

Научная статья
УДК 634.11:630*181.5
DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-60-72

Отбор полусибов видов рода *Malus L.* по показателям роста и формирования в пригородной зоне Красноярска

Н.П. Братилова[✉], *д-р с.-х. наук, проф.*; *ResearcherID: AAF-3074-2019*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>

Н.В. Моксина, *канд. с.-х. наук, доц.*; *ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1387-0529>*

О.А. Герасимова, *аспирант*; *ResearcherID: ABF-3094-2020*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6498-5986>

Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, Россия, 660037; nbratilova@yandex.ru[✉], n.moksina2010@yandex.ru, goa.1903@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.05.20 / Одобрена после рецензирования 18.08.20 / Принята к печати 21.08.20

Аннотация. Одной из самых востребованных и распространенных плодовых культур в умеренной зоне Северного полушария благодаря своему большому сортовому разнообразию и высокой биологической и экологической пластичности является яблоня. В подборе наиболее перспективного сортимента плодовых культур значительную роль играет экологическое сортоиспытание, позволяющее обеспечить стабильно высокую продуктивность насаждений на основе максимальной степени соответствия генотипа сорта конкретным почвенно-климатическим условиям места возделывания. Целью исследования являлся отбор однолетних полусибов яблони по показателям динамики роста и формирования фитомассы в условиях расположенного в пригородной зоне Красноярска Ботанического сада им. В.М. Крутовского. Растения, размноженные семенами, характеризуются широкими адаптивными возможностями при различных условиях внешней среды. Отбор сеянцев до плодоношения дает возможность сократить селекционный процесс. Изучение морфологических признаков листа яблони позволяет проводить отбор для ускоренной селекции сеянцев данного вида. Исследованы особенности роста семенного потомства 37 крупноплодных сортов яблони различного географического происхождения: 6 сортов селекции В.М. Крутовского (Аврора, Зеленое Крутовского, Красноярская красавица, Красноярский сибиряк, Красноярское, № 22), 10 сортов селекции И.В. Мичурина (Антоновка шафранная, Бельфлер-китайка, Восковое, Пепин-китайка, Пепин шафранный, Ренет бергамотный, Славянка, Антоновка желтая, Аркад зимний, Кулон-китайка), по 1 сорту селекции Р.И. Шредера (Нобилис) и зарубежной (новозеландской) селекции (Бисмарк). Большинство сортов (57 %) народной селекции выведены в европейской части России. По результатам исследования в течение вегетационного сезона 2020 г. определены динамика сохранности семядольных листьев, количество и размеры образованных листьев, высота и диаметр корневой шейки сеянцев. Установлено, что в данных условиях сохранность полусибов высокая. Наибольшей высотой отличались сеянцы сортов Антипасхальное, Анисик обыкновенный, Бабушкино, Малиновка, Пепин шафранный; бóльшим диаметром стволика – сеянцы сортов Антипасхальное, Анисик обыкновенный, Воронежский Воргуль, Кулон-китайка, Титовка; крупными листьями – сеянцы сортов Титовка, Папировка, Красноярский сибиряк, Антипасхальное. Выявлены достоверные различия по массе листа и LMA

(масса 1 см² листа в абсолютно сухом состоянии) в зависимости от принадлежности к летним или зимним категориям сортов яблони. Полученные результаты позволили выделить перспективные по скорости роста сеянцев сорта, что важно для дальнейших селекционных исследований.

Ключевые слова: яблоня, сеянцы, полусибь, сорт, изменчивость, высота, диаметр, фитомасса, ЛМА

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-34-90089.

Для цитирования: Братилова Н.П., Моксина Н.В., Герасимова О.А. Отбор полусибей видов рода *Malus* L. по показателям роста и формирования в пригородной зоне Красноярска // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 3. С. 60–72. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-60-72>

Original article

Selection of Half-Sib Species of the Genus *Malus* L. by Growth and Formation Parameters in the Suburban Area of Krasnoyarsk

Natalia P. Bratilova , Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [AAF-3074-2019](https://orcid.org/0000-0002-2918-9690),


ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>

Natalia V. Moksina, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1387-0529>

Olga A. Gerasimova, Postgraduate Student; ResearcherID: [ABF-3094-2020](https://orcid.org/0000-0001-6498-5986),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6498-5986>

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, prosp. imeny gazety “Krasnoyarskiy rabochiy”, 31, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation; nbratilova@yandex.ru , n.moksina2010@yandex.ru, goa.1903@yandex.ru

Received on May 20, 2020 / Approved after reviewing on August 18, 2020 / Accepted on August 21, 2020

Abstract. The apple tree is one of the most popular and widespread fruit crops in the temperate zone of the Northern Hemisphere due to its great variety diversity and high biological and ecological plasticity. Ecological variety testing plays a significant role in the selection of the most promising range of varieties of fruit crops. It helps to ensure consistently high productivity of plantations based on the maximum degree of correspondence of the variety genotype to the specific soil and climatic conditions of the place of cultivation. The research was aimed at the selection of annual apple tree half-sibs by the indicators of growth dynamics and phytomass formation in the V.M. Krutovsky Botanical Garden located in the suburban area of Krasnoyarsk. Plants propagated by seeds are characterized by wide adaptive capabilities under various environmental conditions. Selection of seedlings before fruiting provides an opportunity to shorten the breeding process. The study of morphological features of the apple tree leaf allows the selection for accelerated breeding of seedlings of this species. The features of seed progeny growth of 37 large-fruited apple tree varieties of different geographical origin were studied. Among those are the following: 6 varieties of V.M. Krutovsky’s selection (Aurora, Krutovsky’s Green, Krasnoyarsk beauty, Krasnoyarskiy Sibiryak, Krasnoyarskoye, No. 22), 10 varieties of I.V. Michurin (Saffron Antonovka, Befler Chinese, Wax, Pepin Kitayka, Saffron Pepin, Renet Bergamot, Slavyanka, Antonovka Yellow, Winter Arkade, Kulon Kitaika), 1 variety of selection by R.I. Schroeder (Nobilis)



and foreign (New Zealand) selection (Bismarck). Most varieties (57 %) of folk selection bred in the European part of Russia. Dynamics of preservation of cotyledon leaves, number and size of formed leaves, height and diameter of the root neck of seedlings were determined based on the results of the study during the growing season of 2020. The safety of half-sibs was found to be high under these conditions. Seedlings of varieties Antipaskhalnoye, Anisik obyknovennyi, Babushkino, Malinovka and Saffron Peppin showed the maximum height; seedlings of varieties Antipaskhalnoye, Anisik obyknovennyi, Voronezh Vorgul, Kulon Kitayka and Titovka showed larger trunk diameter; seedlings of varieties Titovka, Papirovka, Krasnoyarskiy Sibiryak and Antipaskhalnoye had large leaves. Reliable differences in leaf weight and LMA (weight of 1 cm² of leaf in absolutely dry state) were revealed depending on belonging to summer or winter categories of apple varieties. The obtained results allowed identifying promising varieties in terms of rapid growth of seedlings, which is important for further breeding research.

Keywords: apple tree, seedlings, half-sibs, variety, variability, height, diameter, phytomass, LMA

Acknowledgements: The research was funded by the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project 19-34-90089.

For citation: Bratilova N.P., Moksina N.V., Gerasimova O.A. Selection of Half-Sib Species of the Genus *Malus* L. by Growth and Formation Parameters in the Suburban Area of Krasnoyarsk. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2022, no. 3, pp. 60–72. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-60-72>

Введение

Яблоня – плодовая культура, отличающаяся хорошими вкусовыми качествами и лежкостью плодов, высокими урожайностью и зимостойкостью, большим сортовым разнообразием, биологической и экологической пластичностью [8, 15]. Такие характеристики делают яблоню одной из самых востребованных и распространенных плодовых культур в умеренной зоне Северного полушария.

Для древостоев, произрастающих на территории Сибири с резко континентальным климатом, крайне важен высокий уровень зимостойкости.

Семенное размножение позволяет получать растения, не зараженные вирусными болезнями, которые часто встречаются у растений, размножаемых вегетативно. Растения, размноженные семенами, характеризуются широкими адаптивными возможностями при различных условиях внешней среды, формируют мощную корневую систему, способную нормально функционировать даже при засухе. Ускорение роста сеянцев яблони способствует более раннему вступлению в плодоношение [11, 12].

И.В. Мичурин был первым, кто обратил внимание на существование ювенильного периода у плодовых. Исследователь показал, что изучение данного периода представляет большой теоретический и практический интерес для селекции. Ювенильный период начинается с момента прорастания семени и продолжается до вступления растения в пору плодоношения. Именно в этот период желательно провести отбор сеянцев яблони по устойчивости к неблагоприятным факторам среды, болезням и вредителям, по силе и характеру роста (компактности, колонновидности), а также другим морфологическим признакам («культурности»). Желательными признаками являются «тучное» развитие всего растения, опушенность побегов, частое расположение почек, их крупные

размеры, большая выпуклость подпочечных подушечек, матовая морщинистая лицевая сторона листа, его густое и мелкое жилкование, городчатая (а не пильчатая) зазубренность края листовой пластинки, короткий, толстый и опушенный черешок, крупные прилистники, отсутствие мелких колючек [14].

Древесные культуры, в том числе яблоня, имеют длительный ювенильный период, что становится серьезным препятствием для генетического улучшения культуры и ее экспериментальных исследований [18, 19, 23]. Очень важной задачей в ускорении селекционного прогресса яблони является разработка методов сокращения периода молодости растения. От посева семян до первого цветения сеянцев часто проходит от 5 до 12 лет. Только после этого можно приступать к полной оценке потомства [17, 20]. Длинная ювенильная фаза у *Malus* – серьезное препятствие для быстрого внедрения агрономически значимых признаков [21].

Отбор сеянцев до плодоношения является важным приемом сокращения селекционного процесса [10, 11, 13, 22]. Установлено наличие корреляции ($r = 0,31-0,97$) между отдельными парами сопряженных признаков, что дает сравнительно точное предсказание при отборе перспективных сеянцев яблони на ранних этапах развития.

Для яблони выявлены положительные связи между рядом признаков. Тесная положительная связь отмечена между сильнорослостью сеянцев и их скороплодностью. Положительная связь – между интенсивностью осенней окраски листвы у взрослых сеянцев яблони и окраской плодов. Сеянцы яблони с летним созреванием плодов обычно раньше приобретают интенсивную окраску листьев. Гораздо больше форм с улучшенным вкусом плодов отбирается среди сеянцев, в однолетнем возрасте имевших крупные листья с короткими черешками. Среди сеянцев яблони, которые в 3–4-летнем возрасте характеризовались более высокой общей селекционной оценкой, в дальнейшем выделено в 2 раза больше отборных форм, чем среди сеянцев с низкой селекционной оценкой [11]. Также установлена связь между размером семядолей и крупноплодностью [6]. Отсутствие антоциановой окраски листового черешка свидетельствует о привлекательности внешнего вида плодов. Толстый черешок листа обеспечивает большую вероятность отбора форм с окрашенными плодами. Толстые побеги и черешок листа указывают на более ранний срок созревания плодов. Слабая опушенность листа, короткий черешок и его менее интенсивная окрашенность свидетельствуют о более раннем вступлении сеянца в плодоношение [1].

Из исследований А.В. Журавлевой и др. [4] следует, что корреляционные пары морфологических признаков листьев и морфологических хозяйственно ценных признаков плодов яблони позволяют по ширине и площади листовой пластины определять массу и вкусовые качества плодов. Особенно часто указывают на зависимость между размерами листа и плода [8]. По диаметру штамба можно в какой-то мере прогнозировать урожайность. Использование выделенных корреляций на ранних этапах отбора позволит значительно сократить продолжительность селекции плодовых культур.

Потенциал тестирования новых сортов яблони и возможность выявления ценных признаков напрямую зависят от наличия достаточного генетического разнообразия [16].

Цель исследования – изучение динамики роста и показателей формирования фитомассы однолетних полусибов яблони в пригородной зоне г. Красноярска.

Объекты и методы исследования

Ботанический сад им. В.М. Крутовского расположен на юго-западе пригородной зоны г. Красноярска (устье р. Лалетина) и занимает площадь 32,8 га. Территория сада находится на стыке Канско-Рыбинской котловины и лесостепной зоны Западно-Сибирской равнины с предгорьями Восточных Саян, на границе южной и северной лесостепей [5]. Сад занимает участки I и II надпойменных террас правого берега р. Енисей.

Осенью 2019 г. произведен посев семян 37 сортов яблони, произрастающих на верхней террасе ботанического сада, и 6 сортов от свободного опыления с нижней террасы. Сеянцы были выращены в одинаковых условиях на верхней террасе ботанического сада. Для этого участка характерны дерново-карбонатные типичные известковые почвы. Гранулометрический состав соответствует среднесуглинистым почвам. Содержание гумуса высокое (6,5–11 %). Почвы хорошо обеспечены подвижными соединениями азота, фосфора, калия, но имеют повышенную физическую сухость из-за содержания солей CaCO_3 и CaSO_4 [2].

В течение вегетационного периода 2020 г. измерены показатели сеянцев в динамике (июнь, июль, август). Всего изучено 1788 сеянцев, из которых 387 использовано для определения фитомассы. У всходов устанавливались наличие семядольных листьев, количество листовых пластинок с определением их площади, высота и диаметр корневой шейки. В последней декаде августа 2020 г. часть сеянцев (по 9 шт. с каждого из 43 рядов) были выкопаны для выявления размеров и фитомассы с учетом надземных и подземной фракций. Сеянцы высушивали в сушильном шкафу ШС-80-01 СПУ до абсолютно сухого состояния (а.с.с.) при температуре 100–105 °С.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли по Б.А. Доспехову [3] с помощью программы Microsoft Excel, уровень изменчивости определяли по шкале С.А. Мамаева [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Грунтовая всхожесть семян была равна 62,5 %. Количество жизнеспособных сеянцев в июне составило 1344 шт., в июле снизилось до 1319 шт. В августе 2020 г. на опытном участке сохранилось 1293 сеянца. Отпад за вегетационный сезон составил 3,8 % (рис. 1).

Всходы яблони при прорастании выносят на поверхность семядоли, которые превращаются в семядольные листья [7]. Оценивали длительность сохранения семядольных листьев у всходов разных сортов яблони. В июне 2020 г. число всходов с семядольными листьями составило 1110 из 1344 шт. (82,6 %), в июле – 159 из 1319 шт. (12,0 %), в августе растений с семядольными листьями не выявлено.

Высота сеянцев варьировала от $4,5 \pm 0,03$ см в июне до $8,8 \pm 0,12$ см в августе. В июне наблюдался высокий уровень изменчивости высоты сеянцев, в июле и августе – очень высокий (более 40 %) (табл. 1).



Рис. 1. Внешний вид сеянцев в июне, июле и августе

Fig. 1. Seedlings appearance in June, July and August

Таблица 1

Высота сеянцев яблони, см

Table 1

Seedling height of apple trees, cm

Дата измерения	\bar{x}	$\pm m$	$\pm \sigma$	P, %	V, %
13 июня 2020 г.	4,5	0,03	1,27	0,8	28,2
15 июля 2020 г.	7,8	0,11	3,90	1,4	49,9
20 августа 2020 г.	8,8	0,12	4,36	1,4	49,3

Средняя высота сеянцев крупноплодных сортов яблони по данным измерений на 13 июня 2020 г. варьировала от $3,1 \pm 0,16$ см (Нобилис) до $5,6 \pm 0,17$ см (Анисик обыкновенный) (табл. 2). По этому показателю сорт Анисик обыкновенный значительно отличался от большинства сортов ($t_{\phi} > t_{05} = 1,99$). Исключение составили сорта Кулон-китайка, Папировка, Пепин шафранный и Титовка. Средний уровень изменчивости [14] высоты сеянцев в июне наблюдался у сортов № 22, Аврора, Анисик обыкновенный, Антоновка обыкновенная, Аркад зимний, Астраханское белое, Бельфлер-китайка, Бисмарк, Зеленое Крутовского, Кулон-китайка, Медовка, Славянка и Тень. У остальных сортов отмечен высокий уровень изменчивости (21–40 %).

В июле максимальной высоты достигли сеянцы сорта Антипасхальное ($12,7 \pm 1,22$ см), несколько уступали сорта Анисик обыкновенный, Папировка, Малиновка, Пепин шафранный. Наименьшая высота отмечена у сеянцев сортов Зеленое Крутовского, Тень. У большинства растений (72,9 %) по данному показателю наблюдался очень высокий уровень изменчивости, у 27,1 % – высокий.

В конце вегетационного сезона 2020 г. наибольшей высотой характеризовались сеянцы сорта Антипасхальное ($14,6 \pm 1,31$ см), меньшей по сравнению с ним сорта Анисик обыкновенный, Бабушкино, Малиновка, Пепин шафранный. Наименьшая высота отмечена у сеянцев сортов Зеленое Крутовского ($6,3 \pm 0,38$ см), Тень ($5,2 \pm 0,26$ см) и Коричное полосатое ($6,6 \pm 0,39$ см). Уровень изменчивости у 35,5 % растений высокий, у 64,9 % – очень высокий.

Таблица 2

Биометрические показатели полусибов яблони за вегетационный период 2020 г., см

Table 2

Biometric indices of apple tree half-sibs for the growing season of 2020, cm

Сорт	Прирост		Высота						Диаметр корневой шейки	
	июль-август		июнь		июль		август		$\bar{x} \pm m$	V, %
	июль-июль	июль-август	$\bar{x} \pm m$	V, %	$\bar{x} \pm m$	V, %	$\bar{x} \pm m$	V, %		
№ 22	3,3	1,1	5,0±0,17	19,9	8,3±0,59	42,2	9,4±0,63	39,4	0,28±0,009	18,0
Аврора	2,4	0,5	3,9±0,12	18,0	6,3±0,53	48,1	6,8±0,59	50,1	0,26±0,009	20,9
Анисик обыкновенный	6,0	1,3	5,6±0,17	17,1	11,6±0,79	37,6	12,9±0,87	36,9	0,31±0,011	20,5
Антипахальное	7,2	1,9	5,5±0,28	24,4	12,7±1,22	45,9	14,6±1,31	42,1	0,33±0,014	20,0
Антоновка желтая	4,0	2,2	4,0±0,14	21,7	8,0±0,61	45,2	10,2±0,88	50,9	0,26±0,011	25,9
Антоновка обыкновенная	3,0	0,8	4,5±0,14	18,9	7,5±0,46	35,9	8,3±0,56	39,7	0,29±0,008	16,8
Антоновка шафранная	4,7	1,6	4,4±0,15	20,3	9,1±0,68	43,1	10,7±0,77	40,7	0,30±0,008	14,3
Апорт среднерусский	1,9	0,6	4,4±0,22	28,0	6,3±0,49	43,3	6,9±0,52	41,7	0,27±0,008	15,9
Аркад зимний	3,3	2,6	4,4±0,14	19,9	7,7±0,62	49,3	10,3±1,03	59,7	0,22±0,010	28,1
Аркад стаканчатый	3,8	2,3	3,5±0,28	32,9	7,3±0,68	37,4	9,6±0,95	40,6	0,25±0,017	26,9
Астраханское белое	2,9	1,7	4,3±0,14	19,0	7,2±0,59	47,1	8,9±0,74	47,7	0,25±0,012	28,5
Бабушкино	5,0	2,2	4,3±0,19	22,2	9,3±0,86	45,3	11,5±0,92	38,3	0,25±0,011	22,3
Белый налив	3,3	0,8	4,9±0,19	32,3	8,2±0,45	45,4	9,0±0,50	44,6	0,28±0,007	21,3
Бефлер-китайка	2,8	1,4	5,0±0,13	16,0	7,8±0,44	35,3	9,2±0,48	32,4	0,28±0,010	21,5
Бисмарк	2,8	0,5	5,1±0,13	18,9	7,9±0,43	42,1	8,4±0,46	41,8	0,29±0,008	20,1

Воронежский Воргуль	4,6	1,1	4,8±0,25	24,6	9,4±0,62	28,7	10,5±0,80	32,3	0,33±0,013	16,5
Восковое	4,3	1,1	3,7±0,16	24,0	8,0±0,65	46,0	9,1±0,67	41,6	0,29±0,010	20,0
Генерал Орлов	1,5	1,0	4,9±0,17	23,6	6,4±0,44	46,6	7,4±0,54	49,3	0,26±0,007	17,5
Грушовка московская	2,3	0,7	4,5±0,19	37,5	6,8±0,54	71,2	7,5±0,57	67,2	0,27±0,007	23,8
Зеленое Крутовского	1,3	0,6	4,4±0,13	19,6	5,7±0,34	40,6	6,3±0,38	41,5	0,26±0,005	14,3
Золотой шип	3,4	0,4	4,9±0,17	27,2	8,3±0,42	38,9	8,7±0,43	37,6	0,28±0,008	21,4
Коричное полосатое	2,8	0,3	3,5±0,15	35,7	6,3±0,39	50,7	6,6±0,39	47,0	0,27±0,010	29,0
Красноярская красавица	2,5	0,6	3,9±0,15	24,2	6,4±0,55	53,2	7,0±0,60	52,7	0,22±0,011	29,4
Красноярский сибиряк	4,5	1,1	4,1±0,25	31,2	8,6±0,79	46,1	9,7±0,82	42,5	0,26±0,011	21,1
Красноярское	3,6	1,4	3,9±0,27	28,8	7,5±0,72	33,4	8,9±0,78	32,6	0,29±0,010	12,7
Кулон-китайка	3,9	0,7	5,0±0,27	19,9	8,9±0,93	34,8	9,6±0,88	30,2	0,32±0,010	11,5
Малиновка	5,9	1,8	4,6±0,31	30,4	10,5±1,05	40,1	12,3±1,17	42,6	0,27±0,016	26,2
Медовка	2,4	0,7	4,3±0,16	19,3	6,7±0,60	46,1	7,4±0,64	44,3	0,26±0,010	20,2
Нобилис	3,4	1,4	3,1±0,16	22,3	6,5±0,64	31,3	7,9±0,77	35,5	0,27±0,017	25,8
Пашировка	4,9	0,9	5,3±0,23	30,5	10,2±0,78	51,5	11,1±0,78	46,8	0,29±0,013	30,0
Пецин-китайка	4,6	1,6	4,4±0,19	26,2	9,0±0,68	45,1	10,6±0,75	41,5	0,24±0,009	20,9
Пепин шафранный	5,0	1,2	5,2±0,21	24,8	10,2±0,90	51,9	11,4±0,84	43,6	0,29±0,012	25,2
Петербургское летнее	4,6	1,0	3,6±0,14	23,7	8,2±0,54	40,6	9,2±0,55	37,5	0,24±0,009	24,4
Ренет бергамотный	2,2	0,6	4,6±0,19	22,3	6,8±0,64	49,6	7,4±0,60	36,4	0,27±0,017	31,5
Славянка	2,9	0,8	4,5±0,15	19,1	7,4±0,58	46,2	8,2±0,66	46,1	0,29±0,009	18,2
Тень	0,9	0,3	4,0±0,13	19,1	4,9±0,21	26,6	5,2±0,26	30,8	0,23±0,007	19,3
Титовка	1,9	0,9	5,5±0,24	21,9	7,4±0,66	45,6	8,3±0,72	43,4	0,30±0,013	22,3

Прирост в высоту в июне–июле варьировал от 0,9 см у сорта Тень до 7,2 см у сорта Антипасхальное. В июле–августе у большинства семян данный показатель не превышал 2,0 см. Исключением стали семена сортов Антоновка желтая и Бабушкино (прирост по 2,2 см), Аркад зимний и Аркад стаканчатый (2,6 и 2,3 см соответственно).

Максимальный диаметр корневой шейки в конце вегетационного сезона зафиксирован у сорта Антипасхальное ($0,33 \pm 0,014$ см). Большими значениями данного показателя также отличаются семена сортов Анисик обыкновенный, Воронежский Воргуль, Кулон-китайка, Титовка. Наименьшие значения прослеживались у сортов Красноярская красавица, Аркад зимний, Тень.

Результаты исследований, приведенные на рис. 2, наглядно демонстрируют увеличение числа сформированных листьев у семян в разные периоды вегетационного сезона. Так, в июне наблюдалось 4–5 листьев на семени, в июле – 7–12, в августе – 7–14.

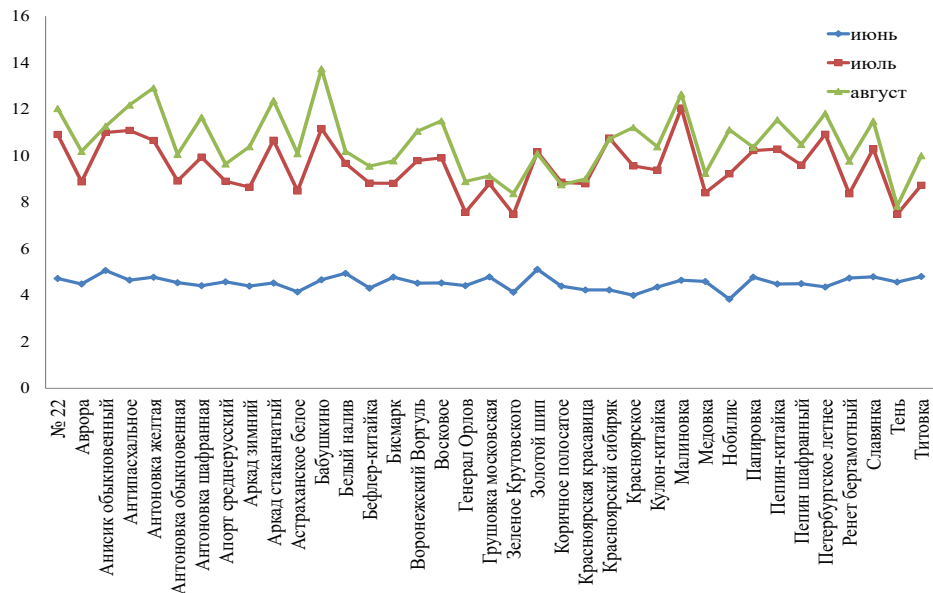


Рис. 2. Количество листьев в летние месяцы, шт.

Fig. 2. Number of leaves in summer months, pcs

Наибольшее число листьев у сеянцев образовалось до 15 июля 2020 г. Во второй половине летнего сезона увеличение количества листьев у сеянцев было незначительное. Максимальным количеством листьев в августе характеризуется сорт Бабушкино.

Данные, представленные на рис. 3, позволяют сделать вывод, что большей ($8,0 \text{ см}^2$) площадью листовой пластинки характеризуются сеянцы сортов Титовка, Папировка, Красноярский сибиряк, Антипасхальное; меньшей ($4,5 \text{ см}^2$) – сортов Тень, Красноярская красавица, Восковое, Аркад стаканчатый.

В конце вегетационного сезона сеянцы имели фитомассу в а.с.с. $1,57 \pm 0,043$ г с вариацией от 0,08 до 5,28 г. Подземная фитомасса составила 57,3 % от общей

фитомассы растений, листья – 28,7 %, стебель – 14,0 %. Средняя площадь одного листа сеянцев – $6,0 \pm 0,1$ см². Масса 1 листа в а.с.с. – $0,110 \pm 0,002$ г с вариацией от 0,07 г у сорта Аркад стаканчатый до 0,15 г у сорта Кулон-китайка.

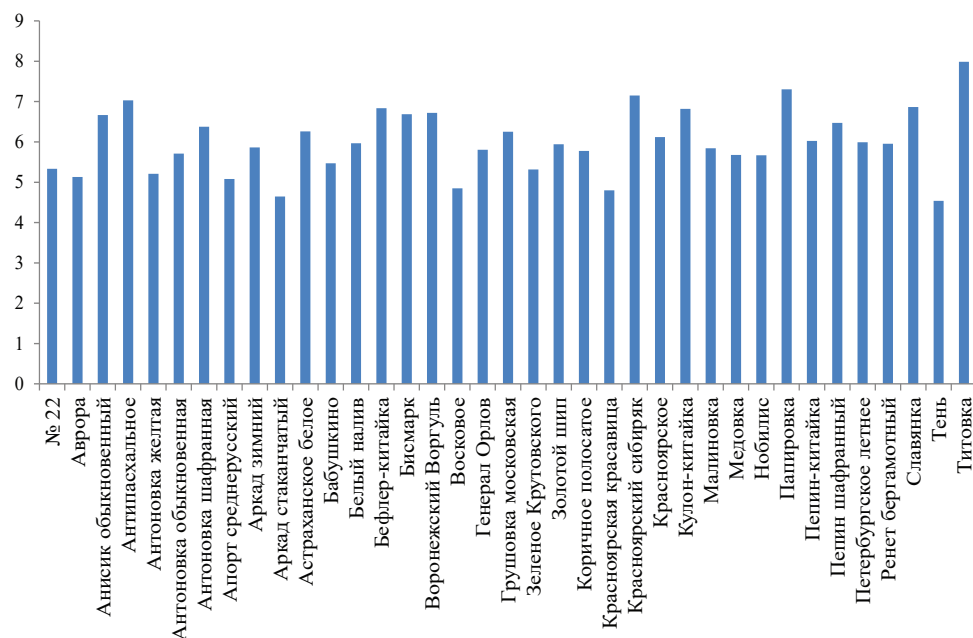


Рис. 3. Площадь листовой пластины, см²

Fig. 3. Leaf plate area, cm²

Статистические показатели модельных сеянцев яблони, взятых для лабораторных анализов в конце вегетационного сезона, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Статистические показатели модельных сеянцев яблони

Table 3

Statistical indicators of model apple tree seedlings

Показатель	\bar{x}	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %
Количество листьев, шт.	11,20	3,520	0,180	31,5	1,6
Средняя площадь листа, см ²	6,00	1,970	0,100	32,6	1,7
Длина стебля, см	8,90	5,180	0,260	58,4	3,0
Длина корня, см	21,40	4,410	0,220	20,6	1,0
Диаметр корневой шейки, см	0,26	0,065	0,003	24,7	1,3
Масса листа в а.с.с., г	0,11	0,038	0,002	35,7	1,8
Масса 1 см ² листа в а.с.с., мг	6,30	0,760	0,040	12,1	0,6
Масса листьев 1 сеянца в а.с.с., г	0,45	0,254	0,013	56,6	2,8
Масса стебля в а.с.с., г	0,22	0,176	0,009	80,7	4,1
Масса корня в а.с.с., г	0,90	0,460	0,023	51,2	2,6

Был рассчитан показатель LMA, т. е. масса 1 см² листа в а.с.с. У однолетних сеянцев он равен в среднем 6,30±0,04 мг. Отмечена низкая изменчивость (12,1 %) данного показателя.

Установлено, что у однолетних сеянцев в 3-й декаде августа высота и масса надземной части меньше, чем длина и масса корней. Соотношение по протяженности надземной и подземной частей составило 1,0:2,4; по массе в а.с.с. – 1,0:1,3.

При определении внутривидовой изменчивости данных показателей выявлено наличие достоверных различий по массе листа и LMA в зависимости от принадлежности к летним или зимним категориям сортов яблони. Бóльшими показателями массы листа и LMA характеризуются зимние сорта (табл. 4).

Таблица 4

LMA у яблонь разных фенологических форм, мг

Table 4

LMA in apple trees of different phenological forms, mg

Фенологическая форма	\bar{x}	$\pm\sigma$	$\pm m$	V, %	P, %	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,04$
Летний сорт	6,1	0,71	0,06	11,7	1,0	3,75
Зимний сорт	6,4	0,77	0,05	12,1	0,8	

Заключение

Изучение динамики роста однолетних сеянцев крупноплодных сортов яблони позволило сделать вывод, что в условиях пригородной зоны г. Красноярска сохранность растений высокая (отпад в течение вегетационного сезона 3,8 %).

Выявлено влияние сортовой принадлежности на рост и развитие сеянцев яблони. Выделены быстрорастущие сорта и отдельные полусибы, характеризующиеся бóльшими высотой и диаметром стволика. По высоте превосходили другие сеянцы сорта Антипасхальное, Анисик обыкновенный, Бабушкино, Малиновка, Пепин шафранный; по диаметру стволика – сеянцы сортов Антипасхальное, Анисик обыкновенный, Воронежский Воргуль, Кулон-китайка, Титовка. Сдержанный рост отмечен у сортов Зеленое Крутовского, Коричное полосатое, Тень. Крупные листья имеют сеянцы сортов Титовка, Папировка, Красноярский сибиряк, Антипасхальное.

При изучении внутривидовой изменчивости показателей сеянцев яблони установлено наличие достоверных различий по массе листа и 1 см² листа в зависимости от принадлежности к летним или зимним категориям сортов. Бóльшими показателями массы листа и LMA характеризуются сеянцы зимних сортов яблони. Полученные результаты позволили выделить перспективные по скорости роста сеянцев сорта, что важно для дальнейших селекционных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Виновец А.Д.* Отбор сеянцев яблони на ранних этапах развития // Задачи и современные методы селекции плодовых и ягодных культур. Ереван, 1987. С. 33–35.

Vinovets A.D. Selection of Apple Seedlings at the Early Stages of Development. *Challenges and Modern Breeding Methods Fruit and Berry Crops*. Yerevan, 1987, pp. 33–35. (In Russ.).

2. Дорохин А.Н. Рабочий проект строительства дендропарка в Красноярском мехлесхозе Красноярского края: дендропроект. Т. 1. Новосибирск, 1984. 264 с.
- Dorokhin A.N. *Working Draft for the Construction of an Arboretum in the Krasnoyarsk Mekhleskhoz of Krasnoyarsk Krai: Dendroproject*. Vol. 1. Novosibirsk, 1984. 264 p. (In Russ.).
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Dospikhov B.A. *Field Experiment Procedure*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 351 p. (In Russ.).
4. Журавлева А.В., Сологалов П.В. Корреляция морфологических и хозяйственно ценных признаков сортов яблони полукультурной // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 2. С. 30–32.
- Zhuravleva A.V., Sologalov P.V. Correlation of the Morphological and Economically Valuable Signs of the Varieties of Semi Cultural Apple Tree. *Achievements of Science and Technology of AICis*, 2011, no. 2, pp. 30–32. (In Russ.).
5. Кириллов М.В. Природа Красноярска и его окрестностей. Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1988. 149 с.
- Kirillov M.V. *Nature of Krasnoyarsk and Its Surroundings*. Krasnoyarsk, Krasnoyarskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1988. 149 p. (In Russ.).
6. Кондратьева Г.В. Результаты селекции семечковых культур в Саратовской области // Вестн. СГАУ. Спец. вып. 2007. С. 53–55.
- Kondrat'yeva G.V. Pome Crops Selection Results in the Saratov Region. *The Bulletin of Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*, 2007, iss. S, pp. 53–55. (In Russ.).
7. Корко В.С., Городецкая Е.А. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов: моногр. Минск: БГАТУ, 2013. 232 с.
- Korko V.S., Gorodetskaya E.A. *Electrophysical Methods of Stimulation of Plant Objects: Monograph*. Minsk, BSATU Publ., 2013. 232 p. (In Russ.).
8. Макаренко С.А. Сорты яблони горноалтайской селекции в сорimente Сибири // Садоводство и виноградарство. 2017. № 6. С. 13–18.
- Makarenko S.A. Apple-Tree Varieties of the Gorno-Altaysk Breeding in the Assortment of Siberia. *Horticulture and viticulture*, 2017, no. 6, pp. 13–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.18454/VSTISP.2017.6.8424>
9. Мамаев С.А. Внутривидовая изменчивость и проблема интродукции древесных растений // Успехи интродукции растений. М.: Наука, 1973. С. 128–140.
- Mamayev S.A. Intraspecific Variability and the Problem of Woody Plant Introduction. *Advances in Plant Introduction*. Moscow, Nauka Publ., 1973, pp. 128–140. (In Russ.).
10. Помология: в 5 т. Т. I. Яблоня / под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 2005. 576 с.
- Pomology: In 5 Vol. Vol. I. Apple Tree*. Ed. by E.N. Sedov. Orel, VNIISPК Publ., 2005. 576 p. (In Russ.).
11. Седов Е.Н. Особенности онтогенеза яблони и интенсификация селекции // Вавилов. журн. генетики и селекции. 2012. Т. 16, № 3. С. 706–715.
- Sedov Ye.N. Apple Tree Development and Intensification of the Breeding Process. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2012, vol. 16, no. 3, pp. 706–715. (In Russ.).
12. Седов Е.Н. Ускорение и интенсификация селекционного процесса у яблони // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 31, № 2. С. 220–229.
- Sedov Ye.N. Apple Tree Selection Process Acceleration and Intensification. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 2012, vol. 31, no. 2, pp. 220–229. (In Russ.).
13. Седов Е.Н. Программы, методы, приемы селекции яблони, их развитие и совершенствование // Вавилов. журн. генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 3. С. 487–498.
- Sedov E.N. Apple Breeding Programs and Methods: Their Development and Improvement. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2013, vol. 17, no. 3, pp. 487–498. (In Russ.).

14. Седов Е.Н., Жданов В.В., Седышева Г.А., Серова З.М. Учение И.В. Мичурина широко используется и развивается // Вестн. ОрелГАУ. 2006. № 1(1). С. 18–23.
- Sedov E.N., Zhdanov V.V., Sedyшева G.A., Serova Z.M. Michurin I.V. Studies are Widely Used and Evolved. *Bulletin of agrarian science*, 2006, iss. 1(1), pp. 18–23. (In Russ.).
15. Седов Е.Н., Серова З.М., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Лучшие зимние сорта яблони селекции ВНИИСПК для производства // Садоводство и виноградарство. 2018. № 6. С. 5–11.
- Sedov E.N., Serova Z.M., Yanchuk T.V., Korneyeva S.A. The Best Winter Apple Varieties of Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding for Production. *Horticulture and viticulture*, 2018, no. 6, pp. 5–11. (In Russ.). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2018-6-5-11>
16. Dan C., Sestras A.F., Bozdog C., Sestras R.E. Investigation of Wild Species Potential to Increase Genetic Diversity Useful for Apple Breeding. *Genetika*, 2015, vol. 47, iss. 3, pp. 993–1011. <https://doi.org/10.2298/GENSR1503993D>
17. Fischer C. Shortening of the Juvenile Period in Apple Breeding. *Progress in Temperate Fruit Breeding*. Ed. by H. Schmidt, M. Kellerhals. Dordrecht, Springer, 1994, pp. 161–164. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0467-8_32
18. Flachowsky H., Hanke M.-V., Peil A., Strauss S.H., Fladung M. A Review on Transgenic Approaches to Accelerate Breeding of Woody Plants. *Plant Breeding*, 2009, vol. 128, iss. 3, pp. 217–226. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01591.x>
19. Flachowsky H., Le Roux P.-M., Peil A., Patocchi A., Richter K., Hanke M.-V. Application of a High Speed Breeding Technology to Apple (*Malus × domestica*) Based on Transgenic Early Flowering Plants and Marker-Assisted Selection. *New Phytologist*, 2011, vol. 192, iss. 2, pp. 364–377. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03813.x>
20. Hanke M.-V., Flachowsky H., Peil A., Hättasch C. No Flower no Fruit – Genetic Potentials to Trigger Flowering in Fruit Trees. *Genes, Genomes and Genomics*, 2007, vol. 1(1), pp. 1–20.
21. Le Roux P.-M., Flachowsky H., Hanke M.-V., Gessler C., Patocchi A. Use of a Transgenic Early Flowering Approach in Apple (*Malus × domestica* Borkh.) to Introgress Fire Blight Resistance from Cultivar Evereste. *Molecular Breeding*, 2012, vol. 30, iss. 2, pp. 857–874. <https://doi.org/10.1007/s11032-011-9669-4>
22. Yamagishi N., Kishigami R., Yoshikawa N. Reduced Generation Time of Apple Seedlings to Within a Year by Means of a Plant Virus Vector: A New Plant-Breeding Technique with no Transmission of Genetic Modification to the Next Generation. *Plant Biotechnology Journal*, 2014, vol. 12, iss. 1, pp. 60–68. <https://doi.org/10.1111/pbi.12116>
23. Yamagishi N., Sasaki S., Yamagata K., Komori S., Nagase M., Wada M., Yamamoto T., Yoshikawa N. Promotion of Flowering and Reduction of a Generation Time in Apple Seedlings by Ectopical Expression of the *Arabidopsis thaliana FT* Gene Using the *Apple Latent Spherical Virus* Vector. *Plant Molecular Biology*, 2011, vol. 75, iss. 1-2, pp. 193–204. <https://doi.org/10.1007/s11103-010-9718-0>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article