

Оценка гибридных комбинаций лука репчатого с групповой устойчивостью к заболеваниям

Evaluation of hybrid combinations of onions with group resistance to diseases

Эйдлин Я.Т., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г.

Eidlin Ya.T., Monakhos G.F., Monakhos S.G.

Аннотация

В настоящее время в селекции лука приоритет принадлежит созданию гибридов F_1 лука репчатого на основе цитоплазматической мужской стерильности в сочетании с групповой устойчивостью к инфекционным заболеваниям и комплексом других хозяйственно ценных признаков, определяющих продуктивность и товарность. Цель исследований: оценка гибридных комбинаций лука репчатого, обладающих групповой устойчивостью к перonosпорозу и толерантностью к розовой гнили корней, по комплексу основных хозяйственно ценных признаков. Оценка семи гибридных комбинаций совместно с тремя коммерческими гибридами F_1 зарубежной селекции, взятыми в качестве стандартов (F_1 Sonoma, F_1 Orlanda, F_1 Mondella), проводили на Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева и Селекционно-семеноводческом центре овощных культур в 2020 и 2023 году. Оценивали следующие признаки: средняя масса луковиц, зачатковость, количество сухих кроющих чешуй, содержание сухих растворимых веществ ("Вх"), наличие устойчивости к перonosпорозу и розовой гнили корней на естественном и искусственном инфекционном фоне. Опыт закладывали в трехкратной повторности по 144 растения в каждой. Гибридные потомства выращивали через рассаду по общепринятой методике выращивания. Инокулюм готовили путем смыва спор *Peronospora destructor* с зараженных листьев лука, выращенного из севка. Оценка на устойчивость к розовой гнили корней проводили на естественном инфекционном фоне. В результате исследования выделена и передана в Государственное сортоиспытание под названием Резистор гибридная комбинация лука репчатого МсБн × 163 с групповой устойчивостью к перonosпорозу и толерантностью к розовой гнили корней, превосходящая стандарты и другие гибридные комбинации по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Ключевые слова: лук репчатый, *Allium cepa*, гибрид F_1 , перonosпороз, генетическая устойчивость, розовая гниль корней.

Для цитирования: Эйдлин Я.Т., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г. Оценка гибридных комбинаций лука репчатого с групповой устойчивостью к заболеваниям // Картофель и овощи. 2023. №12. С. 34-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.88.72.003>

Устойчивость к фитопатогенам – важнейший конкурентный признак любого гибрида, что позволяет исключить многократные обработки фунгицидами, снизить пестицидную нагрузку на окружающую среду, повысить экономическую эффективность возделывания и обеспечить безопасность продукции [1].

По состоянию на 2023 год на рынке семян России отсутствуют сорта и гибриды F_1 лука репчатого с генетической устойчивостью к перonosпорозу. У ведущих транснациональных компаний такие устойчивые гибриды имеются, одна-

ко они не регистрируют их в Российской Федерации. Восприимчивые к данному заболеванию сорта и гибриды F_1 при высокой инфекционной нагрузке и условиях окружающей среды, способствующих патогенезу *Peronospora destructor*, поражаются перonosпорозом, вследствие чего существенно снижается их продуктивность, товарность и лежкость. Потери урожая от заболевания могут составлять от 30% до 70% [2].

При селекции устойчивых гибридов F_1 с использованием доминантного гена устойчивости любая из родительских линий, отцовская или мате-

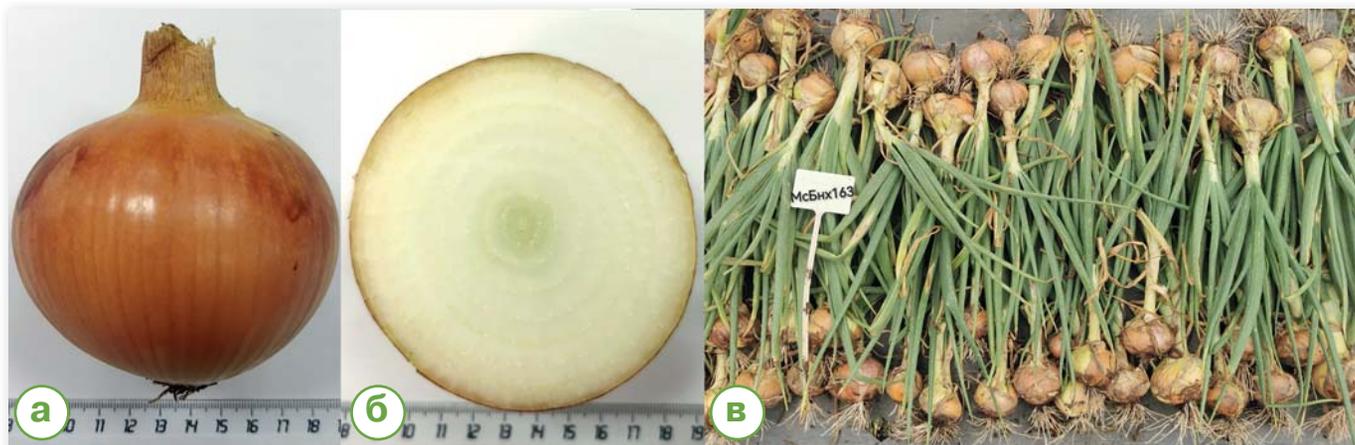
Abstract

Currently, it is preferable to develop F_1 hybrids based on cytoplasmic male sterility in combination with resistance to diseases and a complex of other economically valuable traits that determine productivity and marketability. The purpose of the research is to evaluate the main economically valuable traits of new hybrid combinations of onion resistant to downy mildew and tolerant to pink root rot. The field test of seven hybrid combinations and three commercial F_1 hybrids (F_1 Sonoma, F_1 Orlanda, F_1 Mondella) was carried out at the N.N. Timofeev Breeding Station and Plant Breeding and Seed Technology Center in 2020 and 2023. The following traits were evaluated: the weight of bulbs, rudimentary, the number of dry covering scales, the sugar content ("Bx"), resistance to downy mildew and pink root rot. The experiment was performed in a triple repetition of 144 plants in each. The cultivation of onion plants was carried out by the seedling method according to the routinely used method of cultivation. Disease test of all onion accessions was carried out in open ground. Inoculum was prepared by flushing *Peronospora destructor* spores from infected onion leaves from sowing. The assessment of resistance to pink rot of the roots was carried out on a natural infectious background. As a result of the study, a hybrid combination of onion MsBn × 163 as Resistor hybrid with group resistance to downy mildew and tolerance to pink root rot was identified, surpassing standards and other hybrid combinations in terms of a complex of economically valuable traits is delivered to State testing of cultivars.

Key words: onion, *Allium cepa*, F_1 -hybrid, downy mildew, genetic resistance, pink root.

For citing: Eidlin Y.T., Monakhos G.F., Monakhos S.G. Evaluation of hybrid combinations of onions with group resistance to diseases. Potato and vegetables. 2023. No12. Pp. 34-37. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.88.72.003> (In Russ.).

ринская, могут быть гомозиготными по доминантным аллелям устойчивости. Однако, ввиду сильного поражения цветочных стрелок лука репчатого перonosпорозом при семеноводстве, приводящего к снижению семенной продуктивности, очевидно, что генами устойчивости к заболеванию должна обладать материнская линия. Создание устойчивой материнской линии с мужской стерильностью, предполагает создание закрепителей стерильности с генами устойчивости. Реализация этих этапов селекционной программы значительно замедляет темпы создания гибри-



Гибридная комбинация McBn×163: а - луковица; б - поперечный разрез луковицы; в - растения.

дов F_1 . На Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева в результате многолетней работы [1, 4], при использовании маркер-опосредованной селекции, созданы линии закрепители стерильности и их мужски-стерильные аналоги, гомозиготные по гену устойчивости к пероноспорозу Pd1, McBn × Юдж, F_1 Hazera-119, F_1 Hazera-120, без гена устойчивости к пероноспорозу Pd1, коммерческие гибриды F_1 в качестве стандартов: F_1 Mondella, F_1 Sonoma и F_1 Orlanda.

Опыт закладывали в трех повторностях по 144 растения в каждой. Лук репчатый выращивали рассадным способом, семена сеяли вручную в рассадные кассеты (144) с торфяным субстратом (NPK 120–170 мг/л, pH 5,5–6,6) в третьей декаде марта, подкормки осуществляли комплексным минеральным удобрением «Акварин» (19–6–20), поливали рассаду лука репчатого по мере необходимости лука.

Цель исследований: оценка гибридных комбинаций с групповой устойчивостью к пероноспорозу и толерантностью к розовой гнили корней по комплексу основных хозяйственно ценных признаков.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проведены в 2020 и 2023 годах на Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева и Селекционно-семеноводческом центре овощных культур РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева.

Образцы оценивали по следующим признакам: средняя масса луковиц, зачатковость, количество сухих кроющих чешуй, содержание сухих растворимых веществ (°Вх), наличие устойчивости к пероноспорозу и толерантности к розовой гнили корней.

В качестве растительного материала были использованы гиб-

ридные комбинации из коллекции Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева: McBn × 161, McBn × 155, McBn × 163, McBn × Вал 1–8, имеющие ген устойчивости к пероноспорозу Pd1, McBn × Юдж, F_1 Hazera-119, F_1 Hazera-120, без гена устойчивости к пероноспорозу Pd1, коммерческие гибриды F_1 в качестве стандартов: F_1 Mondella, F_1 Sonoma и F_1 Orlanda.

Опыт закладывали в трех повторностях по 144 растения в каждой. Лук репчатый выращивали рассадным способом, семена сеяли вручную в рассадные кассеты (144) с торфяным субстратом (NPK 120–170 мг/л, pH 5,5–6,6) в третьей декаде марта, подкормки осуществляли комплексным минеральным удобрением «Акварин» (19–6–20), поливали рассаду лука репчатого по мере необходимости лука.

В открытый грунт рассаду высаживали в фазе 3–4 настоящих листьев в третьей декаде мая по схеме 50+20×8, уход за растениями в открытом грунте – двукратная обработка смесью гербицидов Гоал, КЭ (240 г/л) + Пантера, КЭ (40 г/л). В первой половине вегетации проводили подкормки аммиачной селитрой с нормой внесения 200 кг/га, во второй половине комплексным минеральным удобрением – азотфосфорной (14–14–14) с нормой внесения 200 кг/га (активная фаза формирования луковиц).

Число зачатков в луковице определяли на поперечном разрезе. Длину и количество листьев определяли перед уборкой.

Для оценки устойчивости к пероноспорозу создавали инфекционный фон с патогеном *Peronospora destructor*. Инокулюм готовили путем смыва спор *Peronospora destructor* с зараженных листьев лука, выращенного

из севка. Исследованиями, проведенными на Селекционной станции имени Н.Н. Тимофеева, показано, что оптимальной инфекционной нагрузкой для заражения растений является концентрация 3×10^6 спор/мл [1]. Для оценки устойчивости к розовой гнили корней высадку рассады лука проводили на участки естественного инфекционного фона с патогеном *Phoma terrestris*.

Уборку проводили вручную при 80% полегании листьев у образца. Хранение луковиц осуществляли в овощном хранилище при температуре 2–4 °С, с относительной влажностью воздуха 70%.

Оценку содержания сухих растворимых веществ проводили с помощью рефрактометра Atago Palette PR-32, измерения указаны в градусах Вrix (среднее содержание сахаров в 100 г. – °Вх) с автоматической поправкой на температуру. Измерения массы луковиц осуществляли с помощью переносных весов, интенсивность воскового налета у образцов оценивали визуально.

Результаты исследований

Наиболее раннее массовое формирование луковицы среди всех образцов наблюдалось у F_1 Hazera-119, F_1 Hazera-120 (50-е сутки), позднее формирование наблюдалось у гибридных комбинаций F_1 McBn × 163, F_1 McBn × Вал 1–8, F_1 McBn × 155, F_1 McBn × 161 (68–73-е сутки) и они относятся к среднепозднеспелой группе.

Листовой аппарат лука репчатого – основной орган фотосинтеза, от которого зависит формирование высокого урожая. В нашей модели гибрида образцы должны обладать вертикальным положением листа. Среди гибридных комбинаций вертикаль-

Таблица 1. Результаты оценки образцов лука репчатого в условиях открытого грунта, Москва (2020 год и 2023 год)

Образец	Средняя масса луковицы, г	Зачатковость, шт.	Товарность, %	Среднее содержание сахаров, %	Урожайность, т/га
F ₁ МсБн × 163	276	1–2	94,1	9,2	98,6
F ₁ МсБн × Юдж	218	1–2	56,3	8,0	78,1
F ₁ МсБн × Вал 1-8	168	1–2	91,6	10,7	60,0
F ₁ МсБн × 155	268	1–2	92,3	11,1	96,0
F ₁ МсБн × 161	256	1–2	95,1	8,2	91,6
F ₁ Hazera-119	115	2	87,5	12,3	41,2
F ₁ Hazera-120	133	2	44,9	9,8	47,6
F ₁ Mondella	126	2	67,2	9,2	45,1
F ₁ Sonoma	185	1	51,6	9,0	66,3
F ₁ Orlanda	147	1–2	34,2	7,3	52,6
Линия МсБн	150	1	-	7,6	53,7
Линия Бн	139	1	-	9,7	49,8
Линия 163	87	1–2	-	10,5	31,2
Линия 161	69	1–2	-	8,7	24,8
Линия 155	67	1–2	-	8,5	24,0
Линия Вал1-8	44	1–2	-	11,0	39,1
НСР ₀₅	39	-	-	0,7	14,5

ным положением листа обладали: F₁ МсБн × 161, F₁ МсБн × 155.

Наличие воскового налета на листьях – один из факторов устойчивости к патогенам и насекомым, сильный восковой налет наблюдался у образцов: F₁ МсБн × 161, F₁ Hazera-119, F₁ Hazera-120. У всех образцов отмечена средняя длина листа с варьированием от 40 до 56 см. и среднее число листьев от 7 до 10 шт.

По зачатковости все анализируемые образцы обладали малым количеством зачатков (1–2), что является предпочтительным в модели гибрида.

Высокое количество и сильную плотность прилегания кроющих сухих чешуй связывают с пригодностью к механизированной уборке и повышенной лежкостью луковиц во время хранения. Наилучшими результата-

ми по количеству кроющих сухих чешуй обладали гибридные комбинации F₁ МсБн × 163 и F₁ МсБн × Вал 1–8 (3–4 листа).

По результатам оценки содержания сухих растворимых веществ методом рефрактометрии, выделяют две группы характеризующие вкусовые качества – полуострые (7–9%) и острые (9–13%). Лучшим показателем обладал образец F₁ Hazera119 (12,3 %), остальные гибриды за исключением F₁ МсБн × 161 и F₁ МсБн × Юдж, обладали высокими показателями содержания сухих веществ (9–11 %).

Урожайность рассчитывали исходя из схемы посева 50×20×8 и площади питания одного растения 0,028 м². Наиболее высокой урожайностью среди образцов выделилась гибридная комбинация МсБн × 163, у которой она составила 98,6 т/га, что на 48,8% выше лучшего стандарта F₁ Sonoma в опыте. Все гибридные комбинации, за исключением МсБн × Вал 1–8 превзошли лучший стандарт F₁ Sonoma (табл. 1).

У гибридных комбинаций средняя масса луковицы была в пределах от 168 г. (МсБн × Вал 1–8) до 276 г. (МсБн × 163), а у стандартов от 115 г. (F₁ Hazera119) до 185 г. (F₁ Sonoma), а у родительских линий от 44 г. (отцовская линия Вал 1–8) до 150 г. у материнской линии МсБн. При этом у отцовских линий она была в пределах от 44 г. (Вал 1–8) до 87 г. (163).

Во всех гибридных комбинациях наблюдается истинный гетерозисный эффект. Превышение над лучшим ро-

Таблица 2. Оценка образцов на устойчивость к пероноспорозу и на пораженность розовой гнилью корней, 2020 год и 2023 год

Образец	Устойчивость к пероноспорозу	Пораженность розовой гнилью корней, средний балл
F ₁ МсБн × 163	+	0,1
F ₁ МсБн × Юдж	-	1,2
F ₁ МсБн × Вал 1-8	+	2,5
F ₁ МсБн × 155	+	1,1
F ₁ МсБн × 161	+	0,2
F ₁ Hazera 119	+	0,1
F ₁ Hazera 120	-	2,4
F ₁ Mondella	-	3,3
F ₁ Sonoma	-	3,6
F ₁ Orlanda	-	1
Линия МсБн	-	0,2
Линия Бн	-	0,2
Линия 163	+	1,1
Линия 161	+	1,9
Линия 155	+	1,7
Линия Вал1-8	+	2,9

Примечание: «+» – полная устойчивость, «-» – полностью пораженные, восприимчивые к пероноспорозу; оценка устойчивости к розовой гнили корней указана в баллах, где 0 – отсутствие поражения розовой гнилью корней

дителем – материнской линией МсБн, было в пределах от 12% до 84%.

На стадии формирования луковицы было проведено заражение патогеном *Peronospora destructor* всех гибридных комбинаций лука репчатого. Проявление устойчивости к пероноспорозу оценивали при 80% поражении образцов лука, взятых в качестве стандартов – F₁ Mondella, F₁ Sonoma, F₁ Orlanda. Устойчивость к розовой гнили корней определяли визуально, анализируя луковицы каждого образца во время уборки по пяти бальной шкале (табл. 2).

Результаты оценки устойчивости к пероноспорозу, показали, что гибридные потомства F₁ МсБн × 163, F₁ МсБн × Вал 1–8, F₁ МсБн × 155, F₁ МсБн × 161 были полностью устойчивы и ген Pd1 у этих потомств был в гетерозиготном состоянии, что подтверждалось генотипированием отцовских линий перед проведением гибридизации и получением семян потомств, и испытанием отцовских компонентов скрещивания на инфекционном фоне. Признак устойчивости у образца F₁ Hazera 119, вероятнее всего контролируется другой генетической системой, так как с помощью молекулярного генотипирования с маркером DMR1 [5] у растений

не был обнаружен ген устойчивости Pd1. Взятые стандарты F₁ Mondella, F₁ Sonoma, F₁ Orlanda были полностью поражены пероноспорозом.

По результатам визуальной оценки образцов на степень пораженности розовой гнилью корней наилучшие результаты показали гибридные комбинации – F₁ МсБн × 163, F₁ МсБн × 161, F₁ Hazera 119 и материнская линия МсБн, с минимальным баллом поражения.

Выводы

В результате гибридизации восприимчивой к пероноспорозу и устойчивой к розовой гнили корней стерильной линии МсБн с отцовскими линиями 161,163 и 155 гомозиготными по гену устойчивости к пероноспорозу Pd1, получены гибриды F₁, превосходящие лучший стандарт в исследовании по средней массе луковицы – зарубежный гибрид F₁ Sonoma на 37,9–48,7%.

Среди гибридных комбинаций наследование признака содержания сухих растворимых веществ наблюдалось промежуточное, за исключением гибридной комбинации F₁ МсБн × 155, где эффект гетерозиса составил 14,4%.

По средней массе луковицы максимальный гетерозисный эффект отмечен в комбинации F₁ МсБн × 163, что говорит о наличии сверхдоминирования и неаллельных взаимодействиях генов (48,7%) в контроле этого признака

По наличию групповой устойчивости к пероноспорозу и розовой гнили корней выявлены следующие образцы: F₁ МсБн × 163, F₁ МсБн × Вал 1–8, F₁ МсБн × 155, F₁ МсБн × 161 и у образца F₁ Hazera-119, устойчивость которого к пероноспорозу, вероятнее всего обусловлена другим геном устойчивости.

По результатам полевого испытания выделена наилучшая гибридная комбинация МсБн × 163 (рис. а, б, в), обеспечивающая высокое проявление гетерозисного эффекта по основному признаку, определяющему продуктивность «масса луковицы», наличие групповой устойчивости к пероноспорозу и розовой гнили корней, высоким содержанием растворимых сухих веществ, малым количеством зачатков (1–2), 3–4 плотно прилегающими кроющими сухими чешуями, и передана в Государственное сортоиспытание под названием F₁ Резистор.

Библиографический список

1. Ховрин А.Н., Монахос Г.Ф. Производство и селекция лука репчатого в России // Картофель и овощи. 2014. №7. С. 18.
2. Эйдлин Я.Т., Монахос Г.Ф., Монахос С.Г. Маркер-опосредованный отбор при создании устойчивых к пероноспорозу линий закрепителей стерильности лука репчатого (*Allium cepa* L.) // Овощи России. 2021. №3. С. 34–39, DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-34-39
3. Алижанова Р.П., Монахос С.Г., Монахос Г.Ф. Молекулярные маркеры в селекции лука репчатого // Картофель и овощи. 2019. №2. С. 32. DOI: 10.25630/PAV.2019.28.2.007
4. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. O.E. Scholten, A.W. van Heusden, L.I. Khrustaleva, K. Burger-Meijer, R.A. Mank, R.G.C. Antonise, J.L. Harrewijn, W. Van haecke, E.H. Oost, R.J. Peters and C. Kik (2007) *Euphytica*. 156. Pp. 345–353. DOI: 10.1007/s10681-007-9383-9
5. Kim S. et al. Development of a simple PCR marker tagging the *Allium roylei* fragment harboring resistance to downy mildew (*Peronospora destructor*) in onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*. 2016. T. 208. №3. Pp. 561–569. DOI: 10.1007/s10681-015-1601-2

Об авторах

Эйдлин Яков Тарасович, аспирант кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: eidlinyakov@yandex.ru

Монахос Григорий Фёдорович, канд. с.-х. наук, генеральный директор ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева». E-mail: breedst@mail.ru

Монахос Сократ Григорьевич, доктор с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, РГАУ – МСХА. E-mail: s.monakhos@rgau-msha.ru

References

1. Khovrin A.N., Monakhos G.F. Production and selection of onions in Russia. *Potato and vegetables*. 2014. No7. P. 18 (In Russ.).
2. Eidlin Y.T., Monakhos G.F., S. G. Marker-assisted breeding of onion (*Allium cepa* L.) maintainer line resistant to Downy mildew. *Vegetable crops of Russia* 2021. No3. Pp. 34–39 (In Russ.).
3. Alizhanova R.R., Monakhos S.G., Monakhos G.F. Molecular markers in onion breeding. *Potato and vegetables*. 2019. No2. P. 32 (In Russ.).
4. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. O.E. Scholten, A.W. van Heusden, L.I. Khrustaleva, K. Burger-Meijer, R.A. Mank, R.G.C. Antonise, J.L. Harrewijn, W. Van haecke, E.H. Oost, R.J. Peters and C. Kik (2007) *Euphytica*. 156. Pp. 345–353. DOI: 10.1007/s10681-007-9383-9
5. Kim S. et al. Development of a simple PCR marker tagging the *Allium roylei* fragment harboring resistance to downy mildew (*Peronospora destructor*) in onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*. 2016. T. 208. No3. Pp. 561–569. DOI: 10.1007/s10681-015-1601-2

Author details

Eidlin Ya.T., postgraduate student, Department of Botany, Plant Breeding and Seed Technology, RSAU–MTAA. E-mail: eidlinyakov@yandex.ru

Monakhos G.F., Cand. Sci. (Agr.), director general, Breeding station after N.N. Timofeev Limited company. E-mail: breedst@mail.ru

Monakhos S.G., D.Sci. (Agr.), professor, Head of the Department Botany, Plant Breeding and Seed Technology, RSAU–MTAA. E-mail: s.monakhos@rgau-msha.ru