

4. Khasanov O.L., Dvilis E.S., Bikbaeva Z.G. Metody kompaktirovaniya i konsolidatsii nanostrukturnykh materialov i izdeliy. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2008. – 212 s.

5. Klimenko Yu.V. Elektrokontaktnaya naplavka / pod red. E.S. Karakozova. – Moskva: Metallurgiya, 1978. – 128 s.

6. Merzhanov A.G. Protsessy goreniya i sintez materialov. – Chernogolovka: Izd-vo ISMAN, 1998. – 512 s.

7. Vasilev D.A., Krendelev V.A., Fedorchenko V.N. Tsifrovoy termopreobrazovatel. – Protvino: Izd-vo IFVE, 2008. – 7 s.

8. Ivanayskiy V.V. Fiziko-khimicheskie i tekhnologicheskie osnovy upravleniya struktu-

roy i svoystvami zashchitnogo pokrytiya na rabochikh organakh selkhoz mashin. – Barnaul: RIO Altayskogo GAU, 2010. – 187 s.

9. Koidzumi M. Khimiya sinteza szhiganiem / per. s yapon. – Moskva: Mir, 1988. – 247 s.

10. Rezinov V.G., Ivanayskiy V.V., Dmitriev S.F., Ishkov A.V. Ob odnoy modeli TVCh-nagreva mnogoslounykh materialov // Izvestiya AGU. – 2006. – No. 2/1. – S. 164-168.

11. Gordov A.N. Osnovy pirometrii. – Moskva: Metallurgiya, 1976. – 446 s.

12. Kulakov M.V. Tekhnologicheskie izmeneniya i pribory dlya khimicheskikh proizvodstv. – Moskva: Priborostroenie, 1983. – S. 38-85.



УДК 631.362.333:633/635

В.В. Карпов
V.V. Karpov

ИЗУЧЕНИЕ РАЗМЕРНО-МАССОВЫХ И МИКРОГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ

THE STUDY OF SIZE-WEIGHT AND MICROGEOMETRIC CHARACTERISTICS OF FODDER ROOT CROPS



Ключевые слова: гофрощеточный очиститель, кормовые корнеплоды, почвенные примеси, сельскохозяйственные животные, статистическая обработка результатов.

Наличие почвенных примесей в кормовой массе снижает питательность и ценность кормов, может негативно влиять на здоровье животных. Для предупреждения вредного влияния на сельскохозяйственных животных загрязненных кормовых корнеплодов проводится специальная подготовка таких кормов к скармливанию, их очистка от свободных (комки, камни, растительные остатки) и налипших примесей. Очистка кормовых корнеплодов от загрязнений является обязательной и одной из самых трудоёмких операций перед скармливанием животным. Зоотехнические требования к качеству приготовляемых

кормов не допускают наличия в корме свыше 3% почвенных примесей. Проведенные ранее исследования показали, что для улучшения качества очистки необходимо дальнейшее усовершенствование конструкций рабочих органов очистителей. Цель исследования – улучшение качества копирования неровностей кормовых корнеплодов для более тщательно счёсывания связанных с поверхностями корнеплодов примесей. Задачей исследования являются установление влияния основных режимных параметров гофрощеточного очистителя на эффективность очистки корнеплодов от примесей. Объектом исследования является процесс механической очистки кормовых корнеплодов от налипших почвенных примесей в рабочем объеме гофрощеточного очистителя. Проведенные факторные эксперименты позволили установить влияние основных режимных

параметров гофрощеточного очистителя на эффективность очистки корнеплодов от примесей. Сделан следующий вывод: максимальный показатель эффективности очистки $E = 85,63\%$ обеспечивают следующие оптимальные значения факторов: частота вращения гофрощеточных барабанов $\omega = 14,95-17,79 \text{ с}^{-1}$, длина гофрощеточных барабанов $L = 0,7-1,1 \text{ м}$, высота эллиптических утолщений на опорных дисках $h = 0,012-0,018 \text{ м}$, диаметр гофрощеточных барабанов $D = 0,4-0,46 \text{ м}$.

Keywords: *corrugated brush cleaner, fodder root crops, soil foreign materials, farm animals, statistical processing of results.*

Improving the quality of livestock products at small-scale agricultural enterprises is impossible without mechanization of production processes of preparing fodder for feeding animals. Fodder root crops rank high in farm animal nutrition. However, fodder root crops coming to a farm or storage are always heavily contaminated with organic and mineral admixtures. Mechanical cleaning of fodder root crops from loose and compacted mixtures is one of the most time-consuming operations before feeding the animals. The research goal is further improvement of working elements of the design of corrugated brush cleaner of fodder root crops of our devel-

opment. A research task is a study of size-mass and microgeometric characteristics of fodder beet. The research objective is a process of the mechanical cleaning and separation of fodder root crops from loose and compacted mixtures in the work space of corrugated brush cleaner. The size-weight and microgeometric characteristics of fodder beet of the Ekkendorfskaya zheltaya variety after hand harvesting of 2019 were studied. As a result of statistical processing, the theoretical law of distribution of the obtained experimental data in the form of the normal law and Pearson curves were determined. To determine the pattern and strength of the relationship between the properties M , D and L , correlation and regressive analyses were performed, and corresponding regression equations were obtained. The following is concluded: the main features that determine the size-weight and microgeometric characteristics of beet roots of the variety Ekkendorfskaya zheltaya follow the normal distribution law and are described by the Pearson curves; the weight of adhering soil impurities on the surfaces of root crops (m_n) depends not only on the weight of roots (m_k) and the volume of depressions (v_n) on the surface of roots but also on other random factors: harvesting time and conditions, cultivation practices, root crop varietal features, etc.

Карпов Владислав Викторович, к.т.н., доцент каф. безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты, Луганский национальный университет им. Тараса Шевченко, г. Луганск, Украина. E-mail: vip_belyy@mail.ru.

Karpov Vladislav Viktorovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Life Safety, Labor Protection and Civil Protection, Lugansk National University named after Taras Shevchenko, Lugansk, Ukraine. E-mail: vip_belyy@mail.ru.

Введение

Дальнейшее развитие животноводства, увеличение производства и повышение качества животноводческой продукции непосредственно связаны с комплексной механизацией производственных процессов подготовки различных видов кормов к скармливанию. Существующая система машин включает порядка 1000 наименований различных технических средств, при изготовлении достаточного количества которых можно обеспечить комплексную механизацию животноводства и птицеводства. Общеизвестно, что комплексную механизацию более выгодно внедрять на крупных специализированных предприятиях с хорошо отработанной ста-

бильной технологией производства. Вместе с тем не менее важным является механизация производственных процессов и на предприятиях малых форм (подрядных, арендных, частных), особенность которых – дефицит рабочей силы [1].

Важное место в кормлении сельскохозяйственных животных занимают кормовые корнеплоды. Они позитивно влияют на физиологическое состояние, молочную и мясную продуктивность, рост и развитие молодняка всех видов. Вместе с тем при их уборке, особенно в сложных погодных условиях, на сельскохозяйственные предприятия поступают загрязненные корнеклубнеплоды и значительное количество примесей. Из-за

высокого содержания воды в кормовых корнеплодах они портятся. Скармливание же испорченных кормов может привести к отравлению животных. Использование неочищенных кормовых корнеплодов через определенное время приводит к нарушению переваривания, снижению молочной продуктивности вследствие накопления в преджелудках земли и песка. От загрязненных почвенными примесями корнеклубнеплодов у сельскохозяйственных животных быстро стираются зубы. Поэтому так важно кормовые корнеплоды тщательно очищать перед скармливанием животным [2, 3].

Целью исследования является дальнейшее усовершенствование рабочих элементов созданной нами конструкции гофрощеточного очистителя.

Задачей исследования является изучение размерно-массовых и микрогеометрических характеристик кормовой свеклы.

Главной задачей механизации технологических процессов приготовления кормов на малых животноводческих предприятиях является улучшение качества кормов и повышение их питательной ценности, повышение экономичности машин и оборудования, удешевление их проектирования и производства, снижение массы и уменьшение габаритов машин, мощности привода, снижение затрат труда на единицу продукции кормопроизводства и животноводства. Такой подход способствует повышению качества сельскохозяйственной техники, интенсификации производственных процессов и снижению себестоимости продукции животноводства.

Объекты и методы

Объектом нашего исследования является процесс механической очистки и отделения

кормовых корнеплодов от свободных и связанных примесей в рабочем объеме гофрощеточного очистителя.

Для обработки полученных экспериментальных данных нами использовались методы математической статистики, корреляционный и регрессионный анализы.

Изучением технологического процесса подготовки кормов к их дальнейшей переработке занимались В.А. Гулевский, И.И. Ревенко, Н.В. Брагинец, С.А. Найданов, А.А. Федоров, В.Е. Зубков, Н.Н. Колчин, С.Н. Шуханов, П.Н. Кузнецов, В.И. Сыворотка, В.А. Сероватов, А.В. Дервиш, Л.И. Слав, В.М. Архиреев, П.И. Пороховский и многие другие [4, 5].

Экспериментальная часть

Нами разработана конструкция гофрощеточного очистителя, предназначенная для очистки кормовых корнеплодов от почвенных и растительных примесей в связанном и в свободном состоянии (рис. 1).

Основу гофрощеточного очистителя для механической очистки кормовых корнеплодов от загрязнений составляют комбинированные рабочие органы, состоящие из эластичных дисков с эллиптическими утолщениями на них и наборов криволинейных гофрированных щеточных полосок пильчатого профиля, навешенными шарнирно (рис. 1) [6, 7].

С целью дальнейшего усовершенствования конструкции рабочих элементов очистителя возникает необходимость в более тщательном изучении размерно-массовых и микрогеометрических характеристик обрабатываемого кормового материала, выявлении закономерностей в распределении вариантов, характера связи между ними. Нами были изучены размерно-массовые характеристики кормовой свеклы сорта Эккендорский жел-

тый после ручной уборки урожая 2019 г. Размерные характеристики отдельных корнеплодов определяли путем замера их длины и диаметра по наибольшему сечению с точностью до ± 1 мм, а замер массы производили с помощью электронных весов ТВЕ-6-0,1 с точностью до ± 1 г. Микрогеометрические характеристики обрабатываемого кормового материала измеряли путем визуального замера рельефа впадин, неровностей и канавок специальной линейкой и штангенциркулем нониусным ШЦ-II-300 0,05 (ГОСТ 166-89) с точностью до ± 1 мм. Учет массы почвы во впадинах, неровностях, межкорешковом пространстве и канавках на поверхностях кормовых корнеплодов – с помощью электронных весов ТВЕ-6-0,1 с точностью до ± 1 г.

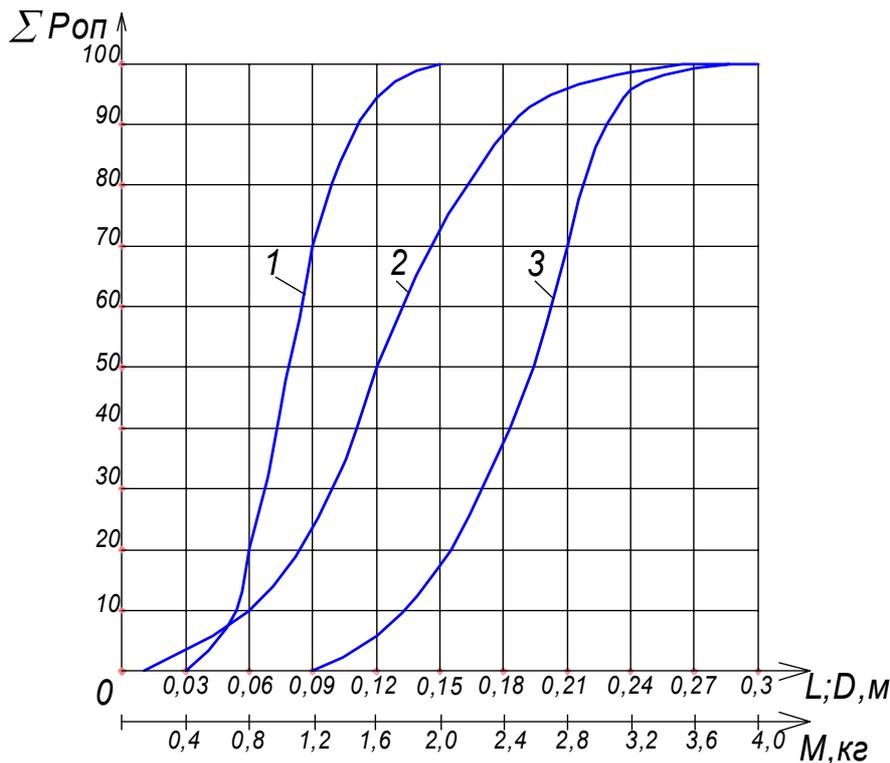
Результаты и их обсуждение

Статистическую обработку результатов экспериментальных данных производили с помощью программ “STATISTICA Plus” (версия 6) и Regress Analysis (версия 2.3) на компьютере АСРІ с базой x86. Нами был определен теоретический закон распределения полученных экспериментальных данных в виде нормального закона и кривых К. Пирсона. Соответствие теоретического и экспериментального распределений было проверено согласно [8] по критериям К. Пирсона χ^2 и Мизеса ω^2 , а также по критерию К. Пирсона $P(\lambda_n)$.

На рисунке 2 представлены полигоны накопленных частот распределения характеристик корнеплодов кормовой свеклы сорта Эккендорфский желтый, выборка $n = 100$ шт., по диаметру, массе и длине.



Рис. 1. Конструкция гофрощёточного очистителя кормовых корнеплодов:
 1 – рама; 2 – заслонка регулируемая; 3 – комплект верхних щеточных барабанов;
 4 – инвертор; 5 – пульт управления; 6 – загрузочный бункер с заслонкой;
 7 – комплект нижних щеточных барабанов; 8 – привод



**Рис. 2. Кумуляты (полигоны накопленных частот) распределения корнеплодов кормовой свеклы сорта Эккендорфский желтый, выборка $n = 100$ шт.:
1 – по диаметру; 2 – по массе; 3 – по длине**

Для признаков размерно-массовой характеристики кормовой культуры определены следующие распределения:

– для массы M кормовых корнеплодов распределение подчиняется первому типу кривых К. Пирсона:

$$f(M) = 0,532 \left(1 + \frac{M - 1,495}{1,233} \right)^{1,144} \cdot \left(1 - \frac{M - 1,611}{3,371} \right)^{4,316}; \quad (1)$$

– распределение длины L кормовых корнеплодов соответствует нормальному закону:

$$f(L) = 0,0701 \cdot e^{[-0,0122(L - 25,8)^2]}. \quad (2)$$

Кривая распределения диаметра D корнеплодов соответствует третьему типу кривых К. Пирсона:

$$f(D) = 0,196 \left(1 - \frac{D - 10,3}{10,62} \right)^{25,9} \cdot e^{[2,65(D - 10,43)]}. \quad (3)$$

Каждый вариационный ряд количественно характеризуется такими важными статистическими характеристиками, как средняя арифметическая, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, показатель точности наблюдений и т.д. Статистические характеристики для основных признаков, определяющих размерно-массовые и микрогеометрические характеристики корнеплодов кормовой свеклы, представлены в таблице 1.

Микрогеометрический анализ поверхностей корнеплодов показал, что вариационный ряд глубины неровностей (канавок и углублений) составил от 2,6 до 11,2 мм, масса почвы в канавках, углублениях, неровностях и корешках – в среднем от 0,02 до 0,05 кг (2,2-4,6% к массе корнеплода). Масса корешков на корнеплодах кормовой свеклы в среднем достигла 0,008-0,019 кг (1,2-2,3% к

массе корнеплода); масса растительных остатков – в среднем 0,011-0,026 кг.

Данные таблицы 1 и представленные кумуляты распределения характеристик корнеплодов кормовой свеклы сорта Эккендорфский желтый на рисунке 2 свидетельствуют о широкой изменчивости признаков, определяющих размерно-массовую и микрогеометрическую характеристики корнеплодов.

Коэффициент вариации для этих признаков превышает 20%. Значительная изменчивость рассмотренных параметров кормовой свеклы находится в зависимости от многих факторов. Для определения характера и тесноты сопряженности между признаками M , D и L были произведены корреляционный и регрессионный анализы [4, 5, 8].

Сравнивая множественные коэффициенты корреляции и отдавая предпочтение большему при равном количестве связей для уравнений, заданных либо экспоненциальным полиномом нескольких переменных, либо полиномом n -порядка, содержащего также аддитивные добавки логарифмов независимых переменных, выбирался тот или иной вид уравнения регрессии. Выделение

коэффициентов регрессии, значимо отличающихся от нуля, производилось как по критерию t Стьюдента, так и по частным коэффициентам корреляции, а также проверкой гипотезы о возможности предоставления результатов наблюдения более простым по виду уравнением регрессии, что является важным в случае, когда независимые переменные коррелированы между собой.

В результате расчетов, произведенных в среде “STATISTICA Plus” (версия 6) и Regress Analysis (версия 2.3) на компьютере ACPI с базой x86 и проведенного выше анализа, получено уравнение регрессии, характеризующее массу связанных с поверхностью корнеплода почвенных примесей в зависимости от размеров неровностей и массы корешков на корнеплодах:

$$m_n = 4,2 \cdot (m_k \cdot v_n)^{0,3869} \cdot e^{(0,9 \cdot m_k \cdot v_n)}, \quad (4)$$

где m_n – масса связанных с поверхностью корнеплода почвенных примесей, кг;

m_k – масса корешков на корнеплодах, кг;

v_n – объем канавок, углублений, неровностей на поверхности корнеплодов, м³. Определялся путем перемножения трех характерных размеров: длины, ширины и глубины неровности.

Таблица

Механико-технологические свойства корнеплодов

Показатели	Кормовая свекла (урожайность 552 ц/га)			
	среднее значение \bar{y}	стандарт, σ	средн. квадратич. ошибка, m	точность опыта, P
Диаметр, м	0,105	0,0344	0,0034	3,3
Длина, м	0,204	0,021	0,002	1,03
Масса, кг	1,388	0,548	0,055	3,96
Масса почвы в неровностях и корешках, кг	0,052	0,0206	0,0021	4,04
Масса корешков на корне, кг	0,019	0,012	0,0012	6,31
Масса растительных остатков на корне, кг	0,026	0,0113	0,0011	4,23
Глубина неровностей и канавок, мм	4,9	1,311	0,1311	2,67

Множественный коэффициент корреляции при этом составил $R_c = 0,656$. Несмотря на то, что множественный коэффициент корреляции существенен, его небольшое значение во многом не объясняет причин варьирования m_n . Иначе говоря, этот признак зависит не только от массы корешков на корнеплодах (m_k) и объема углублений (v_n) на поверхности корнеплодов, но и от других случайных факторов. Кроме того, сам вид связи носит как во времени, так и в пространстве случайный характер в силу вероятностной природы действия различных факторов, главным образом сроков и условий уборки, агротехники возделывания, сортовых особенностей корнеплодов, условий хранения и т.д.

Влияние этих случайных факторов снижается при рассмотрении связи между признаками размерно-массовой характеристики кормовой свеклы. Связь между длиной и диаметром корнеплода характеризует его форму, которая в свою очередь остается специфичной для каждого сорта кормовой свеклы, независимо от условий ее возделывания. Например, корнеплоды кормовой свеклы сорта Эккендорфский желтый можно аппроксимировать сложной геометрической фигурой, состоящей из цилиндра, с примыкающей к нему с одной стороны полусферой, а с другой, – усеченным конусом. Масса корнеплода также вполне определяется его длиной и диаметром. Это подтверждается достаточно высокими множественными коэффициентами корреляции, полученными на основе корреляционного анализа для случая множественной регрессии. При этом корреляция с двумя переменными рассматривалась нами как частный случай множественной. Уравнения регрессии при этом, соответственно, имеют вид:

$$L = 115D^2 \cdot e^{(-13,7 \cdot D)}; \quad (5)$$

$$M = 28,2 \cdot D^{1,967} \cdot e^{(3,44L)}. \quad (6)$$

Для случая корреляции между длиной и диаметром корнеплода сводный коэффициент корреляции составил 0,799; для связи массы корнеплода с его длиной и диаметром множественный коэффициент корреляции – 0,981 при объеме выборки 100 шт.

Выводы

1. Основные признаки, определяющие размерно-массовые и микрогеометрические характеристики корнеплодов кормовой свеклы сорта Эккендорфский желтый, подчиняются нормальному закону распределения и описываются кривыми К. Пирсона (табл.).

2. Масса налипших почвенных примесей на поверхностях корнеплодов m_n зависит не только от массы корешков (m_k) и объема углублений (v_n) на поверхности корнеплодов, но и от других случайных факторов: сроков и условий уборки, агротехники возделывания, сортовых особенностей корнеплодов и т.д.

Библиографический список

1. Юхин, Г. П. Механизированная заготовка и подготовка к скармливанию кормовой свёклы / Г. П. Юхин, В. М. Мартынов, П. И. Огородников, В. А. Милюткин. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург: Изд-во ОГАУ, 2016. – № 6. – С. 98-100.
2. Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops: Food and agriculture organization of the united nations. – URL: <http://www.fao.org/3/T0073E/T0073E00.htm#Contents> – свободный (дата обращения: 30.01.2020). – Текст: электронный.
3. Костин, Г. Н. Информационные материалы, необходимые для расчетов по основным технологическим процессам и техническому обслуживанию на фермах: спра-

вочник / Г. Н. Костин, П. М. Рошин, Е. В. Косолапов. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – 84 с. – Текст: непосредственный.

4. Дусенов, М. К. Устройство для очистки корнеклубнеплодов / М. К. Дусенов. – Текст: непосредственный // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 12-13.

5. Федоров, А. А. Исследование безводной механизированной очистки корнеплодов / А. А. Федоров, С. П. Зайцев. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов ЧГСХА. – 2004. – С. 120-121.

6. Карпов, В. В. Построение номограммы для определения параметров гофрощеточного очистителя корнеклубнеплодов / В. В. Карпов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (111). – С. 91-93

7. Карпов, В. В. Снижение потерь кормовых корнеплодов в рабочем объеме гофрощеточного очистителя / В. В. Карпов, В. А. Гулевский. – Текст: непосредственный // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 2 (61). – С. 76-83.

8. ГОСТ Р 50.1.037-2002. ПРИКЛАДНАЯ СТАТИСТИКА. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим / ИПК Издательство стандартов. – Москва: Стандартинформ. – Текст: непосредственный.

References

1. Yukhin G.P. Mekhanizirovannaya zagotovka i podgotovka k skarmlivaniyu kormovoy svekly / G.P. Yukhin, V.M. Martynov, P.I. Ogorodnikov, V.A. Milyutkin // Izvestiya

Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 6. – S. 98-100.

2. Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops: Food and agriculture organization of the United Nations [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.fao.org/3/T0073E/T0073E00.htm#Contents>. – svobodnyy. (Data obrashcheniya 30.01.2020 g).

3. Kostin G.N. Informatsionnye materialy, neobkhodimye dlya raschetov po osnovnym tekhnologicheskim protsessam i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu na fermakh: spravochnik / G.N. Kostin, P.M. Roshchin, E.V. Kosolapov. – Киров: Vyatskaya GSKhA, 2010. – 84 s.

4. Dusenov M.K. Ustroystvo dlya ochistki korneklubneplodov / M.K. Dusenov // Tekhnika v selskom khozyaystve. – 2011. – No. 4. – S. 12-13.

5. Fedorov A.A., Issledovanie bezvodnoy mekhanizirovannoy ochistki korneplodov / A.A. Fedorov, S.P. Zaytsev // Sb. nauch. tr. ChGSKhA. – 2004. – S. 120-121.

6. Karpov V.V. Postroenie nomogrammy dlya opredeleniya parametrov gofroshchetochnoy ochistitelya korneklubneplodov / V.V. Karpov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 1 (111). – S. 91-93.

7. Karpov V.V. Snizhenie poter kormovykh korneplodov v rabochem ob"eme gofroshchetochnoy ochistitelya / V.V. Karpov, V.A. Gulevskiy // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 2 (61). – Т. 12. – S. 76-83.

8. GOST R 50.1.037-2002 «Prikladnaya statistika. Pravila proverki soglasiya opytnogo raspredeleniya s teoreticheskim». – ИПК Издательство стандартов. – Москва: Standartinform.

