

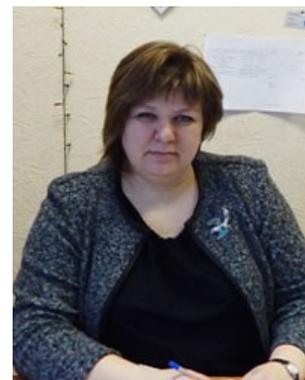
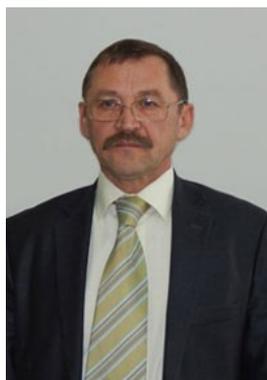
mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Omsk, 28 iulia 2021 goda. – Omsk: OmGAU, 2021. – S. 317-321.

12. Vedeniapin G.V. Obshchaia metodika eksperimentalnykh issledovaniy i obrabotki opytnykh dannykh. – Moskva: Kolos, 1973. – 199 s.

13. Natsionalnyi standart RF GOST R 52368–2005 (EN 590:2004). Topливо dizelnoe Evro. Tekhnicheskie usloviia. – 2006. – 8 s.

14. Keruchenko L.S., Gurin T.Iu., Damanskii R.V. Izmenenie zazora v zapornom sopriazhenii raspylitelia forsunki dvigatel'ia // Selskii mekhanizator. – 2017. – No. 11. – S. 36–37.

15. Keruchenko L.S., Damanskiy R.V. Improvement of antiwear properties of diesel fuels by compounding with additive based on tall and linseed oil. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019; 8 (5): 2174-2177.



УДК 631.363.7.681.332.6  
DOI: 10.53083/1996-4277-2023-228-10-93-97

**В.В. Матюшев, А.В. Семенов, И.А. Чаплыгина**  
**V.V. Matyushev, A.V. Semenov, I.A. Chaplygina**

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРУДАТОВ ПУТЁМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА

### INCREASING THE EFFICIENCY OF EXTRUDATE PRODUCTION TECHNOLOGY BY IMPROVING EQUIPMENT FOR GRAIN SPROUTING

**Ключевые слова:** зерно, пшеница, проращивание, пророщенное зерно, смесь, оборудование, конструкция, технология, экструзия, экструдат.

Актуальными являются исследования, направленные на совершенствование технологии получения экструдатов из смеси нативных и пророщенных зерновых компонентов, позволяющих повысить пищевые и кормовые свойства зерна. Целью исследования является повышение эффективности технологии получения экструдатов путём совершенствования оборудования для проращивания зерна и повышения пищевой ценности готового продукта. В задачу исследования входила разработка оборудования для проращивания зерна и технологической линии получения экструдатов. На основании проведенного анализа литературных источников и патентной информации было установлено, что используемые в производственной практике установки для проращивания зерна имеют значительную материалоемкость, сложность конструкции и продолжительное время получения готового продукта. В связи с этим было разработано, запатентовано, изготовлено устройство для проращивания зерна. Исследования проводились в Красноярском ГАУ на базе Инжинирингово-

го центра, используя зерно пшеницы Новосибирская 15. В предлагаемой конструкции по сравнению с существующим способом проращивания зерна (прототип) время сокращается с 72 до 42 ч. Это обусловлено проведением предварительной подготовки зерна и обеззараживанием воздуха и воды, используемых в устройстве в процессе проращивания. Насыщение предварительно обеззараженного атмосферного воздуха, проходящего через слой предварительно обеззараженной воды, создает внутри корпуса устройства оптимальный для проращивания температурный и влажностный режим. Пророщенное зерно смешивали в смесителе лопастного типа в количестве 10, 15, 20 и 25% от объема нативной пшеницы, затем осуществляли экструзионную обработку на экструдере шнекового типа ЭК-100. Охлаждали измельченный полученный экструдат до размеров, необходимых для использования в пищевых или кормовых целях. В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальным по пищевой и энергетической ценности является продукт, полученный из смеси, включающей 15% пророщенных зерен.

**Keywords:** *grain, wheat, sprouting, sprouted grain, mixture, equipment, design, technology, extrusion, extrudate.*

The studies aimed at improving the technology of obtaining extrudates from a mixture of native and sprouted grain components that improve the nutritional and fodder properties of grain are topical. The research goal is to increase the efficiency of the technology of obtaining extrudates by improving the equipment for grain sprouting to increase the nutritional value of the finished product. The research objective was to develop the equipment for grain sprouting and a technological line for obtaining extrudates. Based on literature analysis and patent information, it was found that the installations used in industrial practice for grain sprouting have a significant material consumption, design complexity and a long time to obtain the finished product. In this regard, a device for grain sprouting was developed, patented, and manufactured. The research was carried out at the Krasnoyarsk State Agricultural

University at the Engineering Center. The grain of Novosibirskaya 15 wheat variety was used in the studies. In the proposed design, compared with the existing method of grain sprouting (prototype), the time of grain sprouting is reduced from 72 to 42 hours. This is due to the preliminary grain preparation and the disinfection of air and water used in the device during sprouting process. The saturation of pre-disinfected atmospheric air passing through a layer of pre-disinfected water creates an optimal temperature and humidity regime inside the device for sprouting. Sprouted grain was mixed in a paddle-type mixer in the amount of 10, 15, 20 and 25% of the volume of native wheat, then extrusion processing was performed in EK-100 screw-type extruder; the resulting extrudate was cooled and crushed to the size required for use in food or feed purposes. It was found that the product of the resulting mixture which included 15% of sprouted grains was optimal in terms of nutritional and energy value.

**Матюшев Василий Викторович**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: don.matyusheff2015@yandex.ru.

**Семенов Александр Викторович**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: semenov02101960@mail.ru.

**Чаплыгина Ирина Александровна**, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: ledum\_palustre@mail.ru.

**Matyushev Vasilii Viktorovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: don.matyusheff2015@yandex.ru.

**Semenov Aleksandr Viktorovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: semenov02101960@mail.ru.

**Chaplygina Irina Aleksandrovna**, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: ledum\_palustre@mail.ru.

### Введение

Одним из способов повышения пищевых и кормовых свойств зерна, снижения себестоимости кормов и повышения продуктивности животных [1-3] является экструдирование зерновой смеси состоящей из нативной и пророщенной пшеницы, рапса, гороха, овса, сои и кукурузы [4-7]. В связи с чем актуальными являются исследования, направленные на совершенствование технологии получения экструдатов из смеси нативных и пророщенных зерновых компонентов.

**Цель** исследования – повышение эффективности технологии получения экструдатов путём совершенствования оборудования для проращивания зерна и повышения пищевой ценности готового продукта.

**Задача** исследования – разработать оборудование для проращивания зерна и технологическую линию получения экструдатов.

### Объекты и методы

Объектами исследований являлись устройство для проращивания зерна и технология производства экструдатов на основе смеси нативного и пророщенного зерна пшеницы. Исходное сырьё – пшеница сорта Новосибирская 15. Сырьё и готовая продукция исследовались по стандартным методикам в ФГБУ «Красноярский референтный центр Россельхознадзора» и НИИЦ Красноярского ГАУ.

### Результаты исследований и их обсуждение

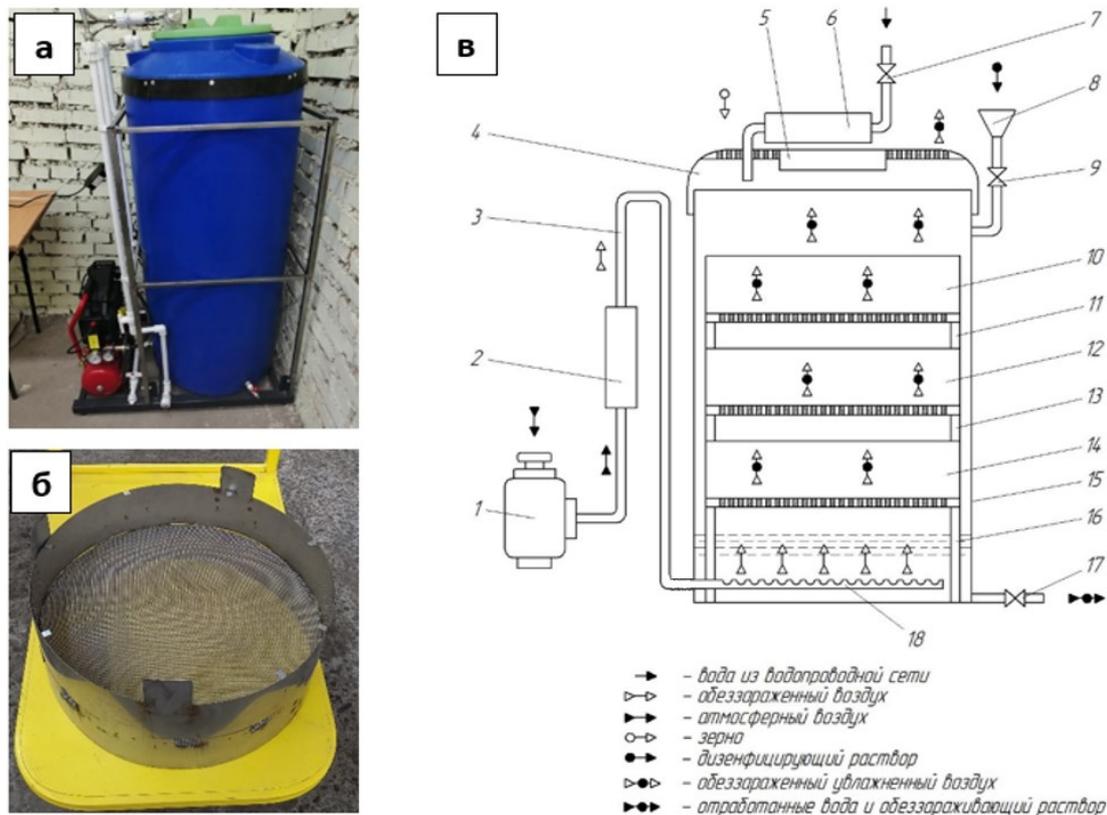
Устройство для проращивания зерна состоит из цилиндрического корпуса 15, с рассеивателем воздуха 18 в нижней его части [8] (рис. 1). Внутри корпуса на стойках 11, 13, 16 одна на другой размещены ёмкости 10, 12, 14 с сетчатым дном (размер ячеек меньше размеров зерновки) для проращиваемого зерна.

Ёмкости и стойки выполнены из нержавеющей стали. Корпус закрывается крышкой 4 с отверстиями для циркуляции воздуха. На внутренней поверхности крышки установлена фитолампа 5, на наружной – обеззараживатель воды 6 с запорным вентиляем 7 для подключения к водопроводной сети. Воздух в корпус нагнетается компрессором 1 через обеззараживатель воздуха 2 и гидравлический затвор 3, предотвращающий поступление воды из корпуса в компрессор во время мойки и замачивания зерна. Для подачи в корпус устройства дезинфицирующего раствора имеется воронка 8 с запорным вентиляем 9, слив воды или дезинфицирующего раствора из корпуса осуществляется через запорный вентиляем 17.

Процесс работы устройства осуществляется следующим образом. В корпус последовательно устанавливаются заполненная зерном ёмкость 14 на стойке 16, ёмкость 12 на стойке 13 и ёмкость 10 на стойке 11. На корпус 15 устанавливается крышка 4, запорный вентиляем 17 закрывается. Через воронку 8 и открытый запорный вентиляем 9 в корпус подаётся раствор для обеззараживания зерна (перекись водо-

рода – 3%), заполняя его по верхнюю кромку ёмкости 10. Обеззараживание зерна продолжается в течение 10 мин. Открывается запорный вентиль 17, обеззараживающий раствор сливается из корпуса. Далее открывается запорный вентиль 7 и осуществляется промывание зерна в течение 2 мин. Для промывания

зерна используется проточная вода, проходящая через ультрафиолет обеззараживателя 6. После окончания процесса промывания зерна закрывается запорный вентиль 17, корпус заполняется обеззараженной водой по верхнюю кромку ёмкости 10, запорный вентиль 7 закрывается.



**Рис. 1. Устройство для проращивания зерна:**  
**а – общий вид; б – ёмкость для зерна; в – технологическая схема работы**

Процесс замачивания зерна происходит в течение 6 ч. После чего вентиль 17 открывается, вода сливается из корпуса. После слива воды из корпуса открывается запорный вентиль 7, осуществляется процесс промывания зерна проточной обеззараженной водой в течение одной минуты, запорный вентиль 17 закрывается. Нижняя часть корпуса заполняется обеззараженной водой выше рассеивателя потока воздуха 18 и ниже сетчатого дна ёмкости для зерна 14, запорный вентиль 7 закрывается. Начинается процесс проращивания зерна при температуре 20°C в течение 48 ч. В процессе проращивания через каждые 45 мин. на 15 мин. включается в работу компрессор 1, который нагнетает воздушный поток через ультрафиолетовый обеззараживатель воздуха 2 и гидравлический затвор 3 в рассеиватель воздуха 18. Обеззараженный воздух, проходя через слой обеззараженной воды насыщается влагой и в виде тумана проходит через ёмкости для зерна, обеспечивая оптимальные по влажности условия для проращивания. Отработанный воздух удаляется из корпуса через отверстия в крышке 4.

Через каждые 6 ч происходит заполнение корпуса обеззараженной водой с последующим сливом, и через каждые 12 ч в течение 1 мин. осуществляется промывание зерна обеззараженной водой, что обеспечивает перемешивание зерна и удаление микрофлоры и ингибиторов роста. После окончания процесса проращивания зерна вода из корпуса сливается через запорный вентиль 17. Открывается крышка ёмкости для зерна и извлекается из корпуса, пророщенное зерно выгружается.

Предлагаемая конструкция позволяет получать проростки от 1 до 50 мм за счет использования фитолампы 5.

Технологическая схема линии экструдирования нативного и пророщенного зерна представлена на рисунке 2.

Пророщенное зерно из устройства для проращивания зерна 1 подается в смеситель 2, где смешивается с зерном нативной пшеницы, поступающей по транспортеру 3. Смесь пророщенного и нативного зерна пшеницы транспортёром 4 подается в экструдер 5. Полученный экструдат с температурой

110-120°C и влажностью 15-17% режется в отсекателе стренга 6 до размеров 10-20 мм и транспортёром 7 подаётся в охладитель 8, где охлаждается атмосферным воздухом, нагнетаемым вентилятором 9.

Охлаждённый экструдат с влажностью 13-14% поступает в переключатель потока 10, где с помо-

щью заслонки 11 направляется в транспортёр 12 и далее на корм животным. Во втором случае измельчённый в измельчителе 13 до нужной фракции экструдат поступает на транспортёр 12 и направляется для включения в состав кормов или хлебулочных изделий.

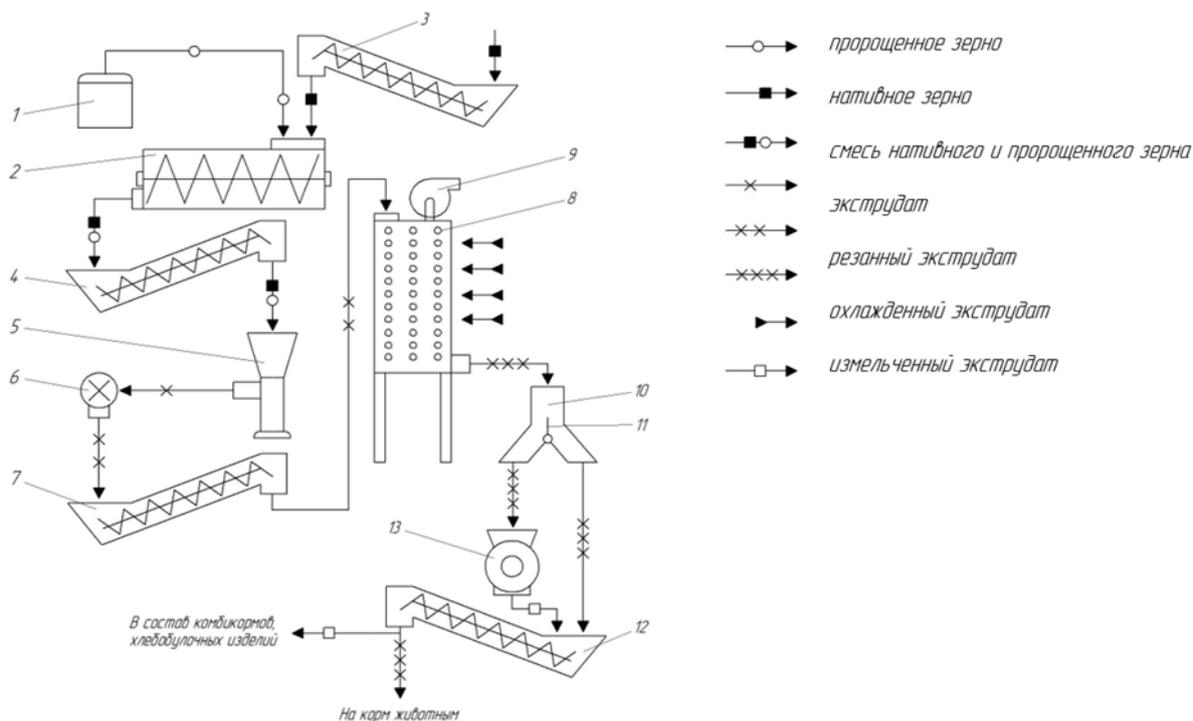


Рис. 2. Схема технологического процесса экструдирования смеси нативного и пророщенного зерна

### Выводы

При использовании предлагаемого запатентованного устройства для проращивания зерна сокращается продолжительность проращивания с 72 ч (прототип) до 42 ч. Экспериментальные исследования показали, что с увеличением количества пророщенного зерна обменная энергия увеличивается. По питательным и энергетическим показателям оптимальной является экструдированная смесь с включением 15% пророщенной пшеницы.

### Библиографический список

1. Чаплыгина, И. А. Химический состав полуфабрикатов, полученных из пророщенного зерна пшеницы / И. А. Чаплыгина, Е. В. Шанина. – Текст: непосредственный // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции (г. Красноярск, 16-18 апреля 2019 года) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2019. – Ч. 2. – С. 163-166.
2. Методы снижения себестоимости молока на агропредприятиях Алтайского края / А. М. Булгаков, Д. А. Булгакова, В. М. Жуков [и др.]. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-81-88. – Текст: непо-

средственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7 (213). – С. 81-88. – EDN OLGCVА.

3. Яичная продуктивность перепелок при введении в рацион биологически активного вещества / П. И. Барышников, Л. В. Растопшина, Н. А. Новиков, В. М. Жуков. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 9 (203). – С. 60-65. – EDN НРВННВВ.

4. Матюшев, В. В. Использование пророщенного зерна пшеницы в экструзионных технологиях / В. В. Матюшев, И. А. Чаплыгина, А. В. Семенов. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – № 11 (164). – С. 184-189.

5. Химический состав и питательность зерна пшеницы, ячменя и кукурузы в зависимости от способов подготовки их к скармливанию / Н. Н. Швецов, Н. П. Зуев, М. М. Наумов [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 12 (134). – С. 101-106.

6. Инновационные методы подготовки зерновых кормов, обработанных методов экструдирования с предварительным проращиванием одного из компо-

нентов, с целью использования в скотоводстве: научно-практические рекомендации / В. В. Матюшев, И. А. Чаплыгина, А. В. Семёнов, Е. Н. Олейникова. – Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т. – 2020. – 39 с. – Текст: непосредственный.

7. Matyushev V.V., et al. (2020). Method of increasing the mixed fodder nutritional and energy value. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 421. 062033. DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062033.

8. Патент № 2769803 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/02. Устройство для проращивания зерна: № 2020131218: заявл. 21.09.2020: опубл. 06.04.2022 / Матюшев В. В., Невзоров В. Н., Семёнов А. В. [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. – Текст: непосредственный.

### References

1. Chaplygina, I. A. Khimicheskii sostav polufabrikatov, poluchennykh iz proroshchennogo zerna pshenitsy / I. A. Chaplygina, E. V. Shanina // *Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiia: matly mezhdunar. nauchno-prakt. konf. (Krasnoiar. gos. agrar. un-t, 16–18 apreliia 2019 goda) / Krasnoiar. gos. agrar. un-t, Ch. 2. – Krasnoiar. gos. agrar. un-t, 2019. – S. 163–166.*

2. Metody snizheniia sebestoimosti moloka na agropredpriiatiakh Altaiskogo kraia / A. M. Bulgakov, D. A. Bulgakova, V. M. Zhukov [i dr.] // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 7 (213). – S. 81-88. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-213-7-81-88. – EDN OLGCV A.*

3. Iaichnaia produktivnost perepelok pri vvedenii v ratsion biologicheskii aktivnogo veshchestva / P. I. Ba-

ryshnikov, L. V. Rastopshina, N. A. Novikov, V. M. Zhukov // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 9 (203). – S. 60-65. – DOI 10.53083/1996-4277-2021-203-09-60-65. – EDN HPBHWB.*

4. Matushev, V. V. Ispolzovanie proroshchennogo zerna pshenitsy v ekstruzionnykh tekhnologiiakh / V. V. Matushev, I. A. Chaplygina, A. V. Semenov // *Vestnik KrasGAU. – 2020. – No. 11 (164). – S. 184–189.*

5. Khimicheskii sostav i pitatelnost zerna pshenitsy, iachmenia i kukuruzy v zavisimosti ot sposobov podgotovki ikh k skarmlivaniiu / N. N. Shvetsov, N. P. Zuev, M. M. Naumov [i dr.] // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 12 (134). – S. 101–106.*

6. Matushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V., Oleinikova E.N. Innovatsionnye metody podgotovki zernovykh kormov, obrabotannykh metodov ekstrudirovaniia s predvaritelnykh prorashchivaniem odnogo iz komponentov, s tseliu ispolzovaniia v skotovodstve / *nauch.-prakt. rekomendatsii. – Krasnoiar. gos. agrar. un-t, 2020. – 39 s.*

7. Matyushev V.V., et al. (2020). Method of increasing the mixed fodder nutritional and energy value. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 421. 062033. DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062033.

8. Patent No. 2769803 С2 Rossiiskaia Federatsiia, МПК А01С 1/02. Ustroistvo dlia prorashchivaniia zerna: No. 2020131218: zaiavl. 21.09.2020: opubl. 06.04.2022 / V. V. Matushev, V. N. Nevzorov, A. V. Semenov [i dr.]; zaiavitel FGBOU VO Krasnoiar. gos. agrar. un-t.

