

## Динаміка вмісту хлорофілів у листках цукрових буряків

Присяжнюк О. І., Коровко І. І.\*

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

**Надійшла до редакції:**

15.09.2015

**Погоджено до друку:**

23.11.2015

**\*Кореспондуючий автор:**  
InnaKorovko1990@gmail.com

**Ключові слова:**  
цукрові буряки, хлорофіл,  
вегетаційний період,  
фотосинтез

**Мета.** Визначити закономірності зміни вмісту зелених пігментів у хлоропластах рослин цукрових буряків та їх співвідношення, виявити особливості пігментного комплексу впродовж вегетаційного періоду. **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний та статистичний. **Результати.** Наведено особливості зміни вмісту хлорофілу в листках цукрових буряків протягом вегетаційного періоду культури. Встановлено, що найінтенсивніше синтез зелених пігментів відбувається у фазу змикання листків, коли їхній вміст досягає максимальних значень – хлорофілу *a* – 8,620 мг/г, хлорофілу *b* – 4,15 мг/г. За співвідношенням хлорофілів *a* і *b* в їх загальній сумі визначено особливості накопичення того чи іншого пігменту залежно від фази розвитку рослин. Так, у першій половині вегетації культури (фази 4 пар листків та змикання листків у міжряддях) у листках переважає синтез хлорофілу *b*, тоді як у другій (фази змикання листків у рядках і технічної стиглості) – хлорофілу *a*. **Висновки.** Встановлено, що найменш інтенсивним синтез хлорофілів є на початкових фазах росту й розвитку рослин внаслідок незначної площі листової поверхні та низького рівня засвоєння ФАР. При цьому на початку вегетації культури (фази 4 пар листків та змикання листків у міжряддях) у структурі зелених пігментів переважає хлорофіл *b*. Зниження вмісту хлорофілу в 1,3 рази наприкінці вегетації (технологічна стиглість – 6,3 мг/г), порівняно з фазою змикання листків у міжряддях, пояснюється накопиченням в коренеплодах цукрових буряків достатнього запасу цукрів і, як наслідок, – сповільненням фізіологічних процесів та відмиранням старого листа.

### Вступ

Перед науковцями здавна стояло питання про те, які ж показники тісно корелюють з біологічним і технологічним врожаєм сільськогосподарських рослин, оскільки саме правильний вибір цих показників дасть можливість не лише спрогнозувати врожай, але й підібрати способи впливу на них і, таким чином, корегувати продукційні процеси в посівах. Цілком зрозуміло, що саме фотосинтезу належить першочергова увага, адже від нього залежить утворення органічних сполук та формування врожаю [1, 2].

Для характеристики ступеня розвитку фотосинтетичного апарату необхідно враховувати вміст хлорофілів у надземних органах рослини. Під ступенем (або потужністю) розвитку фотосинтетичного апарату мається на увазі величина фотосинтезуючої поверхні або вмісту хлорофілу в ньому, який побічно характеризує потенціальну фотосинтетичну активність [3].

Особливості морфології, анатомії та фізіології листка цукрових буряків повною мірою забезпечують здійснення його основної функції – фотосинтезу, який проходить при безперервному надходженні світлової енергії в значній кількості в строго певні ділянки клітин. Загальне накопичення сухої маси рослини залежить від інтенсивності фотосинтезу, вмісту хлорофілів, розміру листової поверхні [3, 4].

Формування коренеплоду цукрових буряків і відкладання в ньому сахарози тісно пов'язано зі станом листового апарату рослин. Інтенсивне накопичення хлорофілу в листі, без якого неможливий фотосинтез, свідчить про нормальний фізіологічний стан рослин в цілому [5].

Значний вплив на біосинтез хлорофілу мають також такі фактори, як освітлення, температура, мінеральне живлення, обробка рослин фізіологічно активними речовинами, вік

листіків. Здатність рослини за будь-яких змін погодних умов протягом вегетаційного періоду ефективно використовувати сонячну енергію свідчить про високий адаптаційний потенціал, що прослідковується в динаміці зміни вмісту зелених пігментів хлоропластів рослини [6].

### **Мета досліджень**

Визначити закономірності зміни вмісту зелених пігментів у хлоропластах рослин цукрових буряків та їх співвідношення, виявити особливості пігментного комплексу впродовж вегетаційного періоду.

### **Матеріали та методика досліджень**

Об'єктами дослідження було обрано 16 гібридів цукрових буряків, які вирощували на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН (с. Ксаверівка, Васильківський р-н, Київська обл.), що знаходиться в зоні нестійкого зволоження Лісостепу України.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем глибокий середньосуглинковий на лесовидному суглинку. Вміст гумусу в орному шарі гумусу – 2,5 %, лужногідролізованого азоту – 235 мг/кг, рухомого фосфору – 130–380, обмінного калію – 85–120 мг/кг ґрунту. Сума ввібраних основ становить 25,5–39,5 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 0,31–3,26 мг-екв/100 г ґрунту, рН 6,52.

Цукрові буряки – культура досить вибаглива до кліматичних умов, тому доцільно розглянути агрометеорологічні показники за вегетаційні періоди років дослідження. Щодо режиму зволоження, то 2013–2014 рр. не істотно відрізняються за сумарною кількістю опадів – 461,9 і 446,1 мм відповідно. Найбільше опадів спостерігалось у червні обох років (52,7 і 77 мм відповідно). Недостатньо опадів було в липні 2013 р. (2,6 мм). Протилежна ситуація спостерігалася у 2014 р., коли кількість опадів склала 95,7 мм. На відміну від посушливого серпня 2013 р., особливо його I і II декад (0 мм), у 2014 році серпневі опади склали 72,5 мм.

Для контролю вмісту хлорофілу в листках цукрових буряків проводили визначення зелених пігментів класичним спектрофотометричним методом у фазі чотирьох пар листків, змикання листків в рядках, змикання листків в міжряддях та технологічної стиглості культури. Хлорофіли із листя середнього ярусу екстрагували 96 % етиловим спиртом. У подальшому оптичну густину витяжки зелених пігментів аналізували на спектроколориметрі КФК-3, розрахунок здійснювали за Вінтерманс де Мотс [7].

### **Результати досліджень**

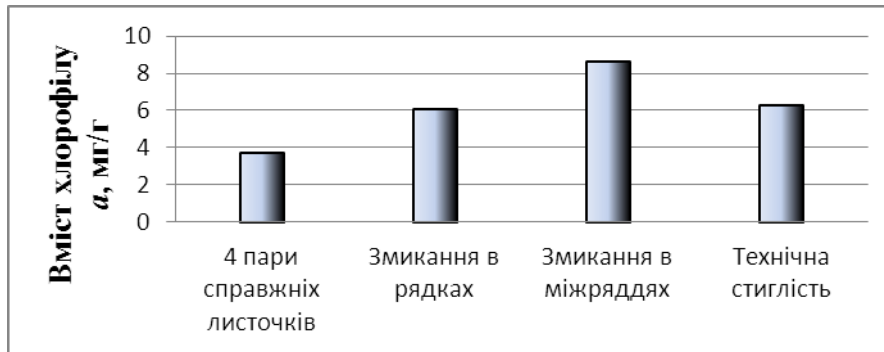
Як відомо, вміст хлорофілів і співвідношення фотосинтетичних пігментів визначається факторами навколишнього середовища та періодами онтогенетичного розвитку рослин. Здатність рослини за будь-яких змін погодних умов протягом вегетаційного періоду ефективно використовувати сонячну енергію свідчить про високий адаптаційний потенціал, що прослідковується у динаміці зміни вмісту зелених пігментів хлоропластів рослини.

Для характеристики фотосинтетичного апарату рослинних організмів використовують такі параметри, як кількісний вміст окремих пігментів, їх співвідношення, залежність вмісту пігментів від етапів онтогенезу тощо.

За результатами проведених досліджень майже у всіх гібридів виявлена однакова закономірність щодо зміни вмісту хлорофілу *a* протягом періоду вегетації культури. Зокрема, зокрема, його вміст змінюється від найменшого значення у фазу 4 пар листків – 3,725 мг/г, поступово зростає у фазу змикання листя в рядках – 6,051 мг/г, доходить до пікового значення у фазі змикання листків у міжряддях – 8,620 мг/г та знову йде на спад у період технічної стиглості культури – 6,262 мг/г. Найявні також гібриди у яких загальний вигляд діаграми має трохи інший характер. Зокрема, наприклад, у гібридів 'Ромул', 'Весто' та 'Уманський ЧС 97' пік вмісту хлорофілу *a* спостерігається у фазі змикання листків у рядках, а в гібрида 'Український ЧС 90' – припадає на фазу технологічної стиглості, що, можливо, свідчить про генетичні особливості та тривалості кожної фази для окремого гібриду.

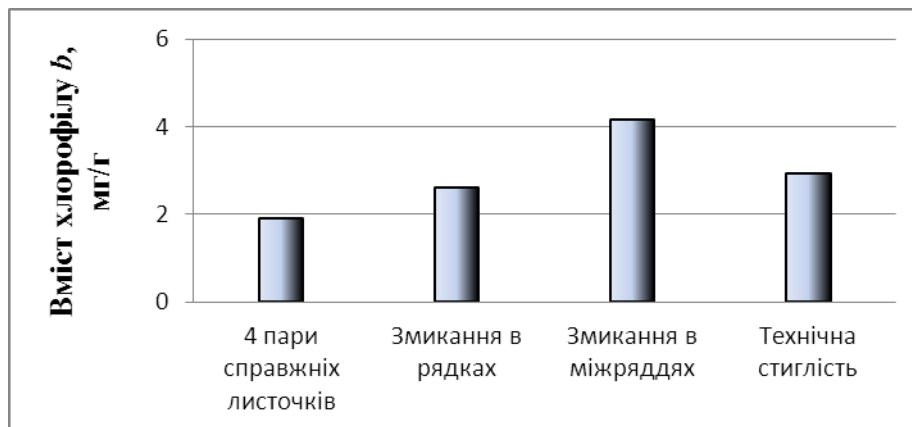
За представленими даними отримано усереднену діаграму динаміки зміни вмісту хлорофілу *a* для досліджуваних гібридів (рис. 1).

За отриманими даними можна стверджувати, що по мірі формування листя відбувається інтенсифікація процесу фотосинтезу. Вміст хлорофілу пряомолінійно зростає, досягаючи свого піку у фазу росту коли енергія сонячного світла є найбільшою – це фаза змикання листків у міжряддях, яка припадає на середину літа. Саме у цей період у рослин буряків відмічається найбільша площа асиміляційного апарату. В подальшому, по мірі старіння листків та утворення нових, вміст зелених пігментів у листках поступово знижується. Інтенсивність перебігу цього процесу обумовлюється біологічними особливостями рослин і в значній залежить від умов освітлення, живлення та ряду інших факторів.



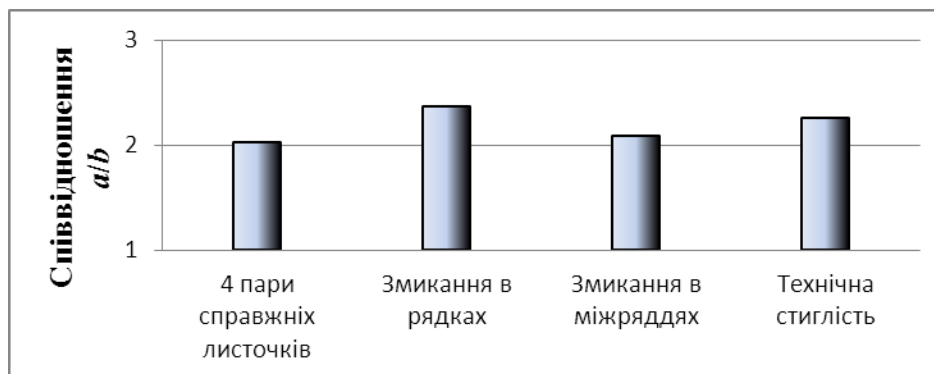
**Рис. 1. Вміст хлорофілу *a* в листках рослин цукрових буряків залежно від фази розвитку культури (середнє за 2013–2014 рр.)**

Аналогічна тенденція прослідковувалась й у відношенні до вмісту хлорофілу *b*, однак його числові значення звичайно були істотно меншими (рис. 2).



**Рис. 2. Вміст хлорофілу *b* у листках рослин цукрових буряків залежно від фази розвитку культури (середнє за 2013–2014 рр.)**

Важливим показником також є співвідношення хлорофілів *a* і *b*. Динаміка зміни цього показника впродовж росту та розвитку рослин цукрових буряків представлена на *рисунок* 3.



**Рис. 3. Співвідношення вмісту хлорофілу *a* до *b* у різні фази розвитку цукрових буряків (середнє за 2013–2014 рр.)**

За цією діаграмою можна прослідкувати, що у фази 4 пари справжніх листків і змикання в міжряддях частка хлорофілу *b* у сумі хлорофілів дещо підвищується, отже можна зробити висновок, що в саме ці фази підвищується синтез хлорофілу *b*.

### Висновки

Таким чином, за результатами проведених досліджень слід відмітити, що вміст зелених пігментів у листках цукрових буряків суттєво різниться залежно від фаз онтогенезу. Зокрема, найменш інтенсивним синтез хлорофілів є на початкових фазах росту і розвитку рослин (у фазу 4 пар справжніх листків вміст хлорофілу *a* становив 3,73, хлорофілу *b* – 1,92 мг/г) внаслідок незначної площі листової поверхні та низького рівня засвоєння ФАР. Найвищий вміст хлорофілів відмічається у фазу змикання листків у міжряддях (хлорофілу *a* – 8,62, хлорофілу *b* – 4,15 мг/г), що співпадає з періодом найбільш активного наростання вегетативної маси рослин, а отже і їх найвищої фотосинтетичної активності. При цьому на початку вегетації культури (фази 4 пар листків та змикання листків у міжряддях) у структурі зелених пігментів переважає хлорофіл *b*. Зниження вмісту хлорофілу в 1,3 рази наприкінці вегетації (технологічна стиглість – 6,3 мг/г), порівняно з фазою змикання листків у міжряддях, пояснюється накопиченням в коренеплодах цукрових буряків достатнього запасу цукрів і як наслідок – сповільненням фізіологічних процесів та відмиранням старого листа.

### Література

1. Мусієнко М. М. Спектрометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К. : Фітоцентр, 2001. – 199 с.
2. Кочубей С. М. Организация фотосинтетического аппарата высших растений / С. М. Кочубей. – К. : Альтерпрес, 2001. – 204 с.
3. Андрианова Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский. – М. : Наука, 2000. – 135 с.
4. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин / М. М. Мусієнко. – 2-е вид., випр. та доп. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 391 с.
5. Кляченко О. Л. Цукрові буряки. Біологія. Фізіологія. Біотехнологія : монографія / О. Л. Кляченко, Ю. В. Коломієць. – К. : НУБіП України, 2013. – 352 с.
6. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А. А. Жученко. – Кишинев : Штиинца, 1990. – 432 с.
7. Фізіологія рослин : практикум / О. В. Войцехівська, А. В. Капустян, О. І. Косик [та ін.] ; за заг. ред. Т. В. Паршикової. – Луцьк : Терен, 2010. – 420 с.

### References

1. Musiienko, M. M., Parshykova, T. V., & Slavnyi, P. S. (2001). *Spektrychni metody v praktytsi fiziologii, biokhimii ta ekologii roslyn* [Spectrometric methods in practice, physiology, biochemistry and ecology of plants]. Kyiv: Fitotsentr. [in Ukrainian]
2. Kochubey, S. M. (2001). *Organizatsiya fotosinteticheskogo apparata vysshikh rasteniy* [The organization of the photosynthetic apparatus of higher plants]. Kyiv: Alterpres. [in Russian]
3. Andrianova, Yu. E., & Tarchevskiy, I. A. (2000). *Khlorofill i produktivnost rasteniy* [Chlorophyll and plant productivity]. Moscow: Nauka. [in Russian]
4. Musiienko, M. M. (2001). *Fiziolohiia roslyn* [Plant physiology]. (2<sup>nd</sup> ed., rev.). Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian]
5. Kliachenko, O. L., & Kolomiets, Yu. V. (2013). *Tsukrovi buriaky. Biolohiia. Fiziolohiia. Biotekhnolohiia* [Sugar beet. Biology. Physiology. Biotechnology]. Kyiv: NUBiP Ukrainy. [in Ukrainian]
6. Zhuchenko, A. A. (1990) *Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy)* [Adaptive crop production]. Kishinev: Shtiintsa. [in Russian]
7. Voitsekhivska, O. V., Kapustian, A. V., Kosyk, O. I., Musiienko, M. M., Olkhovych, O. P., Paniuta, O. O., Parshykova, T. V., & Slavny, P. S. (2010). *Fiziolohiia roslyn* [Plant physiology]. T. V. Parshykova (Ed.). Lutsk: Teren. [in Ukrainian]

**Аннотация**

УДК 633.63:57.023

**Присяжнюк О. И., Коровко И. И.\*** Динамика содержания хлорофилла в листьях сахарной свеклы

*Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина, \*e-mail: InnaKorovko1990@gmail.com*

**Цель.** Определить закономерности изменения содержания зеленых пигментов в хлоропластах растений сахарной свеклы и их соотношение, выявить особенности пигментного комплекса в течение вегетационного периода. **Методы.** Полевой, лабораторный, аналитический и статистический. **Результаты.** Приведены особенности изменения содержания хлорофилла в листьях сахарной свеклы в течение вегетационного периода культуры. Установлено, что наиболее интенсивно синтез зеленых пигментов происходит в фазу смыкания листьев, когда их содержание достигает максимальных значений – хлорофилла *a* – 8,620 мг/г, хлорофилла *b* – 4,15 мг/г. По соотношению хлорофиллов *a* и *b* в их общей сумме определены особенности накопления того или иного пигмента в зависимости от фазы развития растений. Так, в первой половине вегетации культуры (фазы 4 пар листьев и смыкания листьев в междурядьях) в листьях преобладает синтез хлорофилла *b*, тогда как во второй (фазы смыкания листьев в строках и технической спелости) – хлорофилла *a*. **Выводы.** Установлено, что наименее интенсивно синтез хлорофиллов происходит на начальных фазах роста и развития растений в результате незначительной площади листовой поверхности и низкого уровня усвоения ФАР. При этом в начале вегетации культуры (фазы 4 пар листьев и смыкания листьев в междурядьях) в структуре зеленых пигментов преобладает хлорофилл *b*. Снижение содержания хлорофилла в 1,3 раза в конце вегетации (технологическая спелость – 6,3 мг/г) по сравнению с фазой смыкания листьев в междурядьях, объясняется накоплением в корнеплодах сахарной свеклы достаточного запаса сахаров и как следствие - замедлением физиологических процессов и отмиранием старых листьев.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, хлорофилл, вегетационный период, фотосинтез.

**Abstract**

UDC 633.63:57.023

**Przyaszniuk O. I., Korovko I. I.\*** Dynamic pattern of chlorophyll content in the leaves of sugar beet

*Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS, 25, Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine, \*e-mail: InnaKorovko1990@gmail.com*

**Purpose.** To determine the patterns of change in the content of the green pigment in plant chloroplasts of sugar beet and their relationship, to identify the features of pigment complex during the growing season. **Methods.** Field, laboratory, analytical, and statistical. **Results.** The peculiarities of changes in chlorophyll content in the leaves of sugar beets during the growing season are presented. It was found that the most intense green pigments synthesis occurs in the stage of closing leaves when their content reaches the maximum value: chlorophyll *a* of 8.620 mg/g and chlorophyll *b* of 4.15 mg/g. Using the ratio of chlorophyll *a* and *b* in their total weight the accumulation of a pigment depending on the stage of plant development is determined. Thus, in the first half of the growing season (the 8-true leaves stage and the stage of leaf closure between rows) the synthesis of chlorophyll *b* dominates, while in the second (the stage of closure leaves in rows and the technical maturity stage) chlorophyll *a*. **Conclusions.** It was established that the least intensive synthesis of chlorophyll occurs in the early stages of plant growth and development due to small leaf surface area and low assimilation of the photosynthetically active radiation. Thus, at the beginning of the growing season crops (the 8-true leaves stage and the stage of leaf closure between rows), chlorophyll *b* dominates in the structure of the green pigment. Reduction of chlorophyll content 1.3 times the end of the growing season (in the stage of technological maturity – 6.3 mg/g) compared with the stage of leaf closure in rows occurs due to the accumulation of sufficient sugar supply in the roots resulting in slowing physiological processes and the dying off old leaves.

**Keywords:** sugar beet; chlorophyll; growing season; photosynthesis.