

# ЛЕКЦІЯ 4

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ

### План заняття

Література

Вступ

1. Місце в сівозміні
2. Основний обробіток ґрунту
3. Удобрення енергетичних буряків цукрових
4. Весняний обробіток ґрунту
5. Передпосівний обробіток ґрунту та сівба насіння
6. Вимоги до якості посівного матеріалу
7. Догляд за посівами
8. Збирання врожаю
9. Переробляння цукрових буряків на біоетанол та розрахунок виходу біопалива

### ЛІТЕРАТУРА

1. Про альтернативні види палива. – Закон України №1391-VI від 21.05.2009 р. Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
2. Директива 2009/28/ЕС Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
3. Буряки цукрові. Терміни та визначення понять : ДСТУ 2153 : 2006 [Чинний від 01.07.2007]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 60 с.
4. Землеробство. Терміни і визначення понять : ДСТУ 4691 : 2006 [Чинний від 01.07.2007]. ННЦ «Інститут Землеробства УААН», 2008. 42 с.
5. Біоетанол. Технічні умови : ДСТУ 7166 : 2010 [Чинний від 01.01.2011]. Київ : УкрНДІспиртбіопрод, 2011. 15 с.
6. Енергетичний баланс України за 2016 рік. Державна служба статистики України. Експрес випуск № 506/0/08.4вн-17 від 20.12.2017.
7. Законопроект України про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту №7348/П від 12.04.2018
8. Adoption of the Paris Agreement. Approved 12.12.2015 – <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
9. В Америке будет построен крупнейший в мире завод биоэтанола // [Електронний ресурс]: <http://pda.finance.ua/ru/news/?curID=283256>
10. 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.
11. Державне агентство екологічних інвестицій України – Наказ № 75 від 12.05.2011 року «Про затвердження показників питомих викидів двоокису вуглецю у 2011 році».

12. Положення про Національний електронний реєстр антропогенних викидів та абсорбції парникових газів – затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 28 травня 2008 р. № 504.
13. Порядок національної інвентаризації антропогенних викидів із джерел та поглинання поглиначами парникових газів – затверджено Наказом Національного агентства екологічних інвестицій України від 24 жовтня 2008 року № 58.
14. Управління формуванням продуктивності цукрових буряків: Монографія / Сінченко В. М. – ІБКіЦБ НААН, ТОВ «Нілан-ЛТД» – К., 2012. – 582 с.
15. Каталог сортів (гібридів) цукрових буряків Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків на Виставково-інноваційному полігоні НААН у 2018 році / ІБКіЦБ НААН. – К., 2018. – 14 с.
16. ДСТУ 4819:2007 Обробіток ґрунту під цукрові буряки передпосівний. Вимоги та методи контролювання.
17. ДСТУ 6054:2008. Буряки цукрові. Сівба. Показники якості та методи їх контролювання.
18. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік // Міністерство агрополітики і продовольства України.
19. Карпук Л. М. Перспективи виробництва біопалива з цукрових буряків / Л. М. Карпук // Науковий журнал. Білоцерківський національний аграрний університет. – 2009.
20. Калетнік Г. М. Перспективи економічного зростання вітчизняного бурякоцукрового виробництва / Г. М. Калетнік // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 11. – С. 68–70.
21. Коденська М. Ю. Передумови розвитку та інвестування біоетанолової галузі у цукробуряковому виробництві / М. Ю. Коденська : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. цукровиків України [«Цукробурякове виробництво в умовах реформування національної економіки»], (м. Київ, 27–28 берез. 2012 р.) – К. : Цукор України, 2012. – С. 193–199.

## ВСТУП

Із року в рік сільськогосподарські виробники, що спеціалізуються на вирощуванні буряків цукрових, модернізують як існуючі виробничі потужності з перероблення їх на цукор, так і встановлюють нові потужності для перероблення побічних продуктів на біопаливо (етанол, біогаз, гранульований жом). Це дозволяє зменшити витрати природного газу, заміщуючи його відновлювальним біопаливом власного виробництва.

Країни з розвиненим промисловим виробництвом потребують великої кількості енергоресурсів. Більшість країн, зокрема Україна, імпортують енергоносії з-за кордону. У 2017 році на територію України було імпортовано енергоносії (30,6% від загальних обсягів споживання) на 11,4 млрд.\$ [6], в той час, як додавання до бензинів біоетанолу дозволило б значно зменшити обсяги імпорту. У країнах ЄС обов'язкова частка додавання біоетанолу в пальне становить 10%, у Сполучених Штатах – 35% [9]. У вітчизняному новому законодавстві розглядається можливість додавання біоетанолу до бензину [7].

Біоетанол додається до бензину з метою покращання його екологічних характеристик. Додавання біоетанолу в бензин підвищує вміст кисню, що дозволяє досягти більш повного його згоряння, при цьому знизити викиди CO<sub>2</sub>

на 30%. На сьогоднішній день біоетанол покриває більше 6% всього світового споживання моторного палива. Біоетанол застосовується переважно у вигляді паливних сумішей для підвищення октанового числа. Додавання до бензину 10% біоетанолу дозволяє на 50% зменшити викиди аерозольних частинок, а викиди оксиду вуглецю (CO) – на 30%.

За оптимістичним прогнозом, за даними Міжнародного Енергетичного Агентства, обсяг виробництва біоетанолу в світі у 2020 р. прогнозується на рівні 211 млн.т. Обсяг світової торгівлі біоетанолу становитиме близько 10% від загального світового обсягу виробництва. Лідерами виробництва залишаться США та Бразилія.

На сьогодні більш як 50 країн світу, в т.ч. і Україна, законодавчо підтримують використання біоетанолу в паливі для транспорту.

Біоетанол порівняно з традиційним бензином має такі переваги [8]:

- нижчу температуру згоряння, що зменшує зношуваність двигуна;
- високе октанове число, чого важко досягнути в звичайних бензинах;
- високу антидетонаційну стійкість;
- низький вміст ароматичних вуглеводнів та повну відсутність бензопірену;
- відсутні важкі вуглеводні, завдяки чому пробіг автомобіля між зміною мастила на біопаливі більший ніж на бензині;
- виробництво біопалива є екологічно безпечнішим та технологічно простішим у порівнянні із виробництвом будь-якого бензину.

Однак, слід згадати і про недоліки, серед яких найсуттєвішим є майже вдвічі нижча енергоємність. Так, у бензинів енергоємність в середньому становить 42 МДж/кг, а біоетанолу – 25 МДж/кг.

В умовах України буряки цукрові є найбільш перспективною культурою для виробництва біоетанолу, яке має здійснюватись на модернізованих цукрових заводах.

За оцінками експертів ООН, з початку ХХ ст., збільшення викидів CO<sub>2</sub> становило від 0,5 до 5% на рік. Тільки за рахунок спалювання викопного палива за останні сто років в атмосферу надійшло 400 млрд.т вуглекислого газу. Спалюючи накопиченні впродовж мільйонів років викопні вуглеводні (нафту, вугілля, природній газ) ми повертаємо баланс газів у атмосфері до того доісторичного рівня.

Тому, в зв'язку зі змінами клімату у світі дедалі більше уваги приділяється пошуку шляхів використання поновлюваної енергії, накопиченої рослинами завдяки фотосинтезу. Тому, передбачається щорічно залучати 100 млрд.\$ для заміни традиційних джерел енергії відновлювальними, серед яких значне місце посідає біоенергетика [8]. Основними парниковими газами є двоокис вуглецю (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), діазоту оксид (N<sub>2</sub>O).

В Україні питання щодо показників викидів парникових газів врегульовано наказами Державне агентство екологічних інвестицій України [11]. Постановою КМУ затверджено «Положення про Національний електронний реєстр антропогенних викидів та абсорбції парникових газів» [12]. Наказом НАЕІ України затверджено «Порядок національної інвентаризації антропогенних викидів із джерел та поглинання поглиначами парникових

газів» [13]. Функціонує Національний кадастр викидів парникових газів. Україні залишилось на законодавчому рівні затвердити механізми поетапного зменшення граничного обсягу викидів парникових газів та удосконалити систему контролю за викидами.

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. Зокрема встановлено, що біоетанол, отриманий із буряків цукрових забезпечує скорочення викидів ПГ на 52%, зерна кукурудзи – на 49%, цукрової тростини та сорго – на 71%, зерна пшениці – 16%. Найбільші скорочення викидів ПГ забезпечує біоетанол II покоління, виготовлений із соломи зернових культур (85%) та відходів деревини (74%) [2].

Відомо, що переважна більшість викидів парникових газів, пов'язаних з використанням біоетанолу з буряків цукрових здійснюється під час їх вирощування. Це говорить про необхідність змін технологій вирощування сировини, зокрема використання безполіцевого основного обробітку ґрунту чи інших практик використання земель, які підтвердили високий потенціал збереження вуглецю і отже дозволять господарствам виконати вимоги скорочення викидів ПГ у майбутньому [2, 10].

Визначальною ланкою в сучасних агрофітоценозах в якості генетичного фактору є сорт або гібрид, якому властива широка норма реакції, адаптивності та стійкості, що функціонально орієнтовано на конкретний рівень антропогенних факторів і має низький ступінь мінливості ознак на рівні організму та популяції [14]. На сьогоднішній день у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік занесено 227 вітчизняних та зарубіжних сортів та гібридів буряків цукрових [18]. За належного виконання всіх елементів технології вирощування, ці сорти та гібриди дають досить високі показники продуктивності та виходу біопалива з них.

Серед гібридів представлених, найбільш продуктивними за врожайністю, а також за розрахунковим виходом біоетанолу є однонасінні триплоїдні гібриди, що створені на стерильній основі. Серед них рекомендованими можуть бути такі гібриди вітчизняної селекції, як: 'Олександрія', 'Білоцерківський ЧС 57', 'Кварта', 'Злука', 'Ромул', 'Рамзес'. 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 біоетанолу, так як вихід біопалива з коренеплодів буряків цукрових перелічених вище гібридів становить 4,22-5,42 т/га.

В перспективі для виробництва біоетанолу доцільним може бути використання генно-модифікованих буряків цукрових, що дозволить спростити технологічний процес з їх вирощування, зменшити кількість обробітків пестицидами, зменшити енергетичні затрати, а відтак здешевити кінцеву продукцію та зменшити викиди парникових газів під час їх вирощування.

## 1. Місце в сівозміні

Відповідно до вимог, які визначені Директивою 2009/28/ЄС [2] політика у сфері біопалива не повинна негативно впливати на наявність продуктів харчування і екологічний стан довкілля. Тому вирощування енергетичних буряків цукрових не повинно здійснюватись за рахунок площ, відведених для вирощування з подальшим виробництвом цукру. Але це не стосується продуктів переробки бурякоцукрової галузі.

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

## **2. Основний обробіток поля**

Основний обробіток ґрунту починається з лушення стерні який проводять одночасно зі збиранням попередника або дещо згодом після його збирання дисковими лушильниками типу ЛД-11, Дукат-8. На чистих або забур'яненних однорічними бур'янами площах лушення проводять на глибину 6...8 см у два сліди перехресним способом із кутом атаки дисків 30...35°. На полях, засмічених коренепаростковими, кореневищними або дворічними бур'янами, глибину лушення слід збільшити до 10 см. Швидкість руху агрегату – 8...10 км/год.

За умови відростання після лушення коренепаросткових бур'янів до 10...15 см, вносяться гербіциди суцільної дії, після чого проводиться полицевий або безполицевий обробіток ґрунту плугами типу ПОН-3-35, ПОН-5-40+1.

Наступною проводиться глибока оранка з метою глибокого розпушування ґрунту для поліпшення його водно-повітряного та поживного режимів, заробляння поживних решток, бур'янів, органічних та мінеральних добрив. Обробіток ґрунту проводиться за швидкості агрегату до 7 км/год. За утворення брил для якісної розробки верхнього шару ґрунту, в агрегаті з плугом, застосовують борони. За появи сходів бур'янів поле культивують.

Для вирівнювання поверхні поля та знищення сходів бур'янів через 10-20 днів, особливо за оранки необоротними плугами, після яких можуть утворюватися брили, необхідно провести суцільну культивацію культиваторами типу ККП-6 («Галещина»), КПП-8 («Уманьферммаш»). Культивація проводиться культиваторами на глибину 5...7 см. Швидкість руху агрегату при цьому становить 10...12 км/год.

## **3. Удобрення енергетичних буряків цукрових**

Система удобрення енергетичних буряків цукрових включає декілька етапів: основне удобрення – восени, навесні перед передпосівною культивацією суцільно або рядкове під час сівби та підживлення – в період вегетації.

Підживлення переважно застосовують у зоні достатнього зволоження. У зоні нестійкого зволоження підживлення є доцільним якщо недостатньо було внесено добрив в основне удобрення.

Понад 70% мінеральних добрив (особливо фосфорних та калійних) вносять восени. Решту вноситься під час сівби в рядки. Норму добрив необхідно коригувати щодо кожного поля окремо.

За даними ФАО 13% усіх викидів CO<sub>2</sub>, пов'язаних із сільськогосподарською діяльністю припадає на виробництво та внесення мінеральних добрив.

#### **4. Ранньовесняний обробіток поля**

Головною метою ранньовесняного обробітку ґрунту є:

- збереження накопиченої у зимовий період ґрунтової вологи;
- підтримання поверхні поля в розпушеному та вирівняному стані;
- знищення бур'янів;
- створення сприятливих умов для проростання насіння буряків цукрових.

Весняний обробіток ґрунту включає ранньовесняне боронування ґрунту та передпосівну культивуацію комбінованими агрегатами, які за один прохід виконують понад чотири операції, а саме: вирівнювання, подрібнення грудок, розпушення, ущільнення насінневого ложа.

Запізнення із закриттям вологи на 1 день призводить до втрат 60...120 т/га ґрунтової вологи. Тому, за настання фізичної стиглості ґрунту проводять ранньовесняне його боронування на глибину до 4 см під кутом 30-45° до напрямку оранки в один-два сліди зубовими або пружинними боронами. Швидкість руху агрегату до 10 км/год. Висота гребенів після проходу агрегату не повинна перевищувала 2 см. Щільність розпушеного шару ґрунту повинна становити 1,0...1,1 г/см<sup>3</sup>. Вміст грудочок у структурі розпушеного шару ґрунту розміром більше 20 мм не повинен перевищувати 20%.

#### **5. Передпосівний обробіток ґрунту та сівба насіння**

Передпосівний обробіток ґрунту проводять з метою вирівнювання та розпушення верхнього шару ґрунту на глибину загортання насіння та повного знищення бур'янів під кутом 5-10° до напрямку сівби з розривом в часі не більше трьох-чотирьох проходів посівного агрегату. Глибина розпушеного верхнього шару ґрунту повинна бути однаковою по всій ширині захвату агрегату і становити 2,5-3,5 см в залежності від ґрунтово-кліматичних умов. Якісний передпосівний обробіток ґрунту, що включає вирівнювання поверхні поля, створення дрібногрудкуватої структури ґрунту на глибину загортання насіння та знищення сходів бур'янів забезпечують комбіновані агрегати для передпосівної підготовки ґрунту типу «Компактор» К-600 (Lemken) або вітчизняні аналоги, культиватори типу АП-6, або УСМК-5,4В. Використання комбінованих агрегатів типу Eurodisk 6000 (BBG) не укомплектованих стрілочатими лапами не допускається, через неякісне підрізання бур'янів.

Передпосівний обробіток ґрунту під буряки цукрові необхідно виконувати 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 ґрунту повинні відповідати таким нормам:

- глибина розпушеного шару, залежно від вологості ґрунту – 2,5-3,5 см;
- щільність складання на суху масу ґрунтових часток над насінною від  $1,0 \text{ г/см}^3$  до  $1,2 \text{ г/см}^3$ ;
- щільність насінневого ложа повинна бути від  $1,2 \text{ г/см}^3$  до  $1,3 \text{ г/см}^3$ ;
- висота гребенів або глибина впадин ґрунту не повинна перевищувати  $2 \pm 0,5 \text{ см}$ ;
- наявність не підрізаних бур'янів не повинна бути більша ніж 2%;
- ширина перекриття попереднього проходу культиватора повинна бути до 10 см.

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

Запізнення з сівбою на 5-6 днів призводить до недобору 3...4 т/га коренеплодів. Тому необхідно усі операції з сівби буряків цукрових проводити якісно і своєчасно в оптимально-ранні строки за середньодобової його температури на глибині 5...6 см – 6...8°C. Сівбу на одному полі проводити за 1-2 робочих дні. Ширина міжрядь сівалки повинна становити 45 см за відхилення не більше 1 см, а ширина стикових міжрядь – 50 см ( $45+5 \text{ см}$ ) з відхиленням  $\pm 2,5 \text{ см}$ . Ширина поворотних смуг на кінцях гонів, що засіваються поперек повинна бути рівною трьом-чотирьом захватам сівалки.

Сіють енергетичні буряки цукрові сівалками з універсальними пневматичними чи механічними висівними апаратами за ширини міжрядь 45 см. Із вітчизняних машин для сівби енергетичних буряків цукрових найчастіше використовують універсальні пневматичні сівалки типу УПС-12, СТВТ-12 з механічним висівним апаратом. З іноземних машин найбільшого поширення набули сівалки з пневматичними висівними апаратами типу Multikorn, Optima та ін. Робоча швидкість посівного агрегату знаходиться в межах 5,4...7,2 км/год. За достатньої вологості ґрунту його загортають на глибину 2,5...3,5 см ( $\pm 0,5 \text{ см}$ ), за посушливої весни – до 4,0 см у вологий шар ґрунту. За посушливої погоди та інтенсивного підсихання поверхні ґрунту посіви енергетичних буряків цукрових доцільно коткувати кільчастозубчастими (ККН-2,8, КЗК-6).

## **6. Вимоги до якості посівного матеріалу**

У процесі підготовки насіння важливим є проведення заходів, які б сприяли підвищенню його одноростковості, інтенсивності проростання та схожості. Насіння буряків цукрових готують до сівби на насінневих заводах, де його сушать, очищують, шліфують, калібрують на фракції 3,5...4,5 мм і 4,5...5,5 мм, обробляють захисними та стимулюючими речовинами, капсулюють, інкрустують або дражують.

Для сівби слід використовувати насіння районованих сортів і гібридів, яке за своїми посівними якостями відповідає вимогам діючих стандартів і технічних умов (ДСТУ 3226-95, ДСТУ 8209:2015, ДСТУ 8140:2015, ДСТУ 8141:2015 та ін.).

## 7. Догляд за посівами

Системі догляду за посівами у технології вирощування енергетичних буряків цукрових належить надзвичайно важлива роль. Вона включає комплекс заходів, спрямованих на інтенсифікацію ростових процесів енергетичних буряків цукрових, знищення бур'янів у посівах, підвищення стійкості рослин до хвороб та контролювання чисельності шкідників. Для підвищення ефективності заходів зі знищення бур'янів, слід поєднувати хімічні та механічні методи захисту посівів.

Хімічний обробіток посівів енергетичних буряків цукрових передбачає використання ряду технічних засобів для приготування та внесення робочих розчинів пестицидів таких як ОПШ-3521, ОПШ-2000-18, ОПК-2000, ЕКО-2000-18 ШПС, Amazone UG 3000, GASPARDO CAMPO 32 тощо.

Робочі розчини пестицидів готують безпосередньо перед внесенням та використовують упродовж однієї робочої зміни. Відхилення фактичної норми внесення робочих розчинів від розрахункової допускається до  $\pm 5\%$ . Технічні засоби для внесення пестицидів агрегуються з тракторами з тяговим зусиллям 14-20 кН. Швидкість їх руху постійна в межах 5-12 км/год.

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. Неякісно оброблений ґрунт знижує ефективність ґрунтових гербіцидів до 30-40%.

Обприскування гербіцидами проводять вранці або увечері у суху погоду за температури повітря від 12 до 24°C, з урахуванням властивостей гербіцидів, після появи нової хвилі бур'янів. 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 буряків цукрових використовують тільки насіння, оброблене інсектицидами системної дії, що забезпечує захист молодих рослин від найбільш небезпечних шкідників упродовж 4-6 тижнів. У разі появи шкідників у кількості, що перевищує економічний поріг шкодочинності (ЕПШ), проводять обприскування посівів хімічними (інсектицидами) або біологічними препаратами.

Серед найбільш небезпечних хвороб буряків цукрових є коренеїд, який уражує молоді рослини у фазі «вилочки» – першої-третьої пари справжніх листочків, що призводить до зрідження посівів. Для попередження поширення шкідників та розвитку хвороб велике значення має науково-обґрунтована система чергування культур у сівозміні. Насичення сівозміни буряками повинно бути не більше 30%, а повернення на попереднє місце – не раніше ніж через 3-4 роки.

У посівах енергетичних буряків цукрових також проводять і міжрядні обробітки ґрунту, що сприяє створенню оптимальної ґрунтової структури та дозволяє, у поєднанні з хімічними заходами, ефективно захищати посіви від бур'янів. Проводять даний захід з метою сприяння кращому поглинанню ґрунтом атмосферних опадів, зменшення його щільності, в разі надмірного ущільнення, поліпшення його водно-повітряного режиму, покращення умов для росту і розвитку рослин буряків. Відмова від розпушування збільшує непродуктивні



витрати вологи з верхніх шарів ґрунту в період до змикання листків у міжряддях.

Перший міжрядний обробіток ґрунту за необхідності проводять коли добре проглядаються рядки – після появи першої пари справжніх листків. Для цього використовують культиватори, обладнані лапами-бритвами (по дві на кожне міжряддя) та ротаційними батареями. Глибина обробітку до 4 см.

Друге міжрядне розпушування, якщо в цьому є необхідність, проводять на глибину 6-8 см. Для розпушування ґрунту в міжряддях одночасно з підживленням енергетичних буряків цукрових на 10-12см, застосовують культиватори типу КРНВ-5,6-02, УСМК-5,4В обладнані долотами.

Досить якісне розпушування досягається культиваторами типу УСМК-5,4В за робочої швидкості руху до 7,2 км/год. На дуже ущільнених ґрунтах, щільністю понад 1,4 г/см<sup>3</sup>, застосовують культиватори з активними робочими органами фрезерного типу, в зоні дії яких досягається повне знищення бур'янів. Швидкість руху такого агрегату не більше 8,0 км/год, обробіток ґрунту проводиться на глибину до 8 см.

За міжрядного розпушування зменшується ушкодження енергетичних буряків цукрових коренейдом. Найкращий ефект від міжрядних обробітків досягається за їх поєднання (чергування) з хімічними методами захисту.

За неефективної дії гербіцидів або їх відсутності, одночасно з розпушуванням ґрунту проводиться присипання ґрунтом бур'янів в зоні рядка лапами-бритвами з відвалами. Перше присипання проводиться у фазі 2-3 пар справжніх листків у буряків, друге – у фазі 4-5 пар. Швидкість руху агрегату до 6 км/год. Присипання бур'янів у зоні рядка – не менше 70%, а рослин буряків – не більше 5%.

## **8. Збирання врожаю**

Від правильної і чіткої організації процесу збирання буряків, раціонального використання та якісного налаштування технічних засобів для збирання і транспортних засобів, залежить повнота збору врожаю та загальний вихід енергії з одиниці площі.

За результатами досліджень, проведеним на дослідному полі ІБКіЦБ встановлено, що збирання буряків цукрових на біоетанол потрібно проводити в період їх технологічного дозрівання з 20 вересня по 20 жовтня.

Так, розрахунковий вихід біоетанолу в III декаді вересня становив 5,33 т/га, а на III декаду жовтня – 5,81 т/га.

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

Збирання буряків на поворотних смугах і міжзагінкових проходах має бути закінчено до початку масового збирання. Після збирання буряків на поворотних смугах поле розбивають на загінки з кількістю рядків, кратною ширині захвату бурякозбиральної машини.

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.

Збирання потрібно починати спочатку з полів, віддалених від доріг з твердим покриттям, більш раннього строку сівби, а також з ділянок, де буряки пошкоджені хворобами і шкідниками, з нерівномірним розміщенням рослин і наявністю великих дуплистих коренеплодів, під час збирання яких найбільш ймовірно їх пошкодження.

Збирання енергетичних буряків цукрових проводять такими комбайнами як: Hollmer Terra Dos, Franz Kleine SF 10-2, Matrot M 41, Grimme Maxtron 6-20, Vervaet Beet Eater, Moreau Voltra 6-24, ROPA Tiger 6.

За перевалочного способу збирання застосовують такі навантажувачі-очисники як Franz Kleine RL 350 V, ROPA euro-Maus 3 тощо.

## 9. Перероблення цукрових буряків на біоетанол та розрахунок виходу біопалива

Виробництво біоетанолу з цукрових буряків можливе за декількома способами:

- класичним способом цукрові буряки переробляються на цукор, а меляса (як побічний продукт) – на біоетанол.
- усі коренеплоди переробляються на біоетанол, при цьому зростає його собівартість.
- частина очищеного соку з цукрових буряків поступає на виробництво цукру, а інша частина – на біоетанол.

з отриманого цукрового сиропу, який згодом буде перероблятися на біоетанол.

До 40% загальної кількості спирту, що виробляється спиртовими заводами виробляється з меляси.

Розрахунок виходу біоетанолу з сировини цукрових буряків здійснюємо за формулою (1):

$$M = \frac{U \cdot S \cdot b \cdot k}{100}, \quad (1)$$

де,  $M$  – вихід біоетанолу з 1 га енергетичних цукрових буряків, т/га;

$U$  – урожайність коренеплодів, т/га;

$S$  – цукристість коренеплодів, %;

$b$  – коефіцієнт виходу біоетанолу з цукру,  $b=0,51$ ;

$k$  – коефіцієнт заводського виходу біоетанолу,  $k=0,9$ .

Для розрахунку виходу біоетанолу використовуємо хімічну формулу спиртового бродіння:



Згідно формули хімічної реакції (2) з 1 кг цукру (глюкози) можна отримати 510 г біоетанолу та 490 г вуглекислого газу. Отже коефіцієнт  $b$ , який характеризує вихід біоетанолу з цукру становить  $b=0,51$ .

Сучасні заводи з виробництва біоетанолу забезпечують заводський вихід на рівні 86...92%, тому коефіцієнт заводського виходу приймаємо  $k=0,9$ .

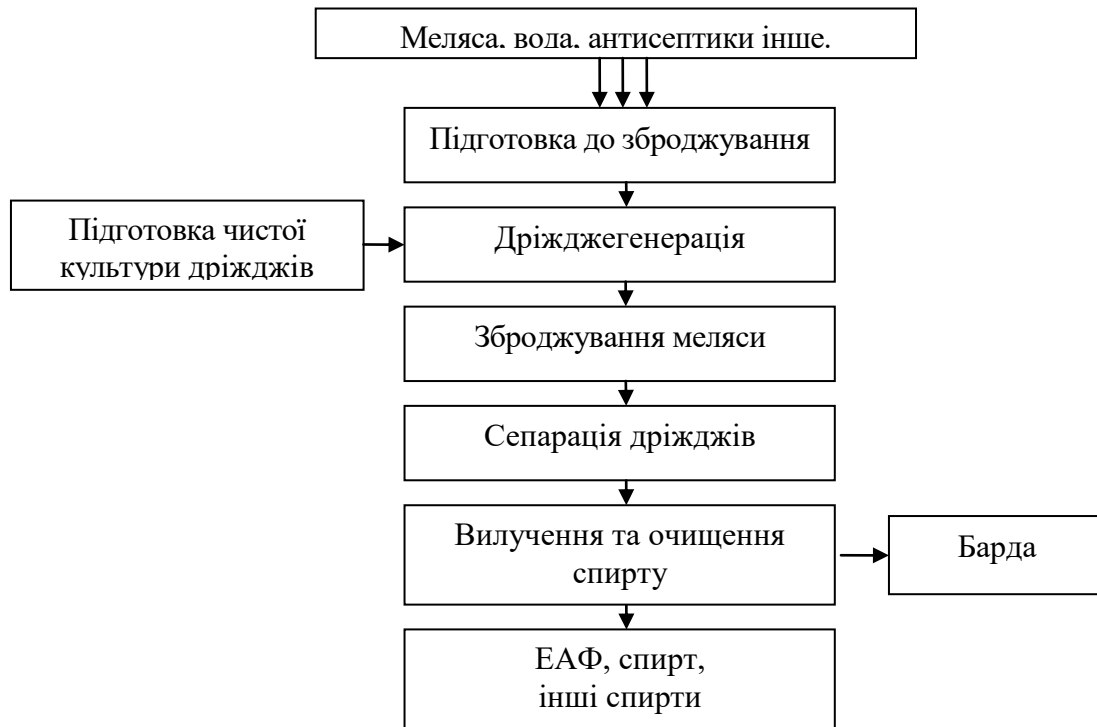


Рис. 2. – Функціональна схема безвідходної переробки меляси

Щоб визначити вихід енергії з біоетанолу, отриманого з одного гектара посівів енергетичних цукрових буряків необхідно масу отриманого біоетанолу помножити на його енергоємність:

$$E_m = M \cdot e_m, \quad (3)$$

де  $E_m$  – вихід енергії, ГДж/га;

$M$  – вихід біоетанолу з 1 га енергетичних цукрових буряків, т/га;

$e_m$  – енергоємність біоетанолу, ГДж/т (25 ГДж/т).

**Приклад розрахунку:**

Урожайність коренеплодів цукрових буряків становить 50 т/га, цукристість – 16%. За формулою (1) маємо:  $M = 50 \cdot 16 \cdot 0,51 \cdot 0,9 / 100 = 3,672$  т/га біоетанолу. За формулою (3) розраховуємо кількість енергії, яку можна отримати від спалювання 3,67 т біоетанолу:  $E_m = 3,67 \cdot 25 = 91,75$  ГДж/га.

Отже, з 1 га посівів енергетичних цукрових буряків за врожайності коренеплодів 50 т/га та цукристості 16% можна отримати 3,67 т біоетанолу, що еквівалентно 91,75 ГДж енергії.