

УДК 634.8:631.527:004.9

## ПЛАТФОРМИ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОГО ФЕНОТИПУВАННЯ ВИНОГРАДУ

**Ковальова І.А.**, доктор с.-г.наук,  
**Мулюкіна Н.А.**, доктор с.-г.наук,  
**Герус Л.В.**, доктор с.-г.наук,  
**Калюжний О.**, аспірант

*Національний науковий центр «Інститут виноградарства і  
виноробства імені В.Є.Таїрова» НААН*

Виноград, як багаторічна рослина, має специфічні вимоги до високопродуктивного фенотипування, особливо в польових умовах для оцінки фенотипової мінливості таких ознак, як урожайність, сила росту, стійкість та інші (Herzog K., 2025) [1], Основними проблемами фенотипування у селекції винограду є велика кількість рослин для оцінки та складність оцінки ознак (Töpfer & Trapp, 2022) [2].

Ряд дослідників у польових умовах оцінювали такі показники, як кількість пагонів, характеристики грон, такі як кількість ягід або довжина грона (Liu et al., 2022; Rist et al., 2019)[3,4], ягоди (Zabawa et al., 2020) [5]. Такі ознаки, як структура крони та дозрівання деревини, також оцінюються у процесі селекції (Töpfer & Trapp, 2022)[2]. Для практичного використання в селекційних програмах найпростішим рішенням є використання платформ, які, з одного боку, орієнтовані на зображення, отримані за допомогою фототехніки, у деяких випадках навіть смартфонів. Такі платформи дозволяють аналізувати форму та колір об'єктів за зображеннями, з іншого боку, вони пропонують або широкий спектр вже навчених моделей для винограду, або використання авторських зображень для навчання моделі, залежно від потреби та можливостей дослідника чи виробника [6].

Високий рівень розвитку селекції винограду в Україні та обсяги матеріалу в селекційних програмах визначають актуальність застосування методів високопродуктивного фенотипування.

Метою роботи було виявлення оптимальних з точки зору вартості, швидкості та якості методів та інструментів високопродуктивного фенотипування для застосування у різноспрямованих програмах селекції винограду в Україні.

Було проведено вибір ознак винограду, оцінка яких вимагає багато часу (ступінь визрівання лози, щільність грона, врожайність та стійкість до грибних хвороб) і потребує скорочення витрат часу за допомогою високопродуктивного фенотипування. Оцінено особливості підготування зображень та можливості і складність виконання аналізу для таких спеціалізованих ШІ-платформ, як група платформ Веб та Мобайл (5

платформи – A-grape, Agrio, FruitScout, BioLeaf / Plantix, Leaf Doctor), програми аналізу зображень ( 2 програми - ImageJ/Fiji та Bio-Format) та відкриті репозиторії та моделі і спеціалізовані сервіси (2 – Grape Berry Detection - платформа Roboflow Universe – браузерний ШІ, PlantVillage (Database & AI)).

Виявлено низку платформ, які використовують фотозображення для аналізу зазначених показників з різним рівнем складності, від польового аналізу безпосередньо до завантаження зображень з подальшим аналізом та навіть (у більш складних випадках, наприклад, для оцінки не лише кольору, але й текстури визрілої лози) можливостями самостійного навчання обраної на платформі моделі.

Таблиця 1

Аналіз придатності спеціалізованих платформ із використанням ШІ для високопродуктивного фенотипування в селекції винограду

Назва та тип платформи	Цільова культура, ознака інтересу та об'єкт	Тип зображення та особливості аналізу і використання
A-Grape (в рамках FlexiGroBots). Спеціалізовані веб та мобайл платформи на основі ШІ	Виноград. Ягоди та гроно, врожайність	Фотографічні зображення. Використовує моделі сегментації (X-Decoder), щоб "відокремлювати" грона від фону та листя на фото. Вона вміє автоматично рахувати кількість видимих ягід та екстраполювати загальну вагу врожаю на підставі площі пікселів.
ImageJ/Fiji Програмне забезпечення	Біологічні об'єкти та їх складові	Безкоштовне програмне забезпечення. Точний науковий аналіз морфології та маси, змін кольору та форми. Функція Analyze Particles дозволяє завантажити фото грона з масштабною лінійкою в кадрі та автоматично підрахує кількість ягід та їх геометричні параметри
Grape Berry Detection (YOLOv8) - платформа Roboflow Universe – браузерний ШІ Відкриті репозиторії та моделі (більш просунуті)	Виноград, ягоди, грона	Безкоштовна платформа. Велика кількість навчених моделей для культури винограду. Авторські фото завантажуються до «Universe». Модель розміщує рамки навколо кожної ягоди та видає ітогове число. Є можливість переведення пік селів до міліметрів та грамів

Зроблено висновок щодо доцільності використання з метою здійснення високопродуктивного фенотипування в селекційних програмах винограду ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» (табл. 1) кількох інструментів, наприклад, для швидкої оцінки – A-grape, для збільшення різноманіття параметрів, що визначаються, та отримання числових даних у певних одиницях виміру – ImageJ/Fiji, за нескладністю алгоритму та можливістю навчання обраної моделі – Roboflow Universe.

### Список використаних джерел

1. 1.Katja Herzog, Anna Kicherer, Nagarjun Malagol, Oliver Trapp, Reinhard Töpfer. High-throughput phenotyping in grapevine breeding research: technologies and applications . *Oeno One*, 59 (3), 2025. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.3.8458>.
2. 2.Töpfer, R., Trapp, O. (2022). A cool climate perspective on grapevine breeding: climate change and sustainability are driving forces for changing varieties in a traditional market. *Theoretical and Applied Genetics*, 135, 3947–3960. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04077-0>.
3. 3.Liu, W., Wang, C., de Yan, Chen, W., Luo, L. (2022). Estimation of Characteristic Parameters of Grape Clusters Based on Point Cloud Data. *Frontiers in Plant Science*, 13, 885167. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.885167>.
4. 4.Rist, F., Gabriel, D., Mack, J., Steinhage, V., Töpfer, R., Herzog, K. (2019). Combination of an Automated 3D Field Phenotyping Workflow and Predictive Modelling for High Throughput and Non-Invasive Phenotyping of Grape Bunches. *Remote Sensing*, 11(24), 2953. <https://doi.org/10.3390/rs11242953>.
5. 5.Zabawa, L., Kicherer, A., Klingbeil, L., Töpfer, R., Kuhlmann, H., Roscher, R. (2020). Counting of grapevine berries in images via semantic segmentation using convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.002>.
6. Harzulaili S., Rosilawati M. A-Grape Care: An AI-Driven Web Platform for Intelligent Grape Farming and Disease Management. 2026. PolyCCSustAward Conf.Proc.2025 2026 p.214-222.