

УДК 633.174: 631.031.2/4

Г. К. ДРЕМЛЮК, М. В. ЧЕРВОНІС, О. І. РИБАЛКА, В. Л. ГАМАНДІЙ  
Селекційно-генетичний інститут – Національний центр  
насіннезнавства та сортовивчення

## **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СЕЛЕКЦІЇ СИНТЕТИЧНИХ СОРТІВ СОРИЗУ (SORGHUM ORYSOIDUM) НА ВИХІД БІОЕТАНОЛУ**

*Досліджена трансформація крохмалю зерна соризу в біоетанол різних сортів і ліній в розрізі сортотипів. Доведено, що ефективність процесу залежить меншою мірою від вмісту крохмалю, ніж від його гранулометричного складу. Визначені селекційні критерії добору компонентів синтетиків, які забезпечують високу ферментабельність крохмалю зерна і вихід біоетанолу на рівні 460 л/т. Передано новий сорт Фонтан на державне сортовипробування.*

Ключові слова: сориз, сорт зерно, крохмаль, гранулометрія, трансформація, біоетанол, кормовий шрот, біогаз

**Вступ.** В розвинутих країнах світу для забезпечення автотранспорту енергоносіями, на рівні з бензином, використовують спирт етанол, який виробляють з рослинної сировини ряду культур. Так, в США виробництво цього виду пального, переважно з кукурудзи і сорго, досягло 150 млн гкл в рік. В Німеччині, яка являється лідером в Європі з виробництва біоетанолу та близької до неї Франції, даний продукт виробляють із зерна пшениці і тритикале, де з кожної тонни отримують близько 350 л/т спирту і стільки ж цінного шроту із вмістом білка біля 30% для відгодівлі тварин і птиці.

Для нашої країни питання енергетичної незалежності в сучасних умовах набуває ще більшого значення, і обов'язок вчених всіляко сприяти його найшвидшому вирішенню.

Для виробництва біоетанолу на спиртозаводах України в якості сировини використовують фуражне зерно пшениці, тритикале, кукурудзи і в незначній кількості сорго. Між іншим, в нашому інституті наприкінці минулого тисячоліття створена нова круп'яна культура – сорго рисозерне (коротко – сориз), яка за показниками якості зерна суттєво перевершує звичайне зернове сорго, має високий потенціал продуктивності і характеризується ранньостиглістю та технологічністю у вирощуванні [ 1 ]. За даними науковців відділу генетичних основ селекції СГІ, саме зерно соризу, в окремих зразках якого міститься 74% і вище високоякісного крохмалю і який добре трансформується в спирт, являється перспективним для виробництва цього виду пального [2]. Як показали спеціальні дослідження, сориз за виходом етанолу випереджає такі зернові культури, як озима пшениця, ячмінь і тритикале, забезпечуючи його вихід на рівні кукурудзи.

За продуктивністю синтетичні сорти соризу, створені нами за власним методом [3], не поступаються звичайному зерновому сорго і в сприятливих умовах дають до 7 т/га високоякісного зерна. Як і кукурудза, сориз не містить танінів та інших шкідливих речовин, що добре сприяє спиртовому бродінню та не зменшує цінність для тварин високобілкового шроту. Важливою перевагою соризу перед районованими формами сорго є його скоростиглість, завдяки чому час збирання зерна настає в кінці серпня, що дає змогу раніше приступати до використання продукції для цільової переробки і вчасно підготувати поля під озимі культури. За кращої технологічності соризної сировини (значно нижча вологість, добра сипучість, відсутність в потребі післязбирального підсушування), економіку виробництва біопалива із зерна соризу можна прирівняти до кормової пшениці або тритикале, а що до виходу біоетанолу, то він звичайно вищий.

Враховуючи кліматичні умови півдня України, де проявляються часті посухи, а більшість опадів припадає на другу половину літа, сорти соризу, які формують урожай зерна саме в цей період, в екстремальних умовах за врожайністю часто перевершують кукурудзу, що варто враховувати виробникам.

Світовий досвід показує, що ефективність трансформації зерна в спирт значною мірою залежить не тільки від культури, але й від генетичних особливостей сорту. Тому в тих країнах, де виробляють цей вид пального, розгорнуті програми з селекції сортів і гібридів спеціального призначення, зерно яких найбільш придатне для цільової переробки його крохмалю в спирт.

Основним компонентом зерна, який під дією гідролітичних ферментів трансформується в спирт, являється крохмаль. При цьому важливою ознакою якості сировини спиртодистильного напрямку є висока ефективність трансформації крохмалю в біоетанол. Вона має чітку генетичну детермінацію і пов'язана із фізико-хімічними властивостями крохмалю, зокрема з його гранулометричною структурою, або співвідношенням різних за розмірами крохмальних гранул. За даними Еверса, в дозрілому ендоспермі пшениці відрізняють 2 типи крохмальних гранул А і В. Третій тип гранул С являється мілкою фракцією гранул типу В [4].

Розмір гранул крохмалю суттєво впливає на його хімічні та фізичні властивості [5]. Доведено, що у пшениці розмір крохмальних гранул змінюється в широкому діапазоні: тип А – 15-35 мікрон, тип В – 5-10 і тип Д (С) – менше 2-х мікрон [6].

На зернових культурах встановлено, що дрібні гранули крохмалю, у порівнянні з крупними, характеризуються більшою (сумарною) площею поверхні на одиницю маси. Такий тип гранул легше піддається механічному руйнуванню під час розмелу, що, в свою чергу, збільшує атакованість ферментами на шляху трансформації крохмалю в біоетанол [7].

Визначення ефективності трансформації крохмалю в спирт, в залежності від гранулометрії та хімічного складу, проведене також на лініях пшениці різного генетичного походження, що відкриває потенційні можливості різних видів даної

культури [8]. Що до соризу, який належить до зернового сорго і також багатий на різноманітності, детальних досліджень в цьому плані ще не проводилось і даних, які б характеризували ефективність трансформації різних за походженням сортів в біоетанол і слугували критеріями в селекції на цю ознаку, ніким ще не отримано. Це примусило нас провести комплексні дослідження за вищесказаною проблемою.

Необхідно відмітити, що цілеспрямована робота в цьому напрямку розпочата нами трохи раніше – після виявлення окремих зразків одного із сортотипів з підвищеним вмістом крохмалю і високим виходом біоетанолу. На їх основі були відпрацьовані лінії і створено перший синтетичний сорт, який під назвою Титан був занесений в Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2008 році, чим був започаткований новий напрям селекції сортів соризу технічного призначення. Нині ця робота проводиться в рамках ПНД НААН України «Біоенергетичні ресурси» за програмою 3 « Крохмаленосна сировина».

Мета даних досліджень є удосконалення прийомів добору компонентів синтетиків соризу за результативними ознаками, які сприяють ефективній трансформації зерна в біоетанол. Основним завданням досліджень являлось встановлення гранулометричної структури крохмалю різних сортів і ліній, співвідношення крохмальних гранул за розміром та виділення кращих для їх цільового використання. Оскільки генофонд соризу нашої селекції включає в себе різні сортотипи, які чітко відрізняються між собою за морфологічними ознаками і технологічними показниками [9], варто було визначитись з даними різноманітностями в плані селекції культури на вихід біоетанолу та можливістю використання окремих сортів продовольчого призначення з цією метою. Нарешті треба було виявити характерні критерії, за якими необхідно вести селекцію сортів соризу технічного призначення.

**Матеріал і методи досліджень.** Враховуючи дороговизну і складність проведення необхідних аналізів, для комплексної оцінки було взято по три зразка – районованих або перспективних форм з найбільших за обсягом використання сортотипів (табл.1) і дев'ять самозапилених ліній, які, на наш погляд, добре характеризують експериментальний матеріал.

Таблиця 1

Характеристика експериментальних сортів і ліній соризу в розрізі сортотипів, середнє за 2011 – 2012 рр.

Сорто-тип	№ з/п	Сорт, лінія	Урожай зерна, ц/га	Маса 1000 зерен, г.	Скловидність ендосперму, %	Твердість ендосперму, станд. од.	Екструзивна здатність, бал
1	1	Факел	65,0	41,1	95	26	9
1	2	Крос	67,4	40,2	95	26	9
1	3	33/12	69,1	38,5	90	24	9
2	4	Кварц	60,4	32,0	100	30	9+
2	5	82/12	62,0	30,9	100	32	9+

2	6	106/12	61,8	30,9	100	32	9+
3	7	Титан	62,5	31,2	45	20	0
3	8	118/12	67,2	33,0	40	20	0
3	9	323/12	65,4	32,4	40	20	0

Примітка: 1 – стандартний сортотип, етанол – сорт Одеський 302;  
 2 – янтарний сортотип, етанол – сорт Кварц;  
 3 – титановий сортотип, етанол – сорт Титан

Поряд з наведеними в таблиці 1 технологічними показниками, сорти різних сортотипів чітко відрізняються між собою за архітектонікою рослин, довжиною вегетаційного періоду, морфологічними ознаками, що полегшує добір компонентів синтетиків різного продовольчого призначення. Допускалось, що деякі з характерних ознак можуть бути маркерними і при селекції на вихід біоетанолу.

Крім представлених в таблиці 1 зразків, окремо були проведені дослідження, поряд з виходом спирту, також і виходу вуглекислого газу у ряді самозапилених ліній титанового сортотипу разом з його сортами.

Експериментальний матеріал був вирощений в посушливих умовах півдня України ( ДПДГ СГІ «Дачна»). Для аналізів брали зерно одного і того ж року врожаю.

Визначення вмісту крохмалю виконували за стандартом ГОСТ – 108 45-98, вміст білка – за міжнародним стандартом ISO 1871.

Розмір крохмальних гранул вимірювали за допомогою світлового мікроскопа та мікрометра окулярного МОВ – 1-15. Оцінювали по 100 крохмальних гранул в чотирикратній повторності.

Ферментацію зразків зерна та дистиляцію проводили згідно з галузевим стандартом ГСТУ 46.045 – 2003 з використанням сконструйованих в лабораторії реактора – ферментатора та дистиляційної установки.

Концентрацію етанолу визначали за допомогою високоточних пікнометрів та спеціальних розрахункових таблиць.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Однією з важливих ознак, від яких залежить вихід біоетанолу, є вміст крохмалю в зерні. За цим показником кращими являються зразки титанового сортотипу, на основі яких була розгорнута робота з створення синтетичних сортів технічного призначення. Це чітко проявилось і на включеному в аналіз матеріалі (табл. 2).

Таблиця 2

Показники ефективності трансформації зерна експериментальних сортів соризу в біоетанол в розрізі сортотипів

Сорто-тип	№ з/п	Сорт, лінія	Вміст крохмалю, в % на суху речовину		Вихід біоетанолу в літрах		
			в зерні до трансформації	в шроті після трансформації	з 1 тонни сухого шроту	з 1 тонни крохмалю	
						± до ст.	

1	1	Факел	71,8	8,7	449	562	23
1	2	Крос	71,7	7,2	441	555	16
1	3	33/12	73,9	8,7	438	533	-6
2	4	Кварц	73,4	6,8	453	552	13
2	5	82/12	70,2	6,8	425	548	9
2	6	106/12	67,0	6,7	409	555	16
3	7	Титан (ст.)	74,7	7,1	448	539	-
3	8	118/12	75,1	7,4	459	548	9
3	9	323/12	74,4	7,8	434	523	- 16

За умовний стандарт з виходу біоетанолу для всіх інших сортів і ліній слугував сорт Титан, тому й аналіз даних таблиці 2 розпочнемо з характеристики зразків титанового ряду. Як видно, найвищий вміст крохмалю в зерні має експериментальний сорт за номером 118/12. Він же дав і найбільший вихід біоетанолу з однієї тонни сухого шроту, перевершуючи стандарт на 11 л/т. Враховуючи те, що біоетанол будуть отримувати переважно із зерна, а не з самого крохмалю, недовго думаючи, ми передали даний сорт під назвою Фонтан в 2012 р. на державне сортовипробування і в подальшому будемо його вивчати.

Серед зразків Янтарного сортотипу бачимо таку ж саму залежність по районуваному сорту Кварц і лінії № 106/12. Тут поки що все закономірно: чим вищий вміст крохмалю в зерні, тим більший вихід спирту, і навпаки, що, на перший погляд, не потребує глибокого аналізу.

Але чому ж тоді лінія №323/12 при практично однаковому рівні крохмалю для свого сортотипу, що вище, ніж у Кварца, дала значно нижчий вихід біоетанолу з тонни зерна і найменший з тонни крохмалю в рамках дослідів. Виходить, що підвищений вміст крохмалю в зерні не може забезпечити високий вихід спирту, якщо цьому не сприяє його якість. Про це переконливо свідчать дані, отримані на сортах і лініях стандартного сортотипу. Так, із-за низької якості крохмалю лінія 33/12 при відносно високому його вмісті в зерні (73,9) дала приблизно такий же низький вихід біоетанолу з одиниці продукції як і близька до неї лінія 323/12.

Щоб в'ясувати суть проблеми, чому так сталося, розглянемо гранулометричну структуру крохмалю досліджуваних зразків (табл. 3).

Ми бачимо унікальні дані, які характеризують ефективність трансформації крохмалю соризу в біоетанол. Так, названі вище лінії (33/12 і 323/12) близькі не тільки за вмістом крохмалю в зерні (табл. 2), але і за відсотками мілких гранул типу В (табл. 3). Тому і вихід біоетанолу у них майже однаковий (низький), причому не тільки з одиниці продукції, але й з одиниці крохмалю.

Найкращу гранулометричну структуру крохмалю має сорт Факел, в якому найбільший відсоток мілких гранул типу В (47,5) і найменше співвідношення гранул типів А і В (1,11). Цей новий сорт продовольчого призначення – для отримання продуктів дитячого харчування, занесений в Реєстр сортів рослин України в 2012 р. і характеризується не тільки своїми дієтичними властивостями

зерна, але й найвищою ефективністю трансформації його крохмалю в спирт серед районованих форм. Завдяки цьому, він дає такий же вихід біоетанолу з одиниці сировини, як і стандартний сорт Титан при значно вищому вмісті крохмалю в зерні. Тому його з успіхом можна використовувати також і в технічних цілях.

Сорт Крос цього ж сортотипу при такому ж вмісті крохмалю (71,7%) із-за меншого відсотка гранул типу В характеризується меншою ефективністю трансформації крохмалю в біоетанол і дає дещо нижчий вихід спирту як із зерна, так і з крохмалю, тому він для технічного використання непридатний.

Цікавим в цьому відношенні являється сорт Кварц янтарного сортотипу харчоконцентратного призначення. Він посідає друге місце за відсотком мілких гранул типу В (45,0), має непогане співвідношення гранул А і В (1,22) і, завдяки високому вмісту крохмалю в зерні (73,4 %), дає найвищий вихід спирту з одиниці сировини серед районованих форм. Його також можна використовувати в технічних цілях.

Таблиця 3

Гранулометричний склад крохмалю експериментальних сортів і ліній сортизу

Сорто-тип	№ з/п	Сорт, лінія	Відсоток крохмальних гранул різного діаметру, $\mu m$			Співвідношення крохмальних гранул А і В
			< 10 тип (В)	> 10 тип (А)	> 30	
1	1	Факел	47,5	52,5	1,2	<b>1,11</b>
1	2	Крос	40,0	60,0	0,0	<b>1,50</b>
1	3	33/12	33,8	66,2	1,2	<b>1,96</b>
2	4	Кварц	45,0	55,0	0,0	<b>1,22</b>
2	5	82/12	43,5	56,5	1,5	<b>1,30</b>
2	6	106/12	28,7	71,3	2,5	<b>2,48</b>
3	7	Титан	30,3	70,0	2,5	<b>2,33</b>
3	8	118/12	41,3	58,7	0,0	<b>1,42</b>
3	9	323/12	35,0	65,0	0,0	<b>1.86</b>

Сорт Титан через незадовільні показники гранулометрії крохмалю планується замінити Фонтаном (№ 118/12) (при умові занесення його в Реєстр), крохмаль якого характеризується кращою гранулометричною структурою при високому його вмісті в зерні, що забезпечує вищий вихід біоетанолу з одиниці сировини.

Аналіз отриманих результаті показав, що для виробництва біоетанолу разом з сортами технічного призначення можна використовувати такі продовольчі сорти, як Факел і Кварц, що розширює спектр їх можливого використання.

Розглянуті дані таблиці 3 наглядно представлені на рисунках 1 і 2.

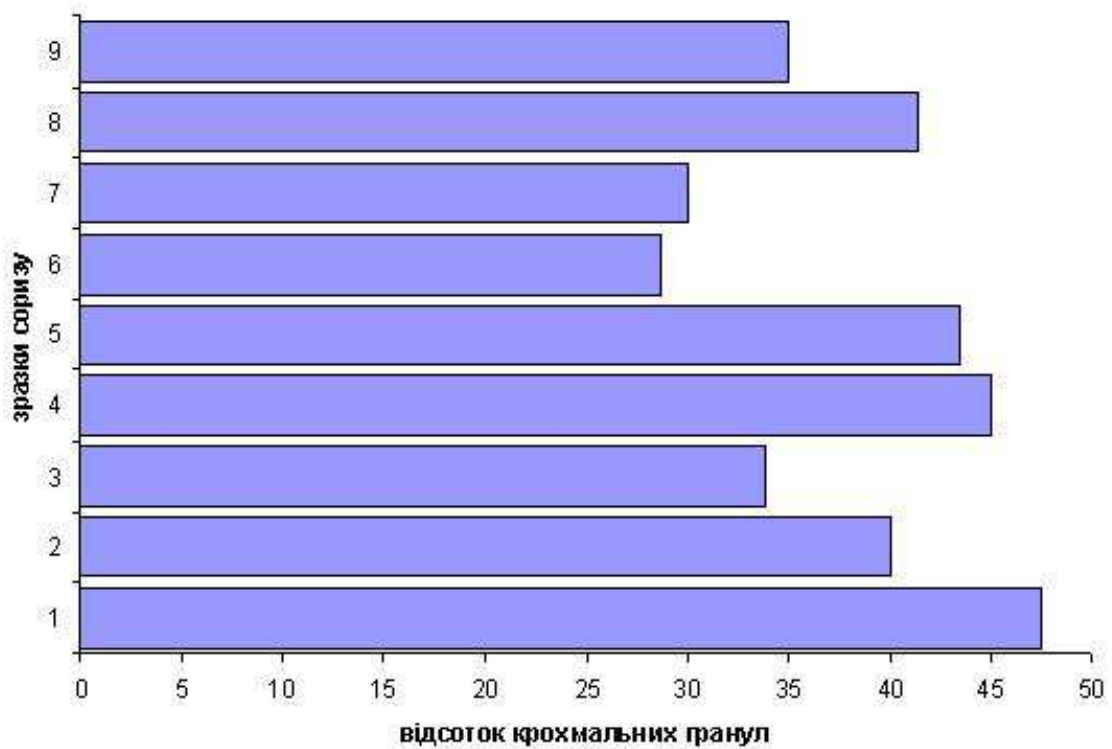


Рис. 1. Відсотки дрібних крохмальних гранул типу В експериментальних зразків

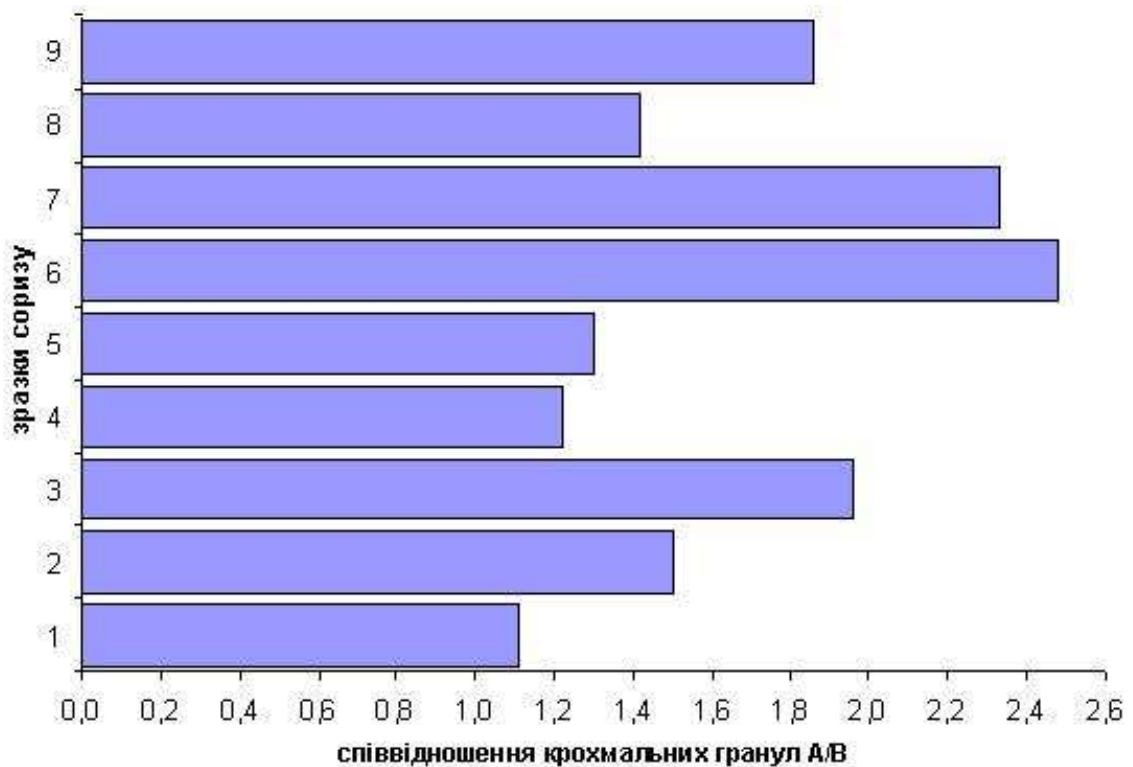


Рис. 2. Співвідношення крохмальних гранул А і В експериментальних зразків соризу

Маючи в своєму розпорядженні унікальні знімки крохмальних гранул різних сортів і ліній соризу, ми не могли не привести хоча би ті з них, які характеризують районовані і перспективні форми, придатні для виробництва біоетанолу (рис. 3 – 6).

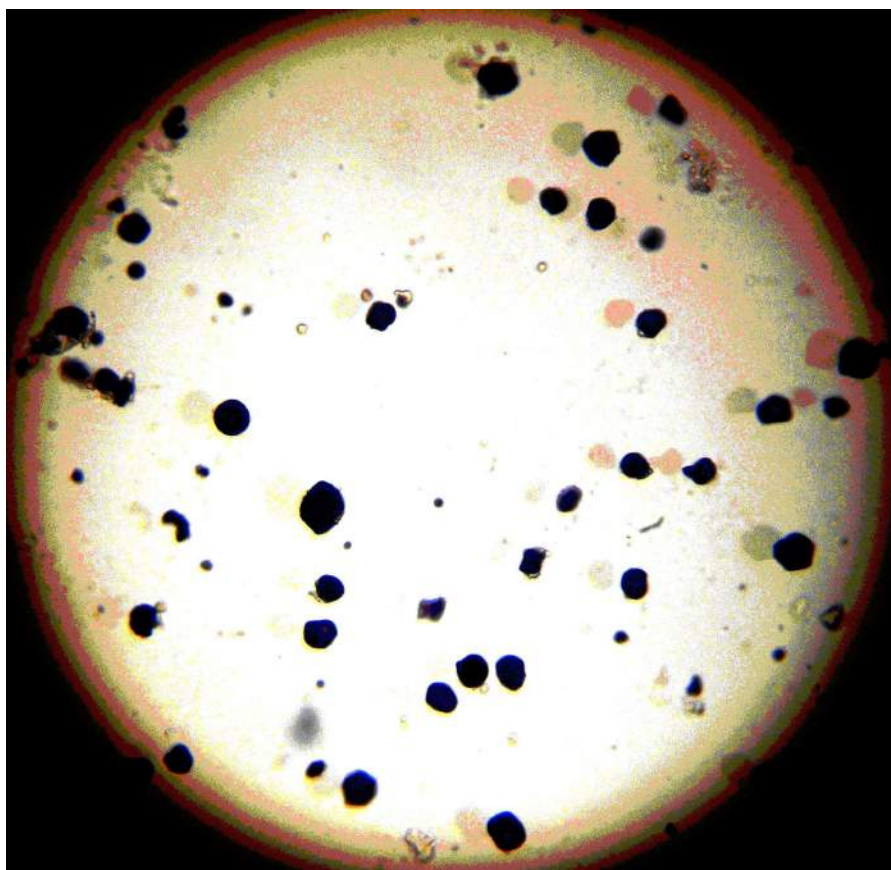


Рис. 3. Гранулы крохмалю сорту Факел (№ 1)

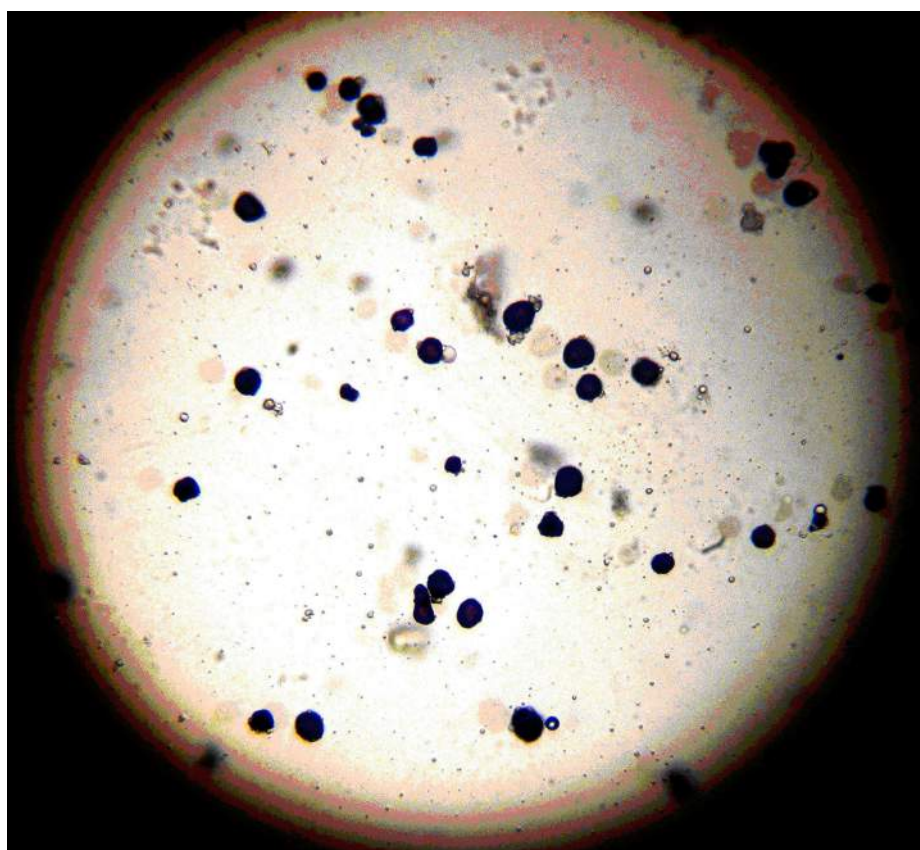


Рис. 4. Гранулы крохмалю сорту Кварц (№ 4)



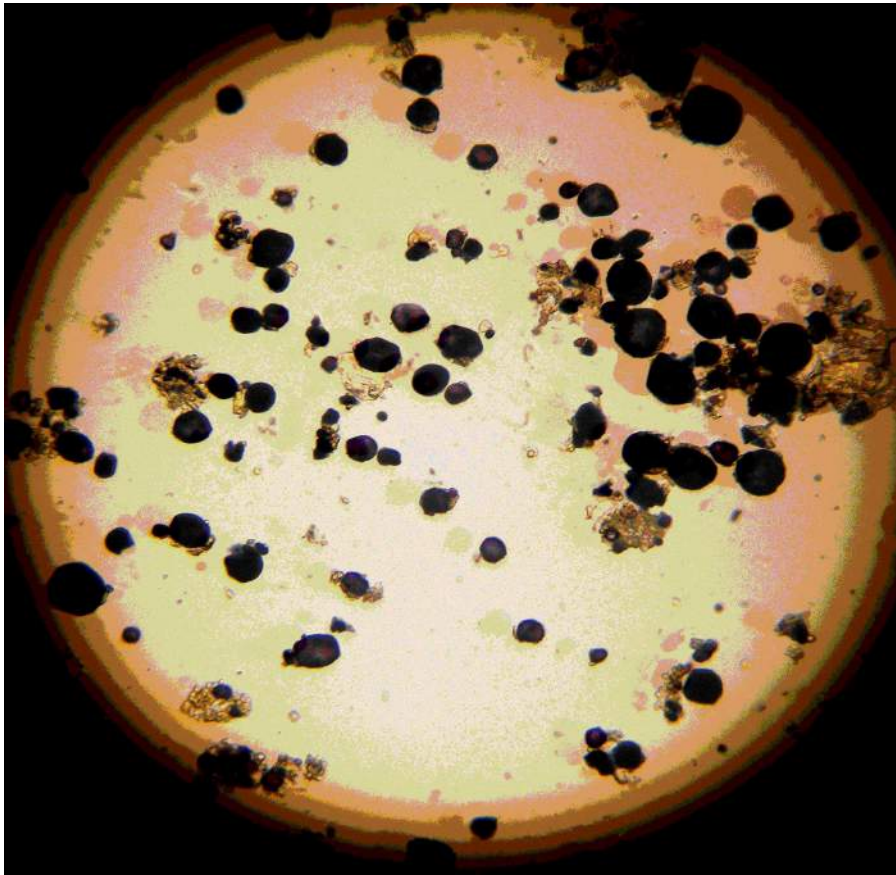


Рис. 5. Гранулы крахмалу сорту Титан (№7 )

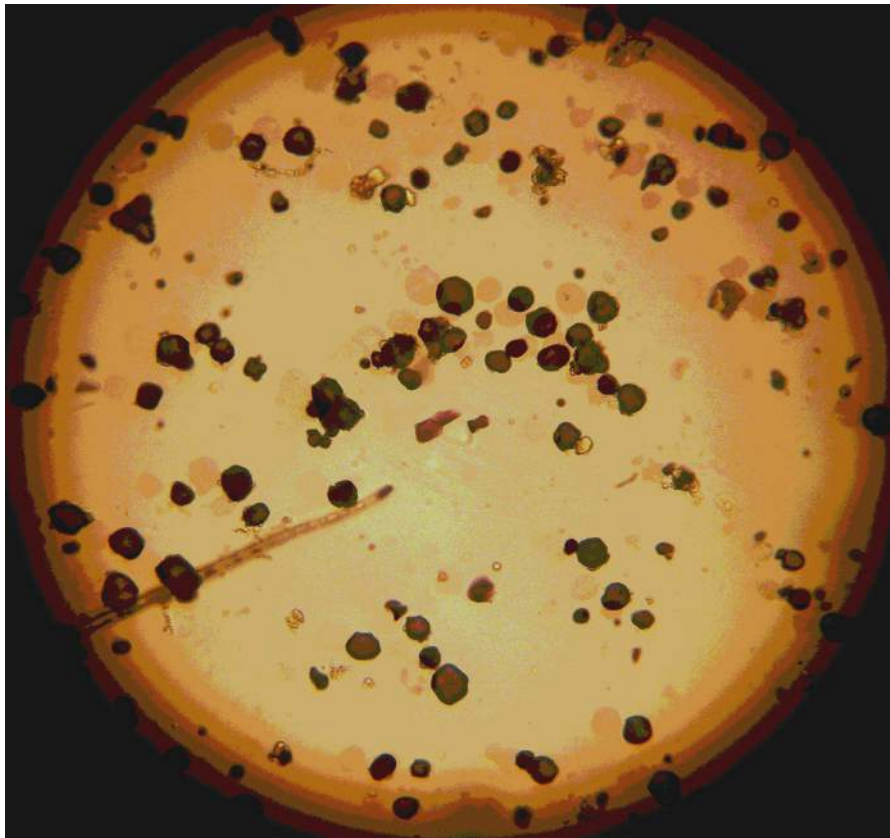


Рис. 6. Гранулы крахмалу сорту Фонтан (№8)

Представлені світлини наглядно свідчать про чітку генетичну детермінацію структури крохмалю у різних форм соризу, різку відмінність сортів за цією ознакою і доповнюють характеристику не тільки даних сортів, але і сортотипів, які вони представляють.

Отримані результати досліджень доказують, що один, навіть високий вміст крохмалю в зерні, ще не гарантує отримання високого виходу біоетанолу, якщо цьому не сприяє його гранулометрична структура. Відмінність сортів за розміром крохмальних гранул відіграє значну роль в ефективності трансформації зерна в біоетанол, яка відбувається під дією гідролітичних ферментів. В той же час висока ферментабельність крохмалю при низькому його вмісті в зерні також не забезпечить належний вихід спирту, який отримують з зерна, а не з готового крохмалю. Таким чином, селекції сортів соризу для індустріального виробництва біоетанолу притаманні свої підходи, пов'язані із специфічними властивостями зерна і крохмалю, що диктує свої методи оцінки вихідного матеріалу та критерії селекції. В результаті проведених нами досліджень можна стверджувати, що такими являються:

- підвищений вміст крохмалю в зерні до рівня 72 – 74%;
- сприятливий гранулометричний склад крохмалю з високим відсотком мілких гранул типу В – на рівні 40 – 50% або низьким співвідношенням гранул А і В;
- висока ефективність трансформації крохмалю в біоетанол (ферментабельність крохмалю), яка визначається виходом спирту з одиниці продукції.

Оскільки в практичній селекції визначення гранулометричного складу крохмалю і деяких інших результативних ознак важко здійснимо, інтегральним показником вихідного матеріалу може бути високий вихід біоетанолу з одиниці зерна як сировини, що і було використано при створенні сортів Титан і Фонтан. А що до ролі сформованих сортотипів соризу в селекції сортів на вихід біоетанолу, то вона незначна і зводиться до інформації про різний вміст крохмалю в зерні і меншою мірою про його гранулометричний склад. Для нас важливо, що зразкам і лініям титанового ряду притаманні стабільно високі показники вмісту крохмалю і це полегшує добір компонентів синтетиків технічного призначення. На цьому розмову про біоетанол ми припиняємо і переходимо до інших продуктів, які отримують в процесі переробки зерна в цільовий продукт.

Досить цінним із них являється сухий заброджений залишок, тобто шрот. В наших дослідженнях вихід шроту у сортів соризу нижчий, ніж в пшениці, і становить 25-27 %, проте якість його набагато вища (табл. 4).

Як видно з даних таблиці 4, вміст білка в шроті наших сортів варіює від 36 до 41%, тоді як в шроті пшениці він складає біля 30%. Закономірність досить проста, чим більше залишається залишку, тим менший в ньому вміст білка і навпаки. При цьому білок в шроті не корелює з вмістом його з зерні.

Важливим для організму тварин являється крохмаль, який не піддається трансформації в спирт. Для зразків другого сорто типу характерна дещо менша його кількість завдяки кращій ферментації.

Шрот із зерна соризу не містить токсичних речовин або несприятливих для організму компонентів і може без обмежень використовуватись як цінний корм чи кормовий інгредієнт. За даними О.І.Рибалки та ін., він має високий вміст легкоперетравлюваного білка і характеризується високою кормовою цінністю. Його вологість становить менше 10 %, і він добре зберігається.

Таблиця 4

Вихід кормового шроту і його якість при трансформації зерна соризу в біоетанол

№ з/п	Сорт, лінія	Вміст білка в зерні, в % на суху речовину		Вихід сухого шроту з 1 т зер на після трансформації в біоетанол	Залишок крохмалю в сухому шроті, % на суху речовину
		до трансформації в біоетанол	після трансформації в біоетанол		
1	Факел	12,15	40,28	269,2	8,7
2	Крос	12,73	40,16	271,6	7,2
3	33/12	12,26	38,23	283,4	8,7
4	Кварц	11,52	40,36	251,0	6,8
5	82/12	12,05	37,93	271,3	6,8
6	106/12	12,30	36,44	282,8	6,7
7	Титан	11,34	38,09	252,5	7,1
8	Фонтан	10,89	38,87	249,1	7,4
9	323/12	12,10	41,06	256,1	7,8

Нарешті, незайвим побічним продуктом при трансформації зерна в біоетанол є вуглекислий газ, який продукують дріжджі у великій кількості під час спиртового бродіння. За якістю цей продукт незрівняний з тим, який отримують традиційним способом, оскільки має органічне походження. У порівнянні з іншими зерновими культурами, найактивніша емісія вуглекислого газу спостерігається у сорго – 165 - 170 літрів на 1000 кг зерна. Тому важливо було визначити його вихід у сортів і ліній технічного призначення, в залежності від виходу спирту (табл. 5).

Приведені дані свідчать, що кількість виділеного газу практично не залежить від вмісту крохмалю в зерні. Так, новий сорт Фонтан, який має найвищий вміст крохмалю (75,1%) і дає найбільший вихід біоетанолу, забезпечив вихід вуглекислого газу 171 л/т, тоді як лінія 323/12 з дещо нижчим показником (74,4% ) виділила, в перерахунку на 1 тону зерна, 176 літрів CO<sub>2</sub>. Вихід вуглекислого газу не корелює і з виходом спирту. Важливо, що він, на відміну від синтетичного, не містить токсичних домішок і має високий попит у виробництві газованих напоїв тощо.

Таким чином, використання зерна соризу як сировини для технічних цілей дає можливість, крім основного продукту – біоетанолу, отримувати ще й цінний кормовий шрот і біогаз, які мають комерційне значення.

Таблиця 5

Вихід вуглекислого газу у сортів і ліній соризу технічного призначення

Сорт, лінія	Вихід біоетанолу з 1 тонни сировини, л	Кількість виділеного газу з 1 т сировини, л
Титан	449	168
Фонтан	461	171
72/12	455	171
130/12	459	168
147/12	450	173
269/12	459	176
323/12	438	176
361/12	447	173
380/12	446	168

Розрахунки показують, що при врожайності зерна в оптимальних умовах біля 5 т/га і трансформації його в біоетанол з одного гектара можна отримати 22,0 гектолітрів недорогого пального, 1250 кг високобілкового шроту і 750 - 800 л біогазу, а з кожної тисячі гектарів ці цифри шалено зростають. Треба зазначити, що в умовах України виробництво біоетанолу виглядає більш перспективним при забезпеченні заводів сировиною, в якій, поряд із зерном кукурудзи, суттєва частка буде належати зерновому сорго й соризу. Неважко збагнути, що завдяки використанню цих культур разом з кормовою пшеницею і тритикале Україна може не тільки здобути енергетичну незалежність, але й поставляти в Європу пальне, яке із сьогоdnішнього альтернативного може стати завтрашнім традиційним.

Як стало відомо, урядом уже прийнято рішення репрофільювати в Україні 30 спиртових заводів для виробництва біоетанолу в якості пального.

**Висновки.** При селекції сортів соризу в технічних цілях важливою інтегральною ознакою вихідних форм являється висока ефективність трансформації продукції в біоетанол, яка має чітку генетичну детермінацію і проявляється в гранулометричній структурі крохмалю: чим більший відсоток мілких гранул типу В, тим вища ферментабельність крохмалю зерна. При цьому не всі селекційні зразки з підвищеним вмістом крохмалю в зерні можуть бути компонентами синтетичних сортів технічного призначення.

Важливими селекційними критеріями при доборі вихідних форм являються: підвищений вміст крохмалю в зерні до 74%; сприятливе співвідношення гранул А і В в гранулометричному складі; високий вихід біоетанолу на фізичну одиницю товарного зерна і на фізичну одиницю крохмалю.

Результати досліджень також показують, що суттєве генетичне різноманіття між лініями, в тому числі продовольчого призначення, дозволяє створювати сорти соризу як надійні джерела сировини для виробництва біоетанолу.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дремлюк Г.К. Сориз – культура третього тисячелеття. – Одеса, 2001.– 121 с. (Монографія).
2. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Литвиненко М.А. Генетичне різноманіття пшениці у створенні сортів для виробництва біоетанолу // Вісник аграрної науки.– 2007.– № 9.– С.32-36.
3. Дремлюк Г.К. Способ селекции сорго. – Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий. А.с .№ 651758 от 21.11.1978 г.
4. Evers A .D. 1971. Scanning electron microscopy of wheat.111. Granule development in the endosperm. *Starch/Staerke* 23; 157-162.
5. Stoddard F. L. Survey of starch particle-size distribution in wheat and related species *Cereal Chem.* – 1999.–76:145-149.
6. Bechtel D. Size distribution of wheat starch granules during endosperm development / D. Bechtel, I. Zayas, L. Kaleikau, Y. Pomeranz // *Cereal chev.*–1990.– Vol. 67. – P. 59-63.
7. Червоніс М.В., Сурженко І.О. Селекційні критерії сортів та гібридів зернових культур для виробництва біоетанолу // 36. наукових праць СГІ–НЦНС.– ), Одеса, 2009.– Вип.14 (54.) – С. 27-36.
8. Червоніс М.В., Сурженко І.О. Ефективність трансформації крохмалю в спирт селекційних ліній різного генетичного походження в залежності від гранулометрії та хімічного складу // Збірник наукових праць СГІ–НЦНС. – Одеса, 2011.– Вип. 18(58).– С.53-60.
9. Дремлюк Г.К., Гамандій В.Л., Рибалка О.І. Характеристика основних сортотипів та нових сортів рисоподібного сорго (соризу ) за технологічними властивостями// 36. наукових праць СГІ–НЦНС.– Одеса, 2009. – Вип. 14(54). – С.166-177.

Надійшла 25.06.2013 р.