

**АДАПТИВНІСТЬ ВІВСА ЗА ЗМІННИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ****С. М. КАЛЕНСЬКА**, доктор сільськогосподарських наук, професор,<https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>E-mail: svitlana.kalenska@gmail.com**Р. В. ФЕДІВ**<https://orcid.org/0009-0006-8946-358X>**Національний університет біоресурсів і природокористування України**[https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.004](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.004)

Анотація. Глобальні зміни клімату обумовлюють пришвидшення змін екологічних чинників – зростання та різкі перепади температур, нерівномірність опадів, посухи, що суттєво впливає на урожайність культур. Продовольчі системи потребують розширення біорізноманіття видів, які є поліфункціональними у використанні та достатньо толерантними до умов вирощування. Однією з таких культур є овес посівний – надзвичайно цінний в харчуванні людини та в забезпеченні кормової бази. Метою дослідження є встановлення адаптивності сортів вівса посівного за змінних умов живлення, теплового режиму та забезпечення вологою в роки проведення дослідження. Польові дослідження з сортами вівса посівного проводили впродовж 2021 – 2023 років у стаціонарному досліді кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України у відокремленому підрозділі «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Фастівський р – н, Київська обл.) на чорноземах типових мало гумусних. Сорти вівса різняться між собою щодо адаптивності, обумовленої генетичними особливостями, екологічними й технологічними чинниками вирощування. Адаптивність сортів ідентифікується через їх пластичність та стабільність. Проведено аналізування екологічних чинників – накопичення теплових одиниць, сум активних і ефективних температур, ГТК для біологічно активних мінімумів на рівні +5 °C та +10 °C. Доведено, що обґрунтованим для характеристики екологічних чинників за вирощування вівса є використання для розрахунку показників для біологічного мінімуму +5 °C. Пластичність сортів зростала за підвищення норм макроелементів, особливо в комбінації з зростаючими нормами сірки. Високо пластичними та стабільними є сорти Айворі, Зубр, Легінь Носівський – коефіцієнт пластичності дорівнює або перевищує 1 за всіх систем удобрення. Сорт Айворі є високо пластичним та стабільним і позитивно реагує на покращення умов живлення: коефіцієнт пластичності – 1,00 – 1,32, коефіцієнт стабільності 0,00 – 0,037. Низькопластичним та нестабільним є сорт Нептун за внесення майже всіх норм добрив, окрім комбінацій з сіркою. Для сорту Світанок встановлено позитивну реакцію на внесення підвищених норм внесення макроелементів в комбінації з сіркою – коефіцієнт пластичності зростає від 0,65, коефіцієнт стабільності від 0,015 в контрольному варіанті до

1,70 та 0,018, відповідно, за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. Подібна реакція була й у сорту *Закарпатський* – коефіцієнт зростає від 0,86 в контрольному варіанті до 1,44 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

Ключові слова: сорт, овес посівний, стабільність, пластичність, теплові одиниці, активні та ефективні температури, гідротермічний коефіцієнт.

Актуальність. Забезпечення населення продуктами харчування – є глобальною планетарною проблемою, яка в свою чергу обумовлює те, що продовольча система стає основною рушійною силою зміни клімату, виснаження природних ресурсів, забруднення водних і наземних екосистем через надмірне надходження азоту та фосфору (Springmann et al., 2018; Kalenska, 2022). Глобальні зміни клімату та погоди обумовлюють пришвидшення змін екологічних чинників, які суттєво впливають на формування урожайності сільськогосподарських культур – зростання та різкі перепади температур, нерівномірність опадів, посухи (Springmann et al., 2018; Sadras et al., 2017). Основою стабільного виробництва продукції рослинництва є формування стійких до біотичних та абіотичних чинників агроценозів з високою адаптаційною здатністю рослин (Li et al., 2020; Mut et al., 2020).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Продовольчі системи потребують розширення біорізноманіття видів, які є поліфункціональними у використанні та достатньо

толерантними до умов вирощування (Kalenska et al., 2019).

Однією з таких культур є овес посівний, який є надзвичайно важливим в житті людини і цінується не лише як культура, яка забезпечує кормову базу, але й як надзвичайно цінна для харчування людини (Yang et al., 2023). Овес традиційно вважається культурою північної та центральної Європи, Північної Америки. В цих регіонах найбільш сприятливі погодні умови для росту та розвитку вівса, які забезпечують реалізацію потенціалу сортів на високому рівні. Щороку в світі виробляється близько 23,1 млн тонн зерна вівса: Канада виробляє 4,24 млн. тон; Польща – 1,21 млн. тон; США – 771,4 тис. тон, Україна – біля 422 тис. тон – 14 місце в світі. Урожайність вівса в світі коливається в значному діапазоні: Ірландія–8,10 т/га; Нідерланди–5,85; Швейцарія – 5,63; Нова Зеландія–5,51; Бельгія–5,23; Люксембург та Чілі–5,16; Данія–5,02; Англія–4,97; Швеція–4,66; Франція–4,60. Середня урожайність в Україні складає 2,32 т/га. Водночас в деяких країнах Африки та Азії урожайність є низькою – 0,28–0,93 т/га, що пов'язано з нестачею вологи та

Каленська С. М., Федів Р. В.

високими температурами повітря і ґрунту в період активної вегетації рослин (World oat Production).

Адаптивний потенціал сорту відіграє важливе значення в реалізації генетичного потенціалу (Sanchez et al., 2014; Kalenska et al., 2019; Finlay, Wilkinson, 1963). Селекційні та технологічні досягнення можуть бути реалізовані у виробництві лише за високої адаптивної здатності сорту в умовах виробництва (Buerstmayr et al., 2007; May, 2015). Сорти з високим потенціалом врожайності та стійкістю до біотичних та абіотичних стресів є основою сталого виробництва вівса (Hausherr Lüder, 2018; Sadras, 2017).

Управління продуктивністю сортів вівса через удобрення, є надзвичайно актуальним з огляду на можливу багатогранність впливу препаратів на стійкість рослин до абіотичних чинників, урожайність, якість зерна (Duda et al., 2021; Brown, Zhao, Dobermann, 2021; May, 2015). Оптимальне живлення рослин вівса сприяє реалізації біологічного потенціалу сортів на більш високому рівні (Haider Rezaq Leiby Mhmood T. et al., 2021; Duda et al., 2021).

Метою дослідження є встановлення адаптивності сортів вівса посівного за змінних умов живлення, теплового режиму та

$$Y_{\max} = 3,33 \times (T_{\max} - 10) - 0,084 \times (T_{\max} - 10,0)^2 \quad (\text{формула 1})$$

якщо: $T_{\max} < 10$, то $Y_{\max} = 0,0$

забезпечення вологою в роки проведення дослідження.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження з сортами вівса посівного проводили впродовж 2021 – 2023 років у стаціонарному досліді кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України у відокремленому підрозділі «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Фастівський р – н, Київська обл.). Для досягнення поставленої мети був закладений польовий багатофакторний дослід, схема якого наведена в таблиці 5. Площа облікової ділянки 25 м² за чотириразового повторення. Дослідження проводили відповідно методик прийнятих в агрономії (Rozhkov, 2016^a; Rozhkov, 2016^b).

Для аналізування теплового режиму розраховували накопичення теплових одиниць (CHU), суми активних і ефективних температур, розраховували для двох біологічно активних температур: +5°C та +10°C.

Суму накопичення теплових одиниць розраховували відповідно методики, запропонованої Bootsma A., Brown, D. M. (Bootsma, Brown, 1995) покроково: 1) кількість теплових одиниць за день ($Y_{\max}$):

2) кількість теплових одиниць, які накопичуються вночі:

$$Y_{\min} = 1,8 \times (T_{\min} - 4,44)$$

за умови, що $T_{\min} < 4,44$, то $Y_{\min} = 0,0$

$$CHU = (Y_{\max} + Y_{\min}) / 2,0$$

Суми накопичення теплових одиниць розраховували за період від сівби до повної стиглості культури.

Для оцінки гідротермічних умов у роки проведення досліджень

$$ГТК = \frac{\sum_{t>10} 10}{\sum_{t>10} (5)}$$

де $\sum R$ – сума опадів за період з температурою понад 5°C і 10°C ; $\sum T$ – сума температур понад 5°C і 10°C за відповідний період. Проводили визначення ГТК з врахуванням біологічно активних температур $>5^{\circ}\text{C}$ і $>10^{\circ}\text{C}$.

Якщо ГТК: $< 0,4$ – дуже сильна посуха; $0,4$ до $0,5$ – сильна посуха; $0,6$ – $0,7$ – середня посуха; $0,8$ – $0,9$ – слабка посуха; $1,0$ – $1,5$ – достатньо волого; $> 1,5$ – надмірно волого.

Показники екологічної пластичності та стабільності були розраховані за методикою Еберхарта–Рассела (Eberhart, Russel, 1966; Eberhart, Russel, 1969).

Для систематизації отриманих результатів використовували рангову класифікацію генотипів за співвідношенням параметрів пластичності (b_i) і стабільності Si^2 : 1) $b_i < 1$, $Si^2 > 0$ – мають кращі результати за несприятливих умов, нестабільний; 2) $b_i < 1$, $Si^2 = 0$ – мають кращі результати за несприятливих умов, стабільний; 3) $b_i = 1$, $Si^2 = 0$ – добре відгукується на поліпшення

(формула 2)

3) накопичення теплових одиниць за добу:

(формула 3)

використовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який розраховували за методикою Г. Т. Селянинова за формулою

(формула 4)

умов, стабільний; 4) $b_i = 1$, $Si^2 > 0$ – добре відгукується на поліпшення умов, нестабільний; 5) $b_i > 1$, $Si^2 = 0$ – мають кращі результати за сприятливих умов, стабільний; 6) $b_i > 1$, $Si^2 > 0$ – мають кращі результати за сприятливих умов. При цьому генотипи з коефіцієнтом $b_i > 1$ відносять до високопластичних (відносно середньої групової), а при $1 > b_i = 0$ – до відносно низькопластичних.

Результати дослідження та їх обговорення. Тепловий режим впродовж вегетації рослин відіграє важливу роль в рості та розвитку рослин в цілому та в процесі формування генеративних органів зокрема. Найбільш поширеними критеріями в Україні, що використовуються для характеристики регіону щодо забезпечення теплом та придатності його для вирощування певних груп культур, є сума позитивних температур, сума активних температур, сума ефективних температур, середньодобові

температури, мінімальні та максимальні температури, тощо. У той же час, в країнах Північної Америки широко використовується такий показник, як накопичення теплових одиниць, який розраховується не за середньодобовими температурами, а за добовими максимальними та мінімальними температурами з врахуванням коефіцієнтів біологічно активних температур (Bootsma, Gameda, McKenney, 2001). Надзвичайно важливим є забезпечення теплом впродовж періодів формування структурних компонентів та генеративних органів рослин. Кількісне забезпечення теплом обумовлює тривалість макростадій розвитку рослин і формування синхронно розвинутих генеративних органів, які є основними структурними компонентами урожайності (Kalenska et al., 2020).

Кількісний показник накопичення теплових одиниць для регіону традиційно враховується за вирощування теплолюбних культур. В той же час, за вирощування ранніх ярих зернових культур, зокрема вівса посівного, показник накопичених теплових одиниць впродовж макростадій розвитку, вегетаційного періоду дозволяє обґрунтувати особливості формування продуктивності вівса. Аналізування накопичення теплових одиниць свідчить, що відмінність у сумарному накопиченні за весь вегетаційний період була незначною – абсолютні показники за період березень – липень склали: 2242,8 в 2021 р., 2209,8 – в 2022 р., 2236,6 – в 2023 р.; за період квітень – липень склали: 2216,3; 2139,4; 2166,8 відповідно (табл.1). Однак подекадна різниця була суттєвою і обумовлювала різницю у тривалості макростадій і відповідно кількість сформованих генеративних органів.

1. Суми теплових одиниць (CHU)

Місяць	Декада	Рік						Середнє 2021– 2023
		2021		2022		2023		
		CHU	+/–	CHU	+/–	CHU	+/–	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Березень	3	26,5	– 29,1	70,4	14,8	69,8	14,2	55,6
	Σ	26,5	– 29,1	70,4	14,8	69,8	14,2	55,6
Квітень	1	32,5	– 5,2	44,3	6,6	36,3	– 1,4	37,7
	2	45,5	2,4	31,1	– 12,0	52,6	9,5	43,1
	3	56,0	– 22,7	93,6	14,9	86,6	7,9	78,7
	Σ	134,0	– 25,5	169,0	9,5	175,5	16,0	159,5
Травень	1	114,0	1,7	129,8	17,5	93,2	– 19,1	112,3
	2	164,3	– 6,7	155,6	– 15,4	193,2	22,2	171,0
	3	194,8	– 12,6	197,8	– 9,6	229,7	22,3	207,4
	Σ	473,1	– 17,7	483,2	– 7,6	516,1	25,3	490,8
Червень	1	199,3	– 17,7	240,8	23,8	210,8	– 6,2	217,0

Продовження табл. 1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	256,5	14,8	241,6	- 0,1	227,1	- 14,6	241,7
	3	284,7	19,3	257,9	- 7,5	253,5	- 11,9	265,4
	Σ	740,6	16,6	740,2	16,2	691,3	- 32,7	724,0
Липень	1	282,3	15,8	257,5	- 9,0	259,6	- 6,9	266,5
	2	292,6	39,8	211,3	- 41,5	254,4	1,6	252,8
	3	293,7	13,1	278,2	- 2,4	269,9	- 10,7	280,6
	Σ	868,6	68,8	747,0	- 52,8	783,9	- 15,9	799,8

Сума активних температур для різних біологічно активних температур різнилися суттєво лише в березні, квітні і першій декаді травня, а в травні, червні та липні вони були

на одному рівні (табл. 2). Таким чином для ідентифікації інтенсивності розвитку рослин вівса показник сум активних температур не є об'єктивним показником.

2. Сума активних температур¹, °C

	Декада	Рік						Середнє 2021– 2023pp.	
		2021		2022		2023			
		Біологічно активна температура							
		5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C
Березень	3	36,8	0,00	78,8	11,4	82,7	0,00	66,1	3,8
	Σ	36,8	0,00	78,8	11,4	82,7	0,00	66,1	3,8
Квітень	1	55,3	0,00	62,1	11,5	67,7	0,00	61,7	3,83
	2	83,0	0,00	64,0	64,0	88,3	0,00	78,4	21,3
	3	79,0	15,1	106,9	106,9	102,3	61,1	96,1	61,0
	Σ	217,3	15,1	233,0	182,3	258,3	61,1	236,2	86,2
Травень	1	117,4	92,9	127,6	127,6	110,0	64,5	118,3	95
	2	142,5	142,5	143,4	143,4	167,3	167,3	151,1	151,1
	3	166,5	166,5	167,4	167,4	198,6	198,6	177,5	177,5
	Σ	426,4	401,9	438,5	438,5	475,9	430,4	446,9	423,6
Червень	1	164,2	164,2	200,4	200,4	180,8	180,8	181,8	181,8
	2	202,6	202,6	203,3	203,3	191,0	191,0	199,0	199,0
	3	237,5	237,5	213,7	213,7	200,2	200,2	217,1	217,1
	Σ	604,3	604,3	617,5	617,5	572,0	572,0	597,9	597,9
Липень	1	227,9	227,9	215,1	215,1	211,7	211,7	218,2	218,2
	2	244,0	244,0	173,0	173,0	209,3	209,3	208,8	208,8
	3	241,6	241,6	232,7	232,7	215,7	215,7	230	230,0
	Σ	713,5	713,5	620,9	620,9	636,7	636,7	657,0	657,0

Примітка. ¹розраховано для біологічно активних температур 5°C і 10°C

Суму ефективних температур розраховували за двома біологічно активними температурами – 5°C і 10°C, з врахуванням того, що овес відноситься до холодостійких

культур і активно росте і розвивається за температур, які близькі або перевищують +5°C. Проведенні розрахунки показують, що суми ефективних температур розраховані

Каленська С. М., Федів Р. В.

для двох біологічних мінімумів суттєво різняться між собою (табл.3). Початок врахування ефективних температур за роками значно різнився, про що свідчать декадні дані – для + 5° в усі роки розраховували з третьої декади березня, а для + 10° в 2021 та 2023 роках – з третьої декади квітня, в 2022 році – розрахунок починали з першої декади квітня, але ці дані за першу та другу декади були мінімальними, а

основні показники також починали враховувати з третьої декади квітня. Суми ефективних температур в травні були ще незначними і в середньому за три роки склали 122,5 і 67,5 °С відповідно розраховані для біологічно активних мінімумів +5°С і + 10°С. Активне накопичення ефективних температур відбувається в червні – 447,9 і 297,9°С; липні – 502 і 347°С, розраховані для біологічно активних мінімумів відповідно +5°С і + 10°С.

3. Суми ефективних температур розраховані для біологічно активних температур 5°С і 10°, °С

Місяць	Декада	Рік						Середнє 2021– 2023pp.	
		2021		2022		2023			
		Біологічно активна температура							
		5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C
Березень	3	11,8	0,00	25,3	0,00	36,4	0,00	24,5	0
	Σ	11,8	0,00	25,3	0,00	36,4	0,00	24,5	0
Квітень	1	12,6	0,00	22,4	1,50	24,6	0,00	19,9	0,5
	2	33,0	0,00	15,2	2,00	38,3	0,00	28,8	0,67
	3	30,0	5,10	56,9	14,3	52,3	11,1	46,4	10,2
	Σ	75,6	5,10	94,5	17,8	115,2	11,1	95,1	11,3
Травень	1	67,4	21,6	77,6	28,3	60,0	14,5	68,33	21,5
	2	92,5	42,5	93,4	45,5	117,3	67,3	101,07	51,8
	3	111,5	56,5	112,4	57,4	143,6	88,6	122,5	67,5
	Σ	271,4	120,7	283,5	131,2	320,9	170,4	291,9	140,8
Червень	1	114,2	64,2	150,4	100,4	130,8	80,8	131,8	81,8
	2	152,6	102,6	153,3	103,3	141,0	91,0	149,0	99,0
	3	187,5	137,5	163,7	113,7	150,2	100,2	167,1	117,1
	Σ	454,3	304,3	467,5	317,5	422,0	272,0	447,9	297,9
Липень	1	177,9	127,9	165,1	115,1	161,7	111,7	168,2	118,2
	2	194,0	144,0	123,0	73,0	159,3	109,3	158,8	108,8
	3	186,6	131,6	177,7	122,7	160,7	105,7	175,0	120,0
	Σ	558,5	403,5	465,9	310,9	481,7	326,7	502,0	347,0

З температурним режимом і технологічною стиглістю ґрунту були пов'язані строки сівби вівса: 2021 р. – 01.04; 2022 – 05.04; 2023р. – 22.03. Суми ефективних температур, які розраховані для біологічно активної

температури вище +5°С в 2023 році були вищими починаючи з третьої декади березня і в квітні в цілому. Суми ефективних температур, розраховані для біологічно активної температури вище +10 °С були

Каленська С. М., Федів Р. В.

суттєво меншими в квітні, але в квітні відбувалося активне проростання насіння, розвиток проростків, що підтверджує високу холодостійкість вівса і необхідність розрахунку ефективних температур з врахуванням біологічно активної температури вище $+5^{\circ}\text{C}$.

Порівняльне аналізування сум температур свідчить, що найбільш об'єктивним показником, який характеризує тепловий режим для рослин, є накопичення суми теплових одиниць, які є найбільшими порівняно з сумами активних і ефективних температур розрахованих

для двох біологічно активних мінімумів (табл.4). Сума накопичення теплових одиниць за період березень – липень в середньому за 2021–2023 роки склала 2229,7; сума активних температур для біологічно активного мінімуму $+5^{\circ}\text{C}$ – 2004,2; сума активних температур для біологічно активного мінімуму $+10^{\circ}\text{C}$ – 1768,5; сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму $+5^{\circ}\text{C}$ – 1361,5; сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму $+10^{\circ}\text{C}$ – 797,1.

4. Тепловий режим за періоди вегетаційних років

Показник ¹	Період	Рік			Середнє 2021– 2023pp
		2021	2022	2023	
CHU	Σ за III– VI	1374,2	1462,8	1452,7	1429,9
	Σ за III– VII	2242,8	2209,8	2236,6	2229,7
	Σ за IV– VI	1347,7	1392,4	1382,9	1374,3
	Σ за IV– VII	2216,3	2139,4	2166,8	2174,2
$\Sigma \text{TA} > +5^{\circ}\text{C}$	Σ за III– VI	1284,8	1367,8	1388,9	1347,2
	Σ за III– VII	1998,3	1988,7	2025,6	2004,2
	Σ за IV– VI	1248,0	1289,0	1306,2	1281,1
	Σ за IV– VII	1961,5	1909,9	1942,9	1938,1
$\Sigma \text{TA} > +10^{\circ}\text{C}$	Σ за III– VI	1021,3	1249,7	1063,5	1111,5
	Σ за III– VII	1734,8	1870,6	1700,2	1768,5
	Σ за IV– VI	1021,3	1238,3	1063,5	1107,7
	Σ за IV– VII	1734,8	1859,2	1700,2	1764,7
$\Sigma \text{TE} > +5^{\circ}\text{C}$	Σ за III– VI	813,1	870,8	894,5	859,5
	Σ за III– VII	1371,6	1336,7	1376,2	1361,5
	Σ за IV– VI	801,3	845,5	858,1	835,0
	Σ за IV– VII	1359,8	1311,4	1339,8	1337
$\Sigma \text{TE} > +10^{\circ}\text{C}$	Σ за III– VI	430,1	466,5	453,5	450,0
	Σ за III– VII	833,6	777,4	780,2	797,1
	Σ за IV– VI	430,1	466,5	453,5	450,0
	Σ за IV– VII	833,6	777,4	780,2	797,1

Примітка. ¹CHU – теплові одиниці; ΣTA – сума активних температур; ΣTE – сума ефективних температур

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – один з найбільш поширених показників, який характеризує

забезпечення рослин теплом та вологою. За розрахунку коефіцієнта враховуються суми опадів та суми

Каленська С. М., Федів Р. В.

активних температур за певний період розвитку. Традиційно для розрахунку враховуються лише суми активних температур, які перевищують 10°C, однак за вирощування холодостійких культур ми вважаємо за доцільне враховувати суми активних температур вище 5°C. Проведені нами розрахунки гідротермічного коефіцієнта, з врахуванням сум активних температур для двох біологічних мінімумів, дозволили встановити власне різницю щодо гідротермічного коефіцієнта на початкових

мікростадіях розвитку рослин вівса впродовж березня – квітня, що відіграє важливу роль у проростанні насіння, розвитку проростків та рослин. Якщо в останній декаді березня ГТК для 5°C склало в 2021р – 0,22; 2022 р. – 0,16; 2023 р. – 3,29, то для 10°C – 0,00; 1,14; 0,00 відповідно року (табл. 5). Середнє ГТК за три роки для останньої декади березня склало 1,22 і 0,38 відповідно для +5°C і +10°C. У цілому показники за березень також відповідали цим показникам.

5. Гідротермічний коефіцієнт років проведення досліджень

Місяць	Декада	Рік						Середнє 2021– 2023рр.	
		2021		2022		2023			
		Біологічно активна температура							
		5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C
Березень	3	0,22	0,00	0,16	1,14	3,29	0,00	1,22	0,38
	Σ	0,22	0,00	0,16	1,14	3,29	0,00	1,22	0,38
Квітень	1	1,61	0,00	3,14	16,96	10,59	0,00	5,11	5,65
	2	0,64	0,00	0,58	0,58	2,75	0,00	1,32	0,19
	3	1,08	5,63	2,43	2,43	1,12	1,88	1,54	3,31
	Σ	1,04	5,63	2,11	2,70	4,16	1,88	2,44	3,40
Травень	1	1,93	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,81
	2	3,35	3,35	0,27	0,27	0,02	0,02	1,21	1,21
	3	3,87	3,87	1,16	1,16	0,07	0,07	1,70	1,70
	Σ	3,16	3,36	0,53	0,53	0,04	0,04	1,24	1,31
Червень	1	1,73	1,73	0,66	0,66	1,48	1,48	1,29	1,29
	2	1,10	1,10	0,37	0,37	0,42	0,42	0,63	0,63
	3	0,42	0,42	0,87	0,87	1,59	1,59	0,96	0,96
	Σ	1,00	1,00	0,64	0,67	1,17	1,17	0,94	0,94
Липень	1	1,28	1,28	0,09	0,09	0,37	0,37	0,58	0,58
	2	3,44	3,44	1,42	1,42	0,69	0,69	1,85	1,85
	3	0,19	0,19	0,06	0,06	1,63	1,63	0,62	0,62
	Σ	1,65	1,65	0,45	0,45	0,90	0,90	1,00	1,00

ГТК для квітня є показовим щодо абсолютних показників з врахуванням сум активних температур для двох біологічних мінімумів. В першій декаді квітня ми

змогли розрахувати ГТК, біологічно активний мінімум +5°C, для двох років – 2021 та 2023 – 1,61 і 10,59, в той час коли для + 10°C ГТК не

Каленська С. М., Федів Р. В.

розраховувався через відсутність сумарних активних температур. Власне ГТК – 10,6 і 2,75, розраховані для першої та другої декад 2023 року, з врахуванням сумарної активної температури вище +5°C, свідчать про надзвичайно сприятливі умови для початкового росту і розвитку рослин та їх кущення, що ми й фіксували в цьому році року, в той час коли ГТК для сум активних температур вище +10°C ще не розраховувались через відсутність необхідних температур. Отримані розрахунки ГТК, свідчать про більш обґрунтоване використання для характеристики умов для росту та розвитку холодостійких культур сумарних активних температур з біологічно активним мінімумом +5°C в період наростання сумарних температур

Адаптивність сортів вівса посівного є генетичною особливістю,

яка може змінюватись залежно від екологічних та технологічних чинників. Ефективність добрив в значній мірі визначалися тепловим режимом вегетаційних років. Нами були розраховані коефіцієнти пластичності сортів залежно від умов року та системи удобрення через які була встановлена адаптивність сортів вівса.

За значення коефіцієнта пластичності вище 1 вважається, що сорт є високо пластичним за конкретних умов вирощування – в умовах проведення дослідження це живлення та погодні умови. Діапазон зміни коефіцієнта пластичності різнився суттєво як в межах сорту, залежно від системи удобрення, так і між сортами, в межах однакової системи удобрення залежно від погодних умов. Загальний діапазон зміни коефіцієнта пластичності склав 0,53 – 1,70 (табл. 6).

6. Коефіцієнт пластичності 1 (bi) сортів вівса посівного залежно від погодних умов та удобрення, в середньому по досліді

Норма добрив ² фактор В	Сорт фактор А						
	Нептун	Легінь Носівський	Світанок	Закат	Зубр	Альбатрос	Айворі
Контроль	0,59	0,76	0,65	0,86	1,00	0,88	1,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	0,55	1,38	0,74	0,66	1,37	0,93	1,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	0,70	1,25	0,78	0,73	1,35	0,58	1,08
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	0,79	1,20	0,59	1,01	1,21	0,72	1,27
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	1,00	1,01	0,69	0,90	1,00	0,79	1,18
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	0,66	1,34	0,53	0,80	1,17	0,98	0,96
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	0,67	1,16	1,39	0,95	1,00	1,19	1,00
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	1,21	1,07	1,62	1,12	0,92	1,03	1,24
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	1,17	1,27	1,70	1,44	0,96	0,88	1,32

Примітки:¹ Коефіцієнт пластичності розрахований для урожайності вівса за 2021,2022,2023 роки за методикою Eberhart,S.A., Russel,W.A.,1966; ² Підживлення N₃₀ проводили у мікростадії розвитку BBCH 31– 32;

Низькопластичним та нестабільним виявився сорт Нептун в контрольному варіанті, та за внесення майже всіх досліджуваних норм внесення добрив, окрім варіантів де вносились сірка. Серед досліджуваних сортів високо пластичними та стабільними сортами виявилися сорти Айворі, Зубр, Легінь Носівський – коефіцієнт пластичності дорівнював або перевищував 1 за всіх систем удобрення. Сорт Айворі в цілому є високо пластичним та стабільним і позитивно реагує на покращення умов живлення, що проявляється як через урожайність, коефіцієнт пластичності – 1,00 – 1,32, коефіцієнт стабільності 0,00 – 0,037 (табл.7).

За вирощування вівса існує практика внесення помірних доз мінеральних добрив, що лімітує як

абсолютний рівень урожайності так і стабільність валового виробництва зерна. Отримані нами дані свідчать, що сорти вівса позитивно реагують на зростаючі норми внесення макроелементів і сірки. Так, коефіцієнт пластичності сорту Нептун зростав з 0,59 до 1,00 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ BBCH 31–32 і до 1,21 за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$ BBCH 31–32.

Сорт Світанок суттєво різнився від усіх сортів щодо чітко встановленої реакції на внесення підвищених норм внесення макроелементів в комбінації з сіркою – коефіцієнт пластичності зростав від 0,65, коефіцієнт стабільності від 0,015 в контрольному варіанті до 1,70 та 0,018, відповідно, за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

7. Коефіцієнт стабільності (σd^2) сортів сортів вівса посівного залежно від погодних умов та удобрення, в середньому по досліді

Норма добрив ² фактор В	Сорт фактор А						
	Нептун	Легінь Носівський	Світанок	Закат	Зубр	Альбатро с	Айворі
Контроль	0,001	0,001	0,015	0,018	0,016	0,006	0,000
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	0,019	0,017	0,000	0,000	0,015	0,007	0,037
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	0,025	0,035	0,001	0,001	0,045	0,000	0,017
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	0,000	0,050	0,000	0,001	0,060	0,054	0,002
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	0,004	0,012	0,000	0,023	0,001	0,022	0,000
$N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$	0,014	0,000	0,195	0,000	0,016	0,024	0,000
$N_{60}P_{60}K_{60}S_{22,5} + N_{30}$	0,008	0,002	0,045	0,000	0,002	0,047	0,002
$N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$	0,006	0,003	0,009	0,005	0,010	0,009	0,000
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$	0,005	0,000	0,018	0,005	0,009	0,009	0,005

Примітки:¹ Коефіцієнт стабільності розрахований для урожайності вівса за 2021,2022,2023 роки за методикою Eberhart,S.A., Russel,W.A.,1966; ² Підживлення N_{30} проводили у мікростадії розвитку BBCH 31–32;

Подібна реакція була також у сорту Закат – коефіцієнт зростав від 0,86 в контрольному варіанті до 1,44 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. Пластичність сортів зростала за підвищених норм внесення макроелементів і особливо за комбінації з зростаючими нормами сірки.

Висновки і перспективи.

Сорти вівса різняться між собою щодо адаптивності, що обумовлено генетичними особливостями та екологічними й технологічними чинниками вирощування. Адаптивність сортів чітко ідентифікується через їх пластичність та стабільність.

Більш обґрунтованим для характеристики екологічних чинників (тепловий режим та режим забезпечення вологою) вирощування вівса є використання для розрахунку показників теплових одиниць, сум активних і ефективних температур, ГТК біологічно активний мінімум на рівні $+5^{\circ}\text{C}$. Роки різнилися за екологічними параметрами, що суттєво впливало на ріст і розвиток рослин і сприяло визначенню адаптивності сортів.

Reference

1. Bootsma A., Brown, D. M. (1995). Risk analyses of crop heat units available for corn and other warm-season crops in Ontario. *Agric. & Agri-Food Canada*, Research Branch, Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Tech. Bull.1995-1E. 83 pp. (CLBRR Contrib. No. 94-01).
2. Bootsma A., Gameda S. McKenney D.W. (2001). Adaptation of agricultural

Пластичність сортів зростає за підвищених норм внесення макроелементів, особливо за комбінації з сіркою. Високопластичними та стабільними є сорти Айворі, Зубр, Легінь Носівський – коефіцієнт пластичності дорівнює або перевищує 1 за всіх систем удобрення. Сорт Айворі є високопластичним та стабільним і позитивно реагує на покращення умов живлення: коефіцієнт пластичності складає 1,00 – 1,32, коефіцієнт стабільності 0,00 – 0,037. Низькопластичним та нестабільним є сорт Нептун за внесення майже всіх норм добрив, окрім комбінацій з сіркою. Для сорту Світанок чітко встановлено реакцію на внесення підвищених норм внесення макроелементів в комбінації з сіркою – коефіцієнт пластичності зростав від 0,65, коефіцієнт стабільності від 0,015 в контрольному варіанті відповідно до 1,70 та 0,018, за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. Подібна реакція була також у сорту Закат – коефіцієнт пластичності зростав від 0,86 в контрольному варіанті до 1,44 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$.

production to climate change in Atlantic Canada. Final Report for Climate Change Action Fund Project A214. *Agriculture and Agri-Food Canada*, Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Ottawa. 30.

3. Brown, P. H., Zhao, F. J., and Dobermann, A. (2021). What is a plant nutrient? Changing definitions to advance science and innovation in plant nutrition. *X-MOL* [preprint] doi:10.1007/s11104-021-05171-w

4. Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., & Zechner, E. (2007). Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*, 101, 343–351. doi: 10.1016/j.fcr.2006.12.011
5. Duda, M., Tritean, N., Racz, I., Kadar, R., Russu, F., Fitiu, A., & Muntean, E. (2021). Yield Performance of Spring Oats Varieties as a Response to Fertilization and Sowing Distance. *Agronomy*, 11(5), Article 815. doi: 10.3390/agronomy11050815
6. Eberhart, S.A., Russel, W.G. Yield and stability for a 10–line diallel of single cross and double cross maize hybrids. *Crop Sci.* 1969. N 9/3. P. 357–361.
7. Eberhart, S.A., Russel, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. V. 6. № 1. 34–40.
8. Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.* 1963. N 14. P. 742–754.
9. Haider Rezaq Leiby Mhmood T. Al –Jayashi Mohammed Radwan Mahmoud (2021). Effect Agricultural Sulfur and Nitrogen on Growth and Yield tressed Oat (*Avena sativa* L.). *Annals of R.S.C.B.*, 25(1), 6073–6079.
10. Hausherr Lüder, R.-M., Qin, R., Richner, W., Stamp, P., & Noulas, C. (2018). Spatial variability of selected soil properties and its impact on the grain yield of oats (*Avena sativa* L.) in small fields. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 2446–2469. doi: 10.1080/01904167.2018.1527935
11. Kalenska S., Yeremenko O., Novictska N., Yunyk A., Honchar L., Cherniy V., Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Scherbakova O., Rigenko A. (2019). Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. *Ukrainian Journal of Ecology*. № 9 (1). 19–24
12. Kalenska, S. (2022). Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*, 13(2), 14–26. doi: 10.31548/agr.13(2).2022.14-26
13. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L. Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., Shytiy, O. (2020). Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American journal of Plant Science*. V.11.No.8. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095>.
14. Li, R., Zhang, Z., Tang, W., Huang, Y., Coulter, J. A., & Nan, Z. (2020). Common vetch cultivars improve yield of oat row intercropping on the Qinghai-Tibetan plateau by optimizing photosynthetic performance. *European Journal of Agronomy*, 117, Article 126088. doi: 10.1016/j.eja.2020.126088
15. May, W., Mohr R.M., Guy P. Lafond G.P., Johnston A.M., Stevenson C.F. (2015). Effect of nitrogen, seeding date and cultivar on oat quality and yield in the eastern Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*. 84(4):1025–1036. <https://doi.org/10.4141/P04-044>
16. Mut, Z., Akay, H., Doğanay, Ö., & Köse, E. (2018). Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(1), 269–281.
17. Rozhkov, A. O. (Ed). (2016). *Research case in agronomy. Book 1: Theoretical aspects of the research case*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
18. Rozhkov, A. O. (Ed). (2016). *Research case in agronomy. Book 2: Statistical processing of the results of agronomic research*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
19. Sadras, V. O., Mahadevan, M., & Zwer, P. K. (2017). Oat phenotypes for drought adaptation and yield potential. *Field Crops Research*, 212, 135–144. doi: 10.1016/j.fcr.2017.07.014
20. Sanchez, M. J. Rubiales, D., Flores, F., Emeran, A.A., Shtaya, Y., M.J., Sillero, J.C., Allagui, M.B., Prats, E.(2014). Adaptation of oat (*Avena sativa*) cultivars to autumn sowings in Mediterranean environments. *Field Crops Research*. Vol.156. 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.10.018>
21. Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M., De Clerck F., Gordon, L.J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockström, J., Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within

Каленська С. М., Федів Р. В.

environmental limits, *Nature*, № 562 (7728), 519 – 525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>

22. World Oat Production by country. Retrieved from <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-oat-production>

23. Yang, Z., Xie, C., Bao, Y., Liu, F., Wang, H., & Wang, Y. (2023). Oat: Current state and challenges in plant-based food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 56–71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.02.017>

OAT ADAPTABILITY TO ENVIRONMENTAL VARIABLES AND TECHNOLOGICAL FACTORS

S. M. Kalenska, R. V. Fediv

Abstract. *Global climate changes cause the acceleration of environmental factors changes - temperature, unevenness of precipitation, drought, which has a significant effect on the yield. Food systems need expanded species biodiversity that are multifunctional in use and sufficiently tolerant to growing conditions. One of these cultures is oats which extremely valuable in human nutrition and provision fodder base. The purpose of the research is to establish the adaptability of oat varieties sowing under variable conditions of nutrition, thermal regime and moisture supply during the years of research. Field research with oat varieties was conducted during 2021-2023 in the stationary experiment of the Plant Breeding Department of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine in a separate subdivision "Agronomic Research Station" (Pshenychne village, Fastivskyi district, Kyiv region) on typical low humus chernozems. Varieties of oats vary in terms of adaptability due to genetic and environmental characteristics and technological factors of cultivation. The analysis of environmental factors was carried out - thermal units accumulation, sums of active and effective temperatures, GTK for biologically active minima at the level +5C and +10C. It is proved that the ecological factors characteristic for growing oats are used for calculation indicators for the biological minimum of +5C. Sums of thermal accumulation units for the period March - July on average for the years 2021 - 2023 was 2229.7; active temperatures for a biologically active minimum of +5C – 2004.2; active temperatures for biologically active minimum +10C–1768.5; effective temperatures for a biologically active minimum of +5C–1361.5; effective temperatures for the biologically active minimum +10C–797.1C. The adaptability of varieties was identified through their plasticity and stability. The plasticity of the varieties increased with an increase of macronutrients in combination with sulfur. Highly plastic and stable varieties are Ivory, Zubr, Legin Nosivskyi - the coefficient of plasticity is equal or exceeds 1 for all fertilizing systems. The Ivory variety is high plastic and stable and responds positively to improvement of nutrition conditions: coefficient of plasticity - 1.00 - 1.32, coefficient of stability - 0.00 - 0.037. The Neptune variety is low-plastic and unstable for almost every rates of fertilizers, except for combinations with sulfur. For the Svitanok variety was established a positive reaction to increasing the rates of macroelements in combination with sulfur - the plasticity coefficient increased from 0.65, the stability coefficient from 0.015 in the control variant to 1.70 and 0.018, respectively, for the introduction $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. There was a similar reaction for the Zakat variety - coefficient increased from 0.86 in the control version to 1.44 with applying $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+ N_{30}$.*

Каленська С. М., Федів Р. В.

Keywords: *sort; sowing oats; stability; plasticity; thermal units; active and effective temperatures; hydrothermal coefficient*