

---

## ОЦІНКА СЕЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕТЕРОЗИСУ НА РАННІХ ЕТАПАХ ОНТОГЕНЕЗУ РОСЛИН БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ (*BETA VULGARIS L.*)

---

**О. Л. КЛЯЧЕНКО**

e-mail: [Klyachenko@ukr.net](mailto:Klyachenko@ukr.net)

ORCID ID 0000-0002-4087-4082

Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
Київ, Україна

**Анотація.** Для проведення успішної селекційної роботи зі створення високопродуктивних гібридів буряків цукрових актуальним є дослідження вихідного матеріалу, його різноманіття та господарськоцінних ознак і закономірностей їх успадкування.

Фізіологічний підхід і розроблення шляхів покращення та оцінки популяції за фізіолого-біохімічними показниками сприяє більш глибокому розумінню продукційного процесу. Тому метою нашої роботи було проведення порівняльної фізіолого-біохімічної оцінки показників продукційного процесу різних генотипів буряків цукрових.

Об'єктами досліджень були ЧС гібриди з різною комбінаційною здатністю та інбредні лінії І1–І4 покоління буряків цукрових. Методи проведених досліджень: фізіологічні, біохімічні та статистичні. Установлено генотипні особливості багатонасінних диплоїдних запилювачів за фізіолого-біохімічними показниками окремих ланок метаболізму на ранніх етапах онтогенезу рослин та виявлено вплив інбридингу на фотосинтетичну продуктивність рослин. У простих ЧС гібридів, одержаних за участю комбінаційноцінної за цукристістю ліній О-типу на фоні одного ЧС тестера виявлено високий позитивний гетерозис за ФХА й цукристістю та встановлено позитивну кореляційну залежність між цими ознаками. У гібридних комбінаціях створених при схрещуванні комбінаційноцінних диплоїдних запилювачів на фоні одного ЧС тестера показано позитивний гетерозис за площею листової поверхні, вмістом хлорофілів ( $a + b$ ) та сахарози в коренях.

**Ключові слова:** буряки цукрові, гетерозис, цукристість, продуктивність.

---

### Вступ.

Пріоритетним завданням вітчизняної науки є створення нового по-

коління високопродуктивних гібридів буряків цукрових, адаптованих до умов довкілля, придатних для енерго- та екологоощадних техноло-

гій вирощування й різних напрямів використання сировини [1]. Успіх селекційної роботи зі створення високопродуктивних гібридів буряків цукрових значною мірою забезпечується генетичною цінністю вихідного матеріалу, його різноманітням та ступенем вивчення генетичної детермінації господарсько цінних ознак і закономірностей їх успадкування [2, 3].

Основною ланкою в селекції буряків цукрових на гетерозис є оцінка і відбір ліній із високою комбінаційною здатністю, що зумовлює в разі їхнього схрещування створення високогетерозисного гібридного потомства [4]. Фізіологічна й біохімічна різноякісність батьківських форм гетерозисних гібридів та їхнє взаємодоповнення за максимальною кількістю властивостей, ознак та окремих ланок метаболізму, які склались у процесі еволюції й під впливом умов вирощування – та основа, на якій у гібридних організмах виникає удосконалений обмін речовин [5].

Фізіологічний підхід і розроблення шляхів покращення та оцінки популяції за фізіолого-біохімічними показниками сприяє більш глибокому розумінню продукційного процесу сільськогосподарських культур у мінливих умовах довкілля та визнаних чинників, які впливають на урожай, що забезпечує теоретичні основи селекції. Розвиток фізіологічних досліджень підвищує ефективність генетичних і генно-інженерних технологій, розширює їхнє завдання і створює нову експериментальну базу [6,7,8].

Стратегією сучасної селекції рослин стає управління продукційними процесами, такими як фотосинтез на різних рівнях його організації [9, 10], оптимізація донорно-акцепторних відносин [11]. Тому актуальним

залишається пошук інформативних фізіолого-біохімічних показників, які пов'язані з продуктивністю в широкому діапазоні умов вирощування й можуть бути використані як фізіологічні й біохімічні маркери для підвищення ефективності селекційного процесу.

**Мета роботи** – проведення порівняльної фізіолого-біохімічної оцінки показників продукційного процесу різних генотипів буряків цукрових. Об'єктами досліджень були ЧС гібриди з різною комбінаційною здатністю та інбредні лінії  $I_1$ – $I_4$  покоління буряків цукрових.

### **Матеріали і методика досліджень.**

Дослідження проводилися у 2014–2017 рр на Ялтушківській ДСС. Об'єктами досліджень були багатонасінні лінії-запилювачі, гетерозисні компоненти, прості ЧС гібриди та інбредні лінії  $I_1$ – $I_4$  покоління буряків цукрових. Рослини вирощували в умовах вегетаційного дослідів методом ґрунтової культури в 14-літрових посудинах Вагнера з внесенням поживної суміші ВНІЦ [12] за оптимального водозабезпечення – 60 % ПВ. Площу листової поверхні, питому масу листків (ПМЛ) і накопичення сухої речовини в органах рослин визначали згідно [13]. Мезоструктурні характеристики листків буряків цукрових установлювали на фіксованому матеріалі за методикою [14] і визначали їх розміри під світловим мікроскопом Carl Zeiss (Німеччина).

Інтенсивність фотосинтезу реєстрували за контрольованих умов на установці, змонтованій на базі оптико-акустичного інфрачервоного газоаналізатора ГІАМ-5М, увімкненого за диференційною схемою. По-

казники газообміну розраховували за стандартними методиками [15]. Уміст хлорофілів *a*, *b* і каротиноїдів визначали в ацетонових екстрактах листків буряків цукрових спектрофотометрично на СФ-46 (Росія) і розраховували за формулами згідно з методикою [16]. Фотохімічну активність хлоропластів (ФХА) оцінювали спектрофотометричним методом за довжини хвилі 420 нм на СФ-46 (Росія) за відновленням фериціаніду калію. Цукристість коренеплодів визначали методом холодної дигестії за Починком [17]. Статистичну обробку одержаних експериментальних даних виконували з використанням електронних таблиць Microsoft Excel.

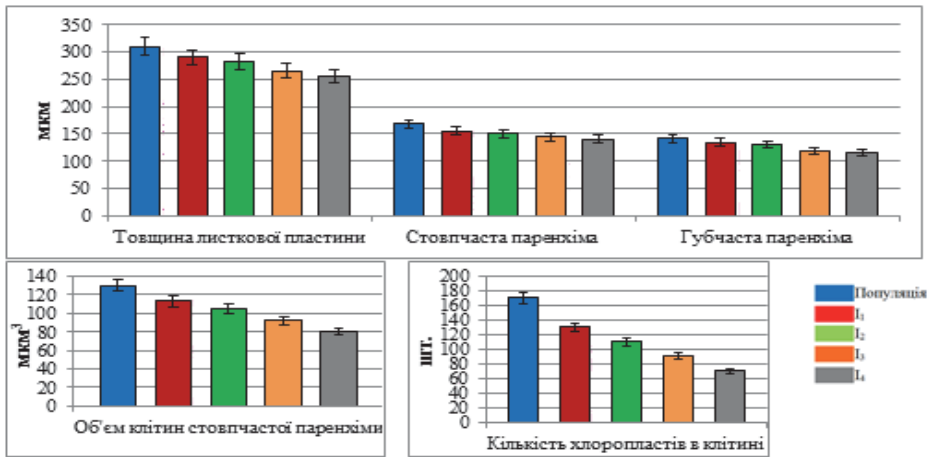
### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Селекціонери зазнають труднощів, особливо під час доборів вихідних комбінаційноцінних матеріалів та прогнозування продуктивності на ранніх стадіях розвитку рослин. Встановлено, що з поміж досліджених 30-денних багатонасінних ліній-запилювачів, коли досягається їхня генетична ідентичність і проявляється найінтенсивніша мінливість, гетерозисний компонент гібриду Ювілейний вирізнявся за характеристиками фотосинтетичного апарату, а саме: вмістом хлорофілів *a*, *b*, каротиноїдів, ФХА хлоропластів, низькими показниками товщини листової пластинки й розмірами її структурних елементів, відношення величини РНК/ДНК і загального білка. Це супроводжувалося найвищою концентрацією сахарози в листках і корені, накопиченням маси сухої речовини рослин та величиною відношення маси кореня й гіпокоотилу до маси листових пластинок,

високою інтенсивністю темного дихання і зниженою активністю ферментів каталази та пероксидази. За визначеними показниками виявлено також істотні генотипні відмінності між диплоїдними багатонасінними сортами – кандидатами для створення гетерозисних ліній-запилювачів, що є важливим у процесі відбору їхніх родоначальних форм.

Проведені нами дослідження простих ЧС гібридів, одержаних за участю ліній закріплювачів стерильності О-типу на фоні одного ЧС тестера на ранніх етапах онтогенезу рослин засвідчують, що вони значно відрізнялися за показниками характеристик фотосинтетичного апарату, господарсько-цінними ознаками й передбачуваним типом їхнього успадкування, розрахованим за Савченко [18].

У результаті проведеної фізіолого-біохімічної оцінки інбредних ліній  $I_1$ – $I_4$  покоління львівської і верхняцької генплазм комбінаційноцінних за масою й цукристістю встановлено, що за дії інбридингу зменшується товщина листової пластинки внаслідок інгібування росту хлоренхіми (стовпчастої й губчастої паренхіми) – основної фотосинтетичної тканини листка. Вплив інбридингу на фотосинтетичну продуктивність реалізується й через хлоропластогенез (рис.1). Водночас відповідно до глибини інбридингу знижуються показники ПМЛ, ФХА, умісту хлорофілів *a*, *b* і каротиноїдів. Поряд із цим величина відношення хлорофілів *a/b* у інбредних ліній і вихідних гетерозиготних популяцій залишається постійною. Це свідчить, що зміни геному буряків цукрових у процесі селекції не зачепили функціонування системи біосинтезу хлорофілу й активності світлозбиральних комплексів фотосистем I й II.



**Рис. 1 - Мезоструктурні показники листків інбредних ліній буряків цукрових львовської генплазми.**

У результаті досліджень на ранніх етапах онтогенезу рослин простих міжлінійних ЧС гібридів, одержаних за участю різних за комбінаційною здатністю ліній О-типу на фоні одного ЧС тестера встановлено, що в гібриду, одержаного від схрещування з комбінаційноцінною за цукристість лінією От1, найбільший ефект гетерозису визначено за ознаками ФХА (+50,85 %) і кількістю сахарози в коренях (+9,16), між якими встановлено позитивну кореляційну залежність ( $r = 0,55 \pm 0,03$ ) (табл. 1). Гібрид, створений від схрещування з комбінаційноцінною за масою коренеплоду лінією От2

вирізнявся позитивним гетерозисом за ПМЛ, інтенсивністю фотосинтезу й масою коренеплоду.

Гібрид, одержаний від схрещування з лінією з низькою комбінаційною здатністю за масою й цукристістю коренеплоду От3 проявляв негативний гетерозис за цими ознаками (відповідно -11,24 і -9,5 %) та позитивний гетерозис – за ПМЛ та інтенсивністю фотосинтезу.

За умов аналізу простих міжлінійних пробних гібридів, які створено в сортолінійних схрещуваннях за участю різних за комбінаційною здатністю ди-

### 1. Ефект гетерозису за низкою ознак у простих ЧС гібридів, %

| Ознаки           | ЧСхОт1 | ЧСхОт2 | ЧСхОт3 | НІР <sub>05</sub> |
|------------------|--------|--------|--------|-------------------|
| ФХА              | 50,85  | -3,53  | -2,67  | 7,0               |
| ПМЛ              | -8,46  | 4,70   | 3,76   | 3,5               |
| ІФ               | -3,54  | 20,93  | 14,28  | 8,5               |
| Хлорофіл а       | -18,95 | -1,48  | -6,69  | 8,7               |
| Хлорофіл b       | 3,93   | -16,00 | -16,00 | 3,8               |
| Каротиноїди      | -6,79  | -30,11 | -25,39 | 5,5               |
| Маса коренеплоду | -1,95  | 32,15  | -11,24 | 10,0              |
| Сахароза         | 9,16   | -3,89  | -9,56  | 1,1               |

плоїдних багатонасінних ліній-запилювачів на фоні одного ЧС-тестера, виявлено, що в усіх досліджених гібридних комбінаціях проявлявся позитивний гетерозис за вмістом хлорофілів ( $a + b$ ), площею листової поверхні рослин і ПМЛ. Водночас коефіцієнт кореляції між величиною показників останніх становив  $r = 0,79 \pm 0,01$ . За ознакою ФХА тільки в одній гібридній комбінації фенотипово проявлялось позитивне домінування, а в інших – негативний гетерозис, що, вочевидь, пов'язано з материнським типом успадкування хлоропластів у буряків цукрових, оскільки величина ФХА в ЧС лінії була значно нижчою, ніж у ліній-запилювачів.

За вмістом сахарози в коренях, яка в сортолінійних схрещуваннях на 80 % залежить від комбінаційної здатності батьківських форм, у різних гібридних комбінаціях проявлявся як позитивний, так і негативний гетерозис. Отже, досліджені показники можуть бути використані для характеристики комбінаційної здатності селекційних матеріалів буряків цукрових і прогнозування очікуваного гетерозису на початкових етапах селекційного процесу.

### **Висновки і перспективи.**

Встановлено генотипні особливості багатонасінних диплоїдних запилювачів за фізіолого-біохімічними показниками окремих ланок метаболізму на ранніх етапах онтогенезу та виявлено вплив інбридингу на фотосинтетичну продуктивність рослин. У простих ЧС гібридів, одержаних за участю комбінаційноцінної за цукристістю ліній О-типу на фоні одного ЧС тестера виявлено високий позитивний гетерозис за ФХА й цукристістю та встановлено позитивну кореляційну залежність між

цими ознаками. У гібридних комбінаціях створених під час схрещування комбінаційноцінних диплоїдних запилювачів на фоні одного ЧС тестера показано позитивний гетерозис за площею листової поверхні, вмістом хлорофілів ( $a + b$ ) та сахарози в коренях.

### **Список використаної літератури**

1. Roik M.V., Parfenyuk O.O. Viktoristannya re-kombinantnikh materialiv u selektsii bat-kivskikh komponentiv gibridiv buryakiv tsukrovikh za formoyu koreneplodu. Visnik agrarnoi nauki 2018. 12 (789). 52-58 <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201812-07/>
2. Orlov S.D., Dubchak O.V. Genetichnyi po-tentsial z TsChS liniy tsukrovikh buryakiv. Tsukrovi buryaki. 2017. 1. 6-8.
3. Roik M.V., Korneeva M.O. Napryami. metodi ta strategiya rozvitku selektsii tsukrovikh buryakiv. Tsukrovi buryaki. 2015. 6. 7–9.
4. Balkov I.Ya. Novym etapom v selektsii i se-menovodstve dolzhny stat vysokorenta-belnyye gibridy svekly. Sakharnaya svekla. 2011. 6. 26-27.
5. Konarev V.G. Priroda geterozisa i vozmozh-nosti ego prognozirovaniya. Selskohozyay-stvennaya biologiya. 1991. 3. 3 – 12.
6. Parry M.A., Reynolds V., Salvucci M.E. et all. Raising yield potential of wheat. II En-creasing photosyntetic capasity and effi-ciency. J. Exp. Bot. 2011. 62. 2. 453-467. DOI: 10.1093/jxb/erq304
7. Suslov V.I., Logvinov V.A., Mishchenko V.N. Teoriya i prakticheskiye aspekty selektsii sakharnoy svekly. Zbirnik naukovikh prats Institutu bioenergetichnikh kultur i tsukro-vikh buryakiv NAAN. 2012. 13. 126-131.
8. Pryadkina G.O., Morgun V.V. Pigmenti foto-sintetichnogo aparatu i produktivnist ozi-moi pshenitsi. Fiziologiya rasteniy i geneti-ka. 2016. 48. 4. 310-323.
9. Klyachenko O.L. Fiziologo-biokhimichni osobli-vosti inbrednikh liniy tsukrovikh buryakiv. Agrarna nauka i osvita. 2004. 3-4. 28-31.

10. Ctasik O.O., Kiriziy D.A., Pryadkina G.A. Fotosintez i produktivnost selskokhozyaystvennykh rasteniy. Fiziologiya rasteniy i genetika. 2016. 48. 3. 232-251.
11. Kiriziy D.A. Fotosintez i donorno-aktseptornyye otnosheniya mezhdru organami kak sostavlyayushchiye produktsionnogo protsessa pshenitsy. Fiziologiya rasteniy i genetika. 2015. 47. 5. 393-419.
12. Biologiya i selektsiya sakharney svely. M.: Kolos. 1968. 766.
13. Borisyuk V.A., Klyachenko V.I., Tretyak T.V. Anato-morfologicheskiye i fiziologo-biokhimicheskiye testy pri izuchenii selektsionnykh materialov sakharney svely (Metodicheskiye ukazaniya). M.: VASKhNIL. 1989. 67.
14. Mokronosov A.T., Borzenkova R.A. Metody kolichestvennoy otsenki struktury i funktsionalnoy aktivnosti fotosinteziruyushchikh tkaney organov. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. – 1978. – T. 61. - Vyp.3. – S. 199-131.
15. Fotosintez i produktivnost: metody opredeleniya. [pod redaktsiyey A.T. Mokronosova. A.G. Kovaleva]. – M.: Agropromizdat. - 1989. – 460 s.
16. Musienko M.M., Parshikova T.V., Slavniy P.S. Spektrofotometrichni metody v praktitsi fiziologii. biokhimii ta ekologii roslin. K.: Fitosotsiotsentr. 2001. 201.
17. Pochinok Kh.N. Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy. K.: Nauk. dumka. 1976. 333.
18. Savchenko V.K. Geneticheskyy analiz v setevykh probnykh skreshchivaniyakh. Minsk: Nauka i tekhnika. 1984. 51 – 88.

**O. L. Klyachenko (2021). EVALUATION OF SELECTION MATERIAL AND FORECASTING OF HETEROSIS IN THE EARLY STAGES OF SUGAR BEET (BETA VULGARIS L.) PLANTS.**

*BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION*, 12(1): 30-35.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/editor/submission/15095>.

<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.01.005>.

**Abstract.** To conduct successful selective work aimed at high-yielding sugar beet hybrid creation, it is important to study the source material, its diversity and economically valuable features and patterns of their inheritance. The physiological approach and the development of ways to improve and estimate the population, based on physiological and biochemical indicators contribute to a deeper understanding of the production process. Therefore, the main goal of our work was to conduct a comparative physiological and biochemical evaluation of the production process of different sugar beet genotypes. Research objects were the MS hybrids with different combining ability and inbred lines of the I1 – I4 sugar beet generation. Research methods: physiological, biochemical and statistical. Genotypic features of multi-seeded diploid pollinators by physiological and biochemical parameters of individual metabolic links in the early stages of plant ontogenesis were established and the influence of inbreeding on photosynthetic productivity of plants was revealed. In simple MS hybrids obtained with the participation of combinational (by sugar content) O-type line comparing to one MS tester, a high positive heterosis in PHA and sugar content and a positive correlation between those traits were found. In hybrid combinations created by crossing combinational diploid pollinators compared to one MS tester showed positive heterosis in leaf surface area, chlorophyll content ( $a + b$ ) and sucrose in the roots.

**Keywords:** sugar beet, heterosis, sugar content, productivity.