

ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТИ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ

В. В. ЛАПЧИНСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук

В. Я. ХОМІНА, доктор сільськогосподарських наук

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

В умовах нестійкого зволоження врожайність пшениці спельти озимої істотно залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду. Встановлено, що відхилення середньодобових температур і кількості опадів, як в період сівби, так і в критичні міжфазні періоди розвитку рослин пшениці спельти озимої за органічної технології вирощування зумовлює скорочення тривалості вегетаційного періоду, зрідження густоти посіву та зниження врожайності. На фоні зміни клімату, актуальним є дотримання ранніх строків сівби пшениці спельти озимої при нормі висіву 5–6 млн/га по попереднику соя, що забезпечує стабільно високу продуктивність умовах нестійкого зволоження.

Ключові слова: пшениця спельта озима, попередники, ГТК, клімат, вегетація, норма висіву, строк сівби, органічне землеробство.

Постановка проблеми. Зміни клімату суттєво підсилюють вплив гідротермічних умов на ефективність використання природного потенціалу сільськогосподарськими культурами, особливо в сівозмінах органічного землеробства. З огляду на те, що у світі близько 74,8 млн га сільськогосподарських угідь використовуються під органічне виробництво, виникає нагальна потреба у поглибленому вивченні взаємозв'язків між гідротермічними параметрами навколишнього середовища та ростом і розвитком рослин. Таке розуміння є основою для вибору сортів і технологічних рішень, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів і стабільну врожайність у системах органічного виробництва.

Сучасні кліматичні тенденції в південній частині Лісостепу України характеризуються підвищенням середньорічної температури, частими зимовими відлигами та скороченням періоду зимового спокою озимих культур [1, 2]. Відновлення вегетації взимку стає звичним явищем і починається на два-три тижні раніше від середньобагаторічних строків. Такі теплові аномалії впливають на тривалість осінньої вегетації, умови перезимівлі, весняний ріст і розвиток рослин, а відтак – на їхню продуктивність [3–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні, навіть в умовах війни, спостерігається тенденція до збільшення площ сільськогосподарських угідь, що використовуються для органічного виробництва продукції рослинництва, при цьому зернові й олійні культури залишаються лідерами за обсягами виробництва [11].

Урожайність польових культур в органічному землеробстві залежить від

багатьох факторів: правильного добору сортів і культур у сівозміні, використання покривних культур, погодних умов. Згідно результатів останніх досліджень проблематики вирощування зернових культур науковці стверджують, що посушливі умови істотно пригнічують фізіологічні процеси озимих культур, зокрема пшениці спельти, внаслідок чого зменшується накопичення асимілянтів, прискорюється онтогенез і скорочується тривалість генеративного періоду [1, 2, 6].

Низька відносна вологість повітря у поєднанні з високими температурами суттєво погіршують ефективність використання ґрунтової вологи і, як наслідок, спричинює зниження врожайності. При цьому посухостійкість рослин змінюється протягом онтогенезу і зазвичай залежить від сортових особливостей, строку сівби та щільності агроценозу. Дослідження українських учених [5] підтверджують необхідність адаптації технологій вирощування до нинішніх кліматичних умов. Лісостеп України дедалі більше набуває ознак зони ризикованого землеробства, де головною проблемою стає дефіцит вологи та її раціональне використання [3]. Тому, встановлення оптимального строку сівби та норм висіву пшениці спельти озимої, як культури, перспективної для органічного землеробства, має важливе значення для стабілізації її врожайності в умовах змін клімату.

Мета досліджень – вивчення впливу гідротермічних умов на продуктивність пшениці спельти озимої за різних строків сівби, норм висіву насіння і попередників.

Методика досліджень. Дослідження (2016–2023 рр.) проведено в умовах НДЦ «Поділля» Закладу вищої освіти Подільський державний університет, що географічно відноситься до лісостепової кліматичної зони з помірно континентальним напівсухим кліматом і нестійким зволоженням. Сніговий покрив більшої частини території низький і нестійкий. Середньорічна сума опадів – 450–600 мм. Весняні сухості, що почастишали останніми роками, знижують вологість ґрунту. В останнє десятиріччя, в умовах регіону досліджень максимум опадів припадає на червень–липень, а весняний період і кінець літа часто бувають посушливими та супроводжуються значними втратами вологи внаслідок випаровування. Опади в середині літа часто малоефективні через зливові дощі і значні втрати вологи через поверхневий стік.

Ґрунт дослідного поля чорноземом типовий глибокий малогумусний середньосуглинковий на лесовидному суглинку (вміст гумусу – 3,4 %; РН = 6,8–7,3; забезпечення лужногідролізованим азотом – дуже низьке, рухомими формами фосфору – середнє, обмінним калієм – підвищене; рельєф поля, де закладалися дослідні ділянки, має північний схил крутизною до 3 °, глибина залягання ґрунтових вод – 5–7 м.

У дослідях вивчали два сорти пшениці спельти озимої Зоря України і Європа, а також сортозразок Альберта селекції Всеукраїнського наукового інституту селекції. Всі досліджувані генотипи екстенсивного типу, придатні для органічного землеробства.

В 2016–2019 роках вивчалися закономірності впливу строків сівби та норм висіву насіння на врожайність пшениці спельти озимої. Насіння висівали в

чотири строки з кроком в десять діб з другої декади вересня по другу декаду жовтня. За всіх строків сівби досліджували норми висіву насіння від 2,0 до 6,0 млн шт. схожих насінин/га з кроком в 1 млн шт/га. Попередником була – соя. У 2021–2023 рр. вивчали реакцію сортів і сортозразків пшениці спельти озимої на попередники – ячмінь ярий і сою. Сівбу сортів спельти проводили у другій декаді вересня з нормою висіву 5,0 млн схожих насінин на 1 га.

Досліди закладали у чотириразовій повторності, площа облікової ділянки – 25 м². Сівбу проводили сівалкою СН-16. Технологія вирощування культури – органічна. Гідротермічний коефіцієнт визначали за формулою Селянінова. Тривалість міжфазних періодів розвитку рослин спельти озимої визначали за шкалою Zadoks [12]. Статистичний аналіз результатів польових досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [13].

Результати досліджень. За результатами оцінки показників, що визначають кліматичну мінливість за роки досліджень, встановлено, що впродовж 2016–2023 років кліматичні умови характеризувалися вираженою сезонною динамікою температурного режиму (рис. 1).

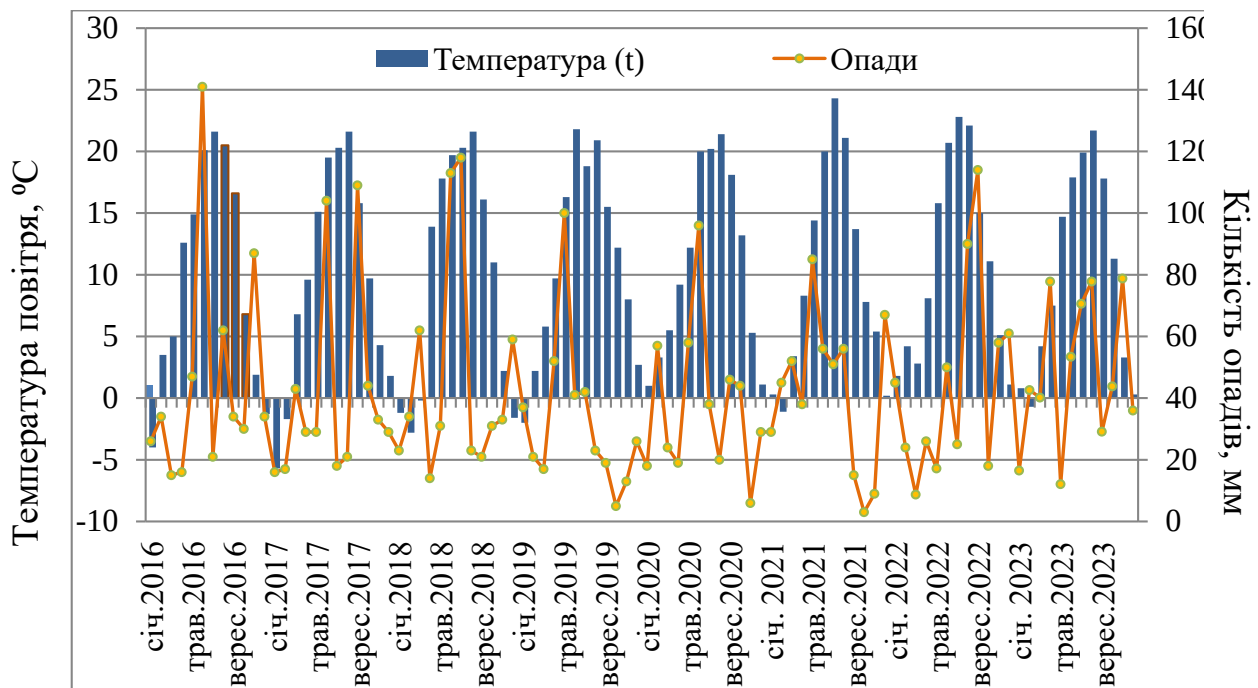


Рис. 1. Кліматичні умови в роки досліджень (2016–2023 рр.)

Середньомісячні температури впродовж року змінювалися в межах від мінус 5 °С – у зимові місяці до плюс 20–25 °С – у літній період. Найвищі показники температури повітря спостерігалися у 2019, 2020 і 2022 роках. Зимовий період останніх років відзначався відсутністю стійких морозів і частими відлигами, що є характерною ознакою кліматичних зрушень у бік м'якішого термічного режиму.

Найвологішими були 2016, 2018 і 2021 роки, коли кількість опадів перевищувала багаторічні середні значення. Натомість у 2019, 2022 і 2023 роках переважали тривалі посушливі періоди, особливо в літні місяці, коли рівень опадів знижувався до 20–40 мм. Така нерівномірність надходження вологи

спричинила чергування періодів надмірного зволоження і дефіциту вологи, що суттєво впливало на формування гідротермічних умов вирощування сільськогосподарських культур.

Найвищі відхилення за надходженням вологи фіксували у червні (43,0 мм), липні (33,8 мм) та серпні (21,2 мм). Найменше варіювання за сумою опадів спостерігали у січні (7,1 мм) та квітні (14,4 мм). Загалом, у весняно-літній період фіксували нестабільність за кількістю опадів, що істотно впливає на водозабезпечення польових культур, тривалість їх міжфазних періодів і потенційну врожайність. Найменший діапазон температурних коливань відмічено влітку (червень–серпень), що свідчить про стабільно теплі умови вегетаційного періоду. Найбільші температурні коливання відмічені в зимово–весняний період (січень–березень), коли спостерігаються різкі перепади температури.

В цілому аналіз кліматичні умови 2016–2023 років досліджень мають чітко виражену сезонну динаміку, що необхідно враховувати під час планування строків сівби, догляду за посівами та доборі сортів за адаптивністю до гідротермічних умов.

Зростання амплітуди коливань температури та опадів, а також посилення контрастності між вологими й посушливими сезонами зумовлювало зміни тривалості вегетаційного періоду пшениці спелти озимої від 173 до 209 діб (табл. 1). Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду і фаз розвитку істотно залежали, як від строків сівби і норми висіву насіння, так і від гідротермічних умов.

Найбільшу тривалість вегетаційного періоду (202–209 діб) зафіксовано за сівби у II декаді вересня, що зумовлено тривалішим перебігом міжфазного періоду «сходи–завершення осінньої вегетації», що становив у середньому 71 добу. Сівба у III декаді вересня зумовлювала скорочення загальної тривалості вегетаційного періоду до 192–197 діб. Пізніший строк сівби (I декада жовтня) забезпечував зменшення тривалості вегетаційного періоду до 184–187 діб, а сівба в II декаді жовтня – до 173–176 діб. При цьому тривалість періоду «сходи–завершення осінньої вегетації» скорочувалася із 71 доби до 34–35 діб, що свідчить про прискорене проходження фаз розвитку рослин за пізніх строків сівби.

Зростання середнього лінійного відхилення й коефіцієнта варіації вказує на підвищену чутливість рослин до погодних коливань. Особливо це проявлялося у роки з низьким гідротермічним коефіцієнтом восени ($ГТК < 1,0$), що зумовлювало пригнічення осіннього росту та нерівномірне відновлення весняної вегетації. Отримані результати узгоджується з регіональними польовими спостереженнями південно-степових регіонів України, де підвищення середньорічних температура і варіабельність за кількістю опадів позитивно корелюють зі скороченням міжфазних періодів пшениці озимої та ярої та істотними змінами врожайності [10].

Вплив норми висіву насіння проявлявся меншою мірою. Зі збільшенням норми висіву від 2,0 до 6,0 млн/га спостерігалася незначне скорочення тривалості міжфазних періодів і зменшення загальної тривалості вегетаційного періоду в середньому на 2–7 діб. Найменша тривалість вегетаційного періоду відзначалася за норм висіву 5,0–6,0 млн/га.

Табл. 1. Тривалість міжфазних періодів розвитку пшениці спельти озимої сорту Зоря України (2016–2019 рр.)

Строк сівби	Норма висіву насіння, млн/га	Тривалість міжфазних періодів, діб					Тривалість вегетаційного періоду, діб
		сівба–сходи	сходи–завершення осінньої вегетації	відновлення весняної вегетації–кущення	кущення–колосіння	цвітіння–дозрівання	
II декада вересня	2,0	12	71	28	28	70	209
	3,0	12	71	28	28	69	208
	4,0	12	71	27	27	67	204
	5,0	12	71	26	26	67	202
	6,0	12	71	26	26	67	202
III декада вересня	2,0	13	59	28	28	70	197
	3,0	13	59	28	28	70	197
	4,0	13	59	28	27	68	195
	5,0	13	59	27	27	67	192
	6,0	13	59	27	27	67	192
I декада жовтня	2,0	15	47	28	28	70	187
	3,0	15	47	28	28	70	187
	4,0	15	47	27	27	69	185
	5,0	15	47	27	26	69	184
	6,0	15	47	27	26	69	184
II декада жовтня	2,0	19	35	25	28	70	176
	3,0	19	35	25	28	70	176
	4,0	19	35	23	27	70	174
	5,0	19	34	23	27	70	173
	6,0	19	34	23	27	70	173
Середнє значення		15	53	26	27	69	190
Середнє лінійне відхилення, ±		3	14	2	1	1	12
Коефіцієнт варіації, %		19,0	26,6	7,0	2,7	1,7	6,0

Аналіз варіабельності показав, що найбільш мінливими були міжфазні періоди «сходи–завершення осінньої вегетації» (коефіцієнт варіації $V = 26,6\%$) та «сівба–сходи» ($V = 19,0\%$), що зумовлено значною їх залежністю від температурного режиму й вологозабезпеченості. Водночас періоди «кущення–колосіння» ($V = 2,7\%$) та «цвітіння–дозрівання» ($V = 1,7\%$) характеризувалися

невисокою варіабельністю, що свідчить про їх генетичну детермінованість.

Регресійний та кореляційний аналіз результатів польових спостережень у Південній Польщі [8] вказує на те, що варіювання температури повітря і кількості опадів прямо впливають на хід стадій розвитку пшениці озимої та можуть скорочувати або подовжувати окремі міжфазні періоди залежно від року. У проведених дослідженнях між строками сівби та тривалістю вегетаційного періоду встановлено тісний обернений кореляційний зв'язок ($r = -0,983 \pm 0,00$). Це свідчить про скорочення тривалості вегетаційного періоду зі зміщенням строків сівби на пізніші календарні терміни. Отже, строк сівби є визначальним фактором у формуванні тривалості онтогенезу.

Варіювання гідротермічного коефіцієнта за фазами розвитку спелости відображало особливості погодних умов у різні роки. У фазі BBCH 00–22 (сівба–початок кущення) ГТК коливався в межах 0,44–1,17, що свідчить про різну забезпеченість вологою в осінній період (табл. 2).

Табл. 2. Гідротермічний коефіцієнт у міжфазні періоди розвитку пшениці спелости озимої (2016–2019 рр.)

Строки сівби	Фаза розвитку за Zadoks (BBCH)				
	00–22	22–26	26–29	30–92	00–92
II декада вересня	1,17	0,33	0,41	1,22	0,93
III декада вересня	0,77	0,33	0,41	1,23	0,98
I декада жовтня	0,52	0,33	0,41	1,23	1,03
II декада жовтня	0,44	0,33	0,41	1,23	1,01
Середнє значення	0,72	0,33	0,41	1,22	0,99
Середнє лінійне відхилення, $\pm$	0,33	0,00	0,00	0,00	0,04
Коефіцієнт варіації, V	45,70	0,00	0,00	0,00	3,80

За оптимальних значень ГТК $> 1,0$ сходи з'являлися дружно, а за посушливих умов – із запізненням. У міжфазні періоди BBCH 22–29 (початок осіннього кущіння–відновлення весняної вегетації) ГТК становив 0,33–0,41, що відповідало оптимальному поєднанню тепла та вологості. У міжфазні періоди BBCH 30–92 (вихід у трубку–дозрівання) значення ГТК у було у межах 1,22–1,23, що забезпечувало рівномірний розвиток і належне формування генеративних органів.

Таким чином результати досліджень свідчать, що найбільш чутливим до змін гідротермічних умов є початковий період розвитку (BBCH 00–22). Зміщення строків сівби на пізніші терміни погіршує умови зволоження на етапі проростання, однак істотно не впливає на гідротермічне забезпечення рослин упродовж подальшого онтогенезу. За ранніх строків сівби (II–III декада вересня) тривалість осінніх фаз розвитку подовжувалась. За сівби у I–II декаді загальна тривалість вегетаційного періоду – скорочувалася.

Дослідження показали, що врожайність пшениці спелости озимої істотно варіювала залежно від строків сівби, норм висіву насіння і ГТК. Середнє

значення урожайності за роки досліджень становило 5,90 т/га (табл. 3).

Табл. 3. Врожайність пшениці спельти озимої сорту Зоря України залежно від строку сівби і норми висіву насіння (2016–2019 рр)

Строк сівби (фактор А)	Норма висіву насіння, млн/га (фактор В)	Урожайність, т/га				$\bar{X}$ норма висіву	$\bar{X}$ строк сівби
		2016	2017	2018	2019		
II декада вересня	2,0	3,70	3,63	3,63	3,47	3,61	6,41
	3,0	5,60	5,23	5,42	5,19	5,36	
	4,0	6,71	7,05	6,95	6,34	6,76	
	5,0	8,22	8,78	8,31	7,51	8,21	
	6,0	7,95	9,12	7,95	7,45	8,12	
III декада вересня	2,0	3,42	3,34	3,25	3,30	3,33	6,01
	3,0	4,78	4,84	4,93	4,73	4,82	
	4,0	6,30	6,37	6,22	6,26	6,29	
	5,0	7,43	8,04	8,24	7,59	7,83	
	6,0	8,07	7,81	7,07	8,16	7,78	
I декада жовтня	2,0	2,96	3,00	3,00	3,03	3,00	5,20
	3,0	4,23	4,10	4,52	4,34	4,30	
	4,0	5,08	5,46	5,77	5,78	5,52	
	5,0	6,38	6,10	6,42	6,51	6,35	
	6,0	7,18	6,41	6,87	6,80	6,82	
II декада жовтня	2,0	2,72	2,83	3,02	3,01	2,90	5,10
	3,0	4,02	3,80	4,57	4,52	4,23	
	4,0	5,00	5,11	5,93	5,76	5,45	
	5,0	6,13	6,02	7,09	7,13	6,59	
	6,0	6,01	5,80	6,29	7,32	6,36	
Середнє значення		5,59	5,64	5,77	5,71	5,70	5,90
Середнє лінійне відхилення, $\pm$		1,72	1,88	1,69	1,67	1,71	0,66
Коефіцієнт варіації, %		30,8	33,3	29,8	29,2	31,3	11,1
HIP_{05}	A	0,89	0,91	0,92	0,91	—	
	B	0,79	0,81	0,83	0,82		
	A $\times$ B	1,40	1,45	1,52	1,43		

Довготривалі спостереження й експериментальні порівняння окремих дослідників показали, що сучасні сорти пшениці озимої потребують на 14–18 % менше суми ефективних температур від сходів до цвітіння порівняно зі старими сортами [7]. Проте, у наших умовах, саме за ранніх строків сівби спостерігалось оптимальне співвідношення тривалості міжфазних періодів, що забезпечувало повноцінне проходження усіх фаз розвитку рослин. Тривалість вегетаційного періоду в межах 192–209 діб і достатня кількість вологи сприяли рівномірному формуванню генеративних органів і високій зерновій продуктивності.

Найвищу врожайність отримано при сівбі у II–III декадах вересня, де середні значення становили 6,2–6,6 т/га, а максимальна врожайність за роки досліджень сягала 8,2 т/га при нормі висіву 5,0–6,0 млн схожих насінин/га. При більш пізніх строках сівби (I–II декади жовтня) врожайність знижувалася до 5,10–5,20 т/га, що пов'язано зі скороченням періоду осінньої вегетації. Скорочення вегетаційного періоду (на 22–36 діб) зумовлювало зниження генетичного потенціалу продуктивності.

Гідротермічні умови мали вирішальний вплив на формування врожайності досліджуваної культури. У роки з оптимальним співвідношенням температури і вологозабезпечення (ГТК 1,1–1,3) відмічалася найвища продуктивність пшениці спельти озимої сорту Зоря України, а натомість у роки з дефіцитом вологи (ГТК < 1,0) або надлишковими опадами (ГТК > 1,4) спостерігалось істотне зниження врожайності (на 10–20 %) порівняно з середнім рівнем.

Вивчення впливу попередників на врожайність сортів пшениці спельти озимої базувалися на результатах наших попередніх досліджень, згідно яких, в органічних коротко- і довгоротаційних зерно-трав'яних сівоzmінах, помірно насичених бобовими травами та кормовими культурами, спельту озиму найчастіше розміщують після зернобобових, бобових, інколи, злакових зернових культур, обов'язково враховуючи помірну вимогливість культури до азотного живлення та цільове призначення вирощеного зерна.

У 2021–2023 рр. аналізували реакцію сортів спельти озимої Зоря України, Європа і сортозразка Альберта на попередники сою та ячмінь ярий. Строк сівби – друга декада вересня, норма висіву насіння – 5 млн шт/га.

У середньому за три роки врожайність пшениці спельти озимої після ячменю ярого становила 4,77–5,84 т/га, після сої – 5,40–6,30 т/га (табл. 4).

Табл. 4. Вплив попередників на врожайність пшениці спельти озимої, т/га (2021–2023 рр.)

Сорт, сортозразок (фактор В)	Попередник (фактор А)					
	ячмінь ярий			соя		
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Зоря України (st)	4,22	5,28	5,25	5,34	5,62	6,00
Альберта	4,83	5,17	5,83	5,12	5,74	6,14
Європа	5,25	5,45	6,44	5,74	6,17	6,75
Середнє	4,77	5,30	5,84	5,40	5,84	6,30
<i>A</i>	0,19	0,22	0,36	0,31	0,35	0,32
<i>HIP₀₅ B</i>	0,23	0,26	0,44	0,38	0,42	0,37
<i>A × B</i>	0,47	0,51	0,86	0,77	0,68	0,65

Примітка. ГТК у 2021 р. – 0,4, у 2022 р. – 1,0, у 2023 р. – 1,1

Вищий ГТК сприяв істотному приросту врожайності (0,90–1,07 т/га) незалежно від сорту й попередника. Найбільшу врожайність забезпечував попередник соя, що підкреслює його позитивний вплив на агрофон та

адаптивність сортів спельти. У 2021 році, за низького рівня зволоження (ГТК = 0,4), врожайність усіх досліджуваних форм спельти озимої була найнижчою: на рівні 4,22–5,25 т/га – після ячменю ярого, 5,12–5,74 т/га – після сої. Попри стресові умови, попередник соя забезпечив істотно вищу врожайність (на 1,10–1,82 т/га при $НІР_{05} = 0,19–0,31$). У 2022 році умови зволоження були оптимальними (ГТК = 1,0), що забезпечило істотне підвищення врожайності усіх досліджуваних форм спельти озимої. Так, після ячменю ярого вона становила 5,17–5,45 т/га, після сої – 5,62–6,17 т/га.

Позитивний ефект сої як попередника зберігався (приріст 0,45–0,72 т/га за $НІР_{05} = 0,22–0,35$). У 2023 році (ГТК = 1,1) відзначено найвищі показники врожайності: після ячменю ярого – 5,25–6,44 т/га, після сої – 6,00–6,75 т/га. Це свідчить, про зменшення різниці між попередниками за цмов достатнього зволоження. Серед досліджуваних генотипів спельти озимої найвищу врожайність впродовж трьох років формував сорт Європа 5,25–6,44 т/га – після ячменю ярого, 5,74–6,75 т/га – після сої, що перевищувало стандарт відповідно на 0,17–1,23 т/га ($НІР_{05} = 0,23–0,44$) і 0,40–0,75 т/га ($НІР_{05} = 0,38–0,42$).

Висновки. Сівба пшениці спельти озимої у II–III декадах вересня з нормою висіву 5,0–6,0 млн шт. схожих насінин/га забезпечує оптимальну тривалість міжфазних періодів та сприяє ефективному використанню гідротермічних ресурсів упродовж вегетації. Зміщення строків сівби на пізніші терміни погіршує умови зволоження на етапі проростання

Гідротермічні умови мають вирішальний вплив на формування врожайності. Підвищені показники ГТК (1,1–1,3) спричиняють істотний приріст врожайності (0,90–1,07 т/га) пшениці спельти озимої за обох попередників. У роки з дефіцитом вологи (ГТК < 1,0) або наднормовим її надходженням (ГТК > 1,4) врожайність знижується на 10–20 %.

Найвищу врожайність пшениці спельти озимої відмічено після сої (5,40–6,30 т/га), що свідчить про позитивний вплив цього попередника на родючість агрофону та кращу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сортів пшениці спельти озимої. Найвищу врожайність впродовж трьох років формував сорт Європа (5,25–6,44 т/га – після ячменю ярого, 5,74–6,75 т/га – після сої).

Перспективою подальших досліджень є розробка адаптаційних заходів для підвищення стійкості пшениці спельти озимої до негативного впливу абіотичних чинників та впровадження технологічних заходів із накопичення, збереження і раціонального використання вологи, особливо в умовах недостатнього зволоження.

Література:

1. Дутова Г. А., Смульська І. В. Пшениця спельта озима (*Triticum spelta* L.). *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів (с. Центральне, 21 квіт. 2023 р.). Київ, НААН, МПП ім. В. М. Ремесла, М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин, 2023. С. 42.
2. Заїка Н. Е. Екологічні аспекти вирощування спельти в умовах Лісостепу України. Дис. ... д-ра філософії зі спец. 201 Агрономія. Біла Церква, Білоцерківський національний аграрний університет, 2023. 158 с.

3. Лапчинський В. В. Аналіз еколого-географічних особливостей центрів походження *Triticum spelta* і перспективи поширення культури в Україні. *ScienceRise*. 2016. № 4(1). С. 34–38.
4. Лапчинський В. В. Пшениця спельта в органічній сівозміні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 28. С. 59–64.
5. Писаренко В. М., Писаренко П. В., Писаренко В. В., Горб О. О., Чайка Т. О. Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 134–146. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.15.
6. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Вплив змін клімату на агрокліматичні умови вегетаційного періоду основних сільськогосподарських культур. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 20. С. 61–69.
7. Rezaei E. E., Siebert S., Ewert F. Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar and management. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. P. 4891. DOI: 10.1038/s41598-018-23101-2.
8. Skowera B., Kulig B., Ziernicka-Wojtaszek A., Grygierzec W., Ziółkowska E., Lepiarczyk A. The effect of meteorological conditions on the course of development stages and yield of winter wheat in southern Poland. *Journal of Water and Land Development*. 2024. № 60. DOI:10.24425/jwld.2024.149117
9. Juknys R., Velička R., et al. Projecting the impact of climate change on phenology of winter wheat in northern Lithuania. *International Journal of Biometeorology*. 2017. Vol. 61. № 10. P. 1765–1775. DOI: 10.1007/s00484-017-1360-y.
10. Korhova M. Influence of weather conditions on the duration of interstage periods and yield of durum winter wheat. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25. № 2. P. 36–46. DOI: 10.48077/scihor.25(2).2022.36-46.
11. Puyu V., Vakhnyak V., Lapchynskyi V., Koberniuk O., Tarasyuk V. Comparative study of organic farming systems in different geographical regions. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 12. P. 124–134. DOI: 10.48077/scihor12.2023.124.
12. Zadoks J. C., Chang T. T., Konzak C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 1974. Vol. 14. № 6. P. 415–421.
13. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костоґриз П. В. *Основи наукових досліджень в агрономії : підруч.* Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

References:

1. Dutova, G. A., Smulka, I. V. (2023). Winter spelt wheat (*Triticum spelta* L.). *Selection, Genetics and Cultivation Technologies of Agricultural Crops: Proceedings of the XI International Scientific-Practical Conference of Young Scientists and Specialists (Centralne, April 21, 2023)*, 42. [in Ukrainian].
2. Zaika, N. E. (2023). Ecological aspects of spelt cultivation under Forest-Steppe conditions of Ukraine. Doctor of Philosophy Dissertation in Agronomy, Bila Tserkva National Agrarian University, 158 p. [in Ukrainian].
3. Lapchynskyi, V. V. (2016). Analysis of ecological and geographical features of *Triticum spelta* centers of origin and prospects of crop spread in Ukraine. *ScienceRise*, 4(1), 34–38. [in Ukrainian].

4. Lapchynskyi, V. V. (2018). Spelt wheat in organic crop rotation. *Podilskyi Visnyk: Agriculture, Engineering, Economics*, 28, 59–64. [in Ukrainian].
5. Pisarenko, V. M., Pisarenko, P. V., Pisarenko, V. V., Horb, O. O., Chaika, T. O. (2019). Droughts in the context of climate change in Ukraine. *Visnyk of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.15> [in Ukrainian].
6. Polovyi, A. M., Bozhko, L. Yu., Barsukova, O. A. (2017). Influence of climate change on agroclimatic conditions of the growing season of major agricultural crops. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 20, 61–69. [in Ukrainian].
7. Rezaei, E. E., Siebert, S., Ewert, F. (2018). Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar and management. *Scientific Reports*, 8, 4891. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23101-2>
8. Skowera, B., Kulig, B., Ziernicka-Wojtaszek, A., Grygierzec, W., Ziółkowska, E., Lepiarczyk, A. (2024). The effect of meteorological conditions on the course of development stages and yield of winter wheat in southern Poland. *Journal of Water and Land Development*, 60. <https://doi.org/10.24425/jwld.2024.149117>
9. Juknys, R., Velička, R., et al. (2017). Projecting the impact of climate change on phenology of winter wheat in northern Lithuania. *International Journal of Biometeorology*, 61(10), 1765–1775. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1360-y>
10. Korhova, M. (2022). Influence of weather conditions on the duration of interstage periods and yield of durum/winter wheat. *Scientific Horizons*, 25(2), 36–46. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(2\).2022.36-46](https://doi.org/10.48077/scihor.25(2).2022.36-46)
11. Puyu, V., Vakhnyak, V., Lapchynskyi, V., Koberniuk, O., Tarasyuk, V. (2023). Comparative study of organic farming systems in different geographical regions. *Scientific Horizons*, 26(12), 124–134. <https://doi.org/10.48077/scihor12.2023.124>
12. Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415–421.
13. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., Kostohryz, P. V. (2014). *Fundamentals of Scientific Research in Agronomy: Textbook*. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K», 332 p. [in Ukrainian].

Annotation

Lapchynskyi V. V., Khomina V. Ya.

Yield of winter spelt wheat under different hydrothermal conditions and agrotechnology elements

Objective. The study aimed to investigate the influence of hydrothermal conditions on the productivity of winter spelt wheat under different sowing dates, seeding rates, and preceding crops.

Methods. Field, measurement, calculation-comparative, analytical, and statistical methods were used.

Results. It was established that the duration of the growing season and development stages significantly depended on sowing dates, seeding rates, and hydrothermal conditions. The longest growing season (202–209 days) was observed with sowing in the second decade of September, due to the prolonged interphase period from emergence to the end of autumn vegetation, which averaged 71 days. Sowing in the third decade of September shortened the total duration of the growing season to

192–197 days. Later sowing (first decade of October) reduced the growing season to 184–187 days, and sowing in the second decade of October shortened it to 173–176 days. The initial development period (Zadoks 00–22) was most sensitive to changes in hydrothermal conditions. Delaying sowing negatively affected moisture availability during germination but did not significantly impact hydrothermal provision during subsequent ontogeny. Early sowing dates (second–third decades of September) extended autumn development phases, whereas sowing in the first–second decades of October shortened the total growing season. The highest yield was obtained with sowing in the second–third decades of September, with average values of 6.2–6.6 t/ha, and the maximum yield over the study years reached 8.2 t/ha at a seeding rate of 5.0–6.0 million viable seeds/ha.

Conclusions. Sowing winter spelt wheat in the second–third decades of September at a seeding rate of 5.0–6.0 million viable seeds/ha ensures optimal interphase durations and promotes effective use of hydrothermal resources during the growing season. Delaying sowing worsens moisture conditions during germination. Hydrothermal conditions have a decisive influence on yield formation. Increased hydrothermal coefficient (HTC) values (1.1–1.3) caused a significant yield increase (0.90–1.07 t/ha) for winter spelt wheat for both preceding crops. In years with moisture deficit ($HTC < 1.0$) or excessive moisture ($HTC > 1.4$), yield decreased by 10–20%. The highest yield of winter spelt wheat was observed after soybean (5.40–6.30 t/ha), indicating the positive effect of this preceding crop on soil fertility and better realization of the genetic potential of spelt varieties. Over three years, the highest yield was recorded for the variety Europa (5.25–6.44 t/ha after spring barley, 5.74–6.75 t/ha after soybean).

Key words: spelt, preceding crops, hydrothermal coefficient, climate, vegetation, seeding rates, sowing dates, organic farming.