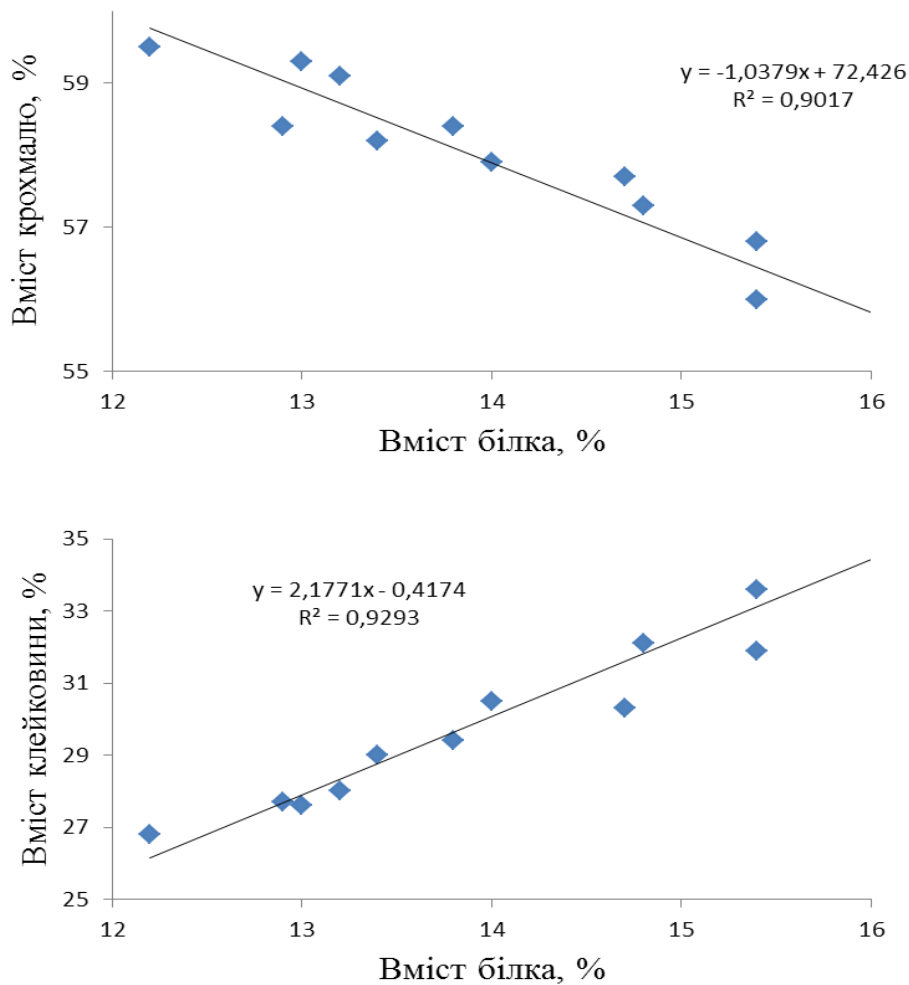


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом крохмалю і клейковини з вмістом білка в зерні пшениці м'якої озимої.

Таблиця 9 – Індекс седиментації пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, см³

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	65,4	61,9	63,7	0,95
4	53,7	50,7	52,2	0,94
5	51,2	47,2	49,2	0,92
6	49,4	42,7	46,1	0,86
7	44,6	40,1	42,4	0,90
8	39,3	32,4	35,9	0,82
НІР ₀₅	2,3	2,1	–	–

Таблиця 10 – Сила борошна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, од. а.

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	341	327	334	0,96
4	327	315	321	0,96
5	320	307	314	0,96
6	313	301	307	0,96
7	302	293	298	0,97
8	236	219	228	0,93
НІР ₀₅	15	13	–	–

Для пшениці за сили борошна ≥ 500 од. а. – відмінний поліпшувач, 400–500 – добрий поліпшувач, 280–400 – задовільний поліпшувач, 260–280 – цінна пшениця, 240–260 – добрий філер, 180–240 – задовільний філер, ≤ 180 – слабка пшениця [21]. Отже, зерно пшениці м'якої озимої за норми висіву 3–7 млн/га відноситься до задовільного поліпшувача, отримане впродовж двох років досліджень. Зерно отримане за найбільшої норми висіву впродовж двох років досліджень – задовільний філер.

Індекс седиментації пшениці м'якої озимої прямо пропорційно залежав від вмісту білка в зерні. Так, між ними у 2020–2021 рр. встановлено дуже високий кореляційний зв'язок ($r = 0,97$). У результаті отримано рівняння регресії цієї залежності з високим коефіцієнтом апроксимації:

$$y = 7,5697x - 58,326 \quad (R^2 = 0,939),$$

де y – індекс седиментації, см^3 ;
 x – вміст білка, % (рис. 2).

Між силою борошна та вмістом білка встановлено прямий високий коефіцієнт кореляції – 0,84. Залежність виражається наступним рівнянням регресії:

$$y = 25,684x - 61,418 \quad (R^2 = 0,7131),$$

де y – сила борошна, од. а.;
 x – вміст білка, %.

Натура зерна пшениці м'якої озимої збільшувалась від 696 г/л за норми висіву 3 млн/га до 725–729 г/л за норми висіву 4–5 млн/га або на 4–5 % (табл. 11). За збільшення норми висіву до 6–8 млн/га натура зерна зменшувалась до 694–718 г/л або на 2–5 % порівняно з показником, отриманого за норми висіву 4–5 млн/га. Індекс стабільності був високим – 0,97–0,99. Натура зерна майже не змінювалась упродовж років досліджень.

Відомо, що для пшениці натура зерна ≥ 785 г/л – дуже висока, 764–785 – висока, 725–764 – середня, ≤ 724 г/л – низька [21]. Отже, натура зерна, отримана за норми висіву 4–5 млн/га в 2020 р та за 5 млн/га в 2021 р. була середньою, а в решти варіантах досліду була низькою.

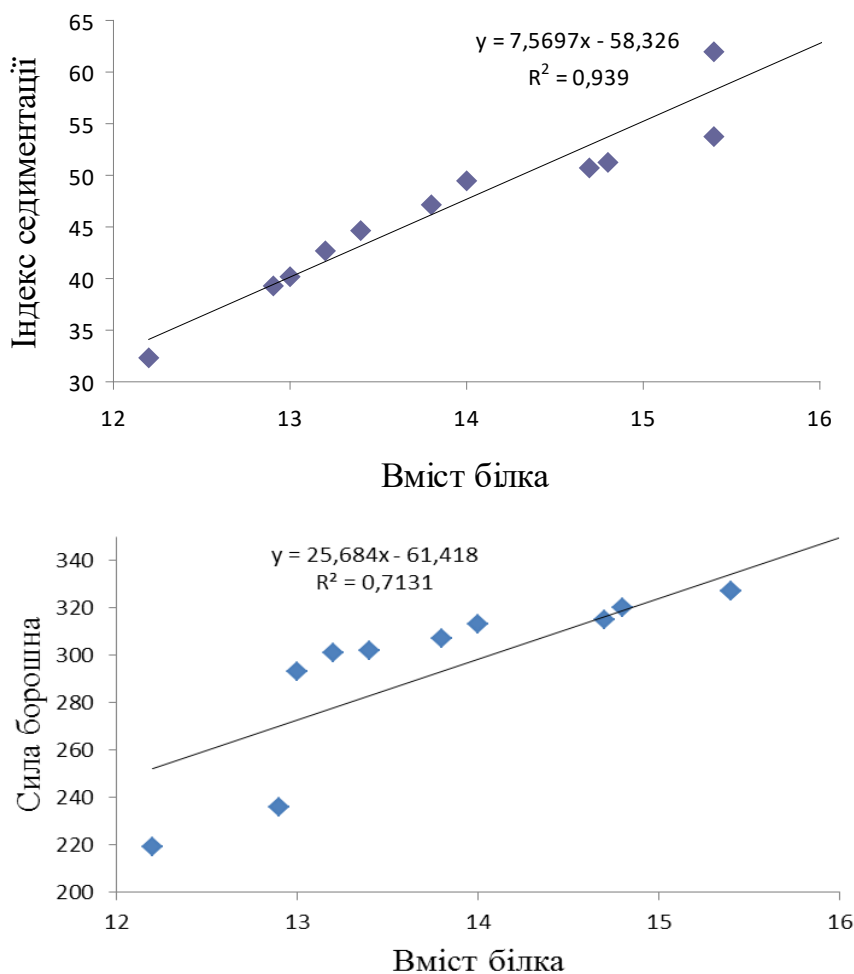


Рис. 2. Кореляційна залежність між індексом седиментації і силою борошна з вмістом білка в зерні пшениці м'якої озимої.

Відповідно до ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. зерно пшениці м'якої озимої лінії LP 2666, вирощене в 2020 р. за вмістом білка відповідало 1 класу за норми висіву 3–6 млн/га та 2 класу за норми висіву 7–8 млн/га. У 2021 р. за норми висіву 3–4 млн/га зерно відповідало 1 класу, 5–7 – 2 класу, 8 млн/га – 3 класу. За вмістом клейковини у 2020 р. зерно відповідало 1 класу за норми висіву 3–7 млн/га, 2 класу за норми висіву 8 млн/га. У 2021 р. за норми висіву 3–6 млн/га – 1 класу, 7–8 млн/га – 2 класу. За натурою зерно пшениці м'якої озимої лінії LP 2666, вирощене в 2020 р. за норми висіву 5 млн/га відповідало 3 класу, а в решти варіантах і 2021 р. – 4 класу якості.

Встановлено, що густина стебел змінювалась залежно від норми висіву, фази розвитку та погодних умов (табл. 12). Так, у 2021 р. цей показник збільшувався від 520 за норми висіву 3 млн/га до 893 шт/м² за норми висіву 8 млн/га або в 1,7 рази у фазу ВВСН 30. У 2020 р. кількість стебел збільшувалась у 1,6 рази. До фази ВВСН 50 кількість стебел зменшувалась на 12–17 % порівняно з виходом рослин у трубку. У фазу ВВСН 92 кількість продуктивних

стебел у 2020 р. за найвищої норми висіву збільшувалась у 1,5 рази, а в 2021 р – в 1,4 рази порівняно з нормою висіву 3 млн/га. Кількість непродуктивних стебел збільшувалась зі збільшенням норми висіву в 16–18 рази порівняно з найменшою нормою висіву.

Норма висіву в пшениці м'якої озимої залежить від енергії кушання рослин. Так, за високої здатності до утворення стебел норму висіву зазвичай зменшують, щоб уникнути надмірного загущення посівів і їх полягання. За умови низької здатності до кушання норму висіву пшениці м'якої озимої навіть доцільно збільшувати. В умовах наших досліджень лінія LP 2666 пшениці м'якої озимої мала високу здатність до кушання, оскільки за збільшення норми висіву до 5 млн/га врожайність збільшувалась на 0,59 т/га, за норми висіву 6 млн/га – лише на 0,84 т/га порівняно з 3 млн/га. Збільшення норми висіву до 6–8 млн/га не збільшувало врожайності. Очевидно, що надмірна кількість стебел сприяє зменшенню врожайності цієї лінії пшениці м'якої озимої. Така тенденція зумовлена селекційно-генетичними особливостями лінії.

Таблиця 11 – Натура зерна пшениці м'якої озимої залежно від норми висіву, %

Норма висіву, млн/га	Рік проведення досліджень		Середнє за два роки	Індекс стабільності
	2020	2021		
3	704	688	696	0,98
4	728	722	725	0,99
5	731	726	729	0,99
6	721	714	718	0,99
7	711	707	709	0,99
8	703	684	694	0,97
НІР ₀₅	36	35	–	–

Таблиця 12 – Формування стебел пшениці м'якої озимої за різних норм висіву, шт/м²

Норма висіву, млн/га	Фаза розвитку									
	ВВСН 30		ВВСН 50		ВВСН 92					
					1		2		3	
	Рік проведення досліджень									
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
3	513	520	425	460	421	452	416	446	5	6
4	619	634	503	526	500	520	492	510	8	10
5	678	695	563	581	559	576	548	562	11	14
6	761	786	597	624	594	609	569	578	25	31
7	805	827	641	679	638	663	588	608	50	55
8	869	893	726	742	720	734	631	637	89	97
НІР ₀₅	33	37	24	26	20	22	19	21	2	3

Примітка: 1 – загальна кількість стебел, 2 – кількість продуктивних стебел, 3 – непродуктивні стебла.

Крім цього, технологічні властивості зерна лінії LP 2666 пшениці м'якої озимої за збільшення норми висіву погіршуються. За однакового вмісту азоту мінеральних сполук перерозподіл їх буде змінюватись від густоти стебел. Чим більше їх було, тим гіршою була якість зерна. Слід відзначити, що зниження вмісту клейковини, індексу седиментації, сили борошна зумовлено вмістом білка. Так, між цими показниками встановлено дуже високу або високу кореляційну залежність. Вміст крохмалю за такого сценарію змінювався обернено пропорційно, тобто зростав. По іншому змінювалась натура зерна. За найменшої норми висіву зерно було крупнішим, отже, шпаруватість вищою, а натура меншою. За норми висіву 4–5 млн/га зерно мало вищу щільність укладання і натура зерна була більшою. За норми висіву 6–7 млн/га зерно було менше виповненим, а натура зерна зменшувалась.

Висновки. Встановлено, що різні норми висіву істотно впливають на формування врожаю і технологічні властивості зерна пшениці м'якої озимої, отриманої гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. Збільшення норми висіву від 3 до 4–5 млн/га достовірно збільшує врожайність зерна до 5,28–5,53 т/га. Проте вміст білка при цьому знижується від 15,8 до 14,3–15,1 %, вміст клейковини – від 33,9 до 30,8–32,0 %, індекс седиментації – від 63,7 до 49,2–52,2 см³, сила борошна – від 334 до 314–321 од. а. Вміст крохмалю становить 57,3–57,9 %. Натура зерна – 725–729 г/л. Збільшення норми висіву до 6–8 млн/га як у середньому, так і за роки досліджень достовірно зменшує врожайність зерна. Якість зерна при цьому також погіршується. В агротехнології лінії LP 2666 пшениці м'якої озимої, отриманої гібридизацією *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L., норма висіву повинна становити 4–5 млн/га. За такого сценарію урожайність становить 5,28–5,53 т/га, вміст білка 14,3–15,1 %. Вихід білка та крохмалю з урожаю зерна пшениці м'якої озимої за такої норми висіву найбільший.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review / Hellemans T. et al. *Agric. Food Chem.* 2018. Vol. 66. P. 2491–2509.
2. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Sci. Technol.* 2014. Vol. 34. P. 386–393.
3. Desheva G. Effects of genotype, environment and their interaction on quality characteristics of winter bread wheat. *J. Basic Appl. Res.* 2016. Vol. 2. P. 363–372.
4. Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest-Steppe of Ukraine / Siroshstan A. et al. *American Journal of Agriculture and Forestry.* 2021. Vol. 9(2). P. 76–82.
5. Influence of different seed rates on yield contributing traits in wheat varieties / Nizamani G.S. et al. *Journal of Plant Sciences.* 2014. Vol. 2(5). P. 232–236.
6. Path analyses of yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under different environments / Aydin N. et al. *African Journal of Biotechnology.* 2010. Vol. 9. P. 5131–5134.
7. Effects of seeding rate on durum crop production and physiological responses / Isidro-Sanchez J. et al. *Agron. J.* 2017. Vol. 109. P. 1981–1990.
8. Palta J.A., Yang J.C. Crop root system behavior and yield preface. *Field Crops Res.* 2014 Vol. 165. P. 1–4.
9. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants / Nikolic O. et al. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 2012. Vol. 72. P. 111–116.
10. Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates / Caglar O. et al. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* 2011. Vol. 10. P. 3368–3374.
11. Growth and yield attributes of wheat at different seed rates / Laghari G.M. et al. *Sarhad Journal of Agriculture.* 2011. Vol. 27. P. 177–183.
12. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat / Zecevic V. et al. *Chil. J. Agric. Res.* 2014. Vol. 74. P. 23–28.
13. Любич В.В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ.* 2017. №2. С. 35–41.
14. Al-Salmani Md. Grain Yield And Quality Of Wheat As Affected By Cultivars And Seeding Rates / Intsar H.H. et al. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture.* 2019. Vol. 3(1). P. 8–12.
15. Optimal Wheat Seeding Rate is Influenced by Cultivar-Specific Topsoil and Subsoil Root Traits / Fang Y. et al. *Agronomy Journal.* 2019. Vol. 111(6). P. 1–11.
16. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat / Zecevic V. et al. *Chilean J. Agric. Res.* 2014. Vol. 74(1). P. 1–13.
17. Impact of sowing time and planting method on the quality traits of wheat / Farooq O. et al. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences.* 2015. Vol. 3(1). P. 8–11.
18. Daaboush T.A., Bader A.A.Y., Al-Absi W. Response of some local Yemeni wheat cultivars to seeding rates and nitrogen fertilization. *Yemeni Journal of Agriculture and Veterinary Sciences.* 2014. Vol. 1 (2). P. 73–87.
19. Abdulkarim J., Tana T., Eticha F. Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to seeding rates at Kulumsa, South Eastern Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences.* 2015. Vol. 14(2). P. 50–58.
20. Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В.О. та ін. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.

21. Пшениця спельта / Г. М. Господаренко та ін.; за заг. ред. Г.М. Господаренка. Київ: ТОВ «СІК ГРУПІ УКРАЇНА», 2016. 312 с.

REFERENCES

1. Hellemans, T., Landschoot, S., Dewitte, K., Van Bockstaele, F., Vermeir, P., Eeckhout, M., Haesaert, G. (2018). Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review. *Agric. Food Chem.* Vol. 66, pp. 2491–2509.

2. Kaya, Y., Akcura, M. (2014). Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Sci. Technol.* Vol. 34, pp. 386–393.

3. Desheva, G. (2016). Effects of genotype, environment and their interaction on quality characteristics of winter bread wheat. *J. Basic Appl. Res.* Vol. 2, pp. 363–372.

4. Siroshstan, A., Kavunets, V., Derhachov, O., Pykalo, S., Ilchenk, L. (2021). Yield and Sowing Qualities of Winter Bread Wheat Seeds Depending on the Preceding Crops and Sowing Dates in the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry.* Vol. 9(2), pp. 76–82.

5. Nizamani, G.S., Tunio, S., Buriro, U.A., Keerio, M.I. (2014). Influence of different seed rates on yield contributing traits in wheat varieties. *Journal of Plant Sciences.* Vol. 2(5), pp. 232–236.

6. Aydin, N., Sermet, C., Mut, Z., Bayramoglu, H.O., Ozcan H. (2010). Path analyses of yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under different environments. *African Journal of Biotechnology.* Vol. 9, pp. 5131–5134.

7. Isidro-Sanchez, J., Perry, B., Singh, A.K., Wang, H., DePauw, R.M., Pozniak, C.J. (2017). Effects of seeding rate on durum crop production and physiological responses. *Agron. J.* Vol. 109, pp. 1981–1990.

8. Palta, J.A., Yang, J.C. Crop root system behavior and yield preface. *Field Crops Res.* Vol. 165, pp. 1–4.

9. Nikolic, O., Zivanovic, T., Jelic, M., Djalovic, I. (2012). Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. *Chilean Journal of Agricultural Research.* Vol. 72, pp. 111–116.

10. Caglar, O., Bulut, S., Karaoglu, M.M., Kotancilar, H.G., Ozturk, A. (2011). Quality response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* Vol. 10, pp. 3368–3374.

11. Laghari, G.M., Oad, F.C., Tunio, S., Chachar, Q., Gandahi, A.W., Siddiqui, M.H. (2011). Growth and yield attributes of wheat at different seed rates. *Sarhad Journal of Agriculture.* Vol. 27, pp. 177–183.

12. Zecevic, V., Boskovic, J., Knezevic, D., Micanovic, D. (2014). Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chil. J. Agric. Res.* Vol. 74, pp. 23–28.

13. Liubych, V.V. (2017). Khlіbopekars'ki vlastyivosti zerna sortiv pshenytsi ozymoyi zalezno vid vydiv, norm i strokiv gastosuvannya azotnykh dobryv [Bread properties of grain of wheat varieties of winter

depending on types, norms and terms of nitrogen fertilizer application]. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo DAEU [Bulletin of Dnipropetrovs'k State Technical University].* Vol. 2, pp. 35–41.

14. Intsar, H.H., Al-Hilfy, S.A., Wahid, H.M.K., Al-Abodi, S.A.A., Al-Salmani, Md. (2019). Grain Yield And Quality Of Wheat As Affected By Cultivars And Seeding Rates. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture.* Vol. 3(1), pp. 8–12.

15. Fang, Y., Miao, Q., Liu, S., Xu, B., Zhang, S., Kadambot, H.M., Palta, J., Chen, Y. (2019). Optimal Wheat Seeding Rate is Influenced by Cultivar-Specific Topsoil and Subsoil Root Traits. *Agronomy Journal.* Vol. 111(6), pp. 1–11.

16. Zecevic, V., Boskovic, J., Knezevic, D., Micanovic, D. (2014). Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean J. Agric. Res.* Vol. 74(1), pp. 1–13.

17. Farooq, O., Ali, M., Naeem, M., Sattar, A., Ijaz, M., Sher, A., Iqbal, M.M. (2015). Impact of sowing time and planting method on the quality traits of wheat. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences.* Vol. 3(1), pp. 8–11.

18. Daaboush, T.A., Bader, A.A.Y., Al-Absi, W. (2014). Response of some local Yemeni wheat cultivars to seeding rates and nitrogen fertilization. *Yemeni Journal of Agriculture and Veterinary Sciences.* Vol. 1 (2), pp. 73–87.

19. Abdulkarim, J., Tana, T., Eticha, F. (2015). Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to seeding rates at Kulumsa, South Eastern Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences.* Vol. 14(2), pp. 50–58.

20. Yeshchenko, V.O., Kopitko, P.G., Kostogriz, P.V., Oproshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomiyi [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnitsa, PP "TD Edelweiss and K", 332 p.

21. Hospodarenko, G.M., Kostogryz, V.P., Liubych, V.V. (2016). Pshenytsya spel'ta [Wheat spelt]. Kyiv, Sik group Ukraine.

Yield and quality of soft winter wheat depending on the sowing rates

Kolibabchuk T., Kuzmenko O., Zarva O., Liubych V.

The study has found that on average for two years of research, the yield of soft winter wheat was the highest at sowing rates of 5 million/ha – 5.53 t/ha. Under sowing rates of 4 million/ha the indicator made 5.28 t/ha or only 5 % less compared to the sowing rate of 5 million/ha. Sowing rate increase to 8 million/ha reduced grain yield by 3–5 %. In addition, the stability index was high – 0.95–0.98. The yield varied from 4.82 to 5.59 t/ha in more favorable 2021, and in 2020 – from 4.56 to 5.47 t/ha depending on the sowing rate.

Increased sowing rate of soft winter wheat contributed to reduced protein content in the grain. Thus, its highest content was at the lowest seeding rate – 15.8 %, and at 8 million/ha – 12.6 %. Protein content varied due to weather conditions during the ripening period of soft winter wheat. Thus, with moisture deficit in 2020, the protein content was the highest – 12.9–16.1, and in 2021 it made 12.2–15.4 % depending on the exper-

iment variant. Stability index was high – 0.93–0.97. Starch content varied inversely with protein content. Thus, with the increase in sowing rate, this indicator increased from 55.6 to 59.0 % with a stability index of 0.98–0.99. On average, over two years of research, gluten content decreased from 33.9 to 27.3 % or 20 %. Its highest content was obtained under the cultivation of soft winter wheat in 2020 – 27.7–35.8 %, and in 2021 – 26.8–31.9 %. An increase in sowing rate decreased the sedimentation index of soft winter wheat. Thus, on average over two years of research, this indicator decreased from 63.7 at the lowest sowing rate to 35.9 cm³ or 1.8 times. The strength of soft winter wheat flour decreased from 334 to 228 units of instrument with an increase in sowing rate or 1.5 times.

The grain unit of soft winter wheat increased from 696 g/l at sowing rates of 3 million/ha to 725–729 g/l at sowing rates of 4–5 million/ha or by 4–5 %. With the increase of the sowing rate to 6–8 million/ha, the grain yield decreased to 694–718 g/l or by 2–5 % compared to the indicator obtained at sowing rates of 4–5 million/ha. Stability index was high – 0.97–0.99. Grain unit has hardly changed over the research years.

In the agrotechnology of LP 2666 soft winter wheat line, the sowing rate should be 4–5 million/ha. In this scenario, the yield is 5.28–5.53 t/ha, protein content – 14.3–15.1 %.

Key words: soft winter wheat, yield, sowing rate, grain quality, stability index.



Copyright: Колібабчук Т.В. та ін. © 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.



ORCID iD:

Колібабчук Т.В.

Кузьменко О.В.

Зарва О.І.

Любич В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-0871-6594>

<https://orcid.org/0000-0001-7476-7800>

<https://orcid.org/0000-0002-5493-8147>

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