

УДК 632.931.2: 633.791: 631.52: 631.524.86: 631.5.
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.53>

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ У ХМЕЛЯРСЬКІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ГЕНОТИПИ ХМЕЛЮ

ШТАНЬКО І. П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-7847-0772

Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України

ІЛІНСЬКИЙ Ю. М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-5301-6714

Інститут сільського господарства Полісся
Національної академії аграрних наук України

БЕЗВЕРХА Л. М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-2518-972X

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ЖУРАВСЬКА І. А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-9332-1134

Житомирський агротехнічний фаховий коледж

ШТАНЬКО Т. А.
orcid.org/0000-0002-7934-7124

Інститут сільського господарства Полісся

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Галузь хмелярства в Україні має незначну частку в економіці країни, але є унікальною через традиції, глибоку спеціалізацію виробництва та за напрямком використання отриманої продукції. Завдяки специфічному спектру речовин (смоли, поліфенольні сполуки, ефірні олії, біологічно активні речовини), які накопичуються в шишках хмелю, хмелесировина переважно використовується для виробництва пива, лише біля 5 % хмелепродуктів застосовують у парфумерній, фармацевтичній та харчовій промисловості.

Для вирощування хмелю Україна має вигідне географічне розташування та сприятливі ґрунтово-кліматичні умови на Поліссі та в північній частині Лісостепу, що дозволяє вирощувати якісні ґатунки ароматичного хмелю, який завжди користувався значним попитом на рівні з кращими світовими аналогами.

Зосередження насаджень хмелю в цих регіонах пов'язане з тим, що вони вирізняються достатнім рівнем зволоження, яке необхідне для формування значної вегетативної маси рослин хмелю та забезпечення високої продуктивності хмеленасаджень та якості хмелесировини. Виокремлений серед основних факторів впливу на рослини хмелю саме гідротермічний коефіцієнт, показник якого характеризував зону хмелярства впродовж XX сторіччя як збалансовану.

В останні два десятиліття на всій території України зафіксовано зменшення кількості опадів та нерівномірне їх випадання, що негативно позначається на формуванні оптимального зволоження профілю ґрунту та спричиняє посухи, зокрема, і в північних регіонах України. За висновками вчених в цей період відбувається фактичне зміщення на північ меж природно-кліматичних зон на 100–150 км. Нині південь Київської і Житомирської областей можна вважати вже зоною нестійкого зволоження [1]. Відповідно, враховуючи темпи і параметри змін кліматичних показників у зоні

вирощування хмелю, виникає необхідність суттєвої кореляції технології вирощування культури та розширення асортименту адаптованих сортів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Починаючи з 90-х років, в Україні спостерігається процес потепління – середня річна температура повітря підвищилася майже на 0,9 °С, в окремі роки її показник був вищим за норму на 0,8–1,5 °С. Це у свою чергу призвело до змін у ритмі сезонних явищ, почастишали екстремальні погодні умови, які негативно впливають на виробничі процеси в сільському господарстві країни.

За інформацією вчених кліматологів в окремі періоди посухи спостерігалися практично щорічно 5–11 років поспіль: у 1888–1894, 1929–1936, 1944–1954, 1999–2007 роках. У своїх спостереженнях М. Барабаш і Т. Корж вказують на те що 1999, 2001, 2007, 2009 роки були найбільш теплими за 100 років. У ці роки 11 з 12 місяців були аномально теплими [2].

З 2000 р. спостерігається стійка тенденція до підвищення температури саме влітку, що загрожує збільшенням посушливих явищ у найбільш активний період вегетації сільськогосподарських культур [3].

Численні дослідження впливу змін клімату на сільськогосподарське виробництво за допомогою різних методів формують уявлення про конкретні регіональні відмінності цього процесу та придатність окремих сільськогосподарських культур до вирощування в таких умовах. Втім, суттєві відмінності у результатах досліджень вказують на складності взаємозв'язків між кліматичними змінними та продуктивністю в аграрному виробництві [1].

Стратегії адаптації сільськогосподарських виробників, в умовах що склалися, повинні бути спрямовані на підвищення стійкості агроценозів до зміни клімату. Найвідоміші підходи до адаптації полягають у впровадженні більш посухостійких культур або їх сортів, методів

точного землеробства, змін у користуванні наявними водними ресурсами та оптимізації систем і окремих технологій вирощування сільськогосподарських культур [4].

Хоча ці стратегії показують потенційну ефективність, їх повсюдне впровадження та розширення залишаються ключовими викликами сьогодення [5]. Для проведення аналізу кліматичних зрушень на перспективу нині широко використовуються значна кількість комп'ютерних моделей глобальних змін клімату (GMC). Такі моделі існують у режимі онлайн і за допомогою цих розрахункових візуалізованих програм можливо зробити аналіз різних параметрів клімату для конкретного регіону або для конкретного пункту з певними координатами, які можна пов'язати з реальними показниками технологій.

Як показує аналіз кліматичних змін, зокрема щодо їх впливу на зниження якості та кількості європейського хмелю, нині ситуація вимагає негайних адаптаційних заходів (Mozny, M. et al., 2023) [6]. Оскільки вирощування високоякісного ароматичного хмелю обмежене відносно невеликими регіонами з відповідними умовами навколишнього середовища, існує серйозний ризик того, що велика частина виробництва може постраждати від окремих хвиль спеки або екстремальних посух, які, ймовірно, посиляться в умовах сучасних тенденцій зміни клімату. Підприємства, які вирощують хміль, мають відреагувати на зміну клімату перемістивши за можливості плантації з хмелем з височин в долини з більш високим рівнем ґрунтових вод, побудувати зрошувальні системи, змінивши орієнтацію та відстань між рядами, або зосередити увагу на використанні нових більш стійких та адаптованих сортів, які за рахунок генотипових змін могли б підвищувати адаптивні реакції на згадані зміни.

Метою дослідження був аналіз напрямків і тенденцій змін кліматичних чинників у зоні вирощування культури хмелю в Україні та визначення особливостей та рівня їх впливу на рослини.

Матеріали та методика досліджень. Матеріалом для досліджень були генотипи різного селекційного походження, які представлені в робочій селекційній колекції хмелю (в гібридних і селекційних випробуваннях).

Дослідні ділянки розміщені на плантації № 221 Інституту сільського господарства Полісся НААН. Умови типові для центральної частини ґрунтово-кліматичної зони Житомирського Полісся. Хмелеплантація розташована на дерново-середньопідзолистому низькогумусованому ґрунті з основою, яка представлена водно-льодовиковими пісками і суглинками. Вміст гумусу в орному шарі – 1,0–1,2 % (за І. В. Тюрніном), рН сольове в межах 5,2–5,4, наявних рухомих форм фосфору (P_2O_5) – 170–320 мг/кг ґрунту (за Кірсановим А. Т.), калію (K_2O) – 70–160 мг/кг (за Масловою А. Д.).

В дослідях застосовувалася загальноприйнята для зони Полісся технологія вирощування хмелю. Дослідження проводили згідно існуючих в світовій практиці методик оцінки рослин хмелю звичайного (*Humulus lupulus* L.): Методика UPOV [7], Методика Державної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (2020) [8], а також розроблених власних методик.

Рослини аналізували за основними морфологічними ознаками і елементами структури продуктивності. Облік

врожаю проводили у фазі повної технічної стиглості шишок. Біохімічний аналіз шишок зразків виконували кондуктометричним методом за методиками Ляшенко М.І. (2001) [9] в аналітичній лабораторії відділу.

Морфологічно-біологічні критерії досліджуваних рослин визначали математично-статистичними методами для обробки результатів обліків і спостережень в селекційних і генетичних дослідженнях з використанням стандартних можливостей комп'ютерних програм Windows Office Exell та Statistica.

Для визначення впливу погодних умов на ріст і розвиток рослин хмелю використовували такі метеорологічні показники: опади, мм; середньодобову температуру повітря, °С; суми температур подекадно, °С. Метеорологічні показники року аналізували за даними найближчого метеорологічного пункту м. Житомир, Аеропорт [10].

Результати досліджень. За результатами аналізу кліматичних моделей, зокрема, прогнозу зміни температури до 2050 року в світі, в Україні та окремих регіонах хмелярства (World Temperature Change 2050 Scenario: CCSM4 model under Scenario 8.5 by ESRI (ООН), [11] нами було визначено, що підвищення середніх температур на Поліссі в останнє десятиріччя вже вираховується більш як на 1,5 °С, а до 2050 року підвищення складе близько 3,2 °С.

Більшість таких розрахункових моделей базуються на статистичних багаторічних показниках, тому для оцінки змін кліматичних чинників в пункті досліджень нами було використано одну з таких моделей, зокрема: реаналіз атмосфери ECMWF ERA5 Інституту зміни клімату (США) [12], який охоплює період із січня 1940 року до сьогодні (створено Службою зміни клімату Copernicus (C3S) у ECMWF) [13], (Hersbach та ін., 2020) [14].

Для пункту досліджень температурний режим клімату (рис. 1, А, В) показує, що починаючи з 2004 року відслідковується чітка тенденція до підвищення середньомісячних температур (А) та збільшення частоти та діапазонів критичних температур повітря (В), особливо в літній період року.

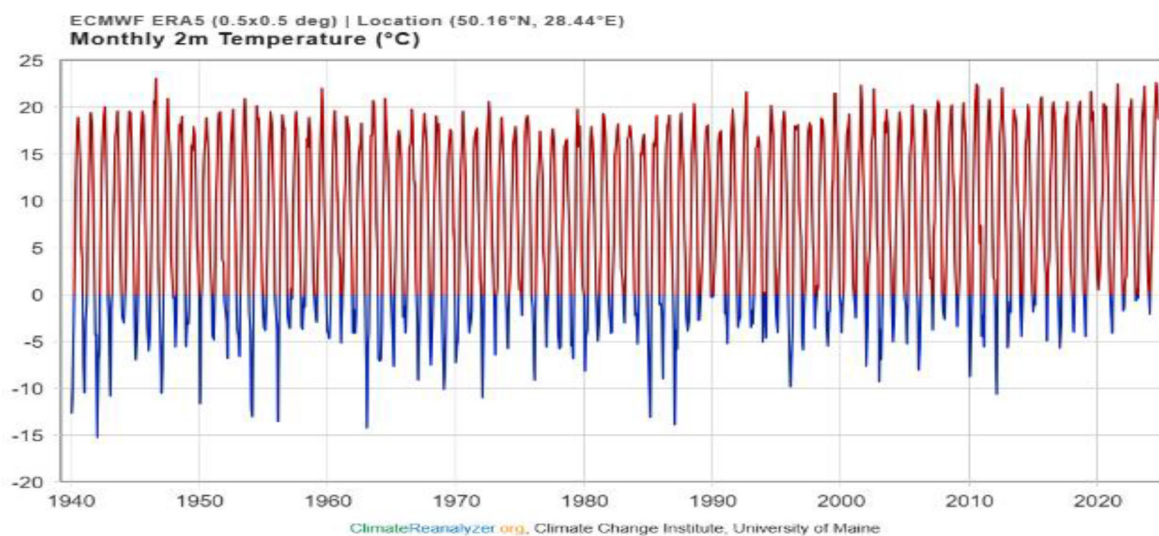
Відбуваються трансформація параметрів змін температур, так впродовж 1940–2024 років тренд змін температур має рівняння: $y = 0,0028x + 6,1923$, при $R^2 = 0,0084$, а в розрахунку за останні 20 років вже відмічаємо інтенсивність змін із збільшенням коефіцієнтів рівняння тренду $y = 0,0133x + 15,411$, при $R^2 = 0,0143$ (рис. 2).

Щодо опадів, то для пункту досліджень їх загальнорічний рівень зменшується, відповідно збільшується аридність клімату (рис. 3.).

На рисунку 4 показана динаміка кількості опадів за вегетацію впродовж 2004–2024 років з виділенням середнього багаторічного (кліматичної норми), яке становить 351 мм за шість місяців вегетації, та середнього за останні 20 років спостережень, яке становить, відповідно – 329 мм за той же період року.

Лінія тренду, яка характеризує дану статистичну вибірку ($y = -0,9974x + 339,92$, при $R^2 = 0,005$) має негативний коефіцієнт, що вказує на визначену загальну тенденцію до прогнозного зменшення кількості опадів під час вегетації.

А)



В)

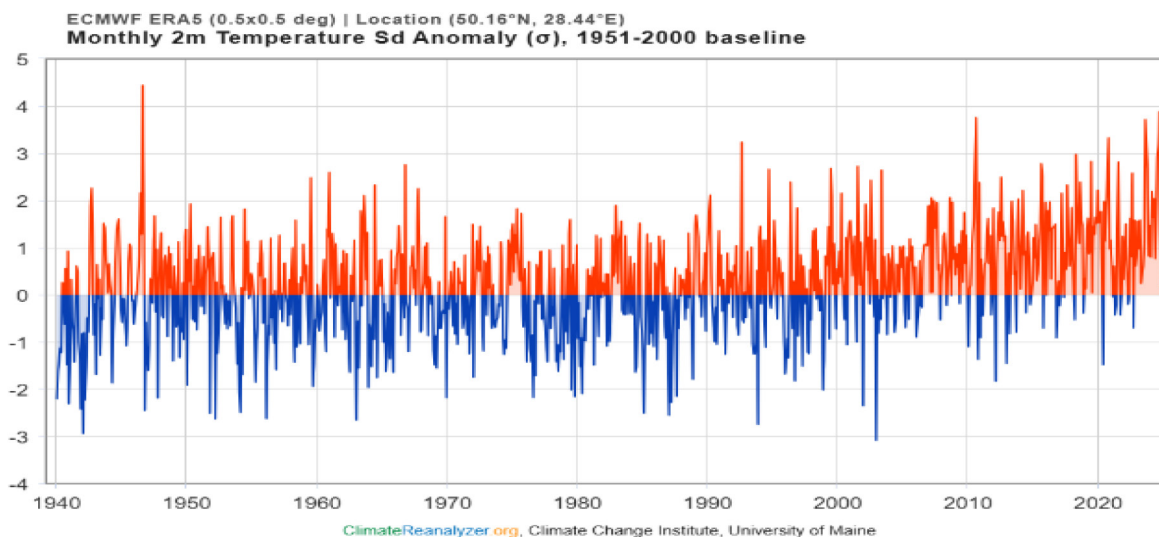


Рис. 1. Динаміка середньомісячних температур повітря (А) та діапазону критичних температур (В) для п. м. Житомир (Україна) за 1940–2024 рр.

(за даними <https://www.ecmwf.int> [13])

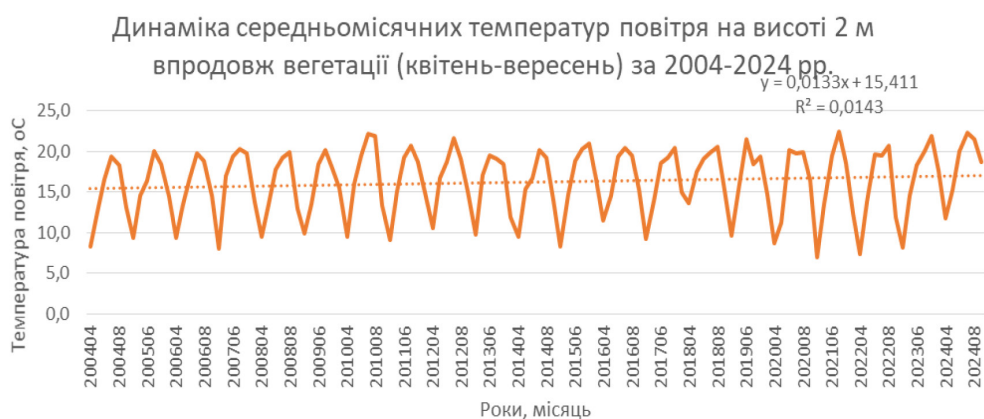


Рис. 2. Динаміка середньомісячних температур повітря на висоті 2 м впродовж вегетації (квітень-вересень) за 2004–2024 роки для п. м. Житомир (власні розрахунки)

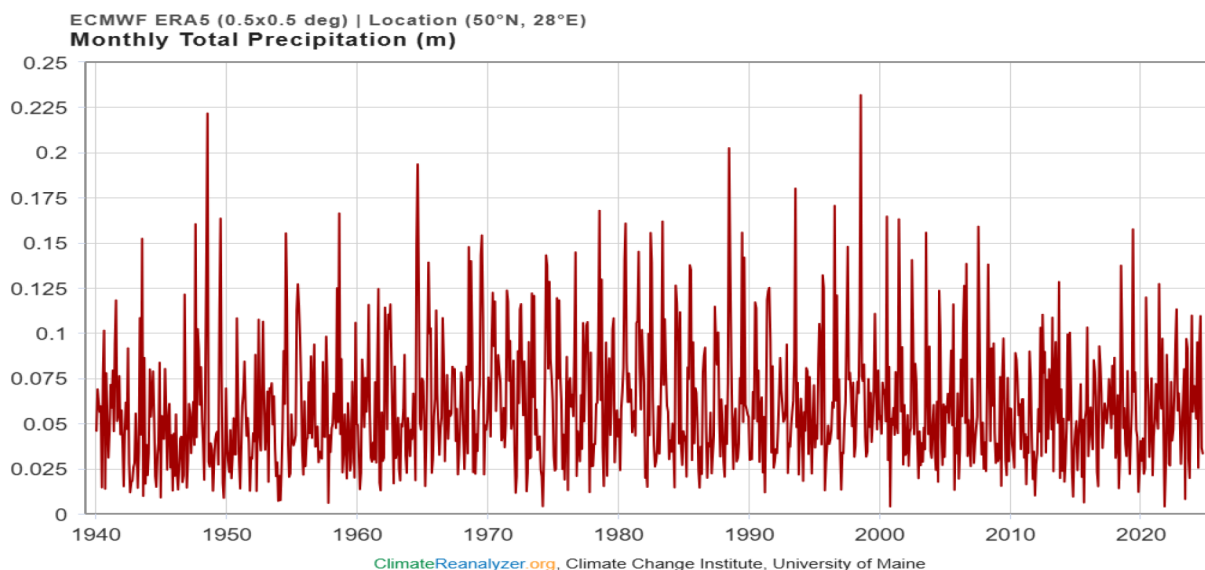


Рис. 3. Динаміка кількості середньомісячних опадів

в п. м. Житомир за 1940–2024 рр. (за даними <https://www.ecmwf.int> [13])

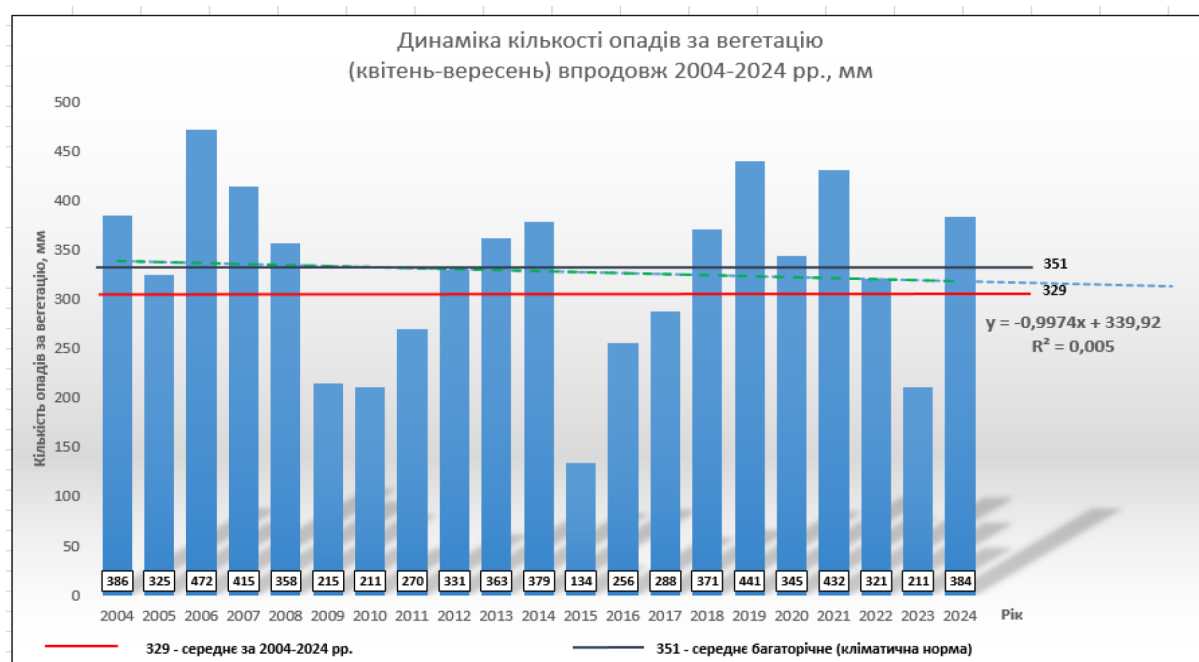


Рис. 4. Динаміка кількості опадів за вегетацію (квітень-вересень)

в п. м. Житомир впродовж 2004–2024 рр. (власні розрахунки)

Аналіз результатів глобальної еталонної евапотранспірації (Global ET0_v3), показує, що нині регіон наших досліджень має рівень випаровуваності в межах 700–1000 мм [15]. За даними авторів глобальний індекс посушливості розрахований для нашого регіону нині становить 0,6–0,8, так як кількість річних опадів зменшилася до 450–550 мм.

Проведений багаторічний аналіз взаємозв'язку між кількістю опадів за літні місяці та параметрами урожайності генотипів робочої селекційної колекції хмелю звичайного показав (рис. 5), що при зменшенні кількості опадів урожайність зменшується, відповідно при їх збільшенні – зростає.

Результат рівняння регресії показує $R^2 = 0,6638$, відповідно збільшення урожайності на 66,4 % залежить від збільшення кількості літніх опадів. Решта впливів – інші невраховані у вибірці фактори. При кількості опадів близькій до багаторічної норми (150–210 мм) середня урожайність вибірки генотипів коливалась в межах 1,6–1,8 т/га, при кількості опадів більше 220 мм до 250 мм за літній період показники урожайності фіксуються близькими до 2,0 т/га. За даними аналізу слід констатувати, що досліджуваний фактор є одним з визначальних не скільки за кількістю опадів, скільки за їх розподілом впродовж літніх місяців досліджуваного періоду.

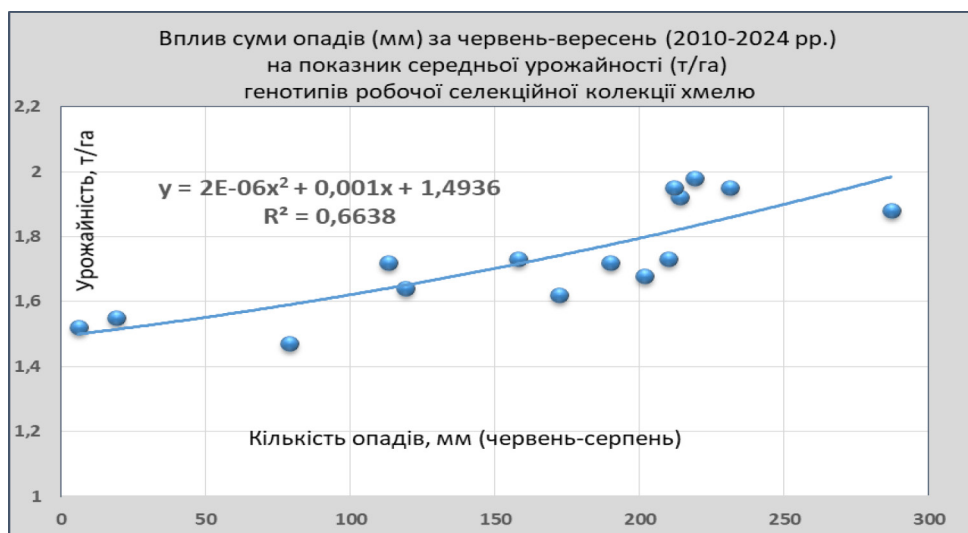


Рис. 5. Залежність між сумою опадів за літній період (червень-серпень) та середньою урожайністю т/га) генотипів робочої селекційної колекції за період 2010–2024 рр.

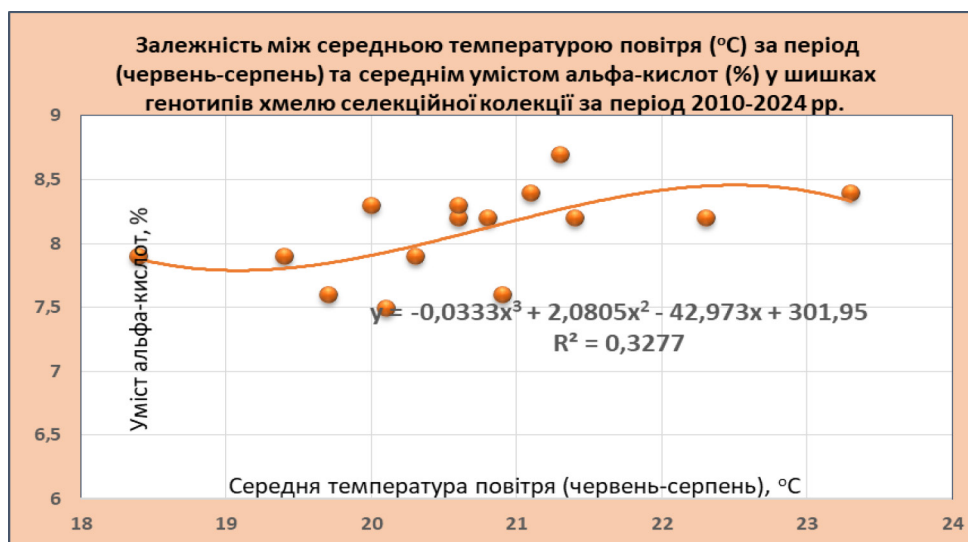


Рис. 6. Залежність між середніми температурами повітря за літній період (червень-серпень) та середнім умістом альфа-кислот в шишках вибірки генотипів робочої селекційної колекції за період 2010–2024 рр.

При аналізі взаємозв'язку змін середніх температур за літній період та вмісту альфа-кислот в шишках генотипів робочої селекційної колекції визначено, що між досліджуваними факторами існує залежність відповідно рівняння множинної регресії з результатом $R^2 = 0,3277$ (рис. 6).

Така залежність характеризує фактор, як такий, що не має визначального впливу на накопичення альфа-кислот в шишках, яке залежить на 78 % від інших факторів. Слід відмітити, що діапазон середніх температур в межах 19,0–21,5 °C є найсприятливішим для утворення цих компонентів в шишках селекційних генотипів.

Висновки. За результатами проведеного аналізу на основі загальнодоступних моделей глобальних кліматичних змін (GCM) визначено, що підвищення середніх температур на Поліссі в останнє десятиріччя вже вираховується більш як на 1,5 °C, а до 2050 року підвищення

складе близько 2,4 °C. Збільшується частота і тривалість позитивних критичних температур, які значно переважають кліматичні норми.

Встановлено, що для пункту досліджень загальний рівень опадів зменшується, особливо в другій частині вегетаційного періоду. Визначено, що випаровування в пункті досліджень підвищується до 750–1000 мм за рік, а при зменшенні кількості річних опадів до 450–550 мм відбуваються відповідні значні зміни гідротермічного коефіцієнту до 0,6–0,8.

Визначені особливості реакції рослин на сучасні тенденції зміни кліматичних чинників, показують що є необхідність більш глибокого вивчення впливу цих змін на прояв біологічних ознак хмелю та визначення напрямків поліпшення генотипів, або створення нових форм, які повинні не тільки відповідати ринковим запитам сільськогосподарських виробників і споживачів продукції

хмелярства, а й бути максимально адаптованими до змін чинників середовища вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рудич О. О. Природно-кліматичні умови як фактор ризику виробництва сільськогосподарської продукції в Україні. *Сталий розвиток економіки*. 2018. № 2 (39). С. 14–21.
2. Особливості змін клімату в Україні на кінець ХХ – початок ХХІ ст. за наземними та супутниковими даними / В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, М. І. Кульбіда, О. А. Апостолов, М. Б. Барабаш. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. № 6. С. 33–84.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України. ФОП Грін Д. С., 2016. 350 с.
4. Малайчук В., Федорчук Є. Ефективність використання органічних добрив як засобу адаптації до змін клімату. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2021. № 29 (43). С. 146–158.
5. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Адамчук-Чала Н. І., Білокінь О. А. Формування науково-методичних засад супутникового агроекологічного моніторингу в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 6–21.
6. Mozný, M., Trnka, M., Vlach, V., Zalud, Z., Cejka, T., Hajkova, L.,... & Buntgen, U. Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*, 14(1), 6028. (2023).
7. UPOV (2006) TG/227/1. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Hop (*Humulus lupulus* L.). Geneva: UPOV. URL: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg227.pdf> (дата звернення: 12.06.2023).
8. Методика проведення експертизи сортів на відмітність, однорідність та стабільність (ВОС). Технічні та кормові культури / за ред. С. І. Мельника. Український інститут експертизи сортів рослин. Київ: Алефа, 2020. 226 с.
9. Ляшенко М. І. Біохімія хмелю і хмелепродуктів. Житомир: Полісся, 2001. 388 с.
10. Погодник. URL: <https://pogodnik.com/uk/pogoda-zhytomyr-aeroport-zhytomyrskiy-raion> (дата звернення 18.10.2024 р.).
11. Інтерактивна мапа світу. URL: <https://therevelator.org/interactive-map-climate-2050/> (дата звернення 16.11.2024 р.).
12. Reanalyzer.org. URL: https://climatoreanalyzer.org/research_tools/monthly_tseries/ (дата звернення 28.11.2024 р.).
13. Служба зміни клімату Copernicus (C3S) у ECMWF. URL: <https://www.ecmwf.int> (дата звернення 28.11.2024 р.).
14. Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc*. 2020; 146: 1999–2049. (2020). DOI:10.1002/qj.3803
15. Zomer, R. J., Xu, J. & Trabucco, A. Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database. *Sci Data* 9, 409. (2022). DOI:10.1038/s41597-022-01493-1

REFERENCES:

1. Rudych O. O. (2018). Pryrodno-klimatychni umovy yak faktor ryzyku vyrobnytstva silskohospodarskoi produktsii v Ukraini. [Natural and climatic conditions as a risk factor for agricultural production in Ukraine.]. *Stalyi rozvytok ekonomiky*. № 2 (39). S. 14–21. [in Ukrainian].
2. Lyalko V. I., Yelistratova L. O., Kulbida M. I., Apostolov O. A., Barabash M. B. (2015). Osoblyvosti zmin klimatu v Ukraini na kinets XX – pochatok XXI st. za nazemnymi ta suputnykovymi danymi. [Features of climate changes in Ukraine at the end of the 20th – the beginning of the 21st century according to ground and satellite data]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli*. № 6. S. 33–84. [in Ukrainian].
3. (2016). Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho sredovyscha v Ukraini u 2014 rots. [National report on the State of the Environment in Ukraine in 2014]. Kyiv : Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. FOP Hrin D. S., 2016. 350 s. [in Ukrainian].
4. Malyarchuk V., Fedorchuk S. (2021). Efektyvnist vykorystannia orhanichnykh dobryv yak zasobu adaptatsii do zmin klimatu. [The effectiveness of using organic fertilizers as a means of adaptation to climate changes]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*. № 29 (43). S. 146–158. [in Ukrainian].
5. Tarariko O. G., Ilyenko T. V., Kuchma T. L., Adamchuk-Cala N. I., Bilokon O. A. (2022). Formuvannia naukovo-metodychnykh zasad suputnykovoho ahroekolohichnoho monitorynhu v Ukraini. [Formation of scientific and methodological principles of satellite agroecological monitoring in Ukraine]. *Ahroekolohichni zhurnal*. № 2. S. 6–21. [in Ukrainian].
6. Mozný, M., Trnka, M., Vlach, V., Zalud, Z., Cejka, T., Hajkova, L.,... & Buntgen, U. (2023). Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*, 14(1), 6028.
7. UPOV (2006) TG/227/1. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Hop (*Humulus lupulus* L.). Geneva: UPOV. URL: <https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg227.pdf>
8. (2020). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv na vidmitnist, odnoridnist ta stabilnist (VOS). Tekhnichni ta kormovi kultury / za red. S. I. Melnyk. [Methodology for conducting variety examination for distinctiveness, uniformity and stability (DUS). Technical and Fodder crops / ed. S. I. Melnyk]. *Ukrainckyi instytut ekspertyzy sortiv Roslyn*. Kyiv : Alefa. 226 s. [in Ukrainian].
9. Lyashenko M. I. (2001). Biokhimiia khmeliu i khmeleproduktiv. [Biochemistry of hop and hop products]. *Zhytomyr. Polissia*. 388 s. [in Ukrainian].
10. Pohodnik. URL: <https://pogodnik.com/uk/pogoda-zhytomyr-aeroport-zhytomyrskiy-raion>
11. Interaktyvna mapa svitu. [Interactive world map]. URL: <https://therevelator.org/interactive-map-climate-2050/>
12. Reanalyzer.org. URL: https://climatoreanalyzer.org/research_tools/monthly_tseries/
13. Sluzhba zminy klimatu Copernicus (C3S) u ECMWF. [Copernicus Climate Change Service (C3S) u ECMWF]. URL: <https://www.ecmwf.int>

14. Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al. The ERA5 global reanalysis. Q J R Meteorol Soc. 2020; 146: 1999–2049. DOI:10.1002/qj.3803.
15. Zomer, R. J., Xu, J. & Trabucco, A. Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database. Sci Data 9, 409 (2022). DOI: 10.1038/s41597-022-01493-1

Штанько І. П., Ільїнський Ю. М., Безверха Л. М., Журавська І. А. Штанько Т. А. Закономірності змін кліматичних чинників у хмелярській зоні України та їх вплив на генотипи хмелю

Мета. Аналіз напрямків і тенденцій змін кліматичних чинників у зоні вирощування культури хмелю в Україні та визначення особливостей і рівня їх впливу на рослини. **Методи:** польовий, лабораторний, статистичний, аналітичний, розрахунково-порівняльний. **Результати.** Визначено, що підвищення середніх температур зони Полісся в останнє десятиріччя вже вираховується більш як на 1,5 °C, а до 2050 року підвищення складе близько 3,2 °C. В пункті проведення досліджень аналіз температурного режиму клімату показує, що починаючи з 2004 року відслідковується чітка тенденція до підвищення середньомісячних температур і збільшенням частоти та діапазонів критичних температур повітря, особливо в літній період року. Динаміка кількості опадів за вегетацію впродовж 2004–2024 років показує тенденції до їх значного зменшення, при нормі середнього багаторічного показника (кліматичної норми) – 351 мм за шість місяців вегетації, за останні 20 років спостережень, становила відповідно – 329 мм. Аналіз результатів (Global ETO_v3), показує, що нині регіон наших досліджень має розрахований глобальний індекс 0,6–0,8, так як кількість річних опадів зменшилася до 450–550 мм. Результат досліджень показують, що при кількості опадів в літній період близькій до багаторічної норми (150–210 мм) середня урожайність вибірки генотипів коливалась в межах 1,6–1,8 т/га, при кількості опадів більше 220 мм показники близькі до 2,0 т/га і визначальним є не скільки кількістю опадів, скільки їх розподіл впродовж літніх місяців. Встановлено, що температура навколишнього середовища в нинішніх межах, не має визначального впливу на накопичення альфа-кислот в шишках рослин хмелю.

Висновки. За результатами проведеного аналізу на основі загальнодоступних моделей глобальних кліматичних змін (GCM) визначено, що підвищення середніх температур в зоні досліджень в останнє десятиріччя склала більш як 1,5 °C, і за прогнозами буде зростати і надалі. Збільшується також частота і тривалість позитивних критичних температур, які значно переважають кліматичні норми. Встановлено, що загальний рівень опадів в зоні зменшується, особливо в другій частині вегетаційного періоду. Отримані експериментальні дані також дали можливість охарактеризувати основні закономірності впливу змін показників вологозабезпеченості

і температур повітря на показники продуктивності і якості генотипів хмелю робочої селекційної колекції.

Ключові слова: клімат, кількість опадів, температура повітря, урожайність шишок хмелю, вміст α -кислот.

Shtanko I. P., Ilyinsky Y. M., Bezverha L. M., Zhuravska I. A., Shtanko T. A. Patterns for changes in climatic factors in the hop growing zone of Ukraine and their impact on hop genotypes

Purpose. Analysis of the directions and trends of changes in climatic factors in the hop growing zone in Ukraine and the determination of the features and level of their impact on plants. **Methods:** field, laboratory, statistical, analytical, computational and comparative. **Results.** It was determined that the increase in the average temperatures in the Polissia zone in the last decade has already been more than 1.5 °C, and by 2050 the increase will be about 3.2 °C. In the course of conducting research, the analysis of the temperature regime of the climate showed that since 2004 there has been a clear trend towards an increase in average monthly temperatures with an increase in the frequency and dynamics of air temperatures, especially in a cold season. The dynamics of precipitation stage during the vegetation period 2004–2024 shows some trends towards its gradual decrease. Under the average long-term indicator (climatic norm) of 351 mm per 6 months of vegetation, over the last 20 years of observation, the average precipitation was 329 mm. Analysis of the results (Global ETO_v3) showed that currently the calculated global GED for the area of out research is 0,6–0,8 as the amount of annual precipitation decreased to 450–550 mm.

The results of the research show that with a summer rainfall close to the multi-year norm (150–210 mm) the average yield of genotype sample fluctuated within 1,6–1,8 t/ha. With a rainfall of more than 220 mm, the indicators were close to 2,0 t/ha. The determining factor is not so much the amount of precipitation as its distribution during the summer months. It was established that the ambient temperature within the current limits does not have a decisive influence on the accumulation of alfa-acids in the cones of hop plants.

Conclusions. According to the results of the analysis based on publicly available global climate change models (GCM), it was determined that the increase in the average temperatures in the research area in the last decade was more than 1,5 °C, and is projected to increase further. The frequency of duration of the positive critical temperatures, which significantly exceed climatic norms, are also increasing. It was established that the total level of precipitation in the area is decreasing, especially in the second part of the growing season. The obtained experimental data also made it possible to characterize the main patterns of the influence of changes in air moisture availability and temperature on the productivity and quality indicators of the hop genotype of the working selection collection.

Key words: climate, precipitation, air temperature, hop cone yield, α -acid content.

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 14.12.2025