

ческие последствия применения агрохимикатов (удобрения). – Пушино, 1982. – С. 58-59.

3. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Гриник І.В. та ін. *Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур*. – Київ: Аграрна наука, 2011. – 156 с.

4. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Бызов Б.А. и др. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* / под. ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.

5. Kusa K., Sawamoto T., Hu R., Hatanano R. Comparison of the closed-chamber and gas concentration gradient methods for measurement of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in two upland field soils // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2008. – Vol. 54. – P. 777-785.

6. Доспехов В.А. *Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований*. – 5-е изд. доп. и перер. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

7. Докучаев В.В. К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учение о микроорганизмах // *Избранные сочинения*. – М.: Гос. изд-во с.-х. л-ры, 1948. – Т. 2. – С. 290-318.

2. Makarov B.N., Gerashchenko L.B. Vliyanie gazoobraznykh poter' azota pochvy i udobrenii na razmer zagryazneniya atmosfery gazoobraznymi soedineniyami azota // *Ekologicheskie posledstviya primeneniya agrokhimikatov (udobreniya)*. – Pushchino, 1982. – S. 58-59.

3. Volkogon V.V., Zaryshnjak A.S., Grynyk I.V. та ін. *Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур*. – К.: Аграрна наука, 2011. – 156 с.

4. Zvyagintsev D.G., Aseeva I.V., Babeva I.P., Byizov B.A. i dr. *Metodyi pochvennoy mikrobiologii i biokhimii* / Pod. red. D.G. Zvyagintseva. – M.: MGU, 1991. – 304 s.

5. Kusa K., Sawamoto T., Hu R., Hatanano R. Comparison of the closed-chamber and gas concentration gradient methods for measurement of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in two upland field soils // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2008. – Vol. 54. – P. 777-785.

6. Dospekhov V.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniy*. – 5-e izd. pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

7. Dokuchaev V.V. K voprosu ob otkrytii pri russkikh universitetakh kafedr pochvovedeniya i uchenie o mikroorganizmakh // *Izbrannye sochineniya*. – M.: Gos. izd. s.-kh. literatury, 1948. – T. 2. – S. 290-318.

References

1. Umarov M.M. *Mikrobiologicheskaya transformatsiya azota v pochve*. – M.: GEOS, 2007. – 138 s.



УДК 581.8 :631.52:634.11

С.А. Макаренко, О.В. Мочалова  
S.A. Makarenko, O.V. Mochalova

**МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОРРЕЛЯЦИИ  
У ГЕТЕРОПЛОИДНЫХ СЕЯНЦЕВ ЯБЛОНИ**

**MORPHOBIOLOGICAL FEATURES AND CORRELATIONS  
OF HETEROPLOID APPLE-TREE SEEDLINGS**

**Ключевые слова:** яблоня, адаптация, гетероплоидные скрещивания, диплоид, полиплоид, морфобиологические особенности, корреляции.

Представлены результаты привлечения в гибридизацию иммунной к парше отцовской исходной формы донора диплоидных гамет 30-47-88 (4n = 68) и триплоидных сортов Mutsu, Зефир и Фея с сортообразцами алтайской селекции в низкоросле Алтай. Повышенный выход устойчивых гибридов к распространенным расам парши (до 100%) отмечен в 8 из 9 комбинаций скрещивания с 30-47-88 (4x), в то время как с триплоидными сортами Mutsu, Зефир, Фея он был на уровне от 56 до 84%. В F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> *Malus baccata* до 17-29% гибридов имеют степень культурности 4,0 балла, в F<sub>3</sub>, F<sub>2</sub> степень культурности 4,0-5,0 балла показали

до 56% гибридов. Проведен анализ 5 морфобиологических показателей гибридных сеянцев. Первичный отбор сеянцев для оценки пloidности выполнен по толщине и индексу (отношение ширины к длине) листа. Среди гибридных сеянцев выделено 72 образца. Полиплоидные сеянцы (3n = 51 и 4n = 68) найдены в комбинациях скрещивания материнских форм Алтайское пурпуровое, Со-81-907 с отцовскими исходными формами 30-48-88 (4n = 68) и Зефир. В комбинациях 2x x 4x результативность отбора сеянцев с высокой пloidностью по морфологическим признакам составляет от 20 до 88%. На основании расчета коэффициента корреляции Спирмена установлено, что его значение имеет как положительную, так и отрицательную направленность. Величина коэффициента по признакам пloidности, высота растения, толщина штамба, степень культурности,

толщина и индекс листа варьирует в зависимости от комбинации гетероплоидных скрещиваний. Наиболее высокую степень корреляции с плоидностью сеянца имеют толщина и индекс листа. Упомянутые признаки мы рекомендуем использовать для выделения полиплоидных сеянцев от гетероплоидных скрещиваний на ранних этапах селекционного процесса. Дополнительным признаком может служить степень культурности. Взаимосвязь других признаков с плоидностью требуют дополнительных исследований. Установленные корреляционные связи между морфометрическими показателями гибридных сеянцев и их плоидностью доказаны на 1%-ном уровне точности.

**Keywords:** apple-tree, adaptation, heteroploid crossing, diploid, polyploid, morphobiological features, correlations.

The results of involving of parental donor scab resistant diploid gametes 30-47-88 (4x = 68) and triploid Mutsu, Zefir and Feya varieties in hybridization with the accessions of Altai selection in the climatic conditions of low-hill terrains of the Altai Mountains are presented. The higher output (up to 100%) of hybrids resistant to wide-spread scab races is revealed in 8 from 9 crossing combinations with 30-47-88 (4x), whereas it was from 56% to 84% in the combinations with triploid varieties Mutsu, Zefir and Feya. In F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> progenies of *Malus baccata* up to 17-29% of hybrids had 4.0 points of cultured ap-

pearance, and in F<sub>2</sub>-F<sub>3</sub> progenies up to 56% hybrids had 4.0-5.0 points of cultured appearance. Five morphobiological features of hybrid seedlings were analyzed. The initial selection of seedlings for ploidy value was performed by leaf thickness and leaf width-length ratio. Seventy-two forms were selected from the hybrid seedlings. Polyploid seedlings (3x = 51, 4x = 68) were found among the crossing combinations of maternal Altayskoye purpurovoye, Co-81-907 forms with parental 30-47-88 (4x = 68) and Zefir initial ones. In 2x Ч 4x combinations the result of selection of high ploidy seedlings is from 20% to 88%. Based on the calculation of Spearman's rank correlation coefficient, it was found that its vector is both of positive and negative direction. The value of Spearman's rank correlation coefficient regarding the characters as ploidy, plant height, trunk width, culture degree, leaf thickness and leaf width-length ratio vary depending on the heteroploid crossing combinations. Ploidy level, leaf thickness and leaf width-length ratio have the highest degree of correlation. We propose to use the above characters to select polyploid seedlings obtained from heteroploid crossings at early breeding work stages. The points of cultured appearance may be a supplementary character. The correlation links of ploidy level with other characters should be further investigated. The revealed correlation links between the morphometric indices of hybrid seedlings and their ploidy are proved at 1% accuracy level.

**Макаренко Сергей Александрович**, к.с.-х.н., зам. директора по науке, ФГУП «Горно-Алтайское» Россельхозакадемии, г. Горно-Алтайск. Тел.: 913-999-2400. E-mail: sirius0775@mail.ru.

**Мочалова Ольга Владимировна**, д.б.н, зав. лаб. биотехнологии и цитологии, НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко Россельхозакадемии, г. Барнаул. Тел.: (3852) 685-065. E-mail: mochalov.olga@yandex.ru.

**Makarenko Sergey Aleksandrovich**, Cand. Agr. Sci., Deputy Director for Research, FGUP "Gorno-Altayskoye" of Rus. Acad. of Agr. Sci., Gorno-Altaysk. Ph.: 913-999-2400. E-mail: sirius0775@mail.ru.

**Mochalova Olga Vladimirovna**, Dr. Bio. Sci., Head, Biotechnology and Cytology Lab., Research Institute of Gardening in Siberia named after M.A. Lisavenko of Rus. Acad. of Agr. Sci., Barnaul. Ph.: (3852) 685-065. E-mail: mochalov.olga@yandex.ru.

### Введение

Для многих культурных растений полиплоидия является «фундаментом» эволюции, а человечество питается в основном продуктами растительной полиплоидии [1]. Полиплоидное состояние генома ведет к изменению цитологических, анатомических, морфологических, физиологических признаков растений, в том числе наблюдается расширение нормы реакции на окружающие условия, что «позволяет полиплоидным формам овладеть новыми жизненными пространствами» [2, 3].

Среди мирового сортимента яблони идентифицировано более 100 спонтанных триплоидных сортов, в свое время широко распространенных. Часть из них и в настоящее время не потеряли своей коммерческой ценности [2]. В сравнение с диплоидными сортами их триплоидные аналоги имеют более высокие хозяйственно-биологические характеристики [4].

Целенаправленная работа по созданию сортов яблони на полиплоидном уровне начата сравнительно недавно. Ее высокая результативность в ГНУ ВНИИСПК (г. Орел) и ГНУ СКЗНИИСиб (г. Краснодар), где от целенаправленных скрещиваний тетраплоидных форм получено более 15 триплоидных сортов, внушает надежду на положительные результаты использования данного метода для создания сортов яблони с высоким качеством плодов, адаптированных к суровым условиям Сибири.

По предположению В.Н. Лизнева, при скрещивании тетраплоидных сибирских форм ягодной яблони и ранеток со среднерусскими и мичуринскими сортами, возможно получение ценных триплоидных сеянцев. Высокую зимостойкость у этих триплоидов должны обеспечить два генома *M. baccata* (или ранеток), а крупноплодность – кратное состояние исходных геномов и наличие одного генома, переданного от крупноплодных сортов [5]. В

1970-1980-х годах В.Н. Лизнев получил тетраплоидные формы как путем индуцированного мутагенеза, так и от скрещивания сибирских ранеток с триплоидными сортами. К сожалению, данная оригинальная работа не получила должного продолжения [6]. В условиях низкогорья Алтая полиплоиды привлечены в гибридизацию, начиная лишь с 2009 г.

**Цель работы** – оценка биологических и морфологических особенностей развития гибридных сеянцев, полученных от гетероплоидных скрещиваний в селекционном питомнике, а также выявление корреляционных связей морфологических и биологических характеристик сеянцев с их плоидностью для совершенствования селекционного процесса.

### Объекты и методика

Работа проведена в климатических условиях низкогорья Алтая (г. Горно-Алтайск, Республика Алтай). Изучено 2016 гибридов, которые получены от скрещивания сортообразцов *Malus baccata*, Алтайское пурпуровое, Подарок садоводам, Сувенир Алтая, Толунай, Ранетка пурпуровая, Ранетка Ермолаева, Со 81-907 (Со Алтайское юбилейное), 16-83-2415 (Ермаковское горное × Сувенир Алтая) с иммунным к парше донором диплоидных гамет 30-47-88 (4x = 68) [Либерти × 13-6-106 (сеянец Суворовца, 4x = 68)] селекции ГНУ ВНИИСПК, триплоидным японским сортом Mutsu (3x = 51), а также триплоидными сортами Зефир и Фея, полученными в ГНУ СКЗНИИСИВ от интервалентных скрещиваний.

В работе использованы общепринятые методики по селекции яблони [7]. Устойчивость сеянцев яблони к парше оценивали по результатам их искусственного заражения в открытом грунте свежей инфекцией парши [8]. Плоидность гибридных сеянцев определяли путем подсчета числа хромосом под световым микроскопом на временных давленных препаратах, окрашенных уксусным гематоксилином по методике Л.А. Топильской, С.В. Лучниковой, Н.П. Чувашиной [9]. Статистический анализ полученных данных (с вычислением ошибки средней  $M \pm m$ , коэффициента корреляции Спирмена) проведен с применением программы «Biogen» [10].

### Результаты и их обсуждение

Проведена оценка результативности гетероплоидных скрещиваний яблони в условиях низкогорья Алтая.

Количество снятых плодов (от числа опыленных цветков) в комбинациях с тетраплоидной отцовской формой варьировало от 4,7 (Подарок садоводам × 30-47-88) до 86,1% (*M. baccata* 1 × 30-47-88). В скрещиваниях с японским триплоидом этот показатель коле-

бался от 0,4% (Горноалтайское × Mutsu) до 53,3% (Сибирка × Mutsu). При опылении сортами Зефир и Фея завязываемость плодов была низкая – от 0 до 7,5% (кроме комбинации *M. baccata* 1/1 × Фея – 21%).

Среднее число семян на один плод также было самым высоким при скрещивании с тетраплоидной формой 30-47-88 – 3,1 шт. (колебалось от 1,2 до 6,2). При опылении сортами Зефир и Фея в среднем получено 3,0 семени на 1 плод (от 0 до 6,7), в комбинациях с триплоидом Mutsu – 2,6 семени на 1 плод (от 1,5 до 6,3).

Всхожесть семян значительно зависела от комбинации скрещивания. В комбинациях 2x × 4x всхожесть семян от 2 (*Malus baccata* 1 × 30-47-88) до 61% (16-83-2415 × 30-47-88). В комбинациях с сортом Mutsu – от 1 (Сибирка × Mutsu) до 96% (Алтайское пурпуровое × Mutsu). При опылении сортами Фея и Зефир количество всходов варьировало от 0 (Сибирка № 9) до 60-70% (Алтайское пурпуровое).

По разным причинам (поражения «черной ножкой», наличия гена бледно-зеленой окраски) гибель сеянцев в первый год роста составила до 28%. Высокий процент потери генотипов отмечен в комбинациях с участием сортов Алтайское пурпуровое, Сувенир Алтая.

На основе результатов искусственного заражения гибридных сеянцев яблони паршой повышенный выход высокоустойчивых и устойчивых сеянцев отмечен в комбинациях с использованием пыльцы иммунных форм. При опылении диплоидов иммунным донором диплоидных гамет 30-47-88 в 8 из 9 семей доля устойчивых сеянцев варьирует от 89 до 100% (табл. 1).

Высокий уровень поражения гибридов паршой выявлен при скрещивании устойчивых и среднеустойчивых диплоидных форм с восприимчивым сортом Mutsu (всего 56-66% устойчивых сеянцев). При скрещивании тех же материнских форм (Алтайское пурпуровое, *M. baccata* 1/1) с устойчивыми сортами Фея, Зефир доля толерантных к парше растений составила 68-79%. При скрещивании «устойчивый» (Толунай) × «восприимчивый» (Mutsu) в потомстве отобрано 84% ценных сеянцев.

Среди гибридов первого поколения ( $F_1$ ) *M. baccata* прослеживается доминантность вида по передаче своих «диких» признаков потомству. Так, в комбинациях с использованием в качестве опылителя 30-47-88 культурность сеянцев не превысила 2,0 балла. Степень культурности  $F_1$  от скрещивания с триплоидами (*M. baccata* × Фея, Mutsu) существенно выше и составляет 2,3-2,9 балла соответственно. Доля сеянцев с культурностью 4,0 балла в зависимости от комбинации до

17-29%. На том же уровне показали себя гибридные сеянцы F<sub>2</sub> в комбинациях опыления сортов Ранетка пурпуровая и Ранетка Ермолаева сортом Mutsu – 2,9 балла. В дальнейших поколениях (F<sub>3</sub> и F<sub>4</sub>) средняя степень культурности сеянцев, полученных с участием тетраплоида 30-47-88 и триплоида Mutsu, возросла до 3,3-3,5 баллов. Количество сеянцев, оцененных на 4,0-5,0 баллов, в указанных комбинациях колебалось от 39 (Со-81-907 × 30-47-88) до 56% (Толунай × Mutsu). Коэффициент вариации признака в 13 комбинациях из 17 высокий – от 19 до 33%.

В зависимости от комбинации средняя высота двухлетних гибридных сеянцев при опылении тетраплоидом была в пределах от 34 (M. baccata 4 × 30-47-88) до 60 см (16-83-2415 × 30-47-88); при опылении триплоидом – от 43 (Ранетка Ермолаева × Mutsu) до 57 см (Толунай × Mutsu). Размах варьирования признака во всех комбинациях высокий – от 37 до 58%.

В каждой гибридной семье выявлены сеянцы с отклонениями в развитии как надземной части, так и корневой системы, в дальнейшем выбракованные. Проявление в потомстве карликовости не зависело от наличия в исходных формах гена иммунитета к парше.

По средней силе роста гибридные сеянцы, полученные в 13 гетероплоидных комбинаци-

ях (2x × 3x и 2x × 4x), существенно уступали гибридам, полученным в диплоидных скрещиваниях (2x × 2x) тех же самых материнских исходных форм.

Толщину листовой пластинки считают косвенным признаком, позволяющим провести предварительную оценку плоидности сеянцев [4]. В условиях низкогорья Алтая ее значение у форм-опылителей составила: у тетраплоида 30-47-88 – 0,34 мм, триплоида Mutsu – 0,28 мм.

В комбинациях скрещивания с тетраплоидной формой 30-47-88 толщина листа у сеянцев варьирует от 0,10-0,14 до 0,27-0,34 мм. При этом степень изменчивости признака находится на среднем уровне (V = 14-21%). Дисперсионный анализ по 4 комбинациям M. baccata × 30-47-88 показал отсутствие существенных различий по этому признаку с тетраплоидной исходной формой у 14 сеянцев, или у 3,5% генотипов (табл. 2).

При скрещивании с триплоидами в гибридных семьях толщина листа варьирует от 0,14-0,16 до 0,27-0,33 мм. Коэффициент вариации признака равен 11-15%. В 7 семьях выявлены сеянцы с толщиной листовой пластинки 0,30-0,31 мм. Толщину листа отцовского сорта Mutsu существенно превосходят 1,2-1,5% гибридов в комбинациях с сортообразцами M. baccata 1/1 и Алтайское пурпуровое.

Таблица 1

Устойчивость к парше гетероплоидных сеянцев яблони, 2010 г.

Комбинация скрещивания	Группа скрещивания	Изучено сеянцев, шт.	Устойчивых сеянцев, %	Балл поражения по семье
<i>Malus baccata</i> -1 × 30-47-88 (4x)	В × И	35	100	1,3
<i>Malus baccata</i> -2 × 30-47-88 (4x)	В × И	48	58	3,1
<i>Malus baccata</i> -3 × 30-47-88 (4x)	В × И	78	90	2,4
<i>Malus baccata</i> -4 × 30-47-88 (4x)	СУ × И	279	92	2,2
Алтайское пурпуровое × 30-47-88 (4x)	У × И	118	97	1,9
Подарок садоводам × 30-47-88 (4x)	СУ × И	156	100	1,8
Сувенир Алтая × 30-47-88 (4x)	У × И	168	96	2,0
Со-81-907 × 30-47-88 (4x)	У × И	160	89	2,2
16-83-2415 × 30-47-88 (4x)	У × И	149	100	2,2
Алтайское пурпуровое × Зефир	У × У	92	79	1,7
<i>Malus baccata</i> 1/1 × Фея	У × У	46	74	1,5
Алтайское пурпуровое × Фея	У × У	57	68	2,5
<i>Malus baccata</i> 1/1 × Mutsu (3x)	У × В	88	66	1,7
Алтайское пурпуровое × Mutsu (3x)	У × В	289	66	2,2
Ранетка пурпуровая × Mutsu (3x)	СУ × В	133	69	2,2
Ранетка Ермолаева × Mutsu (3x)	СУ × В	53	56	2,3
Толунай × Mutsu (3x)	У × В	67	84	1,5
Всего		2016		

Примечание. В – восприимчивый, И – иммунный, СУ – среднеустойчивый, У – устойчивый.

Таблица 2

Показатели морфобиологических признаков у гибридных гетероплоидных семян яблоки, 2011 г.

Комбинация	Изучено семян, шт.	Культурность, балл			Высота семени, см			Толщина листовой пластинки, мм			Индекс листа (длина/ширина)		
		средняя	min/max	V, %	M±m	min/max	V, %	M±m	min/max	V, %	M±m	min/max	V, %
<i>M. baccata</i> 1 × 30-47-88 (4x)	29	2	-	-	46±5	2/122	58	0,21±0,07	0,13/0,31	19	1,91±0,04	1,29/2,43	12
<i>M. baccata</i> 2 × 30-47-88(4x)	68	2	-	-	47±3	3,5/89	46	0,21±0,03	0,13/0,27	14	1,91±0,04	1,09/2,79	18
<i>M. baccata</i> 3 × 30-47-88(4x)	35	2	-	-	40±4	4,5/83	53	0,22±0,05	0,14/0,28	14	1,78±0,04	1,27/2,36	13
<i>M. baccata</i> 4 × 30-47-88 (4x)	263	2	2/3	6	34±1	3/87	51	0,22±0,02	0,12/0,31	16	1,87±0,02	1,14/3,0	16
Алтайское пурпуровое × 30-47-88 (4x)	103	3,3	2/5	25	56±2	5/123	44	0,24±0,03	0,12/0,32	15	1,33±0,02	0,92/1,88	15
Подарок садоводам × 30-47-88 (4x)	130	3,3	2/5	27	53±2	3/110	49	0,24±0,03	0,12/0,29	17	1,48±0,02	0,97/2,38	15
Сувенир Алтая × 30-47-88 (4x)	123	3,3	2/5	30	53±2	3,5/110	45	0,22±0,03	0,14/0,34	17	1,35±0,02	0,98/1,93	14
Со-81-907 × 30-47-88 (4x)	161	3,4	2/5	29	56±2	8/103	41	0,26±0,03	0,13/0,33	14	1,42±0,02	1,0/2,28	16
16-83-2415 × 30-47-88 (4x)	110	3,5	1/5	33	60±3	2,5/135	52	0,21±0,04	0,10-0,31	21	1,45±0,03	0,91/2,24	19
<i>Malus baccata</i> 1/1 × Фея (3x)	45	2,3	1/4	26	51±4	3,5/99	55	0,19±0,04	0,15/0,27	15	1,52±0,04	0,97/2,12	18
<i>Malus baccata</i> 1/1 × Mutsu (3x)	82	2,9	1/4	27	52±3	3/107	46	0,21±0,03	0,14/0,31	14	1,56±0,02	1,08/2,15	14
Алтайское пурпуровое × Зефир (3x)	83	2,9	2/4	25	52±2	9/105	41	0,22±0,04	0,15/0,33	15	1,38±0,02	0,95/1,89	13
Алтайское пурпуровое × Фея (3x)	69	3,0	2/4	26	46±3	11/97	45	0,22±0,04	0,16/0,29	13	1,41±0,03	1,0/1,85	15
Алтайское пурпуровое × Mutsu (3x)	220	3,0	2/5	27	54±2	2,5/135	50	0,23±0,02	0,14/0,30	13	1,34±0,01	1,0/2,1	14
Ранетка пурпуровая × Mutsu (3x)	120	2,9	2/4	26	47±2	3/105	43	0,22±0,03	0,15/0,30	14	1,47±0,02	1,08/2,43	14
Ранетка Ермолаева × Mutsu (3x)	55	2,9	2/4	26	43±3	3/82	49	0,22±0,03	0,16/0,27	11	1,47±0,02	1,18/2,25	12
Толунай × Mutsu (3x)	61	3,5	2/5	19	57±3	12/110	37	0,22±0,03	0,15/0,29	12	1,34±0,02	1,02/1,88	13
Итого	1757												

С увеличением пloidности у сортообразцов яблоки уменьшается индекс листа (увеличивается ширина листовой пластинки). Он становится близок к значению 1,0. В нашем случае изменяется от 0,91 до 2,79. Коэффициент вариации во всех комбинациях скрещивания находится на среднем уровне – 12-19%. Средний индекс листа в семьях от скрещиваний 2x × 4x варьировал от 1,33 (Алтайское пурпуровое × 30-47-88) до 1,91 (*Malus baccata* × 30-47-88), в скрещиваниях 2x × 3x – от 1,34 (Алтайское пурпуровое, Толунай × Mutsu) до 1,56 (*Malus baccata* × Mutsu).

На основе данных дисперсионного анализа гибридные семени были разделены по группам: 1) гибриды с толщиной листа, не уступающие и превосходящие полиплоидную исходную форму, и индексом листа, близким к 1,0; 2) гибриды с толщиной листа, не уступающие и превосходящие полиплоидную исходную форму, и с индексом листа более 1,15; 3) гибриды с толщиной листа, уступающие полиплоидной исходной форме, и с индексом листа до 1,15.

По толщине листа и индексу листа в селекционном питомнике отобрано 72 образца с последующей оценкой их пloidности (табл. 3). Количество триплоидных семян (от общего числа изученных) зависит от комбинации скрещивания. В скрещиваниях 2x × 4x оно составляет от 20 (Подарок садоводам × 30-47-88) до 88% (16-83-2415 × 30-47-88), а в комбинациях 2x × 3x – от 0 (Алтайское пурпуровое × Mutsu) до 100% (Алтайское пурпуровое × Зефир). Полиплоидные семени выявлены в 6 комбинациях. При этом в семьях от скрещиваний Алтайское пурпуровое × 30-47-88 и Со-81-907 × 30-47-88 отобраны три тетраплоидные формы (2n = 68).

С целью установления корреляционных связей пloidности семян с их морфометрическими показателями изучены комбинации скрещивания материнских исходных форм Алтайское пурпуровое, Сувенир Алтая, Со-81-907, 16-83-2415 с тетраплоидом 30-47-88.

**Морфобиологические показатели и плоидность гибридов, полученных от гетероплоидных скрещиваний яблони, 2013 г.**

Комбинация скрещивания	Сеянцев в семье, шт.	Изучено сеянцев, шт.	Плоидность	Высота, см	Диаметр штамба, мм	Культурность, балл	Толщина листа, мм	Индекс листа
Алтайское пурпуровое × 30-47-88 (4×)	103	1	2x	49	6,7	4,0	0,27	1,04
		8	3x	13-86	3,6-11,2	2,0-5,0	0,26-0,32	1,03-1,24
		1	4x	76	8,7	4,0	0,25	1,10
Подарок садоводам × 30-47-88 (4×)	130	4	2x	58-102	6,6-11,6	4,0-5,0	0,23-0,29	0,97-1,18
		1	3x	57	7	3,0	0,29	1,09
Сувенир Алтая × 30-47-88 (4×)	123	3	2x	34-74	5,7-9,8	3,0-4,0	0,23-0,29	1,07-1,08
		8	3x	57-113	7,8-11,3	4,0-5,0	0,20-0,34	1,01-1,33
Со-81-907 × 30-47-88 (4×)	161	6	2x	43-88	5,5-11,7	3-5	0,25-0,31	1,07-1,74
		23	3x	40-103	6,2-14,5	2-5	0,24-0,33	1,00-1,85
		3	4x	74-82	8,3-10,4	4-5	0,30-0,32	1,02-1,22
16-83-2415 × 30-47-88 (4×)	110	1	2x	84	8,6	5	0,25	1,00
		7	3x	44-127	6,2-18,0	4-5	0,17-0,31	0,91-1,64
Алтайское пурпуровое × Зефир (3×)	83	2	3x	56-62	7,1-9,0	4	0,28-0,33	0,95-1,15
Алтайское пурпуровое × Mutsu (3×)	220	3	2x	60-112	7,6-12,7	3-5	0,29-0,30	1,21-1,28

В комбинациях скрещивания Алтайское пурпуровое × 30-47-88 и 16-83-2415 × 30-47-88 установлена обратная корреляционная связь между плоидностью и толщиной листа (-0,941 и -1,04 при  $R_{05} = 0,487$ ,  $R_{05} = 0,566$ ;  $R_{01} = 0,640$ ,  $R_{01} = 0,744$ ), а также прямая связь между индексом и толщиной листа (0,547 и 0,777). Кроме того, в тех же комбинациях выявлены значимые коэффициенты корреляции между культурностью и плоидностью (0,875 и 2,143), имеющие прямую и обратную направленность.

В двух комбинациях скрещивания (Со-81-907 × 30-47-88 и Сувенир Алтая × 30-47-88) установлена отрицательная (обратная) корреляция между плоидностью и индексом листа. Можно предположить, что эта зависимость носит общий характер для всех гибридов независимо от комбинации скрещивания. У гибридов семьи Со-81-907 × 30-47-88 выявлена прямая корреляция между индексом и толщиной листа (0,291 при  $R_{05} = 0,244$ ), но отрицательная связь между плоидностью и индексом (-0,953 при  $R_{01} = 0,320$ ).

Анализ корреляций между культурностью и другими характеристиками в различных гетероплоидных группах показывает отрицательную связь между культурностью и индексом листа, а также между индексом и плоидностью. А вот корреляция между культурностью и плоидностью имеет и положительное, и отрицательное значения. Аналогичные результаты дает анализ корреляционных связей признака диаметра штамба с другими морфологическими характеристиками.

Корреляционной связи между высотой растений яблони и их плоидностью не установлено. Ввиду неоднозначности установленных связей культурности и диаметра штамба с плоидностью требуется дополнительное исследование, проведенное на ранних этапах развития гетероплоидных сеянцев.

### Заключение

Таким образом, в комбинациях алтайских сортообразцов с иммунным к парше донором диплоидных гамет 30-47-88 отмечен повышенный выход устойчивых гибридов к распространением в низкогорье Алтая расам, с сортами Mutsu, Зефир, Фея от 56 до 84% в зависимости от комбинации.

В  $F_1$ ,  $F_2$  *Malus baccata* возможно выделение до 17-29% сеянцев с культурностью 4,0 балла, в  $F_3$ ,  $F_2$  в зависимости от комбинации – до 56% с культурностью 4,0-5,0 балла.

Полиплоидные сеянцы ( $3n = 51$  и  $4n = 68$ ) выделены в комбинациях с отцовскими исходными формами 30-48-88 ( $4n = 68$ ) и Зефир, в том числе 4 тетраплоидные формы. В комбинациях  $2x \times 4x$  результативность отбора сеянцев с высокой плоидностью по морфологическим признакам составляет от 20 до 88%.

Коэффициент корреляции конкретного признака варьирует в зависимости от комбинации гетероплоидных скрещиваний и имеет как положительную, так и отрицательную направленность. В селекционном питомнике отбор полиплоидных гибридных сеянцев яблони необходимо проводить по комплексу признаков: толщина – индекс листа, а также

в качестве дополнения культурность. Установленные корреляционные связи доказываются на 1%-ном уровне точности.

#### Библиографический список

1. Жуковский П.М. Эволюция культурных растений на основе полиплоидии // Полиплоидия и селекция: тр. совещания (14-18 января 1963 г.). – М.; Л.: Наука, 1965. – С. 5-17.
2. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М. Селекция яблони на полиплоидном уровне. – Орел: ВНИИСПК, 2008. – 368 с.
3. Бреславец Л.П. Значение полиплоидии в изменении признаков у растений // Полиплоидия у растений: тр. МОИП. – 1962. – Т. V. – С. 21-32.
4. Sedov E.N. Results and Prospects in Apple Breeding // Universal Journal of Plant Science. – 2013. – Vol. 1 (3). – P. 55-65.
5. Лизнев В.Н. К вопросу использования полиплоидии в селекции яблони // Науч. тр. Новосибирской плодово-ягодной опытной станции. – Новосибирск, 1974. – Вып. 1. – С. 3-10.
6. Лизнев В.Н. Селекция яблони с использованием отдаленных скрещиваний и полиплоидии // Съезд ВОГиС. – Л, 1977. – Т. 2. – С. 299-300.
7. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1995. – 699 с.
8. Седов Е.Н., Жданов В.В. Методика отбора устойчивых к парше сортов и сеянцев яблони на искусственных инфекционных фонах. – М., 1985. – 48 с.
9. Цитологические исследования плодовых и ягодных культур: методические рекомендации / под ред. Г.А. Курсакова. – Мичуринск: ЦГЛ, 1976. – С. 56-60.
10. Мартынов С.П., Сорокин О.Д. Пакет программ прикладной статистики "BIOGEN" для обработки данных, полученных в селек-

ционно-генетических экспериментах // Международная конференция АГРОИНФО. – Краснообск, 2003.

#### References

1. Zhukovskii P.M. Evolyutsiya kul'turnykh rastenii na osnove poliploidii // Poliploidiya i selektsiya: Tr. soveshchaniya 14-18 yanvarya 1963 g. – M.; L.: Nauka, 1965. – S. 5-17.
2. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M. Seleksiya yablони na poliploidnom urovne. – Orel: VNIISPK, 2008. – 368 s.
3. Breslavets L.P. Znachenie poliploidii v izmenenii priznakov u rastenii // Poliploidiya u rastenii: Tr. MOIP. – 1962. – T. V. – S. 21-32.
4. Sedov E.N. Results and Prospects in Apple Breeding // Universal Journal of Plant Science. – 2013. – Vol. 1 (3). – P. 55-65.
5. Liznev V.N. K voprosu ispol'zovaniya poliploidii v selektsii yablони // Nauch. tr. Novosibirskoi plodovo-yagodnoi opytnoi stantsii. – Novosibirsk, 1974. – Vyp. 1. – S. 3-10.
6. Liznev V.N. Seleksiya yablони s ispol'zovaniem otdalennykh skreshchivaniy i poliploidii // S"ezd VOGiS. – T. 2. – L., 1977. – S. 299-300.
7. Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. – Orel, 1995. – 699 s.
8. Sedov E.N., Zhdanov V.V. Metodika otbora ustoichivyykh k parshe sortov i seyantsev yablони na iskusstvennykh infektsionnykh fonakh. – M., 1985. – 48 s.
9. Tsitologicheskie issledovaniya plodovykh i yagodnykh kul'tur / Metodicheskie rekomendatsii. Pod red. G.A. Kursakova. – Michurinsk: TsGL, 1976. – S. 56-60.
10. Martynov S.P. Sorokin O.D. Paket programm prikladnoi statistiki "BIOGEN" dlya obrabotki dannykh, poluchennykh v selektsionno-geneticheskikh eksperimentakh // Mezhdunarodnaya konferentsiya AGROINFO. – Krasnoobsk, 2003.

