

МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ВІНОГРАДУ ЗА АГРОКЛІМАТИЧНИМИ РЕСУРСАМИ ПРИРОДНИХ ЗОН УКРАЇНИ

Г. В. ЛЯШЕНКО, доктор географічних наук

М. Б. БУЗОВСЬКА, кандидат сільськогосподарських наук

Е. Б. МЕЛЬНИК, кандидат сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова»

НААН України

Стаття присвячена визначенню можливої за агрокліматичними умовами врожайності сортів винограду середніх строків досягання по природним зонам України. Дослідження проводилися на основі декадних середньобагаторічних даних з тривалості сонячного сяйва, середньої температури, кількості опадів і запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в теплий період по природним зонам України із застосуванням методу математичного моделювання та концепції максимальної продуктивності посівів Х. Г. Тоомінга. Для природних зон країни проведено розрахунки показників ресурсів світла, тепла і вологи за теплий період. Визначено величини потенційної і забезпеченої агрокліматичними умовами врожайності винограду, за якими оцінено ступінь сприятливості умов для вирощування винограду.

Ключові слова: виноград, природні зони, агрокліматичні умови, потенційна і кліматично можлива врожайність.

Постановка проблеми. Не зважаючи на досягнення у селекції винограду і технології його вирощування вплив погодно-кліматичних умов на галузь виноградарства повсюдно залишається значним, а через підвищення капіталоємності – навіть зростає. У зв'язку зі зміною клімату, що відзначається в останні 20–30 років, повстає проблема перегляду меж розміщення винограду як у глобальному, так і локальному розрізі, вирішення якої пов'язане з науково-методичним обґрунтуванням підходів до оцінки сприятливості агрокліматичних умов формуванню високого й стійкого рівня його врожайності.

До останнього часу в Україні межі поширення виноградарської галузі визначалися за агрокліматичною оцінкою морозонебезпечності і теплозабезпеченості територій, представленої в «Довіднику з виноградарства», 1970 року випуску, а прогнозування врожайності винограду здійснювалося із застосуванням статистичного або регресійного методу. За цього підходу як основні предиктори розглядалися температура і кількість опадів.

Нині значного розвитку набув метод динамічного моделювання, перевагою якого є більш детальне врахування впливу на врожайність винограду погодно-кліматичних умов впродовж вегетаційного періоду. Як реалізацію підходу динамічного моделювання формування врожайності культур можна

розглядати метод, який базується на теорії фотосинтетичної діяльності рослинного покриву (РП), розробленої Ничипоровичем О. О., надалі розвинутий Тоомінгом Х. Г. і сформульована як концепція максимальної продуктивності РП. Сутність концепції полягає у прагненні рослин досягати максимальної продуктивності, а лімітуючим фактором є невідповідність умов світла, тепла і вологи вимогам культур до них. Запропоновано розглядати потенційну і кліматично можливу врожайність, порівняння яких дозволяє оцінювати оптимальність території щодо розміщення культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З 60-х років минулого століття дослідження формування врожайності сільськогосподарських культур і, зокрема, винограду, проводилися з елементами моделювання. У виноградарській науці розроблялися переважно агробіологічні й агротехнологічні моделі. В останні три десятиріччя із застосуванням методу моделювання проводяться дослідження впливу погодно-кліматичних умов на формування врожайності винограду. Розроблена значна кількість моделей, які умовно можна поділити на статистичні і процесні або динамічні.

Статистичні моделі базуються на встановлених кореляційних залежностях між врожайністю винограду і різними показниками, що характеризують агрометеорологічні умови в період вегетації винограду або агрокліматичні ресурси за цей період. Встановлені регресійні залежності і являють собою такий вид моделей. Застосування статистичних моделей широко використовувалось у Франції, Іспанії, Португалії, Бразилії та інших країнах [1–4].

Одна із перших динамічних моделей формування врожайності винограду була розроблена Vindi et al. в 1996 році [5]. На підставі аналізу температури повітря, сонячної радіації і CO₂ модель спрямована на визначення майбутньої врожайності винограду в різні фази розвитку від цвітіння до збору врожаю. Надалі метод динамічного моделювання набув широкого розвитку [6–12], в тому числі, із використанням баз даних [13–17]. Деякі із них придатні для моделювання врожайності винограду в межах окремих ділянок з географічною та топологічною прив'язкою і прив'язкою до характеристики ґрунтового покриву [17].

Метою представленої роботи є характеристика забезпеченої агрокліматичними ресурсами врожайності сортів винограду середніх строків досягання в межах природних зон України, отриманих із застосуванням методу моделювання .

Методика досліджень. Методологія дослідження досить детально висвітлена в роботі автора [18]. Завдання полягало у визначенні потенційної, як максимально можливої для сортів середніх строків досягання врожайності і кліматично можливої врожайності за реальних для даної території ресурсів світла, тепла і вологи. Основними біологічними параметрами агрокліматичної моделі є величина потенційного коефіцієнта використання виноградом сонячної радіації для проходження процесів фотосинтезу, коефіцієнта. Що характеризує відношення частки господарсько цінної частини до загальної маси рослини за стандартної у ній вологи та калорійності або теплотворної здатності одиниці

врожаю. В роботі вони відповідно складають 0,01; 2,5 і 18000 КДж/м². Метеорологічними або кліматичними параметрами є сума фотосинтетично активної радіації і умови зволоження як відношення середніх запасів вологи у метровому шарі ґрунту за період вегетації винограду до величини найменшої польової вологості для поширеного в природній зоні типу ґрунту середньосуглинкового гранулометричного складу. Також використовували дані по бонітету ґрунтів.

Результати досліджень. В процесі виконання досліджень проведено розрахунки основних агрокліматичних показників, які визначають умови формування врожайності винограду – показників режиму та ресурсів світла, тепла і вологи в межах природних зон України. Узагальнення цих показників для Полісся, Лісостепової і Степової зони та Закарпаття виконувалися шляхом осереднення середніх багаторічних даних спостережень метеорологічних станцій за 1986–2015 рр. [19, 20].

Встановлено, що сума фотосинтетично активної радіації ($\sum Q_f$, МДж/м²) в зоні змішаних лісів (Полісся) складала впродовж теплого періоду від 97 МДж/м² в жовтні до 306 МДж/м² – в липні. В Лісостепу ці величини відповідно становлять 100 і 309 МДж/м², Степовій зоні – 137 і 347 МДж/м², а в Закарпатті – 112 і 295 МДж/м² (рис. 1).

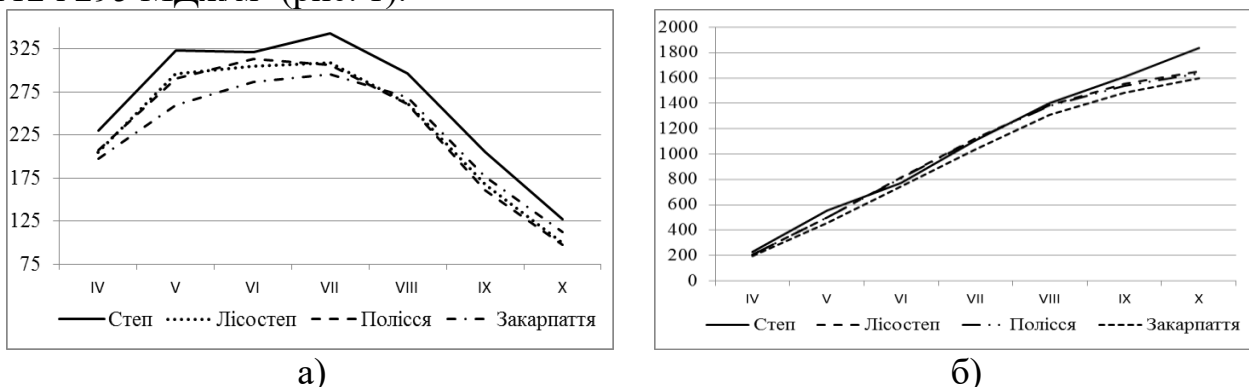


Рис. 1. Динаміка місячної суми (а) фотосинтетично активної радіації і її накопичення (б) впродовж вегетаційного періоду винограду в природних зонах України, $\sum Q_f$, МДж/м²

Найбільша різниця місячних сум фотосинтетично активної радіації по зонам відзначається в липні і складає близько 50 МДж/м², а найменша – весною і восени й не перевищує 25 МДж/м². Максимальна величина відзначається в Степовій зоні, а мінімальна – в Поліссі.

Середньомісячна температура повітря за теплий період в Поліссі змінюється від 7,9 °С в жовтні до 19,5 °С – в липні. В Лісостеповій і Степовій зонах ці температури відповідно дорівнюють 8,0 і 20,5 °С та 9,7 і 22,7 °С, а на Закарпатті – 9,8 та 20,8 °С. Треба відзначити, що найбільша різниця середньомісячних температур по природним зонам відзначається в липні й серпні і складає більше 3 °С, а найменша – в квітні. Треба також вказати, що в Закарпатті відзначається й найменша амплітуда температур в теплий період. Максимальна температура повітря змінюється від 27 до 41 °С в Поліссі, від 31 до

41 і від 33 до 42°C відповідно в Лісостеповій і Степовій зонах та від 28 до 39 °С – в Закарпатті. Найвищі максимальні температури спостерігаються повсюдно в серпні.

Тривалість теплого періоду (з температурами вище 10 °С) становить в Поліссі, Лісостеповій, Степовій зонах та в Закарпатті відповідно 167, 170, 182 і 188 доби. Холодний період (з температурами нижче 0 °С) дорівнює 84, 91, 76 і 61 доби, а тривалість беззаморозкового періоду – 170, 168, 172 і 185 діб. Найбільша різниця відзначається в тривалості холодного періоду – 30 діб, а різниця теплого і беззаморозкового періоду не перевищує 11 і 17 діб.

Сума температур за період з температурами вище 10 °С становить в Поліссі 2700 °С, в Лісостеповій і Степовій зоні – 2860 і 3260 °С, а в Закарпатті – 3180 °С (рис. 2).

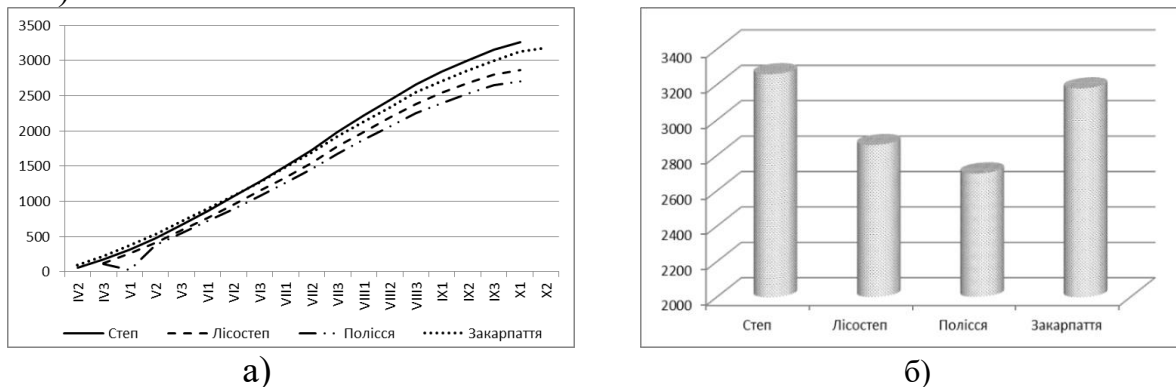
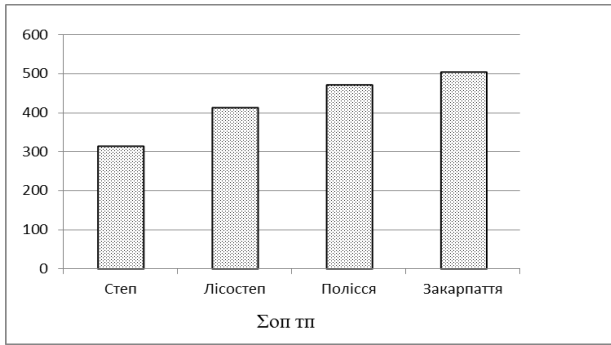


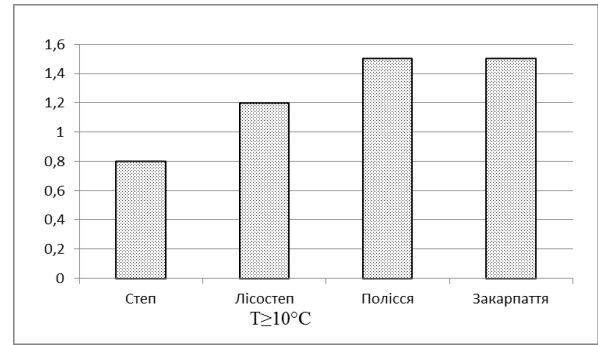
Рис. 2. Динаміка накопичення місячної суми температур (а) впродовж теплого періоду винограду і загальна сума температур за період (б) в природних зонах України ($\Sigma T \geq 10$ °С, °С)

Різниця в сумах температур по природним зонам України складає 480 °С. Треба відзначити, що в Закарпатті і Степовій зоні сума температур відрізняється тільки на 80 °С, а в Поліссі і Степу – на 560 °С. Найбільша ж просторова різниця відзначається за показниками зволоження території. Кількість опадів за теплий період змінюється за природними зонами України від 314 мм в Степовій зоні до 503 мм – в Закарпатті (рис. 3а). В холодний період ці величини в Поліссі, Лісостеповій і Степовій зонах та в Закарпатті відповідно складають 190, 183, 182 і 316 мм, а за рік – 661, 596, 496 і 819 мм. Різниця в кількості опадів за теплий та холодний періоди і за рік по території України становить 189, 134 і 323 мм. Величина гідротермічного коефіцієнта Селянінова (ГТК) як інтегрального показника зволоження за природними зонами України змінюється за теплий період від 0,8 до 1,4. Найменші величини ГТК відзначаються в Степовій зоні, а найбільші – в Поліссі і в Закарпатті. Така ж тенденція спостерігається і в інші періоди (рис. 3б).

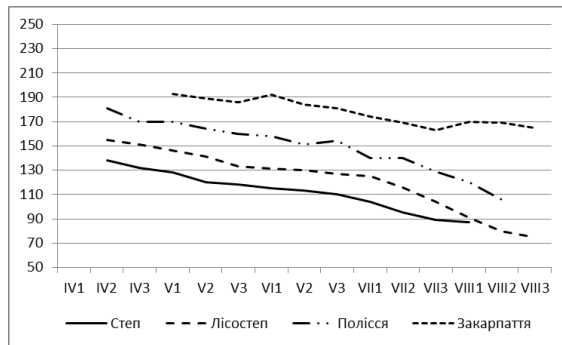
Проведено також аналіз динаміки запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту за природними зонами (W_{0-100}). Встановлено, що найбільша їх величина відзначається в Закарпатті і в Поліссі, а найменша – в Степовій зоні (рис. 3в). Відзначається майже однакова тенденція зменшення запасів вологи від весни до осені, причому найбільша амплітуда впродовж періоду вегетації спостерігається в Лісостеповій зоні, а найменша – в Степовій.



а) Σопадів, мм



б) ГТК, відн.вел



в) W₀₋₁₀₀, мм

Рис. 3. Кількість опадів (а), величина гідротермічного коефіцієнту (б) і динаміка запасів вологи (в) у метровому шарі ґрунту за теплий період за природними зонами України

Виконано узагальнення агрокліматичних умов за природними зонами України. Сума температур ($\sum T \geq 10^\circ\text{C}$) по території за період вегетації винограду змінюється від 2700 до 3300, сума фотосинтетично активної радіації ($\sum \text{ФАР}$) – від 1300 до 1750 МДЖ/м², співвідношення середніх за період запасів продуктивної вологи і найменшої вологоємності ($W_c/W_{\text{нв}}$) – від 0,50 до 0,90, а бонітет ґрунту (Бг) – від 0,65 до 0,75 (табл. 1).

Табл. 1. Агрокліматичні ресурси за період вегетації винограду за природними зонами України

Природні зони	Показники агрокліматичних ресурсів					
	$\sum T \geq 10^\circ\text{C}$, °C	$\sum \text{ФАР}$, МДж/м ²	Е/Е ₀ , %	W _c /W _{нв} , відн. вел.	Бг, відн. вел.	ГТК, відн. вел.
Полісся	2701–2800	1550–1650	80–85	0,75–0,85	0,75	1,4–1,5
Лісостеп	2801–2900	1550–1750	60–75	0,65–0,80	0,65	1,1–1,2
Степ	3201–3300	1750–1850	45–55	0,50–0,60	0,65	0,7–0,8
Закарпаття	3101–3200	1300–1350	85–90	0,80–0,90	0,75	1,4–1,5
Діапазон мінливості	600	550	50	0,40	0,10	0,4

Наочно видно, що по природним зона України діапазон мінливості сум температур складає 600 °С, сум фотосинтетично активної радіації 550 МДж/м², вологозабезпеченість – 50 %, відношення середніх за період вегетації запасів продуктивної вологи і найменшої вологоємності ($W_c/W_{нв} = 0,40$), бонітету ґрунту – 0,10, а ГТК – 0,4 відносних величин.

За отриманими результатами агрокліматичних умов за період вегетації сортів винограду середніх строків досягання в природними зонами України здійснено розрахунки потенційної (ПУ) і кліматично можливої врожайності винограду з врахуванням вологозабезпеченості (КМУ₁) та бонітету ґрунтів (КМУ₂) (табл. 2).

Табл. 2. Характеристика врожайності винограду за агрокліматичними ресурсами по природним зонам України

Природні зони	Забезпечена агрокліматичними ресурсами врожайність винограду, т/га				
	ПУ	КМУ ₁	КМУ ₂	ПУ – КМУ ₁	ПУ – КМУ ₂
Полісся	17,0–17,5	13,5–14,5	13,5–14,0	4,0	4,0
Лісостеп	18,5–19,0	13,0–16,0	13,0–13,5	6,0	6,0
Степ	19,5–20,0	10,0–12,0	12,5–13,0	10	7,5
Закарпаття	18,0–19,0	13,0–15,0	14,0–15,5	6,0	5,0
Діапазон мінливості	3,0	6	3	6,0	3,5

Кліматично можлива врожайність (КМУ₁), яка визначається за потенційною врожайністю (ПУ) і умовами зволоження співвідношенням середніх фактичних запасів вологи у ґрунті й найменшої польової вологоємності, змінюється від 12,0 до 16 т/га, діапазон мінливості складає 4 т/га. Врожай, що визначається величиною фотосинтетично активної радіації і бонітетом ґрунту КМУ₂, змінюється по території області від 12,5 до 15,5 т/га, а діапазон складає України відзначається у величинах потенційної врожайності, а найбільша – у кліматично можливої врожайності за методом, що враховує умови зволоження (рис. 4).

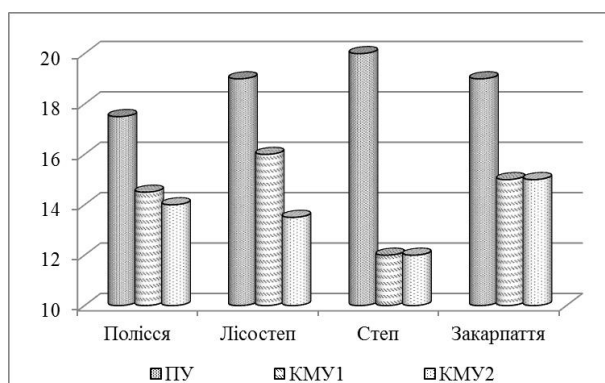


Рис. 4. Просторова мінливість врожайів винограду за природними зонами України, У, т/га

За природними зонами України різниця між потенційною і кліматично можливою врожайністю, розрахованою за показником зволоження співвідношення середніх фактичних запасів вологи у ґрунті і найменшої польової вологемності (ПУ – КМУ₁) складає від 4 до 10 т/га, а між потенційною і кліматично можливою врожайністю, розраховано за показником бонітету ґрунту КМУ₂ – від 4 до 7,5 т/га (рис. 5).

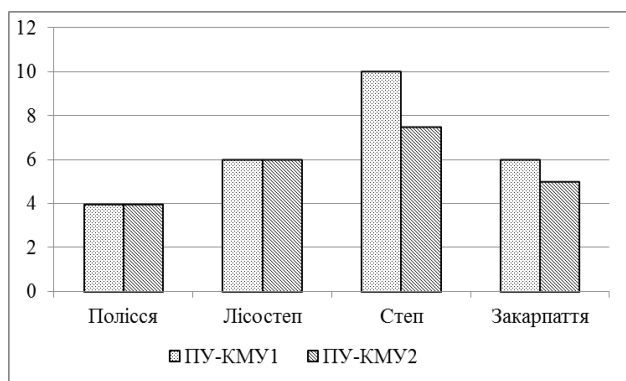


Рис. 5. Просторова мінливість різниці між потенційною і кліматично можливою врожайністю винограду по природним зонам України, ΔУ, т/га

Як і очікували, у зв'язку зі значним діапазоном мінливості показника зволоження і бонітету ґрунту в межах природних зон, відзначається й збільшення діапазону мінливості кліматично можливої врожайності винограду за першими методом.

Висновки. Результати представлених в роботі досліджень надають нову інформацію про ресурси світла, тепла і вологи за теплий період, які майже повністю відповідають ресурсам за вегетаційний період винограду, в межах виділених в Україні природних зон. Характеристика сум фотосинтетично активної радіації та сум температур, а також умов зволоження, згідно із запропонованим методом дозволяє визначити забезпечену агрокліматичними ресурсами врожайність винограду. Як показують дані, практично в усіх зонах рівень сучасних урожаїв винограду в господарствах нижчий, що вказує на можливості його підвищення за рахунок раціонального підбору сортів та покращення технології вирощування.

За представленою в роботі методологією досліджень цілком можливо значно деталізувати інформацію про забезпечену агрокліматичними ресурсами врожайність винограду різних груп сортів в межах окремих земельних ділянок та на майбутні роки у зв'язку із зміною клімату.

Література:

1. Kadbhane S. J., Manekar V. L. Development of Agro-Climatic Grape Yield Model with Future Prospective. *Ital. J. Agrometeorol.* 2021. P. 89–103.
2. Paccioretti P. Statistical Models of Yield in On-farm Precision Experimentation. *Agron. J.* 2021. № 113. P. 4916–4929.
3. Rodrigues P. Temperature-Based Grapevine Ripeness Modeling for cv. Touriga Nacional and Encruzado in the Dão Wine Region, Portugal. *Agronomy.* 2021. № 11(9). P. 1777. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091777>.

4. Romero P. Climate influences on yield, berry and wine quality in Monastrell wine grapes in a warm winegrowing region (Jumilla Area, SE Spain). *Geoinformatics and Geostatics Overview*. 2016.
5. Bindi M. et al. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Research*. 1996. № 7. P. 213–224.
6. Ляшенко Г. В., Жигайло Т. С., Маринін Є. І. Вплив зміни клімату на продуктивність винограду в Україні. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. Одеса: ТЕС. 2015. С. 435–450.
7. Ляшенко Г. В., Соборова О. М. Моделювання формування продуктивності винограду технічних сортів в Північному Причорномор'ї за різних агрометеорологічних умов. *Фізична географія та геоморфологія*. 2016. Вип. 4 (84). С. 98–105.
8. Lyashenko G. V. et al. Modelling of the formation of grapevine yield in Ukraine under climate change scenarios A1B and A2 until 2050 (on example of grapevine varieties Zagrey and Rubin tairovskiyi). *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. № 11(8). P. 62–66, doi: 10.15421/2021_269.
9. Alatzas A. et al. The Effect of Water Deficit on Two Greek Vitis vinifera L. Cultivars: Physiology, Grape Composition and Gene Expression during Berry Development. *Plants*. 2021. № 10. P. 1947.
10. Arab S. T., Noguchi R., Matsushita S., Ahamed, T. Grape Yield Forecasting from Vegetation Index Time Series Using Satellite Remote Sensing and Machine Learning Approach. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 2021. № 22. 100485.
11. Fraga H., Santos J.A. Daily Prediction of Seasonal Grapevine Production in the Douro Wine Region Based on Favourable Meteorological Conditions: Predicting Winery Grape Production in the Douro. *Aust. J. Grape Wine Res.* 2017. № 23. P. 296–304.
12. Moriondo M. et al. Modelling Olive Trees and Grapevines in a Changing Climate. *Environ. Model. Softw.* 2015. № 72. P. 387–401.
13. Barriguinha A., Jardim B., De Castro Neto M., Gil A. Using NDVI, Climate Data and Machine Learning to Estimate Yields in the Douro Wine Region. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2022. № 114. 103069.
14. Beauchet S. et al. Modeling Grape Quality by Multivariate Analysis of Viticulture Practices, Soil and Climate. *OENO One*. 2020. № 54. P. 601–622.
15. Caio B. A. et al. Grape Yield Prediction Models: Approaching Different Machine Learning Algorithms. *Horticulturae*. 2023. № 9(12). P. 1294. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121294>.
16. Sirsat M. S., Mendes-Moreira J., Ferreira C., Cunha M. Machine Learning Predictive Model of Grapevine Yield Based on Agroclimatic Patterns. *Eng. Agric. Environ. Food*. 2019. № 12. P. 443–450.
17. Suter B. et al. Modeling Stem Water Potential by Separating the Effects of Soil Water Availability and Climatic Conditions on Water Status in Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Front. Plant Sci.* 2019. № 10. P. 1485.
18. Ляшенко Г. В. Агрокліматична оцінка формування продуктивності сільськогосподарських культур в Україні: монографія. Одеса: ННЦ «ІВіВ ім. В.Є.Таїрова». 2011. 248 с.
19. Агрокліматичний довідник по території України (середні обласні показники, 1986–2015рр.) / за редакцією Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіда, А. Л. Прокопенко. Житомир: видавництво «Полісся». 2019. 82 с.

20. Атлас «Агрокліматичні ресурси України» / за редакцією Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіда, А. Л. Прокопенко. Київ. 2016. 89 с.

References:

1. Kadbhane, S. J., Manekar, V. L. (2021). Development of Agro-Climatic Grape Yield Model with Future Prospective. *Ital. J. Agrometeorol*, pp. 89–103.
2. Paccioretti, P. (2021). Statistical Models of Yield in On-farm Precision Experimentation. *Agron. J.*, no. 113, pp. 4916–4929.
3. Rodrigues, P. (2021). Temperature-Based Grapevine Ripeness Modeling for cv. Touriga Nacional and Encruzado in the Dão Wine Region Portugal. *Agronomy*, no. 11(9), pp. 1777. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091777>.
4. Romero, P. (2016). Climate influences on yield, berry and wine quality in Monastrell wine grapes in a warm winegrowing region (Jumilla Area, SE Spain). *Geoinformatics and Geostatics Overview*.
5. Bindi, M. et al. (1996). Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Research*, no. 7, pp. 213–224.
6. Lyashenko, G. V., Zhigailo, T. S., Marynin, E. I. (2015). The impact of climate change on the productivity of grapes in Ukraine. Climate changes and their impact on the economy of Ukraine. Odesa: TES. Pp. 435–450. [in Ukrainian].
7. Lyashenko, G. V., Soborova, O. M. (2016). Modeling of the formation of productivity of grapes of technical varieties in the Northern Black Sea region under different agrometeorological conditions. *Physical geography and geomorphology*, Issue 4 (84), pp. 98–105. [in Ukrainian].
8. Lyashenko, G. V. et al. (2021). Modelling of the formation of grapevine yield in Ukraine under climate change scenarios A1B and A2 until 2050 (on example of grapevine varieties Zagrey and Rubin tairovskyi). *Ukrainian Journal of Ecology*, no. 11(8), pp. 62–66. doi: 10.15421/2021_269.
9. Alatzas, A. et al. (2021). The Effect of Water Deficit on Two Greek *Vitis vinifera* L. Cultivars: Physiology, Grape Composition and Gene Expression during Berry Development. *Plants*, no. 10, p. 1947.
10. Arab, S. T., Noguchi, R., Matsushita, S., Ahamed, T. (2021). Grape Yield Forecasting from Vegetation Index Time Series Using Satellite Remote Sensing and Machine Learning Approach. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, no. 22, 100485.
11. Fraga, H., Santos, J. A. (2017). Daily Prediction of Seasonal Grapevine Production in the Douro Wine Region Based on Favourable Meteorological Conditions: Predicting Winery Grape Production in the Douro. *Aust. J. Grape Wine Res.*, no. 23, pp. 296–304.
12. Moriondo, M. et al. (2015). Modelling Olive Trees and Grapevines in a Changing Climate. *Environ. Model. Softw.*, no. 72, pp. 387–401.
13. Barriguinha, A., Jardim, B., De Castro Neto, M., Gil, A. (2022). Using NDVI, Climate Data and Machine Learning to Estimate Yields in the Douro Wine Region. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, no. 114, 103069.
14. Beauchet, S et al. (2020). Modeling Grape Quality by Multivariate Analysis of Viticulture Practices, Soil and Climate. *OENO One*, no. 54, pp. 601–622.
15. Caio, B. A. et al. (2023). Grape Yield Prediction Models: Approaching Different Machine Learning Algorithms. *Horticulturae*, no. 9(12), p. 1294. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121294>.

16. Sirsat, M. S., Mendes-Moreira J., Ferreira C. Cunha, M. (2019). Machine Learning Predictive Model of Grapevine Yield Based on Agroclimatic Patterns. *Eng. Agric. Environ. Food*, no. 12, pp. 443–450.
17. Suter, B. et al. (2019). Modeling Stem Water Potential by Separating the Effects of Soil Water Availability and Climatic Conditions on Water Status in Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Front. Plant Sci.*, no. 10, p. 1485.
18. Lyashenko, G. V. (2011). Agroclimatic assessment of the formation of productivity of agricultural crops in Ukraine. Odesa: NSC "IViV named after V. E. Tairov". 248 p. [in Ukrainian].
19. Agroclimatic guide for the territory of Ukraine (average regional indicators, 1986–2015) (2019). Eds. T. I. Adamenko, M. I. Kulbida, A. L. Prokopenko. Zhytomyr: Polissya publishing house. 82 p.
20. Atlas «Agroclimatic resources of Ukraine» (2016). Eds. T. I. Adamenko, M. I. Kulbida, A. L. Prokopenko. Kyiv. 89 p.

Annotation

Lyashenko G. V., Buzovska M. B., Melnyk E. B.

Modeling of grape yield formation by agroclimatic resources of natural zones of Ukraine

Aim. The article is devoted to the determination of medium ripeness grape varieties possible yield in the natural zones of Ukraine according to agroclimatic conditions.

Methods. The research was carried out on the basis of ten-day average long-term data on the duration of sunshine, average temperature, amount of precipitation and reserves of productive moisture in a meter layer of soil in the warm period in the natural zones of Ukraine using the method of mathematical modeling and the concept of maximum productivity of crops.

Results. The article presents the results of the study of the variability of indicators of agro-climatic resources during the growing season of grapes of average ripening in the natural zones of Ukraine. The difference in the amounts of photosynthetically active radiation, sums of temperatures, amount of precipitation, Selyaninov hydrothermal coefficient, reserves of productive moisture in a meter layer of soil by natural zones was estimated. Based on the application of the concept of maximum plant productivity and the method of mathematical modeling by indicators of light, heat and moisture resources, the values of potential or maximum possible and climatically possible yield are determined by two methods. The difference in these yields is estimated, which indicates the level of use of agro-climatic resources.

Conclusions. As the data show, in almost all zones, the level of modern grape harvests on farms is lower, which indicates the possibility of its increase due to the rational selection of varieties and the improvement of cultivation technology. According to the research methodology presented in the paper, it is quite possible to significantly detail information on the yield of grapes of different groups of varieties provided with agroclimatic resources within individual land plots and for future years in connection with climate change.

Key words: grapes, natural zones, agro-climatic conditions, potential and climatically possible yield.