

*Г.В. Ляшенко, д-р геогр. наук,
Е.Б. Мельник, канд. с-г. наук,
М.Б. Бузовська, канд. с-г. наук,
Ю.Ю. Булаєва, канд. с-г. наук,
Г.К. Попова, наук. співр.,
О.М. Мандич, мол. наук. співр.*

Національний науковий центр
«Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» НААН
e-mail: lgv53@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОГОДНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВРОЖАЮ ВІНОГРАДУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПОЛЬОВОГО ДОСЛІДУ

У статті представлено результати аналізу зв'язку показників якості врожаю винограду з погодними умовами за період від наливу ягід винограду до технічної стиглості. Розглядаються такі показники якості врожаю винограду, як вміст цукру і концентрація титрованої кислоти, а також суми середньодобових, денних і нічних температур та їх різниці, суми дефіцитів насичення повітря вологою як показників погодних умов. Дослідження виконано за даними польового дослідження, проведеного в Середньостеповій підзоні на селекційній ділянці ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» окремо для сортів різних термінів стиглості Мускат одеський, Сухолиманський білий і Одеський чорний.

Ключові слова: кореляційний аналіз, коефіцієнти детермінації, показники погодних умов, якість врожаю, сорти винограду, польовий дослід.

Вступ. Дослідження впливу погодно-кліматичних умов на формування якості врожаю винограду, зокрема, вміст цукру і титрованої кислоти в соку ягід, проводилися з 70-80-х років минулого століття. З показників, що характеризують погоду і клімат, в основному розглядалися середні температури повітря за період вегетації та їх суми, кількість опадів за цей період, іноді гідротермічний коефіцієнт. При проведенні досліджень застосовувався метод кореляційно-регресійного аналізу. Отримані регресійні рівняння застосовувалися для розрахунку величин показників якості винограду. В останні двадцять років, як в Україні, так і в інших виноградарських країнах (Франція, Італія, Іспанія, Португалія, Греція, Китай та ін.) проводяться дослідження у цьому напрямку, які умовно можна поділити на чотири групи.

В першу групу входять дослідження, які стосуються класифікації територій з точки зору їх придатності для ведення виноградарства за умовами тепло- і вологозабезпеченості та морозо- і заморозконебезпечності [1-14]. Розглядалися переважно території європейських країн. При цьому використовувались історичні відомості і загальна характеристика агрокліматичних ресурсів територій.

До другої групи входять дослідження, спрямовані на розробку моделей – від простих рівнянь регресії до структурних блокових моделей [15-17]. Такі моделі розроблялися для різних, переважно місцевих сортів винограду, що вирощуються на території Франції, Італії, Іспанії, Португалії, Греції, Китаю та ін. Вплив погодно-кліматичних умов оцінювався з використанням показників, що характеризують погоду і клімат в цілому за вегетаційний період і в розрізі окремих міжфазних періодів, наприклад розпускання листя – цвітіння, цвітіння – технічна стиглість, налив ягід – технічна стиглість винограду. Крім середніх температур повітря та їх сум і кількості опадів використовують показники тривалості сонячного саява, суми фотосинтетично активної радіації, відносної вологості повітря.

До третьої групи входять дослідження, метою яких є розробка агрометеорологічних та агрокліматичних динамічних моделей з більшою кількістю показників погоди і клімату, в

тому числі їх екстремальних величин та кількості днів з екстремальними величинами [18-26]. Дослідження проводяться з використанням розроблених фенологічних, термічних, теплових й агрометеорологічних або агрокліматичних моделей. Більшість моделей прив'язана до відкритих баз метеорологічних даних або спеціалізованих баз даних.

Четверта група об'єднує дослідження зміни агрокліматичних ресурсів і агрокліматичних умов формування якості ягід винограду в поточний період з точки зору зміни клімату за останні 30 років і в майбутньому до 2050, 2080 і 2100 років [27-32]. Більшість досліджень можливої зміни впливу погодно-кліматичних умов на формування якості врожаю винограду здійснюється на основі найбільш поширених сценаріїв зміни клімату A1B і A2, а в останні роки – *RCP2.6*, *RCP4.5*, *RCP6.0* і *RCP8.5*.

Велику цінність можуть мати результати проведених паралельних метеорологічних спостережень і польового досліду з визначенням величин показників якості винограду різних сортів на нетрадиційних для виноградарства територіях [33]. Ці дані необхідно використовувати для перевірки результатів моделювання для певної території, звичайно з урахуванням їх агробіологічних та агроекологічних характеристик конкретних сортів або груп сортів.

Для території України, де в останні роки розглядається проблема поширення промислових насаджень винограду в нетрадиційні природні зони, дослідження впливу погодно-кліматичних умов на формування якості врожаю винограду є надзвичайно актуальними.

Мета дослідження полягала у визначенні впливу погодних умов на якість врожаю винограду сортів різних термінів стиглості за результатами паралельних спостережень за показниками якості врожаю та метеорологічних спостережень у період від наливання ягід до технічної стиглості на прикладі технічних сортів винограду різних термінів дозрівання.

Матеріали і методи досліджень. Вихідною інформацією були дані польового досліду, які включали фенологічні спостереження, результати лабораторного аналізу вмісту цукру та концентрації титрованої кислоти в соку ягід винограду і метеорологічних спостережень за термічним режимом та режимом вологи, проведеного в 2014 і 2015 та 2023 і 2024 роках на ділянках із сортами Мускат одеський, Сухолиманський білий і Одеський чорний відділу загальної і клонової селекції ННЦ «ІВіВ ім. В.Є.Таїрова».

Попередньо було виконано аналіз кореляційних зв'язків між показниками якості врожайів винограду досліджуваних сортів з 16 агрометеорологічними показниками, які характеризують ресурси світла, тепла і вологи [34, 35], що пов'язано з цільовою функцією – встановлення коефіцієнтів впливу погодно-кліматичних умов на вміст цукру і титрованої кислоти в соку ягід винограду, які визначаються за коефіцієнтами регресії і базовими величинами показників якості [36]. Важливе значення при цьому приділяється вибору моделі апроксимації зв'язків. Найбільш придатними для апроксимації зв'язку між вмістом цукру в соку винограду і показниками ресурсів тепла і вологи є показникова функція, а між величиною титрованої кислоти в соку ягід винограду – логарифмічна.

Для виявлення значущості показників впливу погодно-кліматичних умов на формування якості винограду проведено кореляційний аналіз у розрізі окремих років і сортів винограду. Встановлено, що найщільніший прямий зв'язок між вмістом цукру в соку ягід врожаю відзначається з сумами середньодобових, денних і нічних температур та різницею між сумами денних і нічних температур і обернений – з сумою дефіциту насичення повітря водяною парою. Майже такий же щільний зв'язок, але обернений, відзначався між концентрацією титрованої кислоти і показниками ресурсів тепла і вологи. При цьому слід зазначити, що найвищий коефіцієнт кореляції між вказаними показниками простежується у сорту Мускат одеський, дещо нижчий – у сорту Одеський чорний і найнижчий – у сорту Сухолиманський білий.

При виконанні досліджень застосовували методи агрокліматичних розрахунків та узагальнень і кореляційно-регресійного аналізу. Погодні умови оцінювалися за такими показниками, як сума середньодобових, денних і нічних температур повітря, різниця сум

денних і нічних температур повітря, сума дефіциту насичення водяною парою повітря (ΣT_c , $\Sigma T_{дн}$, $\Sigma T_{н}$, $\Delta(\Sigma T_{дн}-\Sigma T_{н})$, Σd).

Результати досліджень

За кожний з років польового досліду (2014-2015, 2023-2024 роки) через 4-6 діб протягом періоду від наливу ягід до технічної стиглості розраховані величини показників світла, тепла і вологи та проведено лабораторний аналіз на вміст цукру і концентрацію титрованої кислоти в соку ягід винограду окремо для досліджуваних сортів – Мускат одеський, Сухолиманський білий і Одеський чорний.

Паралельний аналіз зазначених показників за роками дозволив виявити особливості в динаміці накопичення цукру і зміні титрованої кислоти в соку ягід винограду за сортами і роками (рис. 1). Найбільш чітке співпадіння тенденції змін відзначається у сорту Мускат одеський, а найменше – у сорту Сухолиманський білий. При порівнянні величин показників ресурсів світла, тепла і вологи та якості врожаю винограду виявлено, що найбільший вміст цукру в соку винограду відзначався в 2024 році у сортів Мускат одеський і Одеський чорний, а найменший – у сорту Мускат одеський у 2015 році, а у сорту Одеський чорний – у 2014 році. У сорту Сухолиманський білий вміст цукру в соку ягід винограду в роки польового досліду майже не змінювався.

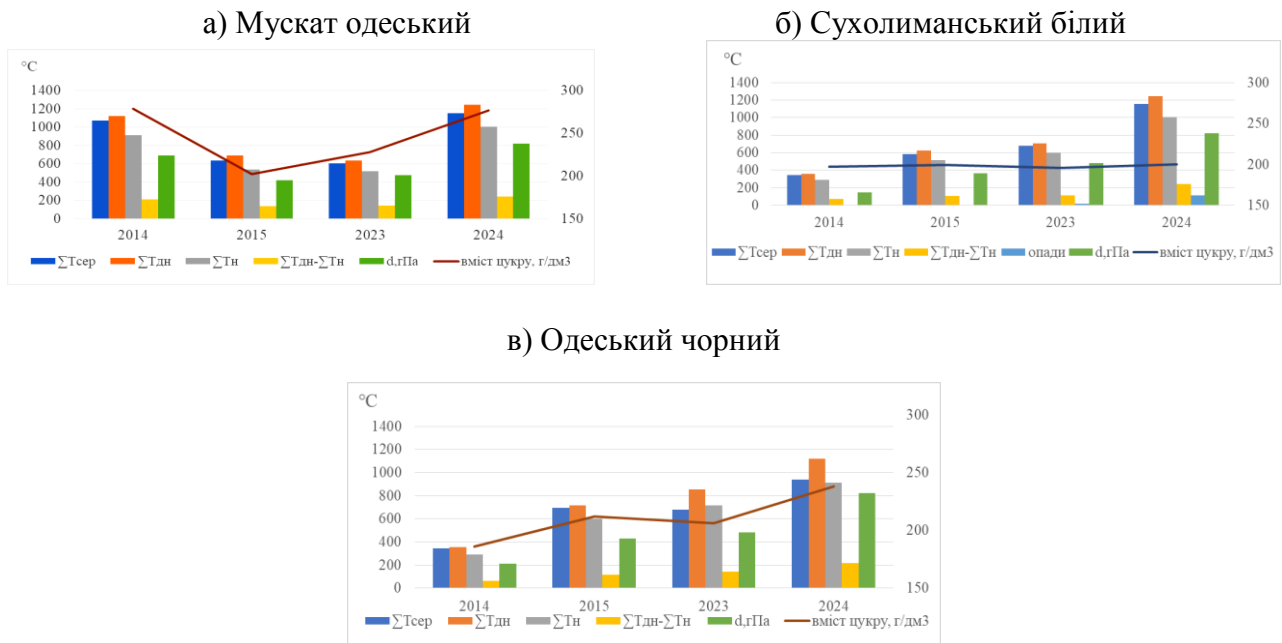


Рис. 1. Зміна величин показників ресурсів тепла і вологи та вмісту цукру в соку ягід винограду в роки проведення польового досліду

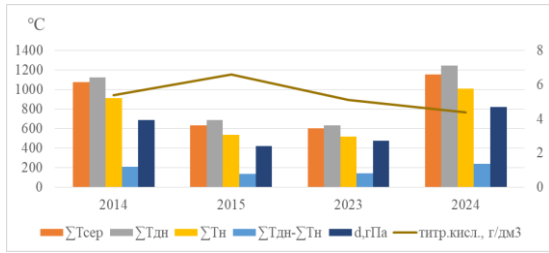
Зміна концентрації титрованої кислоти в соці ягід винограду по сортах має обернений вмісту цукру характер (рис. 2). Найбільша величина у сорту Мускат одеський відзначається в 2015 році, у сорту Одеський чорний – в 2014 році, а найменша – відповідно у цих сортів в 2024 і 2023 роках. У сорту Сухолиманський білий, як і вміст цукру, концентрація титрованої кислоти майже не змінювалася.

Надалі аналіз зв'язку між вмістом цукру і концентрацією титрованої кислоти в соку ягід винограду й показниками ресурсів світла, тепла і вологи за період від наливання ягід до технічної стиглості виконувався за осередненими величинами окремо для сортів винограду Мускат одеський, Сухолиманський білий і Одеський чорний за всі чотири роки досліду. Тенденція в напрямку і щільності зв'язків залишається такою ж, як за окремі роки, але величини коефіцієнтів детермінації R^2 збільшуються.

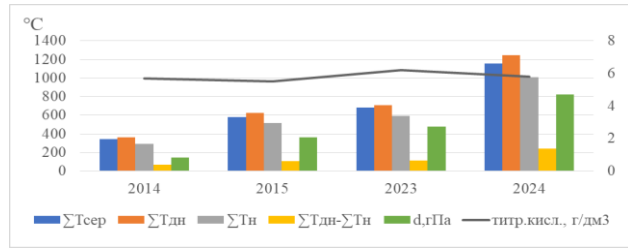
У сорту Мускат одеський коефіцієнт детермінації між містом цукру в соку ягід винограду і сумами середньодобових, денних, нічних температур повітря та різницею між сумами денних і нічних температур відповідно становить 0.71, 0.73, 0.68 і 0.81, у сорту Сухолиманський

білий - 0.47, 0.45, 0.48 і 0.53, а у сорту Одеський чорний - 0.77, 0.78, 0.78 і 0.79 (рис. 3).

а) Мускат одеський



б) Сухолиманський білий



в) Одеський чорний

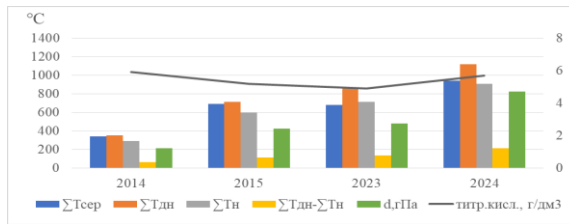
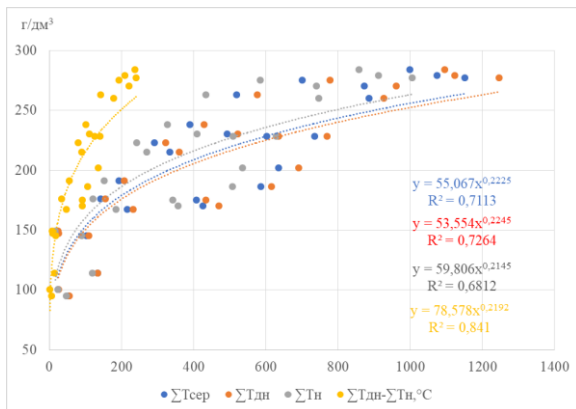
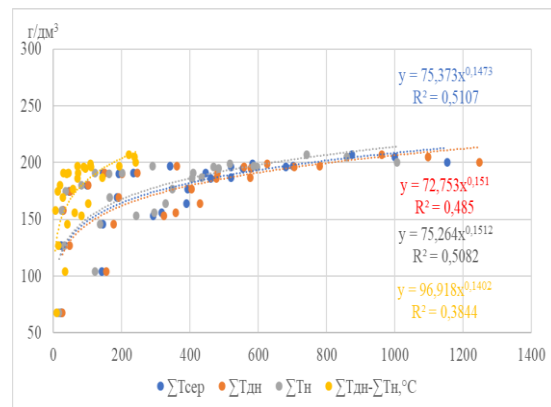


Рис. 2. Зміна величин показників ресурсів тепла і вологи та концентрації титрованої кислоти у соку ягід винограду в роки проведення польового дослідження

а) Мускат одеський



б) Сухолиманський білий



в) Одеський чорний

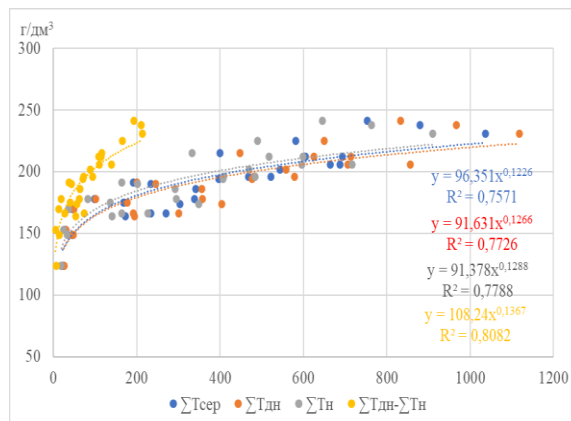


Рис. 3. Зв'язок між містом цукру у соку ягід винограду і сумами середньодобових, денних, нічних температур повітря та різницею між сумами денних і нічних температур

Зв'язок між концентрацією титрованої кислоти й тими ж показниками погодно-кліматичних умов має обернений характер, а коефіцієнт детермінації відповідно становить у сорту Мускат одеський 0.64, 0.65, 0.60 і 0.81, у сорту Сухолиманський білий - 0.32, 0.33, 0.35 і 0.23, а у сорту Одеський чорний - 0.62, 0.62, 0.64 і 0.53 (рис. 4).

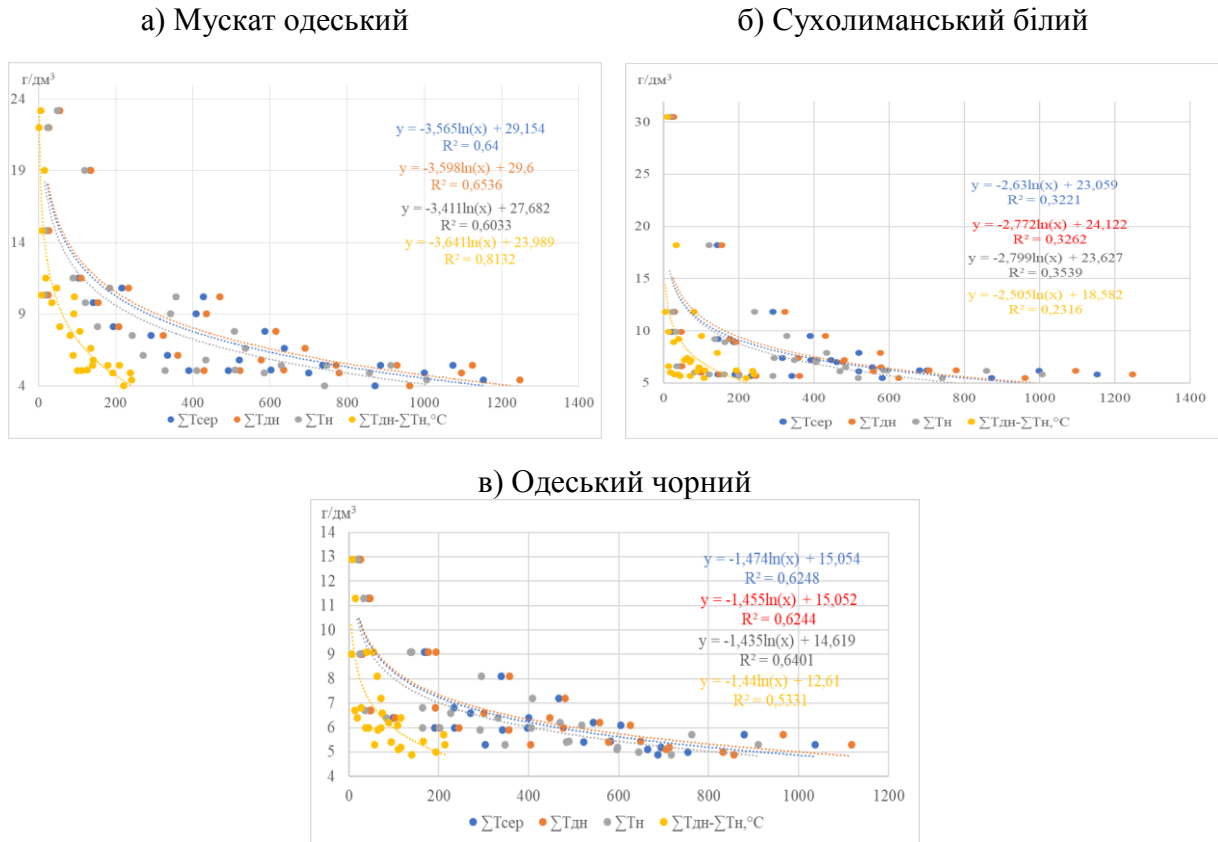


Рис. 4. Зв'язок вмісту цукру і концентрації титрованої кислоти у соку ягід винограду досліджуваних сортів з показниками ресурсів тепла

Також проведено роздільно для сортів кореляційний аналіз зв'язку між вмістом цукру (рис. 5) і концентрацією титрованої кислоти у соку ягід винограду (рис. 6) з різницею між сумами денних і нічних температур та сумами дефіциту насичення повітря водяною паром. Коефіцієнти детермінації маже у всіх сортів збільшуються.

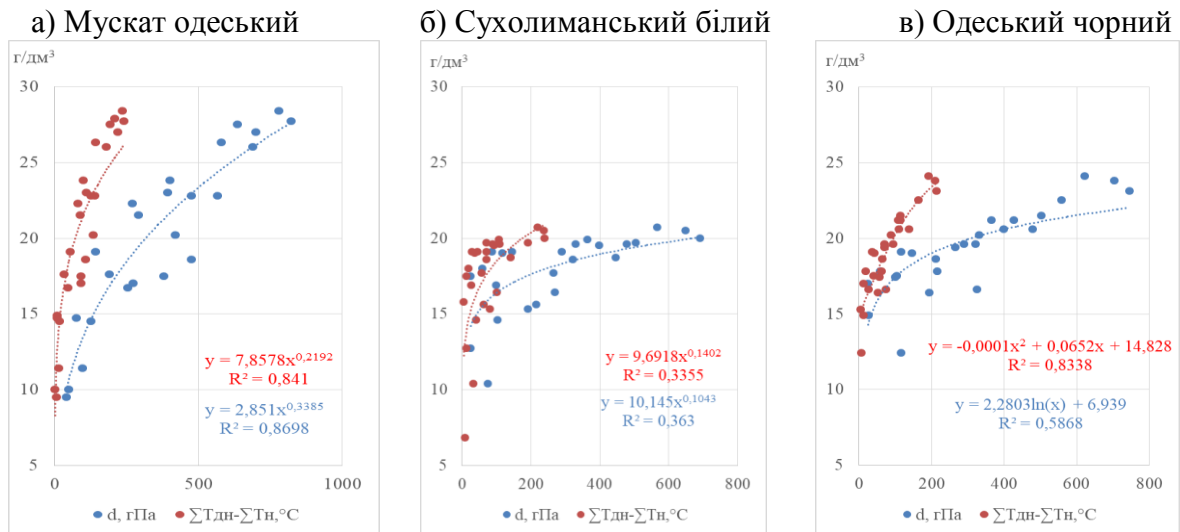


Рис. 5. Зв'язок вмісту цукру соку ягід винограду досліджуваних сортів показниками ресурсів тепла і вологи

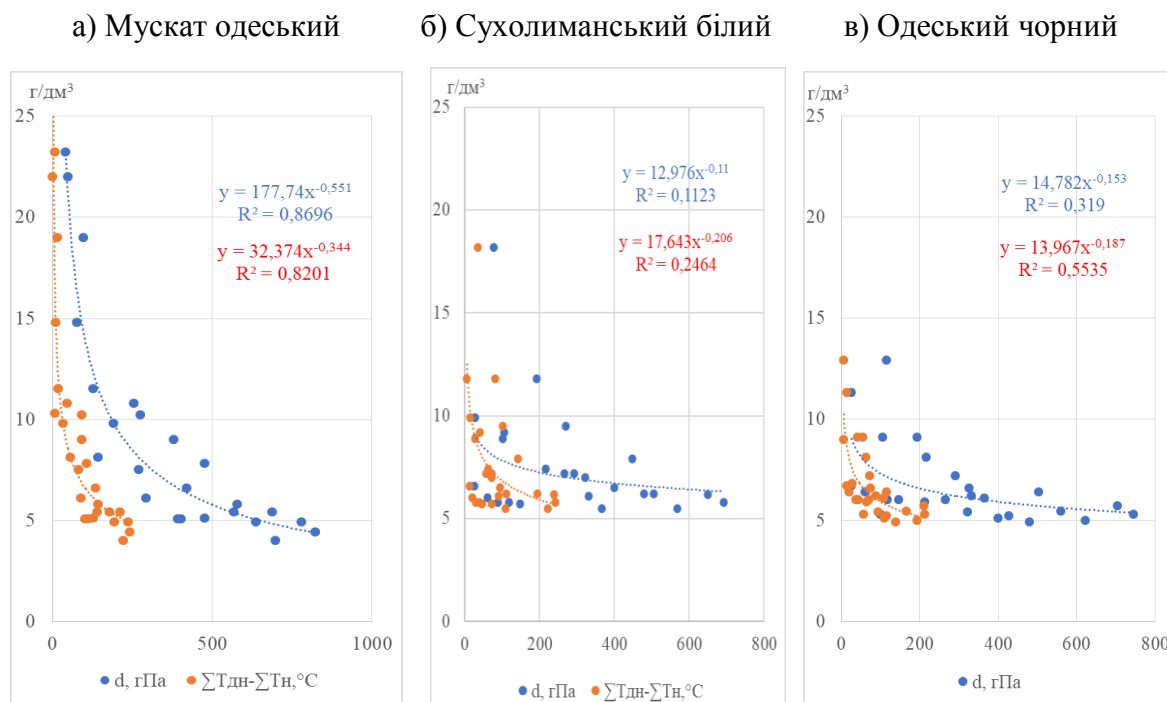


Рис. 6. Зв'язок концентрації титрованої кислоти у соку ягід винограду досліджуваних сортів показниками ресурсів тепла і вологи

Висновки. За результатами польового дослідження, лабораторного аналізу вмісту цукру і концентрації титрованої кислоти у соку ягід винограду сортів різних строків досягання та метеорологічних спостережень за температурою і вологістю повітря виявлено тенденцію їх зміни по роках. Виявлено особливості тенденції напряму та щільності зв'язку між показниками якості врожаю винограду і такими показниками погодних умов як сумами середньодобових, денних і нічних температур повітря та різницею між сумами денних і нічних температур, а також сумами дефіциту насичення повітря водяною парою за період від наливу ягід до технічної стиглості роздільно у сортів різних строків стиглості (Мускат одеський, Сухолиманський білий і Одеський чорний). Отримані данні дозволили уточнити параметри, зокрема, коефіцієнти впливу погодно-кліматичних умов у агрокліматичної моделі формування якості врожаю винограду для досліджуваних сортів та проводити аналогічні дослідження для різних територій і інших сортів винограду.

Список використаних джерел

1. Bindi M., Fibbi L., Gozzini B., Orlandini S., Miglietta F. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Clim Res.* 1996. Vol. 7(3). Pp. 213-224.
2. Riou Ch. et al. Le déterminisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne. *Office des Publications Officielles des Communautés Européennes.* Luxembourg, 1994. 322 p.
3. Jackson D. I., Cherry N. J. Prediction of a district's graperipening capacity, using a latitude-temperature index (LTI). *Am. J. Enol. Vitic.* 1988. Vol. 1. Pp. 19–28. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=7158870>.
4. Grömping U. Relative importance for linear regression in R: the Package relaimpo. *J. Stat. Softw.* 2006. Vol. 17. Pp. 1–27. DOI: <http://hdl.handle.net/10.18637/jss.v017.i01>.
5. Koufos G., Mavromatis T., Koundouras S., Fyllas N. M., & Jones G. V. Viticulture-climate relationships in Greece: the impacts of recent climate trends on harvest date variation. *International Journal of Climatology.* 2014. Vol. 34(5). Pp. 1445-1459.
6. Barnuud N. N., Zerihun A., Gibberd M., Bates B. Berry Composition and Climate: Responses and Empirical Models. *Int. J. Biometeorol.* 2014. Vol. 58. Pp. 1207–1223.

7. Zufferey V., Murisier F., Schultz H. R. A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis*. 2000. Vol. 39. Pp. 19–26.
8. Zufferey V., Murisier F., Schultz H. R. A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis*. 2000. Vol. 39. Pp. 19–26.
9. Parker A. K., De Cortázar-Atauri I. G., van Leeuwen C., Chuine I. General phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of *Vitis vinifera* L. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2011. Vol. 17. Pp. 206–216. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00140.x>.
10. Jones G. V., Davis R. E. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2000. Vol. 51(3). Pp. 249–261.
11. Parker A. K. et al. Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: a case study for the grapevine species *Vitis vinifera* L. *Agric. For. Meteorol.* 2013. Vol. 180. Pp. 249–264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.06.005>.
12. Parker A. K., De Cortázar-Atauri I. G., van Leeuwen C., Chuine I. General phenological model to characterise the timing of flowering and veraison of *Vitis vinifera* L. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2011. Vol. 17. Pp. 206–216. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00140.x>.
13. Dai Z. et al. Model-based analysis of sugar accumulation in response to source - sink ratio and water supply in grape (*Vitis vinifera*) berries. *Funct. Plant Biol.* 2009. Vol. 36. Pp. 527–540. DOI: <https://doi.org/10.1071/fp08284>.
14. Ramos M. C., Jones G. V., Martínez-Casasnovas J. A. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. *Climate Research*. 2008. Vol. 38(1). Pp. 1-15.
15. Tonietto J., & Carbonneau A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2004. Vol. 124 (1–2). Pp. 81-97.
16. Koufos G., Mavromatis T., Koundouras S., & Jones G. V. Response of viticulture-related climatic indices and zoning to historical and future climate conditions in Greece. *International Journal of Climatology*. 2017. Vol. 38. Pp. 2097–2111.
17. Haralampopoulos I., Droulia F. The Agro-Meteorological Caused Famines as an Evolutionary Factor in the Formation of Civilisation and History: Representative Cases in Europe. *Climate*. 2021. Vol. 9. Pp. 5.
18. Greer D. H., Weedon M. M. Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* Cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. *Plant Cell Environ.* Vol. 35. 2012. Pp. 1050–1064. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02471.x>.
19. Modeling phenology, water status, and yield components of three Portuguese grapevines using the STICS crop model / Fraga H. et al. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2015. Vol. 66. Pp. 482-491.
20. Parker A.K. et al. Temperature-based grapevine sugar ripeness modelling for a wide range of *Vitis vinifera* L. cultivars. *Agric. For. Meteorol.* 2020. Vol. 285. Pp. 107902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107902>.
21. Phenological Model Intercomparison for Estimating Grapevine Budbreak Date (*Vitis vinifera* L.) in Europe / Leolini L. et al. *Appl. Sci.* 2020. Vol. 10. Pp. 3800.
22. Ramos M. C., Jones G. V., Martínez-Casasnovas J. A. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. *Climate Research*. 2008. Vol. 38(1). Pp. 1-15.
23. Rodrigues P., Pedroso V., Gonçalves F., Reis S., Santos J.A. Temperature-Based Grapevine Ripeness Modeling for Cv. Touriga Nacional and Encruzado in the Dão Wine Region, Portugal. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Pp. 1777.
24. Ляшенко Г. В., Соборова О. М., Ляшенко В. О. Агроекологічна модель формування якості винограду. *Фізична географія та геоморфологія*. Київ, 2016. Вип. 2 (82). С. 110-117.
25. Ляшенко Г. В., Соборова О. М. Моделювання формування продуктивності винограду технічних сортів в Північному Причорномор'ї за різних агрометеорологічних умов. *Фізична географія та геоморфологія*. Київ, 2016. Вип. 4 (84). С. 98-105.

26. Ляшенко Г. В., Соборова О. М. Моделювання формування якості винограду технічних сортів під впливом агрометеорологічних умов в Північному Причорномор'ї. *Фізична географія та геоморфологія*. Київ, 2017. Вип. 1 (85). 2017. С. 113-121.
27. Schultz H. R., Lebon E. Modelling the Effect of Climate Change on Grapevine Water Relations. *Acta Hortic.* 2005. Vol. 689. С. 71–78. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.689.4>.
28. Bock A., Sparks T.H., Estrella N., Menzel A. Climate-Induced Changes in Grapevine Yield and Must Sugar Content in Franconia (Germany) between 1805 and 2010. *PLoS ONE* 2013. Vol. 8. P. e69015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069015>.
29. Jones G. V., Reid R., Vilks A. Climate, Grapes, and Wine: Structure and Suitability in a Variable and Changing Climate. In: *Dougherty P. (eds) The Geography of Wine*. Springer, Dordrecht, 2012. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0464-0_7.
30. Suter B., Destrac Irvine A., Gowdy M., Dai Z., van Leeuwen C. Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. Pp. 624867. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.624867>.
31. Bruno Suter, Agnes Destrac Irvine, Mark Gowdy, Zhanwu Dai, Cornelis van Leeuwen. Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Front. Plant Sci.* 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.624867>.
32. Rodrigues P., Pedroso V., Gonçalves F., Reis S., Santos J. A. Temperature-Based Grapevine Ripeness Modeling for Cv. Touriga Nacional and Encruzado in the Dão Wine Region, Portugal. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Pp. 1777. https://doi.org/10.3390/agronomy11091777?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle.
33. Василенко О. С., Кондратенко О. Є. Якість ягід винограду в умовах Північної частини Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2021. № 1. С. 96-101.
34. Ляшенко Г. В. Практикум з агрокліматології навчальний посібник. Одеса : ТЕС, 2014. 150 с.
35. Ляшенко Г. В., Мельник Е. Б., Бузовська М. Б., Попова Г. К., Мандич О. М. Методика оцінки впливу погодно-кліматичних умов на формування якості врожаю сортів винограду, різних за строками досягання. Одеса : ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2024. 25 с.
36. Ампелографічний атлас сортів і форм винограду селекції Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова». Вид. перероб. і доп. Київ : Аграрна наука, 2024. 136 с.

*H. Lyashenko, Dr. Geogr. Sci., E. Melnyk, PhD, M. Buzovska, PhD, Iu. Bulaieva, PhD,
H. Popova, Researcher, O. Mandych, Junior Researcher*

National Science Center "Institute of Viticulture and Winemaking named after V.E. Tairov"

STUDY OF THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE FORMATION OF GRAPE HARVEST QUALITY ACCORDING TO THE RESULTS OF A FIELD EXPERIMENT

The article presents the results of the analysis of the relationship between grape harvest quality indicators and weather conditions for the period from grape berry filling to technical ripeness. The following grape harvest quality indicators are considered: sugar content and titrated acid concentration and the sums of average daily, daytime and nighttime temperatures and their differences, the sum of air moisture saturation deficits as indicators of weather conditions. The study was carried out according to the data of a field research conducted in the Central Steppe subzone at the breeding site of the V.E. Tairov National Research and Development Center, separately for varieties of different ripening periods: Muscat Odessa, Sukholymansky White and Odessa Black.

Keywords: correlation analysis, coefficients of determination, weather conditions, harvest quality, grape varieties, field research.