

Оцінювання впливу погодних умов за вирощування гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) у північній частині Лівобережного Лісостепу України

С. М. Каленська*, А. С. Риженко

Національний університет біоресурсів та природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

Мета. Встановити відповідність ресурсів тепла та вологи біологічним вимогам гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.); встановити критеріальні показники оцінювання погодних умов в північних регіонах України; встановити зв'язки між температурним режимом, сумою опадів та врожайністю. **Методи.** Використовували польовий та математичний методи. Польовий багатofакторний дослід проводили в 2016–2018 роках в Лівобережному Лісостепу України на межі двох ґрунтово-кліматичних зон – Лісостепу і Полісся. Досліджували особливості росту та розвитку рослин, формування врожайності «гібридів» (фактор А) 'Український F₁', 'P63LL06', 'НК Бріо', 'НК Ферті' залежно від «густоти рослин» (фактор В): 50, 55, 60, 65 тис. шт./га. Розраховували й аналізували суми активних та ефективних температур за двома біологічними мінімумами – 5 і 10 °С; суми теплових одиниць за методикою Brown and Bootsma (1993); коефіцієнти суттєвості відхилень елементів погоди поточного року від середніх багаторічних; пластичність і стабільність урожайності за методикою Eberthart S. A., Russel W. Q. (1966). **Результати.** Для проходження повного циклу розвитку рослин соняшнику необхідна сума активних температур ($t_{6.м.} = 10$ °С) для гібрида 'Український F₁' – 2354,6; 'P63LL06' – 2306,4; 'НК Бріо' – 2401,3; 'НК Ферті' – 2379,7; сума ефективних температур: 'Український F₁' – 1081,5; 'P63LL06' – 1056,9; 'НК Бріо' – 1104,9; 'НК Ферті' – 1109,1. Суми температур як за температурою біологічного мінімуму 10 °С, так і 5 °С, відповідають біологічним потребам рослин соняшнику і не є обмежувальним чинником для вирощування. Сума теплових одиниць за період квітень–жовтень складала в середньому за три роки 3780. За період активної вегетації соняшнику (квітень–серпень) сума теплових одиниць складала 2868–3258, суттєво перевищуючи суму активних та ефективних температур за біологічно активних температур 5 °С і 10 °С. Найбільш детерміновані межі змін активних, ефективних температур і теплових одиниць спостерігали в період травень–вересень. **Висновки.** Пластичність і стабільність урожайності соняшнику більше змінюються залежно від гібрида і густоти рослин, ніж від умов року. Коефіцієнт стабільності врожайності для гібрида 'Український F₁' склав 1,68–2,30; 'P63LL06' – 2,51–3,14; 'НК Бріо' – 3,15–4,63; 'НК Ферті' – 2,70–3,75 за урожайності 2,16–3,11; 2,58–3,52; 3,20–4,12; 2,70–3,79 т/га, відповідно.

Ключові слова: соняшник; середньодобова температура; мінімальна і максимальна температура; сума теплових одиниць активних та ефективних; біологічно активний мінімум; урожайність; стабільність.

Вступ

Зміни кліматичних і погодних умов, які спостерігають у світі і в Україні, формують перед людством нові виклики щодо збереження та збагачення біорізноманіття рослин, диверсифікації посівних площ та переміщення кордонів ареалів вирощування сільськогосподарських культур з півдня на пів-

ніч. Посівні площі соняшнику (*Helianthus annuus* L.) – традиційної культури зони Степу та півдня Лісостепу України в останні роки активно просуваються в північні регіони України, що пов'язано зі зміною кліматичних, погодних умов, досягненнями селекції та технологій вирощування [1].

Соняшник вважають культурою помірної зони. Він досить пластичний до зміни погодних та ґрунтових умов у межах кордонів толерантності [2–5]. Для соняшнику властиве поєднання високої адаптаційної здатності та формування високої врожайності [6–8]. Урожайність соняшнику визначають зна-

Svitlana Kalenska

<https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>

Anatolii Ryzhenko

<https://orcid.org/0000-0001-7850-9171>

чною кількістю чинників, серед яких роль гібрида та густина стояння рослин є одними з визначальних [9, 10]. Власне за рахунок формування агроценозу з оптимальною щільністю рослин забезпечується зростання його продуктивності [11].

Соняшник за біологічним нулем відносять до групи культур з мінімальним біологічним нулем +5 °С. Для дозрівання соняшнику сума активних температур повинна складати 2000–2300 °С [4]. У той же час, мінімальна сума ефективних температур для ранньостиглих гібридів повинна бути не нижче 1450 °С [5–7].

Існує декілька методичних підходів щодо вибору гібридів культур, зокрема соняшнику, кукурудзи, сої, за забезпеченням теплом [12–14].

Традиційно регіон вирощування гібридів соняшнику щодо забезпечення теплом оцінюють за сумою активних або ефективних температур. Проте сума активних температур є узагальненою характеристикою, за якою важко визначити об'єктивні теплові ресурси, які потребує культура для свого розвитку. Для багатьох ярих культур поширеним є використання суми ефективних температур [15, 16]. Однак і цей показник не завжди враховує особливості температурного режиму впродовж доби – абсолютні показники мінімальних і максимальних температур, які суттєво впливають на розвиток рослини. У Канаді, США широко використовують показник суми теплових одиниць, які накопичуються впродовж вегетації культури [14–18]. Розроблена американськими вченими методика розрахунку накопичення теплових одиниць [Crop Heat Units (CHU)] в прикладному аспекті коректніше характеризує тепловий режим регіону. Формулу розроблено Brown and Bootsma [19], розрахунки випробувались в Канаді і широко використовують за вирощування сільськогосподарських культур.

Мета досліджень полягала в аналізуванні відповідності забезпечення теплом і вологою біологічним вимогам гібридів соняшнику; у встановленні критеріальних показників оцінювання погодних умов в північних регіонах України; встановленні зв'язків між температурним режимом, сумою опадів та врожайністю.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження щодо встановлення відповідності забезпечення рослин гібридів соняшнику теплом та вологою проводились в 2016–2018 роках в Лівобережній частині України,

в Бахмацькому районі Чернігівської області на межі двох ґрунтово-кліматичних зон України – Лісостепу і Полісся. Джерелом даних щодо показників температури та опадів були дані Конотопської метеорологічної станції Сумської області, яка максимально наближена до території проведення польового дослідження. Забезпечення теплом в цьому регіоні суттєво різниться за вегетаційними роками, в окремі роки наближаються до критичної межі.

Багатофакторний польовий дослід заклали за наступною схемою: *фактор А* – «гібрид»: 'Український F₁', 'P63LL06', 'НК Бріо', 'НК Ферті'; *фактор В* – «густина рослин»: 50, 55, 60, 65 тис. шт./га.

Обробіток ґрунту включав оранку на глибину 28–30 см, а після оранки для знищення сходів бур'янів та вирівнювання ґрунту застосовували культивуацію на глибину 8–10 см. Навесні закриття вологи проводили пружинною бороною ЗПБ 18. Удобрювали безводним аміаком – 123,3 кг/га у діючій речовині азоту; під передпосівну культивуацію вносили N₁₆P₃₈K₅₈ у діючій речовині. Під час сівби в зону рядка вносили комплексне добриво у діючій речовині N₈P₂₄K₂₄S₅.

Вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд 500 в нормі 4 л/га. Для профілактики хвороб застосовували фунгіцид Пропульс у нормі 1 л/га з одночасним внесенням YaraVita BORTRAC 150 у нормі 1 л/га.

Польові дослідження та математичні розрахунки проводили відповідно до методик дослідної справи [20].

Гібриди соняшнику висівали в третій декаді квітня: 20-го, 22-го, 25-го квітня в 2016, 2017, 2018 роках, відповідно. Сходи в усі три роки проведення досліджень з'являлися 2–3 травня. Повної стиглості (15% вологості насіння) гібриди досягали в останній декаді серпня – після 25 серпня. Збирали соняшник за 7% вологості насіння у I–II декаді вересня.

Для порівняльного аналізування середньодобових температур та суми опадів розраховували коефіцієнти суттєвості відхилень елементів агрометеорологічного режиму поточного року від середніх багаторічних за формулою:

$$K_c = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}, \quad (\text{формула 1})$$

де K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень; X_i – елементи поточної погоди; \bar{X} – показник середньої багаторічної величини; σ – середнє квадратичне відхилення. Рівень коефіцієнтів сут-

тевості відхилень відповідає градації: $K_c < 1$ – умови близькі до звичайних; $K_c = 1 \div 2$ – умови суттєво відрізняються від середніх багаторічних; $K_c > 2$ – умови наближені до рідкісних.

Суми активних і ефективних температур розраховували виходячи з того, що біологічно активна температура для соняшнику може розраховуватись як для біологічно активної температури $+5$ так і $+10$ °С.

Розрахунки суми накопичення теплових одиниць проводили відповідно до методики покровою. Спочатку розраховували кількість теплових одиниць за день (Y_{max}):

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

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

Наступним кроком був розрахунок кількості теплових одиниць, які накопичуються вночі:

$$Y_{min} = 1,8 \times (T_{min} - 4,44) \quad (\text{формула 3})$$

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

Після підрахунку теплових одиниць, які накопичуються за день (Y_{max}) та за ніч (Y_{min}) розраховують накопичення теплових одиниць за добу:

$$CHU = (Y_{max} + Y_{min}) / 2,0 \quad (\text{формула 4})$$

Суми накопичення теплових одиниць розраховували за період від сівби до повної стиглості культури [11].

Обліковували врожайність соняшнику зважуванням за прямого комбайнування кожної облікової ділянки.

Результати досліджень

Аналізували середньодобові температури повітря за роки проведення польового дослідження, порівнюючи їх з багаторічними даними за 2005–2015 роки. Аналізували погодні умови впродовж усього року, так як це важливо з точки зору фітосанітарного стану. Температурний «коридор» для вирощування соняшнику в регіоні знаходиться в межах квітня–вересня. Середньодобова температура лише в квітні стабільно переходила межу $+10$ °С, проте динаміка наростання температур за роками була досить різною. Середньодобова температура повітря була досить помірною і в період активної вегетації соняшнику коливалась від $14,0$ до $21,6$ °С (табл. 1).

2016 рік. Січень 2016 року характеризувався стабільними температурами нижче

0 °С – коливання складали від -1 °С (13.01) до $-19,2$ °С (03.01). Після 28 січня відбувся перехід через 0 °С, який виявився майже стабільним з окремими випадками, коли температура опускалась нижче 0 °С. У 2016 році перехід температури через $+5$ °С відбувся 3 квітня, а 6 квітня – через $+10$ °С, проте 20–23 квітня середньодобова температура була в межах $4,8$ – $7,5$ °С, а далі спостерігався стабільний перехід через $+10$ °С. Середньодобова температура в 2016 році в квітні склала $11,2$ °С.

У вересні перехід через $+10$ °С відбувся 20–28 вересня, проте з 29.09 і по 07.10 температура була вищою $+10$ °С. Після 14 жовтня температура опустилась нижче 5 °С, а 12 листопада – нижче 0 °С.

Увесь грудень характеризувався температурами нижче 0 °С, з мінімальною середньодобовою температурою 16 грудня, яка склала $-10,9$ °С.

2017 рік. Увесь січень і лютий (по 19.02) температура повітря трималась нижче 0 °С, опускаючись до $-16,5$ °С (07.01). Після 19 лютого відбувся стабільний перехід через 0 °С. Упродовж березня (від $+2,7$ до $+9,4$ °С) і квітня (від $+2,2$ до $+16,7$ °С) температура була позитивною, проте вкрай нестабільною. Стабільний перехід через $+5$ °С відбувся лише 26.04, а в період 10–14.05 температура була в межах $+6,2$ – $9,7$ °С.

Стабільний перехід температури повітря через 10 °С у 2017 році відбувся лише після 25 квітня. Восени температура нижче $+5$ °С опустилась лише 22 жовтня, а нижче 0 °С – після 6 грудня з постійними коливаннями впродовж усього грудня біля 0 °С.

Зима 2018 року була затяжною – до кінця березня трималися мінусові температури – останній мороз було зафіксовано ще 29 березня – температура на рівні $-4,7$ °С. Стабільний перехід через 0 °С відбувся лише на початку квітня і в подальшому впродовж усього квітня спостерігались досить сильні перепади температури від $3,9$ до $16,7$ °С.

Середньодобова температура повітря в квітні 2018 року склала $11,0$ °С. Сівбу провели найпізніше порівняно з 2016 і 2017 роком – 25 квітня. У травні спостерігалось різке наростання температури – у першій декаді травня середня добова температура переважно була вищою 20 °С і досягала $24,9$ °С, що обумовило найшвидшу появу сходів – 2 травня. Тривалість макростадії 0 (00–09) за шкалою ВВСН склала лише 6–7 днів. В той же час середня добова температура другої, третьої декади травня і першої декади червня не перевищувала 20 °С – досить помірна температура повітря сприяла поступовому і

Таблиця 1

Середньодобова температура повітря та коефіцієнти суттєвості відхилення середньодобових температур від багаторічних даних

Місяць	Багаторічна середньодобова температура повітря, °С (2005–2015)	Середньодобова температура, °С				Кс		
		2016	2017	2018	2016–2018	2016	2017	2018
Січень	-5,4	-7,8	-5,8	-4,0	-5,9	-1,48	-0,25	0,86
Лютий	-4,8	1,0	-3,7	-5,3	-2,7	1,70	0,32	-0,15
Березень	0,9	3,0	4,9	-3,4	1,5	0,59	1,12	-1,18
Квітень	10,1	11,2	9,6	11,0	10,6	1,28	-0,51	1,05
Травень	16,5	15,0	14,0	18,2	15,7	-0,79	-1,29	0,84
Червень	19,5	19,4	18,5	19,6	19,2	-0,21	-1,71	0,12
Липень	21,2	21,6	19,5	20,8	20,6	0,34	-1,65	-0,41
Серпень	20,2	20,2	21,4	21,2	20,9	-0,04	1,33	1,10
Вересень	15,0	13,7	15,6	16,7	15,3	-0,97	0,50	1,35
Жовтень	7,6	6,0	7,2	9,1	7,4	-1,24	-0,31	1,17
Листопад	2,9	0,2	2,3	-0,7	0,6	-1,03	-0,24	-1,37
Грудень	-1,8	-3,1	1,4	-3,0	-1,6	-0,63	1,50	-0,59
За рік	8,49	8,37	8,62	8,35	–	–	–	–

Примітка. Кс – коефіцієнт суттєвості відхилень температури від багаторічної температури.

тривалішому періоду диференціації генеративних органів.

Розрахунок коефіцієнтів суттєвості відхилення середньодобових температур від багаторічних температур показав, що 17 місяців з 36-ти за три роки або 47,2% всіх місяців, що аналізували за коефіцієнтами суттєвості відхилення, суттєво відрізнялись від середніх багаторічних даних (табл. 1). Проте лише три місяці суттєво відрізнялись у цій групі від багаторічних даних, а всі інші були близькі до 1. З них 8 місяців характеризувались температурами нижчими від багаторічних, а 9 місяців – температурами дещо вищими від багаторічних даних. Всі інші 19 місяців за градацією відносились до групи з умовами, близькими до звичайних. За досліджуваній період жоден місяць не характеризувався як рідкісний за середньодобовою температурою. Таким чином, за середньодобовими температурами в регіоні проведення дослідження умови для росту та розвитку рослин соняшнику були досить сприятливими без різких коливань.

Дослідження проводили на межі зони Лівобережного Лісостепу і Лівобережного Полісся і визначальними щодо особливостей росту і розвитку соняшнику є абсолютні показники мінімальних і максимальних температур за добу та перепади температур упродовж доби (табл. 2). Установлено значні перепади між максимальними та мінімальними температурами впродовж доби, що було передумовою розвитку та поширення хвороб.

Варто відмітити, що за максимальними температурами в зоні проведення дослідження створились досить комфортні температури – біля 30 °С, за деякими виключеннями (друга декада серпня 2017 року – 36 °С). Температури в діапазоні до 30 °С сприяли формуванню та розвитку генеративних органів.

Теплові одиниці в регіоні проведення досліджень починали накопичуватись лише з останньої декади квітня за перевищення мінімальних температур через +4,44 °С, а максимальних – через +10 °С і припинялись – в жовтні.

Таблиця 2

Абсолютні максимальні та мінімальні температури

Рік	Місяць														
	квітень			травень			червень			липень			серпень		
	Декада														
	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Абсолютна максимальна температура, °С															
2016	20,1	24,4	24,2	28,2	24,3	30,7	31,1	29,9	35,1	31,3	31,1	28,1	32,1		
2017	26,0	25,8	22,6	28,5	29,9	28,2	30,2	27,6	30,9	30,9	33,0	36,0	31,8		
2018	26,6	31,0	26,4	27,7	27,5	29,2	32,3	29,5	28,5	30,6	30,5	33,6	31,8		
Абсолютна мінімальна температура, °С															
2016	1,6	4,5	7,6	7,9	6,2	6,9	15,4	11,1	14,6	12,2	11,8	11,3	11,8		
2017	-3,0	3,7	-0,7	5,6	3,7	8,4	12,9	8,2	10,4	12,5	13,7	14,7	8,7		
2018	1,8	11,6	6,8	7,6	5,2	8,8	9,7	9,0	14,8	16,1	11,0	11,6	7,3		

Сума теплових одиниць упродовж періоду квітень–жовтень складала в середньому за три роки 3780, а в розрізі років досить суттєво різнилась: 2016 р. – 3717,6; 2017 р. –

3561,5; 2018 р. – 4060,9 (табл. 3). За період активної вегетації рослин соняшнику (квітень–серпень) накопичувалось 3149,1; 2867,6; 3257,7 відповідно в 2016, 2017, 2018 роках.

Таблиця 3

Сума теплових одиниць (СНУ)

Місяць	Рік						Середнє 2016– 2018
	2016		2017		2018		
	СНУ	+/-	СНУ	+/-	СНУ	+/-	
Квітень	330,1	+46,4	219,9	-63,8	301,1	+17,4	283,7
Травень	535,2	-16,6	459,0	-92,8	661,3	+109,5	551,8
Червень	706,0	+12,7	672,7	-20,6	701,3	+8,0	693,3
Липень	818,2	+27,9	737,9	-52,4	814,7	+24,4	790,3
Серпень	759,6	-12,7	778,1	+5,8	779,3	+7,0	772,3
Вересень	440,1	-77,4	548,8	+31,3	563,6	+46,1	517,5
Жовтень	128,4	-42,6	145,1	-25,9	239,6	+68,6	171,0
Σ за квітень–серпень	3149,1	+57,7	2867,6	-223,8	3257,7	+166,3	3091,4
Σ за квітень–вересень	3589,2	-19,7	3416,4	-192,5	3821,3	+212,4	3608,9
Σ за квітень–жовтень	3717,6	-62,3	3561,5	-218,4	4060,9	+281	3779,9
Σ за травень–серпень	2819,0	+11,3	2647,7	-160	2956,6	+148,9	2807,7
Σ за травень–вересень	3259,1	-66,1	3196,5	-128,7	3520,2	+195	3325,2
Σ за травень–жовтень	3387,5	-108,7	3341,6	-154,6	3759,8	+263,6	3496,2

Сума теплових одиниць суттєво перевищувала суму активних та ефективних темпера-

тур за біологічно активних температур 5 °С і 10 °С (табл. 4 та 5).

Таблиця 4

Сума активних і ефективних температур, за біологічного мінімуму 5 °С

Місяць	Декада	Сума активних температур				Сума ефективних температур			
		Рік							
		2016	2017	2018	середнє	2016	2017	2018	Середнє
Березень	1	32,0	49,0	0,00	27	15,0	14,0	0,00	9,67
	2	21,4	11,9	0,00	11,1	6,40	1,90	0,00	2,77
	3	13,7	37,0	0,00	16,9	3,70	12,0	0,00	5,23
Квітень	1	100,8	96,3	64,7	87,3	50,8	51,3	29,7	43,9
	2	134,4	59,4	107,3	100,4	84,4	49,4	57,3	63,7
	3	103,6	97,5	131,7	110,9	58,6	52,5	81,7	64,3
Травень	1	133,5	134,7	215,7	161,3	83,5	84,7	165,7	111,3
	2	141,7	106,6	148,2	132,2	91,1	56,6	98,2	82,0
	3	184,4	180,6	188,5	184,5	129,4	120,6	133,5	127,8
Червень	1	155,0	164,6	157,8	159,1	105,0	114,6	107,8	109,1
	2	189,4	172,1	224,6	195,4	139,4	122,1	174,6	145,4
	3	228,1	197,5	203,9	209,8	178,1	147,5	153,9	159,8
Липень	1	205,8	173,1	181,7	186,9	155,8	123,1	131,7	136,9
	2	229,6	183,2	212,6	208,5	179,6	133,2	162,6	158,5
	3	236,6	235,6	250,7	241,0	176,6	180,6	195,0	184,1
Серпень	1	215,5	230,2	220,2	222,0	165,5	180,2	170,2	172,0
	2	164,5	246,3	227,2	212,7	114,5	196,3	177,2	162,7
	3	229,8	199,8	219,8	216,5	169,8	139,8	159,8	156,5
Вересень	1	167,3	153,9	212,1	177,8	117,3	103,9	162,1	127,8
	2	144,4	182,1	179,1	168,5	94,4	132,1	129,1	118,5
	3	103,4	134,1	112,5	116,7	53,1	84,1	62,5	66,6
Жовтень	1	125,7	81,1	93,3	100,0	75,7	31,1	43,3	50,0
	2	19,2	99,5	108,9	75,9	4,2	40,2	58,9	34,4
	3	0,00	27,2	66,8	31,3	0,00	11,5	21,8	11,1
Σ IV–VIII		2653	2478	2755	2628	1882	1753	1999	1878
Σ IV–IX		3068	2948	3258	3091	2147	2073	2353	2191
Σ IV–X		3213	3155	3527	3298	2227	2155	2477	2286
Σ V–VIII		2314	2224	2450	2330	1688	1599	1830	1706
Σ V–IX		2729	2694	2955	2793	1953	1919	2184	2019
Σ V–X		2874	2902	3224	3000	2033	2002	2308	2115

Таблиця 5

Сума активних і ефективних температур, за біологічного мінімуму 10 °С

Місяць	Декада	Сума активних температур				Сума ефективних температур			
		Рік							
		2016	2017	2018	середнє	2016	2017	2018	Середнє
Березень	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Квітень	1	75,3	72,6	34,9	60,9	25,3	12,6	4,9	14,3
	2	126,9	12,1	65,4	68,1	36,9	2,10	15,4	18,1
	3	82,8	52,5	113,2	82,8	12,8	2,5	33,2	16,2
Травень	1	133,5	128,5	215,7	159,2	33,5	38,5	115,7	62,6
	2	141,7	85,4	148,2	125,1	41,7	15,4	48,2	35,1
	3	184,4	180,6	188,5	184,5	74,4	70,6	78,5	74,5
Червень	1	155	114,6	157,8	142,5	55	64,6	57,8	59,1
	2	189,4	172,1	224,6	195,4	89,4	72,1	124,6	95,4
	3	228,1	197,5	203,9	209,8	128,1	97,5	103,9	109,8
Липень	1	205,8	173,1	181,7	186,9	105,8	73,1	81,7	86,9
	2	229,6	183,2	212,6	208,5	129,6	83,2	112,6	108,5
	3	236,6	235,6	250,7	241,0	126,6	125,6	140,7	131,0
Серпень	1	215,5	230,2	220,2	222	115,5	130,2	120,2	122,0
	2	164,5	246,3	227,2	212,7	64,5	146,3	127,2	112,7
	3	229,8	199,8	219,8	216,5	119,8	89,8	109,8	106,5
Вересень	1	167,3	153,9	212,1	177,8	67,3	53,9	112,1	77,8
	2	134,7	182,1	179,1	165,3	44,7	82,1	79,1	68,6
	3	58,5	110,8	72,5	80,6	8,50	49,1	22,5	26,7
Жовтень	1	102,2	10,5	35,8	49,5	32,2	0,50	5,80	12,8
	2	0,00	45,3	91,4	45,6	0,00	5,30	11,4	5,57
	3	0,00	0,00	10,3	3,43	0,00	0,00	0,30	0,1
Σ IV–VIII		2599	2284	2664	2516	1159	1024	1274	1153
Σ IV–IX		2959	2731	3128	2939	1279	1209	1488	1326
Σ IV–X		3062	2787	3266	3038	1312	1215	1506	1344
Σ V–VIII		2314	2147	2451	2304	1084	1007	1221	1104
Σ V–IX		2674	2594	2915	2728	1204	1192	1435	1277
Σ V–X		2777	2649	3052	2826	1237	1198	1452	1296

Для проходження повного циклу розвитку рослин соняшнику сума активних температур ($t_{б.м.} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) для гібрида ‘Українсь-кий F₁’ становила 2354,6; ‘Р63LL06’ – 2306,4; ‘НК Бріо’ – 2401,3; ‘НК Ферті’ – 2379,7 (табл. 6).

Таблиця 6

Сума активних температур росту і розвитку рослин гібридів соняшнику, необхідна для проходження мікростадій

Гібрид	Мікростадія, шкала ВВСН	Рік			Середнє
		2016	2017	2018	
1	2	3	4	5	6
‘Український F ₁ ’	00–09	119,9	127,8	111,4	119,7
	10–30	319,2	348,5	385,0	350,9
	31–51	161,5	151,6	191,8	168,3
	52–61	436,4	502,0	508,5	482,3
	62–70	320,2	334,6	519,9	391,6
	71–81	593,7	581,6	564,6	580,0
	82–89	241,7	289,6	254,2	261,8
	00–89	2192,6	2335,7	2535,4	2354,6
‘Р63LL06’	00–09	119,9	127,8	111,4	119,7
	10–30	334,4	370,2	369,3	358,0
	31–51	161,5	117,4	177,3	152,1
	52–61	412,6	498	503,7	471,4
	62–70	394,1	321,6	512,7	409,5
	71–81	548,7	538,4	512,1	533,1
	82–89	223,5	296,2	268,4	262,7
	00–89	2194,7	2269,6	2454,9	2306,4

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5	6
'НК Бріо'	00-09	119,9	127,8	111,4	119,7
	10-30	368,9	391,6	421,7	394,1
	31-51	177,9	133,1	191,6	167,5
	52-61	483,6	518,2	521,5	507,8
	62-70	423	339,9	522,6	428,5
	71-81	535,7	517,9	521,8	525,1
	82-89	248,3	314,5	212,9	258,6
	00-89	2357,3	2343	2503,5	2401,3
'НК Ферті'	00-09	119,9	127,8	111,4	119,7
	10-30	368,9	391,6	402,3	387,6
	31-51	177,9	133,1	191,6	167,5
	52-61	483,6	518,2	521,5	507,8
	62-70	396,7	339,9	544	426,9
	71-81	515,5	517,9	501,6	511,7
	82-89	248,3	314,6	212,9	258,6
	00-89	2310,8	2343,1	2485,3	2379,7

Сума ефективних температур точніше відображає потребу рослин у теплі. За нашими розрахунками сума ефективних температур, необхідних для повного циклу розвитку гібридів ($t_{6.м.} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$), складала: 'Українсь-

кий F_1' – 1081,5; 'P63LL06' – 1056,9; 'НК Бріо' – 1104,9; 'НК Ферті' – 1109,1 (табл. 7).

Розраховані суми температур як за температурою біологічного мінімуму $10 \text{ }^\circ\text{C}$, так і $5 \text{ }^\circ\text{C}$, свідчать про їхню відповідність біоло-

Таблиця 7

Сума ефективних температур росту та розвитку рослин гібридів соняшнику, необхідна для проходження мікростадій

Гібрид	Мікростадія, шкала ВВСН	Рік			Середнє
		2016	2017	2018	
'Український F_1'	00-09	14,3	34,2	41,4	30,0
	10-30	89,2	78,5	165	110,9
	31-51	71,5	61,6	71,8	68,3
	52-61	206,4	232	248,5	229,0
	62-70	170,2	144,6	259,9	191,6
	71-81	323,7	321,6	314,6	320,0
	82-89	101,7	159,6	134,2	131,8
	00-89	977	1032,1	1235,4	1081,5
'P63LL06'	00-09	14,3	34,2	41,4	30,0
	10-30	94,4	90,2	159,3	114,6
	31-51	71,5	47,4	77,3	65,4
	52-61	192,6	228,8	243,7	221,7
	62-70	214,1	141,6	252,7	202,8
	71-81	298,7	288,4	262,1	283,1
	82-89	93,5	176,2	148,4	139,4
	00-89	979,1	1006,8	1184,9	1056,9
'НК Бріо'	00-09	14,3	34,2	41,4	30,0
	10-30	108,9	101,6	181,7	130,7
	31-51	77,9	53,1	81,6	70,9
	52-61	233,6	238,2	261,5	244,4
	62-70	233	149,9	262,6	215,2
	71-81	285,7	287,9	271,8	281,8
	82-89	108,3	174,5	112,9	131,9
	00-89	1061,7	1039,4	1213,5	1104,9
'НК Ферті'	00-09	14,3	34,2	41,4	30,0
	10-30	108,9	101,6	181,7	130,7
	31-51	77,9	53,1	81,6	70,9
	52-61	233,6	238,2	261,5	244,4
	62-70	216,7	149,9	274	213,5
	71-81	303,5	287,9	271,6	287,7
	82-89	108,3	174,5	112,9	131,9
	00-89	1063,2	1039,4	1224,7	1109,1

гічним потребам рослин сояшнику і не обмежують вирощування цієї культури в північній частині Лісостепу України.

Кількість опадів за період активної вегетації рослин упродовж 2016–2018 років різнилась (табл. 8). Розрахунок коефіцієнтів суттєвості відхилення суми опадів за місяць порівняно з багаторічними даними показав, що за 19 місяців випало опадів біль-

ше порівняно з багаторічними, 1 місяць – адекватно багаторічним ($K_c = 0$), а за 16 місяців випало менше опадів порівняно з багаторічними даними. За 4 місяці випало значно більше опадів і за градацією умови були близькими до рідкісних (> 2). З них – усі три липня ($K_c = 2,2; 4,3; 2,1$ відповідно в 2016, 2017, 2018 роках) і травень 2016 року ($K_c = 2,1$).

Таблиця 8

Сума опадів та коефіцієнти суттєвості відхилення суми опадів у роки проведення дослідження від багаторічних даних

Місяць	Сума опадів, мм					Kc		
	2005–2015	2016	2017	2018	2016–2018	2016	2017	2018
Січень	48,9	59	35	66	53	0,8	-1,0	1,3
Лютий	40,5	51	33	52	45	1,2	-0,9	1,3
Березень	41,3	50	16	83	50	0,3	-0,9	1,5
Квітень	32,6	89	23	7,4	40	1,6	-0,3	-0,7
Травень	47,1	118	43	50	70	2,1	-0,1	0,1
Червень	68,6	138	47	44	76	1,6	-0,5	-0,6
Липень	62,5	83	102	82	89	2,2	4,3	2,1
Серпень	37,9	48	16	2,1	22	0,5	-1,1	-1,9
Вересень	41,5	3,1	39	32	25	-2,5	-0,2	-0,6
Жовтень	36,4	84	77	27	63	1,9	1,6	-0,4
Листопад	47,1	48	42	4,0	31	0,0	-0,3	-2,2
Грудень	51,7	78	119	66	88	1,2	3,0	0,6
Середнє/місяць	46,4	70,8	49,3	43,0	54,0	–	–	–
Σ за рік	556	849	592	516	652	–	–	–
Σ IV–IX	290	479	270	218	322	–	–	–
Σ IV–VIII	249	476	231	186	297	–	–	–
Σ V–IX	257	390	247	211	282	–	–	–
Σ V–VIII	216	387	208	179	257	–	–	–

Примітка. Kc – коефіцієнт суттєвості відхилення суми опадів від багаторічних даних

Більшість місяців за кількістю опадів були типовими або близькими до типових. Лише 2017 рік характеризувався як рік з недостатньою кількістю опадів, проте наблизений до типових умов.

Тобто за кількістю опадів регіон проведення досліджень був досить забезпеченим вологою – без значних різких коливань щодо кількості опадів.

Пластичність і стабільність урожайності впродовж років проведення досліджень свідчить про сприятливі умови для її формування. Динаміка зміни врожайності більше залежала від гібрида і густоти стояння рослин, ніж від умов року. Коефіцієнт стабільності для гібрида ‘Український F₁’ склав 1,68–2,30; ‘P63LL06’ – 2,51–3,14; ‘НК Бріо’ – 3,15–4,63; ‘НК Ферті’ – 2,70–3,75.

Висновки

Критеріальне оцінювання погодних умов дозволило встановити, що північна частина Лівобережного Лісостепу є зоною, придатною для вирощування гібридів сояшнику зі стабільними умовами як за теплом, так і за вологою.

Для проходження повного циклу розвитку рослин сояшнику сума активних температур ($t_{б.м.} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) для гібрида ‘Український F₁’ становить 2354,6; ‘P63LL06’ – 2306,4; ‘НК Бріо’ – 2401,3; ‘НК Ферті’ – 2379,7; сума ефективних температур: ‘Український F₁’ – 1081,5; ‘P63LL06’ – 1056,9; ‘НК Бріо’ – 1104,9; ‘НК Ферті’ – 1109,1. Розраховані суми температур як за температурою біологічного мінімуму 10 °C, так і 5 °C, свідчать про їхню відповідність біологічним потребам рослин сояшнику і не обмежують вирощування цієї культури.

Сума теплових одиниць за період квітень–жовтень складала в середньому за три роки 3780. За період активної вегетації рослин сояшнику (квітень–серпень) діапазон зміни суми теплових одиниць складав 2868–3258 за роками. Сума теплових одиниць суттєво перевищувала суму активних та ефективних температур за біологічно активних температур 5 °C і 10 °C і в розрахунках враховували мінімальні температури, які лімітують ріст і розвиток рослин.

Найстабільніший діапазон змін активних, ефективних температур і накопичення те-

плових одиниць встановлено для періоду травень–вересень.

Пластичність і стабільність урожайності соняшнику більше змінювалась залежно від гібрида і густоти стояння рослин, ніж від умов року. Коефіцієнт стабільності врожайності для гібрида ‘Український F₁’ склав 1,68–2,30; ‘Р63LL06’ – 2,51–3,14; ‘НК Бріо’ – 3,15–4,63; ‘НК Ферті’ – 2,70–3,75 за врожайності, відповідно, 2,16–3,11; 2,58–3,52; 3,20–4,12; 2,70–3,79 т/га.

Для перехідних зон щодо температурного режиму для розрахування можливого періоду розвитку як критерій забезпечення теплом доцільно використовувати суми теплових одиниць.

Використана література

- Агрокліматичні ресурси України : Атлас / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбиди, А. Л. Прокопенко. Київ : Укр. картографічна група, 2016. 90 с.
- Debaeke P., Casadebaig P., Flenet F., Langlade N. Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *OCL*. 2017. Vol. 24, Iss. 1. D102. doi: 10.1051/oc/2016052
- Mijić A., Liović I., Kovačević V., Pepy P. Impact of weather conditions on variability in sunflower yield over years in eastern parts of Croatia and Hungary. *Acta Agron. Hung.* 2012. Vol. 60, Iss. 4. P. 397–405. doi: 10.1556/AAgr.60.2012.4.10
- Debaeke P., Aboudrare A. Adaptation of crop management to water-limited environments. *Eur. J. Agron.* 2004. Vol. 21, Iss. 4. P. 433–446. doi: 10.1016/j.eja.2004.07.006
- Eremenko O. A., Kalitka V. V., Kalenska S. M., Malkina V. M. Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in Ukrainian Steppe. *Ukr. J. Ecol.* 2018. Vol. 8, Iss. 1. P. 289–296. doi: 10.15421/2018_216
- González J., Mancuso N., Ludueca P. Sunflower yield and climatic variables. *Helia*. 2013. Vol. 36, Iss. 58. P. 69–76. doi: 10.2298/hel1358069g
- Ion V., Dicu G., Basa A. G. et al. Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agric. Agric. Sci. Proc.* 2015. Vol. 6. P. 44–51. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.08.036
- Canavar Ö., Ellmer F., Chmielewski F. M. Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). *Helia*. 2010. Vol. 33, Iss. 53. P. 117–130. doi: 10.2298/hel1053117c
- Falloon P., Betts R. Climate impacts on European agriculture and water management in the context of adaptation and mitigation – the importance of an integrated approach. *Sci. Total Environ.* 2010. Vol. 408, Iss. 23. P. 5667–5687. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.002
- Gibbons J. M., Ramsden S. J. Integrated modeling of farm adaptation to climate change in East Anglia, UK: scaling and farmer decision-making. *Agric Ecosyst Environ.* 2008. Vol. 127, Iss. 1–2. P. 126–134. doi: 10.1016/j.agee.2008.03.010
- Brown D. M., Bootsma A. Crop Heat Units for Corn and Other Warm Season Crops in Ontario. Ontario Ministry of Agriculture and Food, 1993. 6 p. URL: <https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/02/Berechnung-CHU-Uni-Guelph-Ontario.pdf>
- Killi D., Bussotti F., Raschi A., Haworth M. Adaptation to high temperature mitigates the impact of water deficit during combined heat and drought stress in C3 sunflower and C4 maize varieties with contrasting drought tolerance. *Physiol. Plant.* 2016. Vol. 159, Iss. 2. P. 130–147. doi: 10.1111/pp.12490
- Mila A. J., Akanda A. R., Biswas S. K., Ali M. H. Crop Co-efficient Values of Sunflower for Different Growth Stages by Lysimeter Study. *Br. J. Environ. Clim. Change*. 2016. Vol. 6, Iss. 1. P. 53–63. doi: 10.9734/BJECC/2016/24246
- Bootsma A. Crop Heat Units (CHU) for Canada for Land Suitability Rating System (LSRS) and impacts of climate change. *Final Report for Agriculture and Agri-Food Canada Contract #3000321992 – Assessment of climate change impacts on canadian agricultural landsuitability: Modeling Corn & Canola Crops*. January, 2008. URL: <https://sites.google.com/site/andybootsma/home/crop-heat-unit-reports>
- Gordo O., Sanz J. J. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biol.* 2010. Vol. 16, Iss. 3. P. 1082–1106. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02084.x
- Moriondo M., Giannakopoulos C., Bindi M. Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Clim. Change*. 2011. Vol. 104, Iss. 3–4. P. 679–701. doi: 10.1007/s10584-010-9871-0
- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Hakala K., Ojanen H. Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field production in Finland. *Agric. Food Sci.* 2009. Vol. 18, Iss. 3–4. P. 171–190. doi: 10.2137/145960609790059479
- Kwabiah A. B., MacPherson M., McKenzie D. B. Corn heat unit variability and potential of corn (*Zea mays* L.) production in a cool climate ecosystem. *Can. J. Plant Sci.* 2003. Vol. 83, Iss. 4. P. 689–698. doi: 10.4141/p02-127
- Ziska L. H., Bunce J. A., Shimono H. et al. Food security and climate change: on the potential to adapt global crop production by active selection to rising atmospheric carbon dioxide. *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.* 2012. Vol. 279, Iss. 1745. P. 4097–4105. doi: 10.1098/rspb.2012.1005
- Ермантраут Е. П., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (в рослинництві). Харків, 2014. 229 с.

References

- Adamenko, T. I., Kulbida, M. I., & Prokopenko, A. L. (Ed.). (2016). *Ahroklimatychni resursy Ukrainy: Atlas* [Agroclimatic resources of Ukraine: Atlas]. Kiev: Ukrainskakartografichna hrupa. [in Ukrainian]
- Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F., & Langlade, N. (2017). Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *OCL*, 24(1), D102. doi: 10.1051/oc/2016052
- Mijić, A., Liović, I., Kovačević, V., & Pepy, P. (2012). Impact of weather conditions on variability in sunflower yield over years in eastern parts of Croatia and Hungary. *Acta Agron. Hung.*, 60(4), 397–405. doi: 10.1556/AAgr.60.2012.4.10
- Debaeke, P., & Aboudrare, A. (2004). Adaptation of crop management to water-limited environments. *Eur. J. Agron.*, 21(4), 433–446. doi: 10.1016/j.eja.2004.07.006
- Eremenko, O. A., Kalitka, V. V., Kalenska, S. M., & Malkina, V. M. (2018). Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in Ukrainian Steppe. *Ukr. J. Ecol.*, 8(1), 289–296. doi: 10.15421/2018_216
- González, J., Mancuso, N., & Ludueca, P. (2013). Sunflower yield and climatic variables. *Helia*, 36(58), 69–76. doi: 10.2298/hel1358069g
- Ion, V., Dicu, G., Basa, A. G., Dumbrava, M., Temocico, G., Epure, L. I., & State, D. (2015). Sunflower Yield and Yield Components under Different Sowing Conditions. *Agric. Agric. Sci. Proc.*, 6, 44–51. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.08.036
- Canavar, Ö., Ellmer, F., & Chmielewski, F. M. (2010). Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). *Helia*, 33(53), 117–130. doi: 10.2298/hel1053117c
- Falloon, P., & Betts, R. (2010). Climate impacts on European agriculture and water management in the context of adaptation and mitigation – the importance of an integrated approach.

- Sci. Total Environ.*, 408(23), 5667–5687. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.002
10. Gibbons, J. M., & Ramsden, S. J. (2008). Integrated modelling of farm adaptation to climate change in East Anglia, UK: scaling and farmer decision-making. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 127(1–2), 126–134. doi: 10.1016/j.agee.2008.03.010
 11. Brown, D. M., & Bootsma, A. (1993). *Crop Heat Units for Corn and Other Warm Season Crops in Ontario*. Ontario Ministry of Agriculture and Food. Retrieved from <https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2014/02/Berechnung-CHU-Uni-Guelph-Ontario.pdf>
 12. Killi, D., Bussotti, F., Raschi, A., & Haworth, M. (2016). Adaptation to high temperature mitigates the impact of water deficit during combined heat and drought stress in C3 sunflower and C4 maize varieties with contrasting drought tolerance. *Physiol. Plant.*, 159(2), 130–147. doi: 10.1111/ppl.12490
 13. Mila, A. J., Akanda, A. R., Biswas, S. K., & Ali, M. H. (2016). Crop Co-efficient Values of Sunflower for Different Growth Stages by Lysimeter Study. *Br. J. Environ. Clim. Change.*, 6(1), 53–63. doi: 10.9734/BJECC/2016/24246
 14. Bootsma, A. (2008). Crop Heat Units (CHU) for Canada for Land Suitability Rating System (LSRS) and impacts of climate change. *Final Report for Agriculture and Agri-Food Canada Contract #3000321992 – Assessment of climate change impacts on canadian agricultural landsuitability: Modeling Corn & Canola Crops*. Retrieved from <https://sites.google.com/site/andybootsma/home/crop-heat-unit-reports>
 15. Gordo, O., & Sanz, J. J. (2010). Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biol.*, 16(3), 1082–1106. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02084.x
 16. Moriondo, M., Giannakopoulos, C., & Bindi, M. (2011). Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Clim. Change*, 104(3–4), 679–701. doi: 10.1007/s10584-010-9871-0
 17. Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K., & Ojanen, H. (2009). Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field production in Finland. *Agric. Food Sci.*, 18(3-4), 171–190. doi: 10.2137/145960609790059479
 18. Kwabiah, A. B., MacPherson, M., & McKenzie, D. B. (2003). Corn heat unit variability and potential of corn (*Zea mays* L.) production in a cool climate ecosystem. *Can. J. Plant Sci.*, 83(4), 689–698. doi: 10.4141/p02-127
 19. Ziska, L. H., Bunce, J. A., Shimono, H., Gealy, D. R., Baker, J. T., Newton, P. C., ... Wilson, L. T. (2012). Food security and climate change: on the potential to adapt global crop production by active selection to rising atmospheric carbon dioxide. *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.*, 279(1745), 4097–4105. doi: 10.1098/rspb.2012.1005
 20. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiazniuk, O. I. (2014). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (u roslynnytstvi)* [Method of selection experiment (in crop production)]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]

УДК 581.54:631.5:633.854.78

Каленская С. М.*, **Рыженко А. С.** Оценивание влияния погодных условий при выращивании подсолнечника в северной части Левобережной Лесостепи Украины // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Т. 16, № 2. С. 162–172. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209229>

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com*

Цель. Установить соответствие ресурсов тепла и влаги биологическим потребностям гибридов подсолнечника (*Helianthus annuus* L.); установить критериальные показатели оценивания погодных условий в северных регионах Украины; установить связь между температурным режимом, осадками и урожайностью. **Методы.** Использовали полевой и математический методы. Полевой многофакторный опыт проводили в 2016–2018 годах в Левобережной Лесостепи Украины. Исследовали особенности роста и развития растений, формирования урожайности «гибридов» (фактор А): 'Украинский F₁', 'P63LL06', 'НК Брио', 'НК Ферти' в зависимости от «густоты стояния растений» (фактор В): 50, 55, 60, 65 тыс. штук/га. Рассчитывали и анализировали суммы активных, эффективных температур по двум биологическим минимумам – 5 и 10 °С; суммы тепловых единиц по методике Brown and Bootsma (1993); коэффициенты существенности отклонений погодных условий от средних многолетних данных; пластичность и стабильность урожайности по методике Eberthart S. A., Russel W. Q. (1966). **Результаты.** Для прохождения полного цикла развития растений подсолнечника, необходима сумма активных температур (t_{б.м.} = 10 °С) для гибрида 'Украинский F₁' – 2355; 'P63LL06' – 2306; 'НК Брио' – 2401; 'НК Ферти' – 2380; сумма эффективных температур: 'Украинский F₁' – 1082; 'P63LL06' – 1057; 'НК Брио' – 1104,9;

'НК Ферти' – 1109. Суммы температур как при биологическом минимуме 10 °С, так и 5 °С, соответствуют биологическим требованиям растений подсолнечника и не являются лимитирующим фактором для выращивания. Сумма тепловых единиц за период апрель–октябрь составляла в среднем за три года – 3780. В период активной вегетации подсолнечника (апрель–август) сумма тепловых единиц составляла 2868–3258 и существенно превышала сумму активных и эффективных температур при биологически активных температурах 5 °С и 10 °С. Наиболее детерминированные границы изменений активных, эффективных температур и тепловых единиц наблюдали в мае–сентябре. **Выводы.** Пластичность и стабильность урожайности подсолнечника больше изменяются в зависимости от гибрида и густоты стояния растений, чем от погодных условий года. Коэффициент стабильности урожайности для гибрида 'Украинский F₁' составил 1,68–2,30; 'P63LL06' – 2,51–3,14; 'НК Брио' – 3,15–4,63; 'НК Ферти' – 2,70–3,75 при урожайности 2,16–3,11; 2,58–3,52; 3,20–4,12; 2,70–3,79 т/га соответственно.

Ключевые слова: подсолнечник; среднесуточная температура; минимальная и максимальная температура, сумма тепловых единиц; активных и эффективных температур; биологически активный минимум; урожайность; стабильность.

UDC 581.54:631.5:633.854.78

Kalenska, S. M., & **Ryzhenko, A. S.** (2020). Evaluation of weather conditions for growing sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the northern part of the Left-bank Forest Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(2), 162–172. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209229>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine,
*e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

Purpose. Establish compliance of heat and moisture resources to biological requirements of sunflower hybrids (*Helianthus annuus*), reveal criteria for assessing weather conditions in the northern regions of Ukraine; establish links between temperature, precipitation and yield. **Methods.** Field and mathematical methods were used. Field multifactorial experiment was conducted during 2016–2018 in the Left Bank of Ukraine, on the border of two soil and climatic zones of Ukraine – Forest-Steppe and Polissia. Peculiarities of plant growth and development, formation of “hybrids” yield (factor A) were studied: ‘Ukrainskyi F₁’, ‘P63LL06’, ‘NK Brio’, ‘NK Ferti’ depending on “plant density” (factor B): 50, 55, 60, 65 thousand pieces/hectare. We calculated and analyzed the sums of active, effective temperatures for two biological minima – 5 and 10 °C; the sum of thermal units according to the method of Brown and Bootsma, 1993; coefficients of materiality of elements deviations of the agrometeorological mode of the current year from long-term averages; plasticity and yield stability according to the method of Eberthart S. A., Russel W. Q. (1966). **Results.** To pass the full cycle of sunflower plants development, the sum of active temperatures (t = 10 °C) for hybrid ‘Ukrainskyi F₁’ – 2354.6; ‘P63LL06’ – 2306.4; ‘NK Brio’ – 2401.3;

‘NK Ferti’ – 2379.7; and the sum of effective temperatures for ‘Ukrainskyi F₁’ – 1081.5; ‘P63LL06’ – 1056.9; ‘NK Brio’ – 1104.9; ‘NK Ferti’ – 1109.1 is required. The sum of temperatures, both at a biological minimum temperature 10 °C and 5 °C, meet biological needs of sunflower plants and is not a limiting factor for this crop growing. The sum of thermal units for the period April–October is 3780 on average for three years. During the period of active sunflower vegetation (April–August) the sum of thermal units is 2868–3258, significantly exceeding the sum of active and effective temperatures at biologically active temperatures 5 °C and 10 °C. The most determined limits of changes in active, effective temperatures and thermal units were observed in May–September. **Conclusions.** Plasticity and stability of sunflower yield more depending on hybrid and plants density than on conditions of the year. Yield stability coefficient for hybrid ‘Ukrainskyi F₁’ was 1.68–2.30; ‘P63LL06’ – 2.51–3.14; ‘NK Brio’ – 3.15–4.63; ‘NK Ferti’ – 2.70–3.75 for yields, respectively: 2.16–3.11; 2.58–3.52; 3.20–4.12; 2.70–3.79 t/ha.

Keywords: sunflower; average daily temperature; minimum temperature; maximum temperature; sum of thermal units; sum of active and effective; biologically active minimum; stability.

Надійшла / Received 12.05.2020
Погоджено до друку / Accepted 14.06.2020