

## РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ДІЙСНО МОЖЛИВОЇ УРОЖАЙНОСТІ ВІНОГРАДНИКІВ

**А. ШТІРБУ**, доктор філософії

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

**НААН України**

*Розроблено та проведено оцінку достовірності моделі прогнозування дійсно можливої врожайності винограду на підставі параметрів технології вирощування, біологічної продуктивності сорту та доступних ресурсів середовища. Встановлено, що модель може використовуватись для розрахунку проектної врожайності під час складання проектно-кошторисної документації на створення виноградників.*

***Ключові слова:** виноград, агротехніка, продуктивність, середовище, прогноз, урожайність.*

**Постановка проблеми.** Врожайність є одним із ключових показників ефективності сільськогосподарського виробництва. Прогнозування дійсно можливої врожайності (ДМУ) дозволяє коригувати обсяги оборотних коштів, або оцінювати строки повернення капітальних вкладень за створення багаторічних насаджень. Розуміючи фактори, що впливають на врожай, такі як потенціал сорту та технології вирощування, а також доступні ресурси середовища, можна приймати зважені рішення відносно ризиків та стратегічного планування.

Нині для прогнозування ДМУ польових культур використовуються як традиційні методи – лінійна регресія та аналіз часових рядів історичних та/або наукових даних, так і новітні – штучний інтелект і машинне навчання. Останні можуть оброблювати значні обсяги даних з супутникових знімків, метеорологічні показники у режимі реального часу. Під час планування виробництва в галузі виноградарства актуальним залишається розроблення достовірних методів довгострокового прогнозування ДМУ. Зокрема створення виноградника на етапі проектування на підставі ДМУ встановлюється проектна урожайність та пов'язані з показником техніко-економічні розрахунки, в тому числі строк окупності та ефективності капітальних вкладень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рівень виробничої урожайності виноградників залежить як від фотосинтетичної потужності насаджень так і від біологічного потенціалу певного сорту, а також від факторів, що лімітують врожай. Нині в літературі накопичено великий обсяг даних про взаємозв'язок між виробничою урожайністю та площею листкової поверхні. Площа листкової поверхні – важливий фактор регулювання врожаю, що може бути лімітуючим для кількісних та/або якісних показників [1]. Дослідженнями [2] встановлено, що для вирощування одного кілограму врожаю винограду з цукристістю соку ягід

близько 20 % потрібно 2 м<sup>2</sup> загальної листкової поверхні. Водночас, у практиків [3] широке застосування у питаннях програмування врожаю шпалерно-рядових виноградників знайшов показник площі світлових листків (SFe). Так, оптимальним вважається 0,8–1,2 м<sup>2</sup> SFe/кг урожаю залежно від вимог до якості сировини для виробництва виноробної продукції.

В європейських виноградарських країнах діють особливі правила в цій галузі щодо виробництва виноробної продукції високої якості, в тому числі вин з найменуванням місця походження та охороною географічного зазначення. Зокрема, дозволяється виробництво зазначеної продукції при суворому дотриманні певних рівнів виробничої врожайності насаджень. Якщо на виноградниках європейських культурних сортів перевищений рівень оптимальної маси врожаю (за співвідношення SFe/маса врожаю менше ніж 1 м<sup>2</sup>/кг), то в такому випадку здійснюється регулювання його маси у спосіб видалення надлишкових невизрілих грон [4].

Виробнича урожайність виноградників залежить від біологічного потенціалу продуктивності сорту, який показує максимально можливу здатність рослини продукувати врожай. Так, в роботі [5] встановлено, що максимальна продуктивність нормально розвиненого однорічного пагону довжиною 140–160 см становить близько 40 г цукрів ягід грона. Такий рівень еквівалентно дорівнює близько 250 г сирі маси грона за цукристості ягід 18–20 % для технічних сортів та 300 г – для столових сортів з цукристістю 14–15 %. Зазначені рівні продуктивності характерні для сортів групи з дуже високою продуктивністю, в той час як для сортогрупи з дуже низькою продуктивністю значення зменшуються в 3,6 разів.

На рівні виробничої врожайності виноградників впливають умови середовища на відведених ділянках. Одні агроєкологічні показники знаходяться на рівні оптимальних значень, інші – можуть межувати з максимумами або мінімумами. Згідно закону Лібіха, якщо хоч один з екологічних факторів, що впливає на врожай, наближається до мінімальної величини, то, незважаючи на оптимальне значення інших, рівень урожайності буде залежати саме від рівня показника лімітуючого фактору.

**Мета дослідження** – розроблення й оцінка достовірності моделі прогнозування ДМУ насаджень винограду на підставі параметрів технології вирощування, біологічної продуктивності сорту та доступних ресурсів середовища.

**Методика досліджень.** Експериментальну частину досліджень проведено упродовж 2021–2023 років на базі виноградників ННЦ «ІВіВ імені В. Є. Таїрова» НААН, на території Таїровської ТГ Одеського району Одеської області (46°36' пн. ш.; 30°65' сх. д.). Дослідні ділянки закладені у 2013 році технічними сортами винограду нової селекції – Ароматний і Загрей за різних схем садіння кущів. Схема досліду: сорт (фактор А) Ароматний і Загрей; схема садіння (фактор В) 3 × 1,5 м, 2 × 1,25 м.

У процесі досліджень проводили агрометеорологічні спостереження та визначали значення виробничої урожайності [7], які порівнювали з даними

моделі прогнозування ДМУ виноградників. Розроблена модель прогнозування ДМУ заснована на кількісній оцінці впливу параметрів основних факторів: технологія, сорт та природні умови. Так, враховується потенціал фотосинтетичної продуктивності насаджень та відповідний рівень дійсно можливої врожайності щодо умов технології, а також коригувальні коефіцієнти на продуктивність сорту та фактор середовища, що лімітує врожай.

Розрахунок проводили за формулою:

$$\text{ДМУ} = Y_M \times K_C \times K_\Phi \quad (1)$$

де ДМУ – дійсно можлива врожайність виноградника, т/га;

$Y_M$  – можлива урожайність щодо умов технології, т/га;

$K_C$  – коефіцієнт продуктивності сорту;

$K_\Phi$  – коефіцієнт фактору, що лімітує врожай.

Показник  $Y_M$  визначається виходячи з рівняння: 1 м<sup>2</sup> площі світлових листків (SFe) виноградних насаджень еквівалентний 1 кг маси врожаю. Наприклад, за потенціалу фотосинтетичної потужності 1 га насаджень на рівні 10 000 м<sup>2</sup> SFe можлива врожайність щодо умов технології дорівнюватиме 10 т/га.

Показник SFe (м<sup>2</sup>/га) визначається за формулою [8]:

$$SFe = \frac{10^4}{E \times (1 - t) \times S} \quad (2)$$

де E – відстань між рядами, м;

t – просвіти в листковому пологу на метр погонний шпалерного ряду,

$$t = \frac{T}{D} \quad (3)$$

T – просвіти, см; D – 100 см;

S – зовнішня умовна площа проекції листкового пологу, м<sup>2</sup>;

$$S = 2 \times h + e \quad (4)$$

h – висота пологу, м; e – ширина пологу, м.

У випадках проектування нових шпалерно-рядових виноградників для визначення SFe приймаються середні значення площі листкового пологу ( $h \approx 1,3$  м;  $e \approx 0,5$  м;  $t \approx 0,9$ ).

Коефіцієнт  $K_C$  винограду визначається за рівнем біологічної продуктивності сорту. Для сорто-груп: низької продуктивності приймається коефіцієнт 0,6; середньої – 1,0; високої – 1,4; дуже високої – 1,8 (табл. 1).

**Табл. 1. Групування технічних сортів винограду за рівнем продукування сирі маси врожаю та відповідні їм коефіцієнти продуктивності ( $K_C$ )**

Сорто-група	Рівень продуктивності	Продукування сирі маси врожаю, г/пагін	$K_C$
I	дуже низький	$\leq 70$	0,4
II	низький	71–130	0,6
III	середній	131–190	1,0
IV	високий	191–250	1,4
V	дуже високий	251–310	1,8

*Примітка. Представлені дані літератури [5] та розрахункові значення.*

Коефіцієнт  $K_{\Phi}$  застосовується у випадках значного відхилення від оптимальних значень агроекологічних факторів середовища. Наприклад, на територіях обмеженого зволоження, в тому числі Півдня України, рівень виробничої урожайності здебільшого лімітується запасом доступної для рослин води. При цьому, оптимальна вологозабезпеченість для винограду прийнята на рівні 50 % від показника потенційної евапотранспірації (PET) [9]. Так, для території Півдня України середнє значення PET за період 2021–2023 рр. дорівнює 1269 мм/рік, а оптимальна вологозабезпеченість для винограду – 634 мм/рік. При фактичній середній нормі опадів 413 мм за зазначені роки,  $K_{\Phi}$  становитиме 0,7 з розрахунку: 413 мм/634 мм.

$K_{\Phi}$  може застосовуватись для інших факторів, оптимальні значення яких представлені у таблиці 2.

**Табл. 2. Градування основних факторів, що використовуються під час проектування нових виноградників**

Фактор	Одиниця виміру	Оптимальні значення
Запас гумусу	т/га	150–250
Вміст фізичної глини часток 0,01 мм	%	30–50
Вміст активного вапна для підщеп		
- P×P 101-14	%	≤ 7
- CO <sub>4</sub>	%	≤ 14
- Кобера 5ББ	%	≤ 17
pH водної витяжки	одиниць	6,5–7,5
Середній з абсолютних мінімумів температур повітря		
- морозостійкі гібридні сорти	°C	≤ -27
- відносно морозостійкі сорти	°C	≤ -22
- середньо-морозостійкі сорти	°C	≤ -17
Щільність ґрунту	г/см <sup>3</sup>	1–1,3
Вміст солей (загалом)	г/л	≤ 6
Вміст азоту за Тюриним та Кононою	мг/кг	50–60
Вміст фосфору за Мачигінім	мг/кг	35–50
Вміст калію за Мачигінім	мг/кг	350–450
Вміст марганцю	мг/кг	15–20
Вміст цинку	мг/кг	3–4
Вміст міді	мг/кг	0,3–0,4
Вміст кобальту	мг/кг	0,20–0,23
Вміст бору	мг/кг	0,5–0,6
Вміст молібдену	мг/кг	0,10–0,15

*Примітка. Представлені дані літератури [10].*

Розрахунок  $K_{\Phi}$  проводиться аналогічно, як для представленого вище фактору вологозабезпеченості території, а у випадках перевищення значень

чисельник та знаменник міняються місцями.

**Результати досліджень.** Встановлено, що показник виробничої врожайності винограду при зменшенні площі живлення кущів за одночасного збільшення щільності насаджень підвищується незалежно від року досліджень. Так, при еталонній щільності насаджень 2222 кущів/га середня врожайність сорту Ароматний дорівнює 7,7 т/га, сорту Загрей – 14,9 т/га. Збільшення щільності насаджень до 4 000 кущів/га підвищує врожайність на 32,5 % та 26,2 % відповідно сорту (табл. 3).

**Табл. 3. Вплив параметрів щільності насаджень винограду на виробничу врожайність сортів Ароматний та Загрей, т/га.**

Схема садіння кущів, м × м	Щільність насаджень, кущів/га	Урожайність за роками			Середня
Сорт Ароматний					
3 × 1,5	2222	4,6 ± 0,2	10,5 ± 0,8	8,1 ± 0,4	7,7 ± 2,4
2 × 1,25	4000	8,5 ± 0,4	10,7 ± 0,6	11,4 ± 0,6	10,2 ± 1,2
Сорт Загрей					
3 × 1,5	2222	13,5 ± 1,1	17,5 ± 1,3	13,6 ± 0,6	14,9 ± 1,9
2 × 1,25	4000	18,3 ± 1,5	20,7 ± 1,2	17,8 ± 0,8	18,8 ± 1,3

Примітка. Представлені середні значення, ± стандартне відхилення;  $НІР_{05AB} = 2,9$  т/га.

Можлива врожайність щодо умов технології вирощування винограду становить близько 10 т/га при схемі садіння 3 × 1,5 м та 14 т/га – 2 × 1,25 м незалежно від сорту. Такі рівні урожайності притаманні для більшості культурних сортів винограду *Vitis vinifera* L., для яких розроблено оптимальне співвідношення м<sup>2</sup> SFe/кг врожаю. За результатами дослідження до групи середньопродуктивних сортів відноситься також сорт Ароматний (табл. 4).

**Табл. 4. Розрахунок дійсно можливої урожайності (ДМУ) винограду на підставі даних можливої урожайності (У<sub>м</sub>), коефіцієнтів на продуктивність сорту (К<sub>с</sub>) та лімітуючого фактору (К<sub>ф</sub>)**

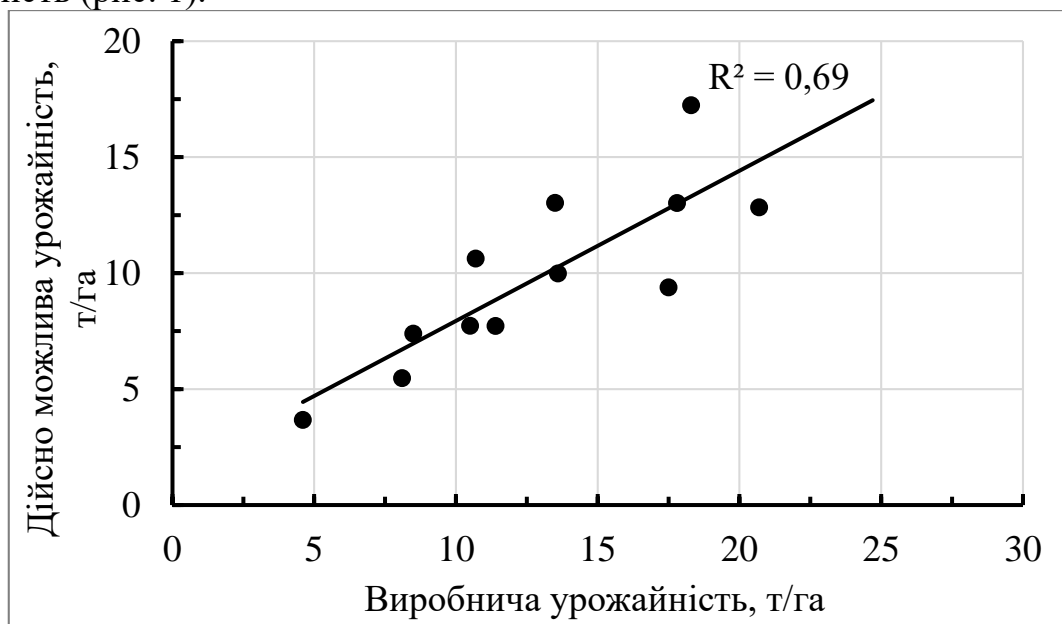
Схема садіння кущів, м × м	У <sub>м</sub> , т/га	К <sub>с</sub>	К <sub>ф</sub>	ДМУ, т/га
Сорт Ароматний				
3 × 1,5 м	10,3	1,0	0,7	7,2
2 × 1,25 м	14,3	1,0	0,7	10,0
Сорт Загрей				
3 × 1,5 м	10,2	1,8	0,7	12,9
2 × 1,25 м	13,7	1,8	0,7	17,2

Водночас, сорти групи дуже високої продуктивності, в наших умовах сорт Загрей, продукують масу врожаю у 1,8 разів більшу, порівняно з середньопродуктивними сортами. Сорто-групі високої продуктивності

відповідають підвищені показники плодоносності рослин і більша маса грон та ягід. Додатковий приріст урожаю може забезпечувати також підвищений рівень площі листової поверхні насаджень.

Окрім біологічної продуктивності рівень урожайності обмежує лімітуючий фактор, що діє незалежно від параметрів технології і сорту. Для умов Півдня України такий фактор – вологозабезпечення території. Наші розрахунки показують, що дефіцит ґрунтової вологи в умовах досліду дорівнює в середньому становить 30 %, виходячи з співвідношення 50 % суми опадів за рік від значень потенціальної евапотранспірації. При цьому приймається, що рівень максимального дефіциту від оптимальних градацій фактору середовища умовно відповідає рівню недобору врожаю. Представлені у таблиці 4 розрахункові дані показують, що у підсумку значення ДМУ для культури винограду без зрошення дорівнюють 7,2 т/га та 10,0 т/га при вирощуванні середньопродуктивного сорту Ароматний при схемі садіння кущів  $3 \times 1,5$  м і  $2 \times 1,25$  м, відповідно. При вирощуванні дуже високопродуктивного сорту Загрей цей показник може підвищуватися до рівня 10,9–17,2 т/га відповідно схемі садіння кущів.

Для визначення достовірності розрахункових даних необхідно уточнити залежність між ДМУ та виробничою урожайністю. Встановлено, що між даними моделі прогнозування ДМУ та значеннями виробничої урожайності виноградників спостерігається достатньо висока прямолінійна кореляційна залежність (рис. 1).



**Рис. 1. Залежність між даними моделі прогнозування дійсно можливої та значеннями виробничої урожайності виноградників.**

*Примітка. Представлені значення за період 2021–2023 років.*

Таким чином, збільшення фотосинтетичної потужності виноградника, культивування високопродуктивних сортів та/або зменшення дії лімітуючого фактору підвищують виробничу урожайність. Однак, кількісне відображення взаємозв'язку між даними ДМУ та значеннями виробничої урожайності необхідно уточнювати для певних природних умов, сортів або груп сортів,

близьких за біологічними та господарськими ознаками, а також з урахуванням параметрів технології вирощування винограду.

Поряд із своєю важливістю, довгострокове прогнозування ДМУ виноградників за розробленої моделі може стикатися з низкою проблем. Так, мінливість погодних умов, ураження рослин хворобами та шкідниками можуть істотно вплинути на виробничу врожайність винограду в окремо взятому році. Крім цього, складність агроценозу та чисельність факторів, що впливають на врожайність, потребують подальшого вдосконалення методу прогнозування. Достовірне прогнозування ДМУ повинно здійснюватися на підставі широкого спектру даних. Такі технології дистанційного зондування, як безпілотники та супутники можуть додавати цінну інформацію про стан насаджень винограду у режимі реального часу. Інтегруючи ці показники в розроблену модель прогнозування ДМУ виноградників можна буде створювати моделі з більш достовірними прогнозами.

**Висновки.** Розроблена модель прогнозування ДМУ виноградників на підставі даних параметрів технології вирощування, біологічної продуктивності сорту та доступних ресурсів середовища показує достатньо високу достовірність. Вона може використовуватись для розрахунку проектної урожайності під час складання проектно-кошторисної документації на створення виноградників.

#### **Література:**

1. Clingeffer P. R. Influence of canopy management systems on vine productivity and fruit composition. *Recent Advances in Grapevine Canopy Management*. Davis, 2009. P. 13–19.
2. Стоев К. Физиология винограда и основы его возделывания. Т. 1. София, 1981. 332 с.
3. Carbonneau A. Evolution of canopy management: from history to scientific modeling. *Recent Advances in Grapevine Canopy Management*. Davis, 2009. P. 27–40.
4. Ackermann F., Bador M., Galvin C. et al. Guide régional pour la plantation de la vigne. Toulouse: Groupe de travail Régional Midi-Pyrénées. 2002. 78 p.
5. Амирджанов А.Г. Методы оценки продуктивности виноградников с основами программирования урожая. Кишинев, 1992. 176 с.
6. Smith T. M., Smith R. L. Elements of Ecology. San Francisco, 2014. 704 p.
7. Методические рекомендации по агротехническим исследованиям в виноградарстве Украины / подгот. В. И. Иванченко и др. Ялта, 2004. 264 с.
8. Schneider C. Introduction a l'ecologie viticole. Application aux systemes de conduite. *Bulletin de OIV*. 1989. Vols. 701, 702. P. 498–515.
9. Torres N., Runze Yu., Martínez-Lüscher J. et al. Effects of Irrigation at Different Fractions of Crop Evapotranspiration on Water Productivity and Flavonoid Composition of Cabernet Sauvignon Grapevine. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.712622.
10. Земшман А. Я., Бондаренко С. Г., Гузун Н. И. та ін. Обобщенная экологическая оценка земель под виноградники. *Почва, климат, виноград*. 2000.

### References:

1. Clingeleffer, P. R. (2009). Influence of canopy management systems on vine productivity and fruit composition. *Recent Advances in Grapevine Canopy Management*, pp. 13–19.
2. Stoev, K. (1981). Physiology of grapes and the basics of its cultivation. V. 1. Sofia. 332 p.
3. Carbonneau, A. (2009). Evolution of canopy management: from history to scientific modeling. *Recent Advances in Grapevine Canopy Management*, pp. 27–40.
4. Ackermann, F., Bador, M., Galvin, C. et al. (2002). Guide régional pour la plantation de la vigne. Toulouse: Groupe de travail Régional Midi-Pyrénées. 78 p.
5. Amirjanov, A. G. (1992). Methods of assessing the productivity of vineyards with the basics of crop programming. Chisinau. 176 p.
6. Smith, T. M., Smith, R. L. (2014). Elements of Ecology. Pearson Education, San Francisco. 704 p.
7. Ivanchenko, V. I., Bejbulatov, M. R., Antipov, V. P. et al. (2004). Guidelines for agrotechnical research in viticulture of Ukraine. Yalta. 264 p.
8. Schneider, C. (1989). Introduction a l'ecologie viticole. Application aux systemes de conduite. *Bulletin de OIV*, v. 701-702, pp. 498–515.
9. Torres, N., Runze, Yu., Martínez-Lüscher, J. et al. (2021). Effects of Irrigation at Different Fractions of Crop Evapotranspiration on Water Productivity and Flavonoid Composition of Cabernet Sauvignon Grapevine. *Front. Plant Sci.*, no. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.712622.
10. Zemshman, A. Ya., Bondarenko, S. G., Guzun, N. I. et al. (2000). Generalized ecological assessment of lands for vineyards. *Soil, climate, grapes*, pp. 154–200.

### Annotation

#### **Shtirbu A.**

#### ***Development of a model for the prediction of potential yields in vineyards***

*The development of reliable methods for the long-term prediction of yield potential remains an important issue for production planning in the viticulture industry. The objective of the study was to develop and evaluate the reliability of a model for predicting the potential yield of grapevine plantations based on the parameters of cultivation technology, biological productivity of the variety and available environmental resources.*

*The experimental part of the research was carried out in 2021–2023 in the vineyards of the Tairov Institute of Viticulture and Oenology of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, in the Tairove village, Odesa district, Odesa region (46°36' N; 30°65' E). The experimental plots were planted in 2013 with wine grape varieties of new selection – Aromatniy and Zagrei – with different planting scheme parameters: 3 × 1.5 m (standard); 2 × 1.25 m. During the research, agro-meteorological observations were made and production yields were determined and compared with the data from the model for predicting the potential yield of vineyards.*

*The developed model for predicting potential yields is based on a quantitative assessment of the influence of parameters of the main factors: technology, variety, and environmental conditions. It takes into account the potential of photosynthetic*



*productivity of the plantations and the corresponding level of potential yield in relation to the conditions of technology, as well as correction factors for the productivity of the variety and the environmental factor limiting the yield. It has been established that the developed model for predicting the potential yield of vineyards based on the parameters of cultivation technology, biological productivity of the variety and available environmental resources shows a sufficiently high reliability. The model can be used to calculate design yield when preparing design specifications for vineyards.*

**Key words:** *grapes, technology, productivity, environment, prediction, yield.*

**УДК:** 631.527.581.143:633.14

**DOI:** 10.32782/2415-8240-2024-105-1-112-118

## **ОЦІНКА СТВОРЕНИХ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ ЖИТА ОЗИМОГО ЗА ОСНОВНИМИ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИМИ ОЗНАКАМИ**

**Я. С. РЯБОВОЛ**, доктор сільськогосподарських наук

**Л. О. РЯБОВОЛ**, доктор сільськогосподарських наук

**С. І. СЛІДЕНКО**, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

**Уманський національний університет садівництва**

*В статті викладено результати апробації створених інбредних ліній жита озимого, що отримано за гібридизації сортів, гібридів та інбредних ліній, які характеризуються загальною і специфічною комбінаційною здатністю, короткостебловістю, середньою озерненістю та щільністю колосу і масою 1000 зерен. Створений матеріал, доцільно використовувати донором генів окремих господарсько-цінних ознак і вихідним матеріалом для ведення гетерозисної селекції та створення сортів-синтетиків культури.*

**Ключові слова:** *жито озиме, інбредна лінія, продуктивність, короткостебловість, господарсько-цінні ознаки.*

**Постановка проблеми.** Жито (*Secale cereale* L.) – хлібна злакова культура. Понад 75 % світового виробництва зерна культури зосереджено в Польщі, Німеччині та Україні. Жито озиме – цінна та перспективна культура для АПК України [1, 2]. Порівняно з пшеницею озимою та іншими хлібними злаками, жито озиме має підвищену стійкість до низки абіотичних та біотичних чинників. Рослини вирізняються толерантністю до підвищеної концентрації в ґрунті солей важких металів (Al, Fe тощо) [3, 4]. Його зерно поєднує високі фізико-хімічні та хлібопекарські властивості [3]. Білки, що містяться в зерні мають усі незамінні амінокислоти. Житній хліб – корисний для організму людини і характеризується високим коефіцієнтом засвоювання [5, 6]. Культура впевнено займає свою нішу у виробництві етанолу та біометану, як альтернативного джерела енергії. В Європі гібридне жито конкурує з тритикале та пшеницею за вирощування на бідних ґрунтах [7].