

Краткое сообщение / Short communication

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-5-26-30>
УДК: 635.342:631.527.41:631.531

Л.Л. Бондарева*, А.И. Минейкина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки:

lyuda_bondareva@mail.ru

Конфликт интересов. Л.Л. Бондарева является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2008 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Вклад авторов: Л.Л. Бондарева: концептуализация, верификация данных, проведение исследования, редактирование рукописи. А.И. Минейкина: курирование данных, написание и редактирование рукописи.

Для цитирования: Бондарева Л.Л., Минейкина А.И. Ускоренное размножение родительских линий капусты белокочанной с использованием штеклингов и камер искусственного климата. *Овощи России*. 2024;(5):26-30. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-5-26-30>

Поступила в редакцию: 19.08.2024

Принята к печати: 21.09.2024

Опубликована: 27.09.2024

Lyudmila L. Bondareva*, Anna I. Mineykina

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia

*Corresponding Author: lyuda_bondareva@mail.ru

Conflict of interest. Bondareva L.L. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2008, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

Authors Contribution: Bondareva L.L.: conceptualization, data verification, research, manuscript editing. Mineykina A.I.: data curation, writing and editing of the manuscript.

For citation: Bondareva L.L., Mineykina A.I. Accelerated reproduction of the parental lines of white cabbage using rosette plants (steckling) and artificial climate chambers. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(5):26-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-5-26-30>

Received: 19.08.2024

Accepted for publication: 21.09.2024

Published: 27.09.2024

Ускоренное размножение родительских линий капусты белокочанной с использованием штеклингов и камер искусственного климата

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Технология производства семян капусты при традиционном способе занимает почти 2 года. Высокая ее трудоемкость вызвала необходимость поиска более дешевых способов ведения селекции и семеноводства. Одним из способов по ускорению этапов селекционного процесса является использование камер искусственного климата. Цель исследований – получение семян перспективных инбредных линий капусты белокочанной и гибридных комбинаций с их участием с использованием розеточных растений (штеклингов) в камерах искусственного климата.

Материал и методы. Материалом служили инбредные чистые линии 5-6 поколений инбридинга, полученные из перспективных гибридных комбинаций отечественной и зарубежной селекции. Исследования проводили в 2023-2024 годах. Посев в кассеты Плантек 64 осуществляли 10 июля, затем рассаду пересаживали в вегетационные сосуды с оптимальным объемом 5-6 л и оставляли в открытом грунте для нарастания листовой розетки. В фазу 10-13 настоящих листьев штеклинги устанавливали в камере искусственного климата для их дальнейшей яровизации и вегетации. В период роста и развития проводили биометрические и фенологические наблюдения, осуществляли анализ завязываемости семян при гибридизации инбредных линий.

Результаты. При изучении гибридного семеноводства в условиях камеры искусственного климата выявлены высокие показатели завязываемости семян в бутонах при перекрестном опылении розеточных растений капусты белокочанной. Выделены генотипы, у которых отмечена высокая степень завязываемости семян при гейтеногамном опылении бутонов. Масса 1000 семян изученных растений находилась в пределах 2,5-5,14 г. Выделены генотипы 383-3, 384-2 и 384-7, у которых отмечен наибольший процент семян в фракционном составе размером более 2 мм – 80,3%, 43,5% и 59,4% соответственно. При использовании генотипов 384-2 и 384-7 в гибридных комбинациях в качестве материнского компонента выявлены высокие показатели качества полученных семян.

Заключение. Для изученных генотипов капусты белокочанной при выращивании их в камере искусственного климата существенного влияния на качество семян не выявлено, на показатели качества семян большую степень оказывало влияние генотипа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

селекция, семеноводство, гибридизация, яровизация, инбредные линии, завязываемость семян

Accelerated reproduction of the parental lines of white cabbage using rosette plants (steckling) and artificial climate chambers

ABSTRACT

Relevance. The technology of producing cabbage seeds with the traditional method takes almost 2 years. Its high labor intensity caused the need to search for cheaper methods of selection and seed production. One of the ways to speed up the stages of the selection process is the use of artificial climate chambers. The aim of research is to obtain seeds of promising inbred lines of late maturing white cabbage and hybrid combinations with their participation using rosette plants (steckling) in artificial climate chambers.

Materials and Methods. The material was inbred pure lines of 5-6 generations of inbreeding, obtained from promising hybrid combinations of domestic and foreign breeding. The research was conducted in 2023-2024. Sowing in Plantek 64 cassettes was carried out on July 10, then the seedlings were transplanted into vegetative vessels with an optimal volume of 5-6 liters and installed in the open ground for the growth of a leaf outlet. In the phase 10-13 of real leaves, the plugs were placed in an artificial climate chamber. During the growth and development period, biometric and phenological observations were carried out, and an analysis of seed setting was carried out during the hybridization of inbred lines.

Results. As a result of research in the study of hybrid seed production under artificial climate chamber conditions, high rates of seed setting in buds under cross-pollination of rosette plants of white cabbage were revealed. Genotypes with high seed set rate under geitonogamous bud pollination were also identified. The weight of 1000 seeds of the studied plants was within the range of 2.5-5.14 g. Genotypes 383-3, 384-2 and 384-7 were selected, which had the highest percentage of seeds in the fractional composition with size more than 2 mm - 80.3%, 43.5% and 59.4%, respectively. When genotypes 384-2 and 384-7 were used in hybrid combinations as a maternal component, high quality indicators of the obtained seeds were revealed.

Conclusion. For the studied genotypes of white cabbage, when grown in an artificial climate chamber, no significant effect on seed quality was found; the genotype had a greater effect on seed quality indicators.

KEYWORDS:

selection, seed production, inbred lines, hybridization, vernalization, seed setting

Введение

Капуста белокочанная является важной овощной культурой, по уровню потребления твердо занимает третье место после хлеба и картофеля. Широкому распространению капусты способствуют очень ценные хозяйственные качества: высокая урожайность, наличие форм с различной продолжительностью вегетационного периода, хорошая лежкость зимой, устойчивость к низким температурам и высокая транспортабельность. Благодаря таким качествам создается возможность снабжать капустой население повсеместно круглый год [1, 2].

За последние годы отмечается заметное снижение площадей под товарной продукцией (со 113 тыс. га в 2013 году до 34 тыс. га в 2021 году). Практически каждый второй год случается кризис перепроизводства. В настоящее время капуста белокочанная в сравнении с овощами «борщевого» набора (морковь, свекла столовая, лук репчатый) требует больших затрат ручного труда при ее уборке и закладке на хранение [3, 4].

В товарном производстве капусты белокочанной основополагающая роль отводится гибридам F₁, которые характеризуются стабильной урожайностью, выравненностью, отличным качеством продукции, дружностью созревания, высокой товарностью продукции [5, 6]. По-прежнему, востребованы гибриды капусты белокочанной различных групп спелости: от ультраскороспелых до позднеспелых с продолжительностью хранения кочанов более 6 месяцев. Но все-таки, наибольшие площади у производителей товарной продукции при выращивании на полях занимают гибриды капусты белокочанной среднеспелого и позднего сроков созревания [7]. В сетевых магазинах при реализации капусты белокочанной наметилась тенденция к соблюдению отдельных требований к продукции: кочан должен быть более округлым, массой 2,0-2,3 кг, плотный, с небольшой внутренней кочерыжкой, без повреждения наружных листьев. Поэтому при создании гибрида капусты белокочанной следует учитывать не только весь комплекс требований для производителей продукции, представителей торговых сетей, но и быстро реагировать на предъявляемые требования (конъюнктуру рынка) при создании новых гибридов.

Известно, что капуста белокочанная – это двулетняя перекрестно опыляемая культура семейства Капустные. В первый год образуется кочан, который является сильно разросшейся верхушечной почкой. В зависимости от скороспелости сорта, на формирование кочана уходит от полутора до двух с половиной месяцев. Уборку семеноводческих посевов проводят обычно, когда большинство растений (не менее 75%) достигнет фазы технической спелости кочана. На семенные цели отбирают типичные для сорта хорошо развитые растения. Перед закладкой на хранение листья листовой розетки обрезают, оставляя два-три листа околокочанных, которые спустя 25-35 дней легко отходят от кочерыжки и в таком состоянии (кочан с корнем) укладываются на зимнее хранение при температуре 0°C...1°C. Для прохождения яровизации за 30-35 суток до высадки весной температуру поднимают до +6°C.

Ранней весной по мере прогревания почвы, высаживаются маточки капусты. Дальнейший уход за семенниками сводится к проведению своевременных поливов, рыхления посадки, защиты от вредителей и болезней. Цветение семенников капусты продолжается 20-23 суток в зависимости от сорта, гибрида с последующим образованием стручков длиной до 10 см. Через полтора-два месяца после окончания цветения вызревают семена [8].

Таким образом, технология получения семян от семени до семени у капусты при традиционном способе занимает почти 2 года. Такая высокая трудоемкость технологии выращивания семян капусты в двулетней культуре с использованием маточников вызвала необходимость поиска более дешевых способов семеноводства.

Учеными из Приднестровского НИИСХ установлена возможность получения семян этой культуры из розеточных растений (штеклингов),

где важное значение для перехода растений от вегетативного к репродуктивному периоду онтогенеза имеет их возраст и количество листьев [9-11].

Селекция капусты белокочанной, в основном, ориентирована на создание F₁ гибридов, отличающихся от сортопопуляций высокой урожайностью, выравненностью растений по срокам созревания и качеству продуктивных органов. Наиболее сложным, трудоемким и продолжительным этапом в этом процессе является создание константных родительских линий, на получение которых уходит от 7 до 14 лет при использовании традиционных методов селекции [12].

В настоящее время для ускорения отдельных этапов селекции, кроме классических методов, широко используют биотехнологические, а именно, технологии получения удвоенных гаплоидов (DH-технологии) [13-16].

Для капусты эффективным способом получения гибридных семян является гибридизация самонесовместимых инбредных линий на основе спорофитной системы самонесовместимости. Для получения потомства самонесовместимых инбредных линий капусты используется гейтеногамное опыление растений, т.е. опыление растений в бутонах в определенном возрасте их развития [7, 17].

Одним из способов по ускорению этапов селекционного процесса с капустой является использование камер искусственного климата с заданными световым и температурным режимами. Такие камеры имеются в лаборатории селекции и семеноводства капустных культур ФНЦО [18]. Их использование позволяет в 2 раза сократить селекционный процесс, отработаны отдельные элементы технологии получения и размножения семян селекционных образцов разных разновидностей капусты [19]. В камерах искусственного климата растения капусты проходят важные этапы развития, как яровизация, переход в репродуктивную стадию развития (образование цветоноса), цветение семенного растения (в этот период проводится гибридизация), образование стручков, созревание и уборка семян [20].

При выращивании в открытом грунте маточки капусты проходят эти этапы за 9-10 месяцев, в т.ч. на яровизацию уходит до 5 месяцев, а остальное время – на рост и развитие растений капусты второго года жизни. В камерах искусственного климата эти же этапы роста и развития растения капусты проходят значительно быстрее (за 3,5-4 месяца) за счет регулирования температурного режима и относительной влажности воздуха.

Целью наших исследований является получение семян перспективных инбредных линий капусты белокочанной позднего срока созревания с использованием розеточных растений (штеклингов) в камерах искусственного климата.

Материалы и методы исследований

Материалом исследований служили инбредные чистые линии 5-6 поколений инбридинга, полученные из перспективных гибридных комбинаций отечественной и зарубежной селекции.

Опыт проводили в 2023-2024 годах в лабораторно-полевых условиях ФГБНУ ФНЦО. Посев в кассеты Плантек 64 проводили 10 июля. В фазе 3-4 настоящих листьев (8 августа) рассаду капусты пересаживали в вегетационные сосуды с оптимальным объемом 5-6 л и питательной смесью: дерновая земля, торф и песок в соотношении 2:1:1. Затем устанавливали сосуды в открытом грунте для нарастания листовой розетки. В период роста проводили рекомендованные агротехнические мероприятия для получения здоровых растений: подкормки, рыхление почвы в вазонах, своевременный полив и др. В фазу 10-13 настоящих листьев и толщиной стебля 9-12 мм (ориентировочно 16 октября) растения капусты в фазе штеклингов (розеточных растений) устанавливали в камеру искусственного климата. В течение 55 суток температура в камере поддерживали на уровне 6,0...6,5°C, при которой растения проходили яровизацию, затем сосуды со штеклингами переносили в вегетационную камеру, для постепенной адаптации

Таблица 1. Динамика роста семенных растений капусты белокочанной (штеклингов) в камере искусственного климата
Table 1. Growth dynamics of seed plants of white cabbage (steckling) in an artificial climate chamber

Генотип	Высота растения, см		Количество листьев, шт.		Цветение, сутки		
	с... по...	прирост	с... по...	прирост	начало	массовое	окончание
381-1	27-49	22	21-29	8	51	58-65	79
381-3	29-50	21	27-32	5	51	65-72	79
382-11	27-37	10	19-33	14	72	93-100	107
383-2	30-49	19	23-27	4	65	72	79
383-3	22-38	16	24-43	19	80	87	108
383-5	24-40	16	18-37	19	94	101	108
383-7	34-46	12	24-38	14	73	80-87	94
383-8	29-43	14	20-35	15	87	94	101
384-2	37-57	20	37-40	3	58	65-72	79
384-7	30-54	24	38-43	5	59	66-73	80

растений температурный режим в течение 10 суток поддерживали на уровне 10...12°C, в последующем увеличивали до 18...21°C. Дальнейший рост штеклингов проходил при оптимальной температуре – 21...23°C и освещенности 6000 люкс, день-ночь: 16 ч./8 ч., при созревании семян после гибридизации соотношение день-ночь немного корректировали – 18 ч./6 ч. В период роста в камере проводили биометрические и фенологические наблюдения, отмечали цветение, нарастание листовой массы, высоту растения. В задачи исследований также входил анализ завязываемости семян при гибридизации данных инбредных линий.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных нами исследований установлены основные параметры роста и развития растений капусты в динамике, показана завязываемость семян у перспективных инбредных линий при гейтеногамном и перекрестном опылениях, а также показатели качества полученных семян по фракционному составу. Длина вегетационного периода штеклингов в камере искусственного климата в зависимости от генотипа составила от 79 до 108 суток. Наибольший прирост высоты растений показали генотипы 381, 384 и 383-2 (табл. 1). При этом для этих генотипов был отмечен наименьший прирост числа листьев. Такая динамика обусловлена активным ростом цветоноса, что заметно приводит к угнетению развития розетки листьев. Сроки проявления морфологических изменений, связанных с началом и окончанием цветения семенных растений при выращивании в камере искусственного климата, отличаются не только между генотипами, но и между растениями внутри каждого. Сроки наступления этих фенологических фаз зависят, по всей видимости, от способа освещения и направленности светового потока. Таким образом, этот параметр роста и развития можно регулировать и подбирать оптимальные условия и сроки цветения для каждого отдельного растения.

Для производственных целей существует различные методы получения гибридных семян капустных культур. Однако, в любой селекционной программе по получению гибридов требуется проводить размножение и поддержание родительских линий, которые производятся гейтеногамным опылением бутонов вручную [21]. Поэтому важным этапом было изучение посевных качеств розеточных растений при выращивании в камере искусственного климата. В результате наших исследований выявлены высокие показатели завязываемости семян в бутонах при перекрестном опылении (рис.). Также были выделены генотипы 381-3, 382-11, 383-2, 384-7, у которых отмечена высокая степень завязываемости семян при гейтеногамном опылении бутонов. Таким образом, установлено, что условия камеры искусственного климата не снижают качество получаемых семян при выращивании розеточных растений.

Согласно справочным данным [22] масса 1000 семян капусты белокочанной варьирует и составляет 2,2-4,8 г. В результате наших исследований масса 1000 семян находилась в пределах 2,5-5,14 г,

Таблица 2. Посевные качества семян, полученных в различных вариантах скрещивания штеклингов капусты белокочанной в камере искусственного климата
Table 2. Sowing qualities of seeds obtained in different crossing variants of white cabbage steckling in an artificial climate chamber

Вариант скрещивания	Фракционный состав, %			Масса 1000 семян, г
	<1,8 мм	1,8-2,0 мм	>2,0 мм	
383-2 (бутоны)	69,6	30,4	0,0	2,75
383-2 x 382-11	52,3	47,7	0,0	3,30
383-2 x 381-1	70,8	29,2	0,0	3,25
383-3 (бутоны)	1,2	18,5	80,3	4,13
383-3 x 381-1	100,0	0,0	0,0	1,82
383-3 x 382-5	60,0	40,0	0,0	2,57
383-3 x 381-3	53,3	46,7	0,0	2,85
383-7 (бутоны)	67,7	32,3	0,0	2,58
383-7 x 381-1	84,2	15,8	0,0	2,69
383-7 x 382-5	75,4	24,6	0,0	2,97
383-7 x 382-11	76,3	23,7	0,0	3,03
383-8 (бутоны)	75,0	25,0	0,0	2,50
383-8 x 382-11	77,8	22,2	0,0	3,13
384-2 (бутоны)	25,2	31,3	43,5	3,48
384-2xГЛ 11-1	13,3	46,7	40,0	4,17
384-2x ГЛ 8-1	14,7	47,1	38,2	4,41
384-2 x 383-2	12,9	40,0	47,1	4,24
384-2 x 351-1	0,00	100,0	0,0	5,00
384-2 x 328-2	0,00	100,0	0,0	4,09
384-7 (бутоны)	10,4	30,2	59,4	4,20
384-7 x 381-1	1,4	32,1	66,5	5,14
384-7 x 383-7	4,0	26,3	69,7	4,87

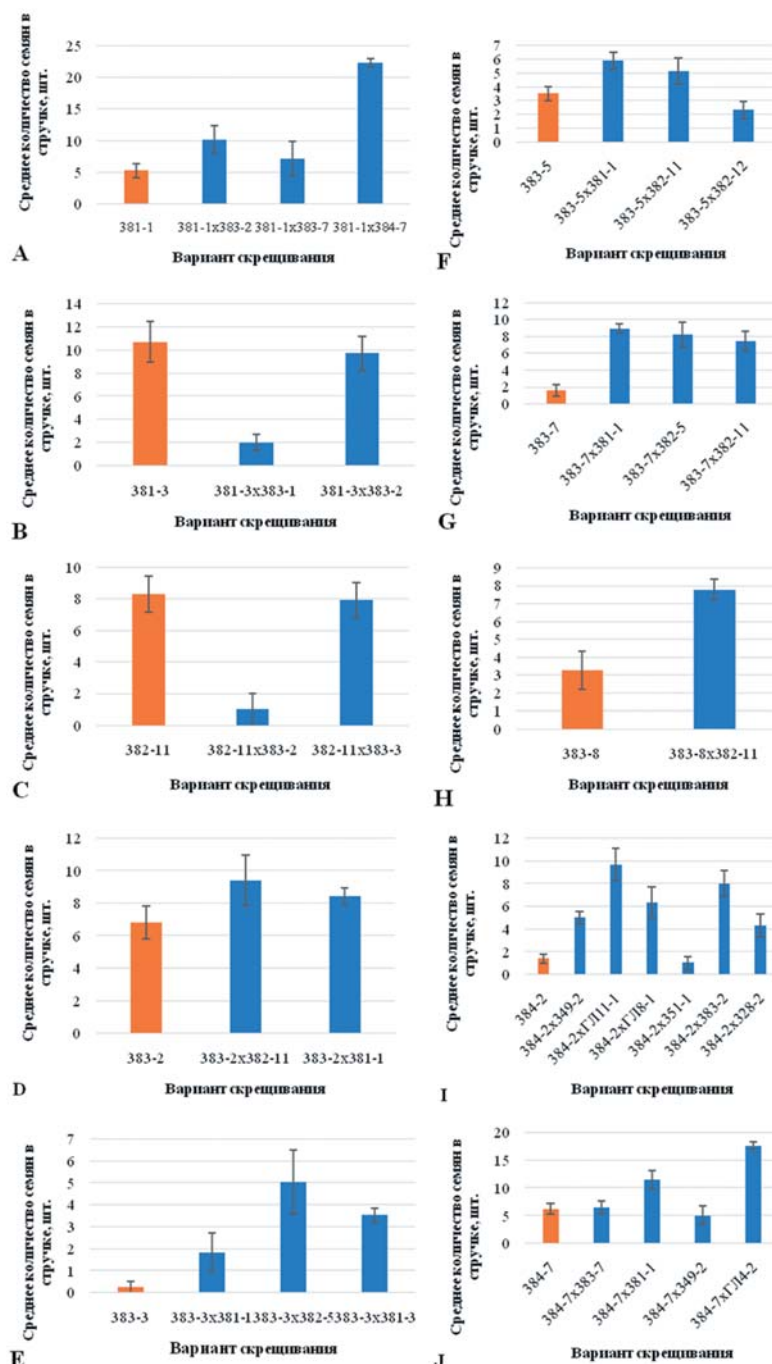


Рис. 1. Завязываемость семян растений капусты белокочанной при гейте-ногамном опылении бутонов и перекрёстном опылении линий у различных генотипов: А-381-1; В-381-3; С-382-11; D-383-2; E-383-3; F-383-5; G-383-7; H-383-8; I-384-2; J-384-7

Fig. Seed setting of white cabbage plants with heutenogamous pollination of buds and cross-pollination of lines in different genotypes: A-381-1; B-381-3; C-382-11; D-383-2; E-383-3; F-383-5; G-383-7; H-383-8; I-384-2; J-384-7

за исключением гибридной комбинации 383-3x381-1. Анализ фракционного состава этой гибридной комбинации показал высокий процент семян фракции менее 1,8 мм (табл. 2). У генотипов 383-3, 384-2 и 384-7 был отмечен наибольший процент семян в фракционном составе размером более 2 мм – 80,3%, 43,5% и 59,4% соответственно. При использовании генотипов 384-2 и 384-7 в гибридных комбинациях в качестве материнского компонента выявлены высокие показатели качества полученных семян по фракционному составу и массе 1000 семян во всех вариантах. Таким образом, нами не выявлено влияние условий выращивания камеры искусственного света на качество семян розеточных растений. Существенное значение на показатели качества семян оказывает генотип.

Закключение

Селекция и семеноводство капусты белокочанной является трудоёмким процессом, требующим больших временных затрат. Использование в качестве маточников розеточных растений (штеклингов) представляет возможность сокращения двухлетнего цикла развития за счет ускоренного прохождения фенологических фаз роста, а выращивание растений в камере искусственного климата позволяет исключить влияние неблагоприятных внешних факторов: климатических условий, наличие патогенов и насекомых для нежелательного переопыления. Такие технологические приемы позволяют повысить эффективность получения семенного потомства двухлетней культуры за один год и значительно снизит затраты на создание гетерозисных гибридов с заданными параметрами [23].



Рис. 2. Растения капусты белокочанной в камере искусственного климата, ФГБНУ ФНЦО, 2024 год

Fig. 2. White cabbage plants in an artificial climate chamber, FSBSI FSVC, 2024

• Литература

1. Пивоваров В.Ф., Бондарева Л.Л. Основные направления и результаты селекции и семеноводства капустных культур во ВНИИССОК. *Овощи России*. 2013;(3):4-9. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-4-9> <https://www.elibrary.ru/rbjtkn>
2. Бондарева Л.Л. Вековой путь развития селекции капусты: история, результаты, современные направления. *Известия ФНЦО*. 2020;(1):72-82. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-1-72-82> <https://www.elibrary.ru/htijhk>
3. Крашенинник Н.В. Особенности технологии выращивания белокочанной капусты. *Гавриш*. 2010;(2):16-19.
4. Бутов И.С. Делай со мной, делай как я, делай лучше меня. *Картофель и овощи*. 2024;(2):7-10. <https://www.elibrary.ru/yifbig>
5. Бондарева Л.Л., Колесников И.М. Селекция скороспелых гибридов капусты белокочанной. Научные труды по селекции и семеноводству. 1995;(2):150-152.
6. Пивоваров В.Ф., Бондарева Л.Л., Шмыкова Н.А., Шумилина Д.В., Минейкина А.И. Создание гибридов капусты белокочанной (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* var. *alba*) нового поколения с использованием линий удвоенных гаплоидов. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(1):143-151. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.143rus1995> <https://www.elibrary.ru/yfqfkd>
7. Минейкина А.И., Бондарева Л.Л., Шумилина Д.В., Домблдес Е.А., Солдатенко А.В. Усовершенствование методов создания гибридов капусты белокочанной. *Овощи России*. 2019;(4):3-7. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-3-7> <https://www.elibrary.ru/faxajs>
8. Бондарева Л.Л., Фролова С.Л. Особенности роста и развития семенных кустов сортов и родительских линий капустных культур. *Известия ФНЦО*. 2021;(3-4):13-19. <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2021-3-4-13-19> <https://www.elibrary.ru/reneek>
9. Завацкий М.Ю. Действие клеевой обработки семенников капусты на осыпаемость семян. Труды по семеноводству и семеноведению овощных культур. 1981. С.24.
10. Завацкий М.Ю. Способы повышения устойчивости семенников белокочанной капусты к осыпаемости. *Химизация сельского хозяйства*. 1990;(12):62-63.
11. Зведенко А.П., Казаку В.И. Выращивание семян капусты белокочанной из розеточных растений. *Овощи России*. 2013;(3):40-42. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-40-42> <https://www.elibrary.ru/rbjtoj>
12. Бондарева Л.Л. Научное обоснование и разработка системы методов селекции и семеноводства капустных культур. 2009. 47 с.
13. Шмыкова Н.А., Шумилина Д.В., Супрунова Т.П. Получение удвоенных гаплоидов у видов рода *Brassica* L. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(1):111-120. <https://doi.org/10.18699/VJ15.014> <https://www.elibrary.ru/twqxtp>
14. Ferrie A. Microspore culture of *Brassica* species. Doubled haploid production in crop plants: a manual. Dordrecht: Springer Netherlands, 2003. P. 205-215.
15. Dunwell J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation. *J. Plant Biotech.* 2010;8:377-424. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00498.x>
16. Yuan Sx., Su Yb., Liu Ym. et al. Effects of pH, MES, arabinogalactan-proteins on microspore cultures in white cabbage. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 2012;110:69-76. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0131-z>
17. Монахос Г.Ф. Схема создания двухлинейных гибридов капустных овощных культур на основе самонесовместимости. *Известия ТСХА*. 2007;(2):86-93. <https://www.elibrary.ru/iadqjx>
18. Старцев В.И., Бондарева Л.Л. Методы ускорения селекционного процесса у капусты. *Картофель и овощи*. 2005;(4):7.
19. Цыганок Н.С., Панькин Е.А. Использование климатических камер в селекции и семеноводстве капустных культур. Материалы III Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». 1999;(2):458-460.
20. Бондарева Л.Л., Разин О.А. Использование камер искусственного климата при селекции капусты. *Овощи России*. 2014;(4):37-39. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-37-39> <https://www.elibrary.ru/tjalbt>
21. Крючков А.В. Основные принципы получения гибридных семян на основе самонесовместимости. *Известия ТСХА*. 1972;(1):124-131.
22. Лудиллов В.А. Семеноводство овощных и бахчевых культур. М.: Глобус, 2000. 256 с.
23. Старцев В.И., Бондарева Л.Л., Пронин С.С., Кравчук И.В., Старцева Л.В., Разин А.Ф. Методика определения экономической эффективности научных достижений в селекции и семеноводстве овощных культур. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур, 2011. 48 с. ISBN 978-5-901695-45-6. <https://www.elibrary.ru/vpcvjv>

• References

1. Pivovarov V.F., Bondareva L.L. MAIN ACHIEVEMENTS OF BREEDING AND SEED PRODUCTION OF COLE CROPS IN VNIISOK. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(3):4-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-4-9> <https://www.elibrary.ru/rbjtkn>
2. Bondareva L.L. The centuries-old path of development of cabbage breeding: history, results, modern direction. *News of FSVС*. 2020;(1):72-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-1-72-82> <https://www.elibrary.ru/htijhk>
3. Krashenninik N.V. Features of technology for growing white cabbage. *Gavrish*. 2010;(2):16-19.
4. Butov I.S. Do with me, do as I do, do better than me. *Potato and vegetables*. 2024;(2):7-10. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/yifbig>
5. Bondareva L.L., Kolesnikov I.M. Selection of early-ripening hybrids of white cabbage. Scientific works on selection and seed production. 1995;(2):150-152. (In Russ.)
6. Pivovarov V.F., Bondareva L.L., Shmykova N.A., Shumilina D.V., Mineikina A.I. Creation of new generation white cabbage hybrids (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* var. *alba*) using doubled haploid lines. *Agricultural biology*. 2017;52(1):143-151. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.143rus1995> <https://www.elibrary.ru/yfqfkd>
7. Mineykina A.I., Bondareva L.L., Shumilina D.V., Domblides E.A., Soldatenko A.V. Improvement of methods of creating hybrids of cabbage. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(4):3-7. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-3-7> <https://www.elibrary.ru/faxajs>
8. Bondareva L.L., Frolova S.L. Features of growth and development of seed bushes of varieties and parental lines of cabbage crops. *News of FSVС*. 2021;(3-4):13-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2021-3-4-13-19> <https://www.elibrary.ru/reneek>
9. Zavatsky M.Yu. Effect of glue treatment of cabbage seed plants on seed shedding. Works on seed production and seed science of vegetable crops. 1981. P. 24. (In Russ.)
10. Zavatsky M.Yu. Methods for increasing the resistance of white cabbage seedlings to shedding. *Chemicalization of Agriculture*. 1990;(12):62-63. (In Russ.)
11. Zvedenyuk A.P., Kazaku V.I. White head cabbage seeds growing from rosette plants. *Vegetable crops of Russia*. 2013;(3):40-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-3-40-42> <https://www.elibrary.ru/rbjtoj>
12. Bondareva L.L. Scientific substantiation and development of a system of methods for selection and seed production of cabbage crops. 2009. 47 p. (In Russ.)
13. Shmykova N.A., Shumilina D.V., Suprunova T.P. Doubled haploid production in *Brassica* L. seeds. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2015;19(1):111-120. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ15.014> <https://www.elibrary.ru/twqxtp>
14. Ferrie A. Microspore culture of *Brassica* species. Doubled haploid production in crop plants: a manual. Dordrecht: Springer Netherlands, 2003. P. 205-215.
15. Dunwell J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation. *J. Plant Biotech.* 2010;8:377-424. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00498.x>
16. Yuan Sx., Su Yb., Liu Ym. et al. Effects of pH, MES, arabinogalactan-proteins on microspore cultures in white cabbage. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 2012;110:69-76. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0131-z>
17. Monakhos G.F. Scheme of creation of two-line hybrids of cabbage vegetable crops on the basis of self-incompatibility. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2007;(2):86-93. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/iadqjx>
18. Startsev V.I., Bondareva L.L. Methods of acceleration of selection process in cabbage. *Potato and vegetables*. 2005;(4):7. (In Russ.)
19. Tsyganok N.S., Pankin E.A. Use of climate chambers in selection and seed production of cabbage crops. Proceedings of the III International Symposium "New and Unconventional Plants and Prospects for Their Use". 1999; 2: 458-460. (In Russ.)
20. Bondareva L.L., Razin O.A. Use of growth chambers for cabbage breeding. *Vegetable crops of Russia*. 2014;(4):37-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2014-4-37-39> <https://www.elibrary.ru/tjalbt>
21. Kryuchkov A.V. Basic principles of obtaining hybrid seeds based on self-incompatibility. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 1972;(1):124-131. (In Russ.)
22. Ludilov V.A. Seed production of vegetable crops. Moscow: Globus, 2000. 256 p. (In Russ.)
23. Startsev V.I., Bondareva L.L., Pronin S.S., Kravchuk I.V., Startseva L.V., Razin A.F. Methods of determining the economic efficiency of scientific advances in breeding and seed production of vegetable crops. Moscow: All-Russian Research Institute of Vegetable Breeding and Seed Production, 2011. 48 p. ISBN 978-5-901695-45-6. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/vpcvjv>

Об авторах:

Людмила Леонидовна Бондарева – доктор с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства капустных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2082-0754>, SPIN-код: 6679-0168, (РИНЦ), автор для переписки, lyuda_bondareva@mail.ru
Анна Игоревна Минейкина – научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики и цитологии, <https://orcid.org/0000-0001-9864-1137>, SPIN-код: 7179-7360, anna-batmanova@mail.ru

About the Authors:

Lyudmila L. Bondareva – Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Laboratory of breeding and seed production of Cole crops, <https://orcid.org/0000-0003-2082-0754>, SPIN-code: 6679-0168, Correspondence Author, lyuda_bondareva@mail.ru
Anna I. Mineykina – Researcher at the Laboratory of Molecular Genetics and Cytology, <https://orcid.org/0000-0001-9864-1137>, SPIN-code: 7179-7360, anna-batmanova@mail.ru