

УДК 635.342:631.531.02:577.114

ПОВЫШЕНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ РОДИТЕЛЬСКОЙ ЛИНИИ ГИБРИДА F₁ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ

Бухаров А.Ф.¹ – доктор с.-х. наук, зав. лаб. селекции и семеноводства

Бухарова А.Р.² – профессор кафедры агрохимии, защиты растений и химии им. А.С. Гузья

Фомина А.А.¹ – аспирант

Балашова И.Т.³ – доктор биологических наук, зав. лабораторией новых технологий

Козарь Е.Г.³ – кандидат сельскохозяйственных наук, вед. научный сотрудник лаборатории новых технологий

Машенко Н.Е.⁴ – кандидат химических наук, вед. научный сотрудник лаборатории биологически активных соединений

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства»
140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Веряя, стр. 500

² ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»

³ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур» (ФГБНУ ВНИИССОК)

143080, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14

E-mail: balashova56@mail.ru

⁴ Институт генетики, физиологии и защиты растений АН Республики Молдова

Молдова, г. Кишинёв

E-mail: mne4747@mail.ru

Получение F₁ гибридов капусты белокочанной связано с трудностями принудительного опыления: слабой завязываемостью семян и низкой семенной продуктивностью исходных родительских линий. Цель настоящей работы: повысить семенную продуктивность самонесовместимой родительской линии 3/14C F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка с использованием вторичных метаболитов растений – стероидных гликозидов. Эксперимент провели в 2013-2015 годах на базе ВНИИ овощеводства. Размножение линии 3/14C осуществляли путем инцухтирования цветков в состоянии бутона, используя в качестве стимулирующих факторов водные растворы стероидных гликозидов молдстима и мелонгозида в концентрациях 0,1%, 0,01%, 0,001% и 0,0001%. Установлено, что стероидные гликозиды молдстим и мелонгозид в исследуемых концентрациях существенно повышают все показатели образования и развития семени. Положительные эффекты препаратов проявились на всех этапах опыления-оплодотворения и развития семени и выразились в существенном повышении всех параметров семенной продуктивности. Различия были существенны на 5%-ном уровне значимости. Наиболее эффективной для обоих препаратов была концентрация 0,001%. Завязываемость плодов выросла на 16-39%, осеменённость плода – на 17-38%, масса 1000 семян – на 9-12%. В результате семенная продуктивность родительской линии 3/14C F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка увеличилась на 44-105%. Следовательно, препараты молдстим и мелонгозид (в концентрации 0,001%) можно рекомендовать как физиологические стимуляторы для повышения семенной продуктивности самонесовместимых линий в процессе получения F₁ гибридов капусты белокочанной методом принудительного опыления.

Ключевые слова: капуста белокочанная, семенная продуктивность, родительская линия, стероидные гликозиды.

Капуста белокочанная (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) является ведущей овощной культурой открытого грунта на территории Российской Федерации. Площадь, занимаемая всеми видами капусты, составляет 113 тыс. га, большая часть из которых приходится на капусту белоко-

чанную. Различные сроки созревания сортов и гетерозисных F₁ гибридов позволяют создать конвейер поступления свежей и переработанной продукции на протяжении всего года. Причём, гетерозисные F₁ гибриды в большей степени отвечают запросам российских овощеводов,

так как они более выровнены по размерам кочана, одновременности вступления в хозяйственную спелость, повышенной стойкости к механическим нагрузкам и транспортабельности (Монахос Г.Ф., 1984; Бондарева Л.Л., 2009; 2015; Бухаров А.Ф. и др. 2011, 2012). Однако полу-

чение таких гибридов сопряжено с трудностями, связанными со слабой завязываемостью семян и низкой семенной продуктивностью при принудительном опылении исходных родительских форм. Рассматривая созревание семени как непрерывный физиологический процесс, который начинается с успешного опыления и оплодотворения и завершается созреванием плодов (Gillaspy G. Et al., 1993), мы решили использовать физиологически активные соединения для преодоления несовместимости и низкой семенной продуктивности родителей F_1 гибридов. Выбор остановили на вторичных метаболитах растений – стероидных гликозидах.

В растениях наряду с белками, нуклеиновыми кислотами, полисахаридами и другими биополимерами встречаются вещества с более низкой молекулярной массой – вторичные метаболиты. В ответ на стрессовые воздействия различной природы они накапливаются в значительных количествах, оказываясь ценными сырьевыми источниками биологически активных соединений. К вторичным метаболитам принадлежат и стероиды, локализованные в клеточных мембранах и выполняющие функцию биорегуляторов при обмене веществ. Стероиды растений биогенетически взаимосвязаны и составляют своеобразную группу соединений с гормональными функциями, в которую входят и стероидные гликозиды (Балашова Н.Н. и др., 2004). Стероидные гликозиды ряда фуростана и спиростана обладают широким спектром биологической активности, и, в частности, фитогормональными свойствами, являясь синергистами фитогормонов (Balashova I.T. et al., 1990; Балашова И.Т., 1992; Нгуен Хонг Минь и др., 1992). Исследуя физиологическую активность стероидных гликозидов,



сотрудники лаборатории молекулярных и гаметных методов селекции ВНИИССОК установили:

- характер ответной реакции растения перца сладкого на действие гликозидов зависит от фазы его развития, способствуя при этом наиболее полной реализации его продуктивного потенциала (Беспалько А.В. и др., 2003)
- стероидные гликозиды повышают семенную продуктивность перца сладкого и способствуют преодолению межсортовой нескрещиваемости (Бландинская О.А. и др., 2013).

Цель настоящей работы: повысить семенную продуктивность самонесовместимой родительской линии 3/14С F_1 гибрида капусты белокочанной Красотка.

Материалы и методы исследований

Материалом для проведения исследований служила самонесовместимая линия 3/14С – компоненты F_1 гибрида белокочанной капусты Красотка (Бухаров А.Ф. и др. 2011, 2012). Размножение линии осуществляли путем инцухтирования цветков в состоянии бутона. В качестве стимулирующих факторов использовали водные растворы стероидных гликозидов молдстима и мелонгозида в концентрациях 0,1%, 0,01%, 0,001% и 0,0001%. Для сравнения использовали сухой и влажный контроль. Семенную продуктивность и элементы, ее составляющие, оценивали в соответствии с авторскими методиками, опубликованными ранее (Бухаров А.Ф. и др.

1. Влияние стероидных гликозидов на завязываемость плодов у самонесовместимой линии 3/14С (родительской формы F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка F₁), ФГБНУ ВНИИО, 2013-2015 годы

Варианты	Завязываемость стручков, %, по повторениям			Σv	j	Отклонение	
	2013	2014	2015			от St	группа
Стандарт – б/о*	44,6	39,7	50,3	134,6	44,9	St	St
Стандарт – вода**	44,3	41,3	48,9	134,5	44,8	- 0,1	III
Молдстим – 0,1%	49,7	44,1	62,2	156,0	52,0	+7,1	I
Молдстим – 0,01%	60,8	53,6	68,7	183,1	61,0	+16,1	I
Молдстим – 0,001%	65,2	52,9	69,8	187,9	62,6	+17,7	I
Молдстим – 0,0001%	57,1	50,1	63,3	170,5	56,8	+11,9	I
Мелонгозид – 0,1%	47,7	50,2	66,2	164,1	54,7	+ 9,8	I
Мелонгозид – 0,01%	52,9	55,7	68,1	176,7	58,9	+14,0	I
Мелонгозид – 0,001%	62,7	54,3	64,6	181,6	60,5	+15,6	I
Мелонгозид – 0,0001%	57,2	50,9	62,4	170,5	56,8	+11,9	I
p	542,2	492,8	624,5	1659,5	HCP₀₅	5,5	-

* – стандарт без обработки, ** – обработка дистиллированной водой
 N = 30; C = 91 798,01; C_y = 2 154,18; C_p = 885,28; C_v = 1 084,05; C_z = 184,85

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсии	квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fфакт.	F ₀₅
Общая	2 154,18	29	-	-	-
Повторений	885,28	2	-	-	-
Вариантов	1 084,05	9	120,45	11,73	2,50
Остаток	184,85	18	10,27	-	-

Fфакт. > F₀₅ – различия существенны; S_d = 2,62; HCP₀₅ = 5,5

2011,2013).

Результаты исследований и их обсуждение

Изучая влияние стероидных гликозидов на семенную продуктивность самонесовместимой линии 3/14С (родительской формы F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка), мы оценили эффекты обработок по 4-м основным критериям, связанным с этим

показателем:

- завязываемость плодов
- число семян в плоде
- масса 1000 семян
- урожайность семян.

Эксперимент провели в 2013-2015 годах, в качестве повторений использовали годы исследований. Результаты представлены в таблицах 1-4.

Статистический анализ выявил существенное повышение завязываемости плодов во всех вариантах эксперимента под действием стероидных гликозидов, причём наиболее эффективной оказалась концентрация 0,001% (табл.1). Количество семян в 1 плоде также существенно увеличилось под влиянием стероидных гликозидов.

2. Влияние стероидных гликозидов на осеменённость одного плода у самонесовместимой линии 3/14С (родительской формы F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка F₁), ФГБНУ ВНИИО, 2013-2015 годы

Варианты	Завязываемость стручков, %, по повторениям			Σv	j	Отклонение	
	2013	2014	2015			от St	группа
Стандарт – б/о*	12,7	15,9	12,2	40,8	13,6	St	St
Стандарт – вода**	12,8	15,8	12,5	41,1	13,7	+0,1	III
Молдстим – 0,1%	15,7	18,2	13,7	47,6	15,9	+2,3	I
Молдстим – 0,01%	16,5	19,6	16,8	52,9	17,6	+4,0	I
Молдстим – 0,001%	18,3	20,5	17,3	56,1	18,7	+5,1	I
Молдстим – 0,0001%	19,0	17,7	15,5	52,2	17,4	+3,8	I
Мелонгозид – 0,1%	14,4	17,3	17,8	49,5	16,5	+2,9	I
Мелонгозид – 0,01%	17,5	19,2	18,4	55,1	18,4	+4,8	I
Мелонгозид – 0,001%	16,7	19,7	17,9	54,3	18,1	+4,5	I
Мелонгозид – 0,0001%	16,4	18,4	17,1	51,9	17,3	+3,7	I
p	160,0	182,3	159,2	501,5	HCP₀₅	1,9	-

* – стандарт без обработки, ** – обработка дистиллированной водой
N = 30; C = 8383,41; C_y = 146,56; C_p = 34,38; C_v = 89,40; C_z = 22,78

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсии	квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fфакт.	F ₀₅
Общая	146,56	29	-	-	-
Повторений	34,38	2	-	-	-
Вариантов	89,40	9	9,9333	7,85	2,50
Остаток	22,78	18	1,2656	-	-

Fфакт. > F₀₅ – различия существенны; S_d = 0,92; HCP₀₅ = 1,9

Установлены и наиболее эффективные концентрации препаратов: у молдстима – 0,001%, у мелонгозида – 0,01% и 0,001%, но статистические различия у мелонгозида между вариантами с концентрацией 0,01% и 0,001% незначительны (см. HCP₀₅ в табл.2).

Что же касается непосредственных показателей семенной продук-

тивности – массы 1000 семян и урожайности семян – они также существенно выросли в результате обработки стероидными гликозидами (табл.3, 4). Причём, наиболее эффективной концентрацией препаратов опять оказалась концентрация 0,001%. Молдстим более эффективно повышал массу 1000 семян и в концентрации 0,01%, но

различия с концентрацией 0,001% были незначительны (см. HCP₀₅ в табл.3), поэтому ими можно пренебречь. Урожайность семян значимо возрастала под действием стероидных гликозидов, и наиболее эффективной была обработка концентрацией препаратов 0,001% – и у мелонгозида, и у молдстима (табл.4).

3. Влияние стероидных гликозидов на массу 1000 семян у самонесовместимой линии З/14С (родительской формы F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка F₁), ФГБНУ ВНИИО, 2013-2015 годы

Варианты	Масса 1000 семян, г, по повторениям			Σv	б	Отклонение	
	2013	2014	2015			от St	группа
Стандарт – б/о*	3,15	3,23	3,18	9,56	3,19	St	St
Стандарт – вода**	3,22	3,24	3,17	9,63	3,21	+0,02	II
Молдстим – 0,1%	3,51	3,41	3,50	10,42	3,47	+0,28	I
Молдстим – 0,01%	3,48	3,58	3,64	10,70	3,57	+0,38	I
Молдстим – 0,001%	3,44	3,52	3,58	10,54	3,51	+0,32	I
Молдстим – 0,0001%	3,39	3,43	3,37	10,14	3,40	+0,21	I
Мелонгозид – 0,1%	3,33	3,33	3,52	10,18	3,39	+0,20	I
Мелонгозид – 0,01%	3,54	3,51	3,66	10,71	3,57	+0,38	I
Мелонгозид – 0,001%	3,59	3,60	3,51	10,70	3,57	+0,38	I
Мелонгозид – 0,0001%	3,36	3,45	3,53	10,34	3,45	+0,26	I
р	34,01	34,30	34,66	102,97	HCP ₀₅	0,11	-

* – стандарт без обработки, ** – обработка дистиллированной водой
 N = 30; C = 353,43; C_v = 0,62; C_p = 0,02; C_v = 0,53; C_z = 0,07

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсии	квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fфакт.	F ₀₅
Общая	0,62	29	-	-	-
Повторений	0,02	2	-	-	-
Вариантов	0,53	9	0,0589	15,10	2,50
Остаток	0,07	18	0,0039	-	-

Fфакт. >F₀₅ – различия существенны; S_d = 0,051; HCP₀₅ = 0,11

4. Влияние стероидных гликозидов на урожайность семян у самонесовместимой линии З/14С (родительской формы F₁ гибрида капусты белокочанной Красотка F₁), ФГБНУ ВНИИО, 2013-2015 годы

Варианты	Урожайность семян, г/м ² , по повторениям			Σv	б	Отклонение	
	2013	2014	2015			от St	группа
Стандарт – б/о*	5,80	6,57	6,18	18,55	6,18	St	St
Стандарт – вода**	5,65	6,96	5,83	18,44	6,15	- 0,03	III
Молдстим – 0,1%	8,60	9,06	8,97	26,63	8,88	+2,70	I
Молдстим – 0,01%	11,25	12,28	12,60	36,13	12,04	+5,86	I
Молдстим – 0,001%	12,53	12,63	12,95	38,11	12,70	+6,52	I
Молдстим – 0,0001%	11,27	10,02	9,92	31,21	10,40	+4,22	I
Мелонгозид – 0,1%	8,15	9,56	12,47	30,18	10,06	+3,88	I
Мелонгозид – 0,01%	10,22	12,06	13,74	36,02	12,01	+5,83	I
Мелонгозид – 0,001%	11,63	12,77	12,19	36,59	12,20	+6,02	I
Мелонгозид – 0,0001%	10,08	10,66	11,29	32,03	10,68	+4,50	I
р	95,18	102,57	106,14	303,89	HCP ₀₅	1,45	-

* – стандарт без обработки, ** – обработка дистиллированной водой
 N = 30; C = 3078,30; C_v = 175,34; C_p = 8,10; C_v = 154,41; C_z = 12,83

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсии	квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fфакт.	F ₀₅
Общая	175,34	29	-	-	-
Повторений	8,10	2	-	-	-
Вариантов	154,41	9	17,1567	24,07	2,50
Остаток	12,83	18	0,7128	-	-

Fфакт. >F₀₅ – различия существенны; S_d = 0,69; HCP₀₅ = 1,45

Заключение

Установлена способность вторичных метаболитов растений – стероидных гликозидов молдстима и мелонгозида – повышать семенную продуктивность самонесовместимой линии 3/14С – родительской формы F1 гибрида капусты белокочанной Красотка. Положительные эффекты препаратов проявились на всех этапах опыления-оплодотворения и развития семени и выразились в существенном повышении всех параметров семенной продуктивности. Завязываемость плодов увеличилась на 16-39%, осеменённость плода возросла на 17-38%, масса 1000

семян возросла на 9-12%. В результате семенная продуктивность растерной самонесовместимой линии увеличилась на 44-105%, т.е. практически в 2 раза. Оба препарата были эффективны в равной степени, наиболее эффективной концентрацией препаратов оказалась концентрация 0,001%. Следовательно, препараты молдстим и мелонгозид в концентрации 0,001% можно рекомендовать как физиологические стимуляторы для повышения семенной продуктивности самонесовместимых линий в процессе получения F₁ гибридов капусты белокочанной методом принудительного опыления.

IMPROVEMENT OF SEED PRODUCTIVITY IN PARENTAL LINES OF F1 HYBRID IN HEAD CABBAGE UNDER AN EFFECT OF STEROID GLYCOSIDES

Bukharov A.F.¹, Bukharova A.R.², Fomina A.A.¹, Balashova I.T.², Kozar E.G.², Maschenko N.E.⁴

¹ Federal State Budgetary Research Institution 'All-Russian Research Institute of Vegetable Production', 140153, Moscow region, Ramenskiy district, Vereya, building 500

² Russian State Agrarian Extramural University, Russia

³ Federal State Budgetary Research Institution 'All-Russian Scientific Research Institute of vegetable breeding and seed production' 143080, Russia, Moscow region, Odintsovo district, p. VNISSOK, Selektsionnaya st., 14
E-mail: balashova56@mail.ru

⁴ Institute of Plant Genetics, Physiology and Protection, Moldavian Academy of Sciences Kishinev, Republic of Moldova
E-mail: mne4747@mail.ru

Summary

Development of F₁ cabbage hybrids is concerned to difficulties of artificial pollination, low ability to develop ovary leading to low seed productivity in parental lines. The aim of the study is to improve the seed productivity of self-pollinated parental line 3/14C for F₁ cabbage hybrid 'Krasotka'. Secondary plant metabolites such as steroid glycosides can help overcome these difficulties and increase the seed productivity (Blandinskaya et al., 2013). 3/14C-line was propagated by backcrossing flowers in bud stage with artificial self-pollination, using water solutions of steroid glycosides 'Moldstim' and 'Melongozid' (in concentrations 0.1%, 0.01%, 0.001% and 0.0001%). Seed productivity was evaluated according to methods that were elaborated earlier (Bukharov A.F. et al., 2011, 2013). It was established that all parameters of seed formation and development were increased significantly under treatment of steroid glycosides 'Moldstim' and 'Melongozid' in mentioned concentration. Differences were significant at the 5%-level of significance. Concentration of 0.001% was more effective than other both preparations. These preparations stimulated all phases of seed development. Number of fruits was increased by 16-39%, a number of seeds per one the pod was also increased by 17-38%, mass of 1000 seeds was increased by 9-12%. Thus, the seed productivity of parental line 3/14C F₁cabbage hybrid named 'Krasotka' was increased by 44 to 105% as result of the action of steroid glycosides. Thus, 'Moldstim' and 'Melongozid' in concentration of 0.001% can be recommend as physiological stimulators to improve seed productivity in parental lines necessary for development of F₁ cabbage hybrids.

Key words: cabbage, seed productivity, parental line, steroid glycosides.

**Литература**

1. 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. Регуляция устойчивости фитопатосистем с помощью вторичных метаболитов растений // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – №1. – С.3-16.
2. Балашова И.Т. Индукция устойчивости биологически активными веществами (иммунизация) // Сельскохозяйственная биология. – 1992, №3. – С.13-21.
3. Беспалько А.В., Козарь Е.Г., Балашова И.Т., Балашова Н.Н., Кинтя П.К., Лупашку Г.А., Мащенко Н.Е. Влияние стероидных гликозидов на рост и развитие перца сладкого /Регуляция роста, развития и продуктивности растений // Материалы III Международной научной конференции. – Минск, 8-10 октября, 2003. – С.14.
4. Бландинская О.А., Козарь Е.Г., Беспалько Л.В., Балашова И.Т. Односторонняя межсортовая несовместимость перца сладкого (*Capsicum annuum* L.) // Овощи России. – 2013. – №4 (21). – С. 26-29.
5. Бондарева Л.Л. Научное обоснование и разработка системы методов селекции и семеноводства капустных культур // Автореф. дисс. доктора с.-х. наук. – Москва, 2009. – 47 с.
6. Бондарева Л.Л. Селекция и семеноводство капустных культур: основные вехи, направления и результаты // Селекция и семеноводство овощных культур /Сборник научных трудов ВНИИССОК. – Москва, 2015. – С.140-147.
7. Бухаров А.Ф., Петрищев А.В., Пронькин В.В. Продуктивность фотосинтеза и урожайность семенников капусты белокочанной // Вестник РГАЗУ. – 2011. – № 11 (16). – С. 27-30.
8. Бухаров А.Ф., Фёфелов Ф.О., Кашнова Е.В., Разин О.А., Войтенкова Л.И. Экологическое испытание перспективных гибридов F₁ капусты белокочанной // Вестник Мичуринского ГАУ, Мичуринск-наукоград РФ. – 2011. – №2. – Ч.1. – С.15-18.
9. Бухаров А.Ф., Фёфелов Ф.О., Пронькин В.В., Кашнова Е.В., Разин О.А., Войтенкова Л.И. Оценка капусты белокочанной на адаптивность и экологическую стабильность по признакам, определяющим продуктивность // Труды Кубанского ГАУ. – 2012. – №2 (35). – С. 238-242.
10. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Фомина А.А. Корреляционный и факторный анализ признака семенной продуктивности капусты белокочанной // Овощи России. – 2013. – № 3(20). – С. 22-24.
11. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Анализ, прогноз и моделирование семенной продуктивности овощных культур. – М.: Изд-во РГАЗУ, 2013. – 60 с.
12. Монахос Г.Ф. Проявление комбинационной способности самонесовместимых промежуточных гибридов в зависимости от площади питания четырёх линейных гибридов среднеспелой белокочанной капусты // Дисс. канд. с.-х. наук. – Москва: ТСХА. – 1984. – 207 с.
13. Нгуен Хонг Минь, Балашова Н.Н., Кинтя П.К. и др. Эффекты стероидных гликозидов в культуре ткани томата // Сельскохозяйственная биология. – 1992. – №3. – С.57-63.
14. Balashova I.T., Balashova N.N., Kintia P.K. Steroidal Glycosides as Plant Resistance Inductors // Acta Agronomica Hungarica. – 1990. – №39. – vol.1-2. – P. 183-191.
15. Gillaspay G., Ben-David H., Gruißem W. Fruits: A developmental perspective // Plant Cell. – 1993. – № 5. – P.1439-1451.