

## TECHNICAL EFFICIENCY OF THE USE OF BIOLOGICAL PRODUCTS AGAINST THE MAIN STRAWBERRY (*FRAGARIA ANANASSA* L.) DISEASES

**A.A. TONKONOZHENKO, I.V. SHEVCHUK, S.I. GRADCHENKO, PhDs  
O.F. DENYSIUK**, Leading Engineer

Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine, 03027, Kyiv-27, 23, Sadova st.

e-mail: sad-institut@ukr.net

*The dominant and most common diseases in the right-bank part of the western Forest-Steppe of Ukraine in strawberry plantations are white and brown leaf spot and damage to berries by gray rot. Observations of the spread and development of diseases showed that the first signs of white and brown leaf spot of strawberries appear at the beginning of the third decade of May.*

*Given the significant drought in the spring-summer period during the active vegetation of plants, the development of the main diseases was moderate, reaching a maximum level in the third decade of July: brown spot - 3.9 % (with leaf damage of 13.5 %), white spot - 2.5 (damage - 13.1 %), the development of gray rot on berries reached 7.3 %.*

*The use of biofungicides had a significant positive effect on suppressing the development of brown spot. The development of the disease on strawberry leaves decreased by 2-3 times compared to the control variant with a technical efficiency of 56-83 %. More effective for protecting strawberry plantations were the drugs Serenade ASO KS, Gliokladin BT - their technical efficiency was at the level of 81 and 83 %, respectively. Significant inhibition of the development of white spot in strawberry plantations was observed when using the biofungicides Gliokladin BT, Fluorescin BT, Serenade ASO KS in the experiment. The development of the disease in the specified variants was 2.5 times lower than in the control variant. The technical efficiency of the biological preparations Gliokladin BT, Fluorescin BT, Serenade ASO KS was 61, 58 and 63 %, respectively.*

*The damage to berries by gray rot in the study of biological preparations in strawberry plantations was insignificant and ranged in the experimental variants from 0.7 to 2.7 %, while in the control this indicator reached 7.3 %. Comparatively higher technical efficiency was noted when using the preparations Serenade ASO KS (82 %) and Fluorescin BT (91 %).*

**Key words:** garden strawberry, white spot, brown spot, gray rot, biological preparations, diseases, technical efficiency.

Одержано редколегією 25.08.2024

DOI: 10.35205/0558-1125-2024-79-139-144

УДК 634.71:578:632.3

## ВПЛИВ ВІРУСУ КУЩИСТОЇ КАРЛИКОВОСТІ МАЛИНИ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ РОСЛИН МАЛИНИ (*RUBUS IDAEUS* L.)

**I.A. РЯБА**, мол. науковий співробітник

**К.М. УДОВИЧЕНКО**, кандидат біол. наук

Інститут садівництва (ІС) НААН України, 03027, Київ-27, вул. Садова, 23,

e-mail: orpanasenko.irina@ukr.net

*Представлено результати досліджень, які проводили лабораторно-польовим методом для визначення водоутримувальної здатності та водного дефіциту трьох ремонтантних сортів малини: Джозан Джей, Брусвяна та Зюгана за інфікування вірусом кущистої карликовості*

малини (ВККМ). В результаті експерименту встановлено, що водоутримувальна здатність рослин сорту Брусвяна була найнижчою, оскільки за 24 години в'янення показник втрати води в інфікованих зразках сягав  $61,1 \pm 1$  %. Водночас найбільші втрати води у порівнянні зі здоровим контролем (на 35,6 % більше) та водний дефіцит (14,5 %) спостерігали у сорту Джоан Джей.

**Ключові слова:** вірусна інфекція, водний дефіцит, водоутримувальна здатність, стрес, *Rubus idaeus* L.

Малина (*Rubus idaeus* L.) є цінною ягідною культурою, що широко вирощується у багатьох країнах світу. За даними Державної служби статистики України, загальна площа насаджень малини у 2023 році становила 5,6 тис. га, що складає близько 28,9 % від загальної площі всіх ягідних культур. Валове виробництво цієї ягоди в сезоні 2023 р. досягло 60-65 тис. т [1].

Протягом своєї еволюції рослини виробили специфічні механізми, що дозволяють їм адаптуватися та виживати в умовах різноманітних викликів навколишнього середовища [2]. Вплив абіотичних стресів (нестача води, висока інтенсивність світла, екстремальні температури) може бути посилений за рахунок таких біотичних чинників, як вірусні, бактеріальні та грибні інфекції. Це спричиняє порушення метаболізму рослин, що, в свою чергу, може негативно вплинути на їх продуктивність. Одним із поширених механізмів захисту від посухи та заморозків у рослин є накопичення органічних метаболітів та антиоксидантів [3].

Серед ключових факторів, що впливають на продуктивність рослин та якість плодів, є інфікування вірусами. Вони здатні викликати значні зміни у фізіологічних процесах, зокрема порушення водного режиму, що критично важливо для стійкості рослин до стресових умов [4]. Дослідження показують, що взаємодія між рослинними вірусами та стійкістю до посухи є складною. Вірусні інфекції можуть як підвищувати, так і знижувати здатність рослин витримувати умови посухи. Рослини, інфіковані вірусом огіркової мозаїки (ВОМ) та вірусом мозаїки бромуса (ВМБ), демонстрували затримку початку симптомів посухи. Це покращення стійкості було пов'язане зі збільшенням рівнів осмозахисних речовин та антиоксидантів у інфікованих зразках [5]. Показано, що віруси, які еволюціонували в умовах сильної посухи, можуть надавати підвищену стійкість до посухи своїм рослинам-хазяїнам. Ступінь цього ефекту варіюється в залежності від виду рослини та конкретного вірусу [6]. У свою чергу, інші дослідження вказують на те, що вірусні інфекції можуть знижувати водний потенціал листя, що веде до зменшення стійкості до посухи [7, 8]. Наприклад, рослини дині, які були інфіковані вірусами огіркової мозаїки та вірусом пожовтіння гарбузових, зазнавали стійкого зниження водного потенціалу листя та ряду інших показників [9]. Також відомо, що сильний водний дефіцит значно підвищував ефективність передавання вірусів мозаїки цвітної капусти та мозаїки турнепсу попелицями, при цьому підвищена швидкість передачі не пояснювалась збільшенням накопичення вірусу, що вказує на складний процес, викликаний посухою [10].

Одним із найбільш поширених вірусів малини в Україні є ВККМ [11]. Відомо, що ремонтантні сорти, які утворюють плоди на пагонах першого і другого року, частіше уражуються ВККМ. Це пояснюється додатковим етапом цвітіння і запліднення, а також ослабленням рослин через повторне плодоношення [11, 12]. Однак інформації про вплив інфікування ВККМ на стійкість рослин *R. idaeus* до абіотичних стресів, в тому числі до посухи, недостатньо. Тому метою даного дослідження було оцінити вплив ВККМ на водоутримувальну здатність та водний дефіцит трьох ремонтантних сортів малини: Джоан Джей, Брусвяна та Зюгана, які відрізняються за генетичними особливостями та адаптивними властивостями.

**Матеріали і методи.** Візуальне обстеження насаджень малини на наявність симптомів інфікування вірусами було проведено в насадженнях малини сортів Брусвяна, Зюгана і Джоан Джей, що знаходяться у Київській області. Відібрані візуально інфіковані та здорові зразки перевіряли методом ІФА з використанням тестових наборів LOEWE (Німеччина) та BIOREBA (Швейцарія) на наявність вірусів ВККМ, ВПЛМ, ВСЛЧ, ВМЯ, ВОМ, ВЛКПС, ВКМ, ВМР.

Дослідження водного режиму рослин проводили лабораторно-польовим методом, що включав вивчення показників водного дефіциту та водоутримувальної здатності листків малини [13]. Для аналізу брали рослини, вільні від вірусів (контрольні) та інфіковані ВККМ (за однакових умов вирощування).

Водоутримувальну здатність визначали методом «в'янення». Відбирали по 10 листків з трьох інфікованих та трьох здорових рослин. Листки з черешками досліджуваних рослин відразу після відбору занурювали місцем зрізу в розплавлений парафін, щоб запобігти втраті води через зріз. Далі проводили зважування в динаміці (через 2, 4, 6 та 24 години). Зменшення маси свідчило про втрату води у процесі випаровування за кожен інтервал часу. Показники виражали в відсотках у співвідношенні до початкового вмісту води у зразках.

Для визначення водного дефіциту відбирали листки (по 3-5 штук з трьох рослин з дворазовою повторністю), оновлювали зрізи черешків, зважували і поміщали в колбу з водою для насичення. Після 24 годин насичення черешки підсушували фільтрувальним папером і знову зважували. Водний дефіцит (у відсотках від загального вмісту води в стані повного насичення) визначали повторними зважуваннями листків та води до та після повного насичення водою.

Результати аналізували за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) із застосуванням тесту Тьюкі для порівняння середніх значень ( $p < 0,05$ ).

**Результати досліджень.** Для виявлення інфікування вірусами було проаналізовано 90 зразків малини (по 30 зразків кожного сорту) за допомогою ІФА. В результаті діагностики ВККМ виявили у всіх зразках із симптомами хлорозу листя (24 зразки) та симптомами розсіпчастості ягід (28 зразків). Крім того, ВККМ виявили у 18 зразках, зібраних із безсимптомних рослин. Ще 20 візуально здорових рослин виявились вільними від вірусів. Додатково встановлено, що всі зразки були вільними від інших протестованих вірусів (ВПЛМ, ВСЛЧ, ВМЯ, ВОМ, ВЛКПС, ВКМ, ВМР), що виключає їх можливий вплив на спостережувані симптоми.

Водоутримувальна здатність листків відображає ефективність механізмів, які підтримують клітинний тургор, мінімізують втрату води та забезпечують метаболічну активність у періоди обмеженої доступності вологи.

Нами було оцінено втрати води трьох сортів малини Брусвяна, Зюгана, Джоан Джей. Визначення зміни посухостійкості показало різницю між вільними від вірусів рослинами малини та рослинами інфікованими ВККМ (табл.1).

#### 1. Вплив вірусної інфекції на водоутримувальну здатність листків малини

| Сорт                             | Втрати води за експозиції, % |             |              |              |
|----------------------------------|------------------------------|-------------|--------------|--------------|
|                                  | 2 год.                       | 4 год.      | 6 год.       | 24 год.      |
| Брусвяна, здорові рослини (к.)   | 10,3±0,8 а                   | 19,7±0,6 а  | 24,8±0,85 а  | 47,8±0,3 а   |
| Брусвяна, інфіковані рослини     | 16,8±0,2 b                   | 33,8±0,5 b  | 42,2 ±0,35 b | 61,1±1 b     |
| Зюгана, здорові рослини (к.)     | 13,8±0,3 а                   | 17,9±0,45 а | 23,7±0,3 а   | 45±1,75 а    |
| Зюгана, інфіковані рослини       | 15±1,3 а                     | 26,6±1,3 b  | 32,1±1,15 b  | 58,4±1,25 b  |
| Джоан Джей, здорові рослини (к.) | 9,05±0,25 а                  | 14,8±0,2 а  | 18,7±0,5 а   | 32,75±0,55 а |
| Джоан Джей, інфіковані рослини   | 13,2±1,6 а                   | 23,2±3,8 а  | 31,6±0,95 b  | 44,4±2,35 а  |

Примітка: к. – контроль, різні букви після значень свідчать про істотну різницю при  $p=0,05$ .

Через 2 години експозиції втрати води у здорових рослин усіх сортів становили в середньому 11,05 %, тоді як у інфікованих рослин цей показник зріс до 15 %, що свідчить про підвищення втрат на 35,7 % у інфікованих ВККМ рослин. При цьому інфіковані рослини сорту Зюгана втратили лише на 8 % більше води у порівнянні зі здоровими. Вже при наступному вимірюванні втрат вологи після 4 годин експозиції у інфікованих рослин даний показник був на 48,6 % більше у порівнянні зі здоровими рослинами, тоді як для інфікованих рослин сортів Джоан Джей і Брусвяна втрати становили 56,7 і 71,5 %, відповідно.

На кінцевому етапі вимірювань через 24 години найбільші втрати води спостерігали у сорту Брусвяна, показники яких становили  $47,8 \pm 0,3$  % у здорових рослин і  $61,1 \pm 1$  % в інфікованих. Різниця ж між показниками здорових і інфікованих рослин всіх сортів скоротилася, втрати води інфікованими ВККМ рослинами були більшими на 27,8 % у сорту Брусвяна, 29,8 % у сорту Зюгана та 35,6 % у сорту Джоан Джей.

В умовах штучної посухи дефіцит води в листовому апараті рослин малини, інфікованих ВККМ, дещо підвищувався порівняно з вільними від вірусів рослин (рис. 1).

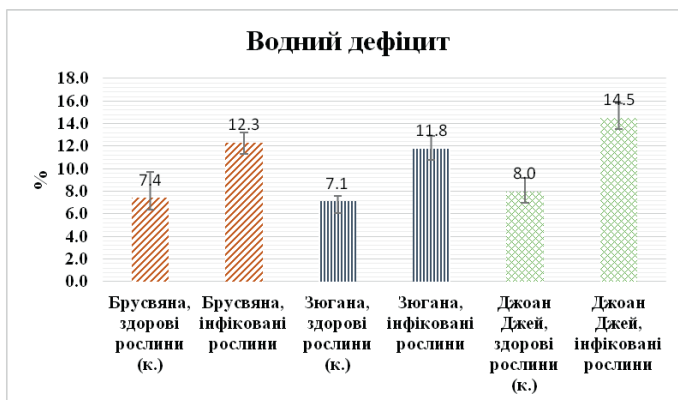


Рис. 1. Вплив вірусної інфекції на водний дефіцит листків малини

У здорових рослин сорту Брусвяна водний дефіцит становив 7,4 %, тоді як у інфікованих рослин цей показник зріс до 12,3 %. Такий результат свідчить про значний стрес, викликаний інфекцією, що вплинув на здатність рослин зберігати воду. Подібна тенденція спостерігалась і у сорту Зюгана, де у здорових рослин водний дефіцит складав 7 %, а в інфікованих – 11,8 %. Таким чином, водний дефіцит у інфікованих рослин цих сортів зростав на 66 %.

Але найбільше зростання водного дефіциту фіксували у сорту Джоан Джей, де він становив у інфікованих рослин 14,5 %, що на 81 % вище, ніж у контролі. Такі результати вказують на нижчий адаптивний потенціал рослин цього сорту до втрати вологи загалом та під впливом вірусної інфекції.

Отже, ми отримали ще одне свідчення, що віруси здатні викликати зміни у водному балансі рослин. Спостереження за посухостійкістю рослин є важливим у сільському господарстві, особливо за умов зміни клімату, коли посуха є головним обмежувальним фактором для врожайності [14]. Наші результати свідчать про збільшення водного дефіциту у рослин малини, інфікованих ВККМ, порівняно зі

здоровими рослинами, та не співпадають з раніше отриманими даними для вірусу шарки сливи, ВОМ і ВМБ [5, 9]. Аналіз літературних джерел вказує, що інфекція часто супроводжується посиленням лігніфікуванням клітинних стінок, що може знижувати проникність води до клітин та покращувати утримання вологи [15]. У нашому дослідженні підвищений дефіцит води у інфікованих рослин свідчив про порушення нормальної структури клітинних стінок, що послаблює їх захисні функції. Це може бути обумовлено супутніми змінами в метаболізмі, які знижують здатність рослин до адаптації та накопичення вологи. Таким чином, інфікування ВККМ посилює стрес, що відображається у збільшенні водного дефіциту, на відміну від описаних у літературі адаптивних реакцій рослин.

Вплив вірусів на стійкість рослин до посухи є багатогранним, і результати варіюються в залежності від конкретних взаємодій вірус-хазяїн та умов навколишнього середовища. Подальші дослідження необхідні для розкриття цих складних взаємозв'язків і застосування цих знань у сільськогосподарських практиках, спрямованих на підвищення стійкості культур до посухи.

**Висновки.** Показано, що вплив інфекції ВККМ на досліджувані показники був беззаперечним. Отримані дані свідчать, що інфіковані рослини всіх досліджуваних сортів малини продемонстрували вищий рівень водного дефіциту, а також зниження водоутримувальної здатності, порівняно зі здоровими рослинами. Таким чином, ВККМ погіршує здатність рослин малини адаптуватися до абіотичних стресів, таких як посуха, що може мати серйозні наслідки для продуктивності насаджень.

#### **Список використаної літератури**

1. Укрстат. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами по областях. 2022. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/archpvxureg.htm> (дата звернення: 15.06.2024).
2. Diaz I. Plant defense genes against biotic stresses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018. Vol. 19(8). P. 2446. DOI: 10.3390/ijms19082446
3. Rontein D., Basset G., Hanson A. D. Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metabolic engineering*. 2002. Vol. 4(1). P. 49-56. DOI: 10.1006/mben.2001.0208
4. Simeone A.M., Cappelini P., Yuanhu Z. Physiological modification caused by PPV in the leaves of peach and apricot tree. *Phytopathol. Mediterr*. 2000. Vol. 39(3). P. 447-450. DOI: 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-1584
5. Virus infection improves drought tolerance / P. Xu et al. *New Phytol*. 2008. Vol. 180(4). P. 911-921. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02627.x
6. Plant virus evolution under strong drought conditions results in a transition from parasitism to mutualism / R. González et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A*. 2021. 118(6). e2020990118. DOI: 10.1073/pnas.2020990118
7. Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress / N. Mayek-Pérez et al. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2002. Vol. 60(4). P. 185-195. DOI: 10.1006/pmpp.2001.0388
8. Prasch C. M., Sonnwald U. Simultaneous application of heat, drought, and virus to arabidopsis plants reveals significant shifts in signaling networks. *Plant Physiology*. 2013. Vol. 162(4). P. 1849-1866. DOI: 10.1104/pp.113.221044
9. Jiménez J., Sadras V. O., Espaillet N. Interplay between drought and plant viruses co-infecting melon plants. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. 15833. DOI: 10.1038/s41598-024-66344-y

10. Water deficit enhances the transmission of plant viruses by insect vectors / M. Munster et al. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(5). DOI: 10.1371/journal.pone.0174398
11. Віруси, що домінують в насадженнях кущових ягідних культур / Н.В. Трапідина та ін. *Садівництво*. 2013. № 67. С. 193-203.
12. Stahler M. M., Lawrence F. J., Martin R. R. Incidence of Raspberry bushy dwarf virus in breeding plots of red raspberry. *Hort Science*. 1995. Vol. 30(1). P. 113-114. DOI: 10.21273/hortsci.30.1.113
13. Кондратенко П. В., Бублик О. М. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ: Аграрна наука. 1996. 96 с.
14. Wollenweber B., Porter J. R., Lubberstedt T. Need for multidisciplinary research towards a second green revolution. *Current Opinion in Plant Biology*. 2005. Vol. 8. P. 337-341. DOI: 10.1016/j.pbi.2005.03.001
15. Matic S., Moine A., Chitarra W., Nerva L., D'Errico C., Pagliarani C., & Noris E. Tomato yellow leaf curl Sardinia virus increases drought tolerance of tomato / C. Sacco Botto et al. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24(3). P. 2893. DOI: 10.3390/ijms24032893

## INFLUENCE OF RASPBERRY BUSHY DWARF VIRUS ON THE DROUGHT RESISTANCE OF RASPBERRY (*RUBUS IDAEUS*L.) PLANTS

**I.A. RIABA**, Junior Research Worker

**K.M. UDOVYCHENKO**, PhD

Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine, 03027, Kyiv-27, 23, Sadova st.,

e-mail: opanasenko.irina@ukr.net

*Plants are often exposed to a combination of abiotic and biotic stresses, such as drought and viral infections, which can significantly influence their physiological processes. While the impact of viruses on plant resistance to abiotic stresses remains controversial, with reports of both enhancing and diminishing effects, the underlying mechanisms of drought tolerance, especially in raspberry plants, require further investigation. This study aimed to evaluate the water-holding capacity and water deficit in virus-free and Raspberry bushy dwarf virus (RBDV)-infected plants of three primocane raspberry cultivars: 'Joan J', 'Brusvjana', and 'Sugana'. The water-holding capacity of leaves significantly differed between healthy and RBDV-infected plants. After 24 hours of exposure, the average water loss was 41.85% for virus-free plants and 54.74% for infected plants. Compared to their healthy counterparts, water loss was higher in infected plants by 27.8%, 29.8%, and 35.6% for the cultivars 'Brusvjana', 'Sugana', and 'Joan J', respectively. Additionally, the water deficit increased by 66% in infected plants of 'Brusvjana' and 'Sugana', while in 'Joan J', it rose by 81%, highlighting this cultivar's lower adaptive potential to drought conditions. These findings suggest that RBDV infection aggravates drought-related stress in raspberry plants, disrupting water retention mechanisms and increasing water deficit. Such effects may be associated with structural and metabolic changes in the cell wall, impairing its protective functions. These results emphasize the need for further research into virus-induced alterations in drought responses, particularly under the context of climate change, where drought remains a critical factor limiting crop productivity.*

**Key words:** viral infection, water deficit, water-holding capacity, stress, *R. idaeus*

Одержано редколегією 20.11.2024