

ДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ИНБРЕДНОЙ ДЕПРЕССИИ РАСТЕНИЙ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА



AN ACTION OF EXOGENOUS STEROIDAL GLYCOSIDE ON EXHIBITION OF INBREEDING DEPRESSION IN RED BEET PLANTS UNDER PROTECTED CULTIVATION TECHNOLOGY

Козарь Е.Г.¹ – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Ветрова С.А.¹ – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Федорова М.И.¹ – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник
Мащенко Н.Е.² – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник,

Kozar E.G.,¹
Vetrova S.A.,¹
Fedorova M.I.,¹
Mashenko N.E.²

¹ Federal State Budgetary Research Institution 'All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production'
Selectionnaya St. 14, Odintsovo region, Moscow oblast, p. VNIISOK, 143080, Russia
E-mail: kozar_eg@mail.ru

² Institute of Plant Genetics and Physiology, Academy of Science of Republic of Moldova
E-mail: mne4747@mail.ru

¹ ФГБНУ ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур, Россия, E-mail: kozar_eg@mail.ru

² Институт генетики и физиологии растений АН Република Молдова E-mail: mne4747@mail.ru

Для ускорения селекционного процесса используют защищенный грунт, что дает возможность получать широкий спектр инбредных потомств с различным сочетанием селекционно значимых признаков и степени стерильности растений. Однако негативное влияние инбредной депрессии и явления самонесовместимости часто приводит к потере ценных селекционных форм. Цель работы – изучение влияния стероидного гликозида капсикозида (СГ) на проявление признака ЦМС и морфо-биологические параметры инбредных потомств I_3 от фертильного и частично-стерильных исходных растений со степенями стерильности 10% и 50%. Семена замачивали на 24 часа в водном растворе СГ концентрацией 10⁻³% (контроль – вода), затем подсушивали и высевали в теплице. Полученные штеклинги и корнеплоды яровизировали при 3...5°C. Семенные растения выращивали при 18-часовом световом периоде в теплице при досветке. Инбредные семена получали под индивидуальными бязевыми изоляторами. Установлено, что обработка семян СГ во всех потомствах способствовала повышению лабораторной всхожести (на 4-8%), увеличению длины (на 12-24%) и индекса формы корнеплодов; повышению содержания в них суммы сахаров (в среднем на 25%) и снижению количества бетаина (на 22-48%) относительно контроля. Направленности действия СГ на другие морфологические признаки (высота листовой розетки, число листьев, масса растений и корнеплода, размер головки, число генеративных почек) и биохимические параметры (накопление нитратов) определялась степенью стерильности исходного растения. Наиболее выраженный стимулирующий эффект по изученным признакам отмечали в инбредном потомстве ms-растения с высокой степенью стерильности. Последствие обработки семян СГ на развитие семенных растений инбредных потомств, независимо от уровня стерильности исходных форм, выразилось в их положительном влиянии на габитус семенного растения (снижение высоты при увеличении числа стеблей) и функциональные параметры микрогаметофита фертильных пыльников. Это способствовало повышению завязываемости семян при инбридинге (в 1,6-2,2 раза) и увеличению доли более продуктивных растений. На характер проявления признака ЦМС обработка семян СГ не повлияла. То есть, СГ целесообразно использовать при работе с ценными формами глубоких инбридингов, склонных к самостерильности, что позволяет расширить спектр и увеличить выход генетически разнообразного потомства. Однако следует учитывать их неоднозначное действие на проявление хозяйственно ценных признаков в различных инбредных потомствах свеклы столовой, что может влиять на результативность отбора на стадии корнеплода.

Ключевые слова: свекла столовая, стероидные гликозиды, инбридинг, инбредная депрессия, семенная продуктивность, гетерозис, селекция.

The protected cultivation technology, through which the various inbred generations with the combination of economic valuable traits and different level of sterility can be produced, is used in order to accelerate the breeding program. However, there is a negative effect of inbreeding depression and self-incompatibility can often occur and cause the loss of valuable breeding forms. The aim of the work was to study the influence of steroidal glycosides capsicose (SGC) on exhibition of CMS, and morphobiological parameters of 13 inbred generations that were produced from fertile plant and partly sterile plants with level of sterility 10% and 50%. The seeds were soaked for 24 hours in water solution of SGC with concentration 10⁻³%, and in water control. Then the seeds were dried up and sown in the greenhouse. The seedlings and roots obtained were vernalized at 3-5°C. Mother plants were grown under 18 hour photoperiod in greenhouse with supplementary lighting. Inbreeding seeds were obtained in individual cloth isolators. It was shown that for all generations the treatment with SGC improved the seed germination (4-8% more), increased the root index and its length (12-24% more), decreased betanin content (22-48% less) in comparison with control. The action of SGC on the other morphological and biochemical traits such as height of leaf rosette, leaf number, plant and root weight, head size, number of generative buds, and nitrate content was defined by the level of sterility of mother plant. The most expressed effect for all traits mentioned was seen in inbreeding generations of sterile plants with high level of sterility. After action effect of seed treatment with SGC on development of seed plants from inbreeding generations, not depending on sterility level of mother plants, showed the positive influence on plant habitus of seed mother plants, decreasing the plant height, but increasing stem number and functional parameters of microgametophyte in fertile plants. This caused the improved seed formation 1.6-2.2 times higher during inbreeding process and increased the portion of plants with high productivity. The SGC had no effect on exhibition of CMS trait. Thus, the SGC is worth using in valuable highly inbreeding forms inclined to self-sterility, in order to enlarge the genetic variation and output of divers generations. However, it should be taken into consideration that the complicated effect on the plant traits can be noticed in inbreeding generation of red beet and may have an effect on the result of selection process at the root stage.

Keywords: red beet, steroidal glycosides, inbreeding, inbreeding depression, seed productivity, heterosis, breeding.

Стероидные гликозиды (СГ) – вторичные метаболиты растений – являющиеся синергистами фитогормонов растений, и этим определяется многогранность и разнонаправленность эффектов их действия на растительный организм. Широкое испытание этих препаратов как биорегуляторов, индукторов устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам привело к их использованию на различных культурах [1,2,3,4,5]. Применение стероидных гликозидов в селекции растений имеет специализированное значение, определяется ее целями и способствует решению разных задач: повышение всхожести семян, жизнеспособности пыльцы и стимуляции роста пыльцевых трубок при оплодотворении, увеличение выхода трансгрессивных форм, индуцирование рекомбинационного процесса при комбинационной селекции и др. [6,7].

Основой создания гетерозисных гибридов свеклы столовой на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) являются гомозиготные фертильные (mf) и стерильные (ms) линии. Для ускорения селекционного процесса используют защищенный грунт и штеклинги, что дает возможность получать широкий спектр инбредных потомств с различным сочетанием селекционно значимых признаков и степени стерильности растений [8]. Однако процесс создания линейного материала свеклы столовой затрудняется из-за негативного влияния инбредной депрессии и явления самонесовместимости. Уже после второго инбридинга возникают проблемы пониженной жизнеспособности семян, сохранности маточных корнеплодов и низкой семенной продуктивности, особенно при использовании культуры штеклингов [9,10,11,12,13].

Однако прежде чем использовать в селекционном процессе те или иные способы обработки, важно знать эффекты их действия на основные селекционируемые признаки, поскольку технологии получения семенного потомства и выращивания маточных корнеплодов влияют на структуру инбредных потомств, изменяя в них соотношение морфобиотипов по отдельным признакам [10], изменчивость которых и лежит в основе отбора. В этой связи, данная работа посвящена изучению влияния экзогенного стероидного гликозида капсикозида на проявление признака ЦМС, морфобиометрические параметры и семенную продуктивность инбредных растений свеклы столовой при их выращивании в однолетнем и двулетнем циклах в условиях защищенного грунта.

Материал и методика исследований

В работе использовали инбредные потомства I_3 трех исходных растений из сортопопуляции Нежность с разной выраженностью признака ЦМС: частично-стерильные – 274-1-7 (Cms<10%) и 274-5-2 (Cms>50%), фертильные – 274-2-2 (Cms=0%) и биологически активный препарат Молдстим (Мд) – д.в. стероидный гликозид фурастанолового ряда капсикозид, выделен из семян перца. Исследования проводили в условиях обогреваемых теплиц.

Семена свеклы столовой, собранные с каждого инбредного растения, замачивали на 24 часа в водном растворе стероидного гликозида концентрацией 10-3%. Контроль – вода. Выборка – 25 штук семян, 4-кратная повторность. Затем семена подсушивали и высевали в пластиковые стаканчики для получения штеклингов или в грунт для выращивания зрелых корнеплодов. Полученные маточные корнеплоды и штеклинги яровизировали в хладотермостате при температуре 3...5°C до 60 суток.

Семенные растения выращивали при 18-часовом световом периоде, используя при необходимости искусственное досвечивание. Инбредные семена получали путем изоляции растений в фазу бутонизации индивидуальными бязевыми изоляторами.

Оценку количественных и качественных признаков на разных этапах развития растений проводили согласно «Методическим указаниям ВИР по изучению и поддержанию мировой коллекции корнеплодов» [14]. Оценку растений по признаку ЦМС проводили индивидуально в фазу массового цветения в пределах каждого потомства по маркерной окраске пыльников. Степень стерильности (Cms, %) определяли подсчетом стерильных цветков в процентах от общего числа цветков на растении. Жизнеспособность пыльцы свеклы столовой определяли по методике путем проращивания на искусственной питательной среде на основе сахарозы и ПЭГ-6000. Микрофотосъемку производили с использованием цифровой камеры для микроскопа DCM 300 и при помощи фотосистемы Canon A560. Подсчет пыльцевых зерен и измерение их параметров осуществляли с помощью программы «Score Photo». Математическую обработку результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) и с помощью пакета Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

На подготовительном этапе исследований анализ трех разных инбредных потомств I_2 , показал значительную изменчивость признака «семенная продуктивность» при самоопылении семенных растений (от 0,8 до 33,6 г/растения). Наибольший диапазон варьирования отмечен в полностью фертильном потомстве 274/2 (рис.1).

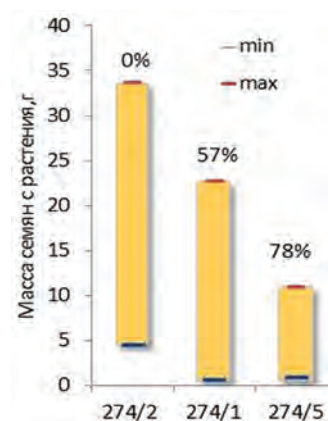


Рис.1. Варьирование признака «семенная продуктивность» растений в популяциях различных инбредных потомств (I_2) свеклы столовой (доля ms-растений в каждом из них указана над столбиками в процентах).

В других образцах, по мере увеличения доли растений с признаком ЦМС с 57% в потомстве 274/1 до 78% в потомстве 274/5, семенная продуктивность снижалась и в среднем составила 7,7 и 3,5 г/растения соответственно, то есть, в три и почти в пять раз ниже, чем в потомстве 274/2. Тем не менее, во всех потомствах присутствовали растения, склонные к самофертильности, среди которых были отобраны наиболее продуктивные инбредные формы с разной степенью стерильности – Cms = 0, 10 и 50%. Всхожесть семян данных исходных форм по результатам лабораторной оценки составила 84-96% (табл. 1, контроль)

Эффекты действия СГ на развитие сеянцев и признаки корнеплодных растений. Обработка СГ повысила лабораторную всхожесть семян на 4-8%, способствуя нормализации процессов прорастания наиболее ослабленных инбредной депрессией зародышей, рост и развитие которых в контроле отсутствовал. В результате количество полученных проростков в опытных вариантах при выращивании в кассетах (оранжерейная всхожесть) на 15-28% было выше, чем в контроле. При этом переход сеянцев к фазе образо-

вания первых настоящих листьев и начала формирования листовой розетки был менее дружным (табл. 1), что позволило более объективно сравнить инбредные потомства по жизнеспособности семян и оценить уровень их полиморфизма по скорости развития сеянцев. Так, инбредная популяция 274-5-1 от частично стерильного растения с высокой степенью стерильности при более высокой всхожести имела большее число биотипов с разным числом листьев, чем инбредная популяция 274-2-2 от фертильного растения.

Дальнейшая ответная реакция растений инбредных потомств на применение СГ также определялась исходной степенью

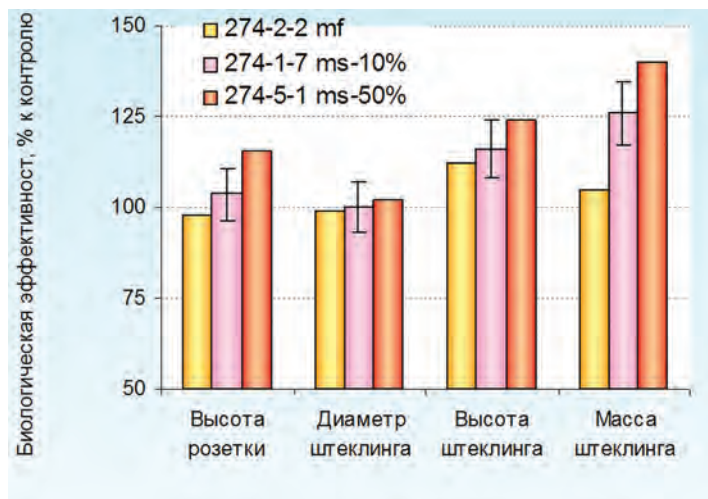


Рис.2. Эффект обработки семян СГ на параметры штеклингов инбредных потомств (I3) свеклы столовой (однолетний цикл развития)

Таблица 1. Влияние обработки семян СГ на всхожесть и развитие сеянцев инбредных потомств (I3) растений свеклы столовой с разной степенью стерильности

Инбредное потомство		Вариант опыта	Лабораторная всхожесть, %	Число учетных сеянцев, штук	Процент сеянцев с развитыми настоящими листьями	
селекционный №	Cms ¹				с 1-2 н.л. (на 10 суток)	с 3 н.л. (на 20 суток)
274-2-2	0% (mf)	Контроль	84	52	88	62
		Обработка СГ	92*	62*	81	46*
274-1-7	10%	Контроль	82	50	72	23
		Обработка СГ	88*	64*	67	15*
274-5-1	50%	Контроль	96	77	68	0
		Обработка СГ	92	89*	65	5

Примечание: ¹ – степень стерильности исходного растения; * – существенное отличие от контроля (P_{05})

Таблица 2. Влияние предпосевной обработки семян СГ на параметры розетки маточных растений инбредных потомств свеклы столовой (двулетний цикл)

Инбредное потомство		Вариант опыта	Признаки розетки маточного растения	
селекционный №	Cms		Число листьев, шт.	Высота, см
274-2-2	0% (mf)	Контроль	68,8	48,2
		Обработка СГ	69,7	44,8
274-1-7	10%	Контроль	27,8	47,8
		Обработка СГ	36,2*	53,8*
274-5-1	50%	Контроль	54,8	36,8
		Обработка СГ	64,2*	42,5*

Примечание: * – существенное отличие от контроля (P_{05})

стерильности родительских форм, причем число положительных эффектов на рост и развитие корнеплодных растений возрастало по мере повышения Cms (0-10-50%), как при однолетнем, так и при двулетнем циклах развития свеклы столовой.

Высота листовой розетки, число листьев, масса растений и корнеплода в потомстве mf -растения по средним данным была ниже или на уровне контроля, а в потомствах ms -растений эти параметры соответственно превосходили контроль на 13-15%, 18-52% и 22-57%, в зависимости от степени стерильности и технологии выращивания растений (рис. 2, табл. 2 и 3). Наиболее отзывчивой на обработку семян СГ оказалось потомство ms -растений с высокой степенью стерильности (274-5-1).

Аналогичная закономерность действия СГ отмечена и по закладке генеративных почек (розеточных образований), число которых у корнеплодов инбредных потомств ms -растений увеличивалось на 22-89%, тогда как у mf -растений, уменьшилось на 35% относительно контроля (табл. 2, 3). При этом фактическое увеличение диаметра головки отмечено только у корнеплодов инбредного потомства ms -растения с высокой степенью стерильности (274-5-1), тогда как в двух других потомствах отмечена обратная тенденция – уменьшение диаметра головки почти на 1 см, что составило 12-14% от контроля.

В отличие от выше перечисленных признаков, на диаметр штеклингов и корне-

плодов обработка СГ существенного влияния не оказывала (рис.2, табл.3), но способствовала увеличению их длины (на 12-24%) и соответственно смещению формы корнеплода в сторону исходной сортопулляции Нежность (цилиндр). При этом, повышение индекса формы корнеплода ($\geq 1,3$) относительно контроля ($< 1,2$) отмечено во всех инбредных потомствах и было более выражено при двулетнем цикле развития (рис.3,4).

Тем не менее, изменение длины и массы корнеплодов опытных вариантов, практически не повлияло на соотношение масс надземной и подземной частей растений по сравнению с контролем (табл.3). Наиболее высокая доля корнеплода в общей массе растения и в том и другом случаях отмечена в потомстве 274-5-1 ($> 80\%$), низкая – в потомстве 274-1-7 ($< 70\%$). То есть, обработка семян СГ, оказывая ростостимулирующий эффект на отдельные признаки, в целом сохраняет баланс между развитием отдельных органов корнеплодных растений свеклы столовой.

Эффекты действия СГ на биохимические показатели корнеплодов. Анализ корнеплодов на содержание суммы сахаров показал существенную разницу между инбредными потомствами. В корнеплодах контроля этот показатель увеличивался по мере увеличения степени стерильности материнского растения – содержание сахаров в потомстве фертильного расте-

ния 274-2-2 было почти в два раза ниже, чем в потомстве ms -растения 274-5-1 (рис.5А). В опытных вариантах с обработкой семян СГ отмечено повышение суммарного содержания сахаров (в среднем на 25%) в корнеплодах всех потомств, независимо от степени стерильности материнского растения.

Другая реакция инбредных растений на обработку семян СГ отмечена в отношении содержания бетаина. Его концентрация в корнеплодах всех потомств уменьшилась (рис.5Б). При этом существенное снижение (почти в два раза) зарегистрировано в потомстве mf -растения 274-2-2 с наиболее высоким содержанием этого пигмента в корнеплодах. В инбредных потомствах ms -растений снижение составило в среднем 22% относительно контрольного варианта. Такое влияние СГ трудно объяснить прямым ингибированием синтеза пигментов бетаинового ряда (в том числе и бетаина), которые несут основную протекторную функцию в растениях свеклы столовой [15]. Их накопление стимулируется под воздействием различных стрессовых факторов, к которым можно отнести и инбредную депрессию. Стероидные гликозиды, выступая как иммуномодуляторы, повышают общую стрессоустойчивость растений на всех этапах развития, что, по-видимому, и приводит к сокращению синтеза этих пигментов и снижению уровня накопления бетаина в корнеплодах. Этому также может способствовать и повышенное

Таблица 3. Влияние обработки семян СГ на параметры корнеплодов инбредных потомств свеклы столовой (двулетний цикл развития)

Вариант опыта	Признаки корнеплода						
	Высота, см	Диаметр, см	Индекс формы	Диаметр головки, см	Число генеративных почек, шт.	Масса, г	Доля в общей массе растения, %
Инбредное потомство 274-2-2 (mf)							
Контроль	11,3	9,8	1,1	7,7	13	509,7	71
Обработка СГ	12,7*	9,0	1,4*	6,8	9*	515,0	71
Инбредное потомство 274-1-7 ($Cms=10\%$)							
Контроль	9,8	9,6	1,0	7,6	9	438,2	67
Обработка СГ	11,8*	10,0	1,3*	6,7	11	573,8*	69
Инбредное потомство 274-5-1 ($Cms=50\%$)							
Контроль	9,0	8,9	1,0	6,8	10	363,5	81
Обработка СГ	11,2*	9,3	1,3*	19,7*	19*	572,0*	84

Примечание: * – существенное отличие от контроля (P_{05})

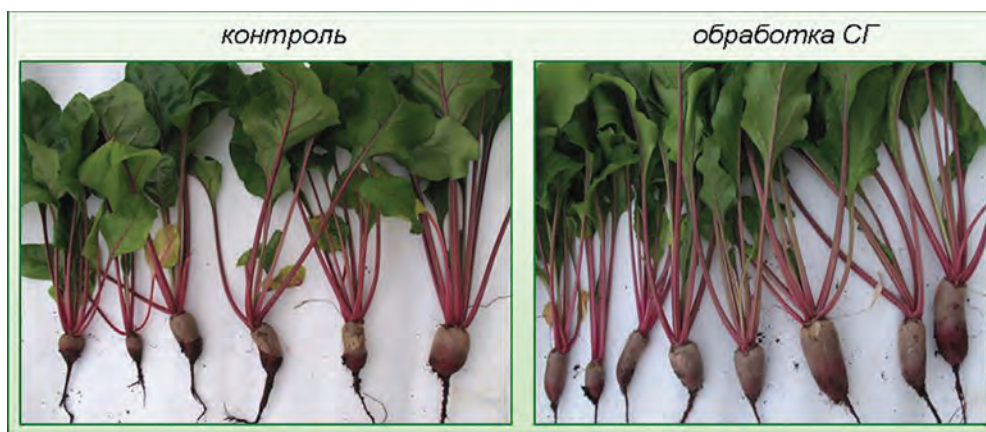


Рис.3. Эффект действия СГ на параметры корнеплодных растений инбредного потомства 274-1-7 при выращивании через культуру штеклингов.

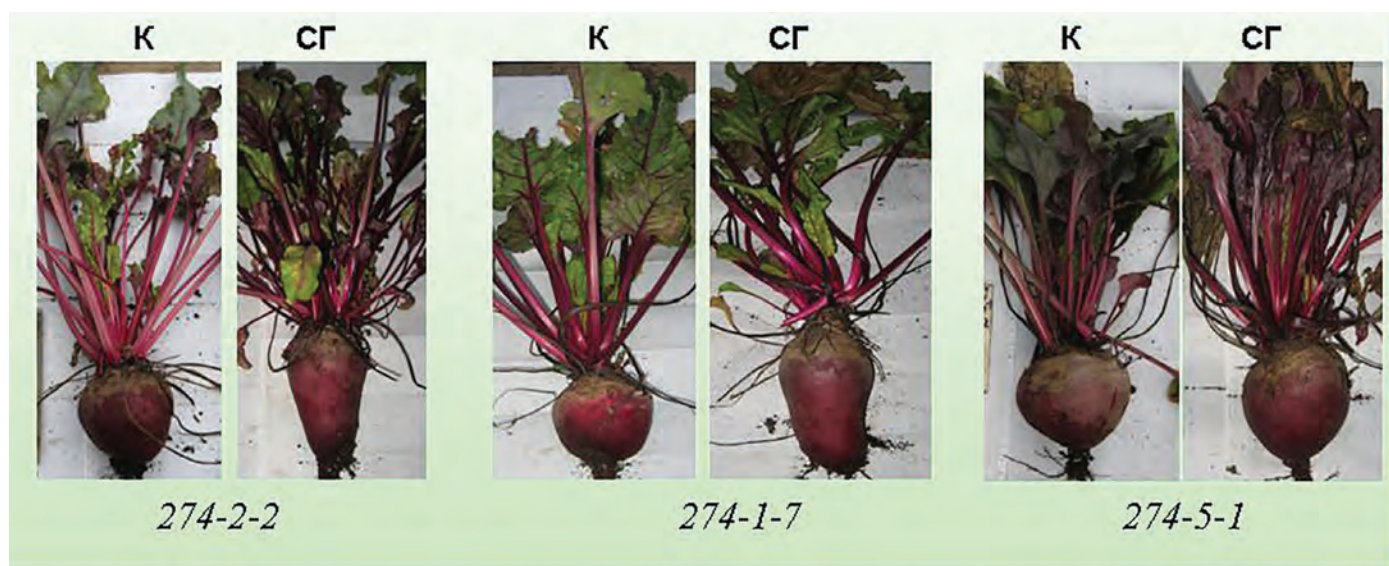


Рис.4. Влияние СГ на форму корнеплодов инбредных потомств свеклы столовой при традиционном способе выращивания (двухлетний цикл).

накопление сахаров, которые оказывают стабилизирующее действие на структуру и функциональную активность пигментов под влиянием стрессовых температур [16]. В то же время по визуальной оценке корнеплодов инбредных потомств окраска мякоти корнеплодов опытных вариантов мало отличалась от контроля и составляла

3-4 балла.

По уровню накопления в корнеплодах нитратов инбредные потомства располагались в обратном порядке (274-2-2 > 274-1-7 > 274-5-1) по сравнению с содержанием суммы сахаров. При этом направленность действия обработки СГ определялась степенью стерильности исходного

растения (рис.5B). В потомстве 274-2-2 mf-растения их содержание достоверно снижалось на 18%, в потомстве 274-1-7 ms-растения (Сms-10%) – не изменялось, а в потомстве 274-5-1 ms-растения (Сms-50%) – повышалось на 35% относительно корнеплодов контроля.

Из полученных данных следует, что

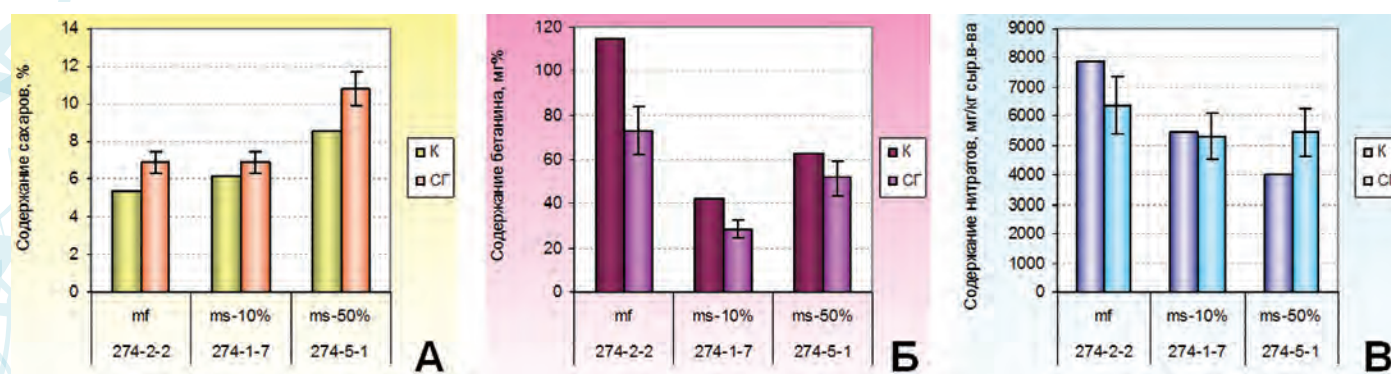


Рис.5. Влияние обработки семян СГ на содержание в корнеплодах инбредных потомств свеклы столовой суммы сахаров (А) и бетаина (Б) и нитратов (В).

Таблица 4. Влияние обработки семян СГ на параметры семенных растений инбредных потомств свеклы столовой

Инбредное потомство		Вариант опыта	Параметры семенного куста							Проявление ЦМС	
№	Сms		Высота, см		Число стеблей, шт.		Диаметр стебля, см		Окраска стебля, балл	Доля ms- растений %	Сms, %
			среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max			
274-2-2	0% (mf)	Контроль	106,7	80-140	3,8	3-6	1,0	0,5-1,3	1,3	71	5-50
		Обработка СГ	98,9*	90-120	4,6*	1-11	0,8	0,4-1,2	1,8*	67	5-40
274-1-7	10%	Контроль	113,3	100-120	8,7	7-12	0,4	0,4-0,5	2,0	33	100
		Обработка СГ	100,0*	90-110	11,0*	10-12	1,0*	0,8-1,3	3,0*	33	100
274-5-1	50%	Контроль	105,0	90-110	5,3	2-7	0,9	0,6-1,1	2,0	0	-
		Обработка СГ	98,0*	70-140	11,4*	6-20	0,9	0,5-1,2	2,2	0	-

Примечание: * – существенное отличие от контроля (P_{05})

экзогенные стероидные гликозиды, являясь синергистами фитогормонов, при обработке семян способствуют снижению действия инбредной депрессии, положительно влияя на общее развитие растений свеклы столовой после инбридинга. В первую очередь, это выражается в увеличении средней массы растения при пропорциональном стимулировании развития листовой розетки и корнеплода, о чем свидетельствует стабильность проявления признака «доля корнеплода в общей массе растения» во всех изученных инбредных потомствах. В то же время, на проявление ряда других селекционно значимых признаков корнеплодных растений СГ могут оказывать разнонаправленное действие в различных инбредных потомствах, изменяя в них соотношение морфобиотипов по числу листьев, высоте листовой розетки, массе корнеплода, диаметру головки, содержанию бетаина, накоплению нитратов и др. Поэтому, выявленные особенности действия СГ важно учитывать при селекционной работе с инбредными потомствами свеклы столовой и отборе ценных форм по морфологическим признакам и биохимическим параметрам корнеплодных растений.

Все штеклинги и корнеплоды инбредных потомств после яровизации высаживали в грунтовой обогреваемой теплице для дальнейшей оценки влияния СГ на репродуктивные функции инбредных растений свеклы столовой.

Эффекты действия СГ на развитие семенных растений. Последствие обработки семян СГ на развитие семенных растений инбредных потомств имело менее выраженную зависимость от уровня Смс исходных форм. Во всех инбредных

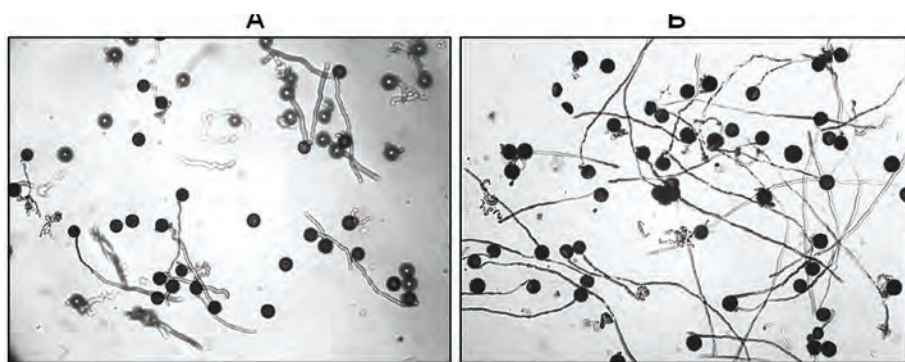


Рис.6. Характер прорастания пыльцы инбредных растений в контроле (А) и после обработки семян СГ (Б) свеклы столовой *in vitro* (на примере 274-5-1).

потомствах в среднем отмечено снижение высоты семенного растения, увеличение числа стеблей и интенсивности их окраски при большем диапазоне варьирования этих признаков в потомствах ms-форм (табл.4). Это приводило к увеличению числа морфотипов семенных растений в данных потомствах.

Однако на характер проявления признака ЦМС обработка семян СГ суще-

ственного влияния не оказывала (табл.4). Как было установлено ранее [17], доля и степень стерильности семенных растений инбредных потомств не всегда определяется уровнем стерильности исходного растения, что подтвердилось и в данном исследовании. Так, в потомстве 274-5-1 от ms-растения с высокой степенью стерильности все инбредные растения оказались фертильными, тогда как в потомстве 274-

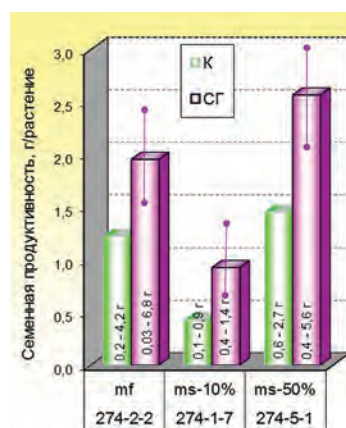


Рис.7. Завязываемость семян при инбридинге растений разных потомств свеклы столовой (в среднем по потомству): К – контроль; СГ – предпосевная обработка молдстимом; внутри столбцов указан диапазон варьирования признака в каждом варианте.

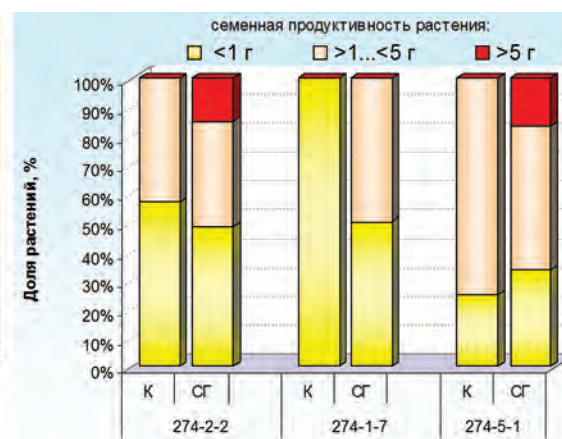


Рис.8. Соотношение биотипов семенных растений в популяциях разных инбредных потомств свеклы столовой по признаку «семенная продуктивность»: К – контроль; СГ – предпосевная обработка молдстимом.

2-2 от mf-растения, доля растений с признаком ЦМС составила около 70% с варьированием степени стерильности отдельных растений от 5 до 50%. В потомстве 274-1-7 все ms-растения, доля которых составила 33%, оказались полностью стерильны.

С другой стороны, СГ оказывали положительное последствие на функциональные параметры микрогаметофита фертильных пыльников большинства инбредных растений (рис.6). Так, жизнеспособность пыльцы растений контроля варьировала в пределах от 3% до 20%, в опытных растениях – от 11% до 32%, в среднем превышая контроль на 2-17% в зависимости от потомства. По длине пыльцевой трубки в потомствах 274-1-7 и 274-5-1 превышение относительно контроля составило 5-17% соответственно (рис.6). У растений потомства 274-2-2 по данному параметру достоверных отличий между вариантами не отмечено.

Положительно влияя на габитус семенного растения (снижение высоты при увеличении числа стеблей) и функциональные параметры микрогаметофита фертильных пыльников, СГ способствовали повышению завязываемости семян при инбридинге фертильных и частично-стерильных инбредных растений. В среднем семенная продуктивность инбредных растений выросла в 1,6-2,2 раза в зависимости от потомства (рис.7), за счет увеличения доли более продуктивных растений (рис.8). При этом продуктивность растений в контроле изменялась от 0,1 до 4,2 г, а растений опытных вариантов – от 0,03 до 6,8 г семян.

Отмеченный эффект действия СГ возможно связан с преодолением не только инбредной депрессии, но и явления самонесовместимости, что было показано и на ряде других культур [1,6,11], в том числе при межвидовой или межсортовой несовместимости у самоопылителей [7].

Заключение

Таким образом, на примере молдстима показано, что стероидные гликозиды можно использовать в селекционной практике при создании ms- и mf-линий свеклы столовой, так как в соответствующих концентрациях они способствуют снижению негативного влияния инбредной депрессии и самонесовместимости семенных растений, не влияя на проявление признака ЦМС. В первую очередь, это важно при работе с ценными формами глубоких инбридингов, склонных к самостерильности: расширяет спектр и увеличивает выход генетически разнообразного семенного потомства. Однако при оценке хозяйственно ценных признаков следует учитывать их неоднозначное влияние на развитие корнеплодов различных инбредных потомств, так как может изменяться соотношение морфотипов, что влияет на результативность отбора по комплексу признаков.

Литература

1. Волюнец А.П., Шуканов В.П., Полянская С.Н. Стероидные гликозиды – новые фиторегуляторы гормонального типа. – Минск, 2003. – 134 с.
2. Mashchenko N.E., Balashova N.N. Steroidal glycosides as complex bioregulators for some vegetable crops. // *Chişinău Materialele Simpozionului II «Tehnologii biologice Avansate și impactul lor on economie.Produse naturale: Tehnologii de valorificare a lor on agricultură,medicină și industria alimentară»* 2005. – P.142-144.
3. Noworolnik K., Leszczynska D. The influence of saponin products (Moldstim, Ecostim) on growth and yield of barley // *Allelopathy Jurnal*, 2002; №9(2). –P.24-28.
4. Lunga I., Kintia P., Shvets S., Bassarela C., Pizza C., Piacente S. Three spirostanol glycosides from the seeds of *Hyoscyamus niger*//*Chemistry Journal of Moldova*. 2006; №1.– 123р.
5. Рекомендации по применению регуляторов роста растений в технологии возделывания овощных культур (отв. ред. Ботнарь В.Ф.). Кишинев:Б.и. 2015. – 24 с.
6. Балашова Н.Н.; Жученко А.А.; Пивоваров В.Ф.; Балашова И.Т.; Козарь Е.Г.; Беспалько А.В.; Пышная О.Н.; Кинтя П.К.; Лупашку Г.А.; Мащенко Н.Е.; Швец С.А.; Бобейкэ В.А. Вторичные метаболиты растений как регуляторы стабильности агроценозов // *Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (иммунитет, селекция, интродукция)* / Рос. акад. с.-х. наук. – М., 2005. – Т.2. – С.48-76
7. Козарь Е.Г., Бландинская О.А., Балашова И.Т., Беспалько Л.В. Явление межсортовой нескрещиваемости перца сладкого и пути ее преодоления// *Мат-лы II Межд.научн.конф. «Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы»* (к 50-летию основания Института генетики и цитологии НАН Беларуси). Минск; 2015. – С.84-85.
8. Ветрова С.А., Фёдорова М.И., Козарь Е.Г. Инбредные потомства штеклингов – источник отбора мужских стерильных форм свеклы столовой// *Мат-лы межд. научно-практ. конф. «Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых-агров»*, 23-24 декабря 2016 г. – Орел. – 2016. – С.57-62.

9. Соколова Д.В. Проявление признака раздельноплодности у самоопыленных линий столовой свеклы // *Генетические ресурсы растений и селекция*. – СПб. 2010. – С.126-132.
10. Федорова М.И., Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Заячковский В.А. Изменчивость признаков корнеплода свеклы столовой в процессе инбридинга. // *Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков*. 2016. – № 14. – С.49-53.
11. Горбаченков М.В., Колесникова Е.Г.; Балашова И.Т.; Козарь Е.Г.; Колесникова А.И. Влияние ретардантов и стероидных гликозидов на семенную продуктивность петунии гибридной (*Petunia hybrida* Hort.) // : *Сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур*. Москва, 2005. – Вып. 40. – С.39-44.
12. Мащенко Н.Е.; Кинтя П.К.; Беспалько Л.В.; Козарь Е.Г.; Пышная О.Н.; Балашова Н.Н.; Балашова И.Т. Повышение семенной продуктивности овощных культур с помощью стероидных гликозидов молдстима и тригонеллозида на примере перца сладкого // *Сб.научн.трудов «Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы»* / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощных культур. – Москва, 2008.– Т. 1. – С.340-343.
13. Бланк Э.И., А.Г. Жакоте, П.К. Кинтя, Н.Д. Джугостран и Н.П. Ткаченко «Способ предпосевной обработки семян сахарной свеклы». №1416070, бюл. №30, 15.08.88 г.
14. Методические указания по селекции сортов и гетерозисных гибридов корнеплодных растений. – М.: ВАСХНИЛ, 1987.
15. Henriette M.C. Betalains: properties, sources, applications, and stability // *Intern. J. Food Sci. Technol.* – 2009. – V. 44. – P.2365-2376.
16. Электронный ресурс. – <http://dobavkam.net/additives/e162>
17. Федорова М.И., Козарь Е.Г., Кирилова А.А., Ветрова С.А. Создание и оценка ms-линий свеклы столовой // *Мат-лы межд. научно-практ. конф. «Современное состояние и перспективы инновационного развития овощеводства»*. – Минск:Самохваловичи. – 2014. – С.69-73.