

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**Ганженко О.М., Хіврич О.Б., Атаманюк О.М.,
Гументик М.Я., Фучило Я.Д., Квак В.М., Правдива Л.А.,
Сенчук С.М., Кононюк Н.О., Зиков П.Ю., Дмитрієв В.В.**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
з технології вирощування та переробляння
буряків цукрових як сировини для
виробництва біогазу

Київ - 2021

УДК 633.63 : 620.952

ББК 42

М 54

М 54 Методичні рекомендації з технології вирощування та перероблення буряків цукрових як сировини для виробництва біогазу / О.М. Ганженко, О.Б. Хіврич, О.М. Атаманюк, М.Я. Гументик, Я.Д. Фучило, В.М. Квак, Л.А. Правдива С.М. Сенчук, Н.О. Кононюк, П.Ю. Зиков, В.В. Дмитрієв – К.: Компринт, 2021. – 16 с.

Рекомендовано до друку Вченою Радою Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України, протокол № 17, від «17» листопада 2020 р.

Рецензент:

Волоха М.П., в.о. завідувача лабораторії агроєкомоніторингу і проблем землеробства, докт.техн.наук.

Адреса редакційної колегії: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, Київ – 110, 03110, тел. (044) 275-50-00;
E-mail: sugarbeet.ukr.net, www.bio.gov.ua

У методичних рекомендаціях викладено вимоги до площ, на яких планується вирощувати енергетичні буряки цукрові, строків виконання основного, ранньовесняного, передпосівного обробітків ґрунту та сівби насіння, до агротехнічних заходів з догляду за посівами та збирання буряків. Своєчасне та якісне виконання всіх технологічних процесів, передбачених цими рекомендаціями, забезпечить отримання стабільно високих урожаїв енергетичних буряків цукрових.

Рекомендації розроблені для сільськогосподарських підприємств, що вирощують буряки цукрові як сировину для виробництва біопалива, а саме біогазу.

УДК 633.63 : 620.952

ББК 42

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ВСТУП..... | 4 |
| 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНИХ ГІБРИДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ПРИДАТНИХ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НА БІОГАЗ | 5 |
| 2. ВИБІР ПОЛЯ ПІД ЕНЕРГЕТИЧНІ БУРЯКИ ЦУКРОВІ | 7 |
| 3. ОСНОВНИЙ ОБРОБІТОК ПОЛЯ | 8 |
| 4. ВЕСНЯНИЙ ОБРОБІТОК ПОЛЯ..... | 9 |
| 5. СІВБА НАСІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ..... | 10 |
| 6. ДОГЛЯД ЗА ПОСІВАМИ | 11 |
| 7. ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ..... | 12 |
| 8. ПЕРЕРОБЛАННЯ БУРЯКІВ. РОЗРАХУНОК ВИХОДУ БІОГАЗУ | 13 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 156 |

Україна не забезпечена у достатній кількості власними викопними джерелами енергії і змушена імпортувати значні обсяги енергоресурсів, на що витрачає понад 11 млрд.\$ щорічно. Тому розвиток відновлювальної енергетики сприятиме укріпленню енергетичної, економічної і політичної безпеки нашої держави. Незважаючи на це в Україні недостатньо уваги приділяється розвитку нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії, частка яких станом на 2019 рік склала лише 4,9%. Це значно менше порівняно з іншими країнами Європи. Серед відновлювальних джерел енергії в Україні найбільшого розвитку набуло виробництво і використання біологічних видів палива, частка яких у кінцевому енергоспоживанні становить 4,2% [1].

Перспективним, ефективним та інвестиційно привабливим є виробництво біогазу, що зумовлюється наявністю значного сировинного потенціалу, сприятливими природно-кліматичними умовами та низьким рівнем собівартості даного виду енергії. Виробництво і використання біогазу – це не тільки отримання альтернативного виду енергії, але й вирішення екологічних проблем, пов'язаних з утилізацією і переробкою відходів АПК і з отриманням органічних добрив, підвищенням врожайності сільськогосподарських культур.

Одним з інноваційних напрямів ресурсозбереження в останні роки є використання біогазу з сировини, яку постачає сільське господарство. В умовах України однією з культур в сільському господарстві, з якої можливе виробництво біогазу – є буряки цукрові (*Beta vulgaris*). Виробництво біогазу з сільськогосподарської сировини має здійснюватись на спеціалізованих підприємствах та заводах. Отриманий біогаз, після відповідної технологічної сепарації, перевершує природний газ за теплотворністю. Його використовують для опалення або для виробництва електрики [2,3].

Переваги використання енергетичних буряків цукрових для виробництва біогазу:

- високий вихід сухої речовини
- високий вихід метану з гектара
- високий потенціал урожайності навіть у місцевостях з прохолоднішим кліматом
- дуже швидке перетворення біомаси буряків цукрових у біореакторі
- висока гнучкість термінів збирання врожаю
- тривалий сезон росту може компенсувати коливання погодних умов [2].

Згідно Директиви 28/2009/ЄС рідке та газоподібне біопаливо, яке виготовляється на заводах, введених в експлуатацію після 2017 року, має забезпечити скорочення викидів парникових газів на 60% порівняно з використанням традиційного палива. Цією ж Директивою передбачено стандартні значення обсягів скорочення ПГ для певних виробництв [4]. Тому сама технологія вирощування буряків потребує удосконалення з метою зменшення викидів парникових газів під час їх вирощування, що дозволить господарствам виконати вимоги скорочення викидів ПГ у майбутньому [4, 5].

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНИХ ГІБРИДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ПРИДАТНИХ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НА БІОГАЗ

На сьогоднішній день у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік занесено 222 вітчизняних та зарубіжних сортів та гібридів буряків цукрових [7]. За належного виконання всіх елементів технології вирощування, ці сорти та гібриди дають досить високі показники продуктивності та виходу біопалива з них. ІБКІЦБ НААН є заявником ряду гібридів, які в повній мірі можна вирощувати для виробництва біогазу (табл. 1) [8].

Таблиця 1 – Характеристика вітчизняних гібридів

| Сорт/гібрид | Характеристика | Урожайність коренеп- лодів, т/га | Цукрис- тість, % | Збір цукру, т/га |
|--------------------|--|--|---------------------|------------------------|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
| Олександрія | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку, стійкий до церкоспорозу, борошнистої роси, коренеїду, має високу технологічну якість сировини, стійкий до кагатної гнилі. Рекомендований для зони Л . | 69,4 | 17,0 | 11,8 |
| Максим | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, урожайно-цукристого напрямку, стійкий до церкоспорозу, коренеїду, борошнистої роси. Рекомендований для зони П, Л, С . | 61,9 | 17,3 | 10,7 |
| Булава | Однонасінний диплоїдний гібрид на стерильній основі, урожайно-цукристого напрямку, стійкий до церкоспорозу, має високу технологічну якість, високо-стійкий до кагатної гнилі. Рекомендований для зони П, Л . | 64,7 | 17,6 | 11,4 |
| Кварта | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку. Рекомендований для зони П . | 55,5 | 18,8 | 10,6 |
| Злука | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку. Рекомендований для зони П . | 56,6 | 18,6 | 10,6 |
| Рамзес | Однонасінний диплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку, відносно стійкий до коренеїду, хвороб листя. Рекомендований для зони Л . | 54,9 | 16,7 | 9,2 |
| Константа | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку, стійкий до кагатної гнилі. Рекомендований для зони Л та С . | 49,4 | 16,7 | 8,2 |
| Уманський ЧС 97 | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку, відносно стійкий до коренеїду, хвороб листя. Рекомендований для зони П, Л . | 48,3 | 17,0 | 7,7 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|---|------|------|------|
| Верхня | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі. Рекомендований у зоні Л, С . | 60,4 | 19,3 | 11,7 |
| Сонячний | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, заявлений до апробації на придатність для поширення в Україні з 2019 р. | 60,0 | 17,1 | 10,2 |
| Етюд | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, урожайно-цукристого напрямку, стійкий до церкоспорозу, борошнистої роси, має високу технологічну якість цукросировини. Рекомендований у зоні Л, П . | 60,7 | 17,1 | 10,4 |
| Ольжич | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, стійкий до цвітущості, толерантний до церкоспорозу та коренеїду. Рекомендований для зони Л, С . | 51,6 | 17,8 | 7,7 |
| ЩБ 0801 | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, врожайно-цукристого напрямку, середньо стійкий до коренеїду та церкоспорозу, стійкий до кагатної гнилі. Рекомендований для зони Л та С . | 49,1 | 17,5 | 8,6 |
| Вільшанський | Новий однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі. | 61,5 | 17,8 | 10,9 |
| ЩБ-0904 | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, урожайно-цукристого напрямку, стійкий до кагатної гнилі. Рекомендований для зони С . | 51,6 | 17,1 | 8,9 |
| ЩБ-0905 | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, урожайно-цукристого напрямку, відносно стійкий до коренеїду та хвороб листя. Рекомендований для зони П . | 52,5 | 18,1 | 9,5 |
| Калинівський | Однонасінний триплоїдний гібрид на стерильній основі, рекомендований до апробації на придатність для поширення в Україні за результатами екологічного сортовипробування. Рекомендований для зони Л, С . | 60,9 | 19,8 | 12,1 |

Примітка: **П** – Полісся, **Л** – Лісостеп, **С** – Степ (північна перехідна частина або на зрошенні)

Найбільш продуктивними за врожайністю, серед гібридів представлених в таблиці 1, є однонасінні триплоїдні гібриди, що створені на стерильній основі. Серед них рекомендованими можуть бути такі гібриди, як: ‘Кварта’, ‘Злука’, ‘Рамзес’, ‘Олександрія’, ‘Вільшанський’. Врожайність коренеплодів таких гібридів сягає більше 50 т/га, при цьому їх цукристість досягає 17-18% і більше. Тому їх можна впевнено рекомендувати для виробництва біогазу. Усі наведені в таблиці гібриди є рекомендованими для вирощування переважно в Поліській та Лісостеповій зоні.

2. ВИБІР ПОЛЯ ПІД ЕНЕРГЕТИЧНІ БУРЯКИ ЦУКРОВІ

Буряки цукрові є однією з основних технічних культур Лісостепу, що потребують рекомендованих попередників, після яких створюється сприятливий водний і поживний режим ґрунту, а поле після них має добрий фітосанітарний стан (менша кількість бур'янів, шкідників, збудників хвороб). В усіх бурякосійних районах країни цю культуру розміщують після зернових попередників.

Відповідно до вимог, які визначені Директивою 2009/28/ЄС, вирощування енергетичних рослин, в т.ч. і буряків цукрових, не повинно здійснюватись за рахунок площ, відведених для вирощування з подальшим виробництвом цукру [4]. Це дозволить забезпечити виконання соціальної складової сталого вирощування біомаси і уникнути конкуренції з вирощуванням продовольчих ресурсів.

Слід зазначити, що буряк цукровий вирощують тільки в сівозмінах на кращих за родючістю ґрунтах, які містять значну кількість елементів мінерального живлення, мають достатню водопроникність і вологоємність, нещільну будову орного і підорного шарів, що сприяє інтенсивному розвитку кореневої системи, а відтак і росту коренеплодів. Для отримання високої врожайності буряків на неугіддях або малородючих землях, підготовка ґрунту повинна проводитись за принципом удобреного пару або напівпару.

Кращими попередниками для енергетичних буряків цукрових є зернові культури (озимі та ярі), які розміщуються після бобових (горох, соя, багаторічні бобові трави та інші), після злакових трав, кукурудзи на силос та зелений корм, кормових сумішок, ранньої картоплі.

Найбільш доцільним та рекомендованим є створення 4-5-пільних сівозмін з насиченням в ній культур придатних для виробництва біогазу, наприклад, таких як буряки, кукурудза, цукрове сорго.

| № поля | Сівозмінна | |
|--------|-----------------|-----------------|
| | <i>4-пільна</i> | <i>5-пільна</i> |
| 1 | соя (горох) | соя (горох) |
| 2 | озима пшениця | озима пшениця |
| 3 | буряки цукрові | буряки цукрові |
| 4 | кукурудза | кукурудза |
| 5 | | сорго цукрове |

Оптимальна реакція ґрунтового розчину для буряків близька до нейтральної (рН 6,0...7,0). Ґрунти з підвищеною кислотністю потребують вапнування.

За можливості, посіви енергетичних буряків цукрових розміщують поблизу переробних підприємств. Оптимальною є відстань до 50 км.

3. ОСНОВНИЙ ОБРОБІТОК ПОЛЯ

Обробіток ґрунту є важливим елементом системи землеробства, яким регулюють фізичний та механічний стан ґрунту. При цьому, основний обробіток ґрунту під енергетичні бур'яки цукрові не повинен призводити до значного вивільнення парникових газів. Зокрема використання (за можливості) безполицевого обробітку ґрунту або чизелювання дозволить значно зменшити викиди парникових газів на стадії підготовки ґрунту під вирощування сировини [4, 5].

У систему основного обробітку входить дискування стерні, яке дозволяє запобігти втратам вологи після збирання попередника. Для проведення лушення використовують дискові знаряддя. Дискування на чистих або забур'янених однорічними бур'янами площах проводять на глибину 6...8 см, на полях, засмічених коренепаростковими, кореневищними або дворічними бур'янами – до 10 см.

Через 14-21 день після останнього дискування або внесення гербіцидів проводять оранку. Для забезпечення якісної оранки та зменшення енерговитрат під бур'яки цукрові доцільно застосовувати оборотні плуги.

Для зменшення викидів парникових газів під енергетичні бур'яки цукрові бажано виконувати безполицевий обробіток ґрунту, який в повній мірі можна використовувати на полях чистих від органічних решток. Для цього можуть бути використані глибокорозпушувачі з обладнанням для внесення сипучих мінеральних добрив. За появи сходів бур'янів або його вирівнювання поле культивують.

Одночасно з основним обробітком ґрунту проводиться внесення удобрення. Удобрення бур'яків включає декілька етапів: основне – восени, коли вноситься понад 70% мінеральних добрив (особливо фосфорних та калійних), навесні – перед передпосівну культивацію суцільно або рядкове під час сівби та в період вегетації – підживлення. Восени під час основного обробітку ґрунту добрива заробляють на глибину оранки, навесні, за рядкового внесення – на 4...5 см, а під час підживлення – на 12...14 см. Норму добрив необхідно коригувати щодо кожного поля окремо.

За даними ФАО 13% усіх викидів CO₂, пов'язаних із сільськогосподарською діяльністю припадає на виробництво та внесення мінеральних добрив.

4. ВЕСНЯНИЙ ОБРОБІТОК ПОЛЯ

Головною метою ранньовесняного обробітку ґрунту є збереження ґрунтової вологи, накопиченої за осінньо-зимовий період та знищення проростаючих бур'янів. Проводять ранньовесняне боронування ґрунту за настання його фізичної стиглості на глибину до 4 см під кутом 30-45° до напрямку оранки в один-два сліди.

Передпосівний обробіток ґрунту проводять з метою повного знищення бур'янів та вирівнювання і розпушення верхнього шару ґрунту на глибину загортання насіння 2,5...3,5 см. Якісний передпосівний обробіток ґрунту забезпечують комбіновані агрегати.

Передпосівний обробіток ґрунту проводиться під кутом 5-10° до напрямку сівби з розривом в часі не більше трьох-чотирьох проходів посівного агрегату за середньодобової температури ґрунту на глибині 8...10 см – 5...6°C. Його виконують одночасно з сівбою в одному полі впродовж 1-2 календарних днів.

Показники якості передпосівного обробітку:

- глибина розпушеного шару – 2,5...3,5 см;
- щільність складання на суху масу ґрунтових часток над насінною від 1,0 до 1,2 г/см³;
- щільність насінневого ложа повинна бути від 1,2 до 1,3 г/см³;
- висота гребенів або глибина впадин ґрунту не повинна перевищувати 2±0,5 см;
- наявність не підрізаних бур'янів – не більше 2%;
- ширина перекриття попереднього проходу культиватора не більше 10 см.

Глибина розпушеного шару ґрунту повинна бути однаковою по всій ширині механізованого агрегату і не повинна відхилятися від заданої.

Вимоги до проведення передпосівного обробітку ґрунту представлені в ДСТУ 4819:2007 [9].



Передпосівна культивація (культиватор Lemken Korund 8/600)

5. СІВБА НАСІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

Сівба насіння енергетичних буряків цукрових є одним з найвідповідальніших прийомів у технології їх вирощування. Для сівби слід використовувати насіння районованих сортів і гібридів, яке за своїми посівними якостями відповідає вимогам діючих стандартів і технічних умов (ДСТУ 3226-95 [10], ДСТУ 8209:2015 [11], ДСТУ 8140:2015 [12], ДСТУ 8141:2015 [13] та ін.) (табл. 2).

Таблиця 2 – Посівні якості насіння, %

| Показник | Не дражоване | Дражоване |
|---------------------------|--------------|-----------|
| Схожість, не менше | 80,0 | 90,0 |
| Одноростковість, не менше | 85,0 | 95,0 |
| Вирівняність, не менше | 85,0 | 94,0 |
| Чистота, не менше | 98,0 | 99,0 |
| Вологість, не більше | 14,5 | 10,0 |

Процес сівби починають з настанням фізичної стиглості ґрунту, коли він добре кришиться, а температура на глибині 5...6 см досягає 6...8°C і містить певну кількість вологи, достатньої для проростання насіння в орному шарі ґрунту – НВ 60...80%.

Сівбу проводять впоперек напрямку оранки, спрямовуючи посівний агрегат під час першого проходу за візиром. Завершити сівбу на кожному полі необхідно за 1-2 дні. Запізнення з сівбою на 5-6 днів призводить до недобору 3...4 т/га коренеплодів.

Сіють енергетичні буряки цукрові сівалками з універсальними пневматичними за ширини міжрядь 45 см. Насіння загортають у вологий шар ґрунту на глибину 2,5...3,5 см ($\pm 0,5$ см), за посушливої весни – до 4,0 см.

За посушливої погоди та інтенсивного підсихання поверхні ґрунту посіви енергетичних буряків цукрових доцільно коткувати кільчасто-зубчастими котками.

Дражоване насіння рекомендується сіяти у зонах достатнього та нестійкого зволоження. У зоні недостатнього зволоження краще використовувати інкрустоване насіння.

Детальні вимоги до сівби насіння енергетичних буряків цукрових прописані в ДСТУ 6054:2008 [14].

6. ДОГЛЯД ЗА ПОСІВАМИ

Для підвищення ефективності заходів зі знищення бур'янів, слід поєднувати хімічні та механічні методи захисту посівів.

Хімічний обробіток посівів енергетичних буряків цукрових передбачає використання обприскувачів як причіпних, начіпних так і самохідних, за допомогою яких відбувається безпосереднє приготування та внесення розчину пестицидів. Робочі розчини пестицидів використовують упродовж однієї робочої зміни. Причіпні та начіпні технічні засоби для внесення пестицидів агрегуються з тракторами з тяговим зусиллям 14-20 кН. Внесення пестицидів проводиться за швидкості вітру до 5 км/год.

Для захисту посівів від бур'янів навесні, перед сівбою або після сівби, але до появи сходів вносять ґрунтові гербіциди. Більшість ґрунтових гербіцидів здатні ефективно стримувати появу сходів бур'янів упродовж 3-4 тижнів від часу їх внесення. Обприскування гербіцидами проводять вранці або увечері у суху погоду за температури повітря від 12 до 24°C. Оптимальна норма внесення робочого розчину ґрунтових гербіцидів – 250...300 л/га, післясходових – 150...250 л/га. Допустиме відхилення від вказаних норм – $\pm 5\%$.

Для сівби застосовують тільки насіння, оброблене інсектицидами системної дії, що забезпечує захист молодих рослин від найбільш небезпечних шкідників упродовж перших 4-6 тижнів після появи сходів. Період захисної дії фунгіцидів системної дії триває до 20-25 діб. За сприятливих умов для розвитку хвороб і збільшення ураженості ними рослин, проводять повторні обробки.

Міжрядні обробітки ґрунту сприяють створенню оптимальної ґрунтової структури та дозволяють, у поєднанні з хімічними заходами, ефективно захищати посіви від бур'янів. Перший міжрядний обробіток ґрунту проводять на глибину до 4 см, після появи першої пари справжніх листків, коли добре проглядаються рядки. Для цього використовують культиватори, обладнані лапами-бритвами та ротаційними батареями.

Друге міжрядне розпушування ґрунту проводять на глибину 6...8 см. Для розпушування ґрунту в міжряддях на глибину 10...12 см одночасно з підживленням буряків застосовують культиватори обладнані долотоподібними робочими органами. На ґрунтах щільністю понад 1,4 г/см³, застосовують культиватори з активними робочими органами фрезерного типу. За міжрядного розпушування зменшується ушкодження буряків коренеюдом.

За неефективної дії гербіцидів або їх відсутності, одночасно з розпушуванням ґрунту проводиться присипання ґрунтом бур'янів в зоні рядка лапами-бритвами з відвалами: перше у фазі 2-3 пар справжніх листків у буряків, друге – у фазі 4-5 пар. Висота ґрунтового гребеня за першого підгортання – до 2-3 см, за другого – до 5 см. Присипання бур'янів у зоні рядка – не менше 70%, а рослин буряків – не більше 5%. Не допускається утворення біля рядка борозенок завглибшки більше 3 см і присипання точки росту у буряків цукрових.

7. ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ

Збирання енергетичних буряків цукрових є надзвичайно важливим та вирішальним етапом в технології їх вирощування. За використання буряків на енергетичні цілі, особлива увага приділяється показникам якості процесу їх збирання.

Вирощування буряків передбачає збирання листового апарату, що йде на виробництво біогазу, при цьому підвищуються вимоги до наявності ґрунтових домішок, оскільки це негативно впливає на вихід біогазу. З 1 т листя можна отримати близько 120 м³ біогазу з вмістом метану понад 60%.

Після збирання буряків на поворотних смугах, ширина яких не більше 21,6 м (4 проходи 12-рядної сівалки), поле розбивають на загінки з кількістю рядків, кратною ширині захвату бурякозбиральної машини (оптимальна ширина загінки для 6-рядних машин – 240 рядків). Межі загінки повинні проходити по стикових міжряддях. Збирання буряків на поворотних смугах і міжзагінкових проходах має бути закінчено до початку масового збирання.

Наразі активно використовують два способи збирання буряків – потоковий та перевалочний. Останній застосовують за складних погодних умов, що призводить до забруднення коренеплодів під час їх збирання.

Перевалочний спосіб збирання застосовують у разі значної забрудненості коренеплодів та недостатньої кількості транспортних засобів. При цьому способом, із зібраних коренеплодів формуються тимчасові кагати на спеціально підготовлених майданчиках завдовжки 40 м і завширшки від 6 до 8 м. Кагати розміщують на поворотних смугах або біля доріг з твердим покриттям. Майданчики очищають від рослинних залишків, вирівнюють і розпушують дисковими або важкими зубовими боронами верхній шар ґрунту на глибину ходу робочих органів живильника-навантажувача (до 4-5 см).

Для збирання енергетичних буряків використовують такі комбайни, як: Grimme Maxtron 620, Grimme Rexor 630, Hollmer Terra Dos T3 та Hollmer Terra Dos T4-40, Moreau Lectra V2, Franz Kleine SF 10-2 та Franz Kleine RL 350 V, Ropa euro-Tiger V8-4, Ropa Tiger 6, Vervoet Beet Eater 925, Vervaet Q-616 та Q-621 та інші.



Ropa Tiger 6



Grimme Maxtron 620

8. ПЕРЕРОБЛЕННЯ БУРЯКІВ

Високий вміст цукру та сухої речовини – є ключовим аспектом вибору сировини для виробництва біогазу. Цукрові заводи мають сезонну організацію роботи (90-120 діб). Обладнання для виробництва біогазу може використовуватися в два етапи. У робочий період завод з біогазу буде переробляти буряк, а в інші, що залишились 8-9 місяців, може бути використаний буряковий жом та меляса або переробляти інші енергетичні культури (наприклад, кукурудза на силос, сорго цукрове). Біогазовий завод може працювати на цих субстратах впродовж маркетингового року. З 1 тонни свіжої бурякової маси з вологістю 75% можна виробляти 120 м³ біогазу (з вмістом метану 55-60%).

Використання буряків цукрових як субстрату для виробництва біогазу привернула значну увагу через високий урожай біомаси і хорошу біодеструктивність. Проте, обмежений час зберігання буряків призводить до необхідності зберігати їх як силос для того, щоб зробити цей субстрат доступним впродовж більш тривалого часу.

Існує 3 варіанти збереження біомаси цукрових буряків, як сировини для виробництва біогазу. За першим варіантом буряки зберігаються на полі після звичайного попереднього очищення, без будь-якої додаткової обробки, у звичайних кагатах. За цим варіантом спостерігається «стікання» соку з кагату, яке може становити до 25 % маси буряків. Буряки при цьому стають твердішими, всихають. Із кагату їх беруть по мірі потреби, здійснюють легку дезінфекцію, видаляють каміння та подрібнюють. Далі подають до біогазової установки.

Другий варіант ґрунтується на зберіганні бурякової мезги в силосній ямі. Привезені попередньо очищені коренеплоди після видалення камінців подрібнюють і подають у силосну яму. Звідти мезга в міру необхідності перекачується безпосередньо в ферментатор. Цей варіант має низькі витрати на будівництво й облаштування силосної ями та низькі експлуатаційні витрати. Натомість мають місце втрати через відкрите зберігання, які становлять близько 14 %.

У третьому варіанті зберігають бурякову мезгу у вертикальних герметичних силосних баштах. Попередньо очищені звичайним способом буряки миють, подрібнюють та перекачують утворену мезгу до силосної башти. За цим варіантом, завдяки закритому способу зберігання втрати сировини будуть незначними - близько 3-4%. Враховуючи недоліки та переваги кожного з варіантів зберігання було встановлено, що собівартість біомаси перед її подачею до ферментатора буде майже однаковою за усіма варіантами. При цьому усі три варіанти забезпечують меншу собівартість бурякової біомаси ніж силосу кукурудзи (50,7 €/т) [15].

Таким чином, буряки цукрові є гарною альтернативою кукурудзі. У порівнянні з силосованою кукурудзою, суха речовина буряків по суті складається з цукру, який може бути легко і майже повністю перетворений в біогаз.

РОЗРАХУНОК ВИХОДУ БІОГАЗУ

Для розрахунку виходу біогазу з буряків приймаємо, що з 1 кг сухої речовини можна отримати 0,7 м³ біогазу з вмістом метану 60%. При цьому біогаз може бути виготовлений як з коренеплодів так і з листя. Отже, формула для розрахунку виходу біогазу з 1 га посівів енергетичних буряків цукрових матиме вигляд:

$$F = F_K + F_G = \frac{U_K Q_K + U_G Q_G}{100} q, \quad (1)$$

де, F – загальний вихід біогазу, тис.м³/га;

F_K та F_G – вихід біогазу відповідно з коренеплодів та листя, тис.м³/га;

U_K – урожайність коренеплодів, т/га;

Q_K – вміст сухої речовини в коренеплодах, %;

U_G – урожайність листя, т/га;

Q_G – вміст сухої речовини в листках, %;

q – питомий вихід біогазу з 1 кг сухої речовини ($q = 0,7$ м³/кг)

Щоб визначити вихід енергії з біогазу, отриманого з одного гектара посівів енергетичних буряків цукрових необхідно розрахунковий об'єм біогазу помножити на його питому теплоту згорання:

$$E_F = F \cdot e_F, \quad (2)$$

де: E_F – вихід енергії, ГДж/га;

F – вихід біогазу з 1 га енергетичних цукрових буряків, тис.м³/га;

e_F – питома теплота згорання біогазу, МДж/м³ (за вмісту метану 60%

$e_F = 21,8$ МДж/м³).

Приклад розрахунку:

Урожайність коренеплодів буряків цукрових становить 50 т/га (суха речовина 25%), листового апарату – 30 т/га (суха речовина 17%). Розрахунковий вихід біогазу з 1 га цукрових буряків становитиме:

$$F = \frac{50 \cdot 25 + 30 \cdot 17}{100} \cdot 0,7 = 12,32 \text{ тис. м}^3$$

Вихід енергії з отриманого біогазу: $12,32 \cdot 21,8 = 268,6$ ГДж/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетичний баланс України за 2019 рік // Державна служба статистики України (Експрес-випуск від 30.11.2020)
2. Енергетичний цукровий буряк. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/produkty/tsukrovi-buryaky/energetychnyj-tsukrovyy-buryak/>
3. Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги та методи контролювання : ДСТУ 7721: 2015 [Чинний від 28.05.2015]. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НААН, 2016.
4. Директива 2009/28/EC. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
5. Smith P, Powlson DS, Glendining MJ, Smith JU (1998) Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology* 4, 679–685.
6. Біогаз в Україні, великі перспективи та реальність. URL: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-real-nist/>
7. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік // Міністерство агрополітики і продовольства України.
8. Каталог сортів (гібридів) цукрових буряків Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків на Виставково-інноваційному полігоні НААН у 2020 році / ІБКіЦБ НААН. – К., 2020. – 14 с.
9. ДСТУ 4819:2007 Обробіток ґрунту під цукрові буряки передпосівний. Вимоги та методи контролювання. [Чинний від 01.01.2009]. Київ : ІБКіЦБ НААН, 7 с.
10. ДСТУ 3226-95 Насіння однонасінних цукрових буряків. Посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 01.07.1999]. Київ : ІБКіЦБ НААН, 17с.
11. ДСТУ 8209:2015 Буряки цукрові. Показники якості насіння, приймання, підготовлення його на насіннєвих заводах до сівби та методи їх визначення. Технічні умови. [Чинний від 01.04.2017]. Київ : ІБКіЦБ НААН.
12. ДСТУ 8140:2015 Насіння цукрових буряків базисне. Посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2017]. Київ : ІБКіЦБ НААН.
13. ДСТУ 8141:2015 Насіння цукрових буряків передбазисне. Посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 01.01.2017]. Київ : ІБКіЦБ НААН.
14. ДСТУ 6054:2008. Буряки цукрові. Сівба. Показники якості та методи їх контролювання. [Чинний від 01.01.2010]. Київ : ІБКіЦБ НААН, 9с.
15. Mathias Schindler. Verdrengt die rebe bald den mais? // *Zuckerrebe*. – 2014, – № 1, – Р.36-39.

Наукове видання

ГАНЖЕНКО Олександр Миколайович
ХІВРИЧ Олександр Борисович
АТАМАНЮК Олег Михайлович
ГУМЕНТИК Михайло Ярославович
ФУЧИЛО Ярослав Дмитрович
КВАК Володимир Михайлович
ПРАВДИВА Людмила Анатоліївна
СЕНЧУК Світлана Миколаївна
КОНОНЮК Надія Олександрівна

| |
|-----------------------------|
| ЗИКОВ Павло Юрійович |
|-----------------------------|

ДМИТРИЄВ Володимир Васильович

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБЛАННЯ
БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ**

Формат 60×84 1/16. Тираж 300 пр. Ум. друк. арк. 1,2. Зам. №1269
Видавець і виготовлювач ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011 р.