



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 634.836.764

© 2022

ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ МАРКЕРИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ ТА ФОРМ ВИНОГРАДУ

І.А. Ковальова¹, Н.А. Мулюкіна², Л.В. Герус³,
О.В. Салій⁴, М.І. Федоренко⁵

¹⁻³доктори сільськогосподарських наук

^{4,5}кандидати сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова
вул. 40-річчя Перемоги, смт Таїрове Одеської обл., 65496, Україна

e-mail: ¹ikovalova@ukr.net, ²tairmna2005@ukr.net,

³lg0377_77@ukr.net, ⁴helena_saliy@ukr.net, ⁵marinatairovo@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-1117-9750, ²0000-0002-5935-6015,

³0000-0001-8154-4795, ⁴0000-0002-3658-8315, ⁵0000-0001-8477-8490

Надійшла 25.05.2022

Мета. Для забезпечення сталого виноградарства України виділити стійкі до нестачі вологозабезпечення сорти та форми винограду нової селекції з використанням фізіолого-біохімічних маркерів посухостійкості. **Методи.** Фізіологічний — для визначення вмісту різних фракцій води в тканинах листків; біохімічний — визначення ферменту активності піроксидази в тканинах листків у критичні для виноградної рослини фази вегетаційного періоду для визначення рівня стресових реакцій. **Результати.** Із 20-ти сортів і форм винограду столового і технічного напряму використання відзначено різний рівень прояву фізіолого-біохімічних маркерів посухостійкості. Найбільш виражена стресова реакція аж до втрати тургору листками спостерігалася в посушливих умовах 2019 р. в сорту Персей. Найменш виражена реакція на нестачу вологозабезпечення була в столових сортів і форм Одісей, Таїрян, Фонтан та Заграва, із групи технічних високий рівень екологічної пластичності підтвердили сорти та форми Загрей, Ароматний, Ярило та Ідилія мускатна. Перспективність цих генотипів підтверджена низькою активністю маркера стресових реакцій рослини ферменту пероксидази в посушливих 2017 та 2019 рр. **Висновки.** Виділені за маркерами посухостійкості сорти та форми винограду можна успішно вирощувати за екстенсивної технології. Для сорту Персей (за необхідності) рекомендовано використання інтенсивної технології, зокрема штучного зрошення в критичні періоди вегетації — цвітіння, досягання ягід і завершення вегетації.

Ключові слова: стресові умови, вологозабезпеченість, реакція рослини, зв'язана вода, пероксидаза.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202206-02>

Виноград, хоч і досить теплолюбна культура, проте дуже вибагливий до умов зростання. Так, нестача вологи в період цвітіння може призвести до порушення процесу запилення, засихання квіток або цілих суцвіть. Крім того, посуха спричиняє осипання зав'язі та зниження товарності грон у подальшому [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку зі зміною кліматичних умов, посиленням і подовженням весняних та літніх посух великого значення для розвитку сталого виноградарства набуває збагачення районованих сортиментів сортами, стійкими до нестачі вологозабезпечення [3, 4]. Дослідження рівня посухостійкості на сучасному етапі можливе і з використанням фізіологічних та біохімічних маркерів [5–8]. Їх проводять у багатьох країнах світу для різних сільськогосподарських культур, зокрема й винограду. Виділено посухостійкі та солевитривалі сорти підщеп, що мають високий прояв механізмів посухостійкості [9]. Досліджували вплив посушливих умов вирощування на основні фізіологічні процеси виноградної рослини, зокрема фотосинтез [10]. Практично доведено негативний вплив нестачі вологозабезпечення на життєздатність і продуктивність виноградної рослини. Оптимальні показники для винограду — 400–600 мм опадів, рівномірно розподілених упродовж вегетаційного періоду. Періодичні зміни клімату і природні, спричинені антропогенним впливом, призводять до різкого коливання погодних умов — нерівномірності розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду та частішого настання посушливих періодів навесні та на початку літа. Тому потрібно досліджувати рівень посухостійкості нових генотипів винограду. Розроблено й успішно впроваджено системи зрошення, однак, це призведе до збільшення статті витрат.

Кількома поколіннями селекціонерів ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» («ІВіВ ім. В.Є. Таїрова») створювалися сорти винограду з використанням насичуючих схрещувань, зокрема й з високими адаптивними властивостями.

Результати досліджень рівня прояву фізіолого-біохімічних механізмів, що визначають посухостійкість сорту винограду, дадуть

можливість успішно вирощувати посухостійкі сорти за екстенсивної технології, що знизить собівартість продукції; використовувати сорти з комплексом адаптивних властивостей, у тому числі й посухостійких як «страховий фонд» господарств завдяки стабільній урожайності; поповнити базу даних сортів-донорів для використання в подальшому селекційному процесі на комплексну адаптивність, а також поповнити регіональні сортименти високоцінними сортами для забезпечення розвитку сталого виноградарства.

Мета досліджень — для забезпечення сталого виноградарства України виділити стійкі до нестачі вологозабезпечення сорти та форми винограду нової селекції з використанням фізіолого-біохімічних маркерів посухостійкості.

Матеріали та методи досліджень. Одним із непрямих показників стійкості рослини до нестачі вологозабезпечення може бути водоутримувальна здатність — уміст колоїдно зв'язаної води в тканинах листка.

Проби відбирають упродовж вегетаційного періоду в критичні для рослини періоди, коли збої в перебігу основних фізіолого-біохімічних процесів впливають на отримання врожаю, його якість та нормальне збереження вічок у період перезимівлі.

Однією із захисних реакцій виноградної рослини на недостатню вологозабезпеченість є здатність утримувати за рахунок осмотичних сил і підвищення гідрофільності біоколоїдів частину води, що міститься в тканинах. Вплив посухи спричиняє зниження транспірації та значне підвищення водоутримувальної здатності тканин.

Дослідження активності ферменту пероксидази провели в лабораторії біохімії та фізіології рослин Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насінництва та сортовивчення.

Досліди проведено в 2017 та 2019 рр., вегетаційні періоди яких характеризувалися нестачею вологозабезпечення, та в 2018 р. з близьким до норми вологозабезпеченням.

Матеріалом були 12 столових і технічних сортів винограду нового покоління селекції ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», які порівнювали з 6-ма контрольними поширеними сортами різного генетичного та географічного походження.

Результати досліджень. Досліджено вміст різних фракцій води в тканинах листків у різні фази вегетації — інтенсивний ріст пагонів, ріст і дозрівання ягід та завершення вегетаційного періоду.

У 2017 р., коли вегетація винограду розпочалася в посушливих умовах, на фоні слабкої вологозарядки в осінньо-зимовий період 2016—2017 р. відзначено стресову реакцію більшості столових сортів і форм дослідної групи (рис. 1).

Так, уміст колоїдної води (40,6–57,9%) у сортів Аркадія, Восторг, Оригінал, Персей, а також форм Таїрян та Калісто перевищував уміст вільної води (25–34%). Чутливість форм до нестачі вологи, як і контрольного сорту Восторг, можна пояснити значним умістом у розрахунковій генетичній формулі генів непоміряного виду *Vitis amurensis*.

Погодні умови початку вегетації в 2018 р. були на рівні багаторічних даних, переважна більшість сортів і форм не проявила значної стресової реакції — уміст зв'язаної води не перевищував уміст її вільної фракції. Стрессова реакція — підвищення вмісту зв'язаної води — спостерігалася у форм Калісто та Фонтан (37,0–41,9%).

Період інтенсивного росту пагонів (травень–червень) 2019 р. був сприятливим

для виноградної рослини, про що свідчить високий уміст вільної фракції води в листках більшості сортів і форм дослідної групи — 54,2–66,7% від загальної маси листків. Незначну стресову реакцію відзначено в сорту Одісей та форми Калісто — 27,6 та 29% міцно зв'язаної фракції води, однак, значний уміст вільної води (41,4 та 41,9% відповідно) свідчить про нормальний перебіг фізіолого-біохімічних реакцій у тканинах.

Одним із найважливіших в економічному плані є період формування та досягання ягід винограду (рис. 2).

Адже нестача вологи в липні–серпні негативно позначається на величині ягоди та грона, формуванні смако-ароматичного профілю і товарності врожаю. Дослідження вологоутримувальної здатності сортів і форм підтверджує їх різну реакцію на стресові умови, а саме: перехід 25–33% води в зв'язаний стан був у 2017 р. у форм Калісто та Фонтан, у 2018 р. — у сортів Одісей та контролю Восторг. В інших форм спостерігався значний уміст вільної фракції води і в посушливому 2017 і 2018 рр. — 44–60%.

Посушливе літо 2019 р. позначилося на вмісті та фракційному складі води в тканинах листків. Відбирали матеріал після

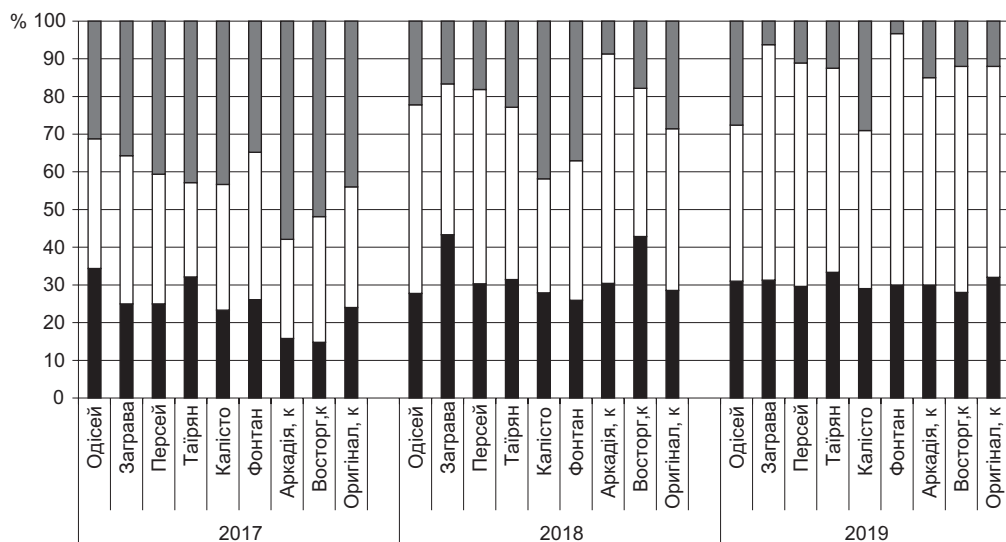


Рис. 1. Уміст різних фракцій води в тканинах листків столових сортів і форм у період інтенсивного росту пагонів (2017–2019 рр.): ■ — уміст сухої речовини; □ — уміст вільної води; ▒ — уміст міцно зв'язаної води, % (для рис. 1, 2, 4–6, 8)

тривалого посушливого періоду з високими температурами.

Майже всі дослідні сорти та форми проявили стресові реакції. Спостерігалось значне зменшення вмісту вільної води та збільшення сухої маси і зв'язаної води в тканинах листків. На кущах винограду сорту Персей спостерігали втрату тургору листками та зменшення розміру ягоди. Саме тому для цього сорту рекомендовано вирощування зі штучним зрошуванням у критичні періоди вегетації.

Непосухостійкий сорт Восторг також проявив реакцію на нестачу вологи осипанням зав'язі, зменшенням розміру ягоди та товарності грон. Форми Заграва, Таїрян, Фонтан та контрольний сорт Оригінал, хоч і проявили реакцію на стресові умови, однак, на основні показники продуктивності це істотно не вплинуло — їх урожайність у 2019 р. була нижчою за багаторічні дані, але не меншою за економічно виправданий рівень у 10 т.

Проведене дослідження активності біохімічного маркера стресу — ферменту пероксидази — підтверджує високу стійкість до стресових умов сортів та форм Одісей, Таїрян та Фонтан. Активність пероксидази в них не перевищувала 2 од. активності/міліграм білка (рис. 3). Деякі більшими реакціями на стресор відзначилися сорти Заграва, Восторг, Оригінал, Аркадія та

форма Калісто, однак, на основних функціях життєздатності нестача посухостійкості в 2017 та 2019 рр. не позначилася.

Значну реакцію на екстремальні посушливі умови відзначено у сорту Персей — 7,2–10,4 од. акт./мг білка. У рік із нормальним вологозабезпеченням активність біохімічного маркера стресу не перевищувала 3,5 од. акт./мг білка.

Третім етапом відбору проб став період завершення вегетації. Він показує рівень стресу, за якого рослини входять у період спокою. Спостерігалось зменшення фракції вільної води та збільшення зв'язаної її частки в тканинах листків більшості столових сортів і форм. (рис. 4). Однак у 2018 р. відзначено значний уміст вільної води в листках сортів і форм Персей, Фонтан, Аркадія та Оригінал, що свідчить про незавершений період вегетації. Значна реакція на посушливі умови 2017 р. була в сортів і форм Калісто, Фонтан. У стресових умовах 2019 р. виявлено перехід значної частки води в тканинах листків у зв'язану фракцію — 31,3–42,9% та 20–34,5% вільної води.

Найбільшим умістом вільної води відзначалися середньопізній сорт Оригінал та пізні сорти Одісей і Заграва. У групі технічних сортів і форм також спостерігалися стресові реакції різної інтенсивності на нестачу вологи. Посушливий початок

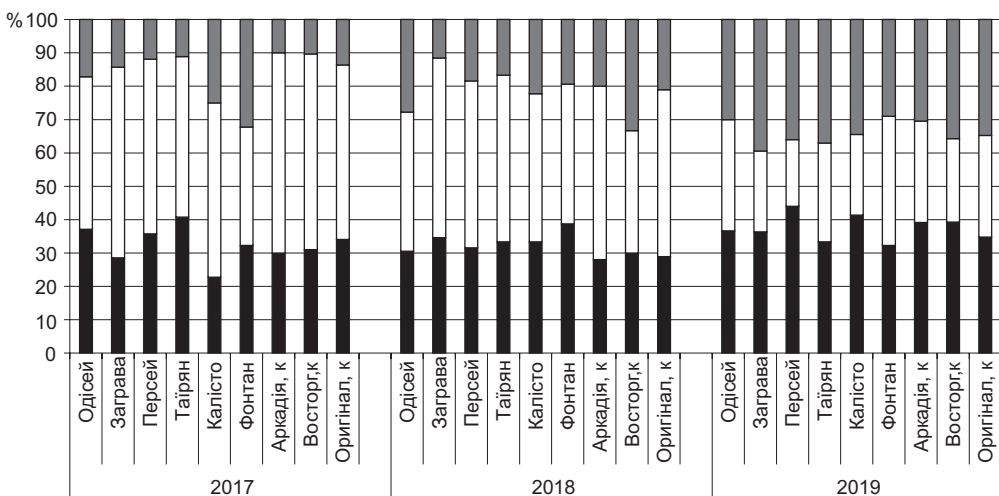


Рис. 2. Уміст різних фракцій води в тканинах листків столових сортів і форм у період формування та досягання ягід (2017–2019 рр.)

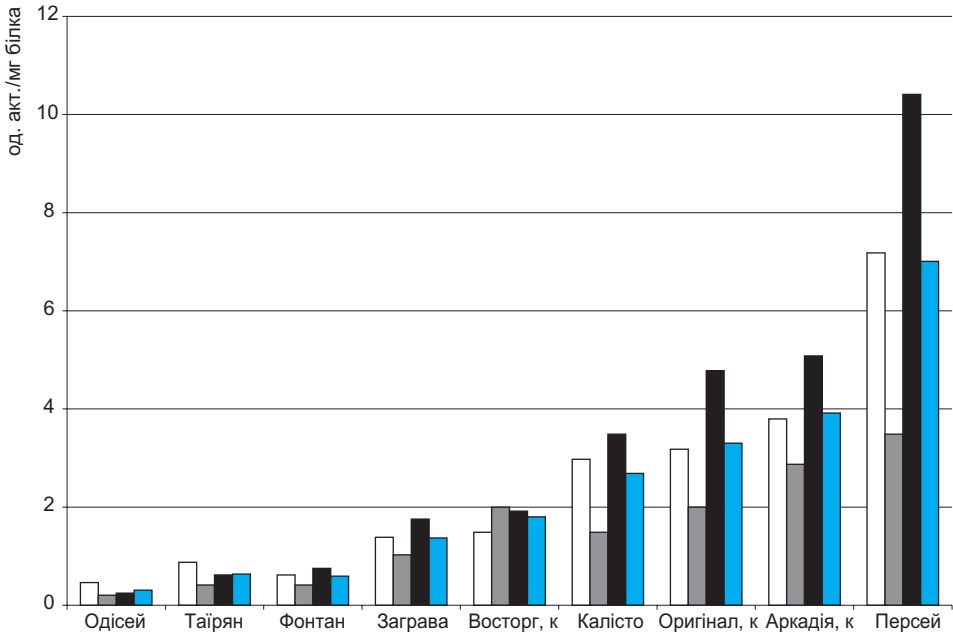


Рис. 3. Активність ферменту пероксидази в тканинах листків столових сортів і форм у період формування та достигання ягід столових сортів (2017–2019 рр.): – 2017 р.; – 2018 р.; – 2019 р.; – 2017–2019 рр. (для рис. 3, 7)

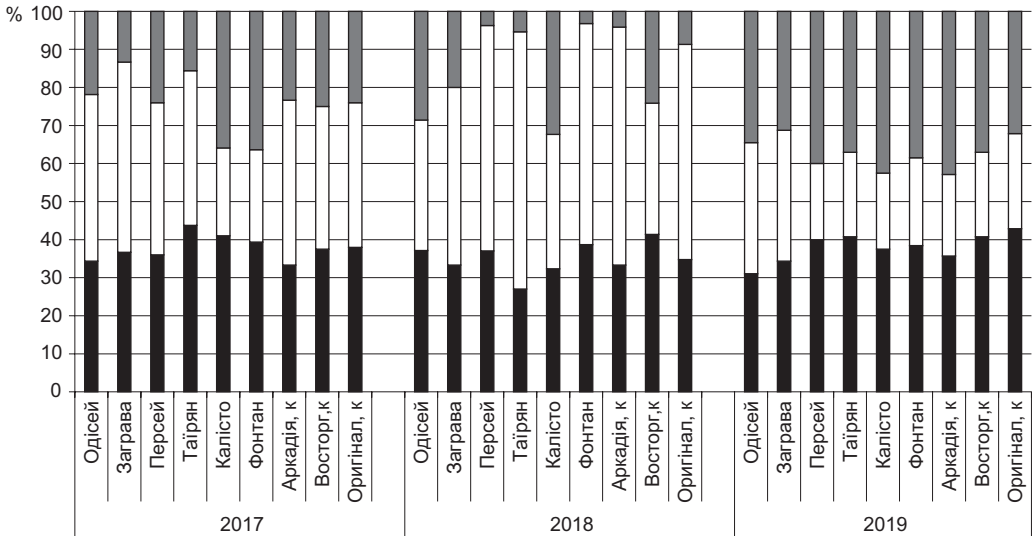


Рис. 4. Уміст різних фракцій води в тканинах листків столових сортів і форм у період завершення вегетації (2017–2019 рр.)

вегетаційного періоду 2017 р. спричинив зв'язування 44,4–68% води, що містилася в тканинах листків, біологідами цитоплазми. Відповідно вільної води залишилося

18–38,9%. За даними досліджень вологоутримувальної здатності, в 2018 р. з нормальним вологозабезпеченням у період інтенсивного росту пагонів вільної води

в тканинах листків більшості технічних сортів і форм було 40–55%, міцно зв'язаної — 10–31%. Початок вегетаційного періоду 2019 р. не був надто стресовим для виноградної рослини. Уміст вільної води в тканинах листків був на рівні 54–60%. Децю підвищений уміст зв'язаної води відзначено в тканинах листків сортів Одеський жемчуг та Загрей (29 та 25% відповідно) (рис. 5).

Тривала посуха 2017 р. позначилася на водоутримувальній здатності тканин листків технічних сортів і форм — 22–45,8% зв'язаної води. Уміст вільної води, який становив 33,3–54,5%, свідчить про нормальний перебіг усіх фізіологічних процесів у рослині. Нерівномірність розподілу опадів упродовж вегетаційного періоду 2018 р. також позначилася стресовою реакцією, зокрема зв'язуванням 20–43,8% води, відповідно 31–40% води залишилося у вільному стані. У посушливому 2019 р. значна реакція на стрес була в усіх сортів і форм — 32,1–50% води в тканинах листків було в зв'язаному стані. За рівнем водоутримувальної здатності тканин листків вирізнялися сорти та форми Ароматний, Загрей, Ярило, Ідилія мускатна та Мускат одеський (рис. 6).

У найспекотніші місяці літа (липень–серпень) 2017–2019 рр. було досліджено активність пероксидази як маркера стресових реакцій рослини та виявлено коливання активності в середньому за 3 роки 0,2–4 од. Майже не спостерігалось стресових реакцій у сортів і форм Ідилія мускатна, Загрей, Мускат одеський, Ароматний та контрольного сорту Аліготе. Децю більше реагували сорти та форми Ярило, Селена та Одеський жемчуг — у середньому за 3 роки досліджень виявлено 1–1,8 од. активності ферменту пероксидази на міліграм білка. Найвищі стресові реакції в них спостерігалися в посушливих 2017 та 2019 рр. — 1,5–2,6 од. активності. Слід зазначити, що на основні господарські показники посушливі умови не вплинули, урожай (крім форми Селена в 2017 р.) був у межах економічно виправданого рівня. Щороку найвища активність пероксидази була в сорту Каберне Совіньйон — 3,1–4,7 од. акт./мг білка (рис. 7). Можливо, має місце прояв стресової реакції на ураження патогенами нестійкого сорту європейського походження. Відзначено негативний вплив посушливих умов на рівень урожайності контрольного сорту Каберне Совіньйон.

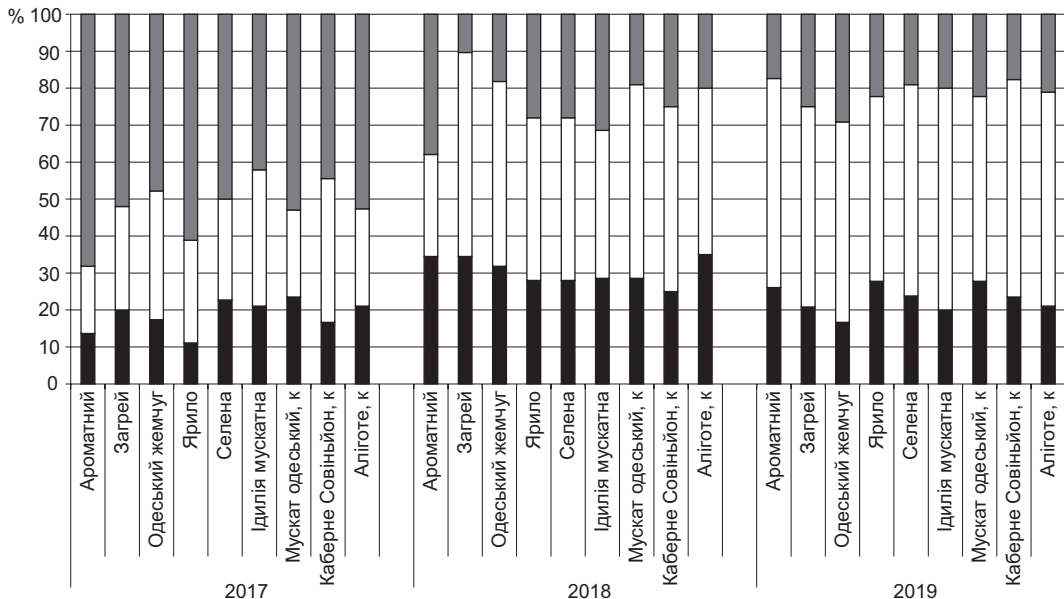


Рис. 5. Уміст різних фракцій води в тканинах листків технічних сортів і форм у період інтенсивного росту пагонів (2017–2019 рр.)

У посушливих умовах 2017 р. після збирання врожаю було 33–43% зв'язаної води в тканинах листків технічних сортів і форм. За рівнем вологоутримувальної здатності вирізнялися сорти та форми Ароматний,

Ярило, Загрей та Мускат одеський, у тканинах їх листків містилося 39,1–42,9% зв'язаної води. В умовах 2018 р. у сортів Мускат одеський, Загрей та Ароматний відзначено 37,9–43,5% колоїдної води. Тривала посуха

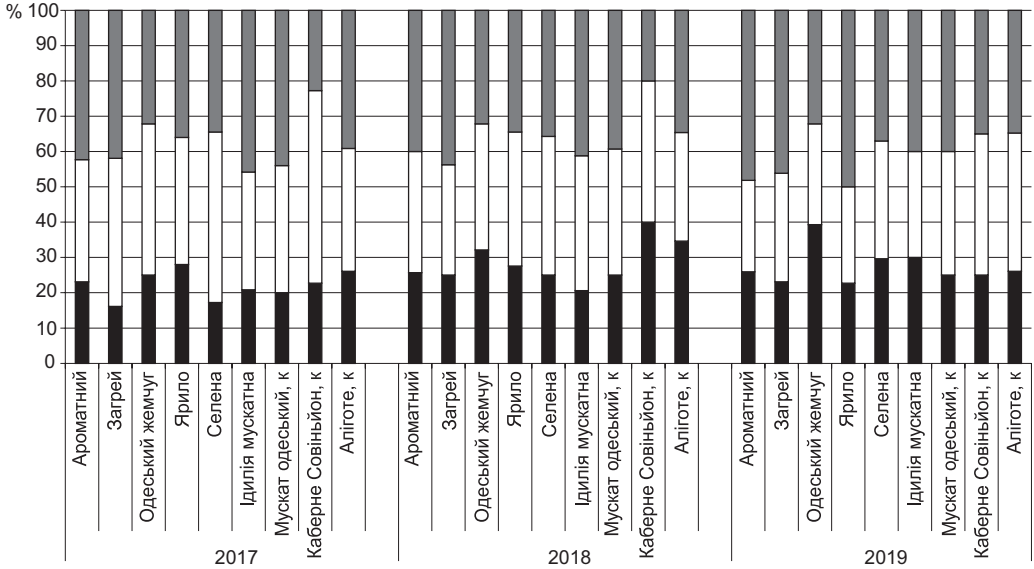


Рис. 6. Уміст різних фракцій води в тканинах листків технічних сортів і форм у період формування та досягання ягід (2017–2019 рр.)

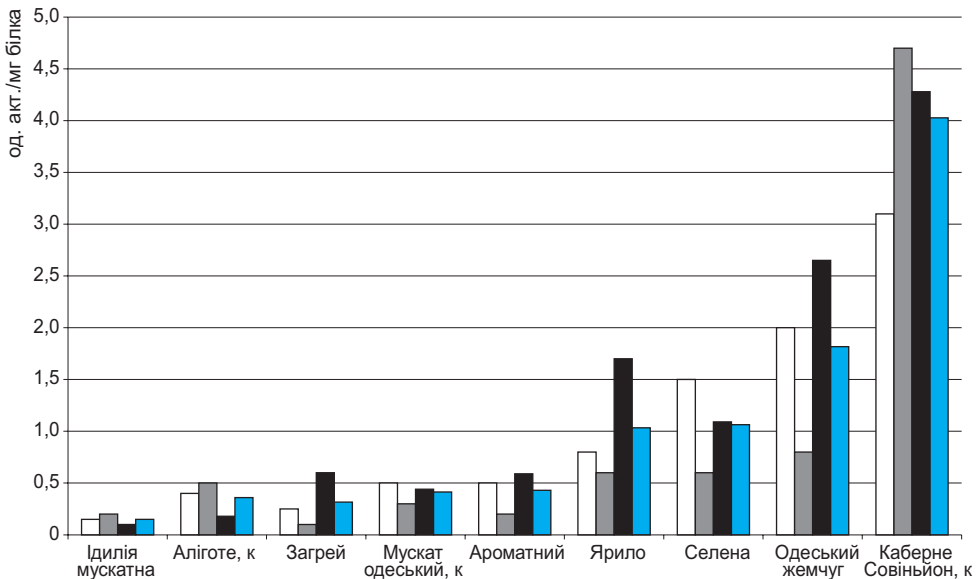


Рис. 7. Активність ферменту пероксидази в тканинах листків технічних сортів і форм у період формування та досягання ягід технічних сортів (2017–2019 рр.)

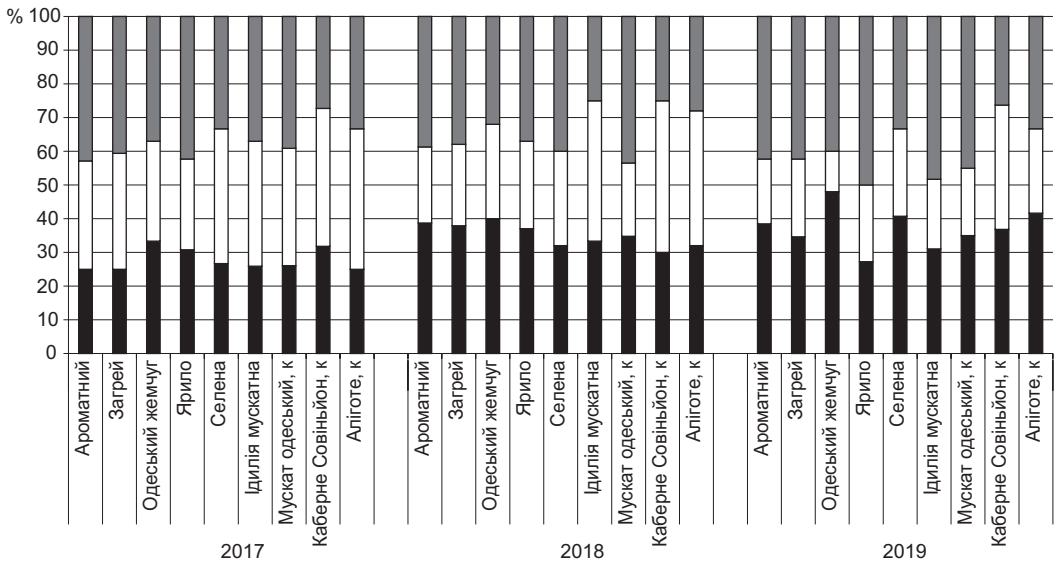


Рис. 8. Уміст різних фракцій води в тканинах листків технічних сортів і форм у період завершення вегетації (2017–2019 рр.)

2019 р. призвела до значного (25,9–12%) зменшення вмісту вільної фракції води в тканинах листків. Виявлено 26,3–50%

зв'язаної фракції. Високий уміст вільної води — 36,8% був у пізньостиглого сорту Каберне Совіньйон (рис. 8).

Висновки

Результати досліджень водоутримувальної здатності листків столових і технічних сортів та форм свідчать про їх різний рівень стійкості до нестачі вологозабезпечення. Так, у сорту Персей відзначено втрату тургору листків та зменшення прояву показника «вага ягід» у посушливих умовах 2019 р. Тому ми рекомендуємо в екстремальні за рівнем вологозабезпечення роки зрощувати насадження цього сорту в критичні періоди вегетації — цвітіння, формування ягід та їх дозрівання. В інших

сортів і форм таких значних реакцій не спостерігалось, посуха не впливала на їхню продуктивність та якість продукції.

Вирізнялися столові сорти та форми Одисей, Таїрян, Фонтан та Заграва, а серед групи технічних високий рівень екологічної пластичності мали сорти та форми Загрей, Ароматний, Ярило, Ідилія мускатна. Перспективність цих генотипів підтверджена низькою активністю маркера стресових реакцій рослини — ферменту пероксидази.

Kovaliova I.¹, Muliukina N.², Herus L.³, Saliy O.⁴, Fedorenko M.⁵

NSC «V. Ye. Tairov Institute of viticulture and wine industry», 40-richchia Peremohy Str., vil. Tairove, Odesa oblast, 65496, Ukraine; e-mail: ¹ikovalova@ukr.net, ²tairmna2005@ukr.net, ³lg0377_77@ukr.net, ⁴helena_saliy@ukr.net, ⁵marinatairovo@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-1117-9750, ²0000-0002-5935-6015, ³0000-0001-8154-4795, ⁴0000-0002-3658-8315, ⁵0000-0001-8477-8490

Physiological and biochemical markers of drought resistance of varieties and forms of grapes

Goal. To ensure sustainable viticulture of Ukraine through the allocation of resistant to lack of moisture supply varieties and forms of the new selection of grapes using physiological and biochemical markers of drought resistance. **Methods.** Physiological — to determine the content of different fractions of water in the tissues of the leaves; biochemical — to

determine the enzyme of peroxidase activity in leaf tissues in the critical phase of the growing season for the grape plant to fix the level of stress reactions. **Results.** Out of 20 varieties and forms of the table and technical grapes, different levels of manifestation of physiological and biochemical markers of drought resistance were fixed. The most pronounced stress reaction up to the loss of turgor leaves was observed in the arid conditions of 2019 in the variety Persei. The least pronounced reaction to the lack of moisture was in table varieties and forms of Odisei, Tairian, Fontan, and Zahrava, from the group technical the high level of ecological plasticity, confirmed varieties and forms of Zahrei,

Aromatnyi, Yarylo, and Idyliya muskatna. The prospects of these genotypes are confirmed by the low activity of the marker of stress reactions of the plant enzyme peroxidase in arid years (2017 and 2019). **Conclusions.** Varieties and forms of grapes selected by markers of drought resistance can be successfully grown by extensive technology. For the variety Persei (if necessary) it is recommended to use intensive technology, in particular, artificial irrigation in critical periods of the growing season — flowering, ripening berries, and the end of the growing season.

Key words: stress conditions, moisture supply, plant reaction, bound water, peroxidase.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202206-02>

Бібліографія

1. Сергеев А.М., Сергеева К.Л., Мельников В.К. Морфо-физиологическая периодичность и зимостойкость древесных растений. Уфа: Филиал АН СССР, 1961. 221 с.
2. Андреева В.А. Фермент пероксидаза: участие в защитном механизме растений. Москва: Наука, 1988. 128 с.
3. Fahad S., Bajwa A.A., Nazir U. et al. Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options. *Front Plant Sci.* 2017. 8: 1147. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01147/full>
4. Lovisolo C., Perrone I., Carra A. et al. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis spp.*) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. *Functional Plant Biology.* 2010. № 37(2). P. 98–116.
5. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Жасмоновая кислота у растений: синтез, сигналинг и физиологические эффекты при стрессах. *Вісник Харківського національного аграрного університету.* Серія: Біологія. 2010. Вип. 1. С. 21–33.
6. Джанмирзаева М.М., Абилова Г.А. Роль салициловой кислоты в устойчивости проростков огурца к гипотермии. *Вестник Дагестанского государственного университета.* Серия 1: Естественные науки. 2016. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-salitsilovoy-kisloty-v-ustoychivosti-prorostkov-ogurtsa-k-gipotermii>
7. Hauser F., Li Z., Waadt R., Schroeder J.I. SnapShot: abscisic acid signaling. *Cell.* 2017. Is. 171(7). P. 1708.
8. Ankush Ashok S., Kundan K., Padmanabh D. Mechanism of ABA signaling in response to abiotic stress in plants. In: Pandey GK, editor. *Mechanism of Plant Hormone Signaling under Stress.* 2017. 1104 p.
9. Heinitz C.C., Fort K., Walker M.A. Developing drought and salt resistant grape rootstocks. In: International Society for Horticultural Science (ISHS). Belgium: Leuven. 2015. P. 305–312.
10. Chaves M.M., Flexas J., Pinheiro C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Ann Bot.* 2009. 103. P. 551–560.