

Создание новых линий сорго сахарного с высокой продуктивностью и содержанием сахаров

В.В. Бритвин, к.с.-х.н., Л.Л. Болдырева, к.с.-х.н., АБиП ФГАОУ ВО Крымский ФУ

Для Крыма одной из наиболее перспективных и высокоурожайных культур является сорго, в том числе и сахарное. Эта культура обладает исключительной засухоустойчивостью, жаровыносливостью, и, следовательно, стабильностью по продуктивности. Биологические особенности сорго сахарного позволяют получать хороший урожай зелёной массы даже на очень бедных почвах и солончаках в условиях выпадения около 200 мм осадков в год [1, 2].

В настоящее время сорго сахарное выращивается в основном на зелёный корм и силос, однако эта культура очень перспективна для переработки на мёд, патоку, сироп. При содержании в соке 18–20% сахара с 1 га можно получить 2,5–3,0 т сахарного мёда, 2,0–2,5 т зерна и 13,0–17,0 т отжимов стеблей и листьев одновременно [2].

Удовлетворить потребность населения в сахаре можно за счёт расширения посадок сахарного тростника, но в перспективе более рентабельно возделывать сорго сахарное. По содержанию сахаров сок стеблей сорго сахарного не уступает соку сахарного тростника, а вот по составу существенно отличается. Если в соке сахарного тростника содержится только сахароза (кристаллизирующийся сахар), то в соке сорго сахарного кроме сахарозы есть много глюкозы и растворимого крахмала, препятствующего кристаллизации сахара. Поэтому из сока сорго производят не кристаллический сухой сахар, а сорговый мёд и патоку, обладающие высокой питательной ценностью благодаря повышенному содержанию глюкозы [3].

Сахар из сорго, в отличие от свекольного, является диетическим продуктом, который можно употреблять больным сахарным диабетом. В состав сладких сорговых сиропов входят легкоусвояемые микроэлементы и витамины, которых нет в сахаре свёклы и тростника. Эти факторы делают сахар из сорго уникальным и напоминают по своему действию на организм человека биологически

активные добавки или мёд. Кроме того, при выращивании сорго используется в 3–4 раза меньше пестицидов, чем при выращивании сахарной свёклы. Экономическим рычагом внедрения в производство сорговых сиропов является и тот факт, что себестоимость сахара из сорго почти в два раза ниже себестоимости сахарной свёклы [2, 4].

В связи с этим в лаборатории селекции сорго Академии биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета проводятся работы по созданию новых форм сорго сахарного, которые выгодно бы отличались высокой продуктивностью зелёной массы и давали большой выход сахара с 1 га.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования проводили в специальном питомнике создания новых высокосахаристых форм сорго в течение 2011–2014 гг. на опытном поле Академии биоресурсов и природопользования. Делянки однорядковые, площадью 7 м².

При закладке опытов руководствовались методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2000), методикой по селекции и семеноводству гибридного сорго [2].

В качестве стандартов использовали районированные сорта сорго сахарного Крымское 15 и Памяти Шепеля.

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, перед уборкой – биометрические замеры. Учёт урожая и содержания сахаров в соке стеблей проводили в фазу полной спелости зерна. Выход сахара с гектара и спирта находили расчётным путём.

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Объектом исследований служили линии и сорта сорго сахарного селекции Академии биоресурсов и природопользования. Предмет исследований составляла оценка линий и сортов сорго сахарного на продуктивность и содержание сахаров.

Результаты исследования. Селекционный питомник создания высокосахаристых форм был открыт

в 2011 г. с целью создания форм сорго для производства сахарного сиропа, этанола и биотоплива. В этот питомник мы отбираем образцы сорго сахарного характеризующиеся высоким содержанием сахаров в соке стеблей из питомников исходного материала (питомник самоопылённых линий и гибридный).

Каждый год на каждой делянке в этом питомнике мы изолируем несколько метёлок (5–7 шт.) и на момент полной спелости зерна у сорго сахарного на каждом изолированном растении определяем содержание сахаров в соке стеблей. Это позволяет выбрать из группы растений образцы с наиболее высоким показателем содержания сахаров, и именно с этих растений мы используем семена для посева делянок на следующий год. Таким образом, путём отбора не только выделяются лучшие растения, но и в некоторой степени улучшается этот признак.

В 2014 г. в этом питомнике уже находилось 23 линии, характеризующиеся высоким содержанием сахаров в соке стеблей.

Анализ содержания сахаров в соке стеблей в течение 2011–2014 гг. показал эффективность целенаправленного отбора на сахаристость. Так, если сорго линии Силосное 3 в 2011 г. содержало в соке стеблей 15,7% сахаров, то в 2014 г. этот показатель уже вырос до 20,0%. Такая тенденция прослеживается у большинства изучаемых форм (табл. 1).

1. Содержание сахаров в соке стеблей сорго сахарного, %

Линия	Год			
	2011	2012	2013	2014
Крымское 15	15,0/(15,0)	16,7/(18,0)	17,3/(19,0)	15,0/(18,0)
Силосное 3	15,7/(17,0)	15,3/(17,0)	18,6/(19,0)	20,0/(20,0)
Крымское 30/3	16,0/(18,0)	20,3/(21,0)	15,7/(17,2)	15,8/(18,0)
Памяти Шепеля	16,5/(17,0)	20,0/(20,0)	18,3/(20,0)	16,7/(20,0)
Крымский сладкий	17,7/(19,0)	18,5/(21,0)	18,3/(19,0)	17,0/(18,0)
Крымское 15/1	19,0/(20,0)	22,0/(22,0)	20,0/(20,0)	17,5/(20,0)
Крысакор 9/2	17,3/(19,0)	22,0/(23,0)	18,7/(20,0)	17,5/(22,0)
Кормовой 220	17,9/(20,0)	19,0/(19,0)	18,4/(19,0)	19,2/(21,0)
Крымский сладкий 30	18,0/(20,0)	17,0/(18,0)	18,0/(19,0)	18,1/(20,0)
Новинка 2	19,7/(21,0)	20,0/(21,0)	18,5/(19,0)	17,7/(20,0)
Питательное	19,3/(20,0)	22,0/(23,0)	19,6/(21,0)	21,0/(22,0)
БО 2-13	18,0/(19,0)	20,5/(21,0)	17,5/(19,0)	18,3/(20,0)
ГСН 2-13	19,3/(21,0)	20,0/(22,0)	19,5/(21,0)	15,8/(20,0)

Примечание: в числителе – среднее содержание сахаров по всем растениям, в знаменателе – наибольшее содержание среди всех растений (семенами растений с наибольшим содержанием засевались или будут засеиваться делянки последующего года)

По таблице также можно проследить среднее значение содержания сахаров в соке стеблей и наибольшее, семенами растений которых закладывался питомник следующего года.

Например, сорт Силосное 3 в 2011 г. содержал среднее количество сахаров на уровне 15,7%, а наибольшее значение было 17,0% (семенами именно этого растения закладывалась делянка в 2012 г.); в 2012 г. среднее значение было на уровне 15,3%, наибольшее – 17,0%; в 2013 г. наблюдали содержание сахаров среднее – 18,6%, а наибольшее – 19,0% и в 2014 г. – 20,0 и 20,0% соответственно. Таким образом, мы не только сохраняем высокое содержание сахаров при пересеве, но и улучшаем этот показатель.

По результатам 2014 г. выделены формы, у которых среднее значение содержания сахаров приближается к 20% и выше – это Силосное 3 (20%), Кормовой 220 (19,2%), Питательное (21,0%).

Однако показатель «содержание сахаров в соке стеблей» не даёт нам полной картины о целесообразности использования выбранного образца для дальнейшей селекционной работы. Поэтому, кроме учёта биометрии растений и учёта содержания сахаров, мы на каждой делянке проводили уборку надземной массы и разбор полученной массы для предварительной оценки образцов на урожайность и др. интересующие нас признаки. Такие учёты дают возможность провести расчёты по выходу сахара с 1 га.

Анализ урожайности надземной массы сортов и гибридов сорго сахарного показал, что не все образцы формируют высокий урожай надземной массы (табл. 2).

2. Продуктивность сорго сахарного, 2014 г.

Сорт, гибрид	Урожайность надземной массы, т/га	Структура урожая, %		
		стебли	метёлки	листья
Памяти Шепеля	28,0	70	20	10
Крысакор 9/2	42,4	70	19	11
ГОР 2-13	27,0	68	24	8
Новинка 2	31,4	68	23	9
Крымское 15	29,0	71	21	8
Крысакор 12/1	24,2	67	22	11
ПКС 2-13	29,2	67	23	10
ИСН 2-12	22,6	70	19	11
Крымское 30/3	24,6	70	23	7
Крымский сладкий 23	24,8	67	20	13

Наиболее высокоурожайными были сорта Крысакор 9/2 (42,4 т/га), Крымское 15 (29,0 т/га), Новинка 2 (31,4 т/га).

При создании новых форм сорго сахарного для получения сахарного сиропа важным будет повышенное содержание стеблей в структуре урожая, так как именно из стеблей мы получаем сок. Наибольшее содержание стеблей в структуре урожая отмечено у сортов Крымское 15 (71%), Памяти Шепеля, Крысакор 9/2, ИСН 2-12 и Крымское 30/3 по 70%.

В таблице 3 показан расчётный выход сахара из наиболее перспективных сортов сорго сахарного, выделившихся в 2013 и 2014 гг. Самым лучшим на

3. Урожайность и расчётный выход сахара с посевов сорго сахарного

Показатель	Сорт				
	Крымское 15	Крысакор 9/2	Питательное	Крымский сладкий 30	Новинка 2
2013 г.					
Урожайность надземной массы, т/га	61,0	54,0	50,0	48,0	48,5
Выход зерна в метёлках, т/га	12,8	11,8	10,0	10,0	9,2
Выход стеблей, т/га	42,1	37,8	35,0	35,5	34,4
Содержание сока, т/га	31,6	28,3	26,2	26,6	25,8
Выход сока после отжима (80% от содержания), т/га	25,2	22,6	21,0	21,3	20,6
Содержание сахара в соке стеблей, %	17,3	18,7	19,6	18,0	18,5
Выход сахара, т/га	4,3	4,2	4,1	3,8	3,8
2014 г.					
Урожайность надземной массы, т/га	29,0	43,4	23,0	24,8	31,4
Выход зерна в метёлках, т/га	6,1	8,2	5,1	5,0	7,2
Выход стеблей, т/га	20,6	30,4	15,6	16,6	21,3
Содержание сока, т/га	15,4	22,8	11,7	12,4	15,9
Выход сока после отжима (80% от содержания), т/га	12,3	18,2	9,4	9,9	12,7
Содержание сахара в соке стеблей, %	15,0	16,0	16,6	17,0	17,7
Выход сахара, т/га	1,8	2,9	1,6	1,7	2,2

фоне других сортов в 2013 г. был сорт Крымское 15, сформировавший урожайность надземной массы 61,0 т/га, из которой 12,8 т – зерно в метёлках и 42,1 т – масса стеблей. В результате переработки такого количества стеблей можно получить 4,3 т/га сахара, или 5,6 т/га сахарного сиропа.

Также следует отметить сорта Крысакор 9/2 и Питательное, которые сформировали урожай надземной массы 54,0 и 50,0 т/га, а расчётный выход сухого сахара составил 4,2 и 4,1 т/га соответственно. Несколько ниже выход сахара показали сорта Крымский сладкий 30 и Новинка 2 – по 3,8 т/га.

В 2014 г. из представленных в таблице сортов, наиболее существенно отличался сорт Крысакор 9/2, который к моменту укоса сформировал 43,4 т/га надземной массы, в т.ч. 8,2 т/га зерна в метёлках и 30,4 т/га выход стеблей. При переработке такого количества стеблей данного сорта можно получить 2,9 т/га сахара. Остальные сорта показали расчётный выход сахара на уровне от 1,6 (Питательное) до 2,2 т/га (Новинка 2).

Таким образом, по итогам четырёхлетней селекционной работы по созданию высокосахаристых форм сорго сахарного следует выделить сорта: Крысакор 9/2, Питательное, Крымский сладкий 30 и Новинка 2, которые характеризуются высокими показателями продуктивности и выхода полученного сахара из их сырья.

Для дальнейшей селекции в этом направлении стоит уделить внимание сортам Силосное 3, Кормовой 220 и БО 2-13, которые показали высокое содержание сахаров в соке стеблей растений.

В 2013 г. была проведена гибридизация высокосахаристых форм сорго сахарного между собой для выявления закономерностей наследования этого

признака гибридами первого поколения. В 2014 г. гибриды были высеяны рядом с родительскими формами и в фазе полной спелости зерна проведены учёты содержания сахаров. При анализе полученных данных выявили некоторую закономерность в наследовании содержания сахаров полученных гибридов (табл. 4). У большинства созданных нами гибридов первого поколения сорго сахарного содержание сахаров в соке стеблей было выше, чем у сорго родительских форм, или же находилось на уровне их среднего значения. Например, у гибрида Крымский сладкий × Крысакор 12/1 содержание сахаров составило 19,8%, у материнской формы – 17,0% и у отцовской формы – 15,0%. Однако у гибрида БО 2-13 × Питательное этот признак был значительно ниже, чем у родительских форм (15,7% против 18,3 и 21,0%).

4. Содержание сахаров в соке стеблей у гибридов и их родительских форм сорго сахарного, 2014 г.

Название гибрида F1	Содержание сахаров в соке стеблей, %		
	гибрид	материнская форма	отцовская форма
Крымский сладкий × Крысакор 12/1	19,8	17,0	15,0
Памяти Шепеля × ИСН 2-12	21,3	16,7	10,7
ПКС 2-13 × Крысакор 12/1	15,3	17,7	15,0
БО -13 × Питательное	15,7	18,3	21,0
ГС 2-12 × ГСН 2-13	18,3	16,5	15,8
Питательное × ГС 2-12	20,0	21,0	16,5
ПС 2-13 × ГСН 2-13	18,7	23,2	15,8

Несмотря на это, гибридизация форм с высоким содержанием сахаров довольно эффективна и этот метод может дать ценный материал для создания новых высокосахаристых форм сорго сахарного. Целесообразно также вести поиск закрепителей стерильности с высоким значением этого признака для создания стерильных линий. Именно использование стерильных линий облегчит работу по получению семян нужных гибридов сорго в промышленных объёмах.

Выводы. В результате четырёхлетней селекционной работы по созданию высокосахаристых форм сорго сахарного, выделяем такие формы, как Крысакор 9/2, Питательное, Крымский сладкий 30 и Новинка 2, которые характеризуются высокими показателями продуктивности и выхода полученного сахара из их сырья. Также для дальнейшей селекции в этом направлении стоит уделить внимание линиям Силосное 3, Кормовой 220 и БО 2-13, которые показали высокое содержание сахаров

в соке стеблей растений.

Гибридизация высокосахаристых форм сорго сахарного между собой показала достаточно высокую эффективность. Применение этого метода в селекции при создании исходного материала с высоким содержанием сахаров в соке стеблей растений даст не только ценный материал, но и важную информацию для дальнейшей работы в этом направлении.

Литература

1. Бритвин В.В., Болдырева Л.Л. Сорго как сырьё для производства биоэтанола // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». Сільськогосподарські науки. Сімферополь, 2013. Вип.154. С. 69 – 73.
2. Кадиров С.В., В.А. Федотов, А.З. Большаков и др. Сорго в ЦЧР (научное издание). Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2008. 80 с.
3. Шепель Н.А. Селекция и семеноводство гибридного сорго. Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1985. 256 с.
4. Corn R.J. Heterosis and composition of sweet sorghum: dissertation. Kansas state Univesity, 2009. 103 p.