

УДК 581.12

## ВИЗНАЧЕННЯ ДИХАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**КОРЖЕНКО А.М.,**

аспірантка ІЦБ НААН України

**Вступ.** Дихання рослин, а саме цукрових буряків, є основним процесом їхньої життєдіяльності й здійснюється в результаті розпаду органічних речовин, насамперед цукру.

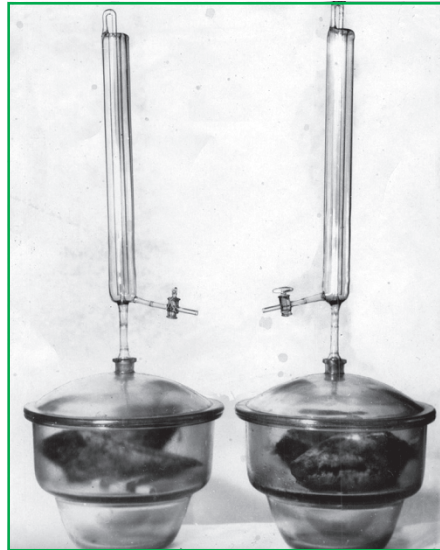
У процесі дихання цукрових буряків, при доступі кисню повітря, виникає розпад накопиченого цукру до простих кінцевих продуктів вуглекислого газу та води.

Тому, в 2006-2007 рр., ми визначали інтенсивність дихання коренеплодів маточних цукрових буряків, які зберігались в різних сховищах при різному складі повітря.

**Матеріали та методика проведення досліджень.** Для визначення інтенсивності дихання рослинних організмів використали різноманітні прилади та устаткування. (Вальтер).

В нашому досліді для визначення дихання ми підготували пристрій, що дозволяє одночасно визначати кількість виділеного вуглекислого газу  $CO_2$  та кількість поглинутого кисню  $O_2$  (рис. 1).

Для цього використали чотири ексикатори з кисневими піпетками: два – для піддослідних коренеплодів та два – контрольні. У верхні отвори кришки вставили піпетки, попередньо заповнені киснем. Піпетки наповнили чистим киснем із медичної кисневої подушки шляхом видалення попередньо заповненою водою. Щоб заправити піпетку киснем, у неї влили дистильовану воду, до нижнього кінця під'єднали кисневу подушку з киснем, відкрили краник і  $O_2$  поступово заповнював піпетку. Піпетку вставили в отвір кришки ексикатора з коренеплодами та герметично закрили. В



**Рис. 1.** Визначення дихання коренеплодів цукрових буряків.

ексикатори на решітку вклали коренеплоди цукрових буряків, а на дно налили по 200 мл розчину бариту  $Ba(OH)_2$ , який поглинає виділений коренеплодами  $CO_2$ .

Інтенсивність дихання тривала протягом трьох годин. За цей період досліду через кожну годину підливали в піпетку визначений об'єм води, який свідчить про кількість поглинутого кисню ( $O_2$ ). Так як під час досліду на барію від поглинутого  $CO_2$  утворювалась плівка, ексикатор через кожну годину струшували.

Для визначення кількості виділеного  $CO_2$  і поглинутого кисню два ексикатори залишили без коренеплодів – контрольними. Перед початком постановки досліду записали температуру повітря й атмосферний тиск по манометру. Після закінчення досліду коренеплоди з ексикатора вийняли, а з розчину бариту з кожного ексикатора піпеткою

відібрали по 20 мл цього розчину, додали по 1-2 краплі індикатора фенолфталеїну й титрували децінормальним розчином щавлевої кислоти до того часу, доки цей розчин повністю не побілів.

Для розрахунку кількості пов'язаного бариту в першу чергу титрували розчин із контрольних ексикаторів. Показники з усіх ексикаторів склали, а потім за формулою розраховували кількість виділеного коренеплодами  $CO_2$ .

Показники поглинутого  $O_2$  також склали й розраховували кількість поглинутого  $O_2$ .

За різницею  $BaCO_3$ , який випав в осад, дослідного ексикатора та контрольного, визначили  $CO_2$ , який був виділений коренеплодами. Виділену кількість  $CO_2$  та поглинутого  $O_2$  коренеплодами визначали за відповідними формулами.

За показниками відношення виділеного  $CO_2$  до поглинутого  $O_2$  встановили дихальний коефіцієнт. Якщо такий коефіцієнт менше одиниці, то характер дихання буде аеробним, якщо більше одиниці – анаеробним.

Формула для визначення  $CO_2$

$$CO_2 = \frac{(A_k - A_{1,2...}) \cdot P \cdot t \cdot 1000}{H \cdot h \cdot 1,9774} \text{ мл/кг/год}$$

$A_k - A_{1,2...}$  – к-сть  $Ba(OH)_2$  пов'язано з виділеним  $CO_2$ ;

$P$  – у скільки разів зменшився об'єм  $Ba(OH)_2$ , який призначався для титрування;

$t$  – титр щавлевої кислоти для фіксації 2,2;

$H$  – наваги

$h$  – експозиція (год.);

1,9774 – питома вага мл  $CO_2$

$$O_2 = \frac{V \cdot \frac{Hp}{760} \cdot 1000}{(1+dt) \cdot C \cdot h} \text{ мл/кг/год}$$

**Таблиця 1.**

**Зразок запису в польовому журналі (Дата 12.10.2007р. температура повітря  $t +11,5^\circ C$ , атм. тиск  $p = 739,5$  мм)**

Показники	№	Маса Г	1 год.		2 год.		Об'єм кисню V	титрування		
			відл. мілілітрів	прил.	відл. мілілітрів	прил.		I	II	A
Ексикатор з коренеплодами, які після збирання знаходились на повітрі протягом 4 год.	1	1058				27		19,2	19,0	2,8
		818	-	20	-	21	31	19,5	19,0	2,6
	3	740	-	16	-	22	28	19,2	19,7	3,0
Ексикатор з коренеплодами, викопаними з ґрунту перед аналізом	1	1030					28	18,9	19,0	3,2
	2	1030	-					18,8	19,0	3,0
	3	818	-	19	-	28	35	19,2	19,0	3,0
Контрольний ексикатор	1	-	2	0	0	2	10	20,2	21,2	
	2	-						22,4	20,2	22,0

де:  $V$  – об'єм поглинутого  $O_2$ ;  
 $C$  – наваги;  
 $h$  – експозиція, год.;

$$\frac{H_p}{760} - \text{константа};$$

$(1+dt)$  – константа.

Інтенсивність дихання маточних коренеплодів цукрових буряків вивчали як у ґрунті під час вегетації, так і при зберіганні їх у різних умовах зовнішнього середовища. Досліди проводили в трикратній повторності.

Отримані дані з вивчення інтенсивності дихання занесли в польовий журнал.

**Результати досліджень.** У табл. 1 наводиться зразок одного запису в польовому журналі отриманих даних з вивчення інтенсивності дихання коренеплодів цукрових буряків.

Отриманий дихальний коефіцієнт (ДК) свідчить про те, що маточні коренеплоди переходять на анаеробний характер дихання.

У таблиці 2 наводяться результати проведених досліджень, які показали, що в коренеплодів, що були викопані з

**Розрахунок 1.** Викопані коренеплоди протягом 4 годин зберігались на повітрі

$$CO_2 = \frac{(A_k - A_{1,2...}) \cdot n \cdot t \cdot 1000}{H \cdot h \cdot 1,977}$$

$$CO_2 = \frac{2,8 \cdot 2,2 \cdot 10 \cdot 1000}{2 \cdot 1058 \cdot 1,977} = \frac{61600}{4183}$$

$$= 14,73 \text{ мг/кг/год}$$

$$O_2 = \frac{V \cdot \frac{H_p}{760} \cdot 1000}{(1+dt) \cdot C \cdot h} = \frac{36 \cdot 1,005 \cdot 1000}{2 \cdot 1,066 \cdot 1058} =$$

$$= \frac{36180}{2256} = 16,04$$

$$DK = \frac{14,73}{16,04} = 0,92$$

Дихальний коефіцієнт показує, що коренеплоди дихають аеробно.

**Розрахунок 2.** Коренеплоди, викопані з ґрунту перед аналізом

$$CO_2 = \frac{(A_k - A_{1,2...}) \cdot n \cdot t \cdot 1000}{H \cdot h \cdot 1,977} =$$

$$\frac{3,2 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 1000}{2 \cdot 1030 \cdot 1,977} = \frac{70400}{4073} = 17,28$$

$$O_2 = \frac{V \cdot \frac{H_p}{760} \cdot 1000}{(1+dt) \cdot C \cdot h} = \frac{28 \cdot 1,005 \cdot 1000}{2 \cdot 1,066 \cdot 1030} =$$

$$= \frac{28140}{2196} = 12,81$$

$$DK = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{17,28}{12,81} = 1,35$$

Дихальний коефіцієнт більше одиниці.

м'якого ґрунту (суглинки), дихальний коефіцієнт склав 0,86 одиниць, тобто менше

1,0. Це свідчить про те, що під час вегетації до коренеплодів був доступ

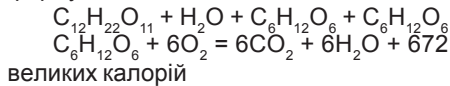
Таблиця 2

**Дихання маточних цукрових буряків (2005-2007) рр.**

Дата №	Місце зберігання коренеплодів	Звідки коренеплоди	Виділено $CO_2$ , мг/кг/час.			Поглинуто $O_2$ , мг/кг/час.			Дихальний коефіцієнт $CO_2 / O_2$	Примітка
			повторності		Середнє	повторності		Середнє		
			I	II		I	II			
12.10	Коренеплоди з м'якого суглинного ґрунту	з ґрунту	10,8	11,5	11,2	12,4	13,0	12,7	0,86	ґрунт сулісчаний
12.10	Коренеплоди, витягнуті з твердого ґрунту	з ґрунту	12,9	12,8	12,9	11,1	10,9	11,0	1,17	Міцний чорнозем
12.10	Коренеплоди, витягнуті з перезволоженого ґрунту	з ґрунту	13,4	14,0	13,7	10,9	11,4	11,2	1,2	ґрунт перезволожений
13.10	Коренеплоди після зберігання протягом 4 годин на повітрі	4 год. на повітрі	11,5	11,4	11,4	13,4	11,2	12,3	0,92	Трохи підв'ялені
12.10	Коренеплоди, що 20 діб в ямі вкриті землею	в кагатах	9,4	8,6	9,0	7,8	7,2	7,5	1,2	З'явилися відростки
14.11	Коренеплоди, що 50 діб зберігались у кагатах	в кагатах, вкр.земл.	8,1	7,9	8,0	4,1	4,3	4,2	19	Відростки до 5см здорові
15.04	Коренеплоди, що 6 місяців зберіг. у кагатах вкриті землею	в кагатах	8,1	8,6	8,4	1,9	1,7	1,8	4,7	Відростки почорніли
17.04	Коренеплоди з кагатів, що були 24 год. на поверхні	витягн. з каг.	10,0	10,6	10,3	7,7	6,8	7,3	1,41	Загнивання проростків
15.05	Коренеплоди, висадж.в ґрунт 17 діб	є проростки	23,0	27,6	25,3	24,4	28,2	26,3	0,96	З'явилисть проростки
02.10	Коренеплоди були 2 доби в гермет.бідонах	3 бідонів	25,0	30,0	27,5	не виявлено				Почат.бродін.
21.10	Коренеплоди були 20 діб в гермет.бідонах	з бідонів	39,7	43,2	41,5	не виявлено				Сильне бродін.
23.10	Коренеплоди після перебування в бід.24 год.на пов. ґрунту	через 5 діб	10,2	9,0	9,6	6,5	5,1	5,8	1,65	Зниження бродіння

повітря й вони в значній кількості поглинали  $O_2$ . Це характеризує аеробний характер дихання.

Так, у процесі дихання цукрових буряків при доступі кисню з повітря утворюється розпад накопиченого цукру до найпростіших кінцевих продуктів вуглецю та води. Таке дихання називається аеробним і виражається наступною формулою:



Гідроліз цукру відбувається під дією ферментів інвертази на глюкозу та фруктозу, котрі в подальшому під дією окислювальних ферментів (оксидаз) через цикл ди- та трикарболових кислот утворюють вуглекислий газ і воду.

У коренеплодів, які були викопані із твердого щільного ґрунту, дихальний коефіцієнт склав 1,17. Це свідчить про те, що вегетація проходила на межі між аеробним та анаеробним характерами дихання коренеплодів. Але це не вплинуло негативно на життєдіяльність коренеплодів.

Найвищий дихальний коефіцієнт 1,2 виявився в коренеплодів із перезволоженого ґрунту. Це свідчить про перехід буряків на анаеробний характер дихання, у результаті якого в коренеплодах накопичились спиртові сполуки, що сприяли відмиранню тканин. Тобто, у них відбувається бродіння, яке відкрив С.П.Костичев (1938). Про те, що в коренеплодах відбувається анаеробний характер дихання вказував А.Стоклаза (1902), коли вивчав їхнє дихання при зберіганні в умовах водню. Це можна було спостерігати в буряках фірми „Світанок” Васильківського району. Цей дослід довів, що загнивання коренеплодів під час вегетації є фізіологічним захворюванням.

Зниження дихального коефіцієнту спостерігали в коренеплодів, які були викопані із ґрунту та знаходились на поверхні при доступі навколишнього повітря під дією на них сонячних променів протягом чотирьох годин. У цих коренів спостерігали в'янення (втрата вологи). Тому при збиранні маточних коренеплодів не можна тривалий час тримати їх на поверхні ґрунту під дією сонячних променів. Отже, у коренеплодів, які викопали із ґрунту й негайно вклали в земляні ями (траншеї) та вкрили землею, зберігся характер дихання, яке було під час вегетації (дихальний коефіцієнт 1,2). Коренеплоди, які зберігались в траншеях протягом 20 діб і на них з'явилися бруньки, - свідчення їхньої життєдіяльності. Однак під час зберігання коренеплодів у закритих щільним шаром ґрун-

ту траншеях, дихальний коефіцієнт різко зріс до 1,90 одиниць, а при зберіганні їх у таких умовах протягом 6 місяців дихальний коефіцієнт досяг 4,7 одиниць. Це свідчить про те, що коренеплоди повністю перейшли на анаеробний характер дихання й у них відбувалось підвищене накопичення спиртових сполук, що сприяло почорнінню ростків, відмиранню генеративних органів бруньок на головках коренеплодів. Відбулась загибель коренеплодів від „задихання” через велику кількість (9,8%) накопиченого в кагатному повітрі  $CO_2$ . Такі коренеплоди терміново викинули з кагату на поверхню, та при наявності  $O_2$  понизили коефіцієнт дихання до 1,4 одиниці, а ті, що висадили в ґрунт на висадки по принципу „з землі в землю”, знизили коефіцієнт дихання до 0,96 та отримали в подальшому гарний урожай насіння цукрових буряків висадковим способом.

Дуже цікаві результати досліджень отримали при визначенні життєдіяльності коренеплодів у герметично закритих камерах (молочних бідонах). При зберіганні коренеплодів у таких бідонах протягом 5 діб вони виділяли велику кількість  $CO_2$  до 25-30 мг/кг/год. і зовсім не поглинали кисень. Тільки тоді, коли коренеплоди витягли з бідонів і залишили на повітрі при доступі  $O_2$  вони знизили виділення  $CO_2$  до 9-10 мг/кг/год. та поглинули  $O_2$  до 6 мг/кг/год. Дихальний коефіцієнт у них становив 1,15 одиниць.

Значне виділення  $CO_2$  (більше 40%) встановили в коренеплодів, які зберігались в герметично закритих бідонах. При цьому коренеплоди зовсім не поглинали кисень. Коли висадили ці коренеплоди в ґрунт зовсім не проросли. Отже, такі коренеплоди, внаслідок тривалого перебування в безкисневому середовищі, повністю перейшли на анаеробний характер дихання та в результаті накопичення в їхніх тканинах спиртових речовин загнули від загнивання.

**Висновки.** Таким чином, ми встановили, що загнивання коренеплодів

фабричних буряків є фізіологічним захворюванням. При цьому, у першу чергу, гинуть генеративні органи на головках коренеплодів – бруньки, а потім тканини коренеплодів.

Вивченням інтенсивності дихання цукрових буряків встановлено, що під час вегетації в коренеплодах відбувається одночасно два характеру дихання: аеробний і анаеробний.

При недостатній кількості кисню та підвищеному накопиченні вуглекислого газу коренеплоди цукрових буряків переходять від аеробного до анаеробного дихання, що вираховується відношенням виділеного  $CO_2$  до поглинутого  $O_2$ . Нормальним дихання коренеплодів вважається тоді, коли дихальний коефіцієнт, який визначається відношенням виділеного  $CO_2$  до поглинутого  $O_2$ , близький до 1.

Під час вегетації цукрових буряків на легкому ґрунті дихальний коефіцієнт становить менше одиниці, тоді коли на ущільненому ґрунті – більше одиниці, а на перезволоженому – ще більше, що свідчить про накопичення в тканинах великої кількості спиртових сполучень. У таких випадках коренеплоди починають загинувати.

Підвищенням дихального коефіцієнту, який досягає двох і більше одиниць, виявлено в коренеплодів, що довгий час зберігались в траншеях. Такий дихальний коефіцієнт показує, що в коренеплодах відбувається анаеробний характер дихання й підвищене накопичення спиртових сполук сприяло почорнінню відростків та загибелі на головках генеративних органів бруньок.

У коренеплодах, які зберігались протягом 5-20 діб у герметично закритих камерах (бідонах), взагалі відсутній дихальний коефіцієнт, тому що коренеплоди зовсім не вживали  $O_2$ , а дихали анаеробним характером тобто в коренеплодах спостерігалось бродіння.

Виявлені результати наукового дослідження дозволили розробити й отримати патент № 22339 „Спосіб розмноження буряків, стійких до загнивання”.

#### Бібліографія

- Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. К.: Либідь.- 2005. С. 352.  
Толмачев І.М. Дыхание сахарной свеклы и других растений в связи с различным снабжением их кислородом. Сборник трудов ВНИС. Т.35. К.: К.:Госсельхозиздат УССР.- 1957.- С.107.

#### Анотація

У статті викладено результати досліджень аеробного та анаеробного дихання коренеплодів під час вирощування та зберігання маточних цукрових буряків.

#### Анотация

В статье изложены результаты исследований аэробного и анаэробного дыхания коренеплодов во время выращивания и хранения маточной сахарной свёклы.

#### Annotation

The article deals with the results of investigations of aerobic and anaerobic respiration of roots during growing and storage of sugar beet mother roots.