

Сравнительные экспериментальные исследования сортов картофеля при воспроизводстве мини-клубней в условиях контролируемой среды

Сухопаров А.А., (✉) Лебедев А.Н., Темиров К.С., Федорова О.В.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия
(✉) e-mail: lebedevan@sfsca.ru

Воспроизводство высокопродуктивного посадочного материала картофеля в условиях контролируемой среды способствует снижению затрат на культивирование в открытом грунте, формирует необходимые условия для хорошей приживаемости, роста и развития, увеличения массы и числа мини-клубней, продления эффекта предотвращения повторного заражения. Объектами исследования являлись сорта картофеля селекции Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН: Любава, Танай, Кузнечанка, Тулеевский, Кемеровчанин. В качестве селекционного стандарта использован сорт Невский. Воспроизводство мини-клубней картофеля проводили на специальных агробиологических установках, оснащенных двухъярусными стеллажами, а также системами контроля светового и теплового режимов, времени и объема полива, состава и концентрации питательной среды. Выявлено, что все изучаемые сорта картофеля являются пригодными для воспроизводства в контролируемых условиях и получения качественного посадочного материала для открытого грунта. С помощью фенологических наблюдений установлен факт идентичности процесса воспроизводства картофеля в условиях контролируемой среды. При этом общие показатели роста, продолжительности вегетационного периода и урожайности сортов имели различные фактические значения. На основании экспериментальных данных определена длительность вегетационного периода в контролируемых условиях воспроизводства: у сорта Любава она составляет 55 сут, у сортов Кемеровчанин, Танай, Кузнечанка, Тулеевский, Невский – от 60 до 65 сут. Высота растений в зависимости от сорта доходила до 30–70 см. Статистические показатели количества клубней в зависимости от сорта варьировали в интервале от 2 до 5 шт., средний фракционный состав мини-клубней составлял 3–5 см.

Ключевые слова: безвирусный картофель, рост и развитие, мини-клубни, продуктивность, фракционный состав, агробиологические установки, контролируемая среда

Comparative experimental studies of potato varieties in the reproduction of mini-tubers in controlled environment conditions

Sukhoparov A.A., (✉) Lebedev A.N., Temirov K.S., Fedorova O.V.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
(✉) e-mail: lebedevan@sfsca.ru

Reproduction of highly productive potato planting material in a controlled environment creates the necessary conditions for good survival, growth and development, increasing the mass and number of mini-tubers, prolonging the effect of preventing re-infection, and helps reduce the costs of cultivation in open ground. The objects of the study were potato varieties bred by the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences: Lyubava, Tanai, Kuznechanka, Tuleevsky, Kemerovchanin. The Nevsky variety was taken as the breeding standard. The reproduction of mini-potato tubers was carried out on special agrobiological installations equipped with two-tiered racks, as well as the systems for controlling light and heat conditions, time and volume of irrigation, composition and concentration of the nutrient medium. It was found that all the studied potato varieties are suitable for reproduction under controlled conditions and obtaining high-quality planting material for open ground. Using phenological observations, the fact of the identity of the process of

potato reproduction under controlled environmental conditions was established. At the same time, the overall growth rates, duration of the growing season and the yield of varieties had different actual values. Based on experimental data, the duration of the growing season under controlled reproduction conditions was determined: for the Lyubava variety it is 55 days, for the Kemerovchanin, Tanai, Kuznechanka, Tuleevsky, Nevsky varieties – from 60 to 65 days. The height of plants, depending on the variety, reached 30–70 cm. Statistical indicators of the number of tubers, depending on the variety, varied in the range from 2 to 5 pieces, the average fractional composition of mini-tubers was 3–5 cm.

Keywords: virus-free potato, growth and development, mini-tubers, productivity, fractional composition, agrobiological installations, controlled environment

Для цитирования: Сухопаров А.А., Лебедев А.Н., Темиров К.С., Федорова О.В. Сравнительные экспериментальные исследования сортов картофеля при воспроизводстве мини-клубней в условиях контролируемой среды // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 9. С. 23–32. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-9-3>

For citation: Sukhoparov A.A., Lebedev A.N., Temirov K.S., Fedorova O.V. Comparative experimental studies of potato varieties in the reproduction of mini-tubers in controlled environment conditions. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 9, pp. 23–32. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-9-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из элементов обеспечения продовольственной безопасности является интенсификация технологических аспектов воспроизводства высокопродуктивных сортов культурных растений (в частности, картофеля) для культивирования в открытом грунте [1]. Для стабильного и устойчивого обеспечения агропромышленных предприятий Российской Федерации качественным посадочным материалом в концепции развития АПК предусмотрено увеличение урожайности картофеля за счет использования высокопродуктивных сортов, привлечения современных технологий воспроизводства качественного семенного материала в контролируемой среде [2].

Картофель – ценная пищевая, кормовая и техническая культура. В условиях *ex vitro* картофель воспроизводится вегетативно, и поэтому восприимчив к вирусным, бактериальным и грибным болезням [3]. Значимость обеспечения агропромышленных предприятий качественным посадочным материалом картофеля формирует актуальную научно-практическую проблему. В мировой практике производство картофеля осуществляется по безвирусной технологии. Высоко-

производительным методом воспроизводства качественного посадочного материала картофеля является метод апикальных меристем, обеспечивающий формирование растений, не пораженных патогенной вирусной и бактериальной флорой [4].

Таким образом, воспроизводство семенного материала картофеля следует осуществлять в условиях контролируемой внешней и внутренней среды, позволяющей обеспечить ускоренное воспроизводство безвирусного семенного материала с последующим включением его в процесс репродукции [5, 6].

Особенность семеноводства посадочного материала картофеля в условиях контролируемой *in vitro* среды обусловлена полным отсутствием флоры вирусного и бактериального происхождения. Это объясняется отсутствием инфекций в исходном материале клубней, что предопределяет получение здорового семенного материала [7].

Этап выращивания меристемных растений картофеля в контролируемых условиях с использованием биологических установок заключается в поддержании необходимых параметров внешней и внутренней среды, обеспечивающих устойчивое развитие растений. К таким параметрам относятся: осве-

щенность, влажность, температура внешней и внутренней среды (а именно температура воздуха и субстрата питательной среды), состав питательной среды (должен быть сбалансирован по основным элементам питания) и режим ее подачи [8].

При совершенствовании методики воспроизводства мини-клубней картофеля с наивысшей рентабельностью необходим научно обоснованный подход к выработке и обеспечению условий воспроизводства растений. Кроме того, качество посадочного материала, помимо прочих факторов, определяется плотностью посадки, что в исследованиях ведущих ученых не отражено с позиции оптимальности [9, 10].

В мировой практике для получения достаточного количества качественного семенного материала картофеля, не содержащего вирусной инфекции, как правило, применяют биотехнологические методы оздоровления, основанные на элиминации вирусов в культуре *in vitro* [11, 12]. Однако указанные методы не формируют высокую продуктивность картофеля. Сравнительные исследования свидетельствуют о том, что воспроизводство картофеля в агробиологических установках позволяет увеличить коэффициент размножения и урожайности в несколько раз относительно других методов воспроизводства [13]. Это является следствием высокой биологической адаптации микрорастений к микроклимату в экстремальных условиях, в частности к открытому грунту и микроклимату теплиц [14].

Таким образом, цель проводимого исследования заключается в оценке морфологических особенностей мини-клубней и продуктивности картофеля различных групп спелости при воспроизводстве в биологических установках с контролируемой средой.

Научную новизну представляют режимные и технологические параметры воспроизводства мини-клубней в контролируемой среде биологических установок, а также их

влияние на морфологические особенности различных сортов картофеля.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проводили в рамках государственного задания № FNUUU-2022-0006 в лаборатории автоматизации микроклонального размножения Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН) с 2023 по 2025 г.

Объект исследования – процесс воспроизводства мини-клубней картофеля в условиях контролируемой среды в агробиологических установках.

Для проведения эксперимента использованы сорта селекции СФНЦА РАН: Любава, Танай, Кузнечанка, Тулеевский, Кемеровчанин¹. Эти сорта выбраны исходя из необходимости их семеноводства в Сибирском федеральном округе в рамках реализации проекта, предусматривающего создание селекционно-семеноводческого центра по картофелю. В качестве селекционного стандарта взят сорт Невский.

Воспроизводство мини-клубней осуществляли на специальных агробиологических установках, оснащенных двухъярусными стеллажами, а также системами контроля времени и объема полива, состава и концентрации питательной среды, светового и теплового режимов (см. рис. 1).

Микрорастения за 10–12 часов до высадки в грунт изымали из пробирок и помещали в дистиллированную воду. После очищения корней от питательной среды растения высаживали в адаптационную установку (по одному растению в субстрат объемом не менее 7 дм³). Состав субстрата: верховой сфагновый торф низкой степени разложения, известняковая (доломитовая) мука, комплексное минеральное удобрение с необходимым набором макро- и микроэлементов, в том числе N_{общ} – 150 мг/л, Ca – 120, Mg – 30, P₂O₅ – 150, K₂O – 250 мг/л, pH от 5,5 до

¹Сорта сельскохозяйственных культур селекции СФНЦА РАН: учеб. пособие / сост. Н.И. Кашеваров, Р.И. Поллодина, Н.А. Лапшинов, Н.В. Пакуль, В.П. Данилов. Новосибирск: Золотой колос, 2019. 112 с.



Рис. 1. Общий вид агробиологической установки с контролируемой средой

Fig. 1. General view of the agrobiological installation with controlled environment

6,6. Для формирования достаточной плотности растения размещали последовательно в два ряда и два яруса [15].

Световой режим обеспечивался светодиодными фитолампами по циклу: 16 часов – освещение, 8 часов – покой. Выбор ламп с определенными характеристиками обусловлен условиями рационального светового потока, рекомендованного для воспроизводства картофеля. Высота размещения фитоламп над растениями составляла 65 см с возможностью дополнительной регулировки. Свет ламп прямой неполяризованный с эффективностью 227,5 PPD. Фотометрическая характеристика фитоламп приведена на рис. 2.

В агробиологических установках поддерживалась температура 20 ± 2 °C при относительной влажности воздуха 60–65%.

Общая выборка составила 340 растений, что обеспечивает достоверную вероятность исследования с уровнем значимости $p = 0,05$. В течение вегетационного периода осуществляли фенологические наблюдения согласно установленной методике².

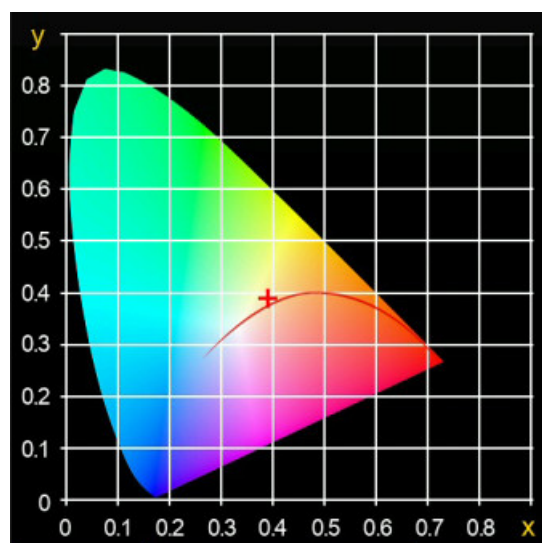


Рис. 2. Фотометрическая характеристика фитоламп

Fig. 2. Photometric characteristics of the grow lamps

Для морфологического анализа согласно схеме Бернулли у не менее чем 16 контрольных растений картофеля оценивали: высоту растения, количество, массу и фракционный состав мини-клубней. Фракционный состав определяли специальным техническим средством.

²Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / сост. С.Д. Киру, Л.И. Костина, Э.В. Трускинов, Н.М. Зотеева, Е.В. Рогозина, Л.В. Королева, В.Е. Фомина, С.В. Палеха, О.С. Косарева, Д.А. Кириллов. СПб., 2010. 28 с.

В соответствии с ГОСТ 33996–2016³, в качестве посадочного материала использовали мини-клубни фракции от 9 до 60 мм. Использование мелкой фракции (менее 9 мм) при дальнейшем выращивании вызывает значительную изреженность всходов, большое количество выпадов, отставание в росте и снижение продуктивности. Поэтому мини-клубни сортировали по размерам фракции от 10 до 50 мм с градиентом 10 мм.

Оценку периода вегетации растений проводили средствами гиперспектрального анализа.

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли в среде Mathcad в следующей последовательности:

1. Оценка математического ожидания:

$$m(x) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

где x_i – значение случайной величины; n – число наблюдений.

2. Оценка дисперсии:

$$D(x) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m(x))^2.$$

3. Оценка среднеквадратического отклонения:

$$\sigma(x) = \sqrt{D(x)}.$$

4. Коэффициент асимметрии:

$$G(x) = \frac{\sqrt{n(n-1)}}{n-2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m(x))^3}{\sigma(x)^3}.$$

5. Коэффициент эксцесса:

$$E(x) = \left(\frac{n-1}{(n-2) \cdot (n-3)} \right) \left((n-1) \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m(x))^4}{D(x)^2} - 3n + 3 \right).$$

6. Коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma(x)}{m(x)}.$$

7. Ошибка оценки математического ожидания:

$$M = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}}.$$

8. Стандартная ошибка асимметрии:

$$\Delta G = \sqrt{\frac{6n(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}}.$$

9. Стандартная ошибка эксцесса:

$$\Delta E = \sqrt{\frac{24(n-1)^2}{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}}.$$

Поле рассеивания случайной величины находили по правилу $\pm 3\sigma$. Соответствие эмпирического распределения предполагаемому теоретическому распределению устанавливали с помощью критерия Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i},$$

где m_i – эмпирические частоты по интервалам; np_i – теоретические частоты по интервалам; k – число интервалов.

Поскольку в рамках эксперимента процесс воспроизводства осуществлялся в изолированном объеме при повышенной влажности воздуха, сбор и укладка клубней на хранение сопровождались двух- и трехсуточным подсушиванием при температуре 20 ± 2 °С с размещением клубней в один слой на марлевой ткани или фильтровальной бумаге. После подсушивания мини-клубни укладывали в контейнер, в верхней и нижней частях которого размещали фильтровальную бумагу для контроля влажности. В конструкции контейнера предусмотрена система вентиляции. Мини-клубни хранили при температуре от 3 до 6 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фенологические наблюдения за ростом и развитием показали, что растения в зависимости от сорта по-разному реагировали на искусственные условия выращивания. Скоропелый сорт Любава характеризовался более коротким цветением (12 сут) и вегетационным периодом (55 сут) по сравнению со среднеранними сортами, опережая их в среднем на 3–5 и 5–7 сут соответственно. Внутри группы среднеранних сортов существенных различий в продолжительности цветения и в целом вегетации не выявлено (60–62 сут).

³ГОСТ 33996–2016. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. М.: Стандартинформ, 2017. 32 с.

У остальных сортов от пересадки до технической спелости прошло 60–65 сут. Высота растений к уборке составила в среднем от 30 (Тулеевский) до 57 см (Любава) (см. рис. 3).

Анализ функций плотности распределения высоты растений показал существенные различия между сортами. Например, сорта Кузнечанка и Танай характеризуются наименьшей высотой растений (пики распределения в диапазоне 30–40 см), что свидетельствует об их низкорослости. Сорт Любава занимает промежуточное положение, демонстрируя пик распределения на уровне 50 см. Наиболее высокими растениями представлены сорта Невский, Тулеевский и Кемеровчанин, у которых пики распределения находятся на уровне 60 см. При этом у последних наблюдается более широкая форма кривой, что отражает высокую вариативность роста. Таким образом, полученные данные позволяют выделить сорта по морфологическим признакам, чтобы в дальнейшем учитывать их при выборе агротехнических приемов, таких как схема посадки, нормы полива и особенности ухода.

По результатам анализа фракционного состава мини-клубней установлено, что среди изучаемых сортов больше всего нестандартных клубней сформировано сортом Тулеев-

ский (5 шт.), у сорта Кемеровчанин их было 4 шт., у сорта Невский отмечено 2 мини-клубня фракции 50–60 мм. Гистограммы распределения сортов в зависимости от фракционного состава клубней представлены на рис. 4.

Установлено, что наибольшее количество мини-клубней у всех сортов приходится на фракции 20–30 и 30–40 мм.

Для сорта Любава наблюдается равномерное распределение с преобладанием фракции 30–40 мм и значительным присутствием мини-клубней фракций 20–30 и 40–50 мм. Сорт Невский демонстрирует высокую однородность – основная масса мини-клубней находится в диапазоне 30–40 мм, что делает его особенно подходящим для промышленной переработки. У сорта Танай, напротив, преобладают мелкие фракции (20–30 мм), что может быть обусловлено биологическими особенностями сорта и делает его пригодным для семенного размножения.

У сорта Кузнечанка выявлены два выраженных пика – на фракциях 20–30 и 30–40 мм, что свидетельствует о хорошем уровне выравниваемости. Клубни сортов Тулеевский демонстрируют распределение с концентрацией в диапазоне 20–40 мм. Для сорта Кемеровчанин характерно присутствие мини-клубней фракций от 20 до 50 мм с основным скоплением в зонах 20–30 и 30–40 мм.

Таким образом, все исследованные сорта обладают приемлемым фракционным составом.

Анализ элементов структуры урожая показал, что в рамках исследования масса одного мини-клубня изменялась в среднем от 16,65 (Кемеровчанин) до 32,04 г (Любава), при этом превосходя стандарт на 2,11 г. Клубни сортов Тулеевский, Танай и Кузнечанка имели массу в среднем 22–23 г (см. рис. 5).

Согласно данным рис. 5, сорта картофеля существенно отличаются по массе мини-клубней. Сорта Танай, Кузнечанка, Кемеровчанин и Тулеевский характеризуются наименьшей массой мини-клубней, при этом пики распределений находятся в диапазоне 15–25 г. Сорта Любава и Невский демонстрируют умеренные значения массы (30–35 г).

Также выявлено, что наибольшее количество мини-клубней с одного растения формируют сорта Любава, Танай и Кузнечанка

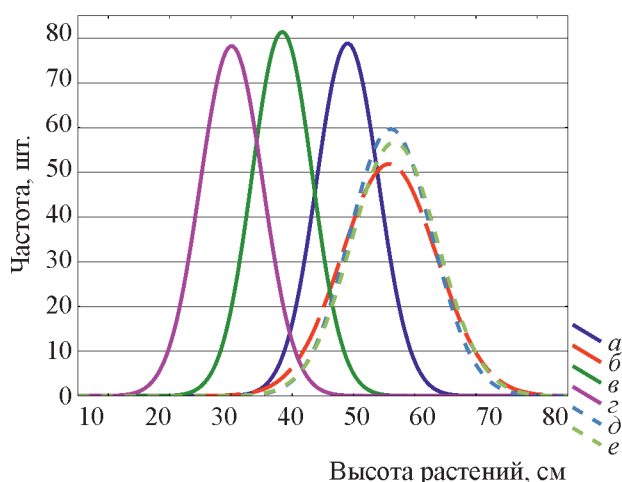


Рис. 3. Функции плотности распределения высоты растений:

а – Любава; б – Невский; в – Танай; г – Кузнечанка; д – Тулеевский; е – Кемеровчанин

Fig. 3. Density functions of plant height distribution:

а – Lyubava; б – Nevsky; в – Tanai; г – Kuznechanka; д – Tuleevsky; е – Kemerovchanin

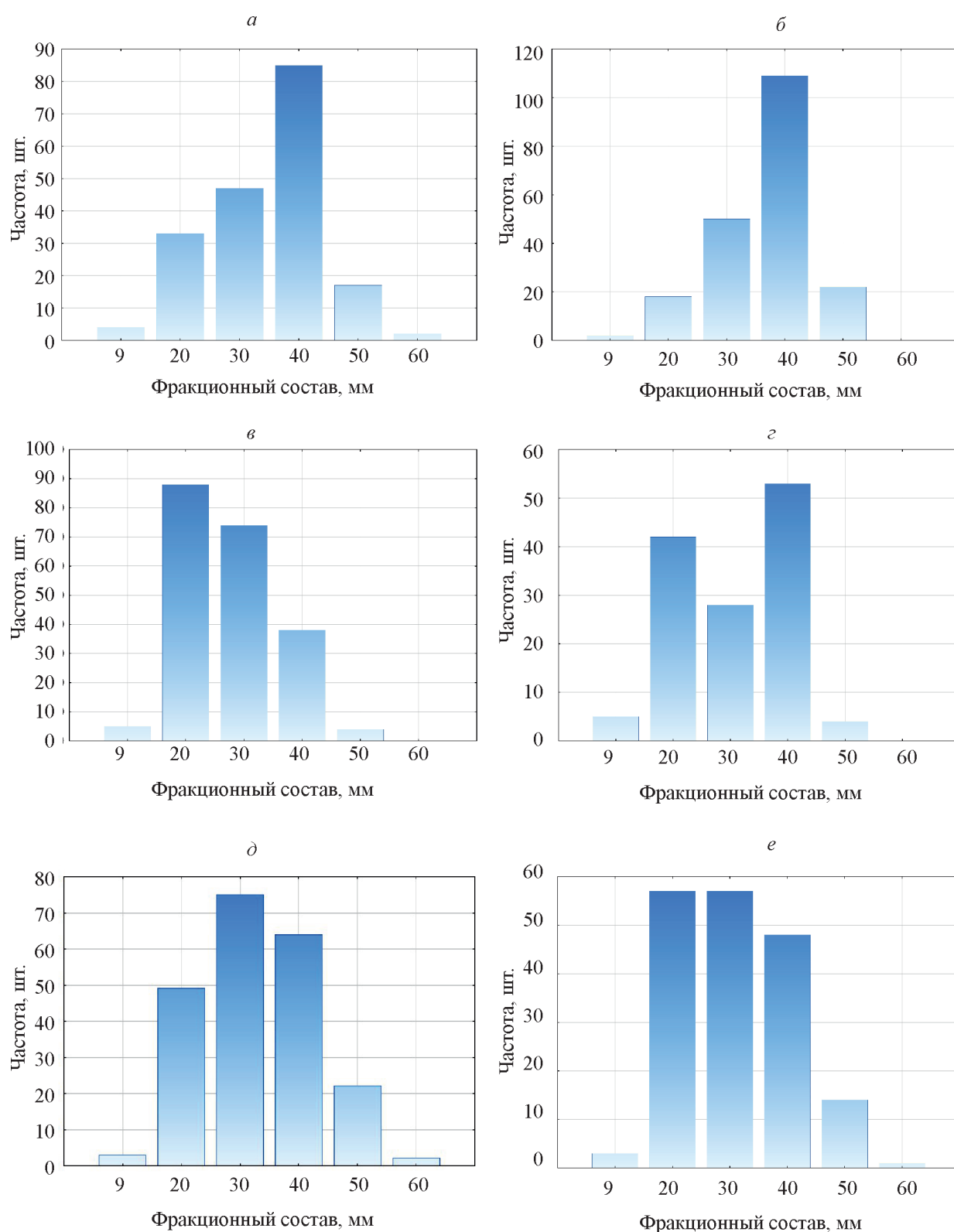


Рис. 4. Гистограммы распределения фракционного состава картофеля:

а – Любава; *б* – Невский; *в* – Танай; *г* – Кузнецханка; *д* – Тулеевский; *е* – Кемеровчанин

Fig. 4. Histograms of the distribution of the fractional composition of potatoes:

a – Lyubava; *b* – Nevsky; *v* – Tanai; *g* – Kuznechanka; *d* – Tuleevsky; *e* – Kemerovchanin

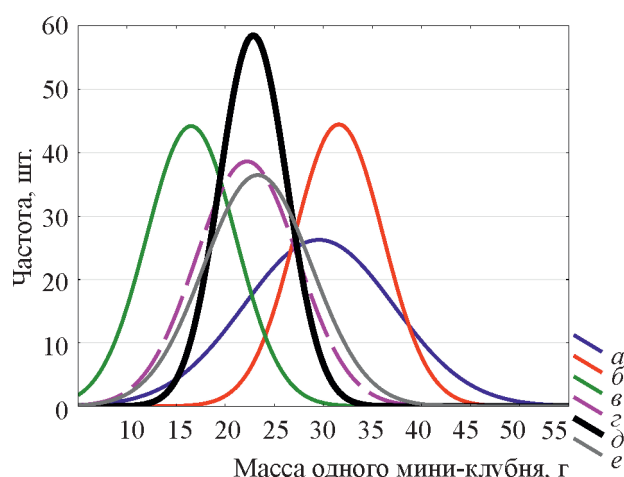


Рис. 5. Функции плотности распределения массы одного мини-клубня:

a – Любава; *б* – Невский; *в* – Танай; *г* – Кузнечанка; *д* – Тулеевский; *е* – Кемеровчанин

Fig. 5. Density distribution functions of the mass of one mini-tuber:

a – Lyubava; *b* – Nevsky; *v* – Tanai; *г* – Kuznechanka; *d* – Tuleevsky; *e* – Kemerovchanin

(по 4 шт.), что свидетельствует об их высокой генеративной активности. У сортов Невский и Кемеровчанин с одного растения можно получить около трех мини-клубней, что можно расценивать как средний уровень продуктивности. Наименьшее количество зафиксировано у сорта Тулеевский – менее трех клубней на одно растение (см. рис. 6). Эти данные необходимо учитывать при выборе сортов для производства семенного и посадочного материала в условиях ограниченного ресурса.

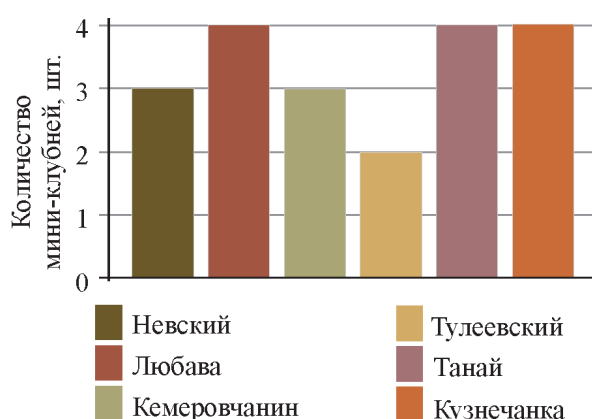


Рис. 6. Гистограмма распределения количества мини-клубней картофеля на одном растении (усредненные значения)

Fig. 6. Histogram of the distribution of the number of potato mini-tubers on one plant (average values)

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что изученные сорта картофеля пригодны для выращивания на агробиологических установках с контролируемой средой и получения безвирусного посадочного материала. Сорта как ранней, так и средней групп спелости сформировали мощный листовой аппарат и развитую корневую систему.

2. В ходе эксперимента высота растений варьировала от 30,5 (Тулеевский) до 56,8 см (Любава). Среднее количество мини-клубней на одно растение было максимальным у сорта Танай (4 шт.), минимальным – у сорта Тулеевский (2 шт.). По массе клубня выделился сорт Любава (в среднем 32,04 г).

3. Статистические выводы показывают однородность фракционного состава картофеля, что подтверждает необходимость дальнейших исследований по оценке влияния отдельных факторов на увеличение продуктивности в условиях контролируемой среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабанов А.Э., Киселев А.И., Федотова Л.С., Тимошина Н.А., Князева Е.В. Оценка перспективных сортов картофеля отечественной селекции в агроэкологических условиях центрального региона России // Плодородие. 2020. № 2. С. 66–69. DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.20.
2. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Митюшкин А.В., Гайзатулин А.С. Актуальные направления развития селекции и семеноводства картофеля в России // Картофель и овощи. 2020. № 12. С. 22–26. DOI: 10.25630/PAV.2020.49.70.005.
3. Цёма Л.Г., Латыпова А.Л. Сортная реакция растений картофеля при выращивании на аэропных установках // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (3). С. 359–366.
4. Моляко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П., Ториков В.Е. Технологические приемы оздоровления современных сортов картофеля // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 5 (93). С. 38–42.
5. Ким И.В., Шищенко Е.В., Фисенко П.В., Чибизова А.С., Клыков А.Г. Применение методов биотехнологии в безвирусном семеноводстве картофеля // Овощи России. 2022. № 5. С. 29–34. DOI: 10.18619/2072-9146-2022-5-29-34.

6. Галикеева Г.Ф., Абрамов С.Н., Гумерова О.В. Технология получения безвирусного посадочного материала картофеля свободного от X и Y вирусов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 9. С. 20–22. DOI: 10.37882/2223-2966.2020.09.09.
7. Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Етдзаева К.Т., Стоянова С.М. Современные способы освобождения сортов картофеля от вирусов (обзор) // Земледелие. 2024. № 5. С. 37–42. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-5-37-42.
8. Латыпова А.Л., Цёма Л.Г. Особенности сортовой реакции растений картофеля на выращивание в искусственных условиях на аэропонных установках // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (71). С. 12–19. DOI: 10.48012/1817-5457_2022_3_12-19.
9. Колошина К.А., Полухин Н.И., Мызгина Г.Х. Реакция сортов картофеля на условия аэропонных технологий при выращивании мини-клубней // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 26–30. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10105.
10. Марзоев З.А., Карданова И.С., Хутинаев О.С., Зебрин С.Н., Грачева И.А., Анисимов Б.В. Инновационные технологии выращивания мини-клубней в безвирусном семеноводстве картофеля (аналитический обзор) // Евразийское научное объединение. 2020. № 8-6 (66). С. 386–394.
11. Шищенко Е.В., Барсукова Е.Н., Ким И.В., Собко О.А., Чибизова А.С. Оздоровление перспективных сортов картофеля с применением комбинированной терапии в культуре *in vitro* // Аграрная наука. 2023. № 9 (374). С. 116–119. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-116-119.
12. Беспалова Е.С., Агаханов М.М., Архимандритова С.Б., Ерастенкова М.В., Ухатова Ю.В. Оздоровление сортов картофеля из коллекции ВИР от вирусов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 4 (181). С. 164–172. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-164-172.
13. Tunio M.H., Sher A., Lakhiar I.A., Gao J. Potato production in aeroponics: a new system for growin food in sustainable agriculture to ensure food security // Chilean Journal of Agricultural Research. 2020. N 80 (1). P. 118–132. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100118.
14. Смирнова Ю.Д., Подольян Е.А. Приемы повышения эффективности микроклонального размножения картофеля (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. № 25 (3). С. 319–

329. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.3.319-329.

15. Sukhoparov A., Zakharenko A., Fedorova O. Potato microclonal propagation method in a temporary immersion bioreactor // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 105. P. 03006. DOI: 10.1051/bioconf/202410503006.

REFERENCES

1. Shabanov A.E., Kiselev A.I., Fedotova L.S., Timoshina N.A., Knyazeva E.V. Evaluation of promising potato varieties of domestic selection in agroecological conditions of the Central region of Russia Author details. *Plodorodie = Plodorodie*, 2020, no. 2, pp. 66–69. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.20.
2. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Mityushkin A.V., Gayzatulin A.S. Current trends in the development of potato breeding and seed production in Russia. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*, 2020, no. 12, pp. 22–26. (In Russian). DOI: 10.25630/PAV.2020.49.70.005.
3. Cyoma L.G., Latypova A.L. Varietal reaction of potato plants grown on aeroponic installations. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2023, no. 24 (3), pp. 359–366. (In Russian).
4. Molyavko A.A., Maruhlenko A.V., Borisova N.P., Torikov V.E. Technologies for the improving potato varieties. *Vestnik Bryanskoy GSHA = Bulletin of Bryansk State Agricultural Academy*, 2022, no. 5 (93), pp. 38–42. (In Russian).
5. Kim I.V., Shishchenko E.V., Fisenko P.V., Chibizova A.S., Klykov A.G. Biotechnology methods in virus-free potato seed production. *Ovoshchi Rossii = Vegetable crops of Russia*, 2022, no. 5, pp. 29–34. (In Russian). DOI: 10.18619/2072-9146-2022-5-29-34.
6. Galikeeva G.F., Abramov S.N., Gumerova O.V. Technology for obtaining virus-free potato planting material free of X and Y viruses. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Modern Science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences*, 2020, no. 9, pp. 20–22. (In Russian). DOI: 10.37882/2223-2966.2020.09.09.
7. Oves E.V., Gaitova N.A., Etdzaeva K.T., Stoyanova S.M. Modern methods of releasing potato varieties from viruses (review). *Zemledelie = Zemledelie*, 2024, no. 5, pp. 37–42. (In Russian). DOI: 10.24412/0044-3913-2024-5-37-42.
8. Latypova A.L., Cyoma L.G. Features of varietal response of potato plants to growing in artificial conditions on aeroponic plants. *Vestnik Izhevskoy*

- gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii = *Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*, 2022, no. 3 (71), pp. 12–19. (In Russian). DOI: 10.48012/1817-5457_2022_3_12-19.
9. Koloshina K.A., Poluhin N.I., Myzgina G.H. Reaction of potato varieties to the aeroponic technologies at mini-tubers growing. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 1, pp. 26–30. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10105.
10. Marzoev Z.A., Kardanov I.S., Khutinaev O.S., Zebnin S.N., Gracheva I.A., Anisimov B.V. Innovative technologies for growing mini-tubers in virus-free potato seed production (analytical review). *Evrasiyskoe nauchnoe ob'edinenie = Eurasian Scientific Association*, 2020, no. 8-6 (66), pp. 386–394. (In Russian).
11. Shishchenko E.V., Barsukova E.N., Kim I.V., Sobko O.A., Chibizova A.S. Virus elimination in promising potato varieties with the use of a combined therapy in vitro. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2023, no. 9 (374), pp. 116–119. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-116-119.
12. Bessalova E.S., Agakhanov M.M., Arkhimandritova S.B., Erastenkova M.V., Ukhatova Yu.V. Sanitization of potato varieties from the VIR collection against viruses. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2020, no. 4 (181), pp. 164–172. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-164-172.
13. Tunio M.H., Sher A., Lakhari I.A., Gao J. Potato production in aeroponics: a new system for growing food in sustainable agriculture to ensure food security. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 2020, no. 80 (1), pp. 118–132. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100118.
14. Smirnova Yu.D., Podolyan E.A. Techniques for increasing the efficiency of microclonal propagation of potatoes (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2024, no. 25 (3), pp. 319–329. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.3.319-329.
15. Sukhoparov A., Zakharenko A., Fedorova O. Potato microclonal propagation method in a temporary immersion bioreactor. *BIO Web of Conferences*, 2024, vol. 105, p. 03006. DOI: 10.1051/bioconf/202410503006.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сухопаров Александр Александрович, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 3308-5665

✉ **Лебедев Александр Николаевич**, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 4673-8748; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: lebedevan@sfsc.ru

Темиров Константин Сергеевич, научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 6492-7385

Федорова Ольга Вячеславовна, лаборант-исследователь; SPIN-код 4703-9135

AUTHOR INFORMATION

Aleksandr A. Sukhoparov, Laboratory Head, Lead Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 3308-5665

✉ **Aleksandr N. Lebedev**, Lead Researcher, Candidate of Science in Agriculture; SPIN-code 4673-8748; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: lebedevan@sfsc.ru

Konstantin S. Temirov, Researcher, Candidate of Science in Agriculture; SPIN-code 6492-7385

Olga V. Fedorova, Laboratory Researcher; SPIN-code 4703-9135

Дата поступления статьи / Received by the editors 21.03.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.06.2025
Дата публикации / Published 15.10.2025