УДК 633.854.78:631.543.3 DOI: 10.36710/IOC-2025-39-04

РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯШНИКА ПІД ВПЛИВОМ КЛІМАТИЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВЕГЕТАЦІЙНОГО РОКУ

С. І. Одинець

Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

В статті показано що довгострокові кліматичні зміни є цілком природним процесом, обумовленим астрономічними факторами, та представлено усереднені результати шестирічного випробування гібридів соняшника, одержаних в розсаднику відновлювачів фертильності. Сума активних температур за вегетаційний період варіювала від 3712,7 °С у 2017 році до 4028,7 °С у 2015, кількість опадів – від 207,0 мм у 2016 році до 341,5 мм у 2015 р, а гідротермічний коефіцієнт від 0,52 у 2016 р до 0,85 у 2015 році. Середній за 2013-2018 роки показник ГТК становив 0,68 (з варіаціями від 0,52 до 0,85), що відповідає посушливій, або навіть сухій зоні. Це свідчить про те, що відбувається збільшення посушливості клімату. Маса насіння з рослини позитивно корелює з температурами травня – коефіцієнт кореляції становить 0,67 і червня – 0,77, але негативно с серпневими, коефіцієнт кореляції – -0,70. З кількістю опадів кореляція позитивна в липні – 0,42, але негативна в квітні -0,41 і вересні -0,42. Урожайність позитивно корелює з температурами травня – коефіцієнт кореляції 0,60 і червня – 0,74, але негативно з серпневими – -0,67. Кореляція з кількістю опадів менша і становить 0,48 у липні та -0,35 в квітні і -0,36 у вересні. Олійність насіння має високу позитивну кореляцію з кількістю опадів у квітні 0,56, червневими і вересневими температурами (0,61 та 0,68 відповідно) і негативну з опадами вересня -0,88. Вихід олії найбільше позитивно корелює з температурами червня – коефіцієнт кореляції 0,74 і менше травня – 0,52 та негативно з температурами серпня -0,57 і вересневими опадами -0,46. Єдиним чинником, який позитивно впливає на всі показники продуктивності соняшника, є сума активних температур червня. Коефіцієнт кореляції з масою насіння, одержаного з однієї рослини, становить 0,77, з урожайністю і одержанням олії з одиниці площі – 0,74 і з олійністю насіння – 0,63. На олійність насіння також позитивно впливають САТ вересня (коефіцієнт кореляції 0,72) і ГТК квітня – 0,52 та негативно САТ квітня – коефіцієнт кореляції -0,52, травня – -0,54 і ГТК вересня (-0,89). На масу насіння, одержаного з однієї рослини негативно впливає САТ серпня – -0,61.

Ключові слова: соняшник, клімат, температура, сума активних температур (САТ), гідротермічний коефіцієнт (ГТК), врожайність, олійність, кореляція.

Вступ. Останнім часом у світі дуже багато уваги приділяється глобальному потеплінню. Потепління стало однією з найбільш актуальних економічних і політичних тем і однією з «найгарячіших наукових проблем» (Kitova 2025; Kovalenko 2024; Lymanska 2025; Radevych 2025; Trofimova 2021). Журналісти, політики, громадські діячі постійно стверджують, що глобальне потепління спричинене діяльністю людини. Ще в 1982 році виконавчий директор Програми ООН з навколишнього середовища передбачав, що до 2000 року зміна

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

*Corresponding author

клімату спричинить глобальну катастрофу. В той же час у 1920-1930 рр. всіх лякали глобальним похолоданням (Lu 2025), про що зараз зовсім забули.

Люди чомусь не беруть до уваги періодичну повторюваність природних процесів. Як регулярно відбуваються зміни дня і ночі або пір року, точно так же відбувається і чергування холодних і теплих кліматичних періодів. Клімат змінювався завжди і причини цих змін абсолютно не були пов'язані з людською діяльністю, оскільки більшу частину історії Землі людей просто не існувало.

Вперше усвідомлення того, що зміни клімату є циклічними з'явилися в працях 30-40-х років 19 століття (Agassiz 1840; Agassiz 1847). На початку минулого століття була сформована думка про чотири найважливіші альпійські зледеніння четвертинного періоду – це гюнц, міндель, рис і вюрм. (Penck, Brückner 1909.). Французького математика Альфонса-Жозефа Адемара (Adhemar 1842) захопила думка про можливий зв'язок зледенінь з орбітальними характеристиками Землі. У 1864 році Джеймсом Кроллом (James Croll) була написана стаття про можливий вплив варіацій земної орбіти на зледеніння (Bryson 2004).

Вивести математичну залежність між кліматом Землі, особливостями її обертання та взаємовідношенням із Сонцем зміг М. Міланкович (Milankovich 1920; Milankovich 1941; Milankovich 1969). Циклічні варіювання інсоляції земної поверхні, спричинені коливаннями параметрів обертання Землі навколо Сонця та навколо власної осі отримали у науковій літературі назву «цикли Міланковича». (Cykly Milankovycha. (n.d.). Vikipediia. Retrieved December 7, 2025, from https://uk.wikipedia.org/wiki/Цикли_Міланковича). Вони описують сукупний вплив змін руху Землі на її клімат протягом тисяч років. При цьому з факторів, що активно впливають на рівень інсоляції, найчастіше називають три: ексцентриситет (відмінність форми орбіті від кола), нутацію (нахил осі обертання) і прецесію (розмах коливань осі обертання) (рис. 1).

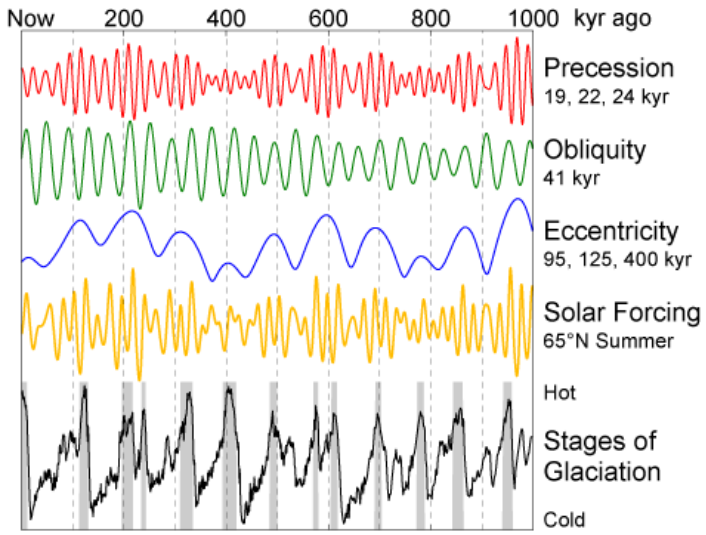

Рис. 1. **Прецесія, зміни нахилу орбіти, зміни ексцентриситету, результуючі зміни інсоляції, зміни температури** (Cykly Milankovycha. (n.d.). Vikipediia. etrieved December 7, 2025, from https://uk.wikipedia.org/wiki/Цикли_Міланковича)

© С. І. Одинець

Нутація – це кут нахилу осі Землі, що змінюється по відношенню до площини її орбіти (площини екліптики). Цей цикл триває приблизно 41000 років. Збільшення нахилу збільшує амплітуду сезонного циклу інсоляції, забезпечуючи більше сонячної радіації влітку кожної півкулі й менше взимку та збільшує загальну річну сонячну радіацію в вищих широтах і зменшує ближче до екватора (Buis 2020). Через те, що материкова поверхня на нашій планеті розподілена нерівномірно – у північній півкулі материки становлять 39%, а у південній лише 19%, це викликає циклічні коливання температури. Більший нахил робить пори року більш екстремальними (Gilbert 1895).

Форма орбіти Землі також змінюється від майже кругової до злегка еліптичної (Laskar et al. 2011). Ексцентриситет змінюється в основному через гравітаційне тяжіння Юпітера і Сатурна. (Milankovitch cycles. https://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles). Зараз ексцентриситет зменшується (Laskar 2020). Коли орбіта Землі стає більш ексцентричною, це призводить до збільшення амплітуди сезонних змін (Berger et al. 2006). Коли орбіта більш витягнута, відстань між Землею та Сонцем, а також кількість сонячної радіації у різні пори року змінюється сильніше. Міланкович дійшов висновку, що ексцентриситет земної орбіти змінюється від нуля до шести відсотків і тривалість такого циклу становить приблизно 100 тисяч років. Наступні дослідження (Shackleton et al. 2011; Abe-Ouchi et al. 2013) показали, що цикли льодовикових заледенінь за останній мільйон років мали періодичність саме у 100 тисяч років, таким чином, збігаючись із максимальним ексцентриситетом земної орбіти (Tsykly Milankovycha. https://uk.wikipedia.org › wiki)

Через те, що ексцентриситет Землі малий, зміна сонячної радіації є незначним фактором сезонних коливань клімату порівняно з нахилом осі і з відносною легкістю нагрівання великих масивів суші в Північній півкулі. (Buis 2020) Масиви суші змінюють температуру поверхні швидше, ніж океани тому, що ґрунт має меншу об’ємну теплоємність ніж вода. Велика теплова інерція світового океану затримує зміни середньої температури поверхні Землі. (Abu-Hamdeh 2020; Scott 2006)

Третій розрахований Міланковичем цикл зумовлений прецесією земної осі, тобто розмахом коливань осі обертання Землі. Тривалість такого циклу – 26 тисяч років.

Кожен із циклів існує незалежно від інших. Піки циклів можуть збігатися, а можуть бути й у протифазі. У першому випадку температурні варіації посилюватимуться, у другому – згладжуватимуться.

Ігнорування цих показників може свідчити або про некомпетентність у даному питанні, або про навмисне замовчування наукових даних. Але для сталого розвитку сільського господарства та транспорту потрібно регулярно досліджувати варіювання кліматичних чинників тому що те, що зараз вважається екстремальним, через декілька років може стати нормою. З урахуванням цього для одержання достатньої кількості сільськогосподарської продукції постає питання підвищення потенційної пристосованості вирощуваних сільськогосподарських культур як до поточних, так і до довгострокових коливань клімату.

На теперішній час за співвідношенням тепла та вологи територія України поділяється на такі агрокліматичні зони: Полісся – помірно тепла зона, річна

© С. І. Одинець

сума опадів становить 596–760 мм; ГТК 1,3–2,2, сума температур 2500; Лісостеп – тепла, недостатньо волога зона, річна сума опадів 575–650 мм; ГТК 1,0–1,3, сума температур 2700; Степ (північний та південний) – дуже тепла зона, річна сума опадів 350–540 мм; Степ північний ГТК 0,7–1,0, сума температур 3000; Степ південний ГТК 0,5–0,7, сума температур 3150 (Adamenko 2014).

Зона степів півдня України, до якої відноситься Запорізька область, характеризується високою родючістю ґрунтів і загалом сприятлива для вирощування соняшнику. Основним лімітуючим фактором є недостатня кількість опадів та їх розподіл у часі.

Метою роботи було дослідження кліматичних особливостей як вегетаційного року в цілому, так і по місяцях (кількість опадів, температура (середньомісячна і за вегетаційний період), сума активних температур (САТ), гідротермічний коефіцієнт (ГТК) та їх впливу на формування показників продуктивності гібридними рослинами соняшника (*Helianthus annuus L.*) в умовах Запорізької області, а також визначення при яких показниках реалізація рослинами генетичного потенціалу продуктивності є більш ефективною, та які чинники і в який час є найбільш лімітуючими.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом дослідження були гібриди першого покоління F_1, отримані у розпліднику ліній-відновників фертильності лабораторії селекції міжлінійних гібридів соняшнику. Дослідження проводились на полях Інституту олійних культур (м. Запоріжжя) у селекційній сівозміні. Дослід закладали за методикою Б. А. Доспехова. (Dospekhov 1979). Схема посіву 70х70 см, по дві рослини в гнізді. Ділянки дворядкові, довжиною 8,4 метри, облікова площа 16,8 м^2. Дослідження проводились у 2013-2018 роках на протязі шести років.

Дані щодо температурного режиму, періодичності та кількості опадів, що випали протягом вегетаційного періоду культури, були отримані на метеопосту ІОК НААН. На їх основі за методикою Селянінова Г.Т. (Adamenko 2014) було обчислено гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за вегетаційний період (квітень – вересень), який є відношенням суми опадів R до суми активних температур того ж періоду ΣТ, зменшеної в 10 разів.

$$ГТК = R/0,1 \sum T$$

де: R – сума опадів за період з температурами повітря вище +10 °С, в мм; ∑Т – сума середньодобових температур повітря вище +10 °С за той же період.

Результати досліджень та їхнє обговорення. Кліматичні (погодні) умови років, коли проводились випробування, суттєво відрізнялися, що позначилося на розвитку рослин та їх плодоношенні. Середньомісячні значення температур і кількості опадів за роками представлені в таблиці 1. Коливання цих чинників дозволили оцінити їх вплив на врожайність гібридних комбінацій, що випробовувалися.

Як видно з даних, наведених у таблиці 1, середньомісячні температури вегетаційного періоду соняшника стабільно перевищували ті, котрі вважаються притаманними нашому регіону. У квітні найвищі середньомісячні температури були відзначені у 2016 році, коли перевищення над багаторічними становило 5,3 °С, у травні 2013 – 7,2 °С, у червні, липні та вересні 2015 року, відповідно 4,2 °С, 4,2 °С та 10,0 °С, у серпні 2017 – 5,5 °С. Решту часу це перевищення було менш значним. Єдиним за шість років винятком був квітень 2017 року, коли температури були на 0,4 °С нижчими від середньостатистичних. Це сталося через

© С. І. Одинець

дощову погоду в другій декаді, коли відбулося зниження температури більш ніж на 2 °С порівняно з температурами початку і кінця місяця.

Таблиця 1

Середньомісячні температури та кількість опадів під час вегетації соняшника (2013–2018 рр.)

Місяці		2013 р.		2014 р.		2015 р.		2016 р.		2017 р.		2018 р.		Середні багато-річні	
		Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С	Опади, мм	Температура, °С
Квітень		8,0	13,2	48,4	12,1	77,5	11,2	64,0	15,4	121,0	9,7	12,0	15,0	36,0	10,1
Травень		35,0	23,9	35,0	20,2	47,5	19,2	67,0	19,0	6,5	17,4	6,0	20,4	42,0	16,7
Червень		31,5	24,7	99,5	22,4	140,5	24,9	42,0	24,5	10,0	23,5	36,0	24,2	52,0	20,7
Липень		90,5	26,2	11,0	26,4	25,0	26,6	14,0	26,0	45,0	24,3	122,0	24,2	50,0	22,4
Серпень		0,0	25,2	31,0	26,8	51,0	26,5	0,0	26,6	4,0	27,1	0,0	25,5	41,0	21,6
Вересень		49,0	14,9	81,0	18,6	0,0	23,3	20,0	18,0	56,0	19,5	90,0	18,0	23,0	13,3
За сезон	Сума	214,0		305,9		341,5		207,0		242,5		266,0		244,0	
	Середньо-добова		21,4		21,1		22,0		21,6		20,3		21,2		17,5

Під час проведення випробувань кількість опадів за роками значно варіювала і могла бути як нижчою від середньостатистичних для цієї місцевості значень (244 мм) у 2013 та 2016 роках, так і набагато вищою у 2014 та 2015. Найконтрастнішими були 2015 та 2016 роки, коли випало відповідно 341,5 та 207,0 мм опадів.

Розподіл опадів у часі в різні роки також дуже відрізнявся. У 2013 році опади випадали дуже нерівномірно. найбільша їх кількість випала у липні – 90,5 мм, також випало 49,0 мм у вересні, тоді як в інші місяці кількість опадів була нижчою за норму, а в серпні їх не було зовсім. У 2014 р. основна кількість дощів пройшла протягом двох місяців – червень та вересень, за цей час випало 180,5 мм. Найбільш посушливим був липень, коли випало лише 11,0 мм. Зовсім інша картина спостерігалася у 2015 р., коли за весь серпень не випало жодного міліметра, зате решта місяців була дощовими, особливо червень, коли випало 140,5 мм. У 2016 р. більша частина опадів випала у квітні та травні (131,0 мм) у той час як за решту місяців лише 76,0 мм. У 2017 р. половина опадів (121,0 мм)

© С. І. Одинець

випала у квітні, ще 56,0 мм у вересні, тоді як на інші місяці припало лише 65,5 мм. В 2018 р. в перші три місяці вегетації рослин дощів випадало менше за норму, в серпні їх не було взагалі, зате в липні місячна кількість опадів склала 122,0 мм.

На підставі отриманих даних були розраховані суми активних температур (САТ) та гідротермічні коефіцієнти (ГТК) (табл. 2). Потреба соняшника у теплі залежить від тривалості вегетації рослин. Підрахунок САТ визначає можливість зростання рослин в даних умовах і становить для соняшника не менше, ніж 1450 °С (Aktyvni temperatury; Virashchivanie podsolnechnika v usloviyakh zasukhi.).

Таблиця 2

Суми активних температур (САТ) та гідротермічний коефіцієнт (ГТК) по роках (2013–2018 рр.)

Роки	Сума активних температур, °С	Сумарна кількість опадів, мм	Гідротермічний коефіцієнт
2013	3804,9	214,0	0,56
2014	3867,6	305,9	0,79
2015	4028,7	341,5	0,85
2016	3950,3	207,0	0,52
2017	3712,7	242,5	0,65
2018	3887,0	266,0	0,68
Середнє	3875,2	262,8	0,68

Варіювання вище вказаних показників за роками та на протязі вегетації культури дозволили дослідити вплив клімату на показники продуктивності соняшника.

Як видно з одержаних даних сума активних температур за вегетаційний період у розглянуті роки варіювала від 3712,7 °С у 2017 році до 4028,7 °С у 2015, кількість опадів - від 207,0 мм у 2016 році до 341,5 мм у 2015 р, а гідротермічний коефіцієнт від 0,52 у 2016 р до 0,85 у 2015 році. Отримані показники по САТ значно перевищують ті, котрі наводяться Т.І. Адаменко при поділі України на агрокліматичні зони (Adamenko 2014), а по ГТК відповідають як Степу південному – 0,52-0,68, так і північному – 0,79 та 0,85. По тому, як різні зони Запорізької області забезпечені вологою, Єременко і Калитка (Єременко, Калитка 2017) запропонували територію Запорізької області поділити на 3 мікрозони:

I – слабко посушлива (ГТК=1,2-1,0);

II – посушлива (ГТК=0,9-0,7);

III – суха (ГТК=0,6-0,4).

За їхньою класифікацією землі Запорізького району, в якому знаходиться ІОК, розташовуються в слабко посушливій зоні з ГТК = 1,2-1,0. Також вони відзначають, що аналіз гідротермічних умов території Запорізької області за останні роки (2005-2015 рр.) свідчить про різку зміну клімату регіону в бік посушливості. Цей висновок підтверджують і наші спостереження.

Під час проведення цього досліду найменша кількість опадів за шість місяців (квітень-вересень) випала 2016 року і склала лише 207,0 мм, а

© С. І. Одинець

максимальна 2015 – 341,5 мм; мінімальна сума активних температур спостерігалась у 2017 році – 3712,7 °С, а максимальна у 2015 – 4028,7 °С. Середній за 2013-2018 роки показник ГТК становив 0,68 (з варіаціями від 0,52 до 0,85), що відповідає посушливій, або навіть сухій зоні. За результатами, отриманими в іншому досліді (Kutishcheva et al. 2019a, Kutishcheva et al. 2019b), середній показник дорівнював навіть 0,23, з коливаннями від 0,11 до 0,26. Це свідчить про те, що в наш час відбувається збільшення посушливості клімату. І селекціонерам потрібно постійно приділяти увагу адаптивності створюваних гібридів до можливих несприятливих, іноді навіть екстремальних кліматичних умов.

Такі умови дозволили проаналізувати вплив як високих температур, так і нестачі вологи. Середні значення показників продуктивності за роками представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Усереднені показники продуктивності гібридів, що випробовувалися (2013–2018 рр.)

Рік	Маса насіння з 1 рослини, г	Урожайність, т/га	Олійність насіння, %	Вихід олії, т/га
2013	91	3,193	46,5	1,489
2014	54	1,909	44,9	0,901
2015	81	2,952	49,7	1,455
2016	62	2,080	47,0	0,979
2017	60	2,254	47,6	1,074
2018	67	2,475	45,4	1,127

Найвищі за час випробувань показники ваги насіння з однієї рослини (91 г), врожайності (3,193 т/га) та одержання олії (1,489 т/га) були одержані у 2013 році, який характеризувався малою кількістю опадів – 214 мм за сезон, невисокою сумою активних температур – 3804,9 °С і відповідно гідротермічним коефіцієнтом 0,56. Менша кількість опадів (207,0 мм) та нижчий ГТК (0,52) була лише у 2016, а середньомісячні температури (20,3 °С) та САТ (3712,7 °С) у 2017 році.

Максимальні значення всіх без винятку кліматичних показників були зареєстровані у 2015 році – кількість опадів становила 341,5 мм, середньомісячна температура – 22,0°°С, САТ – 4028,7 °С, ГТК – 0,82. Цього року було отримано найвищі значення олійності насіння – 49,7 %; показники ваги насіння з рослини – 81 г, врожайності 2,952 т/га та одержання олії – 1,455 т/га хоч і були високими, але поступалися значенням 2013 року. Аналіз отриманих результатів показує, що найкращими роками для формування маси насінин з однієї рослини, врожайності та одержання олії з одиниці площі виявився 2013, а для олійності 2015 рік.

Втім, прямого зв’язку між усередненими показниками врожаю і кліматичних факторів за сезон вегетації рослин соняшника встановлено не було. Єдиним винятком виявилась олійність, кореляція якої з САТ склала 0,37, 0,27 з сумарною кількістю опадів і 0,23 з ГТК (табл. 4).

Аде, якщо аналіз проводити не за сумарними за сезон показниками, а за щомісячними, то можна побачити певні закономірності (табл. 5).

© С. І. Одинець

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції між кліматичними факторами і показниками врожаю
(2013–2018 рр.)

	Сума активних температур, °С	Сумарна кількість опадів, мм	Гідротермічний коефіцієнт
Маса насіння з рослини	0,17	-0,06	-0,10
Урожайність	0,12	0,03	0,01
Олійність	0,37	0,27	0,23
Вихід олії	0,18	0,12	0,09

Таблиця 5

Коефіцієнти кореляції між середньомісячними значеннями температури та кількістю опадів по місяцях і показниками врожаю
(2013–2018 рр.)

		Маса насіння з рослини, кг	Урожайність, т/га	Олійність насіння, %	Вихід олії, т/га
Квітень	Температура, °С	0,04	-0,08	-0,43	-0,16
	Опади, мм	-0,41	-0,35	0,56	-0,25
Травень	Температура, °С	0,67	0,60	-0,35	0,52
	Опади, мм	0,15	-0,01	0,31	0,05
Червень	Температура, °С	0,77	0,74	0,61	0,74
	Опади, мм	0,11	0,11	0,36	0,21
Липень	Температура, °С	0,33	0,22	0,24	0,28
	Опади, мм	0,42	0,48	-0,31	0,37
Серпень	Температура, °С	-0,70	-0,67	0,27	-0,57
	Опади, мм	0,06	0,10	0,46	0,22
Вересень	Температура, °С	-0,15	-0,06	0,68	0,06
	Опади, мм	-0,42	-0,36	-0,88	-0,46
За вегетаційний період	Температура, °С	0,52	0,43	0,37	0,47
	Опади, мм	-0,06	0,03	0,27	0,12

Маса насіння з однієї рослини позитивно корелює з температурами травня – коефіцієнт кореляції становить 0,67 і червня – 0,77, але негативно с серпневими, коефіцієнт кореляції – -0,70. З кількістю опадів кореляція менш істотна – позитивна в липні – 0,42, але негативна в квітні -0,41 і вересні -0,42.

Урожайність позитивно корелює з температурами травня – коефіцієнт кореляції 0,60 і червня – 0,74, але негативно з серпневими – -0,67. Кореляція з кількістю опадів менша і становить 0,48 у липні та -0,35 в квітні і -0,36 у вересні.

Олійність насіння має високу позитивну кореляцію з кількістю опадів у квітні 0,56, червневими і вересневими температурами (0,61 та 0,68 відповідно) і негативну з опадами вересня -0,88.

Вихід олії найбільше позитивно корелює з температурами червня – коефіцієнт кореляції 0,74 і менше травня – 0,52 та негативно з температурами серпня -0,57 і вересневими опадами -0,46.

© С. І. Одинець

Кореляції САТ та ГТК з показниками продуктивності наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Коефіцієнти кореляції між середньомісячними значеннями САТ та ГТК по місяцях і показниками продуктивності соняшника

(2013–2018 рр.)

		Маса насіння з 1 рослини, кг	Урожайність, т/га	Олійність насіння, %	Вихід олії, т/га
Квітень	САТ	0,05	-0,07	-0,52	-0,16
	ГТК	-0,30	-0,19	0,52	-0,11
Травень	САТ	0,30	0,24	-0,54	0,18
	ГТК	0,13	-0,02	0,33	0,04
Червень	САТ	0,77	0,74	0,63	0,74
	ГТК	0,05	0,06	0,30	0,15
Липень	САТ	0,09	0,00	0,30	0,09
	ГТК	0,39	0,45	-0,32	0,34
Серпень	САТ	-0,61	-0,59	0,35	-0,48
	ГТК	0,07	0,11	0,46	0,22
Вересень	САТ	-0,09	-0,01	0,72	0,11
	ГТК	-0,30	-0,25	-0,89	-0,36
За вегетаційний період	САТ	0,17	0,12	0,37	0,18
	ГТК	-0,09	0,02	0,22	0,10

Як видно з даних, представлених у таблиці, єдиним чинником, який позитивно впливає на всі показники продуктивності соняшника, є сума активних температур червня. Коефіцієнт кореляції з масою насіння, одержаного з однієї рослини, становить 0,77, з урожайністю і одержанням олії з одиниці площі – 0,74 і з олійністю насіння – 0,63. На олійність насіння також позитивно впливають САТ вересня (коефіцієнт кореляції 0,72) і ГТК квітня – 0,52 та негативно САТ квітня - коефіцієнт кореляції -0,52, травня – -0,54 і ГТК вересня (-0,89). На масу насіння, одержаного з однієї рослини негативно впливає САТ серпня – -0,61.

В 2016 році незважаючи на найнижчі показниках кількості опадів (207,0 мм) і ГТК (0,52) не зважаючи на низьку врожайність, середні по досліду показники ваги насіння з 1 рослини (62 г) та його олійності (47,0%) були досить високими. Середня по досліду олійність насіння була нижчою в 2013, 2014 і 2018 роках, а вага одержаного з 1 рослини насіння – у 2014 і 2017.

З шести років, під час яких проводились випробування, найбільш екстремальним за температурними показниками був 2015, коли середня температура за час вегетації соняшника склала 22,0 °С, а САТ дорівнювала 4028,7. Якщо підвищення температур діє пригнічуюче на рослини, то саме цього року показники продуктивності мали бути найгіршими. Але за результатами аналізів виявилось що саме цього року було найвище накопичення олії в насінні, середній показник становив 49,72 %, в той час як в більш прохолодні роки він був нижчим і варіював від 44,85 % до 47,59 %.

© С. І. Одинець

Не дуже спекотним був 2014 рік, коли середня за час вегетації соняшника температура була 21,1 °С, а САТ дорівнювала 3867,6. І при цьому в порівнянні з 2015 роком, який був значно спекотнішим, врожайність склала лише 64,67%, вага насіння з рослини 66,67%, олійність насіння 90,21%, одержання олії 61,92%.

Визначення взаємозв'язку показників продуктивності соняшнику із усередненими кліматичними чинниками показало, значущої позитивної кореляції не існує. Коефіцієнт кореляції врожайності з САТ становив 0,12, сумарною кількістю опадів 0,03, ГТК 0,01; ваги насіння із рослини, відповідно, 0,17, -0,06, -0,10; отримання олії – 0,18, 0,12, 0,09. Тільки за олійністю насіння кореляція була дещо вищою із САТ 0,37, кількістю опадів 0,27, ГТК 0,23.

Але якщо ми проаналізуємо кореляцію із середньомісячними показниками, то результати будуть зовсім іншими. Висока позитивна кореляція відзначена між урожайністю та температурами червня – коефіцієнт кореляції дорівнює 0,74, САТ 0,74, нижче – із температурами травня 0,60, липневими опадами 0,48 та ГКТ 0,45. Негативна кореляція простежується із серпневими температурами -0,67 та САТ -0,59. Олійність насіння позитивно корелює із середніми температурами і САТ червня (відповідно 0,61 та 0,63) та вересня (0,68 та 0,72) та негативно з вересневими опадами -0,88 та ГТК -0,89. Отримання олії позитивно корелює із середньомісячними температурами та САТ червня (0,74 та 0,74), негативно з температурами серпня -0,57 та вересневими опадами -0,46. Травневі температури позитивно впливають на вагу насіння з рослини, врожайність і одержання олії, коефіцієнти кореляції 0,67, 0,60, 0,52.

Все це свідчить про те, що фізіологічні процеси, що протікають в рослинах, та пов'язані з ними господарсько-цінні параметри залежать не від одного, а від цілого ряду факторів, як біологічних, так і агрокліматичних. Через різне їх поєднання під час проходження певних фаз розвитку рослини по різному реалізують те, що в них закладено селекціонерами, а отже, важко передбачити, яким буде вихід товарної продукції.

Висновки. Середній за 2013-2018 роки показник ГТК становив 0,68 (з варіаціями від 0,52 до 0,85), що відповідає посушливій, або навіть сухій зоні. Це свідчить про те, що відбувається збільшення посушливості клімату.

Маса насіння з рослини позитивно корелює з температурами травня – коефіцієнт кореляції становить 0,67 і червня – 0,77, але негативно с серпневими, коефіцієнт кореляції – -0,70. З кількістю опадів кореляція позитивна в липні – 0,42, але негативна в квітні -0,41 і вересні -0,42.

Урожайність позитивно корелює з температурами травня – коефіцієнт кореляції 0,60 і червня – 0,74, але негативно з серпневими – -0,67. Кореляція з кількістю опадів менша і становить 0,48 у липні та -0,35 в квітні і -0,36 у вересні.

Олійність насіння має високу позитивну кореляцію з кількістю опадів у квітні 0,56, червневими і вересневими температурами (0,61 та 0,68 відповідно) і негативну з опадами вересня -0,88.

Вихід олії найбільше позитивно корелює з температурами червня – коефіцієнт кореляції 0,74 і менше травня – 0,52 та негативно з температурами серпня -0,57 і вересневими опадами -0,46.

Єдиним чинником, який позитивно впливає на всі показники продуктивності соняшника, є сума активних температур червня. Коефіцієнт кореляції з масою насіння, одержаного з однієї рослини, становить 0,77, з

© С. І. Одинець

урожайністю і одержанням олії з одиниці площі – 0,74 і з олійністю насіння – 0,63.

На олійність насіння також позитивно впливають САТ вересня (коефіцієнт кореляції 0,72) і ГТК квітня – 0,52 та негативно САТ квітня – коефіцієнт кореляції -0,52, травня – -0,54 і ГТК вересня (-0,89).

На масу насіння, одержаного з однієї рослини негативно впливає САТ серпня – -0,61.

References

Abe-Ouchi A, Saito F, Kawamura K, Raymo ME, Okuno J, Takahashi K, Blatter H (2013) Insolation-driven 100,000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume. Nature. 500 (7461): 190–3 DOI:10.1038/nature12374. PMID 23925242. S2CID 4408240

Abu-Hamdeh (2020) Thermal Properties of Soils as affected by Density and Water Content. Biosystems Engineering. 86 (1): 97–102 DOI:10.1016/S1537-5110(03)00112-0

Adamenko TI (2014) Ahroklimatychne zonuvannia terytorii Ukrainy z vrakhuvanniam zminy klimatu. (Agroclimatic zoning of the territory of Ukraine taking into account climate change.) Kyiv. Vydavnytstvo TOV «RIA» BLITs m. Bila Tserkva. 18 p.

Adhemar JA (1842) Révolutions de la mer, déluges périodiques, Paris, Carilian-Goeury et Dalmont.1842. 112 p.

Agassiz L (1840) Études sur les glaciers. Neuchatel

Agassiz L (1847) Système Glaciaire ou Recherche sur les Glaciers, leur Mécanisme, leur Ancienne Extension et le Rôle qu'ils ont joué dans l'Histoire de la Terre. Première Partie: Nouvelles études et Expériences sur les Glaciers Actuels: leur Structure, leur Progression et leur Action Physique sur le sol. Paris, V. Masson; Leipzig, L. 347 p.

Aktyvni temperatury. (Active temperatures.) https://vue.gov.ua/

Berger A, Loutre MF, Mélice JL (2006) Equatorial insolation: from precession harmonics to eccentricity frequencies. Climate of the Past Discussions. 2 (4): 519–533 DOI:10.5194/cpd-2-519-2006

Bryson BA (2004) Short History of Nearly Everything. New York, Broadway books. 545 p.

Buis A (2020) Milankovitch (Orbital) Cycles and Their Role in Earth's Climate https://science.nasa.gov/science-research/earth-science/milankovitch-orbital-cycles-and-their-role-in-earths-climate/

Dospekhov BA (1979) Metodika polevogo opyta (Field experiment methodology). M. Kolos: 419 p.

Gilbert GK (1895) Sedimentary Measurement of Cretaceous Time. The Journal of Geology. 3 (2). University of Chicago Press: 121–127 DOI:10.1086/607150. JSTOR 30054556. S2CID 129629329.

Kitova T (2025) Ostannii shans vriatuvaty Zemliu: vcheni hotuiutsia pomistyty Arktyku u hihantsku "morozylnu kameru."(Last chance to save Earth: Scientists prepare to put the Arctic in a giant "freezer.") https://focus.ua/uk/technologies/705398-ostanniy-shans-vryatuvati-zemlyu-vcheni-gotuyutsya-pomistiti-arktiku-u-gigantsku-morozilnu-kameru?utm_source=ukrnet_news;

Kovalenko K Znaideno sposib povnistiu skasuvaty hlobalne poteplinnia: tse koshtuvatyme 175 trln dolariv. (A way has been found to completely reverse global warming: it would cost $175 trillion.) https://focus.ua › 684528-z...

Kutishcheva NM, Shudrya LI, Odinets SI, Bezsusidnii OV, Sereda VO (2019) Minlivist gospodarskikh pokaznikiv u gibridiv sonyashniku pid vplivom zmini navkolishnogo seredovishcha. (Variability of economic indicators in sunflower hybrids under the influence of

© С. І. Одинець

environmental changes) Naukovo-tekhnichnyi biuleten IOK NAAN. Zaporizhzhya. 27: 59-68 https://www.bulletin.imk.zp.ua/pdf/2019/27/Kutishcheva_27.pdf DOI: 10.36710/ioc-2019-27-07

Kutishcheva NM, Odinets SI, Shudrya LI, Sereda VO, Bezsusidnii OV (2019) Vpliv pogodnikh faktoriv na minlivist gospodarskikh pokaznikiv u gibridiv sonyashniku. (The influence of weather factors on the variability of economic indicators in sunflower hybrids.) Naukovo-tekhnichnyi biuleten IOK NAAN. Zaporizhzhya. 28: 70-84 https://www.bulletin.imk.zp.ua/pdf/2019/28/Kutishcheva_28.pdf DOI:10.36710/IOC-2019-28-08

Laskar J (2020) Astrochronology. Geologic Time Scale 2020: 139–158 DOI:10.1016/b978-0-12-824360-2.00004-8

Laskar J, Fienga A, Gastineau M, Manche H (2011) La2010: A New Orbital Solution for the Long-term Motion of the Earth. Astronomy & Astrophysics. 532 DOI: 10.1051/0004-6361/201116836. S2CID 10990456.

Lu Ch (2025) Trump to U.N.: 'Your Countries Are Going to Hell'. Read Trump's full address at the U.N. General Assembly. https://foreignpolicy.com/2025/09/23/trump-united-nations-speech-immigration-energy/

Lymanska K (2025) Chastyna Ukrainy mozhe znyknuty pid vodoiu: klimatolohynia poperedyla pro katastrofu. (Part of Ukraine may disappear under water: a climatologist warned of a catastrophe.) https://www.unian.ua/pogoda/news/chastina-ukrajini-mozhe-zniknuti-pid-vodoyu-klimatologinya-poperedila-pro-katastrofu-13039584.html

Milankovitch cycles. https://en.wikipedia.org/wiki/Milankovitch_cycles

Milankovich M (1920) Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire: Paris

Milankovich M (1941) Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. Section of Mathematics and Natural Sciences: Special Publications. 132. Belgrade

Milankovich M (1969) Canon of Insolation and the Ice Age Problem. Washington D.C.

Penck A, Brückner E (1909) Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig

Radevych I (2025) Khvylia speky vbyla 2300 yevropeitsiv za 10 dniv. Ponad polovyna z nykh pomerla cherez zminy klimatu. (A heat wave killed 2,300 Europeans in 10 days. More than half of those deaths were due to climate change.) https://nauka.ua/news/hvilya-speki-vbila-2300-yevropejciv-za-10-dniv-ponad-polovina-z-nih-pomerla-cherez-zmini-klimatu

Scott M (2006) Earth's Big Heat Bucket - NASA Earth Observatory. earthobservatory.nasa.gov › features › heatbucket

Shackleton NJ, Berger A, Peltier WR (2011) An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences. 81 (4): 251–261 DOI:10.1017/S0263593300020782. S2CID 129842704

Trofimova Yu (2021) U znyshchenni mehafauny Pivnichnoi Ameryky zvynuvatyly klimat, a ne liudei. (Climate, not humans, was blamed for the extinction of North America's megafauna.) https://nauka.ua/news/u-znishchenni-megafauni-pivnichnoyi-ameriki-zvinuvatili-klimat-ne-lyudej;

Tsykly Milankovycha. Vikipediia. (Milankovitch cycles. Wikipedia) https://uk.wikipedia.org › wiki ›

© С. І. Одинець

Virashchivanie podsolnechnika v usloviyakh zasukhi. (Growing sunflowers in drought conditions). https://yablukom.ua/interesno-znat/vyirashhivanie-podsolnechnika-v-usloviyah-zasuhi/

Yeremenko OA, Kalytka VV (2017) Urozhainist soniashnyku zalezhno vid ahrometeorolohichnykh umov Zaporizkoi oblasti. (Sunflower yield depending on agrometeorological conditions of Zaporizhia region.) Naukovo-tekhnichnyi biuleten IOK NAAN. 24: 156-165

REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF SUNFLOWER UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC FEATURES OF THE VEGETATION YEAR

S. I. Odinets

Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

The article shows that long-term climatic changes are a completely natural process caused by astronomical factors, and presents the averaged results of a six-year test of sunflower hybrids obtained in the fertility restorer nursery. The sum of active temperatures during the growing season varied from 3712.7 °C in 2017 to 4028.7 °C in 2015, the amount of precipitation - from 207.0 mm in 2016 to 341.5 mm in 2015, and the hydrothermal coefficient from 0.52 in 2016 to 0.85 in 2015. The average GTC indicator for 2013-2018 was 0.68 (with variations from 0.52 to 0.85), which corresponds to an arid or even dry zone. This indicates that the climate is becoming more arid. The mass of seeds per plant is positively correlated with temperatures in May - the correlation coefficient is 0.67 and in June – 0.77, but negatively with August, the correlation coefficient is -0.70. The correlation with precipitation is positive in July – 0.42, but negative in April -0.41 and September -0.42. Yield is positively correlated with May temperatures – correlation coefficient 0.60 and June – 0.74, but negatively with August temperatures – -0.67. The correlation with precipitation is smaller and is 0.48 in July and -0.35 in April and -0.36 in September. Seed oil content has a high positive correlation with April precipitation 0.56, June and September temperatures (0.61 and 0.68, respectively) and negative with September precipitation – 0.88. Oil yield is most positively correlated with June temperatures – correlation coefficient 0.74 and less than May – 0.52 and negatively with August temperatures – 0.57 and September precipitation – 0.46. The only factor that has a positive effect on all indicators of sunflower productivity is the sum of active temperatures in June. The correlation coefficient with the mass of seeds obtained from one plant is 0.77, with yield and oil yield per unit area – 0.74 and with seed oil content – 0.63. Seed oil content is also positively affected by the September SAT (correlation coefficient 0.72) and the April GTC – 0.52 and negatively by the April SAT – correlation coefficient -0.52, the May – -0.54 and the September GTC (-0.89). The mass of seeds obtained from one plant is negatively affected by the August SAT – -0.61.

Key words: sunflower, climate, temperatures, sum of active temperatures (SAT), hydrothermal coefficient (HTC), yield, oil content, correlation, oil yield.

© С. І. Одинець