Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ОВОЩЕВОДСТВА»
(ФГБНУ ФНЦО)

На правах рукописи

Чередниченко Елена Александровна

ПОДБОР И СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛУКА РЕПЧАТОГО (*Allium cepa L.)* ДЛЯ ЮЖНОГО РЕГИОНА РФ

Специальность 06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН
Пивоваров В.Ф.

Москва 2022

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ……..... 4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ…… 10
1.1.Производство лука репчатого в мире…… 10
1.2. Хозяйственное значение и пищевая ценность лука репчатого……..... 12
1.3. Происхождение и систематика …… 14
1.4.Морфологические и хозяйственно ценные признаки лука репчатого…… 18
1.5. Наиболее распространенные болезни лука репчатого на Юге России в период вегетации и хранения…… 28
1.5.1.Фузариозная гниль донца…… 28
1.5.2. Болезни лука в период хранения……... 30
1.6. Направление селекции лука репчатого……... 31
1.7. Исходный материал и методы селекции…… 32
1.7.1.Исходный материал…… 32
1.7.2. Методы селекции……... 34
1.8. Создание гибридов лука репчатого на основе цитоплазматической мужской стерильности……..... 39
1.9. Применение и интеграция новых технологий молекулярно-генетической оценки…… 47
1.10. Использование техники удвоенных гаплоидов в селекции F1 гибридов лук репчатого…… 54
2. МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ…… 61
2.1. Исходный материал…… 61
2.2. Место и условия проведения исследования……... 61
2.3. Методы исследований…… 62
3. РУЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ…… 65
3.1. Оценка образцов лука репчатого питомника исходного материала по хозяйственно ценным признакам…… 65
3.1.1. Продолжительность прохождения межфазных периодов у образцов лука репчатого в питомнике исходного материала……... 65
3.1.2. Оценка образцов по качественным и количественным хозяйственно ценным признакам в питомнике исходного материала……..... 67
3.1.3. Корреляционный анализ взаимосвязи количественных признаков коллекционных образцов лука репчатого…….. 95
3.1.4 Изучение коллекционных образцов лука репчатого по признаку ЦМС с помощью Real-Time PCR…… 97
3.2. Создание линейного материала лука репчатого для селекции на гетерозис на основе ЦМС с использованием традиционных, молекулярных и биотехнологических методов ……..... 106
3.2.1. Получение изогенных пар на стерильной и фертильной основе для создания стерильных линий-А, как материнского компонента гетерозисных гибридов F1…… 106
3.2.2. Получение фертильных линий опылителей методом инбридинга……... 131
3.2.3. Оценка полученных гибридных комбинаций лука репчатого по хозяйственно ценным признакам…… 140

3.2.4. Оценка удвоенных гаплоидов лука репчатого, полученных методом культуры семяпочек, по основным хозяйственно ценным признакам…… 148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……. 152
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ…….. 158
СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ…… 160
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……. 161
ПРИЛОЖЕНИЕ……. 178

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований

Лук репчатый одна из самых древних продовольственных культур Старого света, которую сегодня широко возделывают во всем мире (Степанов и др., 2017). Его выращивают на площади более 5,19 млн. га, объемы производства составляют более 99 млн.т. Лидируют в производстве этой культуры Китай (валовой сбор составляет 24,9 млн. т), Индия (22,8 млн. т), США (3,17 млн. т). Россия занимает 8-е место, ее доля в мировом производстве – 1,35%, что составляет 1,67 млн. т по состоянию на 2019 г, по данным ФАО (электронный ресурс).

В сельскохозяйственном производстве в последние годы по посевным площадям лук репчатый занимает основное место наряду с капустой белокочанной. Ежегодно им засевают от 88 до 96 тыс. га. Идет постоянное увеличение крупнотоварного производства, это происходит благодаря тому, что в настоящее время процесс выращивания лука полностью механизирован.

В основном производство лука репчатого (78% валового сбора) находится в 3-х федеральных округах: в Южном – 42,1%, Приволжском – 22,2%, Центральном – 13,7% (Мазай, 2017; Калмыкова Е.В., 2020).

Юг России традиционно был и остается основным регионом овощеводства и важным центром производства семян (Клименко Н.Н., 2013).

Таким образом, Юг России является главным регионом выращивания лука репчатого, при этом базовые селекционные центры в нашей стране, где ведутся работы по созданию гибридов лука репчатого, расположены в Московской области (регион северных широт). Поэтому большинство сортов и гибридов, созданных в этих учреждениях, плохо адаптированы к условиям южного региона с более короткой длиной дня (Ховрин А.Н., Монахос Г.Ф., 2014).

По состоянию на 2022 год в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, внесено 415 сортов и гибридов лука репчатого зарубежной и отечественной селекции, из которых 208

являются гибридами и 207 сортами. При этом в основном преобладают иностранные гибриды (171) и только 37 гибридов относятся к отечественной селекции. Причем, в иностранной селекции предпочтение отдают гибридам, нежели сортам (их в 3 раза больше). В России наблюдается иная тенденция: производятся в основном сорта (соотношение сортов и гибридов следующее: 158 и 37) (электронный ресурс http://reestr.gossortrf.ru).

Отечественные фермеры в сильной степени зависят от иностранных производителей семян овощных культур, так как импорт семян лука репчатого составляет более 90% (Татюма Н.В., 2021).

Передовые хозяйства при выращивании лука репчатого, как правило, используют семена высокотехнологичных гибридов F1, различных сроков созревания, что позволяет им создать конвейер производства. Преимущества высокотехнологичных семян уже давно известны, а более высокая их стоимость легко перекрывается высоким качеством и высокой урожайностью продукции. Доля же российских сортов и гибридов F1 даже при их существенно более низкой цене на рынке составляет не более 10%.

В связи с этим особую актуальность приобретает создание новых высоко технологичных гибридов F1 лука репчатого различных сроков созревания для условий южных регионов РФ.

Прогнозы, представленные в докладе Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, показывают, что для обеспечения питания населения мира (9,1 млрд. человек к 2050 году), потребуется увеличение общего производства продуктов питания примерно на 14,3%. Кроме того фермеры должны будут придерживаться программы по сокращению выбросов парниковых газов, повышению эффективности водопользования и удовлетворению потребителей в здоровой пище, богатой полезными веществами. В этом контексте становится очевидным, что прежние подходы к созданию сортов и гибридов овощных культур должны быть глубоко модернизированы. И именно инновациям в области повышения

скорости и качества создания новых гибридов суждено стать основой селекции будущего.

В отрасли АПК в последнее время наблюдается тенденция роста овощной продукции. Тем не менее, ее качество остается на довольно низком уровне. Новейшие технологии и селекционные достижения способны улучшить сложившуюся ситуацию. Поэтому основное внимание необходимо уделять совершенствованию селекции и семеноводства, так как в овощеводстве важное значение имеют сорта и гибриды, обладающие нужными хозяйственными признаками, а также качественные семена (Пивоваров В.Ф. и др.2020).

Использование в селекционном процессе новейших технологий молекулярно-генетической оценки, таких как Real-time PCR позволит повысить эффективность и рентабельность работы (электронный ресурс https://ru.wikipedia.org/wiki/Полимеразная_цепная_реакция_в_реальном_времени).

Исходя из этого, создание исходного материала для селекции лука репчатого с использованием биотехнологий является весьма актуальной и востребованной задачей.

Цель работы – создание исходного материала лука репчатого (*Allium cepa L.*) с комплексом основных хозяйственно ценных признаков для селекции на гетерозис на основе ЦМС в условиях Южного региона России.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Оценить коллекционный и селекционный материал различного происхождения по основным морфологическим и хозяйственно ценным признакам.

2. Выявить полиморфизм коллекционных и селекционных образцов лука репчатого по типу цитоплазмы и аллельному состоянию ядерных генов стерильности посредством молекулярно-генетического анализа Real-time PCR и отобрать перспективные источники стерильности и фертильности.

3. Создать методами инбридинга и MAS-селекции исходный материал стерильных и фертильных родительских линий с улучшенным сочетанием хозяйственно ценных признаков для получения гибридов на основе ЦМС.

4. Выделить перспективные изогенные пары материнских линий лука репчатого на основе оценки по признаку ЦМС и комплексу селекционно важных признаков потомств, полученных путем гибридизации стерильных и фертильных форм (S/msms x N/msms).

5. Получить и оценить гибридные комбинации между лучшими стерильными материнскими линиями и фертильными отцовскими линиями-опылителями и выделить перспективные гибриды F1 лука репчатого, отвечающие требованиям потребителей и производителей товарного лука.

6. Изучить селекционно значимые признаки удвоенных гаплоидов (DH-растения) лука репчатого, полученных методом культуры неопыленных семяпочек *in vitro*, и выделить наиболее ценные генотипы для создания гомозиготных линий лука репчатого.

Научная новизна

Выявлены взаимосвязи и степень варьирования основных морфологических и хозяйственно ценных признаков коллекционного материала лука репчатого различного происхождения в условиях Южного региона России и показана их селекционная ценность как источников скороспелости, урожайности, высокой сохранности, твердости сухих чешуй, повышенного содержания сахаров.

Впервые показана высокая результативность включения в селекционный процесс разработанных в Селекционном центре «Гавриш» систем молекулярных маркеров для анализа состояния цитоплазмы (Fret 36) и ядерных генов стерильности (Fret 26) на основе метода Real-time PCR как экспресс оценки полиморфизма образцов лука репчатого по признаку цитоплазматическая мужская стерильность. На основе скрининга типа цитоплазмы и аллельного состояния ядерных генов стерильности выделены образцы, которые являются источниками стерильных форм, донорами

фертильных генотипов - закрепителей стерильности и опылителей для создания родительских линий гетерозисных гибридов лука репчатого на основе ЦМС.

На основе методов традиционной селекции, молекулярно-генетического анализа и биотехнологии созданы новые родительские линии для гибридов F1 лука репчатого - изогенные линейные пары материнского стерильного компонента и отцовские фертильные линии-опылители (в том числе и на основе DH-растений), сочетающие в себе наиболее ценные признаки. Получены перспективные гибридные комбинации, отвечающие условиям модели гибридов F1 лука репчатого для Южных регионов РФ и требованиям современного рынка.

Практическая значимость

Создан новый исходный материал и основа родительских линий для получения гибридов лука репчатого на основе ЦМС: 18 перспективных потенциально изогенных пар по признаку «мужская стерильность» с низким коэффициентом вариации, максимально схожих между собой, 39 линий опылителей, 14 гибридных комбинаций на основе перспективных стерильных линий и линий опылителей, а также две гомозиготные линии и две гибридные комбинации на основе выделенных гомозиготных DH-линий.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Источники и новый исходный материал лука репчатого с улучшенными хозяйственно-ценными признаками;

2. Эффективность метода Real-time PCR для мониторинга ЦМС и выделения форм с необходимыми генотипами; создание изогенных пар материнских стерильных линий, фертильных линий закрепителей стерильности и опылителей для гетерозисных гибридов лука репчатого;

3. Характеристика DH-линий лука репчатого и перспектива их использования в качестве линий опылителей, отцовских форм гетерозисных гибридов.

Степень достоверности и апробации работы

Исследования выполнены в соответствии с общепринятыми методиками. Достоверность результатов подтверждена экспериментальными исследованиями, статистической обработкой полученных данных. Результаты работы доложены на V международной научно-практической конференции «Современные тенденции в селекции и семеноводстве луковых культур. Традиции и перспективы» (Москва, 2018), научно-практической конференции «Инновационные методы селекции овощных культур» (Крымск, 2017), ежегодной отчетной сессии в НИИ селекции овощных культур «Крымский селекционный центр» в 2016-2021 гг. По материалам диссертации опубликованы 2 печатные работы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, а также 1 статья в сборниках докладов и тезисов, 1 – остальные издания.

Личный вклад автора

Результаты экспериментальных исследований получены автором лично и сотрудниками лаборатории, соискателю принадлежит проведение основных экспериментов.

Автор благодарит своего научного руководителя, Пивоварова В.Ф. Особую признательность автор выражает Козарь Е.Г. за неоценимую помощь в оформлении и обобщении полученных данных, Першину А.Ф. за помощь в работе с литературным обзором. За всестороннюю поддержку автор благодарит Гавриш С.Ф., а также сотрудников лаборатории биотехнологии и лаборатории молекулярных маркеров за выполнение работ по молекулярному анализу и созданию удвоенных гаплоидов.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 190 страницах, содержит 48 таблиц, 64 рисунка. Состоит из введения, обзора литературы, методики проведения исследований, анализа результатов исследований, выводов, списка использованной литературы, включающего 162 наименования, в т.ч. 45 иностранных авторов; 9 приложений.

1. Обзор литературы

1.1. Производство лука репчатого в мире

Репчатый лук – древнейшая овощная культура, упоминания о нем найдены еще за 4000 лет до н.э. Родина лука – Средняя Азия, здесь все еще обитают близкие ему виды. По мнению Н.И. Вавилова культурные формы лука начали формироваться в Афганистане и Индии. Далее лук попал в Древний Египет, Персию, затем и в Европу. Лук выращивают в мире повсеместно (http://kulinarika ru/ru/p/42/luk-riepchatyi). В странах Средней Азии лук репчатый занимает большую площадь, при этом урожайность его низкая (табл.3).

На Руси лук появился в XII-XIII веках, в результате торговых отношений с Западной Европой, Византией и Средней Азией (http://www.inqui.ru/2013 /01/ onion.html).

В России лук выращивают в различных почвенно-климатических зонах: от полярного круга до субтропиков. (Пивоваров В.Ф. и др., 2001). Площадь под луком репчатым составляет 95% от всей площади, занятой луковыми культурами (Ибрагимбеков М.Г. и др., 2021).

Валовое производство лука в мире составляет 99,96 млн.т., из которых 47,8% принадлежит Индии и Китаю. Доля России в мировом производстве составляет 1,67 %.

Таблица 1. Валовый сбор лука репчатого в мире, 2008-2019 годы

Страна	Валовый сбор, млн. т.							
	2008 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2019 г
Китай	20,82	22,35	22,58	23,55	23,94	24,34	24,77	24,96
Индия	13,56	19,3	19,4	18,93	20,93	22,43	22,07	22,82
США	3,4	3,16	3,17	3,41	3,73	3,73	3,28	3,17
Египет	1,95	1,09	2,5	3,05	2,46	2,38	2,96	3,08
Иран	1,85	2,05	2,06	2,43	2,4	2,38	2,41	1,78
Россия	1,71	1,98	1,99	2,1	1,63	1,79	1,64	1,67
Турция	2,00	1,9	1,79	1,88	2,12	2,13	1,93	2,20
Бангладеш	0,89	1,17	1,39	1,7	1,74	1,87	1,73	1,80
Пакистан	2,02	1,66	1,74	1,67	1,74	1,83	2,12	2,08

Неизменными лидерами по валовому производству лука репчатого остаются Китай, Индия и США. Китай и Индия занимают лидирующее положение на протяжении всех лет за счет увеличения площади (табл.2). При том как, в США наблюдается даже уменьшение площади, но явно виден рост урожайности (табл.3).

В настоящее время под луком репчатым в мире занято 5,19 млн. га, из которых 1,22 млн. га расположены в Индии (23,5%), 1,13 млн. га в Китае (21,8%), в Нигерии 0,59 млн. га (11,4%), в России 0,06 млн. га (1,1%), табл. 2.

Таблица 2. Площадь под луком репчатым в мире, 2008-2019 годы

Страна	Площадь, га							
	2008 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2019 г
Индия	834000	1217000	1203570	1173000	1320000	1306000	1315000	1220000
Китай	931688	1026160	1032963	1072086	1087308	1102498	1120209	1128970
Нигерия	349809	474000	487000	434500	479275	556466	374316	592678
Бангла деш	125171	134354	150915	169609	177492	185735	178506	172456
Индоне зия	91339	98937	120704	122126	149635	158172	156779	159195
Пакистан	153100	125912	133922	130532	135884	137900	150199	148272
Вьетнам	84529	92000	94118	95310	96447	97725	101656	100817
Уганда	65000	74860	77772	80675	83569	86457	91195	93918
Судан	49266	59700	77377	85974	87696	96590	83988	104463
Египет	52833	52718	68487	83042	69425	68053	81517	87948
Мьянма	68797	76890	78104	76671	69962	69778	66202	71430
Россия	91470	85740	85993	87949	88563	83343	60499	58226
Турция	65598	61555	58942	60459	67570	68136	59198	68713
Иран	64021	55415	55082	63685	62297	61661	61152	45417
США	62120	58010	56600	54070	54920	55850	52690	52370

За последние 10 лет лидерами по площади являются Индия, Китай и Нигерия. В России площадь под луком репчатым за период с 2008 по 2017 гг. не сильно изменялась и находилась в пределах 83343-91470 га. Но в последующие годы начала заметно снижаться. Так, В 2019 году она составила рекордно низкую отметку – 58226 га, но за счет роста урожайности (табл.3) валовый сбор увеличился на 30 тыс.т. (табл.1). По занимаемой площади под луком репчатым Россия находится на 13 месте по сравнению с 8 местом в 2016

году, уступая свою позицию таки странам как Судан, Турция, Мьянма, Египет и Уганда (табл.2).

Урожайность стран, у лидирующих производителей лука репчатого (Китай и Индия), довольно низкая и не превышает 23 т/га (табл. 3), они являются лидерами за счет большого объема посевных площадей (табл.2).

Таблица 3. Урожайность лука репчатого в странах, лидерах по валовому сбору, 2008-2019 годы

Страна	Урожайность, т/га							
	2008 г	2013 г	2014 г	2015 г	2016 г	2017 г	2018 г	2019 г
США	54,85	54,16	55,95	63,12	67,89	66,82	62,33	60,54
Иран	28,91	37,00	37,5	38,09	38,53	38,58	39,36	39,18
Турция	30,6	30,94	30,37	31,08	31,38	31,28	36,29	32,01
Египет	36,87	20,74	36,58	36,72	35,41	34,96	36,29	35,03
Россия	18,72	23,15	23,19	23,89	22,84	25,63	27,14	28,68
Китай	22,3	21,78	21,86	21,97	22,00	22,08	22,11	22,11
Индия	16,26	15,86	16,12	16,13	15,86	17,17	16,78	18,70

По данным ФАО (http://www.fao.org/faostat/ru/#home) лидерами по урожайности являются развитые страны: США, Япония, Испания, Швеция, Германия и др. У Индии и Китая урожайность лука репчатого на протяжении 10 лет остается на одном уровне. В России в 2019 году урожайность повысилась в 1,5 раза по сравнению с 2008 годом. Увеличение урожайности также наблюдается у таких стран как Иран и Индия (табл.3).

1.2. Хозяйственное значение и пищевая ценность лука репчатого

Лук репчатый используется в течение всего года как приправа к пище, представляя собой источник ряда биологически активных веществ: незаменимых аминокислот (лейцина, изолейцина, лизина, метионина, треонина, гистидина и фенилаланина), а также глутаминовой кислоты, глицина, аланина, тирозина и пролина (Романов В.С. и др., 2018). Лук также содержит флавоноиды, антоцианины (в красных сортах), фруктоолигосахариды, тиосульфинаты и другие серосодержащие соединения.

(Голубкина Н.А. и др. 2020). По содержанию серы превосходит другие овощи (Борисов В.А. и др., 2003).

В луке репчатом содержатся витамины В, B_2, С, РР, фитонциды, каротин (Пивоваров, 2007), 11 витаминов и витаминоподобных веществ из 16 ежедневно необходимых человеку (Литвинов С.С., Шатилов М.В., 2015). Наличие эфирных масел, придающих специфический вкус и запах, определяет его как ценное пряное растение. (Буренин В.И., 2016). Эфирные масла в основном состоят из аллил-пропилдисульфида (Борисов В.А. и др., 2003).

В луковице содержание витамина С составляет 6-10 мг%, в листьях – 21-30 мг%. Также сочные чешуи и зеленые листья насыщены углеводами (4-14%), среди которых преобладают сложные формы сахаров. Содержание сухого вещества в луковицах составляет 15 % и более (Романов В.С. и др., 2018; Голубкина Н.А. и др., 2020).

Лук содержит соли фосфора, калия, кальция, натрия. Зеленые листья содержат железо (до 5%). Лук используется в пищу в течение всего года благодаря способности долго храниться (Пивоваров, 2007). Потребления лука репчатого в год на душу населения составляет 10-12 кг по данным НИИ питания РАМН. Согласно статистическим данным федеральной службы (https://rosstat.gov.ru) численность населения за 2018 г. составила 146,7 млн. чел. Произведено лука репчатого 1,64 млн.т. Таким образом, потребление лука репчатого на душу населения в 2018 году составило 11,2 кг, т.е. производители полностью обеспечили население луком (Пивоваров, 2007; электронный ресурс http://www.activestudy.info/osobennosti-ximicheskogo-sostava-repchatogo-luka/).

Лук относится к функциональным продуктам питания, так как является источником нутриентов и положительно действует на организм, предотвращая заболевания. В нем есть биологически активные вещества: аллилсульфо-соединения, кверцетин, аденозин, инулин, фруктоолигосахариды. Эти вещества влияют на липидный профиль крови (кверцетин), защищают суставы (инулин) (Голубкина Н.А и др., 2013).

Лук обладает лечебными и антисептическими свойствами благодаря высокому содержанию фитонцидов, по этой причине с давних времен используется в народной медицине. Лук применяют для лечения воспалительных процессов, авитоминозов, инфекционных заболеваний. Из него готовят различные лекарственные препараты (Пивоваров, 2007; электронный ресурс http://www.activestudy.info/osobennosti-ximicheskogo-sostava-repchatogo-luka/). Высокое содержание фенольных соединений способствует проявлению антиоксидантных свойств лука и защитного эффекта от кардиологических, неврологических, кардиологических, желудочнокишечных заболеваний. Лук оказывает противовоспалительное, иммуномодулирующее, антиаллергенное и антиканцерогенное действие. Серосодержащие соединения лука возбуждают аппетит и усиливают производство инсулина, а высокое содержание пищевых волокон активизирует пищеварение, потребление лука стимулирует повышение плотности костной ткани у пожилых людей (Голубкина Н.А. и др., 2020). Луковый сок снижает свертываемость крови, растворяет камни в почках, укрепляет кровеносные сосуды. Лук используют при мигренях и ожогах, употребляют при авитаминозе и цинге. В косметологии – для укрепления волос и уничтожения перхоти (Борисов В.А. и др., 2003). Лук репчатый эффективен при сахарном диабете, атеросклерозе, болезни сердца, используется как профилактическое средство от простудных заболеваний, позволяет сократить содержание холестерина в крови. Обширно применяется в кулинарии и в быту (Бебрис А.Р. и др., 2018). Лук репчатый является важной составной частью в рационе питания разных народов. Его употребляют в свежем и переработанном виде, а также используют в парфюмерии (Триппель В.В., 2007).

1.3. Происхождение и систематика

Все луки относятся к семейству *Alliaceae* (Луковые) и роду *Allium* (лук). (Пивоваров, 2007), подклассу *Lilidaceae* (Лилейные), классу *Monocotyledoneae* (Однодольные) (Черемушкина В.А., 2004).

В самостоятельное семейство род *Allium* был отнесен в 1858 году (J.G. AgarDH), хромосомное число (n=8) (Черемушкина В.А., 2004).

Семейство луковые (*Alliaceae*) включает 30 родов, из которых превалирует род *Allium L.* (Пивоваров, 2006). Род *Allium. L.* имеет широкий ареал обитания: от северных широт до тропиков, поэтому имеет высокий полиморфизм (Пивоваров, 2007, https://wcsp.science.kew .org/qsearch.do). Этот род включает от 600 до 878 видов (по данным разных авторов), из них примерно 230 видов произрастает на территории бывшего СССР (Пивоваров, 2006, https://www.plantarium. ru/page/ view/item/41316.html), 200 видов на территории России (Агафонов А.Ф., Дубова М.В., 2000).

Родовое латинское название *Allium* произошло от кельтского *all* – жгучий и связано со жгучим вкусом, характерным для всех органов лука. Видовое название «*cepa»* в переводе с кельтского означает голова и связано с формой луковицы. В русском языке лук репчатый получил свое название вследствие того, что луковицы по форме напоминают репу (электронный ресурс: http://www.ovoschevodstvo.ru/luk-repchatyi/proiskhojdenie-i-rasprostranenie.html).

Из огромного разнообразия видов лука в сельскохозяйственном производстве в основном распространен лук репчатый. Также известны следущие виды: батун, шалот, порей, шнитт, душистый, многоярусный, но их выращивают в довольно ограниченном количестве (Пивоваров, 2007).

Некоторые виды лука внесены в Красную книгу: пскемский, анзур, черемша, лук Вавилова. Дикорастущие виды лука постепенно исчезают, вследствие массового собирательства населением (Штайнерт Т.В. и др., 2018). Лук анзур *(A. Stipitatum)* – это целая группа дикорастущих луков: стебельчатый, афлатунский, Суворова, гигантский, высочайший (Черемушкина В.А., 2004).

Большая часть видов семейства сконцентрирована в умеренных областях северного полушария (Средиземноморская, Атлантическо-Северо-Американская, Ирано-Туранская, Мадреанская флористические области).

(http://molbiol.ru/ wiki/(жр)_Семейство_луковые_(Alliaceae)). Здесь преобладает высокий уровень эндемичности, в Иране произрастает 80 видов лука, 30% из них являются эндемиками, в Греции 44 вида и 40% эндемиков, в Средней Азии 41% из 190 видов (Черемушкина В.А., 2004). Ареал распространения семейства очень велик: от 75 с.ш. в Арктике, где произрастает лук скорода (*Allium schoenoprasum*) до 50 ю.ш. в Патагонии, здесь произрастает Тристагма патагонская – (*Tristagma patagonicum*). Виды семейства луковые распространены практически везде от высокогорий до побережья морей. Среди луков встречаются сорняки сенокосных лугов (*черемша*). Некоторые виды обитают в лесах Лук странный (*A. paradoxum*). Муилла приморская – *Muilla maritima* – один из видов семейства, обитает на засоленных почвах. Значительная часть видов произрастают в полустепных и степных областях (http://molbiol.ru/wiki/(жр)_Семейство_луковые_(Alliaceae)). На склонах гор обитает *Allium galantum, Allium altaicum*, в пустыне *Allium sabulosum*, по долинам рек *Allium altyncolicum*, в высокогорье Allium pumilum (Черемушкина В.А., 2004).

В основном виды рода Allium евроазиатские, 100 видов можно встретить в Северной и Центральной Америке (Черемушкина В.А., 2004).

И.А. Введенский писал: «луки – это многолетние (культурные иногда двулетние) луковичные или с почти неразвитыми луковицами травы» (Черемушкина В.А., 2004).

Луки – многолетние травянистые растения, у которых подземные органы (корневище, луковицы и корни) сохраняются в земле много лет, а надземная часть (листья и цветоносы) ежегодно отмирает. Все луки формируют более или менее выраженный видоизмененный стебель – луковицы, однако он сильно отличаются по внутренней структуре (настоящие и ложные), типу роста (одиночные или на корневищах), способности к ветвлению (делению и образованию деток), а также по величине, окраске сочный чешуй. Выделяют две жизненные формы луковых растений – корневищные и луковичные. К луковичным формам из культивируемых

растений относят лук репчатый (*Allium cepa L*), лук шалот (*Allium ascalonicum*). Корневищные луки имеют многолетнее корневище – стеблевое образование, несущее слаборазвитые луковицы и выполняющее функции запасающего органа. Такие виды лука, как батун (*Allium fistulosum*), алтайский (*Allium altaicum*), косой (*Allium obliquum*) имеют относительно развитые луковицы и слабовыраженное корневище. Сильно развитым корневищем и слабо развитой луковицей отличаются такие виды, как черемша или Лук медвежий (*Allium ursinum*), слизун (*Allium nutans*), душистый (*Allium ramosum*).

Лидирующее положение среди всех луковых культур занимают лук репчатый и чеснок. На базе местных сортов лука в результате деятельности селекционеров, появились различные сорта, приспособленные к различным почвенно-климатическим условиям. Так же распространена группа многолетних луков (лук Батун, лук Душистый, лук Косой), благодаря чему увеличивается ассортимент зеленной продукции. Большинство из них зимостойки и устойчивы к болезням, используются для выращивания весной в открытом грунте и зимой для выгонки на зелень (Пивоваров, 2006).

Лук репчатый (*A. cepa* L.) представлен огромным мировым разнообразием (в коллекции ВИР насчитывается свыше 2 тыс. сортов более чем из 50 стран). Велико разнообразие его и в нашей стране. Вследствие этого внутривидовая классификация его достаточно сложна.

В нашей стране и за рубежом предпринималось немало попыток дать внутривидовую классификацию репчатого лука. Среди них классификация А.А. Казаковой, согласно которой *A. cepa L.* представлен тремя подвидами: типичный (западный) – *subsp. cepa*, южный – *subsp. austral Trof.* и восточный - *subsp. orientale Kaz.* В рамках каждого вида определены разновидности, сформировавшиеся в различных эколого-географических условиях. В каждой разновидности выделены сортотипы, близкие сорта, выведенные для различных почвенно-климатических зон. У сортотипа остается название типичного сорта. Эти сорта отличаются определенными свойствами и

признаками, которые сформировались и закрепились у них под влиянием естественного и главным образом искусственного отбора. Сортотип сохраняет название типичного сорта.

Западный подвид состоит из 3-х разновидностей: репчатая *(var. medieuropeum Kaz.),* которая включает сортотипы: Брауншвейгский, Цитаусский, Каба; среднерусская *(var. mediorossicum Kaz.),* имеет сортотипы Ростовский, Даниловский и Стригуновский и североамериканская *(var. borealeamericanum Kaz.), включает* сортотипы Данверский и Эбенезер.

Подвид южный имеет две разновидности: южную *(var. australe),* которая состоит из четырех сортотипов: Мадерский, Итальянский, Испансикий и Ялтинский; и азиатскую *(var. asiaticum Kaz.),* которая в свою очередь делится на три сортотипа: Среднеазиатский, Кавказский и Афганский.

Восточный подвид состоит из трех разновидностей: восточная *(var. boreale Kaz.),* в которую входят Европейский и Американский сортотипы; юго-восточная *(var. australe-orientale Kaz.)* и картофельная *(var. aggregatum G.Don f.)* (Вавилов, 1966; Казакова, 1970, 1978, https://po-teme.com.ua/rastenievosdstvo/lukovye-ovoshchnye-kultury/1890-luk-repchatyj.html).

По данным всемирного контрольного списка отдельных семейств растений количество разновидностей у лука репчатого 21 (https://wcsp.science.kew. org/qsearch.do). Такое разнообразие форм у лука репчатого дает возможность использовать их в качестве исходного материала при создании гибридов.

Лук имеет высокую экологическую пластичность, так как распространен от низких до высоких широт. Благодаря перекрестному опылению была создано широкое генетическое разнообразие со сложным гетерозиготным комплексом, что увеличивает приспособление к условиям внешней среды в различных эколого-географических зонах. Как будет проявляться изменчивость в конкретных условиях, это отдельный случай из множества возможных. Конкретные условия будут определять, как будет выражены

различные признаки и органы, особенность роста и продуктивность (Триппель В.В., 2007).

1.4 Морфологические и хозяйственно ценные признаки лука репчатого

Стандартно (по классификации UPOV) для характеристики лука репчатого используют 36 базовых признаков. Признаки выражаются качественно или количественно (в баллах). У лука репчатого оценке подлежат листья, луковица, а также соцветие. Для характеристики листьев используют следующие показатели: расположение листа, количество листьев на ложный стебель, восковой налет, окраска листа, изгиб верхушки листа, длина и диаметр листа. Для характеристики луковицы используют следующие показатели: расщепление на луковки (с сухими чешуями вокруг каждой луковки), высота и диаметр луковицы, отношение высоты к диаметру (индекс формы луковицы), форма, окраска, сцепление и толщина сухих чешуй, зачатковость, содержание сухого вещества. Соцветие оценивают для того, чтобы определить мужскую стерильность лука (RTG/46/2 «Оценка на отличимость, однородность и стабильность лука репчатого» № 12-06/16). Скороспелость оценивают после полегания 50-60% листвы, когда луковицы сформировались, кроющие чешуи несколько подсохли (Литвинов С.С., 2008).

По скороспелости лук делят на три группы: ранний – до 90 дней от всходов до полегания листвы, средний – 100-120 дней, поздний – 130 дней и более (Гиш Р.А и др., 2012).

В работе Ибрагимбекова М.Г (2015) была проведена оценка коллекционного материала по продолжительности фенологических фаз в условиях Московской области, что позволило выделить перспективные образцы для селекции в условиях длинного дня.

Химический состав луков сильно меняется в зависимости от сорта, возраста растений и условий их выращивания, от географической широты, места произрастания и высоты над уровнем моря. В среднем в луках содержится 9-22% сухого вещества, большей частью которых являются

сахара. Особый запах, вкус, горечь и острота и горечь луков определяется количеством эфирных масел, варьирующих у разных форм от 5 до 60 мг% сырой массы. Сладкие луки имеют такой вкус не потому, что в них много сахаров, а вследствие низкого содержания эфирных масел. В острых сортах лука высокое содержание сахаров маскируется большим количеством эфирных масел (Кокорева В.А., Юрьева Н.А., 1993).

По содержанию сухих веществ, сахаров и эфирного масла сорта лука репчатого делятся на салатные (сладкие), полуострые и острые. В острых луках содержится сухого вещества 15-22%, сахара 9-13%, эфирных масел 55-155 мг%. В сладких луках сухого вещества 8-13%, сахара 5-7%, эфирных масел 15-20 мг% (Гиш Р.А., 2006).

У острых сортов сочные чешуи плотно сложены и имеют небольшую толщину, содержат 15% и более сухого вещества, а среди углеводов преобладают сложные формы сахаров. Луковицы этой группы обладают довольно сильным и резким острым вкусом и обычно хорошо сохраняются зимой, находясь в глубоком физиологическом покое.

Сорта сладкого или салатного лука имеют крупную луковицу, состоящую из сочных толстых чешуй. По вкусу эти луковицы имеют значительно меньшую остроту. Содержание сухого вещества, как правило, не превышает 9%, а содержание общего сахара равно 6%, в котором около 2% приходится на долю сахарозы.

Полуострые сорта занимают промежуточное положение по указанным признакам между острыми и сладкими (табл.5).

Содержание эфирных масел в зачатках в 2 раза больше, чем во внешних сочных чешуях, поэтому при прорастании лука острота увеличивается, так как зачатки занимают больший объем (Борисов В.А. и др., 2003).

В.Ф. Пивоваров писал: «На содержание в луковицах сухого вещества, сахаров и эфирных масел значительное влияние оказывают погодные условия. Установлено, что с повышением температуры и понижением влажности почвы содержание этих веществ повышается. При увеличении влажности и

понижения температуры количество их уменьшается, понижается степень остроты луковиц. Содержание эфирных масел в луковицах изменчиво и в определенной степени зависит как от погодных условий, так и от выполнения агротехнических приемов (поливы, рыхления), степени вызревания луковиц и условий их хранения. На фоне этих причин, влияющих на качество луковиц, вкус их, тем не менее, остается сортовым признаком» (Пивоваров В.Ф. и др., 2001).

Таблица 4. Биохимический состав луковиц по группам сортов лука репчатого, % (Кокорева В.А., 1993)

Группы сортов	Сухое вещество	Общее содержание сахаров	В т.ч. сахарозы
Сладкие	9,75	6,04	1,94
Полуострые	12,10	7,70	4,76
Острые	15,3	9,13	7,48

Содержание сахара у Амплеевой А.Ю. (2011) и Любченко А.В. (2015) было определено по методу Бертрана, у Гришанова Ю.К. (2011) – по Н.И. Воскресенскому.

Листья у лука репчатого имеют зеленую, светло-зеленую и темно-зеленую окраску, покрыты восковым налетом в слабой, средней, сильной и очень сильной степени. Изгиб верхушки листа отсутствует или варьирует от очень слабого до очень сильного. Количество листьев колеблется от 2 до 40 штук (Литвинов С.С., 2011).

В работе Седых Т.В. (2004) установлена связь между количеством листьев и длинной вегетационного периода. Увеличение вегетационного периода приводит к увеличению количества листьев, больше всего листьев отмечено у группы позднеспелых сортов. Также показано влияние количества листьев на размер луковицы, так как луковица формируется за счет оттока питательных веществ из листьев в открытые сочные чешуи.

В работе Павлуцких М.В. (2006) количество листьев было использовано для расчета площади листьев.

Восковой налет способствует защите растений от болезней и вредителей. Автор высказывает мнение, что наследование воскового налета связано с цитоплазматическим фактором (Логунов А.Н., 2012).

М.Г. Ибрагимбеков (2015) в своей работе проводил оценку исходного материала по окраске листа и наличию воскового налета. Он отметил, что в исследованных образцах наиболее часто встречается сильный и очень сильный восковой налет.

На донце у лука репчатого образуется определенное количество почек или зачатков, это называется зачатковость. Способность формировать из зачатков луковицы на одном донце – гнездностью. Сорта лука репчатого делятся на: однозачатковые (соответственно одногнездные), средне- и многозачатковые. Таким образом, гнездность зависит от зачатковости и является сортовым признаком (Кокорева В.А., Юрьева Н.А., 1993). Количество зачатков различно у разных луковиц внутри сорта и, особенно между сортами (Пивоваров В.Ф. и др., 2021).

Зачатковость определяет форму и размеры луковиц, а также семенную продуктивность растений (Пивоваров В.Ф. и др., 2021).

В производстве различают малогнездные (1 луковица, реже 2), средние (3-4) и многогнездные (5 и более) сорта (Пивоваров В.Ф., 2007).

Окраска сухих кроющих чешуй и форма луковицы также являются важными признаками сорта или гибрида. По форме луковицы делят на вытянутые (эллиптические), плоские (поперечноэллиптические) с переходом через округлые (рис.1).

В.Ф. Пивоваров утверждает: «Форма луковицы находится в прямой зависимости от ее высоты, на протяжении которой происходит утолщение листовых влагалищ и превращение их в сочные чешуи высота эта различна у разных сортов. Если утолщающаяся зона влагалищ имеет большую протяженность, то луковица образуется удлиненно-овальной формы. Если эта

зона короче, то луковица приобретает форму от округло-плоской до плоской (рис.1). Форма луковицы определяется также и степенью ветвления растения: чем ниже заложена зона ветвления и чем больше образуется боковых осей, тем больше луковица расширена. Отбор по этим важным биологическим свойствам и признакам дает возможность селекционеру получать нужные для работы формы. На форму луковицы влияют и условия выращивания: глубина посева семян и посадки севка, степень плотности почвы, такие приемы возделывания как разокучивание растений или, наоборот, присыпка растений почвой в период междурядной обработки. Глубокая заделка семян и севка, высокая присыпка растений почвой во время культивации приводит к удлинению формы луковицы и к более позднему ее созреванию» (Пивоваров В.Ф. и др., 2001).

Форма луковицы была определена в работе у Логунова А.Н (2012) для оценки изменчивости в сортопопуляциях. Это позволило автору выявить многообразие форм в инбредных потомствах.

Диаметр луковицы изучал Тараканов И.Г. (2007) и выявил, что у двух изученных сортов японского и индийского происхождения максимальный диаметр наблюдается при 18-часовом дне. Он также изучал влияние гиббереллинов на диаметр.

В работе Седых Т.В. (2004) утверждается, что с увеличением периода вегетации возрастает диаметр луковицы. Ибрагимбеков М.Г. (2015) изучал диаметр и высоту луковицы для определения индекса формы луковицы. Что позволило выявить образцы с наиболее стабильным проявлением этого признака.

Алижанова Р. Р. (2019) определяла массу луковицы у линий лука репчатого, устойчивых к пероноспорозу, для определения степени варьирования этого признака. Гришанов Ю.К. (2011) также оценивал массу луковицы для определения хозяйственной годности, т.е. какой процент от общей массы растений занимает хозяйственная продукция. Седых Т.В. (2004)

отмечает, что масса луковицы зависит от количества листьев и от длины вегетационного периода.

Рис. 1. Форма луковицы у лука репчатого по (RTG/0046/2)

Луковица имеет донце, на котором находится почка и видоизмененные листья – чешуи. Сочные чешуи служат для питания развивающихся почек и покрыты сухими чешуями, которые обладают разной окраской: белой, серой, желтой, коричневой, темно-красной, фиолетовой, различными оттенками (сероватым, зеленоватым, желтоватым, коричневатым, розоватым, красноватым) и разной интенсивностью (светлой, средней, темной). Наружные сочные чешуи усыхают по мере созревания луковицы и приобретают характерный для сорта цвет. Сухие чешуи могут быть толстыми или тонкими, с различным сцеплением от слабого до сильного. (Кокорева В.А., Юрьева Н.А., 1993; Литвинов С.С., 2011). Сухие чешуи образуют рубашку луковицы и защищают ее от механических повреждений (Пивоваров В.Ф. и др., 2021).

Для товаропроизводителей большое значение имеет окраска сухих чешуй, предпочтительней золотисто-коричневая, так как имеет более привлекательный вид. В России более 90% занимают желтые и коричневые

луки и всего лишь 10% приходится на долю красных и белых сортов. Также важно присутствие твердых кроющих чешуй, благодаря которым луковицы не травмируются во время уборки и лучше сохраняются. Количество сухих чешуй, их плотность также является принадлежностью сорта. Очевидно, что чем больше сухих чешуй и чем они толще сухие чешуи и чем их больше, тем меньше луковица будет подвергаться механическим повреждениям при уборке и транспортировке, и тем самым дольше будет сохраняться (Дубинин С.В., Осихов А.И., 2014). Не было проведено исследований о твердости сухих и сочных чешуй, определенной пенетрометром. Не установлены связи между этими показателями. Исходя из этого, было выбрано исследование, направленное на оценку исходного материала в условиях южного региона России. Результаты изложены в данной диссертационной работе.

Согласно классификации UPOV, сцепление сухих чешуй у лука репчатого имеет следующие значения: слабое, среднее, сильное; толщина сухих чешуй может быть тонкой, средней и толстой. Определяются эти показатели органолептическим методом (Литвинов С.С., 2011).

У лука репчатого первый год жизни завершается образованием товарной луковицы. В дальнейшем луковица должна пройти стадию яровизацию (заложение генеративных органов), для того, чтобы перейти к цветению и образованию семян. Обычно яровизация проходит во время хранения лука. Образование луковицы носит приспособительный характер для перенесения неблагоприятных условий окружающей среды (засуха, низкие температуры). При этом замедляются процессы роста и жизнедеятельности, но сохраняется способность к вегетации. Для прохождения яровизации необходимы определенные условия: температура +3…+10 ^{0}С и размер луковиц более 2-х см в диаметре. После яровизации в луковице образуются генеративные органы – зачатки цветоносов, соцветий и цветков. Если условия для прохождения яровизации не были соблюдены, то она продолжает расти, увеличиваться в размерах, без образования стрелок (https://kopilca.ru/razvitie-i-razmnozhenie-lukov/).

Сроки формирования луковицы зависят от скороспелости сорта и внешних факторов. Реакцией на неблагоприятные условия – засуху, недостаток питания и т.д. является образование мелкой луковицы и раннее вхождение в состояние покоя. (Пивоваров, 2007).

Также одним из важных хозяйственных признаков при оценке среднеспелых и позднеспелых образцов является степень сохранности.

Признаками хорошо хранящихся луковиц служат их плотность, твердость, прочные покровные сухие чешуи и тонкая шейка. Уборку нужно проводить своевременно, при полегании листьев у 50-60% растений. Полного полегания листьев дожидаться не следует, особенно в районах с неустойчивой погодой. Механические повреждения сильно снижают качество хранение луковиц. (Кокорева В.А., Юрьева Н.А., 1993).

После созревания луковицы начинается период относительного покоя. Состояние покоя зависит от сортовых особенностей: острые, многозачатковые сорта обычно лучше хранятся, чем полуострые и сладкие; и способа хранения: холодный, теплый, комбинированный. При холодном способе достигается максимальная сохранность луковиц.

Во время покоя снижается обмен веществ и жизнедеятельность организма, это наследственное свойство. Покой соответствует лежкости луковиц в хозяйственном понятии. Существует органический (глубокий) покой, который связан с биохимическим состоянием луковицы и вынужденный (временный), обусловлен отсутствием благоприятных условий для прорастания (снижение концентрации кислорода, низкие температуры) (Триппель В.В., 2007).

Перед закладкой на хранение луковицы подвергают воздушной, а при необходимости искусственной тепловой сушке. Хорошо сохраняется только вызревший и просушенный лук.

Продовольственный лук репку хранят в специальных луковых хранилищах, а также в приспособленных помещениях на стеллажах, в ящиках контейнерах или закромах. Для лучшей сохраняемости лука в помещениях

поддерживают температуру около 0^0С, относительную влажность воздуха 80-85%. Помещения должны хорошо вентилироваться. Для контроля над температурой и влажностью воздуха в хранилище используют термометры и гигрометры, их показания фиксируют ежедневно в течение всего периода хранения. Лук периодически просматривают, все больные и проросшие луковицы удаляют, если обнаруживают очаги заболевания, то тщательно и осторожно перебирают лук в этом месте.

Разные сорта по скороспелости, химическому составу, зрелости луковиц и другим показаниям различаются и по пригодности к длительному хранению. Так, группа сортов острого вкуса, луковицы которых в своем составе в среднем имели 78% воды, 22% сухого вещества, в том числе 15% сахара и 56 мг% эфирных масел, отличались хорошей лежкостью. Группа слабоострых по вкусу сортов, в луковицах которых в среднем было 88% воды, 12% сухого вещества, в том числе 9% сахара, и 32 мг% эфирных масел, сохранялась удовлетворительно. Группа так называемых салатных сортов, луковицы которых имели 90% воды, 10% сухого вещества, в том числе 6% сахара, и 26 мг% эфирных масел, отличалась слабой лежкостью.

Поэтому возникает необходимость раздельного хранения различных по лежкоспособности сортов с целью сокращения потерь при хранении. Для каждой группы сортов необходимо создавать определенный режим температуры и влажности воздуха. Лучшей температурой для сохранения сортов лука репчатого с луковицами острого вкуса является -3^0С, полуострого вкуса -1^0С, а луковиц салатных сортов – около 0^0С. (Пивоваров В.Ф. и др., 2001).

В период хранения в луковице происходят морфологические и физиологические изменения, в результате чего образуются генеративные органы: зачатки цветоноса и соцветия.

Наиболее благоприятная температура при хранении для перехода лука к цветению составляет +9^0…+13^0С. Хранение при температуре выше 20^0 С и

ниже 0^0С уменьшает количество стрелкующих растений (Триппель В.В., 2007).

В период хранения овощей происходят следующие процессы: физиологические (дыхание, образование новых тканей), биохимические (изменение химического состава), физические (усыхание, размягчение). Из-за деятельности микроорганизмов могут проявляться микробиологические процессы, которые приводят к загниванию продукции.

При росте и развитии в растениях происходит синтез органических веществ, а при хранении в основном происходит разложение органических веществ. Плоды и овощи хранятся дольше при медленном разложении органических веществ, так как происходит медленное дозревание. В период хранения овощей необходимо приостановить процесс жизнедеятельности, прохождения биохимических изменений, влияние микроорганизмов. Вследствие пониженных температур сокращается интенсивность дыхания, транспирация, что благоприятствует более продолжительному хранению (Борисов, В.А. и др., 2003).

При оптимальных условиях хранения происходят потери продукции из-за развития болезней. В процессе хранения в результате продолжения прохождения физиологических процессов, которые проходят без доступа питательных веществ, овощи физиологически ослабевают и теряют естественную устойчивость к болезням. Также болезни могут развиваться после заражения в поле, на поврежденных луковицах во время уборки с/х орудиями могут поселяться бактериальные и грибные инфекции (Борисов В.А. и др., 2003).

1.5. Наиболее вредоносные болезни на Юге России в период вегетации и хранения

1.5.1 Фузариозная гниль донца лука

В южном регионе России наиболее вредоносным заболеванием на луке репчатом первого года жизни является фузариозная гниль донца. Возбудители

– *Fusarium oxysrorum cepae*, реже *Fusarium culmorum*. Развитию заболевания способствует высокая температура и влажность воздуха и почвы, а также осадки в конце сезона.

Первые симптомы заболевания – появление пожелтевших, изогнутых листьев. Постепенно они отмирают, начиная с верхушки. Больные растения отстают в росте, их корни становятся темно-коричневыми и начинают загнивать. Растение может полностью завянуть, а луковица сгнить. Заболевание начинается в поле и продолжается при хранении. Патогены сохраняются в поле и растительных остатках.

Конидии *Fusarium oxysrorum* серповидно-изогнутые, с 3-5 перегородками, бесцветные, размером 33-50 х 2,8-4,0 мкм. Гриб предпочитает влажную погоду при высокой влажности почвы и воздуха. Оптимальная температура почвы для развития гриба – около 25^0 С. Патоген относится к факультативным сапрофитам, при попадании в растение вызывает нарушение функционирования сосудистой системы. Повреждение корней или донца луковицы, вызванное, например, личинками луковой мухи, увеличивает степень поражения.

Грибы в форме хламидоспор могут находиться в почве несколько лет. Источниками инфекции могут служить пораженные луковицы и растительные остатки. Распространение происходит в основном конидиями. Растение может заразиться на любой стадии. Заражение может распространяться на другие участки поля машинами или с посадочным материалом лука-севка. В хранилище гриб продолжает развиваться.

Меры защиты. На зараженных полях следует выращивать сорта и гибриды с полной или очень высокой устойчивостью к гнили донца, например: F1 Седона, F1 Перформер (Bejo), толерантный гибрид F1 Мундиал (Syngenta). Не допускать переувлажнения почвы. Соблюдать 4-х летний севооборот, который уменьшает шансы заражения лука (Ахатов А.К. и др., 2013). Применение инсектицидов (Каратэ и Актара) защитит луковицы от повреждений вредителями и затруднит попадание грибных патогенов

(https://www.syngenta.ru/target/fusarium-oxysporum-f-culmorum). Из химических средств защиты можно применять препараты: Витаплан СП, Максим 480 КС (Справочник пестицидов и ядохимикатов, 2021).

Механизм устойчивости к фузариозу неизвестен. Kehr, A.E с соавторами считают, что устойчивость контролируется полигенно. Bacher J.W с соваторами (1989) считает, что фузариоз контролируется доминантными генами Foc1и Foc2, взаимодействие между локусами аддитивное. Tsutsui K. (1991) предполагает, что устойчивость контролируется одним доминантным геном. Krueger, S.K. с соавторами (1989) предполагает, что устойчивость контролируют ядерные или цитоплазматические гены.

По мнению Galvan C.A. (2008) источниками устойчивости могут служить *A. fistulosum, A. roylei, A. galanthum*. До сих пор нет молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к фузариозу лука репчатого, так как недоступна вся последовательность его генома (Taylor A., 2019).

1.5.2. Болезни лука в период хранения

В период хранения значительные потери лука (до 70%) вызывают грибные болезни: шейковая гниль, фузариозная гниль донца, белая гниль донца, аспергилес и бактериальные – бактериозная гниль. Шейковой гнилью чаще страдают невызревшие, влажные или травмированные луковицы, в результате инфицирования возбудителем *Botrytis alli*, особенно если во время уборки стояла дождливая погода. Шейковая гниль особенно вредоносна в период длительного хранения, транспортировки и хранения. Луковица становится мягкой в районе шейки, позже она покрывается серым пушистым налетом. Может появляться на травмированных участках луковиц или на донце при резком возрастании температуры и влажности в хранилище. Белая гниль – возбудитель *Sclerotium cepivorum*. Заболевание начинается в поле и продолжает сильно развиваться во время хранения. На донце появляется белая грибница. Часто гниль развивается на внешних чешуях, потом переходит на внутренние чешуи и луковица полностью сгнивает. Асперегилез, черная

плесневидная гниль лука, возбудитель – *Aspergillus niger*. Характерна для поврежденных и неправильно хранившихся луковиц. Под сухими чешуями появляется черное спороношение гриба. Бактериозная гниль – возбудитель *Pectobacterium carotovorum*. Шейка луковицы размягчается, внутренние сочные чешуи становятся водянистыми и имеют неприятный запах. При хранении бактериальная гниль распространяется с пораженных луковиц на здоровые.

Основные меры борьбы направленны на предупреждение развития этих заболеваний. Соблюдение севооборота, выращивание на хорошо дренированных участках, своевременная уборка лука в сухую погоду, при полегании не менее 60% листвы, правильное хранение лука. Возделывание сортов и гибридов, пригодных для механизированной уборки, чтобы избежать травмирование луковиц, а также имеющие шейку тонкой и средней толщины, которая к моменту закладки на хранение успевает закрыться. На хранение стоит закладывать только хорошо вызревшие и подсушенные луковицы. Сушка луковиц в поле при благоприятных условиях или в сушилках при температуре $+30^0$…$+35^0$С в течение 5-8 дней. Своевременное удаление растительных остатков, больных луковиц при уборке и хранении (Ахатов А.К. и др., 2013).

1.6. Направления селекции лука репчатого

Для эффективной селекции важны параметры сортов, которым должны соответствовать выводимые сорта и гибриды. Необходимы определенные модели сортов по важнейшим хозяйственно ценным признакам, которые составляются с учетом экологической, географической и сортовой изменчивости. Модель сорта необходима для достижения высокой урожайности, а также качества продукции. Кроме этого необходимо учитывать показатели потребительских качеств сорта. Поэтому необходимо оценивать вкусовые качества продукции и биохимический состав (Старцев В.И. и др., 2005).

К новым сортам и гибридам предъявляют все больше требований. В современных условиях с нарушением экологического равновесия важной становится задача придания сортам приспособительных свойств в различных условиях выращивания.

Селекция лука репчатого направлена на: скороспелость, урожайность, пригодность к механизированной уборке и транспортировке, лежкость (что определяется округлой формой луковицы, высокой прочностью сухих чешуй и содержанием сухого вещества), а также на устойчивость к болезням (Агафонов А.Ф., 2005, 2012; Пивоваров В.Ф. и др., 2021).

Еще одним направлением в селекции луков является селекция сортов и гибридов разных сроков созревания (Буренин В.И., Шумилина В.В., 2016; Литовкин А.А., 2001).

Чтобы быть конкурентоспособными, сорта должны быть внешне привлекательными (Литвинов С.С. и др., 2001).

Высокое качество товарного лука обеспечивают гетерозисные гибриды лука. Использование гетерозисных гибридов позволяет получать высокие урожаи луковиц, выровненных по форме, вызреванию, отличающихся стабильностью химического состава.

Как известно, применение гетерозисных гибридов, созданных на стерильной основе, гарантирует защиту авторских прав селекционера и обеспечивает сохранение коммерческой тайны на потребительском рынке (Агафонов А.Ф., 2012).

1.7. Исходный материал и методы селекции

1.7.1. Исходный материал

Современные сорта и гибриды лука репчатого должны соответствовать требованиям промышленной технологии возделывания. Они должны быть высокоурожайными, устойчивыми к болезням и вредителям, пригодные для механизированной уборки и транспортировке, округлой формы, со слабым ветвлением (1-2 луковицы в гнезде), с прочными кроющими чешуями. Ранние

сорта должны быть скороспелыми, поздние – иметь высокое содержание сухого вещества (12% и более), быть пригодными для длительного хранения (не менее 6-7 месяцев). Для селекции сортов с вышеуказанными параметрами в качестве исходного материала могут быть использованы сорта и гибриды отечественной и зарубежной селекции (http://hitagro.ru/selekciya-luka-repchatogo/#more-5580). Мировая коллекция ВИР лука репчатого составляет около 2000 образцов, которые к настоящему времени довольно хорошо изучены. Среди сортов иностранного происхождения есть доноры скороспелости, пригодные для механизированной уборки, устойчивости к болезням (Пивоваров В.Ф., 2007).

Сортовые популяции лука репчатого гетерозиготны. В них можно найти разнообразный генетический материал, который имеет важное значение для селекции (Пивоваров В.Ф., 2001, электронный ресурс http://agro-portal24.ru/selekciya/403-vidy-i-sposoby-polucheniya-ishodnogo-materiala.html).

Н.И. Вавилов основополагающую роль придавал созданию и изучению исходного материала. Он писал: «Успех селекционной работы, как известно, определяется в значительной мере исходным материалом,… несомненно, первейшей задачей является исследование местных популяций и выделение их них наиболее интересных форм. Исследование местного материала должно быть базой селекционной работы» (Вавилов Н.И., 1987).

Об инцухте он писал: «На очередь встает разработка теории инцухта. Факты, обнаруживаемые при применении метода инцухта у кукурузы, риса и других растений настолько важны, что они не могут быть обойдены генетикой. Метод инцухта, как показывает практика, вскрывает нередко поразительное разнообразие новых форм. Инцухт, может быть, рассматриваем практически как один из факторов формообразования (Буренин В.И., 2007.)….дальнейшая конкретная разработка учения об инцухте применительно к разным объектам – одна из важнейших задач генетической теории селекции» (Тимин Н.И., 2008).

В след за успешным развитием аналитической селекции, основанной на открытиях Менделя, началась эпоха синтетической селекции, при которой исходный материал получали из разнообразных форм, возникающих в результате сложных расщеплений и новых сочетаний генов. Следующий этап в селекции растений был начат Н.И. Вавиловым, открывшим центры происхождения культурных растений и их диких сородичей. Его идеи сейчас получают развитие во всемирной мобилизации мировых ресурсов видов растений.

Положительный результат от селекции овощных растений определяется в основном верно подобранным исходным материалом, почвенными и природно-климатическими условиями. В настоящее время для создания гетерозисных гибридов необходимо подобрать исходные компоненты для скрещивания (Старцев В.И. и др., 2005).

Общеизвестно, что создание современных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур базируется на использовании разнообразного, хорошо изученного исходного материала, включая дикорастущие виды: Вавилова, Ошанина и др. (Буренин В.И., 2016).

1.7.2. Методы селекции

Исходный материал для селекции получают методом межсортовой и межвидовой гибридизации, методом химического мутагенеза, полиплоидии, апомиксиса, биотехнологическими методами.

1). Метод массового отбора используется в основном при работе по улучшению и поддержанию старых, сложившихся в течение длительного времени сортов. Для этого из общей массы посева отбирают лучшие по сортовым признакам растения и путем длительной непрерывной работы проводят улучшение, а затем поддержание сорта. При этом отбор ведут на всех этапах жизни растения от посева до получения семян. Для дальнейшей работы отбирают в определенном количестве (напряженность отбора) суперэлитные и элитные растения, которые по комплексу признаков отвечают

требованиям, предъявляемым к сорту. Путем массового отбора получены многие сорта народной селекции.

2) Метод семейственного отбора используют при выведении новых сортов. Растения, полученные в результате изучения коллекции и из форм, выведенных в результате скрещивания, отбирают по совокупности признаков. Каждое растение становится родоначальником отдельной семьи.

Последующий отбор ведут по семьям, которые сравнивают между собой и со стандартным районированным сортом, а, если есть необходимость, с родительскими сортами. Перспективные формы выделяют для последующего отбора. В процессе селекции они формируют основу нового сорта.

3) Индивидуальный отбор является наиболее интенсивным методом и широко используется в аналитической и синтетической селекции. В отборе участвуют лук-репка и лук-севок. В связи с этим на всех этапах селекционного процесса важно соблюдать единство и точность режимов хранения (особенно температурного) посадочного материала, от которых зависят процессы формирования вегетативных и генеративных органов растений, а, следовательно, объективность отборов. Такие же строгие правила предъявляются и к соблюдению равнозначности элементов агротехники: площади питания, глубины заделки и выравненности посадочного материала, так как многие биологические свойства лука – скороспелость, склонность к стрелкованию и др. прямо зависят от условий его выращивания.

При индивидуальном отборе растения и луковицы отбирают по комплексу хозяйственно ценных признаков и высаживают на участке для свободного переопыления. Семена собирают отдельно с каждого растения, представляющего семью. В следующем году семена высевают посемейно для изучения.

4) Межвидовая гибридизация лука репчатого с другими видами имеет большое значение для получения ценного исходного материала. Перспективность отдаленной гибридизации отмечал в 30-е годы Н.И. Вавилов.

Считая этот метод наиболее эффективным при селекции на устойчивость к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам.

Перспективный селекционный материал для селекции на иммунитет – гибридные популяции от скрещивания лука репчатого с многолетними видами, которые являются донорами таких ценных качеств, как холодостойкость, высокая побегообразующая способность, высокие пищевые качества, устойчивость к болезням.

История исследований по межвидовой гибридизации насчитывает 60 лет. При скрещивании с луком репчатым за это время были использованы десятки дикорастущих видов и полу культурных форм, но при этом проведено всего 15 удачных комбинаций скрещивания, а хозяйственную ценность несут только единичные. Вместе с тем перспективность межвидовой гибридизации не вызывает сомнения. Во ВНИИССОК в результате комплексных исследований генетиков, биотехнологов, цитологов получены луковичные формы от скрещиваний лука репчатого с луком батуном и луком Вавилова, которые обладают высокой устойчивостью к пероноспорозу.

Однако межвидовая гибридизация осложняется видовой несовместимостью. Межвидовая гибридизация луков была начата в нашей стране и за рубежом еще в 30-е годы. С тех пор этот прием используется в селекционных программах по исследованию луковых растений и развивается далее с привлечением современных технологий, в частности биотехнологии.

В селекционной практике при скрещивании видов лука в зависимости от их систематического положения и степени их совместимости приходится сталкиваться либо с не скрещиваемостью и отсутствии завязываемости семян, либо с формированием неполноценных, часто невсхожих семян. Причина невсхожести заключается в аномальном развитии зародышей и эндосперма, их ранней гибели вскоре после опыления. В случае же получения межвидовых гибридов первого поколения возникает проблема преодоления их стерильности, частичной или полной.

Указанные проблемы препятствуют получению второго и последующих поколений, которые в результате формообразовательного процесса дают больше возможностей для отбора ценных селекционных форм (Пивоваров В.Ф., 2001).

5). Культивирование недоразвитых зародышей на искусственных питательных средах в асептических условиях – эффективный метод, способствующий получению растений межвидовых гибридов лука. Этот метод при осуществлении отдаленной гибридизации используется как для преодоления постгамной несовместимости при скрещивании, так и для получения последующих поколений или потомств беккросса в случае нарушения развития семян.

Культура изолированных зародышей была использована при получении межвидовых гибридов первого поколения от скрещивания разнохромосомных видов: лука репчатого (2n=16) с луком-слизуном (2n=32), двумя тетраплоидными формами шнитт-лука (2n=32), а также гибридов первого и второго поколений и беккроссов по комбинациям «Лук репчатый х лук Вавилова», «Лук репчатый х Лук алтайский». «Лук репчатый х Лук батун», беккроссов «Лук репчатый х Лук слизун». В зависимости от степени дифференциации зародышей, выделяемых через 3-5 недель после опыления, их культивируют различными способами.

Межвидовые гибриды первого поколения лука в зависимости от комбинации скрещивания характеризуются либо частичной, либо полной семенной стерильностью.

Для восстановления фертильности у полностью стерильных гибридов используют полиплоидизацию в культуре *in vitro*. Этот метод был использован на гибридах первого поколения «Лук репчатый х Лук слизун» (Пивоваров В.Ф., 2007).

6). Метод химического мутагенеза позволяет получать широкий спектр наследственно измененных форм с ценными селекционными признаками, а также форм с комплексом таких признаков. Эффективным является

воздействие химических мутагенных веществ на луковицы и семена с использованием различных экспозиций. Для этой цели могут быть использованы такие мутагены, как нитрозоэтилмочевина (НЭМ), нитрозометилмочевина (НММ), диметилсульфат (ДМС), биодиазоацетилбутан (ДАБ), этиленимин (ЭИ).

Нитрозоэтилмочевина, этиленимин и диметилсульфат вызывают изменение окраски сухих чешуй луковиц, влияют на изменение гнездности, степени ветвления и формы луковицы. Способствуют изменению листового аппарата мутагены этиленимин, нитрозоэтилмочевина, нитрозометилмочевина. Изменение длины вегетационного периода вызывает воздействие мутагенов нитрозоэтилмочевины, биодиазоацетилбутана, нитрозометилмочевины.

Мутагены также можно использовать для изменения других селекционно ценых признаков – продуктивности, товарности, вызреваемости, устойчивости к болезням.

7) За последнее время была показана возможность использования мужского гаметофита в селекции. Как показали исследования, выполненные в Федеральном научном центре овощеводства, этот прием можно использовать и на репчатом луке.

В основе гаметного отбора лежит генетическая неравноценность пыльцевых зерен к воздействию абиотических и биотических факторов среды. С помощью пыльцевой селекции можно получить ценных форм, в том числе устойчивые против некоторых болезней. Микрогаметный отбор в настоящее время довольно результативно применяется на кукурузе и ряде других культур.

Метод пыльцевой (гаметной) селекции состоит из следующих этапов: выбор селектирующего фактора и методики оценки его воздействия, подбор дифференцирующей концентрации, позволяющей отселектировать микроспоры с устойчивым генотипом и, наконец, сам селекционный процесс. У разных видов растений оптимальные условия прорастания пыльцы резко

отличаются. Особенностью пыльцы лука репчатого является ее способность прорастать на среде, содержащей агар-агар (Шмыкова Н.А. и др., 2015; электронный ресурс http://www.activestudy.info/selekciya-sortov-luka-dlya-otkrytogo-grunta/).

Так как лук репчатый является перекрестноопыляемым растением и имеет широкое генетическое разнообразие. Только отбором растений с нужными признаками в течение длительного периода сложно достичь стабильность в следующих поколениях. Поэтому необходимо использовать скрещивания, метод инцухта и семейственного отбора (Триппель В.В., 2007).

1.8. Создание гибридов лука репчатого на основе цитоплазматической мужской стерильности

У лука репчатого ядерно-цитоплазматическая мужская стерильность также как протерандрия и самонесовместимость способствует перекрестному опылению. Что поддерживает гетерозиготность популяции и значительно сокращает инбредную депрессию (до 30%) (Gokce A.F, Havey M.J., 2006). В сельскохозяйственном производстве ЦМС лука репчатого используется для обеспечения 100% гибридности F1 гибридов промышленных семян (Павлова и др., 2018). Стерильность один из самых важных качественных признаков, необходимый при создании коммерческих гибридов (Домблидес А.С., 2019).

Метод ручной кастрации трудоемок и энергозатратен, так как требует много сил, времени и поэтому не рентабельный, особенно у многоцветковых культур, таких как лук репчатый (Colombo, N., 2017; Kim, S., 2015).

Для наглядного различия фертильных и стерильных растений представлены рисунки 2-4. Фото на рисунке 2 сделано во время полудня, поэтому отчетливо прослеживается наличие пыльцы. На рисунке 3 на пыльниках присутствует роса, наличие пыльцы сложно определить, но ярко желтый и ярко зеленый цвет пыльников свидетельствует о ее наличии. Бледно окрашенные пыльники (рис.4) являются признаком стерильной пыльцы.

Рис.2. Растения с ярко желтыми пыльниками и выраженной пыльцой

Рис.3. Растения с ярко желтыми и ярко зелеными пыльниками (фертильные растения)

На сегодняшний день известно три типа ЦМС: цитоплазма S типа, обнаружена у сорта Italian Red в 1925 году (Davis E.W., 1957; Jones H.A., Clark A.E., 1943), цитоплазма T-типа, выявлена во французском сорте Jaune Paile de Vertus в 1960 году (Berninger E, 1965; Kim S. и др., 2009), а также цитоплазма G-типа, полученная на основе лука дудчатого молочного (*Allium galantum Kar. et Kir.*) (Havey M.J., 2000; Santos F.C.A., 2010).

Рис.4. Растения с бледно желтыми и бледно-зелеными пыльниками (стерильные растения)

Стерильная пыльца к моменту созревания нормальной пыльцы, сморщенная по форме, меньше по размеру, не имеет питательных веществ (Хаджинов М.И., 1968). Пыльники у стерильных растений длиннее, светлее или светло-зеленые, из-за сока, которым наполнены полости пыльников, не имеют пыльцы, они усыхают, не успев раскрыться (Брежнев Д.Д., 1968).

У первого типа раскрытый цветок по внешнему виду почти не отличается от цветка с фертильной пыльцой, за исключением того, что столбик у него растет несколько быстрее тычинок. Тычиночные нити короткие, пыльники светло-зеленые, слабо выполненные, усыхают не вскрываясь. У растений второго типа цветок практически остается в бутоне, а столбик быстро выходит наружу из нераскрытого цветка. Пыльники не имеют жизнеспособной пыльцы, зонтики отличаются по яркости окраски от зонтиков

растений с фертильной пыльцой. (Berninger E, 1965). Растения с третьим типом стерильности имеют изогнутые вверх околоцветники и нити без пыльников, что упрощает идентификацию мужски стерильных растений в сравнении с растениями, имеющими ЦМС S- или T-типов (Colombo N., 2017; http://www.activestudy.info/zakreplenie-sterilnosti-luka).

Цитоплазматическая мужская стерильность S типа – это результат действия стерильной цитоплазмы S и ядерного гена ms. В присутствии гена Ms при стерильной цитоплазме, растение будет фертильным (Liu, B., 2019). Растения, имеющие стерильную пыльцу, можно размножить только опыляя ее растением с фертильной пыльцой. Фертильные популяции лука репчатого имеют S и N тип цитоплазмы, а также ядерные гены в гомозиготном и гетерозиготном состоянии в следующих сочетаниях: *NMsMs, NMsms, Nmsms, SMsMs, SMsms*. Закрепить стерильность на растении, с генотипом *Smsms* можно только опыляя его растением, имеющим генотип Nmsms. Потомство от этого опыления будет полностью стерильным. При опылении растений с другими генотипами, наследование стерильности будет различным и подчиняется менделевскому расщеплению (Домблидес А.С., 2019).

T-тип цитоплазмы возник в результате мутации N цитоплазмы, в то время как S-тип цитоплазмы появился благодаря межвидовым скрещиваниям. Изменчивость S цитоплазмы у различных групп оказалась довольно стабильной, что дало возможность разработать маркеры, способные отличить ее от других видов (Домблидес А.С., 2019). S тип цитоплазмы наиболее широко используется из-за его большой стабильности в различных условиях среды. (Ferreira R.R., 2017).

Цитоплазматическая стерильность T типа – это результат взаимодействия T цитоплазмы и ядерных генов abc. В присутствии доминантного гена A растение будет фертильным, независимо от генов b и c. При наличии доминантных генов B и C по отдельности растение будет стерильным. В то время как совместное действие генов B и C вызывает фертильность (Berninger E., 1965).

Эта стерильность зависит от окружающей среды. При достаточной влажности и умеренной температуре могут появляться фертильные растения в момент цветения. У растений, которые склонны к фертильности при благоприятных условиях, при условии повышенной температуры и недостаточной влажности появляются стерильные растения (Хаджинов М.И., 1968).

Цитоплазматическая стерильность G типа контролируется только цитоплазмой, что весьма удобно для процесса селекции и семеноводства, но большинство селекционных фирм эту стерильность не используют (Эйдлин Я.Т., Монахос Г.Ф., 2021). Эта стерильность была получена при отдаленной гибридизации *Allium galantum L.* и *Allium cepa* L. и введенна в популяцию лука в течение семи беккроссов (Havey M.J.,1999).

Процесс микроспорогенеза у обеих цитоплазм проходит неодинаково, в S-типе цитоплазме мейоз протекает нормально, в типе T есть нарушения. При развитии S-типа цитоплазмы на стадии тетрад происходит рост незрелой ткани тапетума, на стадии диад наблюдается гипертрофия тапетума и далее полностью задерживается развитие тапетума (Домблидес А.С., 2019).

Изменения, которые влекут за собой гибель пыльцы, выражаются на всех этапах формирования пыльников: прерывается белковый синтез, происходит дегенерация пыльцы в момент распада тетрад и образования одноядерных микроспор в пыльниках (Брежнев Д.Д, 1968).

Открытие стерильных форм у лука репчатого привлекло внимание селекционеров-исследователей ряда стран (Германия, Польша, Нидерланды, Болгария, Япония, Франция).

Селекционная работа по созданию стерильных линий лука занимает 6-10 лет. По Г.А. Джонсу ЦМС определяется удачным сочетанием двух факторов, цитоплазматического и генетического, как уже было отмечено раннее. Схематически наследование ЦМС у репчатого лука Джонс и Кларк представили на схеме (рис. 5), где буквой N обозначена нормальная цитоплазма, а буквой S – стерильная цитоплазма.

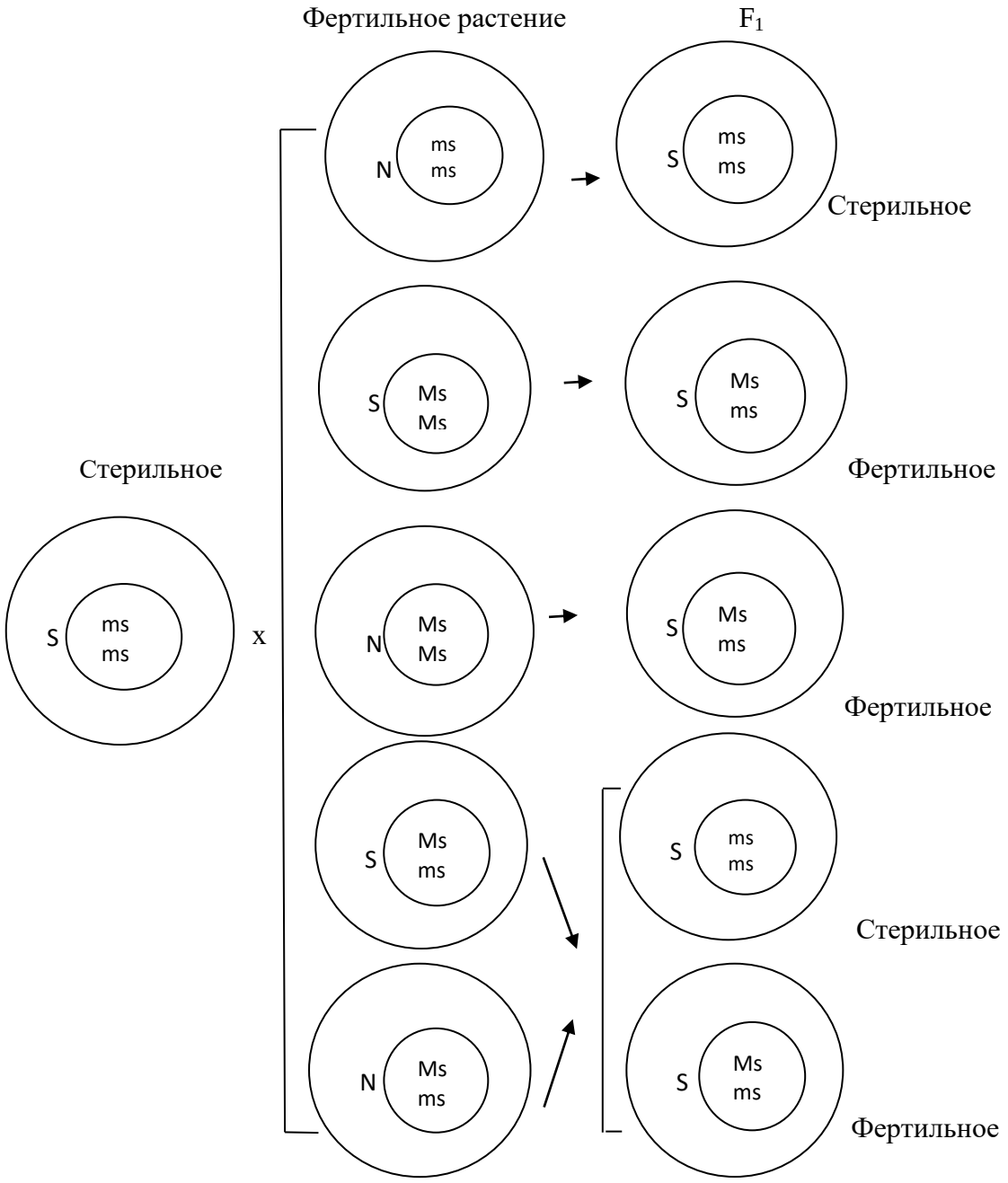


Рис. 5. Наследование ЦМС у лука (по Jones H.A, Clark A.E., 1943 г).

Первые работы по созданию стерильных линий с использованием ЦМС как в США, так и в Европе были начаты в 1944-1950 гг. и связаны с сортом Итальянский красный – 13-53, у которого Джонс впервые обнаружил стерильные цветки. У нас в стране изучение ЦМС у лука было начато в 1958-1959 гг. Передача признака ЦМС от сорта Итальянский красный – 13-53 другим сортам связана с рядом трудностей, а именно, этот сорт отличается плохой лежкостью, и гибриды, полученные на его основе, приобретали этот признак. Кроме того, процесс создания стерильных линий путем насыщающих

скрещиваний требует 12-13 лет. Эти недостатки побудили селекционеров искать формы с ЦМС среди своих отечественных сортов. Макарова А.А. в 1957 году определила стерильные растения у сорта Арзамасский местный (Брежнев Д.Д., 1968). Оказалось, что найти такие формы сравнительно просто, они могут быть обнаружены у любого сорта, значительно труднее сохранить ЦМС и создать стерильную линию. В настоящее время селекционеры всего мира для создания стерильных линий работают с сортами, распространенными в стране. На Майкопской, Волгоградской, а также Среднеазиатской опытных станциях Всесоюзного института растениеводства им. Н.И. Вавилова разработана схема закрепления мужской стерильности у лука репчатого, в основу которой положена схема Джонса (рис.6). По этой схеме на стерильном растении (мать) изолируют все зонтики в отдельности и к каждому из них подбирают отца – закрепителя стерильности среди фертильных растений с генотипом Nmsms, который отличается от стерильных только отсутствием фактора стерильности в цитоплазме. Для создания гибридов лука на стерильной основе стерильная линия и линия закрепитель стерильности должны быть изогенными, т.е. иметь одинаковые гены, а различаться лишь по одной паре признаков (по признаку стерильности цитоплазмы). Это создается путем возвратных скрещиваний до пятого-шестого поколения. Левая сторона схемы (рис.6) условно представляет селекционный процесс создания стерильной линии, правая – селекционный процесс выведения отца – опылителя для получения гетерозисных гибридов. В качестве отцовской формы целесообразно использовать линию опылитель с нужными хозяйственно ценными признаками, имеющую нормальную цитоплазму и рецессивные ядерные гены в гомозиготном состоянии (Nmsms). Гибрид, созданный таким образом, будет иметь полностью стерильное потомство, что является защитой авторских прав селекционера (Ховрин А.Н., Монахос Г.Ф., 2014).

Завершается эта схема размножением этих форм для передачи их в производство с целью получения гибридных семян.

Если условно маточники стерильных линий обозначить буквой А, маточники закрепителя стерильности буквой Б, а маточники линий, с которыми хотят получить гетерозисный гибрид – В, то весь селекционный процесс сохранения стерильной линии можно обозначить в виде следующей схемы:

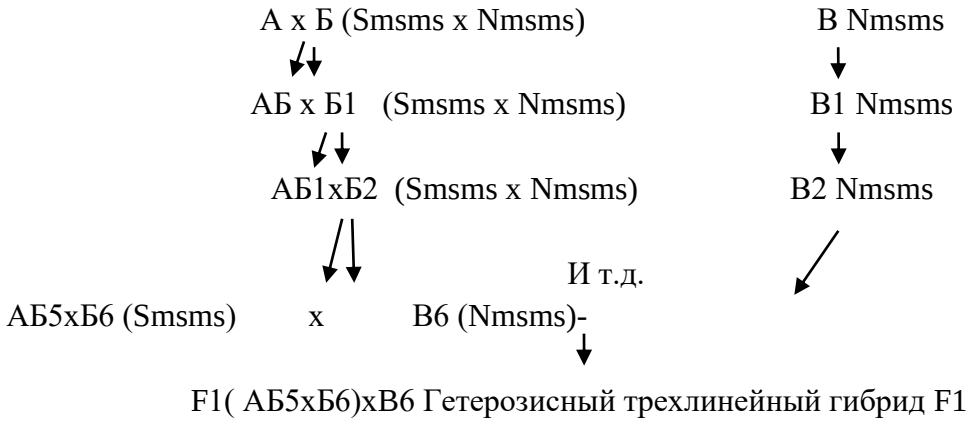


Рис. 6. Схема создания F1 гибрида лука репчатого на основе цитоплазматической мужской стерильности (ВИР им. Н.И. Вавилова). Где А – стерильная линия, Б- линия закрепитель стерильности и В – линия опылитель

Стерильную линию необходимо насыщать закрепителем стерильности, чтобы достичь максимального сходства, обычно достаточно 6-7 скрещиваний с последующим отборам по признакам насыщающей формы. В итоге в изогенной паре достигается большое соответствие по фенотипу и генотипу, различия сохраняются только в цитоплазме (Хаджинов М.И., 1968).

Открытие явления ЦМС у луков позволяет повышать хозяйственно ценные качества культуры за счет использования гетерозиса, а также снижает себестоимость при производстве семян (Королева С.В., 2015). При наличии стерильных линий задача селекционера состоит в том, чтобы создать высоко гетерозисные гибриды по ряду таких важных признаков, как повышение урожайности, лежкость, скороспелость, устойчивость к болезням и вредителям, улучшение химического состава, выравненная форма луковицы и др., но работа селекционера в этом направлении пока находится в прямой зависимости от выведения линий с закрепленной ЦМС, а также от количества созданных и изученных им гибридов (Казакова А.А., 1970; электронный

ресурс http://www.activestudy.info/vyyavlenie-sterilnyx-rastenij-luka/; электронный ресурс http://www.activestudy.info/zakreplenie-sterilnosti-luka/; электронный ресурс http:// www.vuzllib.su/books/5358-Даниленко_Н_Г/24-Молекулярно-генетическая природа мужскойстерильности_растений; электронный ресурс https://ru. wikipedia.org/wiki/ Цитоплазматическая_ мужская _стерильность http://medlec .org/lek-61286.html; электронный ресурс http://studopedia.ru/12_ 191907 tsitoplazmaticheskaya-muzhskaya-sterilnost-i-ee-ispolzovanie-v-selektsii. html).

Таким образом, создание гибридов, которые сочетают важные хозяйственно ценные признаки и эффективный метод получения семян – актуальная задача селекционеров (Королева С.В., 2015).

1.9. Применение и интеграция новых технологий молекулярно-генетической оценки

С.Г. Монахос писал: «Репчатый лук одна из важнейших овощных культур России, доступная и потребляемая в течение всего года независимо от сезона. Отечественные селекционеры провели огромную работу по созданию привычного нам сортимента. Однако этот сортимент, представленный свободноопыляемыми сортами, в настоящее время, время высоких агротехнологий, остается не востребованным в промышленном производстве, а товаропроизводители используют гибридные семена зарубежной селекции. Конкурировать с западными коллегами в селекции лука без использования современных методов биотехнологии и молекулярной генетики, опираясь только на традиционные методы, очень сложно, т.к. это занимает гораздо больше времени и менее эффективно. Молекулярное генотипирование важнейших признаков позволяют устранить или существенно облегчить решение ряда проблем, с которыми встречаются селекционеры в процессе традиционной селекции: проблему резко выраженного проявления инбредной депрессии при самоопылении, не дающей достичь полной гомозиготности родительских линий, и как следствие низкой морфологической выровненности

F1-гибридов; проблему поиска и создания закрепителей стерильности – основы трехлинейной схемы производства гибридных семян с использованием ядерно-цитоплазматической мужской стерильности; проблему длительности селекционного процесса и экстенсивного характера его прохождения» (Монахос С.Г., 2015).

Используемые в таких исследованиях молекулярные маркеры – это генетические маркеры, рассматриваемые на уровне ДНК. Молекулярный маркер аналогичен гену, аллели которого различны.

Серебровский А.С. объяснил применение генетических маркеров («сигналей») еще 100 лет назад: «…сигналями мы называем удобные для менделистических наблюдений альтернативные гены с более или менее известной локализацией, которые, не оказывая воздействия на изучаемый трансгрессирующий признак и влияя достаточно определенным образом, облегчают генетический анализ этого признака, позволяя следить за наследованием того участка хромосомы, в котором эти сигнали расположены» (Хлесткина Е.К., 2013).

Генетический признак не обязательно может иметь заметные последствия для характеристик особи. Однако иногда этот признак можно связать или отнести с другими признаками, которые сложнее измерить и которые действительно влияют на характеристики особи. В таких случаях, эти незаметные генетические признаки могут быть использованы в качестве генетических маркеров для сцепленных с ними признаками, поскольку они косвенно указывают на наличие интересующих характеристик. Эти две величины могут коррелировать при использовании анализа наследования и изучения распределения характеристик как у обоих родителей, так и в потомстве (Мухина М.В., 2011).

В целом генетический маркер может быть определен как: 1) хромосомная метка или аллель, позволяющие проследить специфичный район ДНК; 2) специфичный фрагмент ДНК с известной позицией в геноме; 3) ген, чья фенотипическая экспрессия обычно легко отличима и может быть

использована для идентификации несущей ее особи или клетки (ткани, органа) либо как зонд для мечения клеточных органелл (ядра, митохондрий, хлоропластов), хромосом или хромосомных локусов.

Ю.В. Чесноков утверждает, что: «Генетические маркеры обычно подразделяют на три основных класса: морфологические маркеры (выявляемые на уровне фенотипа организма), биохимические маркеры (различные белки, в том числе ферменты, и метаболиты) и молекулярные маркеры (выявляемые на уровне нуклеиновых кислот). Термин «биохимический маркер», к сожалению, не вполне определен, поскольку в некоторых контекстах он обозначает молекулы, присутствие которых маркирует (метит) различные стадии дифференциации или какую-нибудь физиологическую стадию. К генетическим маркерам можно отнести и цитогенетические маркеры. Они занимают особое место, обладая одновременно свойствами как биохимических, так и молекулярных маркеров. Специфика выявления цитогенетических маркеров на цитологическом уровне делает их ограничено доступными, а также зависимыми от морфо-анатомического строения изучаемого организма, специального дорогостоящего оборудования и химреактивов. Вследствие этого цитогенетические маркеры, по сравнению с другими классами маркеров, не получили широкого распространения и возможности массового применения.

Молекулярные маркеры – наиболее разнообразный и наиболее многочисленный класс маркеров на сегодня. В целом, молекулярные маркеры, исходя из методической основы реализации маркерного подхода, можно разделить на три основные группы – маркеры, основанные на:

1) Молекулярно-генетической блот-гибридизации – Саузерн-, Вестерн- и дот-гибридизации; к этой группе можно отнести и маркеры, разработанные на основе ДНК-чип технологий, по своей сути являющихся ничем иным, как современной, технологически усовершенствованной модификацией метода блот-гибридизации;

2) Методе полимеразной цепной реакции (ПЦР);

3) Методах секвенирования (прочтения последовательности) нуклеиновых кислот» (Чесноков Ю.В., 2018).

Молекулярные маркеры относятся к самой молекуле ДНК и, как таковые, считаются объективным показателем величины изменчивости. Они не подвержены влиянию окружающей среды, испытание можно проводить на любом этапе развития растений, они потенциально не ограниченны количественно, полностью охватывая геном. Основным недостатком является необходимость в использовании технически более сложного оборудования.

Преимущества молекулярных маркеров:

- высоко полиморфны, т.е. различны среди особей;
- воспроизводимы при любом лабораторном опыте. Как в опытах в пределах одной и той же лаборатории, так и в различных лабораториях, проводящих идентичные опыты;
- равномерно распространены по всему геному, чем выше степень распространения и плотность покрытия всего генома, тем лучше оценка полиморфизма;
- высокочувствительны, т.е. способны обнаруживать различия между близко родственными особями;
- не подвержены влиянию окружающей среды, определение генотипа маркера не должно зависеть от среды, в которой живет особь, или от ее стадии развития (М. Кармен де Висенте, 2003).

Маркеры на уровне ДНК не зависят от стадии развития организма и специфичности анализируемых частей растений, поскольку ДНК во всех органах и тканях данного растения по своему химическому составу и структуре всегда одна и таже.

С помощью ДНК маркеров можно диагностировать различия между особями одного или нескольких видов, это довольно часто не удается осуществить при помощи других классов маркеров. Маркеры, с помощью которых можно найти различия между сравниваемыми особями, являются полиморфными, в то время как маркеры, не способные это сделать, являются

мономорфными. Такое разделение маркеров относится и к морфологическим и к биохимическим маркерам. По типу наследования полиморфные биохимические и молекулярные маркеры делят на доминантные и кодоминантные. Это разделение основано на способности маркера отличать гетерозиготы от гомозигот. Благодаря кодоминантным маркерам возможно отличие гомозигот от гетерозигот. Доминантные маркеры не способны этого сделать.

Ю.В. Чесноков писал: «В тоже время с молекулярной точки зрения выявляемый полиморфизм можно подразделить на две категории:1) полиморфизм самой последовательности и 2) полиморфизм числа тандемно повторяющихся последовательностей в повторяющихся районах. Кроме того, молекулярные маркеры можно классифицировать на две вариации: анонимные, т.е. в которых нуклеотидная последовательность не известна и для проявления молекулярного маркера ее установления не требуется (например, RAPD, AFLP, RFLP) и анонсированные (детерминированные), т.е. в которых нуклеотидная последовательность известна либо выявляется в процессе проявления анализа (SNS, CAPS, STS)» (Чесноков Ю.В., 2018).

ДНК- маркеры, основанные на секвенировании и использовании ДНК чипов – SNP маркеры (single nucleotide polymorphism) – полиморфизм одиночных нуклеотидов. Этот полиморфизм заключается в замещении одиночных оснований между последовательностями. SNP наблюдаются чаще, чем какой-либо другой тип маркера, и располагаются очень близко или внутри гена, представляющего интерес (М. Кармен де Висенте, 2003; Sam R. и др., 2007). В наших исследованиях мы использовали именно этот тип маркера.

В классической селекции отбор растений для скрещивания проводится по фенотипу. Молекулярные маркеры дают возможность вести отбор по генотипу, что позволяет на начальном этапе отбраковывать ненужный материал, это в свою очередь, сокращает трудовые и временные ресурсы (Хлесткина Е.К., 2013).

Так как лук является двулетней культурой, то определение ЦМС фактора (или типа цитоплазмы) классическими методами селекции и генетики занимает длительное время (от 4 до 8 лет). Генетические факторы, ответственные за наличие стерильности, на сегодняшний день можно определить с помощью ДНК маркеров, которые позволяют оценивать популяции с высокой эффективностью и точностью (Домблидес А.С., 2019).

Исходя из этого применение ДНК-мареров, с помощью которых можно отличать S и N типы цитоплазмы, является эффективным приемом, ускоряющим процесс создания гибридов на стерильной основе. Молекулярные маркеры на хлоропластные и митохондриальные гены (orf, cob, psbA), определяющие цитоплазматическую мужскую стерильность у лука репчатого были открыты зарубежными учеными еще в 2003-2006 гг. В нашей стране такие исследования начались сравнительно недавно.

В селекции лука репчатого на гетерозис ключевым моментом является определение на раннем этапе типа цитоплазмы (N,S) и ядерных генов (*ms*), что значительно ускорит селекционный процесс.

Ускорения селекционного процесса позволяет при сокращении физических и материальных затратах стабильно производить конкурентоспособную сельскохозяйственную продукцию. Вследствие этого, становятся актуальным использование молекулярно-генетических и биотехнологических методов.

Применение молекулярно-генетических маркеров, которые показывают генетическое разнообразие на ДНК уровне, дает возможность управлять переходом хозяйственно-ценных генов от одного организма к другому. Маркер-вспомогательной селекция позволяет целенаправленно подбирать родительские формы для скрещивания, а также способствует защите интеллектуальной собственности селекционеров.

Размер генома лука репчатого огромен и составляет 16415 млн.п.н., что в 34 и 6 раз больше, чем геном риса и кукурузы (King J.J.,1998.) Классификация маркеров, разработанных на луке репчатом, представлена в таблице 5.

В большинстве случаев молекулярные маркеры, созданные на луке репчатом, применяются для выявления цитоплазматической мужской стерильности и ядерных генов, а также к устойчивость к пероноспорозу (Bang H. и др., 2011; Banga H. и др., 2013; Engelke T.A. и др., 2003; Gocke A.F. и др., 2002; Havey M.J., 2000; Kim S., Yoon M., 2010). Однако все эти работы предлагают молекулярные маркеры, пригодные для детекции при помощи электрофореза, что повышает риск контаминации продуктами ПЦР, это приводит к увеличению числа ложно положительных результатов. В реалиях современной высокопропускной лаборатории молекулярной диагностики подобный анализ не приемлем. Во всех зарубежных селекционно-семеноводческих фирмах, MAS проходит с использованием платформы Real Time PCR. Маркерные системы на CMS лука, применяемые в Real Time PCR были приведены в статье Cho с соавторами (Cho K.S. и др., 2006). В наших исследованиях мы использовали новейшие технологии в области MAS, основанные на использовании платформы Real Time PCR.

Таблица 5. Морфологические маркеры лука репчатого (по C.S. Cramer, M.J. Havey, 1999)

Локус	Описание	Автор
1	2	3
a	Альбинизм. Отсутствие хлорофилла у сеянцев	Rasmusson J., 1920; Jones H.A. et al., 1944
b	Коричневая окраска семян	Davis E.W., 1966
c	Фактор окраски	Clark A.E. et al., 1944
R, L	При комплементарном взаимодействии генов R и L проявляется красная окраска сухих чешуй луковицы	Jones H.A., Peterson C.E., 1952
dw1	Карликовость цветоносной стрелки	Rabinowitch H.D. et al., 1984; Horobin J.F., 1986
ea	Недоразвитый околоцветник. Отсутствие лепестков	Jones H.A. et al., 1944
Foc1	Устойчивость к фузариозу корней. Устойчивость к фузариозу корней	Bacher J.W., 1989; Bacher J.W. et al., 1989
Foc2	Устойчивость к фузариозу корней. Взаимодействует с Foc 1	

Продолжение таблицы 5

1	2	3
G	Светло-желтая окраска. Рецессивная аллель определяет темно-желтую окраску	El-Shafie M., Davis G., 1967
gls1, gls2	Отсутствие воскового налета на стрелке. В доминантном состоянии полностью подавляет gls2. Коррелирует с устойчивостью к трипсу	Molenaar N.D., 1984
I	Ингибитор окраски сухих чешуй луковицы. Подавляет все окраски, в результате чего проявляется белая окраска	El-Shafie M., Davis G., 1967
ms	Ядерный ген мужской стерильности	Jones H.A. Clark A.E., 1943
pg	Светло-зеленая окраска листа	Jones H.A. et al., 1944
Pd1	Устойчивость к пероноспорозу. Получен от A. roylei	Kofoet A. et al., 1990
pr1	Устойчивость к розовой гнили корней	Jones H.A. Perry B.A., 1956; Nichols C.G. et al.
s1	Устойчивость к пероноспорозу. Получен от сорта «Calred»	Warid W.A., 1952; Warid W.A. Tims E.C., 1952
s2	Устойчивость к пероноспорозу. Получен от сорта «Calred»	
Ta	Рецессивная аллель a во взаимодействии с цитоплазмой T определяет проявление стерильности	Berninger E., 1965; Schweisguth B., 1973
Tb	Комплементарное взаимодействие генов B и C определяют фертильность растения при наличии T цитоплазмы	
Tc		

По данным Логунова А.Н. (2012), существует ген супрессор I^{Ms}, который ингибирует действие гена Ms (I^{Ms} > Ms). В результате при наличии S цитоплазмы проявляется стерильностью. Это применительно только к S типу цитоплазмы, т.е. если ген I^{Ms} встречается у растения с N типом цитоплазмы при наличии гена Ms растение будет фертильным.

1.10. Использование техники удвоенных гаплоидов в селекции F1 гибридов лука репчатого

В современной селекции одна из главных задач – получение выровненного материала в короткий срок, что наиболее актуально для

получения гетерозисных гибридов у двулетних культур. Для их получения нужны гомозиготные линии, которые в свою очередь получают в течение 8-10 лет. С помощью современных методов удается сократить этот путь в 2-3 раза (Шмыкова Н.А. и др., 2015).

Такие методы как: андрогенез, гиногенез, микроклональное размножение, применяются в селекционных программах для создания константного материала, ускорения селекции, увеличения разнообразия форм (Dunwell J.M., 2010).

В 2007 году был описан гаметный эмбриогенез как вспомогательный элемент селекции (Forster B.P. и др., 2007). Продовольственная и с/х организация объединённых наций (ФАО), а также международное агентство по атомной энергии посодействовали идеи развития DH-технологий в развивающихся странах. Сегодня использование эмбриогенеза является стандартным методом в различных селекционных фирмах и уже получено свыше 300 новых сортов и гибридов (Tuvesson S. и др., 2007).

До недавнего времени овощные, кормовые, лекарственные и ароматические культуры относились к видам, не отзывчивым на *DH*-технологии. Сегодня их активно и успешно изучают и получают удвоенные гаплоиды (Пивоваров В.Ф. и др., 2011; Dunwell J.M., 2010; Ferrie A.M., Caswell K.L., 2011; Ferrie A.M. и др., 2009; Germana M.A. и др., 2009).

Гибриды лука, созданные на основе гибридизации частично инбредных линий, отличаются низкой морфологической выровненностью. Ее причиной является сильная инбредная депрессия лука при получении чистых линий путем самоопыления. Даже при 2-3 самоопылениях подряд наблюдается существенное снижение урожайности, массы луковицы и т.д. Одним из путей решения этой проблемы является технология получения удвоенных гаплоидов, так как полученные линии при этом имеют высокую генетическую однородность за счет полной гомозиготности всех генов. Другим преимуществом применения данной технологии является существенное сокращение времени, необходимого для создания родительских линий. Из-за

того, что лук является двулетней культурой, требуется не менее 8 лет для создания гомозиготной линии путем инбридинга. При применении технологии удвоенных гаплоидов этот срок сокращается до двух лет или в 5-6 раз. Как указывает С.Г. Монахос, единственным механизмом для производства удвоенных гаплоидов лука репчатого является гиногенез (Монахос С.Г., 2015).

Клональное микроразмножение при условии высоких коэффициентов размножения и сохранении генетической стабильности может быть включено в селекционный процесс и занимает значимое место в мировой практике растениеводства. В селекции овощных культур это особенно важно для поддержания растений с мужской стерильностью или самонесовместимостью (Шмыкова Н.А. и др., 2015). Все разнообразие биотехнологических методов, используемых в селекции растений, представлено на рисунке 7.

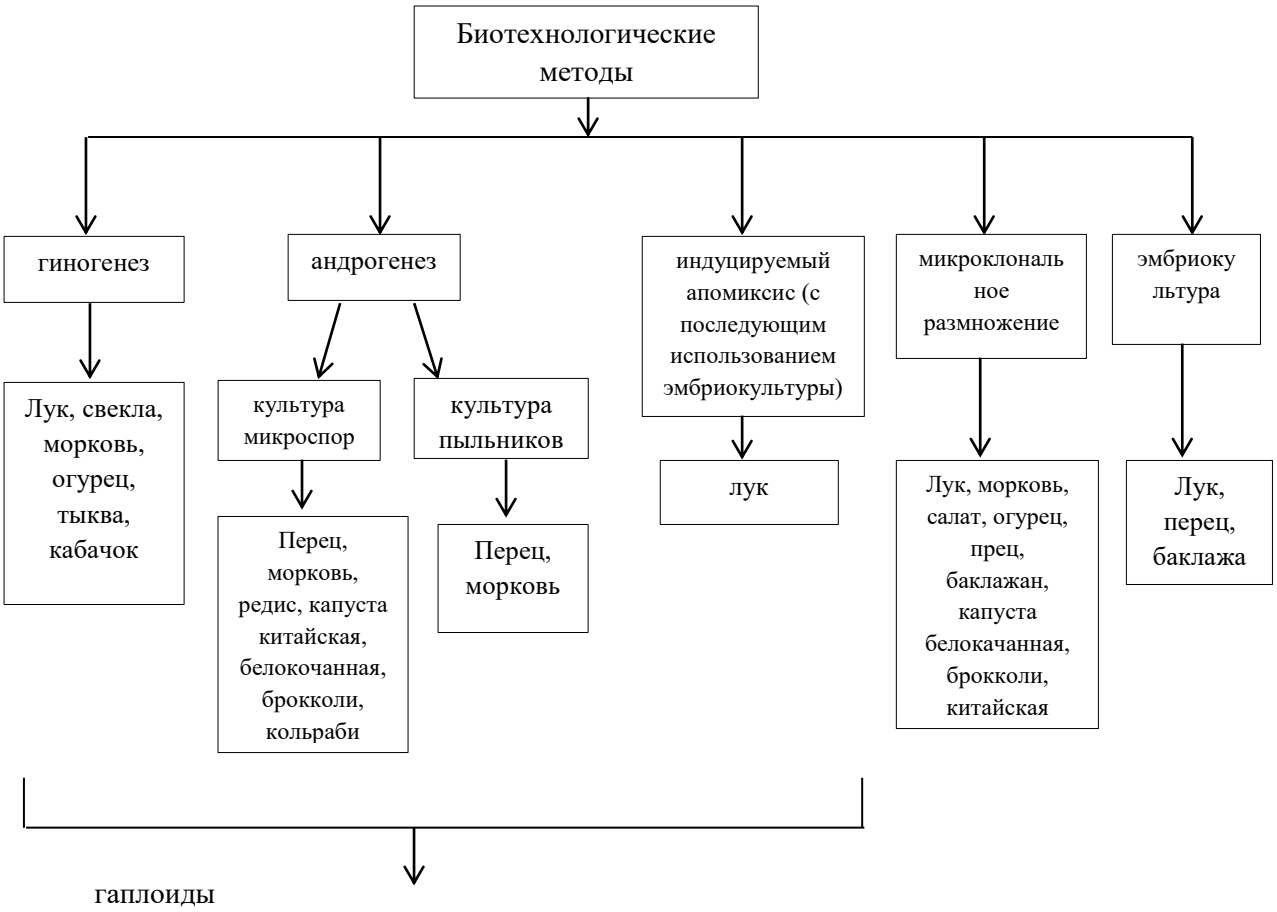


Рис.7. Биотехнологические методы, используемые при создании сортов сельскохозяйственных растений во Всероссийском НИИ селекции и семеноводства овощных культур (Шмыкова Н.А., 2015).

Технология получения удвоенных гаплоидов (DH – doubled haploid) – технологии) с помощью гиногенеза, андрогенеза и партеногенеза – один из способов генетического улучшения сельскохозяйственных растений. Благодаря DH-технологиям можно получить в течение одного поколения полностью гомозиготное растение, в то время как классическими методами это достигается за 6-12 лет. Для решения этой проблемы большое значение имеет альтернативный метод создания гомозиготных линий из удвоенных гаплоидов (Шмыкова Н.А. и др., 2015).

В отличие от диплоидного состояния генома, гаплоидное состояние позволяет выявить редкие рецессивные аллели. С помощью удвоенных гаплоидов можно производить уникальные формы за одно поколение. Созданные таким образом образцы, являются ценным материалом для дальнейшей селекции, так как являются линиями и могут быть использованы в качестве родительских компонентов при создании гибридов (Пивоваров В.Ф. и др., 2015).

Перевод растений на гаплоидный путь развития вызывает фенотипические изменения. Гаплоидные растения идентичны исходным растениям по основным признакам и отличаются только количественно. У гаплоидных растений появляются рецессивные гены, что вызывает избирательность во взаимодействии генотипа с окружающей средой. Некоторые исследователи обнаруживали у гаплоидного растения признаки, которых не было у исходного растения (Ротаренко В.А., 2000).

Гаплоидные растения, содержащие одинарный набор хромосом, получают из незрелых половых клеток, выращиваемых на питательных средах *in vitro*. Далее при помощи удвоения гаплоидных растений получают дигаплоидные линии. Что позволяет создать гомозиготные растения по всем генам за 1-2 года. Неоспоримым преимуществом данной технологии является ускорение селекционного процесса, возможность получения редких рецессивных генов в гомозиготном состоянии, увеличение вариантов сочетаний генов (Коршунова А.Д. и др., 2017) и значительное сокращение

площадей, которые заняты селекционным материалом (Шмыкова Н.А. и др., 2015).

Среди овощных культур наиболее разработанными являются методики культивирования неопыленных семяпочек лука (Пивоваров В.Ф. и др., 2011; Bohanec B.,1995, 2002; Campion B., 1992; Sulistyaningsih E. и др., 2006). Универсальных протоколов для производства удвоенных гаплоидов нет, из-за межвидовых и внутривидовых различий (Шмыкова Н.А. и др., 2015) определены только основные условия к составу питательных сред (Монахос С.Г., 2015).

При получении дигаплоидных растений нужно учитывать следующие факторы, влияющие на образование, развитие и количество регенерантов: метод получения гаплоидных растений, условия выращивания донорных растений, тип эксплантa, предобработка эксплантов, питательная среда и условия культивирования, использование различных фитогармонов и их концентраций, контроль качества хромосом у получаемых регенерантов, метод удвоения гаплоидного набора хромосом, условия перевода дигаплоидных растений из культуры *in vitro* в почву.

Необходимым условием высокого выхода гаплоидных эмбрионов является хорошее состояние материнского растения. Условия его выращивания должны быть оптимальными: хорошо проветриваемая теплица или климкамера с постоянной температурой +14-15 ^{0}С. Срезка бутонов должна происходить в утренние часы (Коршунова А.Д. и др., 2017).

Для создания гаплоидных регенерантов в роли эксплантa можно использовать неоплодотворенные семяпочки, завязи и целые цветковые бутоны. У лука репчатого применяют цветковые бутоны за несколько дней до раскрытия, так как это самый эффективный и удобный способ (Монахос С.Г., 2015).

Не существует единого метода получения гаплоидов, так как отзывчивость генотипов в значительной степени зависит от условий

выращивания, поэтому определены только основные условия к составу питательных сред (Монахос С.Г., 2015).

Наиболее известными являются питательные среды: MS, NLN, B5, BDS.

Подбору регуляторов роста и их концентрации для индукции эмбриогенеза посвящено множество работ. Так, для лука общепринятым является сочетание 2,4- Д (2,4-дихлорфенилуксусная кислота) и 6-ПАБ (6-бензиламинокислота) в концентрации по 2 мг/л (Коршунова А.Д. и др., 2017).

Оптимальный размер бутонов лука репчатого для высадки на питательную среду составляет 3,8-4,4 мм, так как в них содержатся только зрелые зародышевые мешки. В основном яйцеклетка идет по пути спорофитного развития, она может образовать гаплоидное растение, минуя фазу каллусообразования. Сформировавшиеся эмбриоиды имеют форму петли, которая отличает их от соматических эмбриоидов (Монахос С.Г., 2015).

Гаплоидное растение неспособно поддерживать главный механизм полового размножения – у него не идет мейоз. Чтобы восстановить фертильность и стать полноценной линией, ему необходимо пройти процедуру удвоения хромосом (Будылин М.В., 2020).

С.Г. Монахос писал: «Спонтанное удвоение числа хромосом гаплоидных эмбриоидов лука и образование удвоенных гаплоидов происходит с низкой частотой – от 1 до 30 %. Наиболее часто используемый прием искусственного удвоения хромосом основан на обработке гаплоидных растений на стадии эмбриоидов или уже сформированных регенерантов колхицином или другими антимитотическими препаратами, такими как оризалин, амипрофосметил и др.». (Монахос С.Г., 2015). Но цитостатическое действие этих веществ сопряжено с сильной токсичностью. В результате большинство эмбриоидов не переживают данную процедуру, сильно ограничивая выход селекционных линий. Решения этой проблемы можно использовать особый биоцид, который подавляет развитие всех оппортунистических микроорганизмов, не угнетая растительные эксплaнты. Это дает возможность высаживать на питательную среду нестерилизованные бутоны в условиях, не ограниченных стерильной

рабочей зоной. Это позволяет производить сотни дигаплоидных линий лука репчатого. (Будылин М.В., 2020).

Удвоенные и неудвоенные гаплоиды – это растения, прошедшие фазу *in vitro*, развившие мощную корневую систему и адаптированные к почвенному грунту, обычно способны формировать нормальную луковицу. Эта луковица в зависимости от ее массы и размера способна сформировать цветонос на 1-й или 2-й год жизни. При этом у гаплоидов отсутствует мейоз и поэтому они формируют рудиментарные цветочные бутоны, которые не способны к полноценному цветению. Это служит надежным отличием удвоеннных гаплоидов от неудвоенных. Для оценки гомозиготности материала лучше применять молекулярные маркеры, которые получили в настоящее время широкое распространение, такие как AFLP, RAPD, SCAR, SST и др. (Монахос С.Г., 2015).

После получения растений, обработанных колхицином, необходимо определить их плоидность, так как они могут быть гаплоидными, диплоидными, химерными. Для этого можно использовать прямой подсчет хромосом, подсчет хлоропластов в замыкающих клетках устьиц, использовать молекулярные маркеры (сравнить исходное растение с регенерантом и определить гетерозиготность и гомозиготность), использовать метод проточной цитометрии.

Для дальнейшего развития дигаплоидные растения необходимо пересадить в открытый грунт. При этом они могут испытывать стресс, поэтому необходимо защитить их от попадания прямых солнечных лучей, болезней, вредителей и сквозняков (Коршунова А.Д. и др., 2017).

Тем не менее, не стоит преувеличивать ценность этих методов, поскольку только при совместном действии с классическими подходами они станут ключевыми. При использовании классических методов селекционеры также имеют ряд проблем. Значительное отставание в создании гибридов F1 можно наблюдать у лука репчатого, свеклы столовой, редиса и моркови (Монахос Г. Ф., 2017).

2. Материал, методика и условия проведения исследований

2.1. Исходный материал

За 2016-2018 гг. в питомнике исходного материала было изучено 13 сортов и 35 гибридов F_1 лука репчатого отечественной и зарубежной селекции. В качестве объектов исследований были выбраны коллекционные образцы разных групп спелости: ранние, среднеспелые и позднеспелые образцы лука репчатого. В качестве стандартов использовались соответственно гибриды: F1 Bonus (Takii), F_1 Talon (Bejo Zaden), F1 Dajtona (Bejo Zaden).

В 2017-2019гг. в питомнике селекционного материала изучено 425 инбредных потомств разных сроков созревания и окраски, 250 из них первого поколения, 175 второго поколения, 80 – третьего поколения. В 2021 году в гибридном питомнике изучено 14 гибридных комбинаций.

2.2. Место и условия проведения исследований

Работа выполнена в 2016-2021 гг. на базе ФГБНУ ФНЦО, лабораторно-полевые опыты проведены в Селекционном центре «Гавриш», расположенном в Крымском районе Краснодарского края.

Климат данной местности умеренно континентальный. Среднемесячная температура самого теплого летнего месяца (июля) +22,6^{0}С, максимум 36-40^{0}С. Продолжительность безморозного периода 175–195 дней. Сумма активных температур составляет 3600-3750^0 С. Среднемесячная температура воздуха самого холодного месяца (января) составляет -2,0°С, в отдельные годы морозы могут достигать -20^{0}С.

По осадкам Крымский район входит в зону умеренного увлажнения, но осадки очень неустойчивы, особенно летом, в среднем за год 657 мм. Наибольшее в декабре – 71 мм, а минимум – в апреле и августе 39-40 мм. Экспериментальный участок селекционного центра расположен на выщелоченных черноземах суглинистого механического состава с предельной полевой влагоемкостью 37-40%. Содержание гумуса в них составляет 3,1-3,9%. Пахотный слой имеет слабокислую реакцию pH 6,5-6,7. Содержание

подвижного азота 4,2 мг/100 г почвы, фосфора 34,9 мг/100 г почвы и калия в среднем 236 мг/100 г почвы.

2.3. Методы исследований

Опыт по сортоизучению был заложен в питомнике исходного материала, площадь делянок 1,5 м^2. В селекционном питомнике проводили фенотипическую оценку гибридных комбинаций и инбредных потомств, площадь делянок 2-3 м^2 (в зависимости от наличия семенного материала).

Технологические операции проводили в следующие сроки:

- посев 8-12 апреля
- высадка рассады 6-11 мая
- уборка с 20-28 июля

Посев семян лука репчатого проводили в рассадном отделении в кассеты с торфом, предварительно пропитанным питательным раствором, содержащим комплексное удобрение «нитроаммофоска» в дозе 15-20 г/10 л. Далее кассеты накрывали агротканью для создания наилучшего теплового и водного режимов, что позволяло через 6-7 дней получить дружные всходы.

Высадку рассады вели вручную в нарезанные гряды в фазе 2-х настоящих листьев по схеме: 15+15+15+15+45х7 см.

Далее все технологические мероприятия по уходу за растениями проводили по общепринятой технологии, как и при безрассадном способе выращивания (Пивоваров В.Ф. и др., 2005; Литвинов С.С., 2008).

Уборку лука репчатого вели также вручную в фазе технологической спелости, при полном формировании луковицы, массовом полегании листвы, приобретении характерной для сорта окраски у сухих чешуй. Оптимальный срок уборки при 60% полегании листьев. (Литвинов С.С., 2008).

В селекционном питомнике второго года использования во второй декаде октября для оценки стерильности, гибридизации и проведения насыщающих скрещиваний попарно высаживались стерильные растения и растения закрепители стерильности. Отдельно высаживались образцы,

предназначенные для создания линий опылителей. Далее в зависимости от количества растений на семенные растения были надеты изоляторы из агроткани или изоляционные домики из фасадной сетки «Изумруд», в которые для опыления были помещены куколки мух. Дальнейший уход за семенниками проводили по общепринятой технологии (Пивоваров В.Ф. и др., 2005).

При проведении исследований пользовались следующими методиками: ОСТ-4671-78 «Делянки и схемы посева в селекции сортоиспытании и первичном семеноводстве овощных культур. Параметры»;

«Методика полевого опыта» (Доспехов Б.А., 1985);

«Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» (Белик В.Ф., 1992);

«Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве (Литвинов С.С., 2011).

RTG/46/2 «Оценка на отличимость, однородность и стабильность лука репчатого» 5 сентября 2000 г. № 12-06/16;

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, выпуск четвертый 2015.

Учет по хранению луковиц выполняли с использованием методических указаний по хранению овощей (Широков Е.П., 1982). В процессе хранения лука (5 месяцев) регулярно, каждые 2 недели, перебирали образцы, учитывая число проросших, сгнивших луковиц и определяли процент сохранности, путем вычисления доли сохранившихся луковиц от общего числа луковиц данного образца.

За все время вегетации выполняли фенологические наблюдения, проводили морфологическое описание и биометрические измерения, руководствуясь методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность, 2000 г. Для этого в каждом образце выделяли 20 типичных растений на каждой делянке и на них проводили измерения.

Для оценки содержания растворенного сухого вещества (сахаров) использовали рефрактометр (KETOTEK ATC), твердость определяли пенетрометром (PCE-FM200).

Учет урожайности определяли поделяночно, весовым методом. Так как в опытах в коллекционном питомнике образцы высаживали через рассаду, то густота стояния составила 56 растений на 1 м^2. В промышленной технологии возделывания лука репчатого используется 8-ми строчная схема посева, где на 1 м^2 расположено 80 растений и 800 тыс. растений на 1 га соответственно. Поэтому для более объективной оценки изученных образцов и поиска селекционно ценных источников была рассчитана их потенциальная урожайность исходя из усредненных фактических значений массы луковицы.

Удвоенные гаплоиды лука репчатого были получены методом культуры семяпочек на базе лаборатории биотехнологии Селекционного центра «Гавриш» с использованием усовершенствованной в центре технологии на основе методических рекомендаций Монахоса С.Г. и др. (2017). Молекулярный анализ проводили совместно с сотрудниками лаборатории молекулярных маркеров Селекционного центра «Гавриш» посредством Real-time PCR с использованием маркерной системы Fret 36 на анализ цитоплазмы и маркерной системы Fret 26 на анализ ядерных генов, разработанные Будылиным М.В. Амплификацию проводили на приборе LightCycler 480 II. Обработку результатов выполняли при помощи программного обеспечения LightCycler® 480 SW 1.5.1.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ Microsoft Exsel.

3. Результаты исследований

3.1. Оценка образцов лука репчатого питомника исходного материала по хозяйственно ценным признакам

В коллекционном питомнике за 2016-2018 гг. было изучено 13 сортов и 35 гибридов F1 лука репчатого отечественной и зарубежной селекции (Приложение А). На основе результатов проведенных исследований были выделены наиболее перспективные образцы, характеристика которых по основным селекционно-значимым признакам представлена ниже в таблицах этого раздела.

3.1.1. Продолжительность прохождения межфазных периодов у образцов лука репчатого в питомнике исходного материала

Раннеспелые, среднеспелые и позднеспелые сорта и гибриды позволяют создать непрерывность в поступлении продукции лука в течение осенне-зимнего и весенне-летнего времени года, поэтому необходимо иметь в коллекции образцы всех групп спелости.

Спелость – это период от появления всходов до полегания листвы. К этому моменту луковица полностью сформировалась и приобрела свойственную сорту окраску. Анализ продолжительности межфазных периодов позволил дифференцировать коллекционный материал по группам спелости (табл.6, рис.8,9). В отдельные годы исследования ранжирование на группы спелости сохранялось, признак был стабильным.

Таблица 6. Продолжительность межфазных периодов у образцов лука репчатого коллекционного питомника, г. Крымск, 2016-2018 годы

Название образца	Период от всходов до, сутки		
	массового формирования луковиц	массового полегания листвы	уборки луковиц
1	2	3	4
Ранний			
F1 Bonus, st	**44**	**76**	**84**
F1 Spring Joy	50	82	90
F1 Центавр	47	79	86
F1 Isi 30230 (Митос)	48	80	88
F1 Takstar	42	76	84
F1 CRX 2384	52	82	90
F1 Derbi	48	80	86
F1 Sherman	50	82	88
F1 Muzyka	46	76	84
F1 Nun 07206 ONL	47	82	90
F1 Nun 7202 ON	49	80	88
F1 Harrison	48	82	90
F1 CRX 2313	46	80	86
F1 CRX 2311	46	80	88
Экстаз	50	82	90
Примо	52	82	90
Средний			
F1 Talon, st	**59**	**91**	**98**
F1 Every Joy	58	90	98
F1 Proteus	62	94	103
F1 Santero	60	94	103
F1 GVR 712	60	94	103
F1 Korona	59	91	98
F1 Tamara	56	88	96
F1 Alonso	58	90	98
F1 Spirit	62	94	103
F1 Safran	62	94	103
F1 Campero	54	88	96
Bolton	58	82	98
Gordion	60	94	103
Densiti	54	88	96
Jankat	58	80	98
Eksibishen	62	94	103
Престиж	60	94	103
Поздний			
F1 Dajtona, st	**84**	**120**	**128**
F1 Titan	85	121	128
F1 Dora	87	121	128
F1 Super nova	84	118	126
F1 Manas	86	121	130
F1 Katinka	82	120	128
F1 Derek	88	118	130
F1 Benefit	90	118	130
F1 Elenka	86	118	130

Продолжение таблицы 6			
1	2	3	4
F1 Polaks	80	113	126
Basar	86	121	128
Banko	88	122	130
Кремень	80	118	126
Leon	85	121	130
Ампэкс	90	118	128

Гибриды F1 Takstar и F1 Bonus начали формировать луковицу на 42 и 44 сутки после всходов. Позднее всего (86-88 суток) формирование луковицы наступило у таких образцов как: F1 Dora, F1 Derek , F1 Manas, F1 Elenka, Basar. Ранним полеганием листвы (76 суток) отличились: F1 Takstar, F1 Muzyka и F1 Harrison, F1 Bonus. Позднее массовое полегание листвы (130 суток) выявлено у образцов F1 Derek, F1 Benefit, F1 Elenka, Banko и Leon.

Рис.8 – Период массового формирования луковиц, г. Крымск, 2016 год

Рис.9 – Период массового полегания листвы, г. Крымск, 2016 год

3.1.2. Оценка образцов по качественным и количественным хозяйственно ценным признакам в питомнике исходного материала

Лист как основной орган фотосинтеза является определяющим в формировании урожая, поэтому оценка образцов по признакам листовой розетки лука является важной характеристикой их селекционной ценности. В

результате наблюдений отмечено, что у сортообразцов лука преобладает темно-зеленая и зеленая окраска листа. Среди коллекционных образцов 17 образцов имели зеленую окраску листа, 18 образцов – темно-зеленую. Остальные 13 образцов имели светло-зеленую окраску (рис.11А)

Рис.10. Разнообразие окраски листа у лука репчатого (слева-направо): темно-зеленая, зеленая, светло-зеленая, г. Крымск, 2016 год

С технологической точки зрения для промышленных гибридов предпочтительнее прямое расположение листа или слабый изгиб, это обеспечит равномерное нанесение пестицидов при обработке и минимальное повреждение при механических обработках по уходу за растениями. Установлено, что основная масса образцов коллекции (75%) имела слабый изгиб листа (рис.11 Б). Лишь 8,3% образцов имели прямое расположение листьев (рис.12), а 16,7% образцов имели средний изгиб (рис. 11 Б, рис.13).

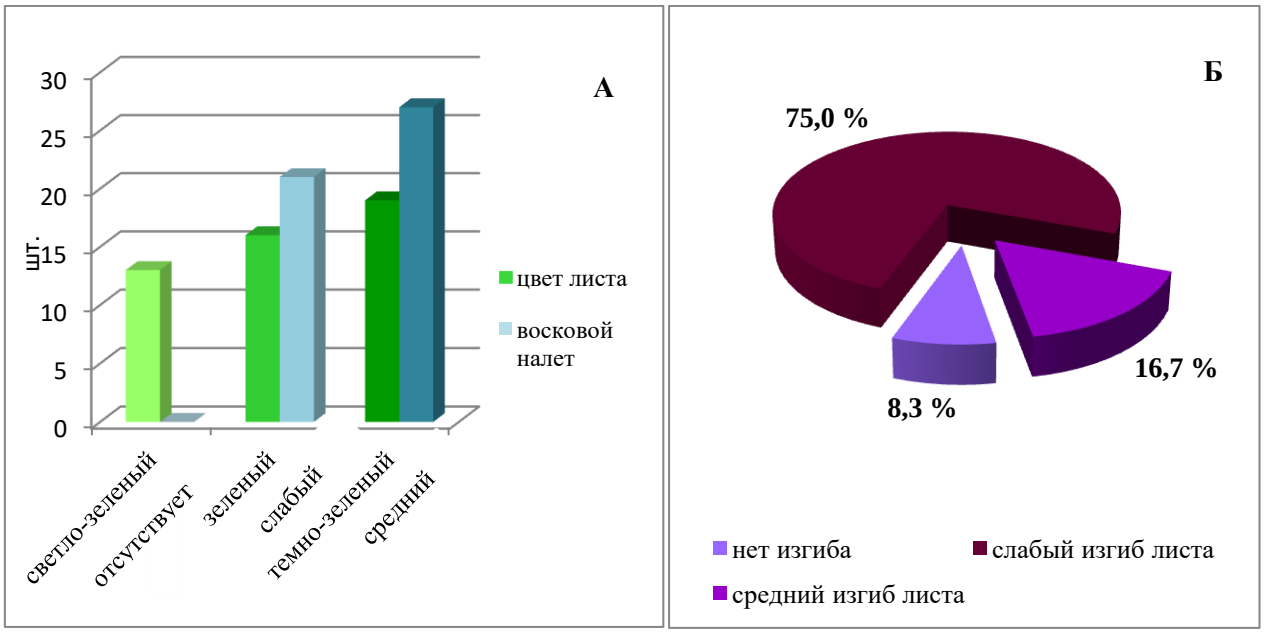


Рис. 11. Морфологические признаки листовой розетки образцов лука репчатого коллекционного питомника. А-цвет листа и восковой налет, Б-изгиб листа, г. Крымск, 2016 год

Восковой налет на листьях лука способствует засухоустойчивости, так как уменьшает транспирацию влаги. Растения с сильным восковым налетом способны выдерживать более сильные дозы гербицидов за счет того, что капли раствора скатываются с листьев, не успевая впитаться. Но с другой стороны, восковой налет снижает жаростойкость, так как уменьшается испарение воды. Восковой налет в некоторой степени защищает от патогенных бактерий, вирусов и насекомых (Ибрагимбеков М.Х., 2015). Исследуемые образцы имели слабый и средний восковой налет, примерно, в равной степени (рис.11 А).

Рис.12- Прямое расположение листа, г. Крымск, 2016 год

Рис.13. Слабый изгиб листа (слева) и средний изгиб листа (справа), г. Крымск, 2016 год

Луковица. Окраска сухих чешуй луковицы определяет внешний товарный вид луковицы и зависит от сорта. В России более 90% занимают желтые и коричневые луки и всего лишь 10% приходится на долю красных и белых сортов. Товаропроизводители предпочитают сорта с золотисто-коричневой окраской. Плотность и число сухих чешуй также являются сортовыми особенностями. Сухие чешуи защищают от механических повреждений сочные чешуи. Толщина, количество и степень прилегания сухих чешуй влияет на степень повреждения луковиц при уборке и транспортировке.

В коллекционном материале преобладают образцы с коричневой основной окраской сухих чешуй с желтым оттенком (рис.14 А, Б). Среди них можно выделить такие образцы, как F1 Super nova, F1 Katinka, F1 Derek, F1 Elenka, Кремень и Leon, которые были очень темными по интенсивности основной окраски.

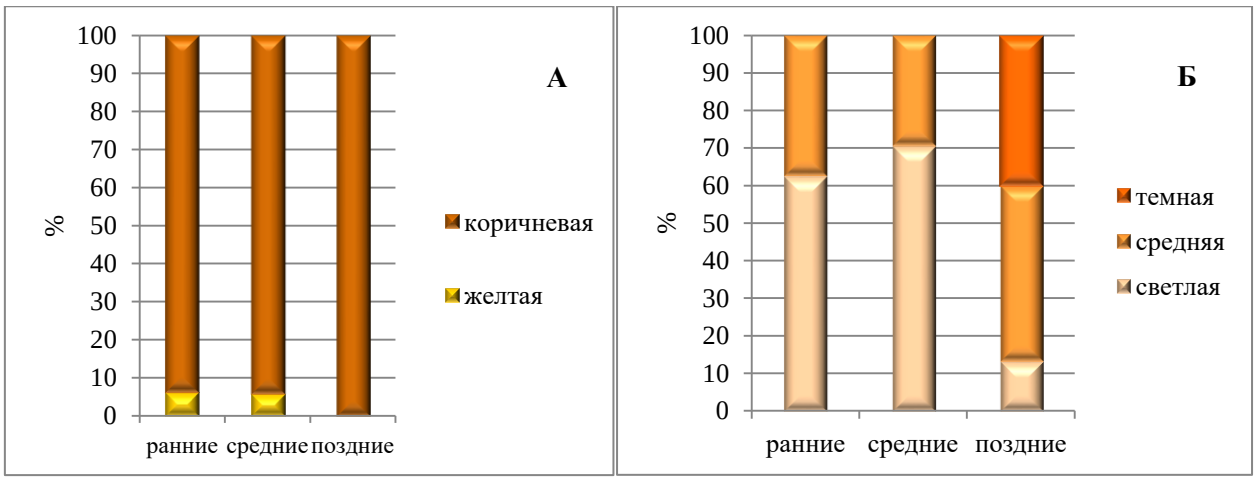


Рис.14. Распределение образцов лука репчатого по признакам «основная окраска сухих чешуй», (А) и «интенсивность основной окраски сухих чешуй, %» (Б) в разных группах спелости, г. Крымск, 2016 год

Большинство изученных образов (75%) характеризуется сильным сцеплением сухих чешуй, а 21% образцов - средним сцеплением (рис. 15 А). Слабое сцепление сухих чешуй отмечено только у двух образцов раннеспелой группы - F1 Muzyka и Экстаз. Распределение образцов по признаку «толщина сухих чешуй» в разных группах спелости отличалось (рис. 15 Б), но в основном преобладали образцы со средними параметрами признака (79% от общего числа). Среди раннеспелых и среднеспелых образцов у гибридов F1 Derbi, F1 Muzyka, сортов Экстаз и Eksibishen сухие чешуи тонкие. Среднеспелый сорт Densiti выделился по толщине сухих чешуй, среди позднеспелых образцов - F1 Super nova, F1 Titan, F1 Dora и Leon.

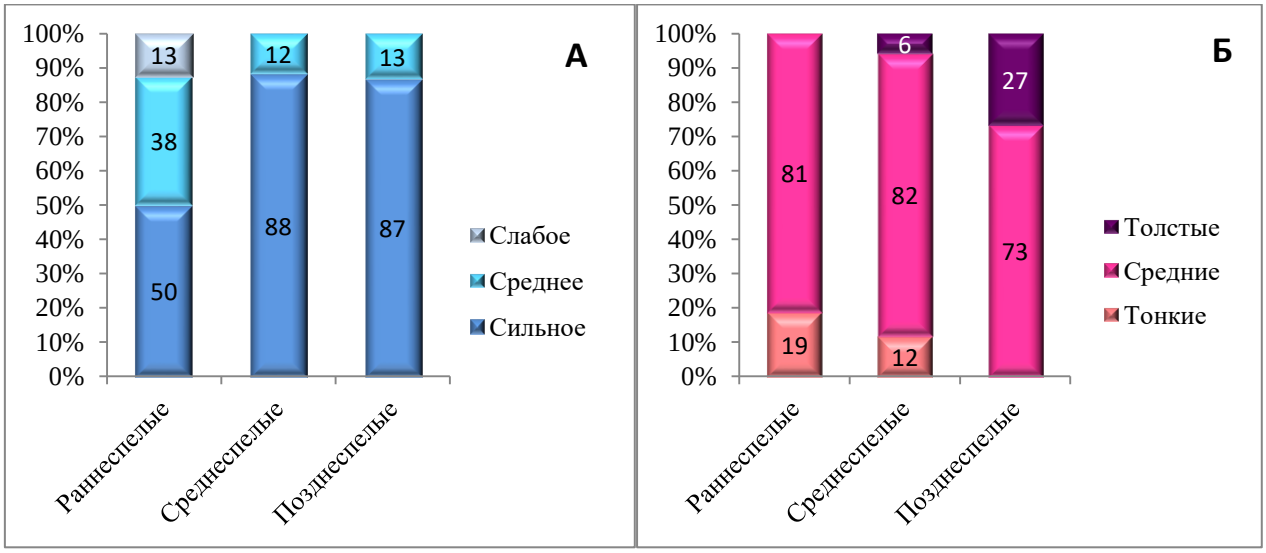
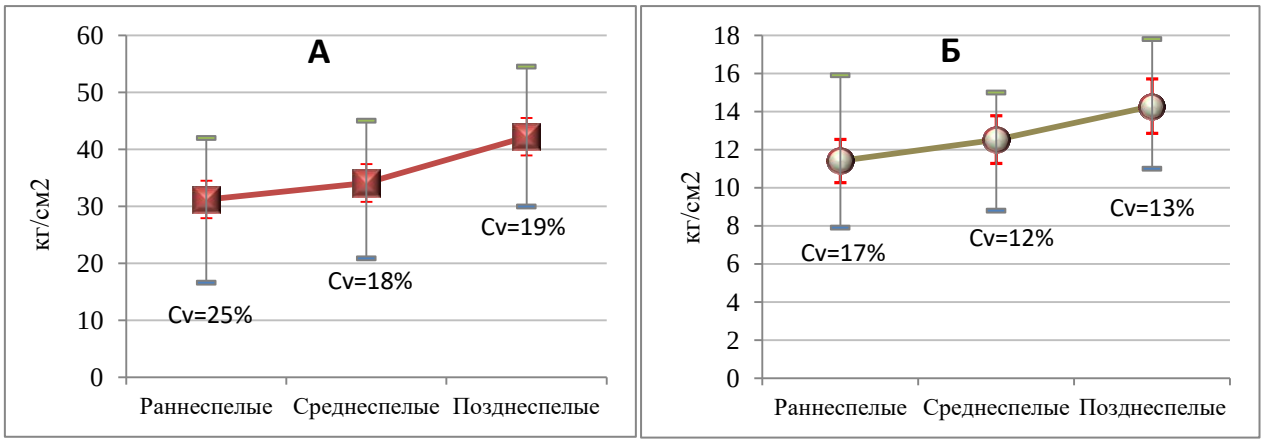


Рис. 15. Распределение образцов лука репчатого по признакам «сцепление сухих чешуй» (А) и «толщина сухих чешуй» (Б) в разных группах спелости, г. Крымск, 2016 год

Такие признаки, как твердость чешуй, имеют определяющее значение в процессе уборки и хранения луковиц. Очевидно, что чем тверже сухие чешуи, которая определяется их толщиной, количеством и сцепленностью, тем менее травмировано будет происходить уборка. Твердость сочных чешуй определяет вкусовые предпочтения потребителей: одним важны мягкие сочные чешуи, другим более твердые. Результаты оценки образцов разных групп спелости показали, что эти селекционно значимые признаки относятся к группе изменчивых и варьируют в пределах каждой группы достаточно в широком диапазоне (рис. 16). Тем не менее, четко прослеживается тенденция увеличения средних значений показателей в пределах групп от раннеспелых образцов к позднеспелым, причем межсортовая изменчивость в раннеспелой группе оказалась выше, чем в двух других, особенно по твердости сухих чешуй (C_v=25%). Этот признак важен для механизированной уборки и транспортировке лука репчатого не зависимо от назначения и группы спелости. Определяющее значение имеет для группы среднеспелых и позднеспелых сортов, предназначенных (пригодных) для длительного хранения. Анализ варьирования показателей твердости сухих и сочных чешуй в пределах отдельных образцов также выявил высокую изменчивость этих признаков (таблицы 7-9). Поэтому образцы оценивали, не только сравнивая их с соответствующими стандартами в каждой группе спелости, но и по их выравненности.



*серые пределы на рисунке показывают min и max, красные пределы – стандартное отклонение средних.

Рис. 16. Степень варьирования твердости сухих чешуй (А); степень варьирования твердости сочных чешуй (Б), кг/см^2, г. Крымск, 2016-2018 годы

Есть тенденция роста твердости сухих и сочных чешуй от раннеспелой группы к позднеспелой. Что связано с направлением селекции. Селекция позднеспелых сортов направлена на лежкость для реализации продукции в зимне-весенний период, после продолжительного хранения, поэтому этот признак у них выше.

В группе раннеспелых образцов по твердости сухих чешуй превзошли стандарт (F1 Bonus) следующие гибриды: F1 Nun 07206 ONL, F_1 Nun 7202 ON, F_1 CRX 2384, F_1 Spring Joy, F_1 CRX 2384, F_1 CRX 2311, F1 Harrison и F_1 Isi 30230. Среди них можно отметить гибриды F_1 Nun 7202 ON и F1 Nun 07206 ONL, которые по твердости сухих чешуй и по уровню изменчивости находятся на первом месте.

Самые твердые сочные чешуи у гибрида F1 Nun 07206 ONL, наименее прочные, у гибрида F_1 CRX 2313, F1 Muzyka и сорта Экстаз, которые являются салатными. Наиболее выровненными по твердости являются гибриды F_1 CRX 2313, F_1 CRX 2311, F1 Harrison, F1 Bonus и F_1 Центавр (табл.7).

Таблица 7. Результаты оценки раннеспелых образцов лука репчатого по признаку твердость сухих и сочных чешуй луковиц, г. Крымск, 2016-2018 годы

№ п/п	Сорт, гибрид	Твердость сухих чешуй, кг/см^2		Твердость сочных чешуй, кг/см^2	
		X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%	X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%
1	**F1 Bonus, st**	33,1±2,1^{c}	28,9	11,0±0,6^{ab}	21,2
2	F1 Spring Joy	40,5±3,6^{cd}	29,3	13,6±1,7^{b}	42,3
3	F1 Isi 30230 (Митос)	35,8±3,1^{c}	33,0	13,1±0,9^{b}	28,0
4	F1 Центавр	28,8±1,8^{b}	29,7	10,9±0,7^{ab}	21,8
5	F1 Takstar	25,6±2,0^{b}	30,6	11,3±0,9^{ab}	28,4
6	F1 CRX 2384	39,1±2,7^{cd}	28,7	10,9±1,1^{ab}	41,0
7	F1 Derbi	29,1±2,3^{bc}	34,1	12,6±0,8^{b}	28,5
8	F1 Sherman	24,1±6,4^{b}	46,3	12,5±0,7^{b}	30,3
9	F1 Muzyka	19,4±1,3^{a}	32,1	9,8±0,6^{a}	25,7
10	F1 Nun 07206 ONL	41,7±2,4^{d}	26,3	15,9±1,1^{c}	30,1
11	F1 Nun 7202 ON	42,0±2,9^{d}	28,4	12,3±0,7^{b}	24,8
12	F1 Harrison	35,4±3,9^{c}	41,1	11,8±0,5^{b}	20,4
13	F1 CRX 2313	21,8±2,0^{ab}	41,6	7,9±0,3^{a}	18,0
14	F1 CRX 2311	34,3±2,5^{c}	33,0	10,7±0,5^{ab}	19,9
15	Экстаз	16,6±1,9^{a}	42,6	8,9±0,4^{a}	16,7
16	Примо	30,1±2,3^{bc}	30,4	11,5±1,0^{ab}	30,5
Среднее		31,3		11,5	

Примечание: верхние индексы указывают на значимость различий между образцами по тесту множественных диапазонов Дункана (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05).

Все исследуемые образцы среднеспелой группы, кроме сорта Eksibishen, превзошли стандарт F1 Talon по твердости сухих чешуй. Наиболее твердые сухие чешуи у гибридов F1 Every Joy, F_1 GVR 712 и у сортов Jankat и Bolton. Гибриды F1 Every Joy и F1 Spirit обладают низкой изменчивостью по этому признаку.

Высокие показатели по твердости сочных чешуй имели следующие образцы: F1 Tamara и F1 Alonso, а также сорт Densiti (табл.10.). Наименее прочные сочные чешуи у гибридов F_1 GVR 712, F1 Talon и сорта Eksibishen. Наиболее выровненными являются гибриды F1 Every Joy, F1 Talon и сорт Eksibishen. У сорта Densiti и гибрида F1 Campero наблюдается сильная вариабельность по признаку сочные чешуи (более 35 %).

Таблица 8. Результаты оценки среднеспелых образцов лука репчатого по признаку твердость сухих и сочных чешуй луковиц, г. Крымск, 2016-2018 годы

№ п/п	Сорт, гибрид	Твердость сухих чешуй, кг/см^2		Твердость сочных чешуй, кг/см^2	
		X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%	X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%
1	**F1 Talon, st**	27,5±1,8 ^{b}	24,2	11,2±0,6 ^{b}	15,5
2	F1 Every Joy	40,6±4,1 ^{d}	22,0	12,9±1,4 ^{bc}	21,8
3	F1 Proteus	33,8±2,8 ^{c}	29,8	13,5±1,0 ^{c}	27,6
4	F1 Santero	32,8±3,8 ^{bc}	39,7	12,1±0,8 ^{b}	24,4
5	F1 GVR 712	39,9±2,8 ^{d}	30,3	11,4±0,8 ^{b}	29,9
6	F1 Korona	31,0±2,5 ^{bc}	34,7	13,3±0,8 ^{c}	27,8
7	F1 Tamara	31,6±2,5 ^{bc}	35,3	14,0±1,0 ^{cd}	33,0
8	F1 Alonso	32,9±4,2 ^{bc}	35,7	14,8±1,5 ^{d}	30,1
9	F1 Spirit	34,9±2,7 ^{c}	27,3	11,9±0,7 ^{bc}	19,9
10	F1 Safran	28,3±4,2 ^{bc}	36,5	12,8±0,7 ^{b}	27,2
11	F1 Campero	38,9±2,6 ^{cd}	28,0	13,3±1,1 ^{c}	36,4
12	Gordion	28,0±4,7 ^{b}	43,4	11,0±1,0 ^{b}	27,6
13	Eksibishen	20,9±1,3 ^{a}	20,5	8,8±0,6 ^{a}	18,0
14	Densiti	37,9±3,2 ^{c}	37,5	15,0±1,3 ^{d}	43,0
15	Bolton	40,3±2,3 ^{d}	23,9	12,7±1,1 ^{bc}	34,3
16	Jankat	45,3±3,2 ^{d}	33,6	11,6±0,8 ^{b}	30,9
17	Престиж	38,3±3,2 ^{cd}	35,8	12,6±0,9 ^{bc}	32,9
	Среднее	33,93		12,0	

Примечание: верхние индексы указывают на значимость различий между образцами по тесту множественных диапазонов Дункана (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05).

В группе позднеспелых образцов наименьшие показатели твердости сухих чешуй характерны для гибрида F1 Polaks (35,4 кг/м^2), сортов Кремень (34,6 кг/м^2) и Basar (25,9 кг/м^2). Гибриды: F1 Elenka, F1 Manas, F1 Dora, а также сорт Banko по твердости сухих чешуй превысили стандарт F_1 Dajtona. Среди них можно выделить гибриды с наибольшей прочностью и низким коэффициентом вариации: F1 Dora, F1 Elenka и Banko.

По твердости сочных чешуй можно выделить гибриды F1 Elenka, F1 Dora и сорт Leon. Твердость сочных чешуй у гибридов F1 Manas и F1 Polaks, F1 Benefit и сорта Basar самая низкая. Следует отметить гибрид F1 Dora, он имеет достаточно высокую прочность сочных чешуй и низкий коэффициент вариации (табл.9).

Таблица 9. Результаты оценки позднеспелых образцов лука репчатого по признаку твердость сухих и сочных чешуй луковиц, г. Крымск, 2016-2018 годы

№ п/п	Сорт, гибрид	Твердость сух. чеш., кг/см^2		Твердость сочн. чеш., кг/см^2	
		X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%	X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%
1	**F1 Dajtona, st**	40,3±3,7 ^{bc}	31,9	15,7±1,3 ^{c}	27,4
2	F1 Супер Нова	39,1±2,6 ^{b}	28,5	13,5±1,0 ^{ab}	37,6
3	F1 Titan	35,8±2,7 ^{a}	33,5	13,7±0,9 ^{ab}	29,0
4	F1 Benefit	39,7±2,7 ^{b}	26,7	13,0±1,0 ^{a}	31,5
5	F1 Dora	54,5±7,1 ^{d}	24,8	17,2±1,9 ^{d}	22,4
6	F1 Manas	47,0±5,3 ^{c}	30,6	11,0±1,3 ^{a}	32,5
7	F1 Elenka	54,4±2,6 ^{d}	24,4	17,1±1,9 ^{d}	44,9
8	F1 Derek	41,4±3,5 ^{b}	30,5	13,7±1,0 ^{ab}	27,1
9	F1 Katinka	40,8±3,1 ^{b}	30,4	14,3±1,0 ^{b}	27,6
10	F1 Polaks	35,4±3,2 ^{a}	34,3	12,9±0,6 ^{a}	29,3
11	Кремень	34,6±3,0 ^{a}	36,3	14,4±0,8 ^{b}	23,8
12	Banko	50,7±3,6 ^{cd}	18,2	13,3±0,9 ^{ab}	41,6
13	Leon	46,3±2,7 ^{c}	30,1	17,8±1,1 ^{d}	29,1
14	Basar	29,9±4,7 ^{a}	48,3	12,3±2,5 ^{a}	54,6
15	Ампэкс	39,7±2,7 ^{b}	34,8	14,3±1,0 ^{b}	35,2
	Среднее	41,9		14,3	

Примечание: верхние индексы указывают на значимость различий между образцами по тесту множественных диапазонов Дункана (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05).

Форма и зачатковость луковиц. Для фермеров округлая форма луковицы является преимущественной, так как обеспечивает максимальный выход продукции с единицы площади и наиболее востребована у населения. Причем огородники на сегодняшний день выбирают сорта и гибриды, имеющие слабое ветвление (зачатковость), что обеспечивает более правильную и выровненную форму луковицы. Тогда как фермеры, занимающиеся выгонкой лука, предпочитают сорта и гибриды F_1, обладающие большим ветвлением, так как они могут давать в несколько раз больше зеленной массы, чем сорта и гибриды с низкой зачатковостью с той же площади.

Результаты оценки коллекционных образцов по этим показателям приведены в таблицах 10, 11 и 12, из которых видно, что индекс формы луковиц относится к слабо вариабельным признакам (Cv<18%), тогда как

зачатковость – к высоко изменчивым (Cv>20%). Высокая изменчивость зачатковости обусловлена самой природой данного признака: ведь при 2 или 3 гнездах изменение на 1 гнездо составит сразу 50% или 33% соответственно.

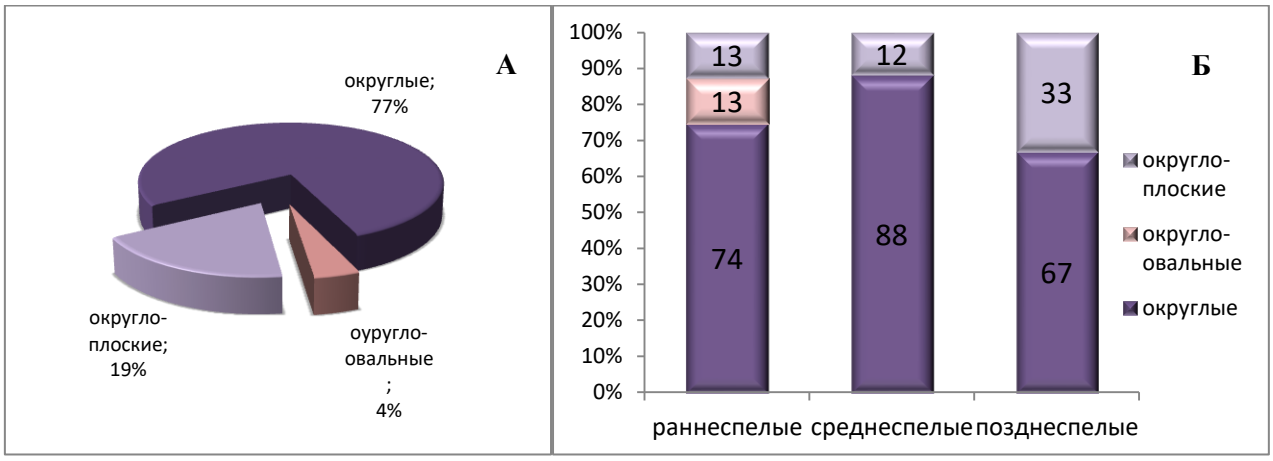


Рис. 17. Форма луковицы у всей совокупности коллекционных образцов (А) и у разных групп спелости (Б), г. Крымск, 2016 год

Наиболее распространенная форма луковицы у коллекционных образцов – округлая (рис. 17А). Округло-овальную форму имеют 4% образцов, 19% образцов имеют округло-плоскую форму. Большлй процент округло-плоских луковиц у группы позднеспелых образцов 33% (рис. 17 Б), в спеднеспелой группе округло-плоская форма у 12% образцов. Раннеспелая группа представлена округло-плоскими и округло-овальными луковицами в равной доле (13%).

Среди раннеспелых только гибриды F_1, Центавр и F_1 Isi 30230 имели округло-плоскую форму луковицы (h/d = 0,9). У всех остальных образцов луковица округлая и округло-овальная (h/d=1,0-1,1), среди них можно выделить гибриды F_1 Nun 7202 ON, F1 Sherman, F1 Nun 07206 ONL, F1 Derbi с довольно низким коэффициентом вариации.

Таблица 10. Результаты оценки раннеспелых образцов лука репчатого по признакам «индекс формы» и «зачатковость», г. Крымск, 2016-2018 годы

№ п/п	Название образца	Индекс формы, h/d		Зачатковость, шт.	Коэффициент вариации, Cv%
		X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%		
1	**F1 Bonus, st**	1,0	11,5	1,3	34,1
2	F1 Isi 30230 (Митос)	0,9	10,2	1,2	38,8
3	F1 Центавр	0,9	10,2	1,3	40,0
4	F1 Spring Joy	1,0	15,5	2,3	37,0
5	F1 Takstar	1,0	13,5	1,3	36,2
6	F1 CRX 2384	1,1	8,8	1,2	34,2
7	F1 Derbi	1,0	8,4	1,2	40,7
8	F1 Sherman	1,0	8,5	1,2	38,7
9	F1 Muzyka	1,0	13,0	1,4	55,1
10	F1 Nun 07206 ONL	1,0	9,2	1,1	21,3
11	F1 Nun 7202 ON	1,0	7,0	1,1	28,4
12	F1 Harrison	1,0	10,1	1,1	29,0
13	F1 CRX 2313	1,0	13,8	1,2	35,5
14	F1 CRX 2311	1,0	12,5	1,1	28,0
15	Экстаз	1,1	13,3	1,1	22,2
16	Примо	1,0	11,5	1,2	32,2
17	Среднее значение	1,0		1,3	

По такому показателю как зачатковость можно отметить гибрид F_1 Spring Joy, он имел в среднем 2,3 луковицы в гнезде, что резко отличается от всех остальных образцов и позволяет рекомендовать его для выгонки на зеленое перо. Следует обратить внимание на гибриды F_1 Nun 7202, F1 Harrison и F_1 CRX 2311, которые характеризуется такими показателями как: малозачатковость и округлая форма луковицы, а также имеют низкий коэффициент вариации и пригодны для промышленного производства лука репки (рис. 18,19).

Рис.18 – Гибрид F1 Nun 7202 (Nunhems)

Рис.19 - Гибрид F1 Harrison (Nunhems)

В группе среднеспелых выделяются гибриды F1 Tamara и F1 Alonso и F_1 GVR 712, которые, как и стандарт F1 Talon, имеют округлую форму луковицы и низкую изменчивость по этому признаку (табл.11, рис.20, 21).

Рис.20 - Гибрид F1 Talon (Bejo)

Рис.21. Гибрид F1 Tamara (Bejo)

Гибриды F1 Korona, F1 Campero и F_1 GVR 712 этой же группы имеют в среднем одну луковицу в гнезде и также отличаются низкой изменчивостью. Гибриды F1 Santero и F1 Safran, а также сорт Jankat по

гнездности были очень не выровненными, Cv=54,5 %, Cv=43,3 % и Cv=48,6 % соответственно (табл.11).

Таблица 11. Результаты оценки среднеспелых образцов лука репчатого по признакам «индекс формы» и «зачатковость», г. Крымск, 2016-2018 годы

№ п/п	Название образца	Идекс формы		Зачатковость, шт.	Коэффициент вариации, Cv%
		X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%		
1	**F1 Talon, st**	1,0±0,03	10,2	1,1	32,0
2	F1 Every Joy	0,9±0,04	13,7	1,5	38,7
3	F1 Proteus	1,0±0,04	10,6	1,1	34,2
4	F1 Santero	1,0±0,02	8,2	1,2	54,5
5	F1 GVR 712	1,0±0,02	9,4	1,1	21,3
6	F1 Korona	1,0±0,03	11,9	1,2	21,3
7	F1 Tamara	1,0±0,02	7,9	1,1	31,9
8	F1 Alonso	1,0±0,02	7,4	1,2	36,9
9	F1 Spirit	1,0±0,02	8,0	1,1	37,6
10	F1 Safran	0,9±0,03	17,4	1,1	43,3
11	F1 Campero	1,0±0,02	9,5	1,2	21,3
12	Gordion	0,9±0,03	11,2	1,4	35,9
13	Eksibishen	1,0±0,04	11,3	1,1	38,7
14	Densiti	1,0±0,02	11,8	1,1	28,4
15	Bolton	1,0±0,02	8,5	1,4	36,2
16	Jankat	1,0±0,02	7,1	1,4	48,6
17	Престиж	1,0±0,02	8,3	1,3	44,6
	Среднее значение	1,0		1,2	

Позднеспелые гибриды F1 Titan, F1 Manas, F1 Derek и F1 Polaks, в отличие от стандарта, имеют округло-плоскую форму луковицы. Среднее варьирование по форме луковицы отмечено у гибридов F1 Dora, F1 Polaks и у сорта Basar. Наиболее выровненными по форме оказались гибриды F1 Elenka и F1 Derek. Одногнездными являются гибриды F1 Derek и F1 Polaks, которые также являются лидерами по степени выравненности в данной группе спелости (табл.12).

Таблица 12. Результаты оценки позднеспелых образцов лука репчатого по признакам «индекс формы» и «зачатковость», г. Крымск, 2016-2018 годы

№ п/	Название образца	Идекс формы		Зачатковость, шт.	Коэффициент вариации, Cv%
		X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%		
1	**F1 Dajtona, st**	1,0±0,02	9,8	1,2	35,2
2	F1 Супер Нова	1,0±0,03	10,0	1,3	33,4
3	F1 Titan	0,9±0,02	10,0	1,3	34,2
4	F1 Benefit	1,0±0,02	9,7	1,1	43,0
5	F1 Dora	1,0±0,03	12,2	1,3	31,9
6	F1 Manas	0,9±0,03	10,5	1,1	34,2
7	F1 Elenka	1,0±0,02	7,3	1,4	35,5
8	F1 Derek	0,9±0,02	9,1	1,1	21,3
9	F1 Katinka	1,0±0,03	11,4	1,1	39,3
10	F1 Polaks	0,9±0,02	12,5	1,1	21,3
11	Кремень	0,9±0,03	10,8	1,3	43,6
12	Banko	1,0±0,02	11,2	1,1	49,0
13	Leon	1,0±0,02	13,8	1,6	43,2
14	Basar	1,0±0,07	12,8	1,2	36,1
15	Ампэкс	1,0±0,03	10,9	1,3	35,8
16	Среднее значение	1,0		1,2	

Признаки *средняя масса и размер луковицы* напрямую взаимосвязаны с урожайностью лука репчатого (r=0,8). В промышленном производстве лучшим размером для реализации считается диаметр луковицы 5-7 см с массой 100-200 г, Однако для переработки предпочтительнее луковицы размером более 7 см (более 200 г), так как при механической очистке лука от сухих чешуй процент потерь у крупного лука меньше. Кроме этого, от размера и массы луковицы зависит норма расхода семян на гектар, а от выравненности образца по данным признакам – уровень товарности получаемой продукции. Результаты оценки образцов по признаку средняя масса луковицы и его изменчивости в каждой группе спелости приведены в таблицах 13, 14, 15.

Следует отметить, что согласно методике статистического анализа по Доспехову градация порогов по степени изменчивости признаков следующая: <10% - низковариабльный; 11-25% - средневариабельный; >25% - высоковариабельный признак. Однако, при анализе полученных фактических данных мы придерживались селекционной оценки внутрисортовой изменчивости признака по модифицированной шкале со следующей градацией: до 25% - низковариабельный, 26-35% - средне вариабельный,

35,1% и более – высоко вариабельный признак. Так как масса зависит не только от генетических свойств растения, но и от нормы и равномерности высева. Высокое варьирование данного признака также отмечено в работе у Логунова А.Н., 2011 г.

Большинство изученных коллекционных образцов характеризуются крупными параметрами луковицы и массой 101-150 г. Их доля по всей совокупности составила 75%, а по отдельным группам спелости - от 69% до 82% (рис. 22). Образцы со средними луковицами (до 100 г) составили всего 8% от общего числа, и их большая часть входила в группу среднеспелых, в которой отсутствовали образцы с очень крупной луковицей (более 150 г). В раннеспелой группе, наоборот, отсутствовали образцы с мелкими луковицами, а доля образцов с крупной луковицей составила 31%. Группа позднеспелых была представлены всеми типами образцов.

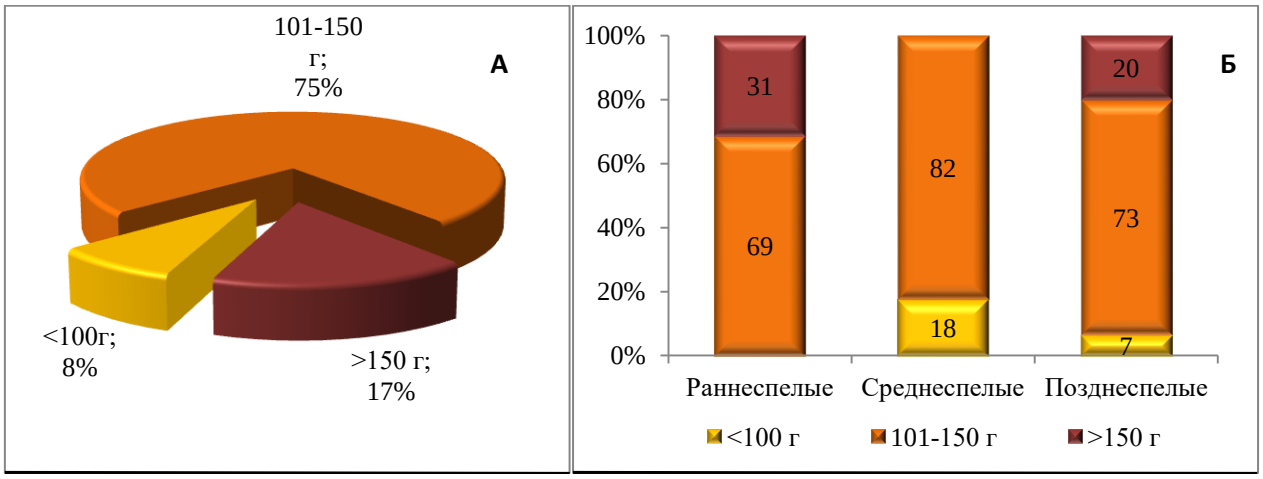


Рис.22. Распределение коллекционных образцов лука репчатого по средней массе луковицы: до 100 г - средняя, от 101 г до 150 г - крупная; более 150 г – очень крупная; по всей совокупности образцов (А) и в пределах разных групп спелости (Б), г. Крымск, 2016-2018 годы

Так как в опытах в коллекционном питомнике образцы высаживали через рассаду, то густота стояния составила 56 растений на 1 м^2. В промышленной технологии возделывания лука репчатого используется 8-ми строчная схема посева, где на 1 м^2 расположено 80 растений и 800 тыс. растений на 1 га соответственно. Поэтому для более объективной оценки изученных образцов и поиска селекционно ценных источников была рассчитана их потенциальная урожайность исходя из усредненных фактических значений массы луковицы.

Среди раннеспелых образцов по высокой массе луковицы выделились гибриды: F_1 CRX 2384, F1 Derbi, F_1 Musyka, которфе также имеют высокую потенциальнцю урожайность. Остальные образцы имели среднюю массу луковицы. По степени выровненности луковицы (коэффициент вариации не превышал 25%) можно отметить гибриды: F1 Bonus, F_1 CRX 2311, F_1 Isi 30230 (Митос), F1 Sherman и F1 Derbi. Лидерами по урожайности (более 8,5 кг/м^2) являются гибриды F1 Sherman, F_1 CRX 2384 и F1 Derbi, причем последний выделяется по совокупности всех трех анализируемых параметров. Наибольший процент товарности отмечен у образцов F1 Bonus, F1 CRX 2311, F1 Sherman (табл. 13).

Таблица 13. Результаты оценки раннеспелых образцов лука репчатого по признаку масса луковицы и урожайность, г. Крымск, 2016-2018 годы

№	Название образца	Средняя масса, г X=X±Sd	Коэф. вариации, Cv%	Общая урожайность, кг/м^2	Товарная урожайность		Потенциальная урожайность, т/га
					кг/м^2	%	
1	**F1 Bonus, st**	108,9±5,1^a	19,5	6,4	6,3	98	87
2	F1 Spring Joy	151,2±10,6^f	27,7	8,2	7,6	93	121
3	F1 Центавр	109,7±11,6^a	35,5	6,6	6,1	93	88
4	F1 Isi 30230 (Митос)	132,2±8,1^c	24,7	6,2	6,0	96	106
5	F1 Takstar	161,8±10,6^f	36,1	7,7	7,0	91	129
6	F1 CRX 2384	158,1±11,4^f	32,3	8,6	7,9	92	126
7	F1 Derbi	178,0±10,0^g	24,2	9,4	8,9	95	142
8	F1 Sherman	133,0±9,8^c	23,2	8,6	8,3	97	106
9	F1 Muzyka	154,2±10,8^f	31,4	7,7	7,1	92	123
10	F1 Nun 07206 ONL	117,6±8,0^a	33,0	6,3	5,7	91	94
11	F1 Nun 7202 ON	121,1±7,9^{ab}	31,9	6,0	5,5	92	97
12	F1 Harrison	110,7±9,4^a	30,9	6,1	5,7	93	89
13	F1 CRX 2313	120,1±9,9^{ab}	36,8	6,3	5,7	90	96
14	F1 CRX 2311	143,6±6,3^d	19,6	8,3	8,1	97	115
15	Экстаз	140,8±8,6^{cd}	25,6	8,0	7,6	95	113
16	Примо	120,1±10,0^{ab}	27,8	8,2	7,7	94	96
17	Среднее значение	135,1					
	НСР$_{05}$			1,6	1,3		

верхние индексы указывают на значимость различий между образцами по тесту множественных диапазонов Дункана (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05)(Statistica 2.0).

В группе среднеспелых образцов урожайность большинства образцов была на уровне стандарта F1 Talon, среди них наименьшую урожайность имел гибрид F1 Korona (7,4 кг/м^2). Гибриды F1 Tamara и F1 Campero, а также сорта Bolton и Densiti по урожайности достоверно превысили стандарт на 1,1-1,9 кг/м^2, а также имели наивысшую потенциальную урожайность. При этом, F1 Tamara и F1 Campero заняли лидирующее положение по массе луковицы (в среднем 140 г). Однако, наиболее выровненными по массе луковицы оказались гибриды: F1 Alonso, F1 Proteus, F1 Talon и F1 Safran (табл. 14). Гибриды F1 Talon, F1 Proteus, F1 Korona, F1 Safran, а также сорт Densiti имели высокий процент товарной продукции.

Таблица 14. Результаты оценки среднеспелых образцов лука репчатого по признаку масса луковицы и урожайность, г. Крымск, 2016-2018 годы

№	Название образца	Средняя масса, г X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%	Общая урожайность, кг/м^2	Товарная урожайность		Потенциальная урожайность, т/га
					кг/м^2	%	
1	**F1 Talon, st**	98,1±6,0 ^{a}	22,4	7,5	7,3	97	78
2	F1 Every Joy	108,3±6,6 ^{ab}	25,9	8,0	7,7	96	87
3	F1 Proteus	109,5±5,3 ^{ab}	21,4	8,3	8,1	97	88
4	F1 Santero	109,5±5,0 ^{ab}	23,4	8,2	7,9	96	88
5	F1 GVR 712	126,9±8,6 ^{c}	26,1	7,9	7,5	95	102
6	F1 Korona	98,1±5,4 ^{a}	23,9	7,4	7,1	96	78
7	F1 Tamara	143,9±8,2 ^{d}	29,6	9,6	8,9	93	115
8	F1 Alonso	106,9±4,3 ^{ab}	17,8	8,3	8,1	97	86
9	F1 Spirit	107,9±6,4 ^{ab}	24,7	8,3	7,8	94	86
10	F1 Safran	107,6±5,2 ^{ab}	19,3	8,0	7,8	98	97
11	F1 Campero	139,9±8,9 ^{d}	29,7	8,8	8,2	93	112
12	Gordion	95,0±11,3 ^{a}	34,3	7,4	6,9	93	76
13	Eksibishen	113,6±5,9 ^{b}	30,0	8,5	7,9	93	91
14	Densiti	127,7±7,1 ^{c}	23,2	8,7	8,4	97	102
15	Bolton	134,5±9,7 ^{cd}	29,8	8,6	8,0	93	108
16	Jankat	134,8±11,6 ^{cd}	29,6	8,1	7,5	92	108
17	Престиж	120,6±5,9 ^{c}	28,4	7,9	7,3	92	96
	Среднее	116,6					
	$НСР_{05}$			1,0	0,9		

верхние индексы указывают на значимость различий между образцами по тесту множественных диапазонов Дункана (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05), Statistica 2.0).

Лидером среди позднеспелых образцов по урожайности является гибрид F1 Katinka, который превысил стандарт на 2,5 кг/м^2. Урожайность остальных

гибридов достоверно не превышала стандарт (6,8 кг/м^2), хотя у пяти из них она в среднем составила более 8 кг/м^2. Это можно объяснить высокой вариабельностью признака «масса луковицы» у большинства образцов этой группы спелости (табл.15). наиболее высокая потенциальная урожайность отмечена у образцов: F1 Katinka, Banko, F1 Benefit.

Низкую изменчивость по этому признаку имели только гибрид F1 Titan и сорт Basar, но из-за низкой массы луковицы (97-109 г), их урожайность была на уровне стандарта (6,8-7,1 кг/м^2). По крупности луковицы выделились гибриды: F1 Manas, F1 Katinka (рис.23) и F1 Benefit (рис.24), по товарности - F1 Super nova, F1 Titan, Leon и Basar.

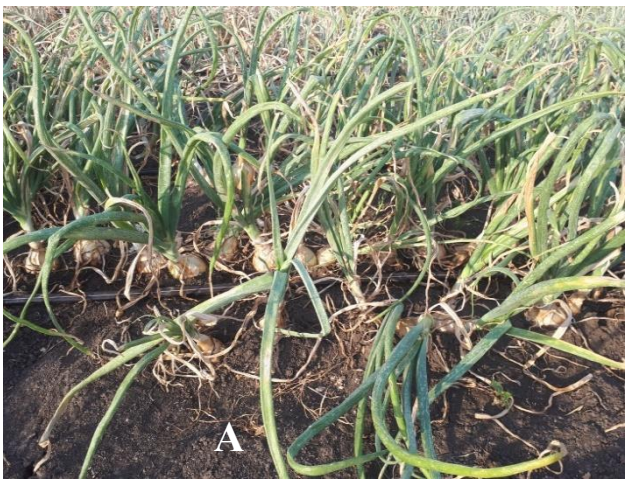
Таблица 15. Результаты оценки позднеспелых образцов лука репчатого по признаку масса луковицы и урожайность, г. Крымск, 2016-2018 годы

№	Название образца	Средняя масса, г. X=X±Sd	Коэффициент вариации, Cv%	Общая урожайность, кг/м^2	Товарная урожайность		Потенциальная урожайность, т/га
					кг/м^2	%	
1	**F1 Dajtona, st**	122,4±8,6^c	31,0	6,8	6,5	95	98
2	F1 Super nova	115,4±8,7^b	24,7	6,9	6,8	98	92
3	F1 Titan	96,9±4,8^a	22,7	6,8	6,6	97	78
4	F1 Benefit	159,0±10,6^e	30,1	8,4	7,8	93	127
5	F1 Dora	137,9±10,6^d	34,3	8,1	7,5	92	110
6	F1 Manas	148,6±12,6^e	32,7	8,0	7,4	93	119
7	F1 Katinka	187,7±14,9^e	27,5	9,3	8,7	94	150
8	F1 Derek	123,2±8,2^c	28,1	6,8	6,4	94	99
9	F1 Elenka	136,0±8,7^d	28,6	7,4	6,9	93	109
10	F1 Polaks	140,4±13,1^d	26,4	7,9	7,7	97	112
11	Кремень	125,4±8,7^c	31,2	6,5	6,0	93	100
12	Banko	162,2±7,0^e	22,8	8,6	8,3	96	130
13	Leon	145,6±10,6^d	24,9	8,4	8,1	97	116
14	Basar	109,1±6,1^b	16,9	7,1	6,9	97	87
15	Ампэкс	119,2±8,7^c	26,3	7,0	6,7	96	95
Среднее		135,3					
$НСР_{05}$				1,5	1,3		

верхние индексы указывают на значимость различий между образцами по тесту множественных диапазонов Дункана (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05), Statistica 2.0).

Рис.23 - Гибриды F1 Katinka (Bejo) Рис. 24. Гибрид F1 Benefit (Takii Europe)

На Юге России из заболеваний лука репчатого широко распространен фузариоз, что свидетельствует о необходимости усиления селекции на устойчивость к данной болезни. Лук репчатый поражается в поле в период вегетации при несоблюдении агротехнических приемов и севооборотов. В результате заражения поражаются зеленые листья, они преждевременно увядают и высыхают, вследствие чего луковица не может набрать свою максимальную массу, что существенно снижает урожайность. Далее патоген попадает в луковицу и продолжает развиваться в процессе хранения лука. В результате этого возможен большой отход из-за гнили. Вспышка инфекции возможна из-за дождливой погоды в период уборки урожая (Борисов и др., 2003). Для оценки степени поражения фузариозом использовали пяти бальную шкалу и градацию на слабую, среднюю и сильную степень поражения растений (рис.25).



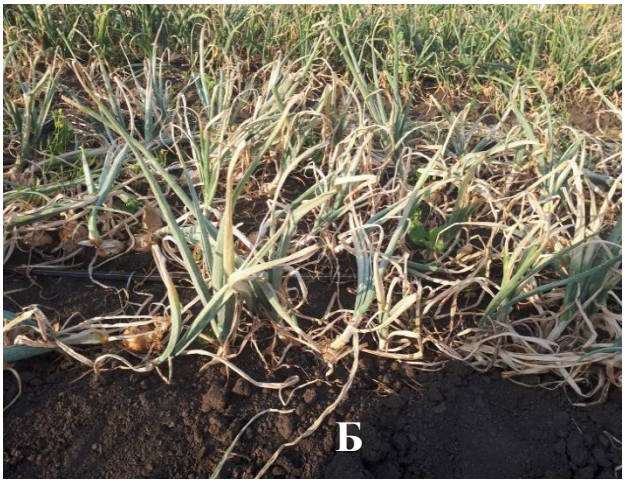


Рис.25. Степень поражения лука репчатого фузариозом (естественный инфекционный фон, г. Крымск, 2018 год):
А- слабая, поражение 25% листьев;
Б – средняя; поражено 25-50% листьев
В – сильная; поражено более 50% листьев

Число пораженных растений в образцах регистрировали ежегодно, но наиболее объективную оценку и ранжирование коллекционных образцов по степени устойчивости на естественном инфекционном фоне удалось провести при эпифитотийном развитии болезни в условиях 2018 года, где распространенность болезни составила 100 процентов (табл.16).

Таблица 16. Результаты оценки пораженности фузариозом коллекционных образцов, г. Крымск 2018 год

№ п/п	Название образца	Балл поражения*	№ п/п	Название образца	Балл поражения
	раннеспелые			*среднеспелые*	
1	**F1 Bonus, st**	2	9	F1 Spirit	3
2	F1 Центавр	3	10	F1 Safran	4
3	F1 Isi 30230 (Митос)	3	11	F1 Campero	3
4	F1 Spring Joy	4	12	Gordion	3
5	F1 Takstar	3	13	Eksibishen	4
6	F1 CRX 2384	3	14	Densiti	3
7	F1 Derbi	4	15	Bolton	4
8	F1 Sherman	3	16	Jankat	3
9	F1 Muzyka	4	17	Престиж	3
10	F1 Nun 07206 ONL	2		*позднеспелые*	
11	F1 Nun 7202 ON	3	1	**F1 Dajtona, st**	3
12	F1 Harrison	3	2	F1 Super nova	2
13	F1 CRX 2313	3	3	F1 Titan	3
14	F1 CRX 2311	2	4	F1 Benefit	2
15	Экстаз	3	5	F1 Dora	4
16	Примо	3	6	F1 Manas	4
	среднеспелые		7	F1 Elenka	3
1	**F1 Talon, st**	2	8	F1 Derek	2
2	F1 Every Joy	3	9	F1 Katinka	3
3	F1 Proteus	3	10	F1 Polaks	4
4	F1 Santero	3	11	Banko	3
5	F1 GVR 712	4	12	Кремень	3
6	F1 Korona	3	13	Leon	3
7	F1 Tamara	2	14	Basar	3
8	F1 Alonso	3	15	Ампэкс	3
	*2 – поражено до 25%; 3 – поражено от 25% до 50%; 4 – поражено более 50%. поверхности листьев				

Гибриды F1 Bonus, F1 Nun 07206 ONL, F1 CRX 2311, F1 Talon, F1 Tamara, F1 Benefit, F1 Super nova и F1 Derek слабо поразились фузариозом. Сильное поражение было отмечено у гибридов: F1 Spring Joy, F1 Derbi, F1 Muzyka, F1 GVR 712, F1 Safran, F1 Dora, F1 Manas, F1 Polaks и сортов: Eksibishen и Bolton. Остальные образцы, их большинство, имели среднюю степень поражения (3 балла), повреждение листовой поверхности в пределах 25-50%.

Лежкость. Способность лука репчатого к длительному хранению связана с происхождением, биохимическими особенностями, длительностью

периода покоя, устойчивостью к болезням и вредителям. В период хранения происходит
естественная убыль массы (6…7% за 6-8 месяцев хранения), так как процессы жизнедеятельности продолжаются. Для снижения потерь при хранении необходимо создавать оптимальные условия. Известно, что при понижении температуры хранения значительно уменьшается интенсивность дыхания, испарения влаги с поверхности овощей, что способствует их более длительному хранению (Борисов и др., 2003).

В период хранения значительные потери лука (до 70%) вызывают также болезни: шейковая гниль и бактериоз. Шейковой гнилью чаще страдают невызревшие, влажные или травмированные луковицы, в результате инфицирования возбудителем *Botrytis allii* с больных листьев. Лежкость селекционных образцов лука оценивали в период осеннего хранения (в обогреваемой теплице). Учитывали число пораженных (гнилых) и проросших луковиц, параллельно определяя содержание сахаров (растворенных веществ по шкале brix на рефрактометре) в сохранившихся луковицах без признаков поражения. По проценту сохранившихся луковиц судили об устойчивости к хранению (лежкости) и ценности образца (табл. 17-19).

Содержание сухого вещества в луках составляет в среднем 9-22%, половину из которых составляют сахара. Особый запах, вкус, острота и горечь луков определяется количеством эфирных масел, варьирующим у разных форм от 5 до 60 мг% сырой массы. Сладкие луки имеют такой вкус не потому, что в них много сахаров, а вследствие низкого содержания эфирных масел. В острых сортах лука высокое содержание сахаров маскируется большим количеством эфирных масел (Кокорева В.А., Юрьева Н.А., 1993). Сорта лука репчатого по вкусовым качествам делят на три группы: сладкие (слабоострые), полуострые и острые. Различаются они содержанием сухого вещества, сахара и эфирных масел. В острых луках этих веществ больше: сухого вещества 15-22%, сахара 9-13%, эфирных масел 55-155 мг%. В сладких

луках сухого вещества 8-13%, сахара 5-7%, эфирных масел 15- 20 мг% (Гиш Р.А., 2006).

В своих исследованиях мы определяли только содержание сахаров, используя рефрактометр. По содержанию сахара в луковицах коллекционные образцы в основном являются полуострыми (рис.26), 15% являются острыми и 12% сладкими. Сладкие образцы представлены в раннеспелой и среднеспелой группе (рис. 26 Б). Группа позднеспелых образцов представлена только полуострыми и острыми образцами.

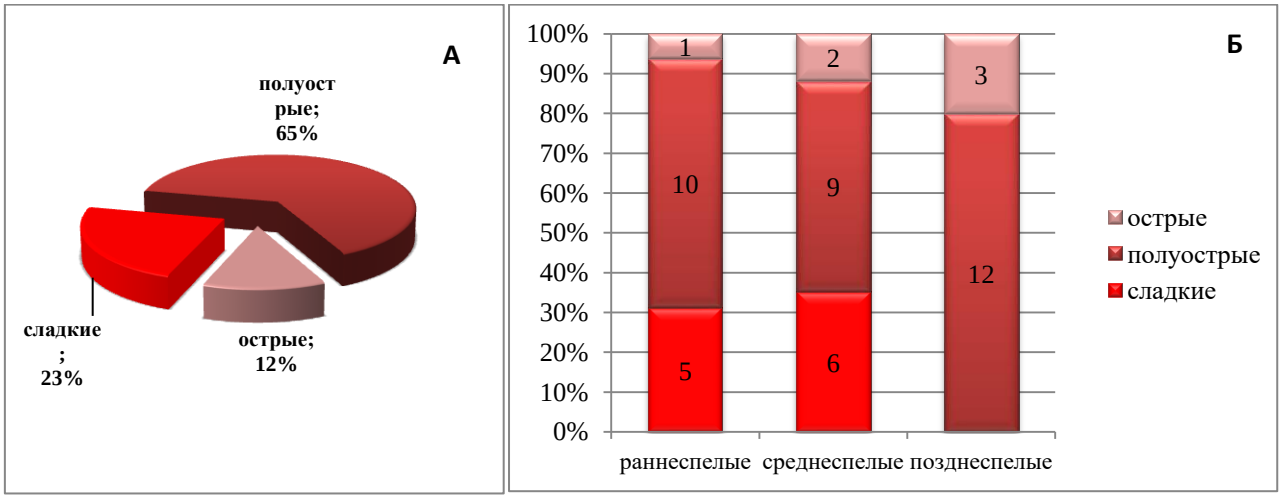


Рис.26. Биохимический состав луковиц коллекционных образцов по всей совокупности-А и по группам спелости-Б, г. Крымск, 2016 год

Раннеспелые образцы не предназначены для хранения, их основная цель как можно быстрее дать урожай в летний период, поэтому степень сохранности для них определяющей роли не играет. Тем не менее, эти признаки также важны для этой группы с точки зрения селекционной ценности образцов и представлены в таблице 17.

Таблица 17. Результаты оценки раннеспелых образцов лука репчатого по содержанию сахаров и лежкости луковиц при хранении, г. Крымск, 2016-2018 годы

№	Название образца	Содержание сахаров, ^{0}Вх		Лежкость, %
		X=X±Sd, ^{0}Вх	Коэффициент вариации, Cv%	
1	**F1 Bonus, st**	6,9±0,2 ^{a}	14,3	89,6
2	F1 Spring Joy	7,2±0,2 ^{b}	17,7	92,3
3	F1 Isi 30230 (Митос)	8,9±0,3 ^{c}	14,5	98,9
4	F1 Центавр	8,6±0,4 ^{cd}	14,9	82,7
5	F1 Takstar	8,2±0,2 ^{c}	11,9	94,6
6	F1 CRX 2384	6,9±0,2 ^{a}	20,7	97,4
7	F1 Derbi	7,1±0,2 ^{b}	13,1	86,6
8	F1 Sherman	8,7±0,7 ^{cd}	13,3	92,4
9	F1 Muzyka	6,1±0,2 ^{a}	12,4	82,7
10	F1 Nun 07206 ONL	9,0±0,2 ^{c}	11,2	96,5
11	F1 Nun 7202 ON	7,6±0,2 ^{bc}	11,2	98,7
12	F1 Harrison	8,5±0,3 ^{d}	12,3	97,0
13	F1 CRX 2313	7,6±0,3 ^{bc}	18,2	87,1
14	F1 CRX 2311	7,1±0,2 ^{b}	13,6	91,9
15	Экстаз	5,9±0,2 ^{a}	15,1	85,9
16	Примо	6,9±0,3 ^{a}	14,2	87,9
	Среднее	7,6		91,6

верхние индексы указывают на значимость различий между образцами (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05.

Гибрид F1 Muzyka и сорт Экстаз являются сладкими, содержание сахара составляет 6,1 % и 5,9 % соответственно. Остальные образцы являются полуострыми, среди них можно выделить гибриды: F1 Nun 7202 ON, F1 Nun 0726 ONL и F1 Takstar, которые имеют наименьшую изменчивость по содержанию сахара. Гибриды F_1 CRX 2384, F_1 CRX 2313 по содержанию сахаров можно отнести к полуострым, несмотря на это степень сохранности у них самая низкая, что возможно связано с высокой вариабельностью. По степени сохранности отличились гибриды F_1 Nun 7202 ON, F_1 Isi 30230, F_1 CRX 2384 (более 96 %).

Среди среднеспелых образцов по содержанию сахаров F1 Proteus и F1 Santero являются лидерами (9,4 и 9,4 %). У гибрида F1 Tamara и сорта Densiti (рис. 27) содержание сахаров тоже довольно высокое и составляет 9,0 % и 8,9 % соответственно, тогда как в стандарте – 8,4%. Показано, что показатель содержания сахаров оказался довольно стабильным, и у большинства образцов

среднеспелой группы коэффициент вариации не превышал 15%. По значительной степени варьирования отличились гибрид F1 GVR 712, а также сорта Eksibishen и Bolton, коэффициент вариации у которых составил 15,3%, 16,7 % и 16,6 % соответственно. По степени сохранности все образцы оказались на высоком уровне, более 90 %. Среди них можно выделить гибриды F1 Safran, F1 Talon и сорт Gordion (99,0%, 98,2 %, 99,4%), таблица 18.

Таблица 18. Результаты оценки среднеспелых образцов лука репчатого по признакам содержание сахаров и степень сохранности, г. Крымск, 2016-2018 годы

№	Название образца	Содержание сахаров, ^{0}Вх		Лежкость, %
		X=X±Sd, ^{0}Вх	Коэффициент вариации, Cv%	
1	**F1 Talon, st**	8,4±0,3^{c}	11,5	98,2
2	F1 Every Joy	7,0±0,4 ^{b}	13,7	97,3
3	F1 Proteus	9,4±0,3 ^{d}	10,6	96,8
4	F1 Santero	9,4±0,3 ^{d}	10,2	93,5
5	F1 GVR 712	6,9±0,2 ^{ab}	15,3	91,7
6	F1 Korona	8,7±0,2 ^{cd}	13,6	93,4
7	F1 Tamara	9,0±0,2 ^{d}	9,7	94,5
8	F1 Alonso	8,7±0,3 ^{cd}	13,3	93,8
9	F1 Spirit	8,6±0,3 ^{cd}	10,8	97,1
10	F1 Safran	8,7±0,3^{cd}	10,3	99,0
11	F1 Campero	7,5±0,2 ^{b}	13,6	97,9
12	Gordion	6,8±0,2 ^{ab}	10,4	99,4
13	Eksibishen	6,0±0,2 ^{a}	16,7	81,5
14	Densiti	8,9±0,2 ^{d}	14,4	98,2
15	Bolton	6,5±0,2 ^{a}	16,6	97,5
16	Jankat	6,2±0,1 ^{a}	9,2	93,2
17	Престиж	6,9±0,1 ^{ab}	10,2	94,2
	Среднее	7,9		95,1

верхние индексы указывают на значимость различий между образцами (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05.

Гибрид F1 Dajtona(рис.28), который является стандартом в позднеспелой группе, а также большинство других образцов можно отнести к полуострым, так как содержание растворенной сахарозы находится в пределах 7,1-9,0 %. Гибриды F1 Titan и F1 Polaks, а также сорт Leon являются острыми.

Рис.27. Гибрид F1 Densiti (Isi Sementi) Рис.28. Гибрид F1 Dajtona(Bejo)

Таблица 19. Результаты оценки позднеспелых образцов лука репчатого по признакам содержание сахаров и степень сохранность, г. Крымск, 2016-2018 годы

№	Название образца	Содержание сахаров, ^{0}Вх		Лежкость, %
		X=X±Sd, ^{0}Вх	Коэффициент вариации, Cv%	
1	**F1 Dajtona, st**	8,9±0,4 ^{c}	13,7	96,3
2	F1 Super nova	7,6±0,3 ^{a}	15,3	97,5
3	F1 Titan	9,3±0,2 ^{c}	13,3	94,2
4	F1 Benefit	7,5±0,2 ^{a}	8,9	99,8
5	F1 Dora	7,7±0,7^{a}	15,1	93,5
6	F1 Manas	8,1±0,3 ^{ab}	9,1	93,7
7	F1 Elenka	7,9±0,3 ^{ab}	11,4	90,0
8	F1 Derek	8,4±0,3 ^{b}	15,3	95,2
9	F1 Katinka	7,0±0,2 ^{a}	9,9	97,9
10	F1 Polaks	9,2±0,3 ^{bc}	12,3	99,3
11	Banko	7,5±0,1 ^{a}	11,7	98,0
12	Кремень	8,3±0,2 ^{b}	14,6	99,3
13	Leon	9,9±0,3 ^{d}	16,8	94,8
14	Basar	7,1±0,3 ^{a}	12,7	98,5
15	Ампэкс	8,1±0,3	13,8	94,5
	Среднее	8,2		96,2

верхние индексы указывают на значимость различий между образцами (значения, отмеченные одинаковыми буквами, не имеют достоверных различий при P≤0,05.

Наиболее выровненными по содержанию сахаров являются гибриды F1 Benefit, F1 Katinka, F1 Manas. Худшие показатели по степени сохранности имели образцы F1 Elenka и F1 Dora, F1 Manas 90,0 %, 93,5 % и 93,7 % соответственно. Оставшиеся гибриды показали хорошие результаты, более 98

% сохранности. Для обеспечения непрерывного поступления лука репчатого в зимне-весенний период необходимы позднеспелые сорта и гибриды, поэтому для создания новых линий этого срока созревания необходимо иметь материал с высокой лежкостью, который сохраняет товарный вид после зимнего хранения (табл.19).

Выровненность образцов по количественным признакам луковицы имеет важное значение в селекционном процессе, так как определяет его направление при работе с выделенными образцами на начальном этапе. Однородные образцы можно сразу включать в работу, выделяя родительские формы для создания исходного материала; у не выровненных образцов есть возможность отбирать лучшие по комплексу признаков луковицы и с ними вести дальнейшую селекционную работу.

Изучение коллекционных образцов по наиболее важным селекционным признакам и степени их варьирования выявило, что к наиболее вариабельным признакам у всех групп спелости относится твердость сочных чешуй и зачатковость у раннеспелых и среднеспелых образцов (рис. 29). Среднее варьирование Cv<18% у твердости сухих чешуй и массы луковицы независимо от групп спелости. Слабое варьирование отмечено у такого признака как лежкость (Cv=3-6%).

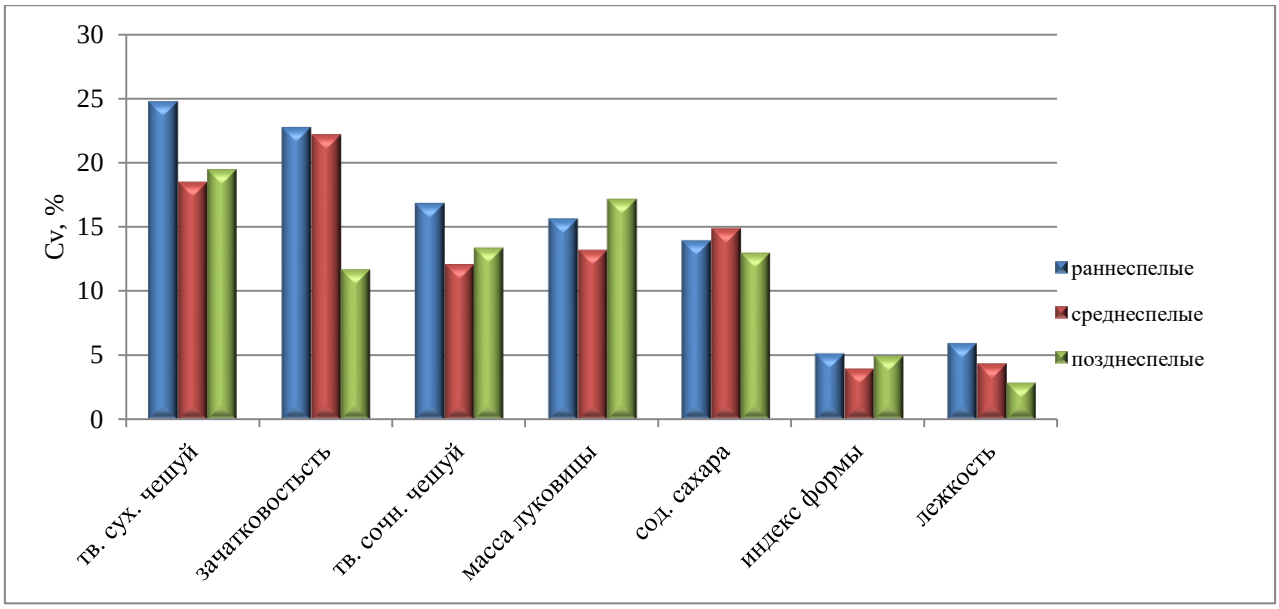


Рис. 29. Коэффициент вариации у количественных признаков лука репчатотго разных групп спелости, г. Крымск, 2016-2018 годы

3.1.3. Корреляционный анализ взаимосвязи количественных признаков коллекционных образцов лука репчатого

Анализ корреляционной зависимости определяет основные закономерности в развитии и наследовании одного признака в зависимости от другого.

Корреляционный анализ основных селекционных признаков выявил, что связь между признаками в большинстве случаев была незначительной, $r < 0,3$ (Приложение В). Коэффициент корреляции признаков рассчитывали по 48 парам, в связи с чем критическое значение $R_{05} = 0,29$. Во всех случаях, где коэффициент не превышал эту величину, считали корреляционную связь не достоверной.

В значительной степени урожайность лука репчатого связана с массой, высотой и диаметром луковицы ($r = 0,79$-$0,84$). В средней степени такие признаки, как «диаметр луковицы», «высота луковицы» связаны со средней массой ($r = 0,63$-$0,69$). Эта связь носит явный характер и не носит большой селекционной ценности.

Гораздо интереснее достоверный уровень корреляции между признаками «высота луковицы» и «индекс формы» ($r=0,72$). Он указывает, что индекс формы зависит больше от высоты луковицы, чем от ее диаметра.

Изменчивость признаков «твердость сухих чешуй» и «твердость сочных чешуй» сопряжена на уровне $r=0,67$, что является высокой и тесной корреляцией и говорит об их генетической связи (рис. 30 Б). Также эти два признака связаны с содержанием сахаров примерно в одинаковой степени $r=0,44$ и $r=0,49$, что дополнительно свидетельствует о похожем механизме формирования чешуй (рис. 30 А). Однако ожидаемая связь степени сохранности с твердостью сухих и сочных чешуй отмечена только для сухих чешуй $r=0,34$. Это средняя степень сопряженности, но является достоверной и имеет определенный селекционный интерес. Вместо того чтобы ждать пять месяцев для оценки степени сохранности, можно измерить твердость сухих чешуй, чтобы исключить заведомо бесперспективный материал. Образцы с

большей твердостью будут лучше храниться. Плотные чешуи обеспечивают наилучшее хранение луковиц, так как те меньше травмируются при уборке, транспортировке и закладке на хранение.

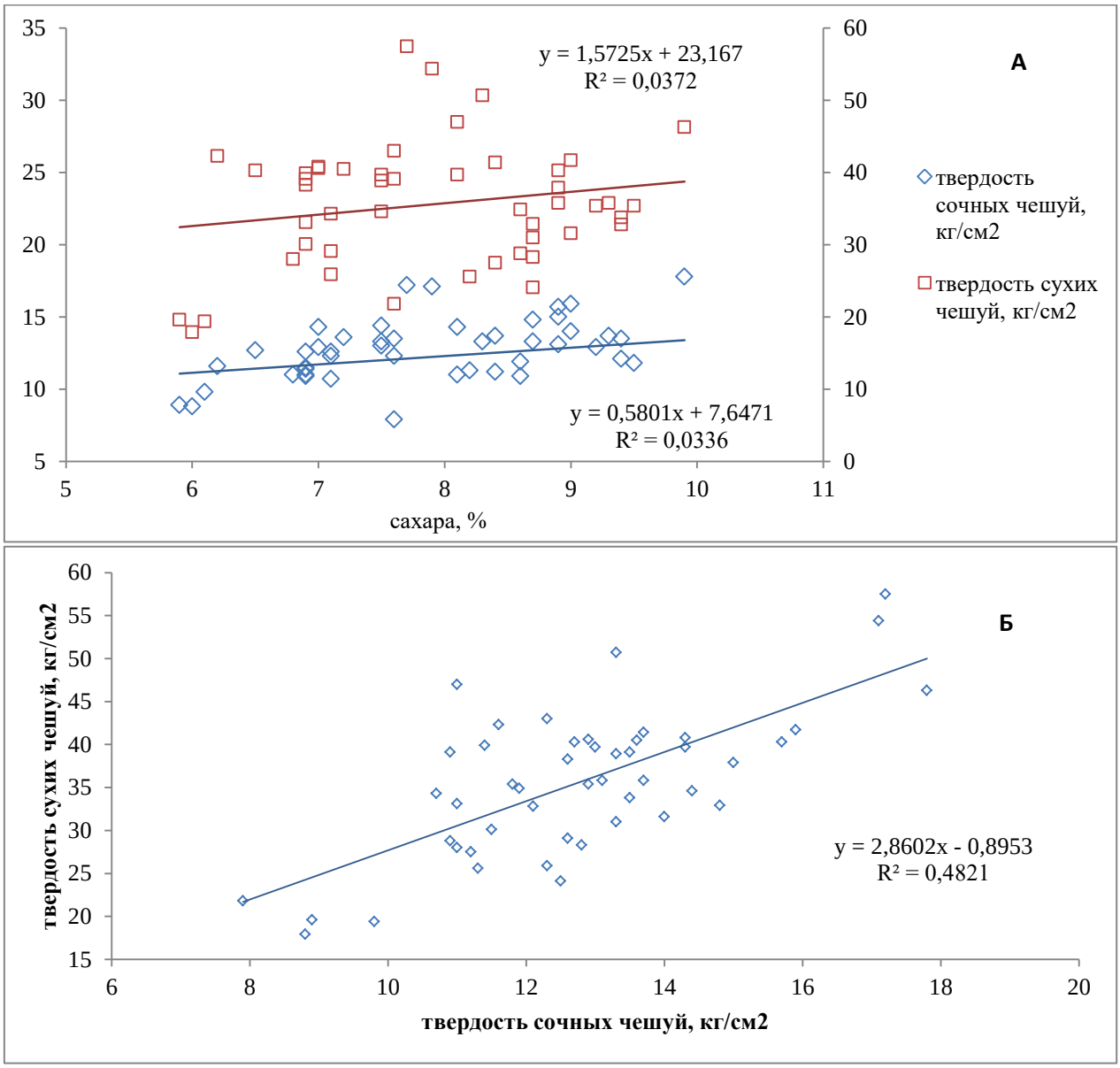


Рис. 30. Корреляция признаков: между твердостью сухих чешуй и содержанием сахара, а также между твердостью сочных чешуй и содержанием сахара (А); между твердостью сухих и сочных чешуй (Б), г. Крымск, 2016-2018 годы

Вне рамок корреляционного анализа, как мы уже отмечали ранее, хорошо заметна сопряженная изменчивость скороспелости (фенологических признаков) с твердостью сухих чешуй. В группе позднеспелых средняя твердость сухих чешуй достоверно выше средней твердости раннеспелых образцов: в среднем по группе 41,9 кг/см^2 по сравнению с 31,3 – 33,9 кг/см^2 (табл. 7-9) при статистической ошибки средней 2,9. Также эти группы: ранние,

средние, поздние отличаются по средней степени сохранности: 91,6 %; 95,1%; 96,2% соответственно. Как и ожидалось средние и поздние образцы лучше сохраняются, чем ранние, и содержат относительно больше сахаров в луковицах (Приложение С).

Анализ сопряженного варьирования всех остальных количественных признаков с фенологическими особенностями показал отсутствие достоверных различий.

3.1.4. Изучение коллекционных образцов лука репчатого по признаку ЦМС с помощью Real-Time PCR

В настоящее время для ускорения селекционного процесса и уменьшения физических затрат актуальными являются молекулярно-генетические методы. Контролировать перенос от одного организма к другому хозяйственно ценных признаков возможно с помощью молекулярно-генетических маркеров, благодаря чему есть возможность подбирать родительские формы для скрещивания, а также защитить интеллектуальную собственность селекционеров.

В лаборатории селекции луковых культур Селекционного центра «Гавриш» применение ДНК-маркеров на луке репчатом нацелено на идентификацию цитоплазматической мужской стерильности, которая широко используется для создания гибридов на стерильной основе.

В 2016 году Real-Time скрининг коллекционных образцов лука репчатого с помощью ПЦР-маркеров в системе Fret 36 (рис. 31, 32) позволил идентифицировать образцы со стерильной и фертильной цитоплазмой, а также определить ядерные гены стерильности.

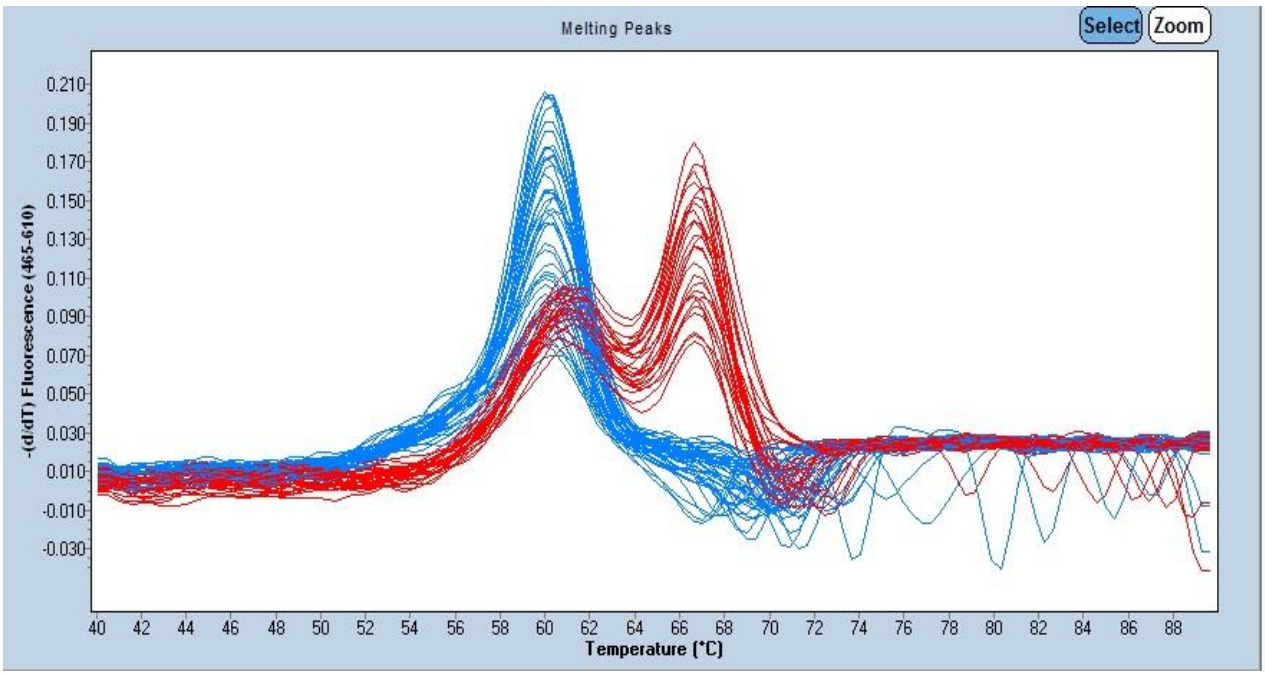


Рис 31. Melting curve analysis с маркерной системой Fret 36 на коллекционных образцах *A. cepa*. Пик расплава, соответствующий S типу цитоплазмы располагается на 60°C (синий цвет), пики расплава для N/T типа цитоплазмы находится на 60°C и 68°C (красный цвет), г. Крымск, 2016 год

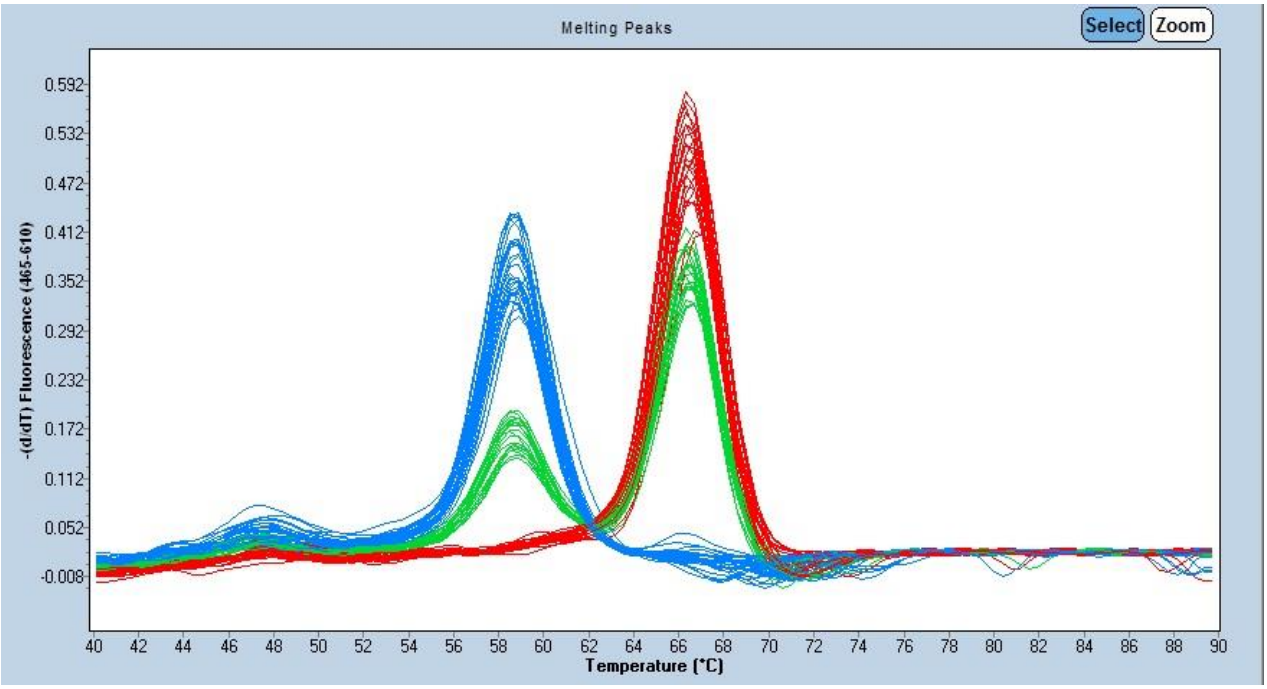


Рис 32. Melting curve analysis ядерных генов с маркерной системой Fret26 на коллекционных образцах *A. cepa***.** Пик расплава для аллели ms располагается на 59°C (синий цвет), пик расплава для аллели Ms находится на 67°C (красный цвет), сочетание обоих пиков расплава на 59°C и 67°C (зеленый цвет) соответствует гетерозиготе между аллелями Ms/ms, г. Крымск, 2016 год

Хотя данная маркерная система не позволяет отличить N и T цитоплазму, в подавляющем большинстве это N цитоплазма. T цитоплазма отличается нестабильностью в проявлении стерильности, зависимостью от погодных условий и поэтому крайне редко используется в практической селекции.

В таблице 20 и на рисунках 31, 32 в качестве примера представлены результаты только десяти из 48 коллекционных образцов, которые наглядно демонстрируют различный уровень внутрипопуляционного полиморфизма изученных гибридов и сортов лука репчатого по состоянию и сочетанию типа цитоплазмы и ядерного гена стерильности. Например, в гибридной популяции F1 Super nova, а также в сортопопуляциях Leon и Densiti растения имеют как фертильную, так и стерильную цитоплазму, гомозиготное и гетерозиготное состояние рецессивного гена ms. Соответственно в них можно искать потенциальные доноры закрепителей стерильности с фертильным генотипом N/msms, а также продуктивные линии опылители с N –цитоплазмой для создания гибрида лука репчатого.

С другой стороны, гибридные популяции F1: Bonus, Sherman, Benefin, Talon, Safran, Dajtona нельзя использовать в качестве закрепителей стерильности, так как все растения имеют стерильную цитоплазму, но пригодны в качестве источника стерильных форм с генотипом S/msms (рис.33).

Предварительный скрининг 48 образцов (в каждом использовали от 3 до 10 растений, в итоге проведено около 400 анализов) позволил повысить эффективность работы в следующих поколениях, особенно по поиску форм с генотипами Nmsms и Smsms, необходимых для создания материнских стерильных А-линий и фертильных В-линий закрепителей стерильности. Для линии С пригодны любые фертильные генотипы.

Таблица 20. Определение типа цитоплазмы и состояния ядерных генов-стерильности по Real Time PCR коллекционных образцов, г. Крымск 2016 год

№	Название	Генотип	№	Название	Генотип
1	I1 Super nova	N Ms/ms	47	I1Benefit	S ms/ms
2	I1 Super nova	N ms/ms	48	I1Benefit	S ms/ms
3	I1 Super nova	N ms/ms	49	I1Benefit	S ms/ms
4	I1 Super nova	N ms/ms	50	I1 Densiti	N Ms/ms
5	I1 Super nova	N ms/ms	51	I1 Densiti	N Ms/ms
6	I1 Super nova	S ms/ms	52	I1 Densiti	N ms/ms
7	I1 Super nova	N Ms/ms	53	I1 Densiti	N Ms/ms
8	I1 Super nova	N Ms/ms	54	I1 Densiti	N ms/ms
9	I1 Super nova	N ms/ms	55	I1 Densiti	N ms/ms
10	I1 Super nova	N ms/ms	56	I1 Densiti	S Ms/Ms
11	I1 Sherman	S Ms/ms	57	I1 Densiti	S ms/ms
12	I1 Sherman	S Ms/ms	58	I1 Densiti	S Ms/Ms
13	I1 Sherman	S Ms/ms	59	I1 Talon	S Ms/ms
14	I1 Sherman	S ms/ms	60	I1 Talon	S ms/ms
15	I1 Sherman	S ms/ms	61	I1 Talon	S Ms/ms
16	I1 Sherman	S Ms/ms	62	I1 Talon	S Ms/ms
17	I1 Sherman	S Ms/ms	63	I1 Talon	S ms/ms
18	I1 Sherman	S ms/ms	64	I1 Talon	S Ms/ms
19	I1 Sherman	S ms/ms	65	I1 Talon	S ms/ms
20	I1 Sherman	S ms/ms	66	I1 Talon	S ms/ms
21	I1 Bonus	S Ms/ms	67	I1 Talon	S Ms/ms
22	I1 Bonus	S ms/ms	68	I1 Talon	S Ms/ms
23	I1 Bonus	S Ms/ms	69	I1 Safran	S ms/ms
№	Название	Генотип	№	Название	Генотип
24	I1 Bonus	S Ms/ms	70	I1 Safran	S ms/ms
25	I1 Bonus	S ms/ms	71	I1 Safran	S Ms/ms
26	I1 Bonus	S ms/ms	72	I1 Safran	S ms/ms
27	I1 Bonus	S Ms/ms	73	I1 Safran	S Ms/ms
28	I1 Bonus	S ms/ms	74	I1 Safran	S ms/ms
29	I1 Bonus	S ms/ms	75	I1 Dajtona	S ms/ms
30	I1 Bonus	S ms/ms	76	I1 Dajtona	S Ms/ms
31	I1 Harrison	S Ms/ms	77	I1 Dajtona	S Ms/ms
32	I1 Harrison	S Ms/ms	78	I1 Dajtona	S Ms/ms
33	I1 Harrison	S Ms/ms	79	I1 Dajtona	S ms/ms
34	I1 Harrison	S ms/ms	80	I1 Dajtona	S ms/ms
35	I1 Harrison	S ms/ms	81	I1 Dajtona	S ms/ms
36	I1 Harrison	S ms/ms	82	I1 Dajtona	S ms/ms
37	I1 Harrison	S Ms/ms	83	I1 Leon	N Ms/ms
38	I1 Harrison	S ms/ms	84	I1 Leon	N Ms/ms
39	I1 Harrison	S ms/ms	85	I1 Leon	N ms/ms
40	I1 Harrison	S ms/ms	86	I1 Leon	S ms/ms

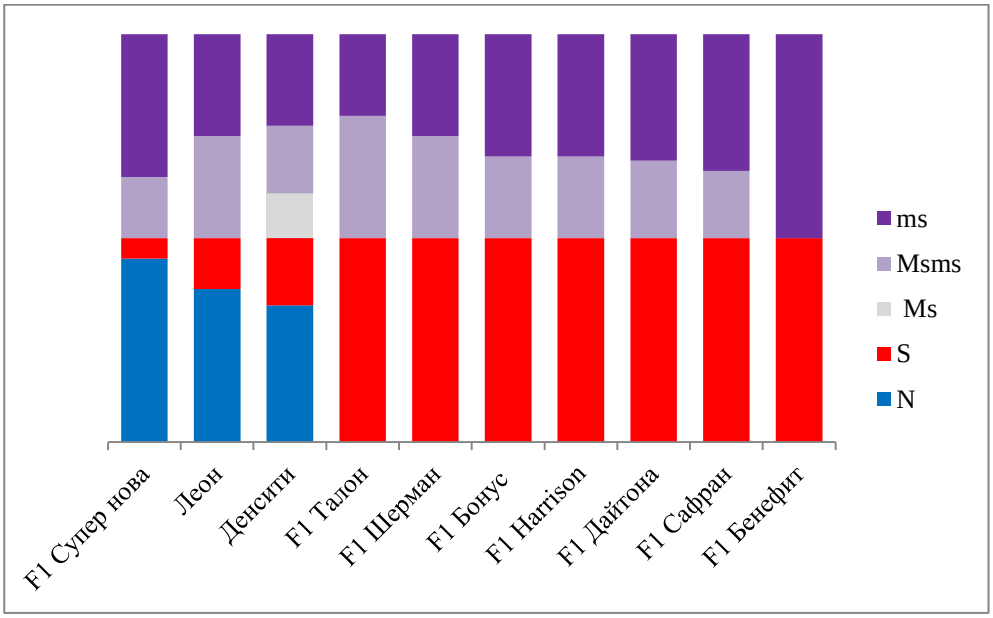


Рис. 33. Тип цитоплазмы и состояние ядерных генов у коллекционных образцов, г. Крымск, 2016 год

В 2017 году провели более детальное изучение 21 выделенного образца, получив следующее поколение. У нескольких образцов не удалось получить семена из-за стерильности пыльцы, тогда в качестве анализируемого образца был взят исходный гибрид. Весь селекционный материал оценивали по проявлению признака стерильности во время цветения визуально и определяя стерильность и фертильность пыльцы у отобранных растений. Далее по анализу ДНК, полученному из листьев, определяли тип цитоплазмы и состояние генов ядра (табл.21).

Таблица 21. Степень стерильности и генотип ядра и цитоплазмы у выделенных селекционных образцов, г. Крымск, 2017 год

№	Название	Частота возникновения стерильных форм в фенотипическом проявлении,%	Тип цитоплазмы по анализу Real Time PCR	Ядерные гены
1	Elenka	5	N,S	MsMs;Msms;msms
2	CRX 2311	3	N,S	MsMs;Msms;msms
3	Densiti	1	N,S	MsMs;Msms;msms
3	Super nova	3	N,S	MsMs;Msms;msms
4	Derek	1	N,S	MsMs;Msms;msms
5	Leon	1	N,S	MsMs;Msms;msms
6	Banko	30	N,S	MsMs;Msms;msms
7	Takstar	32	S	Msms;msms
8	Muzyka	36	N, S	MsMs;Msms;msms
9	Derbi	29	S	Msms;msms
10	Bonus	20	S	Msms;msms
11	Harrison	100	S	msms
12	Katinka	100	S	msms
13	Talon	10	S	Msms;msms
14	Tamara	11	S	Msms;msms
15	Safran	35	S	Msms;msms
16	Dajtona	70	S	Msms;msms
17	Spirit	33	S	Msms;msms
18	Benefit	100	S	msms
19	Proteus	22	S	Msms;msms

Анализ растений во время цветения в полевых условиях подтвердил лабораторный анализ посредством Real Time PCR, что говорит об информативности маркеров для оценки состояния цитоплазмы и ядерных генов. Большинство образцов Muzyka, Harrison, Katinka и Benefit и др. визуально были стерильными, PCR-анализ показал наличие стерильной цитоплазмы и ядерных генов стерильности - генотип S/msms (рис.31). У таких образцов как: Talon, Derek, Super nova, Tamara, Takstar стерильных растений по Real Time PCR-анализу немногим больше, чем при визуальном осмотре. В то время, как у Dajtona, Spirit и Sherman при определении стерильности в поле было найдено больше стерильных растений, чем при Real Time PCR-анализе. В целом общее отклонение фактических данных от

PCR-анализа составило всего 0,2%. Что говорит о полном соответствии с генетическими маркерами. Отдельные отклонения могут быть связаны с человеческим фактором.

По результатам генотипической (табл.21) и фенотипической (рис.34) оценки образцы из гибридов: F1 Harrison, F1 Katinka, F1 Benefit можно использовать в качестве доноров стерильных линий, так как по результатам ПЦР анализа они имеют стерильную цитоплазму и гомозиготное состояние гена msms, а по результатам фенотипической оценки – полностью стерильную пыльцу.

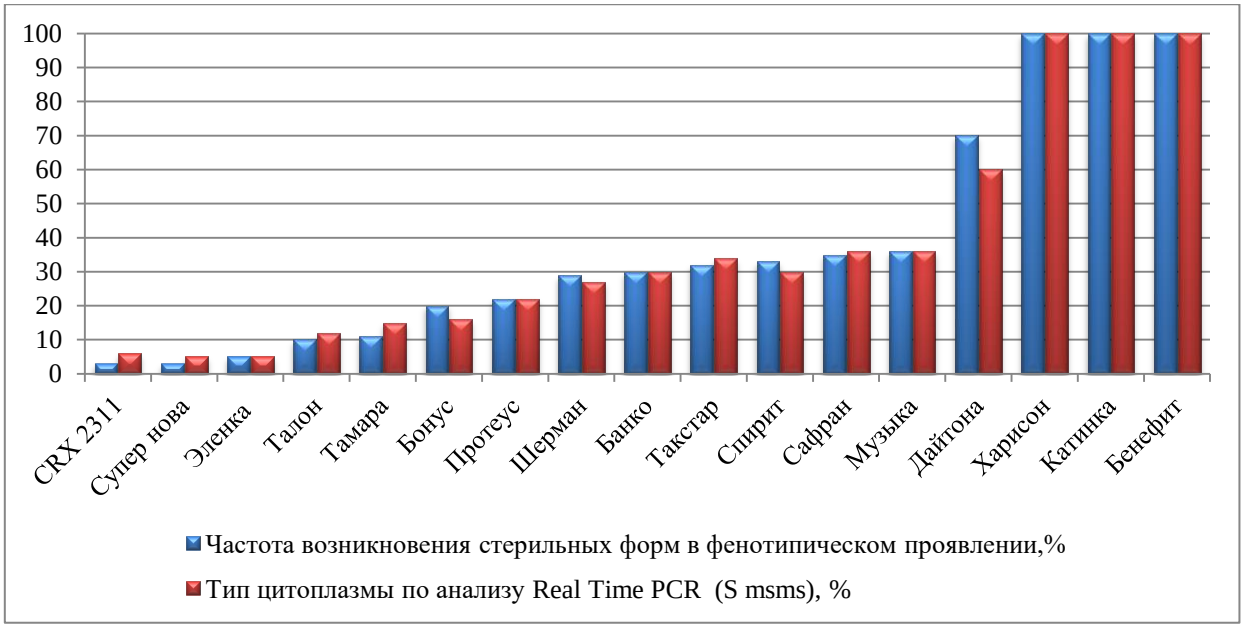


Рис. 34. Определение стерильных растений визуально во время цветения и с помощью ПЦР-анализа, г. Крымск, 2017 год

Гибриды: F1 Elenka, F1 Derek, F_1 CRX 2311, F1 Super nova и F1 Muzyka, а также сорта: Banko, Leon и Densiti имеют N и S типы цитоплазмы. Кроме того, F1 Muzyka и сорт Banko имеют высокий процент фертильных растений (64% и 70%). Около 95 % фертильных растений можно наблюдать у следующих гибридов: F_1 Башар, F_1 Байрам и F1 Elenka. Все перечисленные образцы можно использовать в качестве доноров закрепителей стерильности.

Таким образом, в результате проведенных исследований были выделены наиболее селекционно значимые образцы, с различным сочетанием ценных признаков (табл.22):

- по продолжительности межфазных периодов для создания конвейерного поступления продукции можно использовать: F1 Muzyka, F1 Bonus (наиболее раннеспелые), F1 Korona, F1 Alonso, имеющие средний срок созревания, а также F1 Derek, Banko, Leon с поздним сроком созревания;

- сильным восковым налетом, наибольшим средним числом листьев, а также слабым изгибом листа характеризуются: F1 Harrison, F1 Campero и сорт Leon;

- для раннеспелых образцов предпочтительна светлая интенсивность основной окраски сухих чешуй, которая присутствует у гибридов: F_1 Центавр, F1 Derbi, F1 Sherman, F1 Muzyka, F1 Harrison, F_1 CRX 2313, F_1 CRX 2311, а коричневой окраской сухих чешуй и темной интенсивностью обладают: F1 Super nova, F1 Katinka, F1 Derek, F1 Elenka, Кремень, Leon;

- для сохранности луковиц в период уборки важны твердость, толщина и сцепление сухих чешуй, по этим показателям выделились: F_1 Spring Joy, F_1 Nun 0723, F1 Every Joy, F_1 Камперо, Bolton, F1 Elenka, Leon;

- наиболее востребована у товаропроизводителей округлая форма луковицы и слабая зачатковость, эти показатели имеют: F_1 Nun 7202, F_1 CRX 2311, F_1 CVR 712, F1 Harrison, F_1 Dajtona, Basar;

- по урожайности выделились: F1 Derbi, F1 Sherman, F1 Tamara, F1 Campero, Densiti, F1 Katinka, F_1 Титан;

- наиболее выровненная масса луковицы у следующих образцов: F1 Bonus, F1 Sherman, F1 Derbi, F1 Alonso, F1 Proteus, F1 Talon, Banko и Leon;

- высоким содержанием сахаров и низкую изменчивость по этому признаку имеют: F_1 CRX 2384, F_1 CRX 2313, F1 Proteus, F1 Santero, F1 Tamara, F1 Titan, F1 Polaks;

- по степени сохранности выделились: F1 Talon, F1 Safran, F_1 Gordion, F1 Polaks, Кремень, Banko, F1 Benefit, Basar.

- относительной устойчивостью к фузариозной гнили характеризуются: F1 Bonus, F1 Nun 07206 ONL, F1 CRX 2311, F1 Talon, F1 Tamara, F1 Benefit, F1 Super nova и F1 Derek.

Таблица 22. Источники хозяйственно ценных признаков, Крымск, 2018 год

Признаки	Источники хозяйственно-ценных признаков		
	раннеспелые	среднеспелые	позднеспелые
Спелость: для конвейерного произвоизводства	(<85 суток) F1 Bonus, F1 Muzyka	(96-103 суток) F1 Spirit, F1 Safran, F1 Gordion	(126-130 суток) F1 Manas, Leon, Banko
Масса луковицы (>130 г)	F1 Derbi, F1 CRX 2311	F1 Campero, F1 Spirit	F1 Katinka, F1 Manas, F1 Super nova
Твердость сухих чешуй (>30 кг/см^2)	F1 Nun 7202, F1 CRX 2311	F1 Talon, F1Tamara, F1 Campero	F1 Октант, F1 Manas
Повышенное содержание сахаров (>7,5 %)		F1 Campero, F1Spirit, F1 Talon	F1 Polaks
Устойчивость к болезням	F1 Bonus, F1 Nun 07206 ONL, F1 CRX 2311	F1 Talon, F1 Tamara	F1 Benefit, F1 Super nova, F1 Derek.
Высокая лежкость (> 92%)		F1 Proteus	F1 Katinka, F1 Manas, F1 Polaks
ЦМС (Smsms)	F1 Derbi, F1 Harrison	Safran, F1 Talon, Spirit, F1 Proteus	F1 Benefit, Dajtona,
Закрепитель стерильности (N/msms)	F1 Muzyka, F1 CRX 2311	Densiti	F1 Elenka, F1 Super nova, F1 Derek, Banko, Leon

Для дальнейшей работы отобраны следующие образцы с комплексом селекционно ценных признаков:

F1 CRX 2311 – коричневая окраска, округлая форма, однозачатковость, крупная луковица, высокое содержание сахаров, источник закрепителей стерильности (линии-В);

F1 Harrison – сильный восковой налет, слабый изгиб листа, облиственность, источник стерильных форм (линии-А);

Banko – твердые и толстые сухие чешуи, хорошо сцепленные между собой, крупная луковица, высокое содержание сахаров; источник закрепителей стерильности (линии-В);

Leon – позднеспелый, с сильным восковым налетом, слабым изгибом листа, темной окраской сухих чешуй с высокой твердостью и сцеплением сухих чешуй, крупная луковица, источник закрепителей стерильности (линии-В), источник фертильных опылителей (линии-С).

3.2. Создание линейного материала лука репчатого для селекции на гетерозис на основе ЦМС с использованием традиционных, молекулярных и биотехнологических методов

3.2.1. Получение изогенных пар на стерильной и фертильной основе для создания стерильных материнских линий-А гетерозисных гибридов F1

После оценки в коллекционном питомнике по селекционно ценным признакам отобранный материал был высажен на участок гибридизации (рис.35), где для создания изогенных пар по признаку мужская стерильность нами был проведен отбор стерильных и фертильных растений в популяциях наиболее перспективных коллекционных образцов из разных групп спелости (табл. 23).

Рис. 35. Общий вид участка гибридизации, г. Крымск, 2017-2019 годы

Отбор проводили в два этапа. Сначала визуально в полевых условиях отбирали растения, которые имели бледно-желтый цвет пыльников (рис.33), их слабое развитие и отсутствие пыльцы. Для удобства на изолятор стерильных растений сверху завязывали красную нитку, как показано на рисунке 36.

Отобранные по фенотипу растения оценивали в лаборатории с помощью Real Time PCR анализа, который дополнительно подтверждал наличие генотип статуса *S/msms,* при котором фенотипически проявляется мужская стерильность. Параллельно были отобраны фенотипически фертильные растения из наиболее перспективных образцов и на них также был проведен ПЦР анализ. Растения с подтвержденным генотипом *N/msms* использовали в качестве отцовской формы в гибридизации со стерильными растениями. Пары подбирали максимально близкие по комплексу хозяйственно-ценных признаков (срок созревания, окраска луковиц и т.д.).

Рис.36. Изоляция стерильных растений

Рис. 37. Стерильное растение

Далее в процессе исследований стерильные и фертильные (потенциальные закрепители стерильности) растения во время цветения помещали в один изолятор. Если образцы находились далеко друг от друга, то фертильные растения выкапывали и переносили к стерильным растениям.

Для лучшего цветения и завязывания семян проводили полив, особенно в засушливые и очень жаркие дни. Для опыления использовали мух. Семена с каждого растения собирали отдельно. Всего было проведено более 850 комбинаций скрещивания (табл. 24).

Более детально компоненты изогенных пар и их количество показаны в Приложении D. Закрепитель стерильности помимо необходимого генотипа должен завязывать достаточное количество семян при инбридинге и гибридизации для дальнейшего размножения закрепителя и стерильной линии с его участием. Для поддержания стерильных форм необходимо иметь не менее 50 семян в каждом образце, для закрепителя стерильности – не менее 100 штук. В таблице 24, колонка 4 представлено число полученных потенциальных изогенных пар, которые соответствовали данному критерию.

Таблица 24. Количество проведенных скрещиваний Smsms x Nmsms и число полученных изогенных пар в пределах выделенных образцов - потенциальных закрепителей стерильности, г. Крымск, 2017-2018 годы

Образцы - источники		Группа спелости	Количество проведенных скрещиваний, шт.	Количество потенциальных изогенных пар, шт.
♀ S/msms-растений	♂ N/msms - закрепителей			
F1 Derbi, F1 Bonus	Muzyka	Раннеспелые	100	96
F1 Bonus F1 Harrison	CRX 2311	Раннеспелые	38	24
Talon, Tamara, Spirit, Safran, Proteus	Densiti	Среднеспелые	160	72
Katinka, Benefit	Super nova	Позднеспелые	64	25
	Derek	Позднеспелые	54	27
	Banko	Позднеспелые	70	45
	Leon	Позднеспелые	46	27
	Elenka	Позднеспелые	324	221
Всего			856	531

В группе раннеспелых образцов в качестве материнского компонента с генотипом Smsms использовали Derbi, Bonus, Harrison в качестве закрепителя стерильности использовали Музыку и CRX 2311 с генотипом Nmsms

согласно маркерному анализу. По такому же принципу подбирали пары и в других группах спелости.

В комбинациях, где в качестве материнской формы использовали стерильные растения из образцов F1 Derbi, F1 Bonus, а в качестве опылителя использовали растения сорта Muzyka, семена получены у 96% изогенных пар. При скрещивании стерильных растений из образцов F1 Bonus и F1Harrison с фертильными растениями образца CRX 2311 семена в достаточном объеме были получены лишь у 63% изогенных пар.

В группе среднеспелых образцов закрепители стерильности искали в сортообразце Densiti, а в качестве материнских форм использовали стерильные растения из образцов Talon, Tamara, Spirit, а так же Safran и Proteus. Всего было проведено 160 скрещиваний, в 57% из которых завязались семена. Для дальнейшей работы отобрано 72 изогенные пары, что составило 45% от числа проведенных скрещиваний.

В группе позднеспелых образцов поиск закрепителей стерильности вели в сортообразцах Super nova, Leon, Elenka, Derek, Banko, которые скрещивали со стерильными растениями сортообразцов Katinka и Benefit. В группе позднеспелых образцов было проведено наибольшее количество скрещиваний 558. Из них 62% комбинаций после соответствующей проверки количества и качества семян были включены в дальнейшую работу в качестве изогенных пар.

Таким образом, в 2018 году нами проведено 856 комбинаций скрещивания, в результате чего удалось получить семена 531 потенциальной изогенной пары по признаку мужская стерильность.

При размножении стерильных образцов и проведении насыщающих скрещиваний важно сохранять максимальное соответствие по морфологическим признакам у селекционных образцов, выступающих в качестве закрепителя стерильности и их стерильных аналогов. Так как после 4-5 скрещиваний между стерильными растениями и растениями закрепителями стерильности достигается практически полная изогенность – генетическая и морфологическая идентичность. Поэтому для дальнейшей работы, для ускорения селекционного процесса и более быстрого получения

константного материала важно включать в скрещивания как можно более похожие друг на друга образцы в паре.

На следующем этапе работы в 2019 году мы провели оценку и отбор потенциальных изогенных пар по хозяйственно ценным качественным и количественным признакам луковицы. Полноценной изогенной парой образцы станут после пяти насыщающих скрещиваний, а так как в данном случае было проведено только одно насыщающее скрещивание, принято решение использовать термин «потенциально изогенная пара». Все образцы были разделены на три группы по срокам спелости, как было описано выше. В первую очередь оценивали качественные признаки, такие как: окраска сухих чешуй, ее интенсивность, толщина и сцепление, а также форма луковицы (табл.25-27).

Здесь наша задача состояла в том, чтобы найти пары с наибольшим сходством между собой по большинству признаков для достижения выровненности в следующих поколениях. В таблице 25-27 показан характер распределения признаков в пределах потомств.

Таблица 25. Распределение генотипов по характеру проявления качественных признаков в группе раннеспелых стерильных и фертильных форм лука репчатого, г. Крымск 2018 год

Изогенные пары			окраска луковицы, %		интенсивность окраски, %			толщина сухих чешуй, %		сцепление сухих чешуй, %		форма луковицы, %			
Число изученных пар	Происхож-дение	стерильность	желтая	коричневая	светлая	средняя	темная	тонкие	средние	слабое	среднее	широко эллиптическая	округлая	широко яйцевидная	широкообратно яйцевидная
34	F1 Derbi x Muzyka	S msms	14,7	85,3	67,6	23,5	8,8	52,9	47,1	41,2	58,8	23,5	44,1	20,6	11,8
	I_2 Muzyka	N msms	20,6	79,4	64,7	35,3	0,0	73,5	26,5	29,4	76,5	26,5	23,5	32,4	17,6
62	F1 Bonus x Muzyka	S msms	35,5	64,5	40,3	50,0	9,7	24,2	75,8	19,4	80,6	27,4	22,6	40,3	9,7
	I_2 Muzyka	N msms	45,2	54,8	58,1	41,9	0,0	66,1	33,9	40,3	59,7	29,0	21,0	32,3	11,3
14	F1 Bonus x CRX 2311	S msms	57,1	42,9	28,6	50,0	21,4	28,6	71,4	23,2	76,8	35,7	21,4	42,9	0,0
	I_2 CRX 2311	N msms	28,6	71,4	57,1	35,7	7,1	14,3	85,7	21,4	78,6	21,4	42,9	50,0	0,0
10	F1 Harrison x CRX 2311	S msms	30,0	70,0	20,0	60,0	20,0	30,5	69,5	18,5	81,5	60,0	40,0	0,0	0,0
	I_2 CRX 2311	N msms	20,0	80,0	30,0	70,0	0,0	37,0	63,0	0,0	100	52,0	36,2	11,8	0,0

* S/msms – стерильная гибридная комбинация, N/msms – закрепитель стерильности

Для дальнейшей работы и ускорения селекционного процесса представляют интерес наименее вариабельные потенциально изогенные пары с максимальным соответствием признаков между стерильными формами и их закрепителями стерильности, характеристика которых представлена ниже.

У раннеспелых образцов из 34 потенциально изогенных пар у группы Derbi и Muzyka наблюдается совпадение по 3 признакам: по окраске и светлой интенсивности и среднему сцеплению сухих чешуй.

Из 62 образцов у группы пар Bonus и Muzyka (рис.38,39) наблюдалось соответствие по 4 признакам: коричневая окраска, средней интенсивность окраски, среднему сцеплению сухих чешуй, округлой форме луковицы.

Рис.38. Потенциально изогенная пара: F1 (Bonus x Muzyka) - стерильная материнская форма (слева), I2 Muzyka - фертильная отцовская форма (справа).

У пар Bonus и CRX 2311 из 14 образцов совпадение отмечено только по 2 признакам: средней толщине сухих чешуй (71,4%), которое является максимальным среди других пар, и среднему сцеплению сухих чешуй.

У группы пар Harrison и CRX 2311 (рис.40) наблюдается соответствие по всем пяти признакам, при этом самое высокое совпадение по коричневой окраске, средней интенсивности, сцеплению сухих чешуй и округлой форме луковицы, а также по толщине сухих чешуй.

Рис.40. Потенциально изогенная пара: F1 (Harrison x CRX 2311) - стерильная материнская форма (слева), I2 CRX 2311- фертильная отцовская форма (справа)

CRX 2311 является лучшим закрепителем для Harrisona, так как в гибридной комбинации, полученной от их скрещивания, наблюдается максимальное соответствие признаков. В комбинации с Bonusom наблюдается сильное расщепление по признакам. Muzyka является лучшим опылителем для Bonusa, так как в инбредных потомства, полученных от скрещивания Bonusa и Музыки присутствует наименьшее расщепление по хозяйственно ценным признакам внутри пары, в отличие от потомств гибридной комбинации Derbi x Музыки.

Для дальнейшей работы из раннеспелых потомств отобраны образцы отцовской и материнской формы с желтой окраской сухих чешуй любой интенсивности, а также с коричневой окраской средней и светлой интенсивности, округлой и широкоэллиптической формы, которые имеют среднюю толщину и сцепление сухих чешуй. Всего из 120 пар было отобрано 46 пар с максимальным соответствием качественных признаков внутри пары.

Инбредные потомства и гибридные комбинации у среднеспелых образцов (таблица 26), представлены желтой и коричневой окраской сухих чешуй, интенсивность окраски в основном светлая и средняя, несколько образцов имеют темную интенсивность. Все представленные пары характеризуются средним и сильным сцеплением сухих чешуй, различной формой луковицы. Характеристика инбредных потомств внутри пар представлена ниже.

По итогам проделанной работы для дальнейшей селекции на гетерозис будут использованы наиболее выровненные потенциально изогенные пары с максимальным соответствием между собой хозяйственно ценных признаков. Ниже представлена характеристика каждой группы среднеспелых пар по этим признакам.

У группы пар Talon и Densiti (рис.41) у 8 образцов максимальное соответствие в инбредных потомствах отмечено по 5 признакам: коричневой окраске, а также ее интенсивности, среднему сцеплению и средней толщине сухих чешуй, округлой форме луковицы.

Группы пар Tamara и Densiti, включающие 13 образцов, соответствовали по 3 признакам: коричневая окраска луковицы, средняя толщина сухих чешуй и среднее сцепление.

Потомства от группы пар Spirit и Денисти соответствовали между собой по 4 признакам: коричневой окраске сухих чешуй, светлой интенсивности, толщине сухих чешуй и округлой форме.

Рис. 41. Потенциально изогенная пара: F1 (Talon x Densiti) - стерильная материнская форма (слева), I2 Densiti - фертильная отцовская форма (справа).

У 13 потомств, полученных от пар Safran и Densiti, отмечено соответствие по 5 признакам: коричневой окраске, светлой интенсивности, средней толщине и среднему сцеплению сухих чешуй, округлой форме луковицы.

Пары Proteus и Densiti, состоящие из 39 образцов, соответствовали по 4 признакам: коричневой окраски и интенсивность сухих чешуй, среднему сцеплению сухих чешуй, а также округлой форме луковицы.

Таблица 26. Распределение генотипов по характеру проявления качественных признаков в группе среднеспелых стерильных и фертильных форм (инбредных потомств) лука репчатого, г. Крымск, 2018 год

Изогенные пары			окраска луковицы, %		интенсивность окраски, %			толщина сухих чешуй, %			сцепление сухих чешуй, %			форма луковицы, %			
Число изученных пар	происхождение	стерильность	желтая	коричневая	светлая	средняя	темная	тонкие	средние	толстые	слабое	среднее	сильное	широко эллиптическая	округлая	широко яйцевидная	поперечно эллиптическая
8	F1 Talon x Densiti	S/msms	25,0	75,0	67,8	32,2	0,0	0,0	62,5	37,5	0,0	50,0	50,0	25,0	50,0	0,0	25,0
	I_2 Densiti	N/msms	0,0	100,0	62,5	37,5	0,0	0,0	75,0	25,0	0,0	87,5	12,5	37,5	75,0	0,0	0,0
13	F1 Tamara x Densiti	S/msms	7,7	92,3	38,5	53,8	7,7	0,0	53,8	46,2	0,0	61,5	38,5	30,8	30,8	23,1	15,4
	I_2 Densiti	N/msms	0,0	100,0	61,5	38,5	0,0	0,0	69,2	30,8	0,0	76,9	23,1	23,1	61,5	15,4	0,0
9	F1 Spirit x Densiti	S/msms	0,0	100,0	62,7	37,3	0,0	0,0	44,4	55,6	0,0	33,3	66,7	33,3	44,4	22,2	0,0
	I_2 Densiti	N/msms	22,2	77,8	66,5	33,5	0,0	0,0	55,6	44,4	0,0	64,7	35,3	22,2	77,8	0,0	0,0
13	F1 Safran x Densiti	S/msms	7,7	92,3	69,2	30,8	0,0	0,0	53,8	46,2	0,0	46,2	53,8	30,8	38,5	0,0	30,8
	I_2 Densiti	N/msms	0,0	100,0	61,5	38,5	0,0	0,0	69,2	23,1	0,0	76,9	15,4	15,4	61,5	15,4	0,0
29	F_1Proteus x Densiti	S/msms	17,2	82,8	65,5	34,5	0,0	17,2	34,5	48,3	0,0	44,8	55,2	34,5	51,7	13,8	0,0
	I_2 Densiti	N/msms	6,9	93,1	69,0	31,0	0,0	0,0	65,5	34,5	0,0	72,4	27,6	44,8	48,3	6,9	0,0

После визуальной оценки у изогенных пар из среднеспелой группы отобраны потомства с коричневой окраской разной степени интенсивности, со средними и толстыми сухими чешуями, которые сцеплены между собой в сильной и средней степени, имеющие округлую и широко-эллиптическую форму. Итого, из 72 исходных пар отобрано 45 с максимальным соответствием качественных признаков внутри пары.

Все инбредные и гибридные потомства у изогенных пар позднеспелой группы представлены коричневой окраской сухих чешуй разной интенсивности (табл.27).

Таблица 27. Распределение генотипов по характеру проявления качественных признаков в группе позднеспелых стерильных и фертильных форм лука репчатого, г. Крымск, 2018 год

Число изученных пар	Происхожде-ние	стерильность	Интенсив-ность окраски		Толщина сухих чешуй, %		Сцепление сухих чешуй, %		Форма луковицы, %			
			средняя	Темная	средние	толстые	среднее	сильное	широко эллиптическая	округлая	широко яйцевидная	поперечно эллиптическая
9	F1 Katinka x Derek	S/msms	22,2	77,8	88,9	11,1	0,0	100	0,0	33,8	0,0	67,2
	I_2 Derek	N/msms	33,3	66,7	66,7	33,3	11,1	88,9	0,0	33,3	11,1	44,4
18	F1 Benefit x Derek	S/msms	16,7	83,3	88,9	11,1	0,0	100	16,7	38,9	0,0	44,4
	I_2 Derek	N/msms	44,4	55,6	77,8	22,2	11,1	94,4	0,0	27,8	0,0	66,7
12	F1 Katinka x Super nova	S/msms	16,7	83,3	41,7	58,3	16,7	83,3	41,7	41,7	16,7	0,0
	I_2 Super nova	N/msms	33,3	66,7	25,0	75,0	13,7	86,3	25,0	66,7	8,3	0,0
13	F1 Benefit x Super nova	S/msms	30,8	69,2	23,1	76,9	15,4	84,6	30,8	30,8	38,5	0,0
	I_2 Super nova	N/msms	27,4	72,6	15,4	92,3	7,7	92,3	23,1	76,9	0,0	0,0
97	F_1Katinka x Elenka	S/msms	16,5	83,5	49,5	50,5	7,2	92,8	33,0	36,1	30,9	0,0
	I_2 Elenka	N/msms	11,3	88,7	82,5	17,5	19,6	80,4	52,6	35,1	12,4	0,0
124	F1 Benefit x Elenka	S/msms	24,2	75,8	63,7	36,3	17,7	82,3	33,9	25,8	40,3	0,0
	I_2 Elenka	N/msms	18,5	81,5	79,0	21,0	16,1	83,9	57,3	30,6	12,1	0,0
18	F1 Katinka x Banko	S/msms	55,6	44,4	66,7	33,3	27,8	72,2	16,7	27,8	55,6	0,0
	I_2 Banko	N/msms	66,7	33,3	72,2	27,8	30,5	69,5	27,8	38,9	33,3	0,0
27	F1 Benefit x Banko	S/msms	74,1	25,9	81,5	18,5	66,7	33,3	14,8	29,6	55,6	0,0
	I_2 Banko	N/msms	85,2	14,8	70,4	29,6	22,2	77,8	18,5	48,1	33,3	0,0
27	F1 Benefit x Leon	S/msms	18,5	81,5	29,6	70,4	7,4	92,6	18,5	37,0	18,5	25,9
	I_2 Leon	N/msms	11,1	88,9	14,8	85,2	33,3	66,7	22,2	48,1	14,8	14,8

В этой группе основном присутствуют образцы со средней толщиной и сильным сцеплением сухих чешуй. В большинстве случаев преобладает широкоэллиптическая, округлая и широкояйцевидная форма луковиц.

Среди позднеспелых потенциально изогенных пар интерес также представляют максимально схожие между собой и наименее вариабельные пары с хозяйственно ценными признаками, соответствующие современной модели сорта.

Итак, потенциально изогенные пары Katinka и Derek, включающие 9 образцов, а также Benefit и Elenka (рис.42), включающие 124 образца, имели максимальное соответствие по 5 признакам: коричневой окраске, темной интенсивности, средней толщине и сильному сцеплению сухих чешуй, округлой форме луковицы.

Рис. 42. Потенциально изогенная пара: F1 (Benefit x Elenka)- стерильная материнская форма (слева), I2 Elenka - фертильная отцовская форма (справа).

Из 12 образцов у группы пар Katinka и Super nova, а также из 97 образцов у группы пар Katinka и Elenka максимальное соответствие между собой выявлено по 4 признакам: коричневой окраске, темной интенсивности, сильному сцеплению сухих чешуй и округлой форме луковицы.

У парBenefit и Super nova (рис.43) из 13 образцов соответствие отмечено по коричневой окраске, темной интенсивности, толстым чешуям и сильному сцеплению.

Рис. 43. Потенциально изогенная пара: F1 (Benefit x Super nova)- стерильная материнская форма (слева), I2 Super nova - фертильная отцовская форма (справа).

Из 27 образцов у группы парBenefit и Leon наблюдалось соответствие по 4 признакам: коричневой окраске, темной интенсивности, толщине сухих чешуй и округлой форме луковицы.

У группы пар Benefit и Derek, состоящей из 18 образцов, а также Katinka и Banko, включающей 18 образцов, отмечено соответствие по 4 признакам: коричневой окраске, средней толщине и сильному сцеплению сухих чешуй и округлой форме луковицы.

Из 27 образцов у группы парBenefit и Banko соответствие отмечено по коричневой окраске, средней интенсивности и средней толщине сухих чешуй.

Для позднеспелых образцов предпочтительна коричневая окраска и прочные чешуи с хорошим сцеплением, что имеет большое значение для механической уборки, транспортировке и хранения. По этим признакам для дальнейшей работы пригодно большинство представленных образцов. Основной отбор здесь вели на форму луковицы, образцы с широкояйцевидной и поперечноэллиптической формой не пригодны для дальнейшего размножения, их отбраковали. Всего из 318 пар по качественным признакам была отобрана 141 пара.

Таким образом, из 531 полученных потенциально изогенных пар по признаку мужская стерильность у лука репчатого после оценки и отбора по качественным хозяйственно ценным признакам луковицы было отобрано 232 пары из всех групп спелости (табл. 28).

Таблица 28. Количество отобранных потенциально изогенных пар по качественным признакам, г. Крымск, 2018 год

Происхождение изогенной пары	Количество изогенных пар		
	исходно	отобрано	
	шт.	шт.	%
Раннеспелые			
Derbi x Muzyka	34	12	35
Bonus x Muzyka	62	23	37
Bonus x CRX 2311	14	6	43
Harrison x CRX 2311	10	5	50
Среднеспелые			
Talon x Densiti	14	5	36
Tamara x Densiti	13	7	54
Spirit x Densiti	9	6	67
Safran x Densiti	13	9	69
Proteus x Densiti	29	18	62
Позднеспелые			
Katinka x Derek	9	2	22
Benefit x Derek	18	7	39
Katinka x Super nova	12	6	50
Benefit x Super nova	13	4	31
Katinka x Elenka	97	41	42
Benefit x Elenka	124	55	44
Katinka x Banko	18	6	33
Benefit x Banko	27	9	33
Benefit x Leon	27	11	41
Всего	531	232	44

Далее все отобранные потомства анализировали по количественным признакам: индекс формы луковицы, ее масса, содержание сахаров, зачатковость, лежкость, твердость сухих и сочных чешуй, а также определяли степень выровненности всех признаков. Оценку проводили на 20 луковицах в каждом образце потенциально изогенной пары: как в стерильной гибридной

комбинации, так и в инбредном отцовском потомстве (табл. 29-31). В таблицах представлены уже отобранные изогенные пары по количественным признакам.

У раннеспелых изогенных пар в инбредном потомстве первого поколения были отобраны потомства с коротким вегетационным периодом, у которых индекс формы варьировал в пределах 1,0-1,2, коэффициент вариации не превышал 19%. По содержанию сахара были отобраны сладкие и полуострые образцы с минимальным коэффициентом вариации. Также были отобраны потомства с зачатковостью не более 2,0.

По массе луковицы и твердости сухих чешуй были отобраны наименее вариабельные потомства (табл.29). У среднеспелых инбредных потомств отбирали образцы с высокой лежкостью (95,8-99,5%) и твердостью сухих чешуй в пределах 28-40 кг/см^2, индексом формы не более 1,3 и наиболее стабильным проявлением этих признаков (табл. 30). Также отбирали образцы с высоким содержанием сахара, не менее 7,2% и низкой зачатковостью, которая во всех образцах в среднем не превышала 1,3.

Основной отбор у позднеспелых инбредных потомств (табл. 31) вели на лежкость, более 92%, твердость сухих чешуй, более 30 кг/см^2, индекс формы, который должен быть не менее 0,9 и не более 1,3 (табл. 31). Также отбирали потомства с высоким содержанием сахара (8,2-9,1%) и довольно крупной луковицей (120-130г), учитывая низкие коэффициенты вариации по всем признакам.

Таблица 29. Характеристика лучших раннеспелых изогенных пар по количественным признакам, г. Крымск, 2018 год

Название	Селекционный номер	масса луковицы, кг/м^2	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^{0}Вх	Cv, %	зачатковость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %
Derbi x Muzyka	210/1180	121,4	30,6	1,1	18,1	6,2	15,5	1,0	34,2	24,8	34,2
Muzyka	1192	109,0	29,6	1,1	16,3	6,3	9,0	1,8	28,7	20,1	33,4
Bonus x Muzyka	100/1112	106,2	30,3	1,1	12,5	6,9	15,6	1,2	23,6	22,1	22,9
Bonus x Muzyka	100/1135	94,4	32,0	1,1	16,1	6,5	16,2	1,4	36,9	31,4	31,8
Muzyka	1112	91,2	26,8	1,1	11,1	6,6	14,5	1,2	23,4	19,8	25,8
Muzyka	1135	111,0	25,4	1,1	10,9	7,2	15,1	1,2	27,2	28,1	34,5
Bonus x CRX 2311	100/1164	129,4	28,5	1,2	15,6	7,4	13,3	1,1	28,7	32,1	27,9
CRX 2311	1164	87,3	24,2	1,0	9,4	6,9	15,6	1,2	20,6	21,3	26,7
Harrison x CRX 2311	301/1210	115,8	28,9	1,2	16,7	7,6	14,3	1,0	25,0	19,4	20,6
CRX 2311	1210	109,8	24,3	1,1	14,5	7,8	12,0	1,0	18,4	21,8	27,6

Таблица 30. Характеристика лучших среднеспелых пар по количественным признакам, г. Крымск, 2018 год

Название	Селекционный номер	масса луковицы, кг/м^2	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^{0}Вх	Cv, %	зачаткованость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %	Лежкость, %
Talon x Densiti	408/1232	120,4	26,7	1,2	9,2	7,5	13,6	1,2	10,5	28,3	35,3	97,0
Densiti	1232	97,2	21,8	1,1	11,1	7,6	16,0	1,1	7,7	28,1	34,1	99,4
Tamara x Densiti	515/1240	123,4	31,1	1,0	15,6	8,4	13,1	1,2	25,0	34,4	28,4	97,9
Densiti	1240	88,2	24,5	1,1	18,0	8,8	16,4	1,0	12,6	25,6	32,0	95,9
Spirit x Densiti	604/1259	109,2	30,3	1,1	15,7	7,6	15,9	1,2	28,7	35,6	30,9	93,2
Densiti	1259	100,0	21,9	1,2	16,4	8,0	16,2	1,0	10,4	38,3	37,8	96,1
Safran x Densiti	701/1264	130,6	29,5	1,0	15,6	7,8	15,3	1,1	30,4	32,5	34,6	95,8
Densiti	1264	85,5	26,0	1,0	15,0	7,5	14,2	1,0	4,6	30,9	33,0	100
Proteus x Densiti	801/1296	119,2	28,5	1,1	15,6	8,0	12,8	1,1	28,7	36,1	25,0	98,6
Densiti	1296	104,4	24,2	1,0	10,3	7,5	16,7	1,1	9,4	29,8	28,4	94,8

Таблица 31. Характеристика позднеспелых изогенных пар по количественным признакам, г. Крымск, 2018 год

Название	Селекц. номер	масса луковицы, кг/м^2	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачатковость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %	лежкость %
Katinka x Derek	1105/1642	123,2	24,2	1,0	9,1	8,0	8,5	1,1	36,8	35,0	30,2	100
Derek	1642	98,5	27,1	0,9	13,1	8,0	13,2	1,2	35,1	34,0	28,1	99,4
Benefit x Derek	908/1498	126,8	26,8	1,0	10,3	7,5	9,5	1,1	35,1	32,6	26,1	99,4
Derek	1498	96,0	29,3	1,1	10,1	8,0	13,9	1,2	35,1	36,0	28,2	99,1
Katinka x Super nova	1005/1621	132,6	35,4	1,1	15,9	7,1	9,8	1,1	28,7	28,1	26,8	94,0
Super nova	1621	95,6	25,5	1,2	7,8	7,7	13,2	1,1	26,7	31,6	28,0	95,3
Benefit x Super nova	908/1615	141,6	29,1	1,1	12,3	8,7	13,3	1,4	43,7	33,8	33,4	98,6
Super nova	1615	104,4	21,4	1,0	9,1	8,8	15,1	1,4	36,2	40,8	35,1	100
Katinka x Elenka	1005/1523	116,8	27,4	1,1	11,4	7,7	9,2	1,1	34,2	49,3	35,5	98,2
Elenka	1523	84,6	33,6	1,1	10,8	8,1	10,6	1,2	30,1	41,5	32,5	100
Benefit x Elenka	908/1305	122,6	28,1	1,2	8,2	7,6	8,2	1,1	31,4	32,8	28,3	95,9
Elenka	1305	83,6	32,1	1,1	10,1	8,0	10,1	1,0	25,4	38,0	30,2	98,9
Katinka x Banko	1005/1628	130,0	32,2	1,2	14,2	7,0	10,2	1,1	31,4	35,0	33,4	95,8
Banko	1628	101,0	21,6	1,1	10,0	7,7	10,4	1,1	28,7	42,0	31,5	95,5
Benefit x Banko	908/1454	127,6	36,3	1,0	5,6	9,0	13,6	1,1	32,7	43,9	32,5	86,7
Banko	1454	103,8	23,5	1,0	8,2	8,5	10,9	1,2	25,1	34,1	21,5	91,7
Benefit x Leon	908/1475	121,0	35,8	1,1	11	7,4	10,9	1,2	34,8	36,0	32,9	94,4
Leon	1475	105,4	25,4	1,1	13	7,2	12,1	1,1	24,8	25,3	28,2	98,2

У уже отобранных образцов после качественной и количественной оценки. Для более детальной оценки и отбора наиболее выровненных (наименее вариабельных) потенциально изогенных пар были определены пределы колебаний количественных признаков внутри пар в каждой группе спелости (рис.44-50).

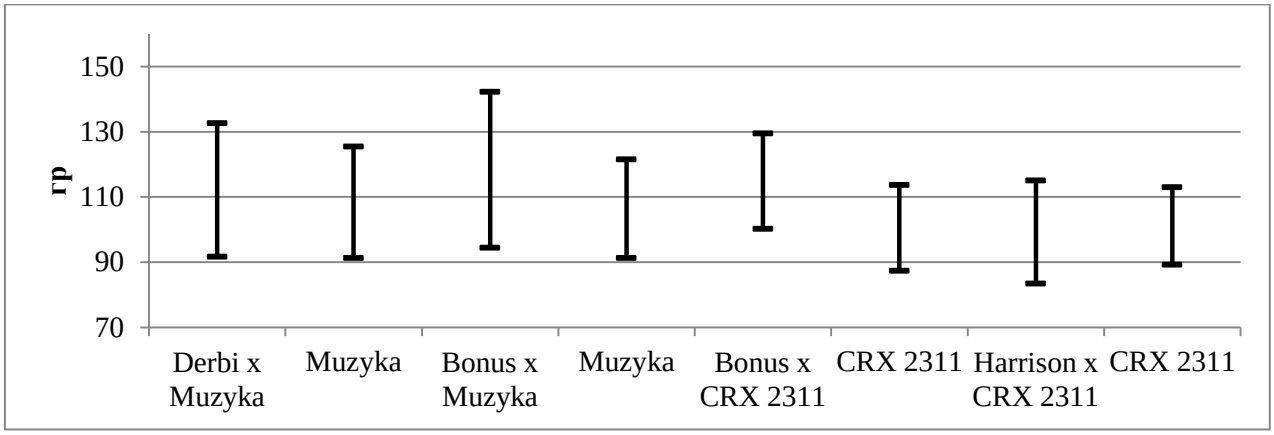


Рис.44. Предел колебаний массы луковицы в потенциально изогенных парах раннеспелой группы, г. Крымск, 2018 год

Масса луковицы довольно нестабильный признак и сильно варьирует в пределах одного потомства в раннеспелой группе (рис.49). В двух гибридных комбинациях Derbi x Muzyka и Bonus x Muzyka наблюдается максимальное варьирование по массе луковицы, при этом в инбредном потомстве их опылителей вариабельность признака ниже. По диапазону варьирования массы луковицы выделилась группа пар Bonus и CRX 2311, которые сильно отличались между собой и имели наименьшее совпадение пределов колебаний. Также стоит отметить, что все гибридные комбинации по сравнению с закрепителями стерильности имели большую массу луковицы и кроме того высокий коэффициент вариации. У закрепителей стерильности Muzyka и CRX 2311 в паре с Harrison диапазон варьирования массы луковицы полностью входит в диапазон варьирования гибридных комбинаций, тем самым обеспечивая максимальную схожесть внутри пар по этому признаку.

У Muzyka в разделе, представленном выше (табл.13), был отмечен высокий коэффициент вариации по массе луковицы. В результате чего при скрещивании с Derbi и Bonus проявилось расщепление по этому признаку и

как следствие высокий диапазон изменчивости. Bonus и CRX 2311 изначально имели довольно низкую вариабельность по массе луковицы и при скрещивании между собой и самопылении имели невысокую изменчивость. Harrison имел высокий коэффициент вариации, что в итоге отразилось в гибридной комбинации при скрещивании с менее вариабельным по этому признаку образцом CRX 2311.

По уровню изменчивости содержания сахара все пары, за исключением Bonus и CRX 2311, имели довольно высокий диапазон совпадений внутри пар (рис. 45 А).

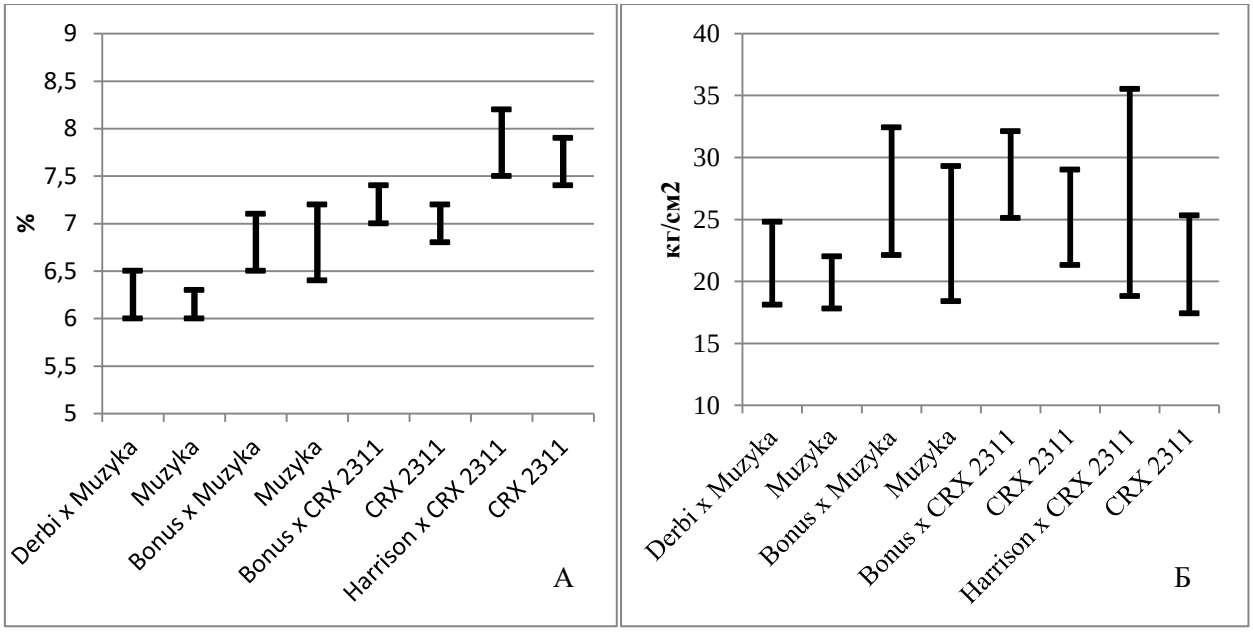


Рис.45. Предел колебаний содержания сахаров (А) и твердости сухих чешуй (Б) у изогенных пар раннеспелой группы, г. Крымск, 2018 год

Признак «содержание сахара» изначально был низковариабельным (табл.17), что отразилось в последующих скрещиваниях. У Derbi содержание сахара составляло больше 7% при скрещивании с образцом с меньшим содержанием сахара Muzyka, в гибридной комбинации значение этого признака было меньше. Harrison характеризовался высоким содержанием сахара и при скрещивании с образцом, содержащим меньше сахара, в гибридной комбинации этот показатель был высоким.

По твердости сухих чешуй пара Derbi и Muzyka имеет наибольший общий диапазон совпадений и наименьшую вариацию признака (рис.45 Б). В

парах Bonus и Muzyka, а также Harrison и CRX 2311 у стерильного компонента отмечены большие колебания по твердости сухих чешуй, при этом диапазон варьирования инбредных потомств отцовского компонента входит в диапазон варьирования стерильной гибридной комбинации.

У Harrison, согласно предыдущей оценке в коллекционном питомнике (табл.7), наблюдался высокий коэффициент вариации по степени твердости сухих чешуй. При скрещивании с менее вариабельным образцом по этому признаку в гибридной комбинации вариабельность признака была значительной. В гибридных комбинациях Bonus x Muzyka отмечено довольно высокое варьирование по степени твердости сухих чешуй, хотя компоненты гибридной комбинации изначально имели более низкие значения признака и меньшую вариабельность.

У среднеспелых образцов по массе луковицы наблюдается следующая тенденция: у 4 пар из 5 материнские компоненты изогенных пар по проявлению значений признака значительно превышают отцовский компонент (закрепитель стерильности), диапазоны колебаний не перекрываются или перекрываются частично. Только у пары Spirit и Densiti диапазон колебаний массы луковицы практически совпадает (рис.46).

Среднеспелый образец Tamara изначально имел довольно высокий коэффициент вариации по массе луковицы (табл. 14) и при скрещивании с менее вариабельным образцом Densiti также наблюдается довольно сильное варьирование по этому признаку. Образцы Safran и Proteus имели небольшую изменчивость по массе луковицы и при скрещивании с довольно выровненным по этому признаку закрепителем стерильности Densiti, все гибридные комбинации имели небольшой диапазон варьирования.

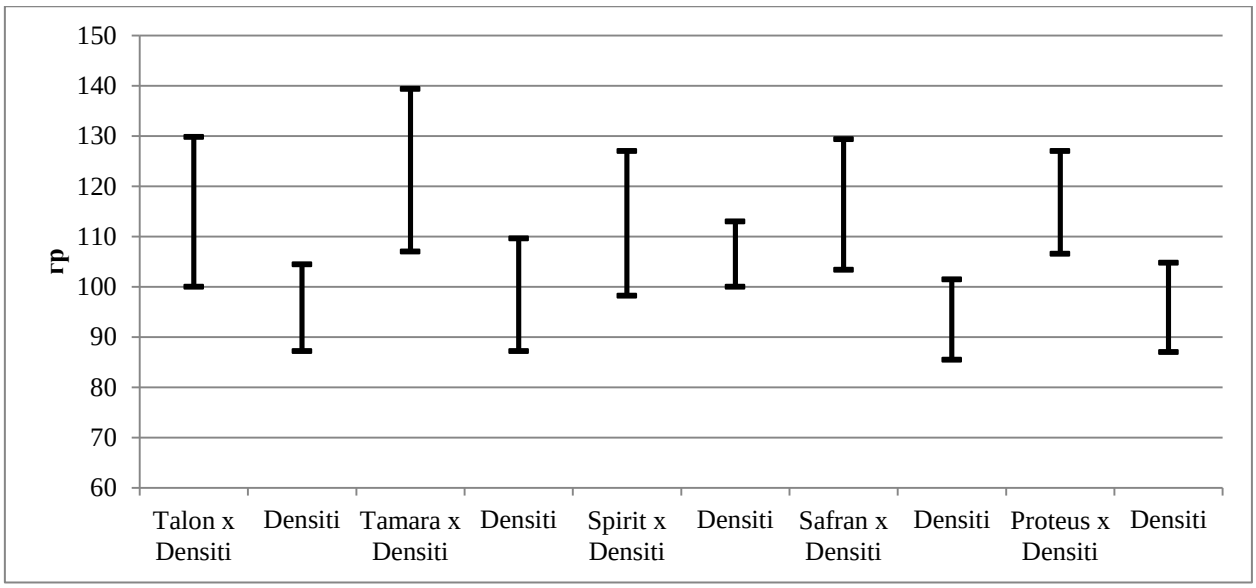


Рис.46. Предел колебаний по массе луковицы у среднеспелых изогенных пар, г. Крымск, 2018 год

Наибольшие совпадения в диапазоне колебаний содержания сахара можно наблюдать у пар Spirit и Densiti, Safran и Densiti, Tamara и Densiti (рис.47 А). Изменчивость по содержанию сахара у всех стерильных образцов была небольшой и не превышала 11,5%, в то время как у закрепителя стерильности она составила 14,4% (глава 3,1; табл.18). Поэтому при скрещивании стерильных образцов с закрепителем стерильности в потомстве не наблюдалось большого варьирования по этому признаку.

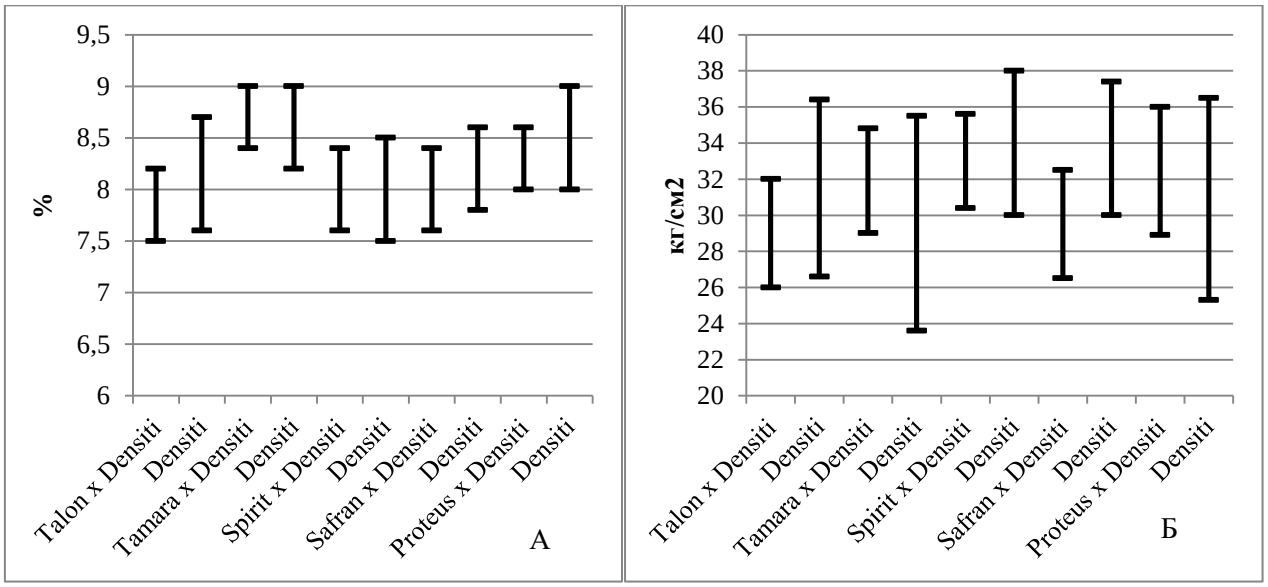


Рис. 47. Предел колебаний по содержанию сахара (А) и степени твердости сухих чешуй (Б) у среднеспелых инбредных потомств, г. Крымск, 2018 год

Среди среднеспелых пар по диапазону колебаний значений признака «твердость сухих чешуй» можно выделить пару Spirit и Densiti, которая имела минимальную изменчивость и высокий процент совпадений (рис.47 Б). Пара Safran и Densiti по уровню колебания твердости сухих чешуй луковиц практически не совпадает между собой, диапазоны варьирования признака перекрываются незначительно. В остальных парах диапазон совпадения не очень высок из-за варьирования признака у закрепителя стерильности.

По твердости сухих чешуй закрепитель стерильности имел высокий коэффициент вариации признака (табл.8), который также проявился в инбредных потомствах, а при скрещивании со стерильными образцами значение признака варьировало в довольно небольшом диапазоне.

У позднеспелых пар по уровню совпадения диапазонов колебания массы луковицы, а также небольшому коэффициенту варьирования этого признака выделяются пары: Katinka и Derek, Katinka и Elenka (рис.48). У трех пар: Benefit и Derek, Benefit и Super nova, Katinka и Banko наблюдается сильное различие внутри пар, при этом коэффициент вариации у каждого из этих образцов невысокий.

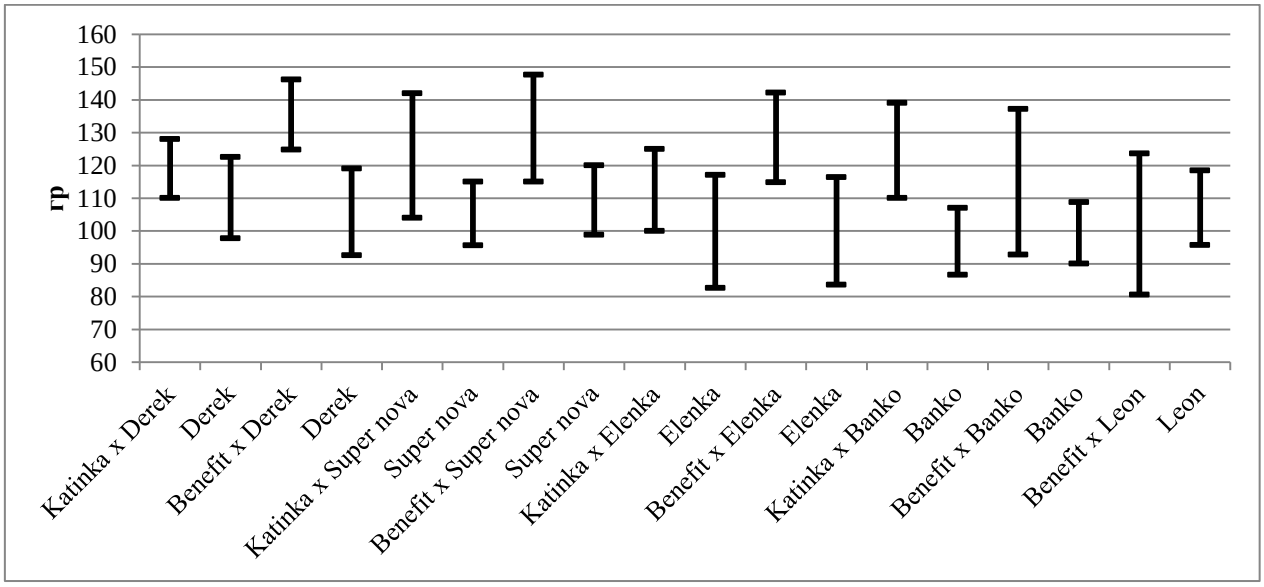


Рис.48. Диапазон колебаний массы луковицы у позднеспелых изогенных пар, г. Крымск, 2018 год

Закрепитель стерильности Derek по массе луковицы варьировал незначительно (глава 3.1, табл.15) и при самоопылении в инбредных потомствах также не наблюдалось сильного варьирования по этому признаку. Инбредные потомства, полученные от Super nova, были низковариабельными по массе луковицы (рис.48), а при скрещивании с Katinka и Benefit в гибридных комбинациях варьирование признака увеличилось. Инбредные потомства, полученные на базе Эленки, имели высокую изменчивость признака, также как и оригинал, но при скрещивании со стерильными образцами в гибридных комбинациях изменчивость была ниже. Banko, Leon и Super nova по массе луковицы были довольно выровненными. При их скрещивании с Benefit, имеющим высокую изменчивость, в гибридной комбинации также наблюдалось высокое варьирование признака. При скрещивании с образцом Katinka, наоборот, масса луковицы варьировала незначительно.

По содержанию сахара внутри потенциально изогенных пар больших различий не наблюдалось и только в двух парах Benefit и Derek, Katinka и Banko диапазоны изменчивости были различными и не перекрывались между собой внутри пар, рис.49.

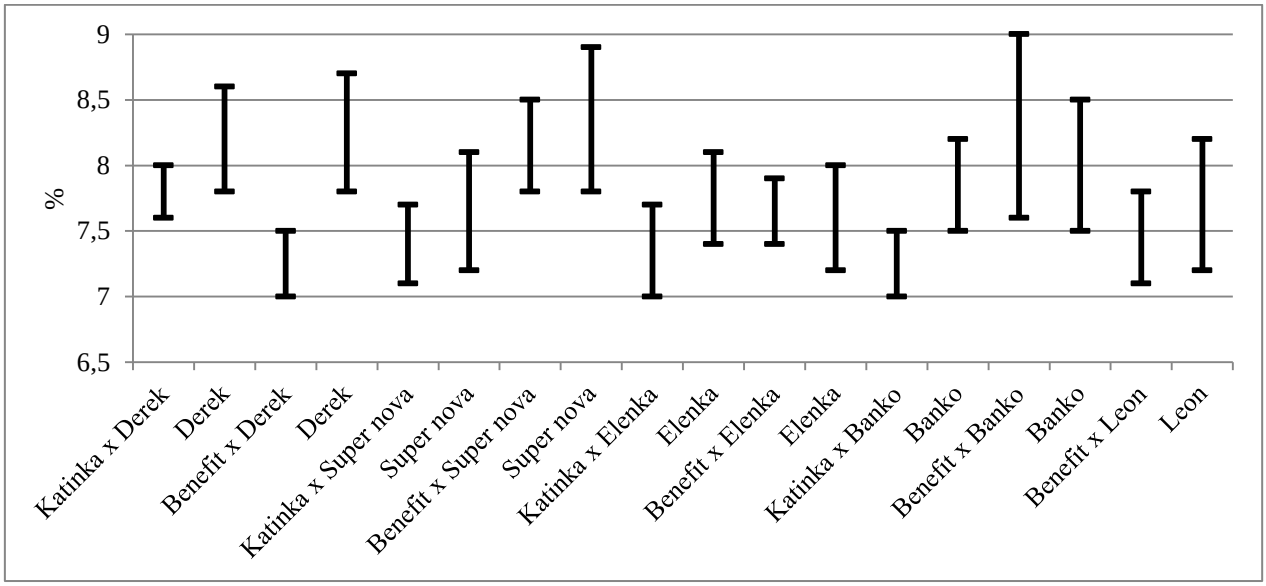


Рис. 49. Предел колебаний по содержанию сахара у позднеспелых инбредных потомств, г. Крымск, 2018 год

Инбредные потомства закрепителей стерильности Derek, Super nova и Leon характеризовались высоким коэффициентом вариации по содержанию сахара (рис.49), так же как и их оригиналы (табл.19). У стерильных образцов вариабельность этого признака была заметно ниже, чем у закрепителей, что отразилось при скрещивании в гибридной комбинации: колебание сахара снизилось, особенно при скрещивании с образцом Katinka. Варьирование по содержанию сахара у Эленки изначально было не высоким, что отразилось при самоопылении и скрещивании со стерильными образцами, все потомства были довольно выровненными по этому признаку.

Сильных различий в диапазоне варьирования твердости сухих чешуй внутри пар у позднеспелых образцов не выявлено (рис.50). Среди них можно выделить пары с низким коэффициентом изменчивости: Katinka и Derek, Katinka x Banko,Benefit x Super nova.

Закрепители стерильности Elenka, Banko и Leon отличаются низким коэффициентом вариации по твердости сухих чешуй (рис.50), но в гибридных комбинациях при скрещивании со стерильными образцами, с большей вариацией признака, проявилась высокая изменчивость, за исключением Benefit, изменчивость которого изначально была невысокой (табл.9).

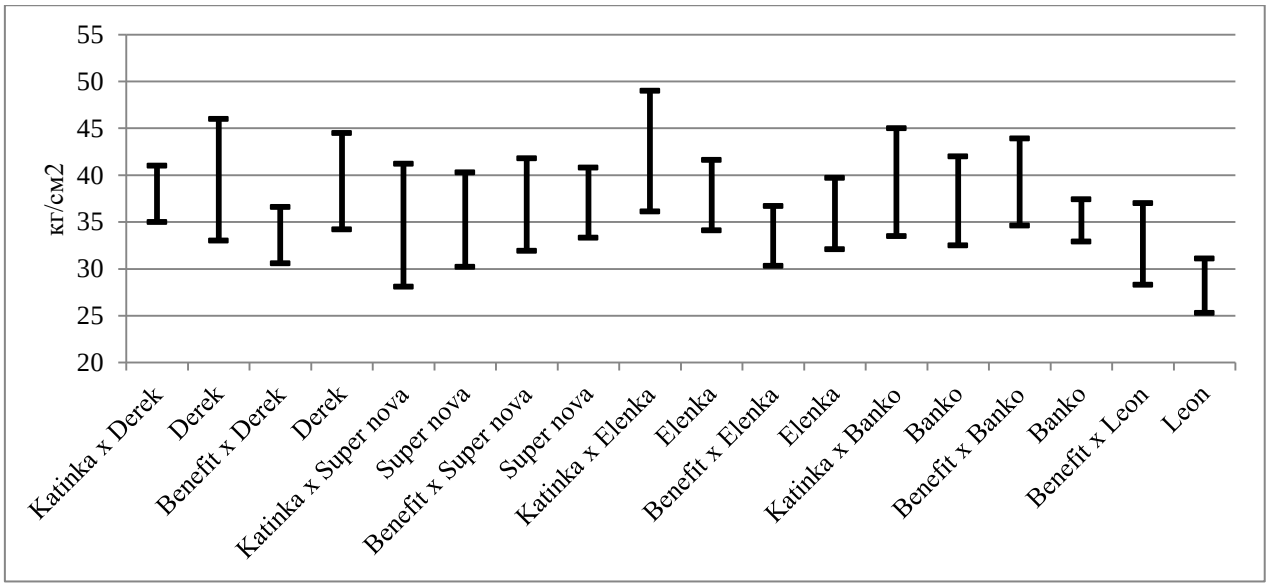


Рис. 50. Предел колебаний степени твердости сухих чешуй у позднеспелых инбредных потомств, г. Крымск, 2018 год

Комплексная оценка по хозяйственно ценным признакам 531 стерильной гибридной комбинации и их закрепителей стерильности дала возможность выделить для дальнейшей работы 18 потенциально изогенных пар разных групп спелости, максимально схожих между собой по морфологическим признакам и низким коэффициентом вариации (табл.32).

Таблица 32. Лучшие образцы потенциальных изогенных пар лука репчатого, г. Крымск, 2018 год

№ п/п	Шифр изогенной пары	Источники родительских форм	
		Стерильный компонент	Фертильный компонент-закрепитель стерильности
ранние			
1	100 х 1112	Bonus	Muzyka
2	100 х 1164	Bonus	CRX 2311
3	210 х 1180	Derbi	Muzyka
4	301 х 1210	Харрисон	CRX 2311
средние			
5	408 х 1232	Talon	Densiti
6	515 х 1240	Tamara	Densiti
7	604 х 1259	Spirit	Densiti
8	701 х 1264	Safran	Densiti
9	801х 1296	Proteus	Densiti
поздние			
10	908 х 1305	Benefit	Elenka
11	908 х 1438	Benefit	Super nova
12	908 х 1454	Benefit	Banko
13	908 х 1475	Benefit	Leon
14	908 х 1498	Benefit	Derek
15	1005 х 1523	Katinka	Elenka
16	1005 х 1615	Katinka	Super nova
17	1005 х 1628	Katinka	Banko
18	1005 х 1642	Katinka	Derek

Все отобранные луковицы у выделившихся потенциально изогенных пар были высажены для проведения следующих насыщающих скрещиваний. В начале цветения у всех гибридных комбинаций была проведена фенотипическая оценка на сохранение признака стерильности, а у всех закрепителей стерильности – фертильности. По результам которой все гибридные комбинации были стерильными, закрепители стерильности – фертильными, что подтверждает правильный выбор нужных растений для создания изогенных пар.

В результате проделанной работы получено 18 перспективных потенциально изогенных пар по признаку ЦМС, в которых стерильность материнских форм, а также фертильность отцовских форм подтверждена фенотипической оценкой и молекулярным анализом с помощью Reai-time PCR, завязавшие достаточное количество семян для дальнейших насыщающих скрещиваний, инбридинга и оценки полученных потомств.

Для получения полноценных изогенных пар требуется 4-5 поколений насыщающих скрещиваний, как уже говорилось ранее. Но на данном этапе из лучших пар: менее вариабельных и максимально схожих между собой, после второго насыщающего скрещивания отобрано 6 линий: раннеспелые – Harrison x CRX 2311, среднеспелые – Spirit x Densiti, Safran x Densiti, позднеспелые – Benefit x Elenka,Benefit x Leon, Katinka x Derek. Они будут использованы в качестве материнских компонентов – стерильной линии А при скрещивании с опылителем (линия С) для создания предварительных гибридов. С более вариабельными потенциально изогенными парами работа будет продолжена, проведены следующие насыщающие скрещивания, отобраны лучшие образцы, которые в последующем будут включены в гибридизацию с выровненными линиями-опылителями.

3.2.2. *Получение фертильных линий-опылителей методом инбридинга*

Для создания гетерозисных гибридов лука репчатого необходимо иметь линию опылитель, сочетающую в себе наиболее ценные хозяйственные признаки, а также генетическую и фенотипическую выровненность и фертильность.

Для того чтобы подобрать исходный материал, который можно использовать в качестве опылителей, мы провели ряд исследований и изучили требования сегодняшнего рынка, на основе этих данных выделили наиболее перспективные образцы, имеющие фертильную пыльцу (рис.51).

Рис. 51. Фертильное растение с ярко окрашенными пыльниками

Для создания линий-опылителей был использован тот же коллекционный материал, что и для создания изогенных пар линии-А. Для линии опылителя растение обязательно должно быть фертильным и может иметь различный генотип: N/MsMs, N/Msms, N/msms, S/MsMs, S/Msms, за исключением генотипа S/msms. Всего было получено 425 инбредных потомств из 48 коллекционных образцов, характеристика которых по основным признакам представлена в таблицах 33-36.

Так среди раннеспелых выделенных инбредных потомств были отобраны образцы с коричневой окраской сухих чешуй, так как она является наиболее привлекательной для товаропроизводителей. Скороспелость очень важный признак именно для раннего лука, поэтому мы вели отбор по этому признаку. Наиболее скороспелыми являются инбредные потомства - 1001/17 и 2024/18, полученные из F1Bonusa и F1 Музыки (табл.33).

Масса луковицы, а также ее выровненность оказывают влияние на урожайность, поэтому нами были отобраны инбредные потомства первого поколения 1137/17, 1042/17 из гибридов F1 Isi 30230 и F1 CRX 2311, которые имеют крупную луковицу и низкий коэффициент вариации.

Значимым показателем при уборке является твердость сухих чешуй, чем тверже чешуи, тем менее травмировано будет проходить уборка и транспортировка луковиц. Все образцы, представленные в таблице 33, имели довольно большую твердость. Среди них можно выделить потомства, полученные на базе F1 Nun 7202, F1 CRX 2311 – 1029/17 и 2053/18.

Среднеспелые инбредные потомства характеризуются высоким содержанием сухого вещества и высокой твердостью сухих чешуй, что имеет важное значение при уборке и хранении луковиц (табл.34). Хотелось бы отметить инбредные потомства, полученные из F1 Talon (1065/17) и F1 Spirit (1075/17), которые имеют твердые сухие чешуи (табл.34), а также низкую изменчивость по такому показателю как масса луковицы (табл.34).

У позднеспелых образцов отбор также вели на массу луковицы, ее выровненность. Такими показателями обладают инбредные потомства,

полученные на основе F1 Manas (2124/18), F1 Super nova (2150/18), F1 Katinka (1100/17).

По содержанию сухого вещества можно отметить потомства, полученные на основе F1 Polaks (1139/17), по твердости сухих чешуй потомства из F1 Elenka (1134/17, 1128/17) и F1 Manas (2120/18). Для позднеспелых образцов важен период хранения. Все образцы, представленные в таблице 35, довольно неплохо сохранились, среди них можно выделить инбредные потомства из гибридов F1 Katinka (1100/17), F1 Manas (2120/18), F1 Polaks (1139/17 и 2144/18).

В 2019-2020 гг. продолжили работу по созданию линий опылителей. Были получены инбредные потомства третьего поколения из выделившихся ранее образцов (табл. 36). Всего было получено 80 инбредных потомств различных групп спелости, формы и окраски. Образцы, представленные в таблице 36, наиболее наглядно показывают разнообразие полученного материала.

Таблица 33. Результат отбора инбредных потомств из раннеспелых сортообразцов и их характеристика по основным хозяйственно ценным признакам, г. Крымск, 2017-2018 годы

Исходный сортообразец	Номер потомства	Поколение	Средняя масса луковицы		Спелость, дней	Содержание сахара ^{0} Вх	Форма луковицы	Окраска луковицы	Интенсивность окраски	Твердость сухих чешуй, кг/см2
			X=X±Sd	Cv						
F1 Bonus	1001/17	I1	97,2±14,4	25,8	84	7,5±0,2	Округлая	Коричневая	Светлая	37,4±2,2
	1006/17	I1	109,5±6,3	23,2	84	7,2±0,3	Шир.яйцевидн.	Коричневая	Светлая	29,6±2,4
	2008/18	I2	108,6±4,8	23,8	80	7,0±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	32,5±2,7
F1 Spring Joy	1008/18	I1	141,2±10,6	28,3	90	7,3±0,2	Округлая	Коричневая	Средняя	29,4±3,8
	2011/18	I2	120,5±8,5	26,4	92	7,8±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Светлая	30,5±4,2
F1 Derbi	2016/18	I2	137,5±8,5	25,7	86	6,1±0,2	Овальная	Коричневая	Светлая	27,3±2,7
	2017/18	I2	108,0±10,5	28,6	84	7,1±0,2	Округлая	Коричневая	Светлая	31,0±2,9
	2018/18	I2	105,4±7,4	24,3	86	6,8±0,3	Овальная	Коричневая	Средняя	32,4±3,2
F1 Muzyka	1016/17	I1	117,1±8,2	30,4	80	6,4±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Светлая	21,9±1,7
	2019/18	I2	128,2±13,4	32,7	84	5,8±0,2	Округлая	Коричневая	Светлая	13,9±1,0
	2024/18	I2	125,5±10,4	28,8	82	5,3±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Светлая	16,8±2,0
F1 Nun 7202 ON	1024/17	I1	96,5±9,3	34,4	88	7,8±0,2	Округлая	Коричневая	Темная	26,9±3,1
	1029/17	I1	102,5±8,4	30,2	86	7,4±0,2	Ромбическая	Коричневая	Темная	29,3±3,2
	2031/18	I2	108,3±8,7	33,7	88	8,0±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	24,5±4,0
F1 CRX 2311	1137/17	I1	125,6±6,3	20,6	86	7,1±0,2	Округлая	Коричневая	Средняя	34,3±2,5
	2048/18	I2	124,8±7,2	22,4	86	7,5±0,2	Шир.яйцевидн	Коричневая	Средняя	36,8±3,0
	2053/18	I2	130,5±6,8	24,3	84	7,3±0,2	Округлая	Коричневая	Светлая	30,5±2,9
F1 Isi 30230	1042/17	I1	123,0±9,8	23,2	84	8,7±0,6	Округлая	Коричневая	Светлая	21,4±6,4
	2057/18	I2	120,5±8,7	20,8	84	8,2±0,5	Округлая	Коричневая	Средняя	25,5±5,8
	2058/18	I2	122,4±7,8	21,5	88	6,9±0,4	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	20,3±4,3

Таблица 34. Результат отбора инбредных потомств из среднеспелых сортообразцов и их характеристика по основным хозяйственно ценным признакам, г. Крымск, 2017-2018 годы

Исходный сортообразец	Номер потомства	Поколение	Средняя масса луковицы		Содержание сахара ^{0} Вх	Форма луковицы	Окраска луковицы	Интенсивность окраски	Твердость сухих чешуй, кг/см2
			X=X±Sd	Cv					
F1 Campero	1044/17	I1	100,2±7,8	31,6	8,2±0,2	Округлая	Коричневая	Светлая	40,9±2,8
	1048/17	I1	137,4±11,1	30,8	7,1±0,2	Шир.яйцевидн.	Коричневая	Светлая	44,8±3,3
	2060/18	I2	110,5±10,8	28,7	7,5±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	40,0±4,2
F1 Gordion	1053/17	I1	92,2±7,1	34,7	9,1±0,3	Округлая	Коричневая	Средняя	33,6±2,9
	2057/18	I2	104,0±3,7	32,3	8,2±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Светлая	28,4±2,2
F1 Tamara	2067/18	I2	121,0±8,4	39,1	8,9±0,3	Овальная	Коричневая	Светлая	37,8±3,0
	2070/18	I2	129,7±8,8	35,5	8,4±0,1	Округлая	Коричневая	Светлая	32,5±3,8
	2071/18	I2	130,5±7,4	32,8	8,5±0,2	Овальная	Коричневая	Средняя	35,4±4,2
F1 Talon	1064/17	I1	107,9±9,5	20,4	9,0±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Светлая	50,4±5,0
	1065/17	I1	103,8±4,6	18,8	9,7±0,4	Округлая	Коричневая	Светлая	51,3±4,3
	2075/17	I2	100,5±8,5	22,1	8,6±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	48,5±4,8
F1 Дритан	1069/17	I1	90,5±5,4	39,7	8,9±0,4	Округлая	Коричневая	Темная	29,5±4,1
	1072/17	I1	128,4±4,6	35,4	9,9±0,2	Ромбическая	Коричневая	Темная	36,1±3,6
	2082/18	I2	100,8±5,8	32,8	9,0±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	30,4±4,0
F1 Spirit	1075/17	I1	117,3±8,1	25,2	8,6±0,3	Округлая	Коричневая	Средняя	44,0±3,3
	2085/18	I2	125,4±7,9	27,9	8,2±0,3	Шир.яйцевмдн	Коричневая	Средняя	40,5±3,8
	2088/18	I2	120,3±6,4	24,3	8,9±0,2	Округлая	Коричневая	Светлая	42,3±4,2
Densiti	1083/17	I1	109,0±7,1	29,8	9,6±0,3	Округлая	Коричневая	Светлая	32,4±3,7
	2097/18	I2	110,0±3,4	32,1	9,3±0,3	Округлая	Коричневая	Средняя	35,3±2,0
	2098/18	I2	105,4±6,8	30,5	9,6±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	30,8±3,5

Таблица 35. Результат отбора инбредных потомств из позднеспелых сортообразцов и их характеристика по основным хозяйственно ценным признакам, г. Крымск, 2017-2018 годы

Исходный сортообразец	Номер потомства	Поколение	Средняя масса луковицы		Содержание сахара ^{0} Вх	Форма луковицы	Окраска луковицы	Интенсивность окраски	Твердость сухих чешуй, кг/см2	Степень сохранности, %
			X=X±Sd	Cv						
F1 Derek	1084/17	I1	151,0±9,3	29,9	8,9±0,4	Округлая	Коричневая	Средняя	41,5±5,2	97,1
	1095/17	I1	119,5±9,9	27,3	7,7±0,2	Шир.яйцевидн.	Коричневая	Темная	44,4±2,7	95,0
	2102/18	I2	128,4±8,3	30,1	8,0±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Темная	40,5±3,2	93,5
F1 Katinka	1100/17	I1	138,2±9,2	25,0	7,5±0,2	Округлая	Коричневая	Темная	41,9±3,5	100,0
	1102/17	I1	130,0±8,4	27,2	7,2±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Темная	42,4±3,0	98,2
F1 Manas	2120/18	I2	124,3±15,2	25,6	8,8±0,4	Шир.эллиптич.	Коричневая	Темная	52,1±7,2	100,0
	2124/18	I2	172,8±9,9	23,2	7,5±0,2	Округлая	Коричневая	Темная	41,9±3,4	87,5
	2125/18	I2	143,4±8,8	26,3	8,0±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	45,0±5,4	94,5
Banko	1115/17	I1	136,7±12,4	30,0	6,8±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Темная	38,2±3,1	99,3
	1119/17	I1	130,8±12,2	32,4	7,0±0,1	Округлая	Коричневая	Темная	47,2±2,6	95,6
	2131/18	I2	125,2±10,8	28,5	7,2±0,2	Шир.эллиптич.	Коричневая	Средняя	40,2±3,0	92,0
F1 Elenka	1128/17	I1	157,7±14,9	27,5	7,9±0,3	Округлая	Коричневая	Темная	54,4±2,6	90,0
	1134/17	I1	130,0±10,2	30,1	7,9±0,2	Ромбическая	Коричневая	Темная	56,2±13,7	90,0
	2138/18	I2	124,3±11,3	28,2	8,1±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Светлая	47,1±3,4	93,2
F1 Polaks	1139/17	I1	106,6±9,3	27,7	9,4±0,4	Округлая	Коричневая	Средняя	38,4±2,6	100,0
	2144/18	I2	112,4±13,1	30,8	9,2±0,3	Шир.яйцевидн	Коричневая	Средняя	35,4±3,2	99,3
	2145/18	I2	120,5±9,8	25,4	9,0±0,2	Округлая	Коричневая	Средняя	36,2±3,2	96,5
F1 Super nova	1144/17	I1	93,9±12,1	26,0	7,5±0,3	Округлая	Коричневая	Темная	31,4±2,5	93,8
	2150/18	I2	109,4±7,7	24,2	8,6±0,3	Округлая	Коричневая	Средняя	43,1±2,9	95,7
	2154/18	I2	115,8±8,5	25,8	7,1±0,3	Шир.эллиптич.	Коричневая	Темная	48,9±3,0	97,2

Таблица 36. Получение инбредных потомств третьего поколения для создания линий опылителей, г. Крымск, 2019 год

Название	Селекционный номер	Форма луковицы	Окраска сухих чешуй	Интенсивность окраски сухих чешуй	Толщина сухих чешуй	Средняя масса луковицы, гр.	Cv, %	Устойчивость к фузариозной гнили
Раннеспелые								
Derbi	3004/20	Округло-овальная	Коричневая	Светлая	Слабая	102,5	20,3	Средняя
Isi 30230	3102/20	Округло-овальная	Коричневая	Светлая	Средняя	110,4	20,8	Слабая
Muzyka	3114/20	Овальная	Коричневая	Средняя	Слабая	102,5	22,7	Средняя
CRX 2311	3135/20	Округло-овальная	Коричневая	Светлая	Средняя	98,0	18,4	Высокая
Nun 7202 ON	3141/20	Округло-овальная	Коричневая	Светлая	Средняя	95,8	16,2	Средняя
Среднеспелые								
Talon	3202/20	Округло-овальная	Коричневая	Средняя	Средняя	104,0	17,9	Высокая
Spirit	3234/20	Округло-овальная	Коричневая	Средняя	Сильная	108,5	21,4	Средняя
Позднеспелые								
Manas	3311/20	Округло-овальная	Коричневая	Темная	Сильная	94, 0	20,6	Средняя
Super nova	3347/20	Широко-яйцевидная	Коричневая	Светлая	Сильная	87,6	24,6	Слабая
Super nova	3353/20	Овальная	Коричневая	Темная	Средняя	102,8	18,5	Высокая
Elenka	3352/20	Округло-овальная	Коричневая	Темная	Сильная	107,5	18,0	Высокая
Elenka	3358/20	Овальная	Коричневая	Средняя	Средняя	100,7	20,8	Слабая
Elenka	3362/20	Округлая	Коричневая	Темная	Сильная	103,8	22,4	Высокая

Основными параметрами для отбора и дальнейшего размножения служили округло-овальная форма луковицы, ее выровненность, цвет и интенсивность основной окраски сухих чешуй, толщина сухих чешуй, устойчивость к вершинной гнили. Некоторые выделенные образцы представлены на рисунках 52-54.

Рис. 52. Із Derbi

Так для раннеспелых гибридов нужна коричневая окраска со светлой интенсивностью сухих чешуй, а для среднеспелых и позднеспелых окраска должна быть более темной. Для всех групп спелости предпочтительна округлая и округло-овальная форма луковицы. Для среднеспелых и позднеспелых образцов необходимо наличие плотных сухих чешуй.

Рис. 53. Із Manas

Рис. 54. Із Nun 7202 ON

Всего было отобрано 39 из 80 инбредных потомств третьего поколения для включения в селекционный процесс в качестве линий опылителей (табл. 37).

Таблица 37. Количество отобранных инбредных потомств третьего поколения для создания линий опылителей, г. Крымск, 2019 год

Селекционный номер	Генотип источника	Количество отобранных потомств
3004/20	Derbi	2
3114/20	Muzyka	3
3135/20	CRX 2311	2
3141/20	Nun 7202 ON	5
3157/20	Isi 30230	3
3202/20	Talon	4
3234/20	Spirit	3
3311/20	Manas	4
3347/20	Super nova	5
3362/20	Elenka	8
Итого		39

В результате проделанной работы методом инбридинга получено 39 перспективных линии-опылителей в разных группах спелости, сочетающие в себе хозяйственно ценные признаки: коричневую окраску различной интенсивности для разных групп спелости, округлую форму луковицы, низкую зачатковость, высокую урожайность и сохранность (для средне и позднеспелых образцов), имеющие плотные кроющие чешуи, хорошо сцепленные между собой, в слабой и средней степени поражающиеся фузариозной гнилью, а также имеющие низкий коэффициент вариации по всем признакам, т.е. полностью соответствующие требованиям современного рынка.

Из 39 инбредных потомств третьего поколения для опыления стерильных линий было отобрано 8 наименее вариабельных образцов: из раннеспелых – I3 Derbi, I3 Nun 7202 ON, I3 Isi 30230; среднеспелых – I3 Talon и I3 Spirit; позднеспелых – I3 Super nova, I3 Manas и I3 Elenka, с остальными образцами селекционная работа будет продолжена. Все выделенные образцы будут включены в качестве линий опылителей (линия С) в гибридизацию со стерильными линиями, полученными в разделе 3.2.1, для создания гетерозисных гибридов на стерильной основе.

3.2.3. Оценка полученных гибридных комбинаций лука репчатого по хозяйственно ценным признакам

В результате анализа литературных источников и требований сегодняшнего рынка нами была разработана модель гибрида лука репчатого различных сроков созревания, предназначенного для выращивания в яровой культуре в Южном регионе России (табл.38).

Таблица 38. Модель ярового гибрида F_1 лука репчатого для южных регионов.

Признак	Характер проявления
Созревание сутки	100-110 ранние, 101-120 средние, 121 и более поздние
Товарная урожайность, т/га	90-110
Индекс формы луковицы	1,0-1,1 (округлая)
Средняя масса луковицы	140-160 г
Зачатковость	1-2
Хранение	Не менее 6 месяцев для среднеспелых и позднеспелых
Окраска сухих чешуй	Светло-корчневая для ранних, коричневая для среднеспелых, темно-коричневая для позднеспелых,
Фотопериодичность	Среднего дня, нейтрального
Прилегание сухих чешуй	Среднее для ранних, сильное для среднеспелых и позднеспелых
Толщина сухих чешуй	Средняя для ранних, Толстая для среднеспелых и позднеспелых
Устойчивость	Фузариоз, шейковая гниль

В лаборатории луковых культур в 2020 г. с целью подбора высокоэффективных гибридных комбинаций и создания гибридов F1, отобранные стерильные линии включали в различные комбинации скрещивания с лучшими инбредными линиями-опылителями, выделенные нами в процессе исследования.

Всего проведено 20 комбинаций скрещивания в различных группах спелости, но достаточное количество семян получено у 14 комбинаций. Полученные гибридные комбинации сравнивали с общепринятыми для зоны стандартами для каждой группы спелости, а также с разработанной моделью гибрида, результаты оценки показаны ниже.

Таблица 39. Сведения о гибридных комбинациях, г. Крымск, 2020 год

Номер гибридной комбинации	Линия-А		Линия-В		Линия-С	
	Селекционный номер	Название исходного образца	Селекционный номер	Название исходного образца	Селекционный номер	Название исходного образца
1	301	Harrison	1210	CRX 2311	3141	Nun 7202
2	301	Harrison	1210	CRX 2311	3102	Isi 30230
3	301	Harrison	1210	CRX 2311	3004	Derbi
5	701	Safran	1264	Densiti	3202	Talon
6	701	Safran	1264	Densiti	3234	Spirit
7	604	Spirit	1259	Densiti	3202	Talon
10	1105	Katinka	1642	Derek	3353	Супер нова
11	1105	Katinka	1642	Derek	3311	Манас
12	1105	Katinka	1642	Derek	3362	Elenka
14	908	Benefit	1475	Leon	3353	Супер нова
15	908	Benefit	1475	Leon	3311	Манас
16	908	Benefit	1475	Leon	3362	Elenka
18	908	Benefit	1305	Elenka	3353	Супер нова
19	908	Benefit	1305	Elenka	3311	Манас

Окраска листа у ранних образцов представлена светло зеленым и т-зеленым цветами, восковой налет средний, изгиб листа слабый. Среднеспелые и позднеспелые образцы имеют слабый изгиб листа, темно-зеленую и зеленую окраску листа, а также средний и сильный восковой налет. Таким образом, все представленные гибриды по морфологическим признакам листа соответствуют стандартам (табл.40).

Таблица 40. Характеристика гибридных комбинаций лука репчатого по признакам габитуса растения, г. Крымск, 2021 год

Номер гибридной комбинации	Изгиб листа	Окраска листа	Восковой налет листа
Раннеспелые			
F1 Bonus, st	слабый	зеленый	средний
1	слабый	зеленый	средний
2	слабый	т. зеленый	средний
3	слабый	зеленый	средний
Среднеспелые			
F1 Talon, st	слабый	т.зеленый	сильный
5	слабый	зеленый	средний
6	слабый	т.зеленый	сильный
7	слабый	зеленый	средний

Продолжение таблицы 40

Номер гибридной комбинации	Изгиб листа	Окраска листа	Восковой налет листа
позднеспелые			
F1 Dajtona, st	слабый	зеленый	сильный
10	слабый	зеленый	сильный
11	средний	зеленый	сильный
12	слабый	зеленый	сильный
14	слабый	зеленый	сильный
15	слабый	т.зеленый	сильный
16	слабый	зеленый	сильный
18	слабый	зеленый	сильный
19	слабый	зеленый	средний

Индекс формы луковицы, согласно модели сорта, должен быть на уровне 1-1,1, такому параметру соответствуют 9 гибридов из 14 (табл.41, рис.55). Исключение составили: раннеспелая комбинация №1; среднеспелые комбинации – №4 и №5; позднеспелые – №14 и №16.

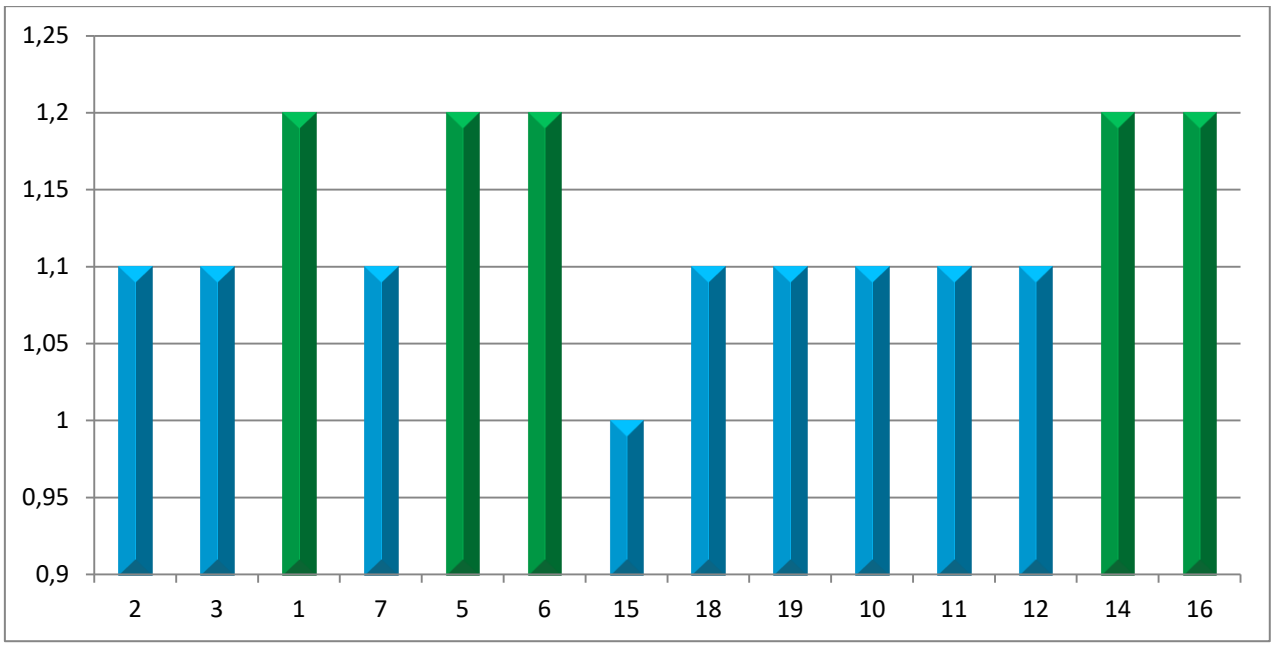


Рис.55. Оценка гибридных комбинаций по признаку «индекс формы». Синим цветом выделены образцы, соответствующие модели сорта, г. Крымск, 2021 год

Все исследуемые гибриды имели 1-2 зачатка в гнезде (табл.41). Стоит выделить гибриды под номерами 3, 7, 15, 18, 19, имеющие округлую форму луковицы с низким коэффициентом вариации.

Таблица 41. Характеристика гибридных комбинаций лука репчатого различных групп спелости по индексу формы и зачатковости, г. Крымск 2021 год

Номер гибридной комбинации	Индекс формы, h/d	Коэффициент вариации, Cv%	Зачатковость, шт.
Раннеспелые			
F1 Bonus, st	1,0	11,5	1,3
1	1,2	8,8	1,4
2	1,1	14,7	1,2
3	1,1	13,9	1,6
Среднеспелые			
F1 Talon, st	1,0	10,2	1,0
5	1,2	14,7	1,0
6	1,2	14,9	1,3
7	1,1	12,0	1,0
Позднеспелые			
F1 Dajtona, st	1,0	9,8	1,2
10	1,1	14,2	1,2
11	1,1	12,5	1,2
12	1,1	12,7	1,0
14	1,2	13,0	1,1
15	1,0	9,1	1,0
16	1,2	9,8	1,2
18	1,1	9,9	1,1
19	1,1	11,9	1,4

Степень сохранности важна для лука репчатого среднего и позднего срока созревания, предназначенного для потребления в зимне-весенний период. Результаты исследования по этому показателю изображены на рисунке 56.

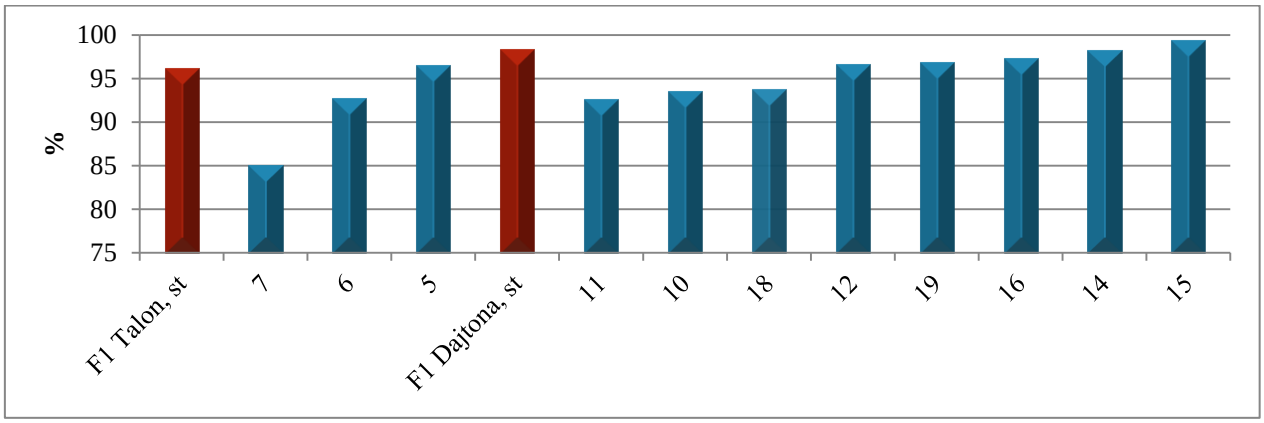


Рис. 56. Оценка среднеспелых и позднеспелых гибридных комбинаций по степени сохранности, после пяти месяцев хранения, г. Крымск, 2021 год

У среднеспелых образцов только у гибридной комбинации под номером 5 отмечена высокая степень сохранности, соответствующая стандарту F1 Talon. Из 8 позднеспелых гибридных комбинаций у пяти образцов отмечена степень сохранности, превышающая 95%, как и у стандарта F1 Dajtona. Среди них можно выделить образцы №14 и №15 с максимальным уровнем сохранности.

Слабое поражение вершинной гнилью отмечено у 8 гибридных комбинаций из 14 (табл.42). По твердости сухих чешуй среди ранних образцов можно отметить комбинации скрещивания №1, №3. У среднеспелых образцов выделилась комбинация №7. Гибридные комбинации под номерами 19 и 18 выделились среди позднеспелых образцов.

Таблица 42. Характеристика гибридных комбинаций лука репчатого различных групп спелости по степени твердости сухих чешуй, г. Крымск, 2021 год

Номер гибридной комбинации	Твердость сух. чеш, кг/м^2	Коэффициент вариации, Cv %	Поражение фузариозной гнилью, балл
Раннеспелые			
F1 Bonus, st	33,1	28,9	2
1	28,7	30,0	3
2	23,3	21,0	3
3	27,6	35,0	2
Среднеспелые			
F1 Talon, st	37,5	24,2	2
5	30,9	35,3	2
6	35,0	35,8	3
7	32,7	27,4	2
Позднеспелые			
F1 Dajtona, st	40,3	31,9	2
10	32,5	34,2	2
11	34,9	27,9	3
12	35,8	34,6	3
14	32,7	37,2	2
15	35,0	36,6	2
16	33,5	31,2	3
18	36,2	31,5	2
19	36,1	29,2	2

Испытание гибридных комбинаций позволило оценить их по массе луковицы, ее однородности и урожайности (табл. 43). Так как в опытах гибридные комбинации были высажены через рассаду, то на 1 м^2 размещалось 56 растений. В промышленной технологии возделывания лука репчатого используется 8-ми строчная схема посева, где на 1 м^2 расположено 90 растений и 900 тыс. растений на 1 га соответственно. Поэтому мы расчитали потенциальную урожайность исходя из этих условий.

Таблица 43. Характеристика гибридных комбинаций лука репчатого различных групп спелости по массе луковицы и урожайности, г. Крымск, 2021 год

Номер гибридной комбинации	Средняя масса		масса, г		Средняя масса, г.	масса	Стандартная урожайность			Потенциальная урожайность т/га
	г	Cv %	♀	♂		эффект гетерозиса, %	кг/м^2	откл от st.	%	
Раннеспелые										
F1 Bonus, st	128,9	21,6					6,5		98	103
1	92,8	25,3	115,8	102,5	109,2	-15,0	5,2	-1,4	98	74
2	111,9	31,5	115,8	120,5	118,2	-5,3	5,4	-1,2	94	90
3	116,0	30,3	115,8	105,4	110,6	4,9	5,7	-0,8	95	93
НСР 0,5							1,0			
Среднеспелые										
F1 Talon, st	118,1	25,3					5,9		97	95
5	133,0	31,2	130,6	103,8	117,2	13,5	6,5	**1,0**	94	106
6	131,6	25,2	130,6	120,3	125,5	4,9	6,3	**0,6**	96	105
7	122,5	38,2	109,2	103,0	106,1	15,5	6,0	**0,2**	93	98
НСР 0,5							0,9			
Позднеспелые										
F1 Dajtona, st	122,4	26,0					6,1		96	98
10	136,8	29,8	123,2	109,4	116,3	17,6	**7,2**	**1,1**	**94**	**109**
11	125,5	28,4	123,2	124,3	123,8	1,4	6,1	0,0	95	100
12	128,2	34,4	123,2	124,3	123,8	3,6	6,3	0,2	94	103
14	126,3	32,5	121,0	109,4	115,2	9,6	5,8	-0,3	93	101
15	133,2	36,3	121,0	124,3	122,7	8,6	**6,9**	**0,8**	**94**	**107**
16	116,4	30,8	121,0	124,3	122,7	-5,1	5,8	-0,3	95	93
18	130,9	35,2	122,6	109,4	116,0	12,8	6,8	**0,7**	**94**	**108**
19	137,6	27,5	122,6	124,3	123,5	11,5	**7,4**	**1,3**	**96**	**110**
НСР 0,5							0,9			

У раннеспелых образцов лучшие результаты по стандартной и потенциальной урожайности показал гибрид под номером 3, в котором в качестве отцовской линии использовали I3 Derbi. В данной гибридной комбинации отмечен положительный гетерозисный эффект по массе луковицы. Наиболее выровнен по массе луковицы гибрид под номером 1 с отрицательным значением эффекта гетерозиса, но из-за небольшого размера луковицы имел низкую урожайность.

Среднеспелые гибридные комбинации, в которых проявился положительный гетерозисный эффект по массе луковицы, показали довольно хорошие результаты. Одна из них под номером 5 по урожайности превысила стандарт, а также выделилась по массе луковицы и ее выровненности. Гибридные комбинации под номарами 5 и 6 отличились по уровню потенциальной урожайности.

В позднеспелой группе высокий положительный эффект гетерозиса по массе луковицы отмечен во всех гибридных комбинациях, где в качестве отцовской линии использовали I3 Super nova (9,6-17,6%), гибридные комбинации под номерами 10,14,18. Среди материнских форм в этом отношении интересна линия BC1 (Benefit x Elenka), в комбинации с которой эффект гипотетического гетерозиса составил 11,5-12,8%, гибридные комбинации под номерами 18, 19 с макисмальным уровнем потенциальной урожайности.

Среди гибридных комбинаций, где в качестве материнской линии использовали BC1 (Benefit x Elenka) по высокой урожайности (7,4 кг/м^2), массе луковицы и низкому коэффициенту вариации выделилась комбинация №19. Из трех позднеспелых гибридных комбинаций, где в качестве материнской формы использовали BC1(Katinka x Derek), лучший показатель по урожайности (7,2 кг/м^2), а также размеру луковиц и ее однородности отмечен у гибрида №10, где в качестве отцовской линии использовали I3 Супер нова.

С материнской линией, полученной на базе образцовBenefit и Leon, также получено 3 комбинации скрещивания, из которых гибрид под номером

15 был лучшим, его стандартная урожайность составила 6,9 кг/м^2, потенциальная – 107 т/га.

Таким образом, в результате проделанной работы по комплексу хозяйственно ценных признаков и устойчивости к вершинной гнили выделены три наиболее перспективные гибридные комбинации, отвечающие основным параметрам моделей гибридов лука репчатого разных сроков созревания:

- F1 (BC1(Harrison x CRX) x I3 Derbi), (гибрид №3) сочетающая в себе раннеспелость, урожайность, округлую форму луковицы, твердые сухие чешуи (рис.57);
- F1 (BC1 (Spirit x Densiti) x I3 Talon), (гибрид №7) имеющая среднеспелый срок созревания, высокую степень сохранности, округлую форму луковицы, твердые сухие чешуи (рис.59).
- F1 (BC1 (Benefit x Elenka) x I3 Манас) (гибрид №19) – выделилась среди позднеспелых образцов по урожайности, а также имеет округлую форму луковицы и твердые сухие чешуи (рис.58);

Рис.57. F1(BC1(Harrison x CRX) x I3 Derbi)

Рис.58 F1 (BC1 (Benefit x Elenka) x I3 Манас)

Рис.59. F1 (BC1 (Spirit x Densiti) x I3 Talon)

В дальнейшем с выделенными образцами будет проведено конкурсное сортоиспытание. После успешных испытаний они будут переданы на регистрацию в госкомиссию.

3.2.4. Оценка удвоенных гаплоидов лука репчатого по основным хозяйственно ценных признакам

Получение DH–растений. В лаборатории биотехнологии ООО «Семеновод» были получены удвоенные гаплоиды лука репчатого методом культуры семяпочек, основные этапы которого схематично представлены на рисунке 60. Для их создания были подобраны 27 наиболее ценных селекционных образцов (см. методику), которые по данным лаборатории биотехнологии отличались отзывчивостью к эмбриогенезу (рис.61, приложение Н, I).

Рис. 60. Технологическая цепочка этапов получения DH –растений лука репчатого в культуре семяпочек, г. Крымск, 2017-2018 годы :
1 – созревание бутонов на питательной среде;
2 – образование эмбриоидов;
3,4 – корнеобразование эмбриоидов и удвоения колхицином;
5 – укоренение DH –растений *in vitro* ;
6 –укоренения и адаптации DH –растений *in vivo*.

Большая часть взятых в работу генотипов оказались неотзывчивыми и не формировали эмбриоиды из бутонов на питательной среде, их доля составила 44%.

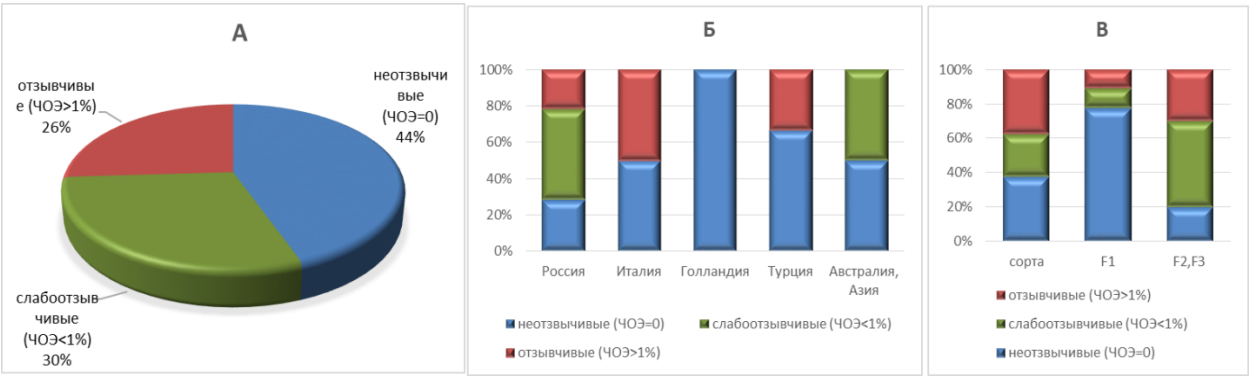


Рис.61. Распределение образцов по степени отзывчивости к эмбриогенезу при культувировании бутонов на питательной среде (метод гиногенеза) по всей совокупности образцов (А), в пределах групп по происхождению (Б) и в пределах групп образцов с разным типом популяции (В) за 2017-2018 годы.

Остальные образцы разделились примерно поровну - на слабоотзывчивые, у которых средняя частота образования эмбриоидов на 100 бутонов (ЧОЭ) была меньше единицы, и отзывчивые с ЧОЭ более одного эмбриоида – от 1,17 до 3,33 штук на 100 бутонов. В целом отзывчивые были обнаружены среди образцов российской, итальянской и турецкой селекции и один образец из Азии. Образцы из Голландии все оказались неотзывчивыми (рис. 61Б). В пределах образцов с различным типом популяции наименьшее число отзывчивых было среди гибридов F1 (рис.61В).

Всего за два года в совместной работе на базе лаборатории биотехнологии было получено 162 эмбриоида (0,6% от общего числа бутонов) и всего 59 растений (36% от числа эмбриоидов) семи генотипов, которые после пересадки в грунт сформировали развитую корневую систему и листовой аппарат, а также смогли образовать луковицу-севок размером 3-4 см. Анализ плоидности методом проточной цитометрии показал, что среди полученных растений только 40 растений являются удвоенными гаплоидами, остальные – гаплоиды или миксоплоиды. Выделенные DH–растения были переданы в наш отдел селекции для дальнейшей оценки и получения семенного потомства.

Выращивание DH–растений и структура полученных луковиц на разных стадиях развития. Для дальнейшего роста и развития, полученные DH–растения лука репчатого выращивали в открытом грунте. Во время всего периода выращивания (от севка до цветения) проводили стандартные технологические мероприятия: полив, подкормку минеральными удобрениями, рыхление, прополку, обработку инсектицидами и фунгицидами.

Исходно в апреле было высажено 40 DH-растений, из них было собрано 35 луковиц севка, остальные поразились шейковой гнилью и полностью сгнили (табл.38). После селекционной оценки луковицы были досушены в течение семи суток в вентилируемом помещении, закрытом от прямых солнечных лучей и для лучшей сохранности в зимне-весенний период помещены в холодильник при температуре +1..+3^{0}С. За весь период хранения

полное усыхание луковиц было отмечено у 10 луковиц, вследствие развития болезни сгнили 5 луковиц (табл.44).

Таблица 44. Структура DH-растений лука репчатого различного происхождения по качеству луковиц на разных стадиях развития, г. Крымск, 2019-2021 годы

Название исходной популяции DH-растений	Число луковиц севка, шт.						Число маточных луковиц, шт.					
	выращено, 2019 г.			после хранения 2019-2020 гг.			выращено, 2020 г.			после яровизации 2020-2021 гг.		
	всего высажено	больных	заложено на хранение	усохшие	больные	высажено	не сформировал и луковицу нужного размера	больные	заложено на яровизацию	усохшие	больные	здоровые
Spring joy	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Цефей	3	0	3	0	1	2	1	1	0	0	0	0
Polaks	6	1	5	1	2	2	1	0	1	1	0	0
Галилео	5	0	5	2	1	2	1	1	0	0	0	0
Elenka	11	1	10	2	0	8	4	0	4	0	0	4
Super nova	6	0	6	2	0	4	0	1	3	0	1	2
Derek	5	1	4	2	0	2	1	0	1	0	1	0
Всего	40	5	35	10	5	20	8	3	9	1	2	6

В апреле 2020 года все сохранившиеся растения были высажены в открытый грунт (рис.62).

Рис. 62. Развитие луковиц DH-линий в открытом грунте после хранения, г. Крымск, 2020 год

К концу июля маточную луковицу, размером более 3 см, образовали только 9 образцов. Далее маточные луковицы после окончательного созревания и последующей сушки хранили в условиях с температурой +6… +8^{0}С для прохождения стадии яровизации, стимуляции перехода к генеративной стадии развития. После яровизации сохранилось только шесть луковиц (табл.44).

Наибольшие потери после хранения произошли в результате усыхания луковиц, которому подверглись шесть образцов из семи. При этом высокие потери (40%) наблюдаются у образца «Галилео». Также в процессе хранения сгнили пять луковиц, относящиеся к генотипам: Spring joy, Polaks, Цефей, Elenka. Маточную луковицу сформировали только 9 образцов из 20 сохранившихся, общий выход маточных луковиц составил 45%. Наибольший выход маточных луковиц отмечен у образца «Super nova» -75%, который также как и «Elenka» успешно прошел стадию яровизации.

Характеристика DH-растений по селекционно ценным признакам луковиц. В 2019 году в полевых условиях луковицы севка DH-растений были получены в пределах всех семи исходных популяций. Их характеристика представлена в таблице 45.

Таблица 45. Качественная и количественная оценка лука-севка DH-линий лука репчатого, г. Крымск, 2019 год

Название исходного образца DH-растений	Количество вызревших луковиц, шт.	Диаметр луковиц, см	Форма луковицы	Окраска сухих чешуй	Интенсивность окраски сухих чешуй
Spring joy	2	1-1,6	округлая	коричневая	светлая
Цефей	3	1-1,4	округлая	коричневая	светлая, средняя
Polaks	5	1-1,6	округлая	коричневая	светлая, средняя
Галилео	5	1-1,6	округлая	коричневая	светлая, средняя
Elenka	10	1-2,0	округлая/широкоэллиптич.	коричневая	светлая, средняя
Super nova	6	1-2,2	округлая	коричневая	светлая, средняя
Derek	4	1-1,4	округлая/широкоэллиптич.	коричневая	средняя, сильная

Изменчивость диаметра луковиц севка была незначительной и у большинства растений он не превышал 1,6 см. Все образцы, за исключением «Derek», имели коричневую окраску светлой и средней интенсивности и были округлой формы. Больше всего луковиц округлой или широкоэллиптической формы с большим диаметром (до 2,2 см) было собрано у DH-растений, полученных из гибридных потомств «Elenka» и «Super nova», которые показали высокую устойчивость к биотическим и абиотическим факторам и сформировали маточные луковицы, которые сохранились после яровизации (табл. 45).

Так как каждая полученная луковица очень ценна для дальнейшего исследования, то в целях сохранения селекционного материала сравнительная оценка между исходными образцами и полученными из них DH -линиями была проведена только по ряду морфологических признаков, из биометрических признаков учитывалась только масса луковицы (табл. 46).

Таблица 46. Сравнительная оценка маточных луковиц исходных образцов и полученных из них DH-линий, г. Крымск, 2020 год

Название исходного образца DH-растений	Окраска сухих чешуй	Форма луковицы	Толщина сухих чешуй	Сцепление сухих чешуй	Масса луковицы, г
F1 Elenka	коричневая	округлая	средняя	сильное	136
DH-растение 1	коричневая	округлая	толстая	сильное	130
DH-растение 2	коричневая/ желтая	округлая	толстая	сильное	92
DH-растение 3	коричневая	округлая	средняя	сильное	104
DH-растение 4	коричневая	поперечно эллиптическая	средняя	сильное	70
F1 Super nova	коричневая	округлая	толстая	сильное	115
DH-растение 5	коричневая/ желтая	округлая	средняя	среднее	54
DH-растение 6	коричневая	округлая	средняя	сильное	62

По всем параметрам исходному образцу (F1 Elenka) больше всего соответствует DH-растение 1, меньшей массой луковицы обладает DH-растение 3. Отличие по окраске сухих чешуй, их толщине и массе луковицы наблюдается у DH-растение 2. Из всех полученных образцов DH-растение 4 имеет самую низкую массу луковицы, а также выделяется по форме. У всех DH-растение, полученных из образца F1 «Super nova», масса луковицы в два раза меньше исходного образца, по остальным параметрам DH-растение 6 соответствует своему родоначальнику, DH-растение 5 отличается по окраске, а также имеет более низкие показатели по толщине и сцеплению сухих чешуй.

На рисунке 63А родоначальниками луковиц DH-растений под номерами 1-4 является «Elenka», под номерами 5 и 6 – «Super nova». Для дальнейшей работы были отобраны только те, которые имели округлую форму луковицы однородно темного цвета (рис.63 Б).

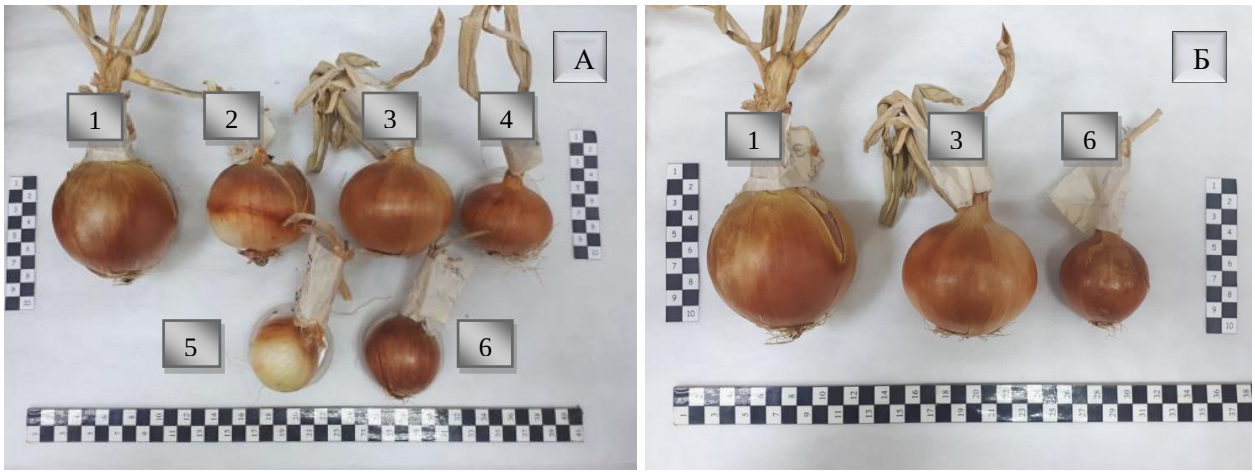


Рис. 63. Маточные луковицы DH-растений лука репчатого, прошедшие яровизацию (А) и маточные луковицы, отобранные для дальнейшего использования (Б), г.Крымск, 2020 год

Развитие семенных DH-растений и их опыляющая способность. В апреле 2021 года отобранные маточные луковицы были высажены для получения инбредных семян и опыления со стерильной линией. Для обеспечения целостности луковиц ПЦР-анализ для выявления генотипа по признаку ЦМС был проведен на зеленых листьях, перед цветением. В результате анализа у выделенных DH-растений был выявлен следующие генотипы: N/MsMs (DH-растение 1), N/msms (DH-растение 3) и S/MsMs (DH-

растение 6), которые должны обеспечивать фертильность растений. При этом DH-растение 3, имеющее генотип N/msms, может представлять интерес как закрепитель стерильности и как опылитель, так как при скрещивании со стерильной материнской формой даст стерильный гибрид и тем самым позволяет защитить авторские права селекционера. Другие DH-растения могут быть использованы при создании отцовских линий-опылителей для гибридов лука репчатого, так как их инбредное потомство должно быть выровнено по морфологическим признакам, в то время как со многими линиями, полученными традиционными методами селекции в предыдущей главе, требуются еще провести как минимум два поколения инбридинга для достижения константности материала.

В мае 2021 года у полученных линий началось формирование стрелки (рис. 64), а в июне цветение.

Рис. 64. Образование стрелки (слева) и завязывание семян (справа) у DH-линий лука, г. Крымск 2021 год

DH-растение-1 и DH-растение-6 сформировали цветоносы и семена, тогда как у DH-растения-3 образовались редуцированные бутоны, которые не образовывали пыльцу. Поэтому, инбридинг и гибридизация со стерильными формами была проведена только с участием двух фертильных DH-растений 1

и 6, которые относятся к разным генотипам. В качестве материнских форм при скрещивании с DH-растениями были подобраны перспективные стерильные линии: BC1 (Katinka x Elenka) и BC1 (Benefit x Leon), получение и характеристика которых представлены в главе 3.2.1 (табл. 47).

Таблица 47. Гибридные комбинации с DH-линиями лука репчатого, г. Крымск, 2021 год

Стерильная линия		DH-растение, опылитель	
Селекционный номер	Название	Селекционный номер	Название
908/1498	BC1 (Benefit x Leon)	19 A	Elenka – DH -1
1005/1523	BC1 (Katinka x Elenka)	17	Супер нова– DH -6

Для создания более благоприятных условий опыления, все образцы были выкопаны и помещены в закрытое от прямых солнечных лучей место. Далее на каждую гибридную комбинацию был надет изолятор, внутрь которого для улучшения качества опыления были помещены куколки мух, применение которых гораздо эффективней ручного опыления с помощью различных кисточек. Во избежание смешивания семян после завершения цветения стерильное растение и DH-растение опылитель были разделены и на каждое был надет изолятор для дальнейшего созревания семян. Через два месяца были получены семенные потомства от гибридных комбинаций (F_1) и инбридинга (R_o), таблица 48.

Таблица 48. Количество семян у гибридов и DH-линий опылителей, г. Крымск 2021 год

Селекционный номер	Название	Количество семян, шт.
908/1498 x 19 A	F1 (BC1 (Benefit x Leon) x Elenka- DH -1))	68
1005/1523 x 17	F1 (BC1 (Katinka x Elenka) x Супер нова-DH -6))	677
19 A	Ro Elenka – DH-1	70
17	Ro Супер нова– DH-6	186

Не смотря на высокие температуры и влажность воздуха, в гибридной комбинации F1 (BC1 (Benefit x Leon) x Elenka)) получено 68 семян, что достаточно для последующего изучения. У гибрида F1 (BC1 (Katinka x Elenka) x Супер нова)) получено 677 семян, что почти в 10 раз больше, чем у первого гибрида. Среди опылителей DH-растение-6 Super nova также является лидером и более чем в 2,5 раза по числу семян превысила завязываемость DH-растения-1. Это характеризует его как хорошего опылителя, который помимо нужного генотипа, имеет достаточное количество пыльцы для опыления стерильных материнских форм и хорошей завязываемости семян у получаемых гибридов F1.

Таким образом, из 40 DH-растений лука репчатого, полученных в лаборатории биотехнологии и относящихся к семи генотипам: Spring joi, Цефей, Polaks, Галилео, Elenka, Super nova, Derek, в результате роста, развития, хранения, яровизации и цветения получено семенное потомство только от маточных луковиц двух DH-растений, которые относятся к 2 генотипам: «Elenka» и «Супер нова». Такая невысокая эффективность биотехнологического подхода обусловлена самой природой удвоенных гаплоидов: при общем количестве генов у лука более 27000 создание гомозиготной линии, полностью лишенной летальных и полулетальных аллелей, происходит с частотой менее, чем 1/5000 (отношение числа полученных линий к числу посаженных бутонов).

В 2022 году со всеми полученными инбредными потомствами и гибридными комбинациями будут проведены сравнительные испытания, по результатам которых будет принято решение о целесообразности дальнейшего размножения и использования данных DH-линий в селекционной работе и создании гибридов лука репчатого.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате всестороннего анализа 48 коллекционных образцов выделены источники хозяйственно ценных количественных и качественных признаков, среди которых для проведения селекционной работы наибольший интерес по их сочетанию представляют образцы: F_1 CRX 2311, F1 Harrison, Banko и Leon.

2. Скрининг коллекционных образцов по типу цитоплазмы и аллельному состоянию ядерных генов стерильности с помощью Real-time PCR выявил различный уровень их популяционного полиморфизма по признаку ЦМС; фенотипическая оценка встречаемости стерильных форм в полевых условиях подтвердила высокую информативность использованной системы маркеров - общее отклонение фактических данных от PCR-анализа составило 0,2%.

3. По результатам генотипической и фенотипической оценки выделены наиболее ценные источники стерильных форм (S/msms): гибридные популяциии F1 Harrison, F1 Katinka, F1 Benefit, а также фертильные закрепители стерильности (N/msms) – гибридные популяции F1 Super nova, F1 Derek, сортопопуляции Densiti, Banko и Leon, которые необходимы для создания и поддержания материнского компонента трехлинейных гибридов лука репчатого на основе ЦМС.

4. Методами классической селекции (инбридинг и гибридизация) получено и выделено 18 перспективных изогенных пар, максимально схожих между собой по селекционно значимым признакам и низким коэффициентом вариации; создано 39 линий-опылителей, отвечающих требованиям сегодняшнего рынка по следующим показателям: скороспелость, привлекательный внешний вид луковиц, твердость сухих чешуй, выровненность, урожайность, высокая товарность и лежкость.

5. На основе лучших стерильных линий и линий-опылителей создано 14 гибридных комбинаций, из которых выделены три наиболее перспективные: раннеспелая F_1 (BC_1(Harrison x CRX) x I_3 Derbi), среднеспелая F_1 (BC_1 (Spirit

x Densiti) x I3 Talon), позднеспелая F1 (BC1 (Benefit x Elenka) x I3 Манас), отвечающие основным требованиям современной модели сортов.

6. Из 40 DH-растений лука репчатого, созданных методом культуры семяпочек, инбредное семенное потомство Ro получено только у двух генотипов «Elenka» и «Super nova», DH-растения которых проявляют высокую адаптивность к условиям выращивания и хранения, устойчивость к болезням, способность завязывать семена при самоопылении и гибридизации со стерильными линиями. На основе этих DH-растений и стерильных линий получены новые гибридные комбинации: F1 (BC1 (Benefit x Leon) x Elenka-DH -1)) и F1 (BC1 (Katinka x Elenka) x Супер нова-DH-6)), изучение которых позволит оценить селекционную ценность полученного материала.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При создании нового исходного материала лука репчатого для южных регионов РФ в качестве источников хозяйственно ценных признаков можно рекомендовать следующие образцы: *скороспелость* - F1 Muzyka, F1 Bonus, F1; *восковой налет, число и слабый изгиб листьев* - F1 Harrison, F1 Campero и сорт Leon; *светлая интенсивность окраски сухих чешуй* - F1 Центавр, F1 Derbi, F1 Sherman, F1 Muzyka, F1 Harrison, F1 CRX 2313, F1 CRX 2311; *коричневая окраска сухих чешуй* - F1 Super nova, F1 Katinka, F1 Derek, F1 Elenka, Кремень, Leon; *твердость, толщина и сцепление сухих чешуй* - F1 Spring Joy, F1 Nun 0723, F1 Every Joy, F1 Campero, Bolton, F1 Elenka, Leon; *округлая форма луковицы и слабая зачатковость* - F1 Nun 7202, F1 CRX 2311, F1 CVR 712, F1 Harrison, F1 Dajtona, Basar; *масса и товарность луковиц* - F1 Bonus, F1 Sherman, F1 Derbi, F1 Alonso, F1 Proteus, F1 Talon, Banko и Leon; *общая урожайность* - F1 Derbi, F1 Sherman, F1 Tamara, F1 Campero, Densiti, F1 Katinka, F1 Титан; *высокое содержание сахаров* - F1 CRX 2384, F1 CRX 2313, F1 Proteus, F1 Santero, F1 Tamara, F1 Titan, F1 Polaks; *лежкость луковиц* - F1 Talon, F1 Safran, F1 Gordion, F1 Polaks, Кремень, Banko, F1 Benefit, Basar; *относительная устойчивость к фузариознойной гнили* - F1 Bonus, F1 Nun

07206 ONL, F_1 CRX 2311, F1 Talon, F1 Tamara, F1 Benefit, F1 Super nova и F1 Derek.

2. Для ускорения и повышения эффективности селекционного процесса на предбридинговом этапе использовать популяционный скрининг генотипов изучаемого материала по признаку ЦМС на основе маркерных систем Fret 36 (анализ цитоплазмы) и Fret 26 (анализ ядерных генов) методом Real-time PCR; донорами стерильных форм с генотипом *Smsms* являются: F1 Harrison, F1 Katinka, F1 Benefit; фертильных форм - закрепителей стерильности с генотипом *Nmsms* - F1 Elenka, F1 Derek, F_1 CRX 2311, F1 Super nova и F1 Muzyka, а также сорта Banko, Leon и Densiti.

3. Для ускоренного получения гомозиготного линейного материала лука репчатого следует включать в селекционный процесс удвоенные гаплоиды, полученные через культуру семяпочек; в качестве донорных растений использовать отзывчивые к эмбриогенезу генотипы таких образцов, как F_1 Spring Joy, Цефей, F1 Polaks, Галилео, F1 Derek, F1 Elenka, F1 Super nova, среди которых наибольший интерес представляют два последних генотипа.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1.Тико Е.А. Сортоиспытание раннеспелых гибридов F1 лука репчатого в Северо-Кавказском регионе / Е.А. Тико // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – № 39 (3). – С. 181-191.

2.Новые генетические источники цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого *(Allium cepa L.)* / А.Н. Логунов, М.В. Будылин, Е.А. Тико // Овощи России. – 2018. – №2. – С.38-40.

Статьи в прочих изданиях

1. Использование молекулярных маркеров в современной селекции лука репчатого (*Allium cepa L.*) / А.Н. Логунов, М.В. Будылин, Е.А. Тико // Доклады ТСХА: Сб. науч. тр. – М., 2016. – Вып. 288 – С. 194-199.

Список использованой литературы

1.Агафонов А.Ф. Новые сорта луковых культур // Картофель и овощи. – 2005. – №4. – С. 13.

2. Агафонов А.Ф. Состояние и основные направления селекции и семеноводства луковых культур // Овощи России. – 2012. – №3. – С. 12-20.

3. Агафонов А.Ф, Дубова М.В. использование видового многообразия рода аллиум в селекции. Селекция и семеноводство овощных культур в XXI веке, т.1. – Москва. – 2000. – 314 с.

4. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю [Текст] / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сев.-Кавказское упр. гидрометслужбы. – К.: Кн. изд-во, 1961. – 467 с.

5. Алижанова Р.Р. Создание и оценка исходного материала с устойчивостью к ложной мучнистой росе для селекции F1-гибридов лука репчатого / Р.Р. Алижанова: дисс. раб. к. с.-х.н. – Москва – 2019. – 103 с.

6.Амплеева А.Ю. Создание натуральных продуктов функционального назначения на основе овощногосырья / А.Ю. Амплеева, А.Ф. Бухаров, В.Н. Макаров // Сб. науч. трудов по овощеводству и бахчеводству к 110лелетию со дня рожд. Б.В. Квасникова, под ред. акад. С.С. Литвинова. – М. – 2009. – С.44-47.

7. Ахатов А.К. Болезни и вредители овощных культур и картофеля/А.К. Ахатов, Ф.Б. Ганнибал, Ю.И. Мешков, Ф.С. Джалилов, В.Н. Чижов, А.Н. Игнатов, В.П. Полищук, Т.П. Шевченко, Б.А. Борисов, Ю.М. Стройков, О.О. Болошапкина – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2013. – 455 с.

8. Бебрис А.Р. Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на изменение биохимических качеств гибридов лука репчатого в процессе хранения / А.Р. Бебрис, В.А. Борисов, Н.А. Фильрозе, С.А. Масловский, Г.Ф. Монахос // Овощи россии. – 2018. – №4. – С.67-70.

9. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В.Ф. Белик. – М: Агропромиздат. – 1992. – 320 с.

10. Блэк Л. Руководство по болезням лука. Практическое руководство для семеноводов, овощеводов и консультантов по сельскому хозяйству. Л.Блэк, К.Конн, Б.Габор, Д. Као, Д. Луттон / Под редакцией К.Конн, Д.Луттон, С. Розенберг. Перевод с английского Г. Лихман. – 2012. – 71 с.

11. Брежнев Д.Д. Гетерозис у овощных культур. Гетерозис: теория и практика. Научные труды. – Л.: Колос. – 1968. – 256 с.

12. Борисов В.А. Качество и лежкость овощей / В.А. Борисов, С.С. Литвинов, А.В. Романова. - М., 2003. – 627 с.

13. Будылин М.В. Инновации внутри инноваций / М.В. Будылин // Вестник овощевода. – 2020. – № 5-6. – С. 2-5.

14. Буренин В.И. Закономерности наследственной изменчивости овощных и бахчевых культур/ В.И. Буренин, А.М. Артемьева, И.А. Храпалова, Т.М. Пискунова, Л.И. Шашилова // Тр. По прикл. бот., ген., сел, - С.-Пб., 2007. – Т,164. – С. 164-177.

15. Буренин В.И. Отдаленная гибридизация видов рода Allium L. / В.И. Буренин, В.В. Шумилина // Овощи России. – 2016. – №1. – С.10-13.

16. Вавилов Н.И. Генетические основы селекции (1932) // В кн. теоретические основы селекции. – М.:Наука, 1987. – С. 142-184.

17. Вавилов, Н.И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н.И. Вавилов. М.: Колос. – 1966. – 559 с.

18. Вавилов Н.И. Селекция как наука (1934) // В кн. теоретические основы селекции. – М.: Наука, 1987. – С. 28-39.

19. Гиш Р.А. Технология выращивания лука репчатого в яровой и озимой культуре на Кубани в условиях малых форм хозяйствования. Научно-производственное пособие / Р.А. Гиш, Е.Н. Благородова, С.Г. Лукомец – Краснодар. – 2012. – 48 с. ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».

20. Голубкина Н.А. Пищевая ценность салатного лука крымской селекции / Н.А. Голубкина, В.И. Немтинов, Ю.Н. Костанчук, Д. Карузо, А.Ф.

Агафонов, И.С. Мастяев, С.М. Надежкин // Овощи России. – 2020. – №1. С. 74-79.

21. Голубкина Н.А, Пивоваров В.Ф., Надежкин С.М., Лосева Т.А., Соколова А.Я. Глобальный экологический кризис. Проблемы и решения. Москва. – 2013 – 209 с.

22. Гришанов Ю.К. Хозяйственно-биологическая характеристика однолетних сортов лука репчатого в условиях Нижегородской области / Ю.К. Гришанов, В.М. Лебедев // Совершенствование технологии производства и повышение качества продукции растениеводства: материала научной конференции. – Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА. – 2008. – С. 200-202.

23. Домблидес А.С. Поиск генисточников признака стерильности у образцов лука репчатого с использованием ДНК маркеров / А.С. Домблидес // Овощи России. – 2020. – №5. – С. 15-19.

24. Домблидес Е.А. Получение удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus L.*) / С.Н. Белов, А.В. Солдатенко, В.Ф. Пивоваров // Овощи России. – 2019. – №5. – С. 3-14.

25. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд. М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

26. Дубинин С.В., Осихов А.И. Технология возделывания репчатого лука / С.В. Дубинин, А.И. Осихов // Картофель и овощи. – 2014. – № 2. – С. 20.

27. Ибрагимбеков М. Г. Создание исходного материала лука репчатого для селекции длиннодевных полуострых сортов и гибридов/ Ибрагимбеков М. Г.: автореф. к. с.-х.н. – Москва – 2015. – 25 с.

28. Ибрагимбеков М.Г., Ховрин А.Н. Перспективный гибрид лука / М.Г. Ибрагимбеков, А.Н. Ховрин // Картофель и овощи. – 2016. – № 7. – С. 39-40.

29. Ибргимбеков М.Г. Оценка образцов лука репчатого в конкурсном питомнике в условиях Московской области / М.Г. Ибргимбеков, А.Н. Ховрин, О.Р. Давлетбаева // Картофель и овощи. – 2001. – №1. – С.38-40.

30. Изучение коллекции лука и чеснока: Метод. указания / ВАСХНИЛ, ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова; [Составители А. А. Казакова, Л. С. Борисенкова]. – Л.: ВИР. – 1986. – 16 с.

31. Ирков И.И., Берназ Н.И., Багров Р.А., Алексеева К.Л. Защита лука / И.И. Ирков, Н.И. Берназ, Р.А. Багров, К.Л. Алексеева // Картофель и овощи. – 2016. – № 7. – С.14-17.

32. Кармен де Висенте, М. Использование технологий молекулярных маркеров в изучении генетического разнообразия растений. Учебный модуль / М. Кармен де Висенте, Т. Фултон // Под ред. М. Кармен де Висенте. – Итака, Нью-Йорк. – 2003. – 310 с. Русская версия модуля подготовлена под редакцией И.Б. Салахутдинова, М.К. Турдиевой. Ташкент. Узбекистан.

33. Казакова, А.А. Изучение коллекции лука и чеснока: метод. указания / А.А. Казакова, Л.С. Борисенкова. – Л.: ВИР. – 1986. – 16 с.

34. Казакова, А.А. Лук / А.А. Казакова. – Л.: Колос. – 1970. – 359 с.

35. Казакова А.А. Лук. Культурная флора СССР. – Л.: Колос. – 1978. – 264 с.

36. Калмыкова Е.В. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания лука репчатого при орошении в условиях Нижнего Поволжья / Е.В. Калмыкова, А.А. Новиков, Н.Ю. Петров, О.В. Калмыкова // Овощи России. – 2020. – №1. – С. –58-63.

37. Клименко Н.Н. Овощеводство юга России / Н.Н. Клименко // Картофель и овощи. – 2013. – №8. – С.2-4.

38. Кокорева В.А., Юрьева Н.А. Лук и чеснок на приусадебном участке. – М.: Колос, 1993. – 208 с.

39. Королева С.В. Создание линий перца сладкого при селекции на базе ЦМС. Селекция и семеноводство овощных культур. Сборник научных трудов. М. – 2015. – 631 с.

40. Коршунова, А.Д. Основные этапы получения дигаплоидных линий овощных культур / А. Д. Коршунова, М.В. Будылин, А.Ф. Першин // Гавриш. – 2017. – № 6. – С. 20-25.

41. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИИО. – 2011. – 648 с.

42. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. – М.: Россельхозакадемия, ВНИИО. – 2008. – 776 с.

43. Литвинов С.С, Шатилов М.В. Эффективность овощеводства России. Анализ, стратегия, прогноз. – Москва. – 2015. – 140 с.

44. Литвинов С.С. и др. Сорта и гибриды овощных и бахчевых культур России. – М.: Росинформагротех. – 2001. – 244 с.

45. Литовкин А.А. Перспективные сорта лука репчатого для Юга России. Научные труды. – Москва. – 2001. – 164 с.

46. Логунов А.Н. Особенности форм лука репчатого, полученных на основе потенциальной изменчивости сортовых популяций. / А.Н. Логунов, Н.И. Тимин, В.В. Логунова // Доклады ТСХА: изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, М - 2010. Вып.282. часть I, С. 646-648.

47. Логунов А.Н. Использование молекулярных маркеров в современной селекции лука репчатого (*Allium cepa*. L) / А.Н. Логунов, М.В. Будылин, Е.А. Тико // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной VII Квасниковским чтениям. – 2016. – С. 194-199.

48. Любченко А.В. Исходный материал для селекеции лука на адаптивность и качесвто продукции в условиях предгорной зоны репсублики Адыгея / А.В. Любченко: дисс.раб. к.с.-х.н. – С.П. – 2015. – 230 с.

49. Мазай Л.С. Экономическая оценка эффективности выращивания лука / Л.С. Мазай // Молодой ученый. – 2017. – № 1. – С. 217-220.

50. Метлицкий Л.В. Основы биохимии плодов и овощей текст / Л.В. Метлицкий. М: Экономика. – 1976. – 349 с.

51. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (картофель, овощные и бахчевые культуры). – Вып. 4. – М.: Колос. – 1975. – 182 с.

52. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Лук репчатый (Allium cepa L.) и лук шалот (Allium ascalonicum L.) // Офиц. бюл. Гос. комис. РФ по испытанию и охране селекционных достижений. – 2000. – №7. – С. 528-547.

53. Методические указания по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей / Сост. Е.П. Широков и др. – М., ВАСХНИЛ. – 1982. – 34 с.

54. Методические указания по селекции луковых культур. – М., ВНИИССОК. – 2001. – 500 с. Или 1997. 125 с.

55. Монахос С. Г. Интеграция современных биотехнологических и классических методов в селекции овощных культур / Монахос С.Г.: автореф. д-ра с.-х.н. – Москва – 2015. – 35с.

56. Монахос Г.Ф. Селекция и первичное семеноводство: состояние и перспективы / Г.Ф. Монахос // Картофель и овощи. – 2017. – №4. – С. 1-3.

57. Монахос. Г. Ф. Селекция и первичное семеноводство: состояние и перспективы / Г.Ф. Монахос // Картофель и овощи. – 2017. – №3. – С. 2-4.

58. Монахос, С.Г. Создание чистых линий – удвоенных гаплоидов лука репчатого (Allium cepa L) и селекция F1- гибридов на основе современных методов биотехнологии / Г. Ф. Монахос, В.Д. Богданова, Е.М. Ветчинкина. – М.: РГАУ-МСХА. – 2017 – 42 с.

59. Мухина, Ж.М. Молекулярные маркеры и их использование в селекционно-генетических исследованиях. / Ж.М. Мухина // Научный журнал КубГАУ, – 2011. – № 66 (02). – С. 1-11.

60.Мухина М.В. Биопрепараты в защите репчатого лука от грибковых заболеваний / А.П. Голощапов, М.В. Мухина // Достижения науки агропромышленному производству: материалы международной научнопрактической конференции. – Т.1. – Курган: Зауралье, 2004. – С.139-142.

61. Павлова, И.В. Использование ДНК маркеров для изучения цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого (Allium cepa L.) /

И.В. Павлова, Н.П. Купреенко, А.С. Булахова // Овощи России. – 2018. – №4. – С. 16-19.

62. Пивоваров, В.Ф. Луковые культуры / В.Ф. Пивоваров, И.И. Ершов, А.Ф. Агафонов. – М. – 2001. – 500 с.

63. Пивоваров, В.Ф. Биотехнологические приемы в селекции овощных культур / В.Ф. Пивоваров, Н.А. Шмыкова, Т.П. Супрунова // Овощи России. – 2011. – №3(21). – С. 10-17.

64. Пивоваров В.Ф. Итоги и перспективы развития научных исследований ФГБНУ ФНЦО в год 100-летнего юбилея А.В. Солдатенко, О.Н. Пышная, Л.К. Гуркина // Овощи России. – 2021. – №3. – С.15-23.

65. Пивоваров, В.Ф. Овощи России / Пивоваров В.Ф. – М.: ГНУ ВНИИССОК. – 2006. – 384 с.

66. Пивоваров В.Ф. Овощеводство – одно из приоритетных направлений сельскохозяйственного производства В.Ф. Пивоваров, А.В. Солдатенко, О.Н. Пышная, С.М. Надежкин // Овощи России. – 2020. – №1. – С. 3-15.

67. Пивоваров В.Ф. 95-летний путь ВНИИССОК. Селекция и семеноводство овощных культур. Сборник научных трудов/О.Н. Пышная, Л.К. Гуркина, Т.С. Науменко. – М. – 2015. – 631 с.

68. Пивоваров, В.Ф. Селекция и семеноводство овощных культур / В.Ф Пивоваров. – М. – 2007. – 816 с.

69. Практическое руководство для семеноводов, овощеводов и консультантов по сельскому хозяйству // Под редакцией Кевин И. Конн, Джеффри С. Луттон, Стейси А. Розенбергер. Пер с англ. Г. Лихман. Seminis – 2012 – 71 с.

70. Прохоров, И.А. Селекция и семеноводство овощных культур / И.А. Прохоров, А.В. Крючков, В.А Комиссаров В.А. – М.: Колос. – 1997. – 480 с.

71. Романов В.С., Молчанова А.В., Павлова О.В.,Тареева М.М. Селекционная и биохимическая характеристика форм лука, созданных на основе межвидовой гибридизации /В.С. Романов, А.В. Молчанова, О.В. Павлова, М.М. Тареева // Овощи России. – 2018. – №6. – С.23-25.

72. Романов В.С. Создание и комплексная оценка луковичных форм межвидовых гибридов лука *A.cepa* x *A. Fistulosum* / В.С. Романов, Н.И. Тимин // Овощи России. – 2016. – № 2. – С.19-24.

73. Ротаренко В.А. Корреляция признаков на диплоидном и гаплоидном уровне. Селекция и семеноводство овощных культур в XXI веке, Т.2, Москва. – 2000. – 458 с.

74. Старцев В.И. Моделирование сортов в селекции овощных культур / В.И. Старцев, О.А. Разин, Л.Л. Бондарева, В.А. Заячковский, А.В. Темичев // Картофель и овощи. – 2005. – №4. – С. 8.

75. Седых Т.В. Зависимость качества лука от сортовых особенностей / Т.В. Седых, Н.К. Трубина // Аграрная наука на современном этапе: сб.науч.тр. –Тюмень. – 2004. – С. 211-213.

76. Степанов, Н.Н. Ранние гибриды лука для юга России /Н.Н. Степанов, В.В. Огнев, Н.В. Гереськина // Картофель и овощи. – 2017. – № 27. – С. 27-28.

77.Тараканов И.Г. Особенности роста и развития лука репчатого с разной фотопериодической чувствительностью / И.Г. Тараканов, С. Сарати, Н.П. Соколова // Известия ТСХА. – 1988. – Вып 1. – С. 108-113.

78. Татюма Н.В. Астраханская наука для реального овощеводства / Н.В. татюма // Картофель и овощи. – 2021. – №2. – С.11-12.

79. Тимин Н.И. К 120-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Научное наследие академика Николая Ивановича Вавилова и селекционно-генетические проблемы овощных растений / Н.И. Тимин // Овощи России. – 2008. – №1-2. – С.83-86.

80. Триппель В.В. Эколого-биологическая изменчивость и ее использование в селекции и семеноводстве лука репчптого и чеснока. Под редакцией Литвинова С.С., Москва. – 2007. – 210 с.

81. Хаджинов М.И. Генетические основы цитоплазматической мужской стерильности. Гетерозис: теория и практика. Научные труды. – Л.: Колос. – 1968. – 265 с.

82. Хайсин М. Ф. Устойчивость сортов репчатого лука (Allium cepa L.) к пероноспорозу Peronospora destruktor / М. Ф. Хайсин // Защита овощных культур от болезней и сорняков. - Кишинев: Штиинца, 1978. - С. 21-36.

83. Хлесткина, Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е.К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – ТОМ 17. – № 4/2. – С.1044-1054.

84. Ховрин, А.Н. Производство и селекция лука репчатого в России / А.Н. Ховрин, Г.Ф. Монахос // Картофель и овощи. – 2014. – № 7. – С. 18-21.

85. Церевитинов Ф.Б. Химия и товароведение свежих плодов и овощей / Ф.Б. Церевитинов. М.: Госторгиздат. – 1949. – 611 с.

86. Черемушкина В.А. Биология луков Евразии, Новосибирск. – 2004. – 276 с.

87. Чесноков Ю.В. Генетические маркеры: сравнительная классификация молекулярных маркеров / Ю.В. Чесноков // Овощи России. – 2018. – №3. – С.11-15.

88. Чистова, А.В. Влияние антимитотических агентов на гиногенные эмбриоиды лука / А.В. Чистова, Е.М. Ветчинкина, С.Г. Монахос // Картофель и овощи. – 2016. – № 7. – С. 37.

89. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ лука репчатого (Allium cepa L.). – ЧССР, Оломоуц. – 1980. – 42 с.

90. Шмыкова Н.А. Биотехнологические и молекулярно – генетические методы в селекции овощных культур (к 95-летию ВНИИССОК) / Н.А. Шмыкова, Т.П. Супрунова, В.Ф. Пивоваров // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Том 50. – № 5. – С. 561-570.

91. Шмыкова Н.А. Перспективы получения удвоеннных гаплоидов растений семейства *Cucurbitaceae* / Н.А. Шмыкова, Г.А Химич, И.Б. Коротцева, Е.Ф. Домблидес // Овощи России. – 2015. – №3-4. – С. 28-34.

92. Шмыкова Н. А., Шумилина Д.В., Бондарева Л.Л., Заболоцкая Е.А. Усовершенствование DH-технологии получения удвоенных гаплоидов

капусты брокколи. Селекция и семеноводство овощных культур. Сборник научных трудов. Москва. – 2015. – 631 с.

93. Штайнерт Т.В. и др. Создание и использование генофонда луковых рстений в Сибири / Т. В. Штайнерт, А.В. Алилуев, Л.М. Авдеенко, Е.Г. Гринберг // Овощи россии. – 2018. – № 3. – С. 16-21.

94. Эйдлин Я.Т. Маркер-опосредованный отбор при создании устойчивых к пероноспорозу линий закрепителейц стерильности лука репчатого *(Allium cepa L)* / Я.Т. Эйдлин, Г.Ф. Монахос, С.Г. Монахос // Овощи России. – 2021. – №3. – С.34-39.

95. Виды и способы получения исходного материала [Электронный ресурс] http://agro-portal24.ru/selekciya/403-vidy-i-sposoby-polucheniya-ishodnogomateria la.html.

96. Выявление стерильных растений лука [Электронный ресурс] http://www.activestudy.info/vyyavlenie-sterilnyx-rastenij-luka/.

97. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Электронный ресурс] // ФГБУ Госсорткомиссия http://reestr.gossortrf.ru (дата обращения: 20.03.2020).

98. Исследование рынка производства овощей в России [Электронный ресурс]http://moneymakerfactory.ru/biznes-idei/biznes-po-proizvodstvu-ovoschey/.

99. Закрепление стерильности лука [Электронный ресурс] http://www. activestudy.info/zakreplenie-sterilnosti-luka/.

100. Лук, история культуры [Электронный ресурс] http://www.inqui. ru/2013/01 /onion.html.

101. Луковые – семейство Alliaceae – Описание таксона [Электронный ресурс] https://www.plantarium.ru/page/view/item/41315.html.

102. Лук репчатый. Происхождение и распространение [Электронный ресурс] http://www.ovoschevodstvo.ru/luk-repchatyi/proiskhojdenie-i-rasprostra nenie.html.

103. Лук репчатый польза и вред вкус лука [Электронный ресурс] http://kulinarika ru/ru/p/42/luk-riepchatyi.

104. Лук – род Allium – Описание таксона – Плантариум [Электронный ресурс] https://www.plantarium.ru/page/view/item/41316.html.

105. Молекулярно-генетическая природа цитоплазматической мужской стерильности растений [Электронный ресурс] http://www.vuzllib.su/books/5358-Даниленко_Н_Г_/24-Молекулярно-генетическая_природа_мужской стерильности_растений.

106. Особенности химического состава лука репчатого [Электронный ресурс] http://www.activestudy.info/osobennosti-ximicheskogo-sostava-repchatogo-luka/.

107. Полимеразная цепная реакция в реальном времени [Электронный ресурс]https://ru.wikipedia.org/wiki/Полимеразная_цепная_реакция_в_реальном _времени.

108. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций http://www.fao.org/faostat/ru/#home.

109. Российский рынок репчатого лука: основные тенденции [Электронный ресурс] http://www.agropraktik.ru/blog/465.html.

110. Рынок овощей в 2015 году: тенденции, прогнозы, и перспективы [Электронный ресурс] http://ab-centre.ru/news/rynok-ovoschey-v-2015-godu-tendencii-prognozy-i-perspektivy.

111. Селекция сортов лука для открытого грунта [Электронный ресурс] http://www.activestudy.info/selekciya-sortov-luka-dlya-otkrytogo-grunta/.

112. Семейство луковые (Alliaceae) [Электронный ресурс] http://molbiol.ru/ wiki/(жр)_Семейство_луковые_(Alliaceae).

113. Справочник пестицидов и ядохимикатов 2021 [Электронный ресурс] https://www.agroxxi.ru/goshandbook.

114. Федеральная служба государственной статистики https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282.

115. Фузариозная гниль донца [Электронный ресурс] https://www.syngenta.ru/target/fusarium-oxysporum-f-culmorum.

116. Цитоплазматическая мужская стерильность [Электронный ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Цитоплазматическая_мужская_стерильность http://medlec.org/lek-61286.html.

117. Цитоплазматическая стерильность и ее использование в селекции [Электронный ресурс] http://studopedia.ru/12_191907_tsitoplazmaticheskaya-muzhskaya-sterilnost-i-ee-ispolzovanie-v-selektsii.html.

118. Эмбарго на импорт – AgroXXI. Перспективы и последствия для России [Электронный ресурс] http://www.agroxxi.ru/stati/yembargo-na-import.html.

119. Bacher J.W. Inheritance of resistance to Fusarium oxysporum f.sp. cepae in cultivated onions In: L.Jensen (Ed.), Proc / J.W Bacher, S. Pan, L. Ewart // Natl. Onion Res. Conf. Boise. – 1989. – P.85-91.

120. Bang, H. Development of simple PCR-based markers linked to the Ms locus: a restorer-of-fertility gene in onion (Allium cepa L.) / H. Bang, D.Y. Cho, K.S. Yoo, M.K. Yoon, B.S. Patil, S. Kim // Euphytica. – 2011. – V. 179. – P. 437–449.

121. Banga, H. Development of a codominant CAPS marker linked to the Ms locus controlling fertility restoration in onion (Allium cepa L.) / H. Banga, S.I. Kimb, S.O.K. Parka, S. Yooa, A.B.S. Patil // Scientia Horticulturae. – 2013. – V.153. – P. 42–49.

122. Berninger, E. Contribution a l'etude de la sterilite male de l'oignon (Allium cepa L.) / E. Berninger // Ann. Amelior. Plant. – 1965. – V. 15. – P. 183−199.

123. Bohanec, B. Doubled Haploids via Gynogenesis. Advances in Haploid Productions in Higher Plants / B. Bohanec // Springer Science Business Media B.V. – 2009. – P. 35-46.

124. Bohanec, B. Allium Crop Science: Recent Advances / B. Bohanec, H.D. Rabinowich, L. Currah. – L: CABI. – 2002. – V.7. – P. 145-157.

125. Bohanec, B. Studies of gynogenesis in onion (Allium cepa L.): induction procedures and genetic analysis of regenerants / B. Bohanec, M. Jakse, A. Ihanb, B. Javornik // Plant Science. – 1995. – Vol.104. – P. 215-224.

126. Campion, B. Advances in haploid plant induction in onion (*Allium cepa* L.) through in vitro gynogenesis / B. Campion, M.T. Azzimonti, E. Vicini E., et al. // Plant Science. – 1992. – V. 86. – P. 97-104.

127. Campion, B. Gynogenic lines of onion (Allium cepa L.): evidence of their homozygosity / B. Campion, B. Bohanec, B. Javornik // Theor. Appl. Genet. – 1995. – V.91. – P.598-602.

128. Cho, K.S. Determination of Cytoplasmic Male Sterile Factors in Onion Plants (Allium cepa L.) Using PCR-RFLP and SNP Markers / K.S. Cho, T.J. Yang, S.Y. Hong, Y.S. Kwon, J.G. Woo, H.G. Park // Mol. Cells. – 2006 – V. 21.- 3. – P. 411-417.

129. Colombo, N. Review Article The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review / N. Colombo, C.R. Galmarani // Plant Breeding. – 2017. – Vol. – P. 1-17.

130. Davis, E.W. The distribution of the male sterility gene in onion / E.W. Davis // Proc. Am. Soc. Hort. Sci. – 1957. – V. 20. – P.316-318.

131. Dunwell, J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation / J.M. Dunwell // Plant Biotechnology Journal. – 2010. – V. 8. – P. 377-424.

132. Engelke, T. A PCR-based marker system monitoring CMS-(S), CMS-(T) and (N)-cytoplasm in the onion (Allium cepa L.) / T. Engelke, D. Terefe, T. Tatlioglu // Theor. Appl. Genet. – 2003. – V.107. – P. 162–167.

133. Fayos, O. Doubled haploid production from Spanish onion (*Allium cepa L.*) germplasm: embryogenesis induction, plant regeneration and chromosome doubling /O. Fayos, M. P. Vallés, A. Garcés-Claver, C. Mallor, A. M. Castillo // Front Plant Sci. – 2015. V. 6. – 384.

134. Ferreira, R.R. Fertility restoration locus and cytoplasm types in onion R.R. Ferreira / R.R. Ferreira, C.A.F. Santos and V.R. Oliveira // Genetics and Molecular Research. – 2017. – V.16. – P. 1-11.

135. Ferrie, A.M.R. Isolated microspore culture techniques and recent progress for haploid and doubled haploid plant production / A.M.R. Ferrie, K.L. Caswell // Plant Cell Tissue Organ Culture. – 2011. – V. 104. – № 3. – P. 301-309.

136. Ferrie, A. M. R. Current status of doubled haploids in medicinal plants / A.M.R. Ferrie, A. Touraev, B.P. Forster, S.M. Jain // Advances in haploid production in higher plants. – Springer, Berlin, Germany; Heidelberg, Germany; New York, NT, USA. – 2009. – P. 209-217.

137. Forster, B.P. Foreword: gametic cells and molecular breeding for crop improvement / B.P. Forster, S. Tuvesson, J. Weyen // Euphytica. – 2007. –Vol. 158. – P. 273-274.

138. Galván G.A. Genetic variation among Fusarium isolates from onion, and resistance to Fusarium basal rot in related Allium species / G. A. Galván, C. F. S. Koning-Boucoiran, W. J. M. Koopman, K. Burger-Meijer, P. H. González, C. Waalwijk, C. Kik, O. E. Scholten // European Journal of Plant Pathology – 2008. – Vol. 121. – P. 499-512.

139. Germana, M.A. Haploids and Doubled Haploids in Fruit Trees / M.A. Germana, A. Touraev, B. Forster, M. Jain // Advances in haploid production in higher plants. Heidelberg: Springer Science, Business Media B.V. – 2009. – P. 241-263.

140. Gokce, A.F., Havey M.J./Selection at the Ms locus in open pollinated onion (Allium cepa L.) populations possessing S-cytoplasm or mixtures of N- and S-cytoplasms / A.F. Gokce, M.J. Havey // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2006. – V. 53. – P. 1495-1499.

141. Gokce, A.F. Molecular tagging of the Ms locus in onion / A.F Gokce, J. McCallum, Y. Sato, M.J. Havey // J Am Soc. Hort. Sci. – 2002. – V. 127. – P. 576–582.

142. Havey M.J. Seed yield, floral morphology, and lack of male-fertility restoration of male-sterile onion (Allium cepa) populations possessing the cytoplasm of Allium galanthum. Journal of the American Society for Horticultural Science. 1999;124(6):626-629.

143. Havey, M. J. Diversity among male-sterility-inducing and male-fertile cytoplasm of onion / M. J. Havey // Theoretical and Applied. Genetics. – 2000. – V. 101. – P. 778−782.

144. Havey, M.J. Efficacy of Molecular Markers Jnurf13 and AcPms1 for Prediction of Genotypes at the Nuclear *Ms* Locus in Three Open-pollinated Populations of Onion from North America/ M.J. Havey, C. Kohn // HortScience. – 2017. Vol.52: Issue 8. – P. 1052-1053.

145. Havey, M.J. Single Nucleotide Polymorphisms in Linkage Disequilibrium with the Male-fertility Restoration (*Ms*) Locus in Open-pollinated and Inbred Populations of Onion / M.J. Havey // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2013. V.138. – P. 306-309.

146. Jakse, M. Chromosome doubling procedures of onion (*Allium cepa* L.) gynogenic embryos / M. Jakse M, M.J. Havey, B. Bohanec // Plant Cell Rep. – 2003. – V. 21. – P. 905-910.

147. Jones, H. A. Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed / H.A. Jones, A. Clarke // Proc. Am. Soc.Hort. Sci. – 1943. – V. 43. – P. 189−194.

148. Kehr A.E. Pathogenicity of Fusarium oxysporum f.sp. cepae and its interaction with Pyrenochaeta terrestris on onion / A.E. Kehr, M.J. O'Brien, E.W. Davis // Euphytica. – 1962. – Vol. 11. – P. 197-208.

149. Khan, P.S.S.V. Doubled haploid production in onion (Allium cepa L.): from gynogenesis to chromosome doubling / P. S. S.V. Khan, G. Vijayalakshmi, M. MuniRaja, M.L. Naik, M. A. Germanà, R. G. Terry // Plant Cell Tissue and Organ Culture. – 2020. V. Springer Nature B.V. 2020.

150. Kim, S. Application of the Molecular Marker in Linkage Disequilibrium with Ms, a Restorer-of-fertility Locus, for Improvement of Onion Breeding Efficiency / S. Kim, S. Kim // Kor. J. Hort. Sci. Technol. – 2015. Vol. 33(4). – P. 550-558.

151. Kim, S. Identification of a novel chimeric gene, orf725, and its use in development of a molecular marker for distinguishing three cytoplasm types in

onion (*Allium cepa* L.) / S. Kim, E. Lee, D.Y. Cho, T. Han, H. Bang, B.S. Patil, Y.K. Ahn, M.Yoon // Theor. Appl. Genet. – 2009. – V. 118. – P. 433–441.

152. Kim, S. Comparison of mitochondrial and chloroplast genome segments from three onion (*Allium cepa* L.) cytoplasm types and identification of trans-splicing intron of cox2 / S. Kim, M. Yoon // Current Genetics. – 2010. – V. 56 – P. 177-188.

153. King, J. J. A low-density genetic map of onion reveals a role for tandem duplication in the evolution of an extremely large diploid genome /. J. J. King, J. M. Bradeen, O. Bark, J. A. McCallum, M. J. Havey // Theor Appl Genet. 1998. - № 96.-C. 52-62.

154. Krueger S.K. Combining ability among inbred onions for resistance to fusarium basal rot / S.K. Krueger, A.A. Weinman, W.H. Gabelman // Hort Science. – 1989. – Vol. 24. – P. 1021-1023.

155. Liu, B. Development of a genotyping method for onion (*Allium cepa L.*) male-fertility based on multiplex PCR / B. Liu,Y. Huo,Y. Yang, L. Gao,Y.Yang & X. Wu // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2019. – V. 95. – P. 203-210.

156. Sam R. Eathington. Molecular markers in a commercial breeding program / Sam R. Eathington, Theodore M. Crosbie, Marlin D. Edwards, Robert S. Reiter, Jason K. Bull.// Crop Science. – 2007. – № 47 (S3). – P.154-163.

157. Santos, F.C.A. Marker-assisted selection of maintainer lines within an onion tropical population / C. A. F. Santos, D. L. Leite, V. R. Oliveira, M. A. Rodrigue // Sci. Agric vol.67 No.2 Piracicaba Mar./Apr. 2010. - P. – 223-227.

158. Sulistyaningsih, E. Flower bud culture of shallot (*Allium cepa* L. aggregatum group) with cytogenetic analysis of resulting gynogenic plants and somaclones / E. Sulistyaningsih, Y. Aoyagi, Y. Tashiro // Plant Cell, Tissue and Organ Culture – 2006. – Vol. 86. – P. 249-255.

159. Taylor A. Assembly and characterisation of a unique onion diversity set identifies resistance to Fusarium basal rot and improved seedling vigour / A. Taylor, G. R. Teakle, P. G. Walley, W. E. Finch-Savage, A. C. Jackson, J. E. Jones, P.

Hand, B. Thomas, M. J. Havey, D. A. C. Pink, J. P. Clarkson // Theoretical and Applied Genetics. – 2019. – Vol. 132. – P.3245-3264.

160. Tsutsui K. Inheritance of resistance to Fusarium oxysporum in onion / K. Tsutsui // MS Thesis. Univ. Wisconsin, Madison. – 1991.

161. Tuvesson, S. Molecular markers and doubled haploids in European plant breeding programmes / S. Tuvesson, C. Dayteg, P. Hagberg, et al. // Euphytica. – 2007. – Vol. 158. – P. 305-312.

162. Winkelmann, T. Commercial in vitro plant production in Germany in 1985-2004 / T. Winkelmann, T. Geier, W. Preil // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2006. – V. 86(3). – P. 319-327.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Происхождение коллекционных образцов

Название образца	Принадлежность	Страна происхождения	Фирма оригинатор	включен в гос.реестр
Titan	гибрид	Австралия	Magnus Kahl Seed	нет
Alonso	гибрид	Голландия	Bejo	2010
Dajtona	гибрид	Голландия	Bejo	1998
Derbi	гибрид	Голландия	Bejo	2010
Katinka	гибрид	Голландия	Bejo	2011
Korona	гибрид	Голландия	Bejo	2000
Leon	сорт	Голландия	Bejo	2005
Manas	гибрид	Голландия	Bejo	2008
Muzyka	гибрид	Голландия	Bejo	2004
Safran	гибрид	Голландия	Bejo	2007
Spirit	гибрид	Голландия	Bejo	1998
Tamara	гибрид	Голландия	Bejo	1998
Sherman	гибрид	Голландия	Bejo	2013
Talon	гибрид	Голландия	Bejo	2007
Eksibishen	сорт	Голландия	Bejo	2000
Isi 30230 (Митос)	гибрид	Италия	Isi Sementi	нет
CRX 2384	гибрид	Италия	Cora Seed	нет
Derek	гибрид	Италия	Isi Sementi	нет
Polaks	гибрид	Италия	Isi Sementi	2009
Super nova	гибрид	Италия	Isi Sementi	нет
Elenka	гибрид	Италия	Cora Seed	2011
CRX 2313	гибрид	Италия	Cora Seed	нет
CRX 2311	гибрид	Италия	Cora Seed	нет
Densiti	сорт	Италия	Isi Sementi	2001
Benefit	гибрид	Нидерланды	Takii Europe B.V.	2011

Название образца	Принадлежность	Страна происхождения	Фирма оригинатор	включен в гос.реестр
Bonus	гибрид	Нидерланды	Takii Europe B.V.	2011
Proteus	гибрид	Нидерланды	Takii Europe B.V.	нет
Takstar	гибрид	Нидерланды	Takii Europe B.V.	2015
Сантеро	гибрид	Нидерланды	Hazera-Nickerson	нет
Камперо	гибрид	Нидерланды	Nunhems	2016
Harrison	гибрид	Нидерланды	Nunhems	нет
Nun 0726 ONL	гибрид	Нидерланды	Nunhems	нет
Nun 7202 ON	гибрид	Нидерланды	Nunhems	2011
Banko	сорт	Нидерланды	Syngenta	1999
Gordion	сорт	Россия	ООО "Агрофирма"Седек"	2016
GVR 712	гибрид	Россия	ООО "НИИСОК"	нет
Центавр	гибрид	Россия	ООО "НИИСОК"	2015
Кремень	сорт	Россия	ООО "НИИСОК"	2010
Навигатор	сорт	Россия	ООО "НИИСОК"	2011
Ампэкс	сорт	Россия	ФГБНУ "ФНЦО"	2017
Престиж	сорт	Россия	ФГБНУ "ФНЦО"	2015
Примо	сорт	Россия	ФГБНУ "ФНЦО"	2017
Экстаз	сорт	Россия	ООО "НИИСОК"	2011
Basar	сорт	Турция	Tumas Tarum	нет
Dora	гибрид	Турция	Tumas Tarum	нет
Spring Joy	гибрид	Турция	Asia Seed	нет
Эвери Джой	гибрид	Турция	Asia Seed	нет
Bolton	сорт	Турция	VA Seed	нет
Jankat	сорт	Турция	VA Seed	нет

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Коэффициент корреляции количественных признаков лука репчатого, г. Крымск, 2016-2018 годы

	Средняя масса, г	Высота, см	Диаметр, см	Индекс формы, h/d	Гнездность, шт	Содержание сахара ^{0} Вх	Твердость сух. чеш., кг/см^2	Твердость сочн. чеш., кг/см^2	Степень сохранности, %	Урожайность кг/м^2
Средняя масса, г	1,00									
Высота, см	0,63*	1,00								
Диаметр, см	0,69*	0,42*	1,00							
Индекс формы, h/d	0,12	0,72*	-0,31*	1,00						
Зачатковость	0,23	0,14	0,18	-0,05	1,00					
Общ. сахара	-0,20	-0,30*	-0,44*	0,07	0,04	1,00				
Твердость сух. чеш	0,07	0,03	-0,19	0,18	0,31*	0,49*	1,00			
Твердость сочн. чеш.	0,16	0,00	-0,09	0,09	0,33*	0,44*	0,67*	1,00		
Степень сохранности, %	0,21	0,27	0,33*	0,02	0,13	-0,15	0,34*	-0,16	1,00	
Урожайность кг/м2	0,79*	0,79*	0,84*	0,08	0,20	-0,36*	-0,02	0,04	0,20	1,00

R_{05}>0,29*- достоверные значения

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Связь признаков по группам спелости, г. Крымск 2016-2018 годы

группа спелости	Признаки															
	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Sd	твердость сочных чешуй, кг/см^2	Sd	индекс формы	Sd	зачатковость, шт.	Sd	масса луковицы, г	Sd	урожайность, кг/м^2	Sd	содержание сахаров, ^{0}Вх	Sd	лежкость, %	Sd
Ранние	31,34	2,7	11,48	0,79	1,0	0,029	1,27	-	135,07	9,26	7,41	1,7	7,87	0,27	91,62	-
Средние	33,93	2,91	12,52	0,96	0,98	0,026	1,21	-	116,64	7,14	8,22	1	7,86	0,24	95,13	-
Поздние	41,94	3,55	14,28	1,88	0,97	0,027	1,23	-	135,27	9,46	7,6	1,8	8,03	0,29	96,17	-

ПРИЛОЖЕНИЕ D

Компоненты изогенных пар

Материнский компонент - ms-стерильные формы (Sms/ms)		Отцовский компонент скрещивания - фертильные формы (Nmsms)																							
		Раннеспелые						Среднеспелые			Позднеспелые														
		Muzyka			CRX 2311			Densiti			Derek			Супер нова			Elenka			Banko			Leon		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Раннеспелые	Derbi	36	34	34																					
	Bonus	64	64	62	23	18	14																		
	Harrison				15	11	10																		
	Всего	100	98	96	38	29	24																		
Среднеспелые	Talon							17	8	8															
	Tamara							30	16	13															
	Spirit							25	11	9															
	Safran							41	24	13															
	Proteus							47	32	29															
	Всего							160	91	72															
Позднеспелые	Katinka										21	15	9	34	23	12	140	110	97	30	21	18			
	Benefit										33	23	18	30	18	13	184	142	124	40	32	27	46	31	27
	Всего										54	38	27	64	41	25	324	252	221	70	53	45	46	31	27
Примечание:		1 - опылено растений, шт.						2- растения, на которых завязались семена										3 - число изогенных пар, шт.							

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Характеристика раннеспелых изогенных пар по количественным признакам, г. Крымск 2020 год

Название	Селекционный номер	масса луковицы, гр.	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачатковость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %
Derbi x Muzyka	210/1180	121,4	30,6	1,1	18,1	6,2	15,5	1,0	34,2	24,8	34,2
	210/1192	133,6	25,3	1,2	15,1	6,1	16,6	1,0	35,8	21,9	30,3
	210/1201	91,6	34,4	1,1	16,5	6,0	18,7	1,2	36,4	18,1	32,5
Muzyka	1180	96,4	33,5	1,2	14,9	6,0	9,1	1,1	34,6	22,0	31,0
	1192	109,0	29,6	1,1	16,3	6,5	8,0	1,8	28,7	20,1	33,4
	1201	91,2	26,8	1,2	11,1	6,3	9,6	1,4	23,4	17,8	28,8
Bonus x Muzyka	100/1112	106,2	30,3	1,1	12,5	6,9	15,6	1,2	23,6	22,1	22,9
	100/1135	94,4	32	1,1	16,1	6,9	9,1	1,4	36,9	31,4	31,8
	100/1142	117,4	40,5	1,0	12,9	7,0	9,9	1,3	41,9	29,4	28,2
	100/1151	107,8	35,7	1,2	11,3	7,1	10,8	1,1	28,7	40,8	35,3
	100/1152	142,2	41,3	1,1	12,1	6,5	13,4	1,1	29,3	42,4	30,6
	100/1159	123,8	39,6	1,1	15,2	6,6	14,2	1,2	35,1	37,8	31,3
Muzyka	1112	91,2	26,8	1,1	11,1	6,3	9,6	1,2	23,4	19,8	25,8
	1135	97,8	31,0	1,2	16,5	6,4	9,7	1,4	36,8	28,3	36,4
	1142	96,0	28,4	1,2	13,7	6,8	7,3	1,3	35,1	29,3	29,4
	1151	111,0	25,4	1,1	10,9	7,2	8,1	1,2	27,2	28,1	34,5
	1152	108,0	25,1	1,2	9,2	7,2	8,3	1,2	34,8	24,0	26,1
	1159	93,8	31,6	1,1	15,2	7,0	12,1	1,2	30,1	2,8	30,4

Продолжение приложения Е

Название	Селекционный номер	масса луковицы, гр.	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачатковость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %
Bonus x CRX 2311	100/1164	129,4	30,9	1,2	15,6	7,4	20,3	1,1	28,7	32,1	27,9
	100/1170	123,8	39,5	1,1	14,1	7,0	15,8	1,3	38,5	31,9	38,4
CRX 2311	1164	87,3	14,2	1,0	9,4	6,9	15,6	1,2	20,6	21,3	26,7
	1170	104,6	29,1	1,1	15,4	6,8	15,1	1,2	13,6	32,0	21,5
Harrison x CRX 2311	301/1210	115,8	28,9	1,2	16,7	7,6	14,6	1,0	25,0	17,4	20,6
CRX 2311	1210	109,8	25,1	1,1	14,5	8,2	12,0	1,0	18,4	21,8	27,6

ПРИЛОЖЕНИЕ F

Характеристика среднеспелых изогенных пар по количественным признакам, г. Крымск 2020 год

Название	Селекционный номер	масса луковицы, гр.	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачат ково сть, шт	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %	лежкость,%
Talon x Densiti	408/1228	120,4	26,7	1,2	9,2	6,8	8,6	1,2	10,5	28,3	35,3	97,0
	408/1232	123,8	29,1	1,0	10,3	7,1	9,8	1,1	12,4	27,5	35,3	97,1
Densiti	1228	92,8	27,6	1,2	11,2	7,0	9,7	1,0	8,8	26,6	35,9	100
	1232	97,2	21,8	1,1	11,1	7,6	10,0	1,1	7,7	28,1	30,1	99,4
Tamara x Densiti	515/1240	123,4	31,1	1,0	15,6	8,4	14,1	1,2	25,0	34,4	28,4	97,9
	515/1243	139,4	31,9	1,1	14,0	7,7	11,5	1,0	24,0	32,4	43,2	99,5
	515/1250	121,0	35,6	1,2	21,0	7,9	12,2	1,1	28,7	30,3	27,2	98,2
Densiti	1240	88,2	24,5	1,1	18,0	8,8	8,4	1,0	12,6	25,6	32,0	95,9
	1243	104,8	31	1,1	11,0	7,5	12,1	1,0	8,0	23,6	21,4	100
	1250	109,6	27,4	1,1	9,4	8,1	9,3	1,2	8,7	28,5	27,1	95,2
Spirit x Densiti	604/1259	109,2	45,3	1,1	15,7	7,6	15,9	1,2	28,7	35,6	17,9	93,2
Densiti	1259	100,0	21,9	1,2	16,4	8,0	12,4	1,0	10,4	38,3	37,8	96,1
Safran x Densiti	701/1264	132,4	45,5	1,1	17,6	7,0	11,1	1,1	28,7	26,5	44,7	94,7
	701/1205	130,6	39,5	1,0	15,6	7,2	11,3	1,1	30,4	32,5	36,6	95,8
Densiti	1264	95,8	27,0	1,1	16,0	8,3	6,1	1,0	8,5	33,9	32,0	99,1
	1205	85,5	26,0	1,0	15,0	7,5	10,2	1,0	4,6	30,9	33,0	100
Proteus x Densiti	801/1275	119,2	35,5	1,1	15,6	7,7	8,8	1,1	28,7	36,1	25	98,6
	801/1281	142,8	36,9	1,0	12,8	7,8	7,4	1,2	35,1	25,9	39,6	85,9
	801/1296	106,6	36,9	1,1	11,4	7,7	12,3	1,0	28,7	33,1	37,7	96,9
	801/1301	107,8	32,7	1,0	10,6	7,6	7,8	1,3	37,2	25,8	34,9	98,5
Densiti	1275	104,8	16,0	1,1	13,6	8,0	10,2	1,0	11,2	25,5	33,0	92,6
	1281	77,0	21,0	1,1	16,5	8,1	9,3	1,0	12,3	28,0	25,2	93
	1296	104,4	31,1	1,0	10,3	7,2	10,7	1,1	9,4	29,8	28,4	94,8
	1301	80,0	32,1	1,1	9,9	7,4	12,6	1,4	11,1	25,3	30,2	89,4

ПРИЛОЖЕНИЕ G

Характеристика позднеспелых изогенных пар по количественным признакам, г. Крымск 2020 год

Название	Селекц. номер	масса луковицы, г	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачатковость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %	лежкость, %
Katinka x Derek	1105/1642	123,2	36,2	1,0	9,1	8,0	12,5	1,1	36,8	35,0	40,4	100
Derek	1642	97,8	30,1	0,9	13,1	8,0	13,2	1,2	35,1	34,0	28,1	99,4
Benefit x Derek	908/1498	126,8	26,8	1,0	10,3	7,5	7,3	1,1	35,1	32,6	34,1	99,4
	908/1502	146,2	32,7	1,0	16,4	7,0	15,4	1,1	28,7	30,6	40,5	96,8
Derek	1498	96,0	19,1	1,1	10,1	8,0	13,9	1,2	35,1	36,0	28,2	99,1
	1502	92,6	36,2	1,1	9,2	7,8	10,3	1,1	28,7	32,2	32,5	97,0
Katinka x Супер нова	1005/1615	136,2	35,1	1,1	12,8	7,7	9,9	1,6	47,1	43,2	25,7	98,7
	1005/1621	132,6	27,4	1,1	15,9	7,1	10,8	1,1	28,7	28,1	26,8	94,0
Супер нова	1615	110,2	23,6	1,2	9,6	7,7	12,3	1,0	30,1	38,3	22,0	99,3
	1621	95,6	25,5	1,2	7,8	7,7	8,2	1,1	26,7	31,6	42	95,3
Benefit x Супер нова	908/1432	141,6	24,1	1,1	12,3	8,7	13,3	1,4	43,7	33,8	33,4	98,6
	908/1438	147,6	25,7	1,0	10,9	7,8	10,6	1,3	38,8	31,9	38,3	90,2
Супер нова	1432	104,4	21,4	1,0	9,1	8,8	7,1	1,4	36,2	40,8	35,1	100
	1438	98,8	18,2	1,1	10,7	8,0	7,5	1,2	30,1	33,3	30,2	93,5
Katinka x Elenka	1105/1515	100,0	32,2	1,2	10	7,7	12,3	1,2	35,7	36,7	34,9	100,0
	1105/1523	116,8	27,4	1,1	11,4	7,7	7,2	1,1	34,2	56,3	35,5	98,2
	1105/1557	115,0	44,9	1,1	9,9	7,0	9,9	1,2	36,5	37,5	42,9	100,0
	1105/1594	125,0	37,1	0,9	16,7	7,2	12,1	1,1	32,1	37,2	32,6	92,3
	1105/1597	124,4	26,2	1,0	9,4	7,1	5,2	1,1	28,7	30,8	37,2	86,5
Elenka	1515	84,6	29,6	1,1	10,8	8,1	10,6	1,2	30,1	41,5	32,5	100
	1523	91,4	27,4	1,1	10,7	8,2	10,4	1,2	28,1	44,6	37,8	97,2
	1557	108,4	25	1,1	7,8	7,4	12,2	1,2	32,8	37,1	29,1	95,8

Продолжение приложения G

Название	Селекц. номер	масса луковицы, г	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачатковость, шт.	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %	лежкость, %
Elenka	1594	96,8	28,5	1,1	8,5	7,8	9,6	1,1	28,7	36,8	31,0	97,9
	1594	96,8	28,5	1,1	8,5	7,8	9,6	1,1	28,7	36,8	31,0	97,9
	1597	117,1	22,3	0,9	6,3	8,0	11,9	1,2	25,1	34,1	34,9	85,8
Benefit x Elenka	908/1305	122,6	38,1	1,2	8,2	7,6	8,2	1,1	31,4	32,8	28,3	95,9
	908/1342	142,2	36,3	1,2	7,7	7,4	9,1	1,2	36,2	33,5	40,8	93,8
	908/1352	114,8	28,8	1,1	9,1	7,8	7,3	1,2	34,5	30,3	38,5	94,3
	908/1387	128,8	39,1	1,1	12,3	7,5	11,8	1,1	31,6	35,5	37,7	91,6
	908/1399	115,4	41,2	1,2	13,6	7,9	10,9	1,3	37,2	36,7	39,7	98,1
	908/1410	126,2	27,5	1,2	11,1	7,0	7,5	1,2	35,1	33,1	32,4	97,1
Elenka	1305	83,6	32,1	1,1	10,1	8,0	9,1	1,0	25,4	38,0	30,2	98,9
	1342	116,4	22,1	1,1	8,0	7,8	8,5	1,2	37,3	39,5	34,1	98,2
	1352	105,8	30,4	1,2	12,4	7,2	4,6	1,0	28,4	31,1	33,5	95,5
	1387	103,6	22,9	1,1	13,8	8,8	9,4	1,0	24,7	32,5	31,3	98,7
	1399	94,2	23,1	1,1	13,0	7,4	9,9	1,2	35,1	27,9	27,4	96,9
	1410	83,6	22,1	1,1	12,1	9,0	9,1	1,0	30,2	38,0	30,1	98,9
Katinka x Banko	1005/1628	130,0	32,2	1,2	14,2	7,0	9,9	1,1	31,4	35,0	43,4	95,8
	1005/1640	121,0	32,1	1,1	19,2	7,1	11,4	1,2	34,1	33,5	40,6	95,4
Banko	1628	101,0	21,6	1,1	10,0	7,7	9,1	1,1	28,7	42,0	31,5	95,5
	1640	86,6	24,2	1,0	13,9	7,9	10,4	1,0	25,4	30,5	29,6	90,6
Benefit x Banko	908/1443	141,2	27,3	1,2	14,3	7,8	13,2	1,3	35,2	34,6	37,2	94,6
	908/1454	127,6	43,3	1,0	5,6	9,0	23,6	1,1	32,7	43,9	32,5	86,7
	908/1467	92,8	25,3	1,2	8,8	7,6	8,4	1,4	36,9	38,7	37,8	96,0
Banko	1443	108,0	21,5	1,0	8,3	7,8	7,9	1,2	37,6	32,9	32,3	92,1
	1454	103,8	32,5	1,0	8,2	8,5	10,9	1,2	25,1	34,1	21,5	91,7
	1467	90,0	28,4	1,2	10,0	7,5	8,1	1,1	23,4	37,4	25,4	96,7

Продолжение приложения G

Название	Селекц. номер	масса луковицы, г	Cv, %	индекс формы	Cv, %	содержание сахара^0 Вх	Cv, %	зачатковость, шт	Cv, %	твердость сухих чешуй, кг/см^2	Cv, %	лежкость, %
Benefit x Leon	908/1470	121,0	35,8	1,3	11	7,4	10,9	1,2	34,8	36,0	32,9	94,4
	908/1475	80,6	36,9	1,3	9,4	7,8	7,0	1,1	36,4	38,1	38,8	100,0
	908/1490	123,6	27,1	1,1	8,3	7,1	12,0	1,2	35,1	28,3	37,0	98,6
Leon	1470	105,4	25,4	1,1	13	7,2	8,1	1,1	24,8	25,3	28,2	98,2
	1475	103,3	24,6	1,0	9,1	7,2	6,4	1,0	27,1	35,3	33,1	97,9
	1490	102,7	24,5	1,1	8,1	7,6	9,1	1,1	30,0	31,1	35,1	99,3

Приложение Н

Выход гаплоидных эмбриоидов лука у различных генотипов доноров, г. Крымск. 2017 год

№ п/п	Название образца	Происхождение		Количество высаженных бутонов, шт	Количество сформировавшихся эмбриоидов, шт.	Частота образования эмбриоидов, шт./100 бутонов
		Тип популяции	Страна происхождения			
1	Isi 30230	F1	Италия	120	0	0
2	Spring joy	F1	Азия	120	1	0,83
3	Tinan	F1	Австралия	60	0	0
4	Safran	F1	Голландия	60	0	0
5	CRX2313	F1	Италия	60	0	0
6	Навигатор	сорт	Россия	60	0	0
7	GVR-812	F2	Россия	1400	1	0,07
8	Антарес	F3	Россия	1700	7	0,41
9	Галлилео	сорт	Россия	850	11	1,29
10	Камал	F2	Турция	150	0	0
11	Мон-6	сорт	Россия	600	7	1,17
12	Elenka	F2	Россия	1100	3	0,27
13	Polaks	F2	Италия	1000	15	1,5
14	Цефей	F3	Россия	8400	20	0,24
15	Смесь генотипов	F1, F2	Россия, Италия	1300	11	0,85

Приложение I

Выход гаплоидных эмбриоидов лука у различных генотипов доноров, г. Павловская Слобода. 2018 год

№ п/п	Название образца	Происхождение		Количество высаженных бутонов, шт.	Количество сформировавшихся эмбриоидов, шт.	Частота образования эмбриоидов, шт./100 бутонов
		Тип популяции	Страна происхождения			
1	Тумас	F1	Турция	300	0	0
2	Навигатор	сорт	Россия	120	0	0
3	Derek	F1	Италия	540	10	1,85
4	Super nova	F1	Италия	300	0	0
5	Basar	сорт	Турция	60	1	1,67
6	Leon	F1	Голландия	500	0	0
7	Калипсо	F2	Россия	120	0	0
8	Derek	F2	Италия	1260	18	1,43
9	Навигатор	сорт	Россия	500	0	0
10	Elenka	F2	Россия	150	5	3,33
11	Волгоградский ИТ	сорт	Россия	600	2	0,33
12	Самурай	сорт	Россия	6600	50	0,76