

Научная статья
УДК 633.63:613.3
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_33

Высевающий аппарат с вращающейся камерой для капсулированных семян

Сергей Владимирович Василенко¹, Владимир Васильевич Василенко²,
Вячеслав Анатольевич Гулевский³

^{1,2}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия
¹tuli-fruli@mail.ru✉

³Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, пос. ВНИСС,
Воронежская область, Россия

¹tuli-fruli@mail.ru✉

Аннотация. Рассмотрены конструктивная схема и процесс работы принципиально нового высевающего аппарата для семян пропашных культур. Новизна аппарата заключается в том, что диск выполнен с отогнутым бортом по всей окружности, в котором расположены сквозные ячейки для капсулированных семян. Диск вращается в продольной вертикальной плоскости. Вместе с ним, но немного медленнее, вращается круглая стенка камеры заполнения. Две этих детали образуют замкнутое пространство, названное камерой заполнения, в которую поступают семена из бункера. На стенке камеры заполнения закреплены фигурные захваты, которые увлекают семена в круговое вращение. Число выходных окон в камере заполнения на единицу больше, чем число ячеек на диске. Передаточное отношение привода от опорно-приводного колеса к диску и к камере заполнения подобрано так, что ячейки совпадают с выходными окнами только в нижней точке траектории вращения. При этом вход в ячейку закрыт одним из фигурных захватов. Рассчитанные параметры работы высевающего аппарата применимы для капсулированных семян диаметром 0,02 м и следующих исходных данных: скорость движения агрегата – 1,67 м/с, диаметр опорно-приводного колеса – 0,5 м, диаметр высевающего диска – 0,22 м, число ячеек на нем – 4, коэффициент проскальзывания опорно-приводного колеса – 0,1. Норма высева регулируется от 5,0 до 8,1 шт. на 1 метр посевного рядка путем изменения передаточного отношения привода высевающего диска от 2,16 до 3,50. Нижний предел нормы высева ограничен уменьшением центробежной силы, удерживающей семена в ячейках от преждевременного выпадения, а верхний предел зависит от критической относительной скорости семян и ячеек при их заполнении.

Ключевые слова: ячеистый диск, камера заполнения, капсулированные семена, передаточное отношение, скорость вращения диска

Для цитирования: Василенко С.В., Василенко В.В., Гулевский В.А. Высевающий аппарат с вращающейся камерой для капсулированных семян // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 33–40. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_33-40.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Seeding unit with rotating chamber for encapsulated seeds

Sergey V. Vasilenko¹✉, Vladimir V. Vasilenko², Vyacheslav A. Gulevsky³

^{1,2}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

³All-Russian Research Institute for Plant Protection, pos. VNISS, Voronezh Oblast, Russia

¹tuli-fruli@mail.ru✉

Abstract. The constructive scheme and the process of operation of a fundamentally new sowing device for seeds of row crops are considered. The device is novel in that its disk is made with a bent bead along the entire circumference, in which through cells are made for encapsulated seeds. The disk rotates in a longitudinal vertical plane. Together with it, but a little bit slowly, the round wall of the filling chamber rotates. These two parts form a closed space, called a filling chamber, into which seeds come from the hopper. The shaped grips are fixed on the wall of the filling chamber, which impart the spinning motion to the seeds. The number of output windows in the filling chamber is greater by one than the number of cells on the disk. The gear ratio of the drive from the supporting driving wheel to the disk and to the filling chamber is selected so that the cells coincide with the output

windows only at the lower point of the rotation trajectory. At the same time, the entrance to the cell is closed by one of the shaped grips. The calculated parameters of the seeding unit are applicable for encapsulated seeds with a diameter of 0.02 m and the following initial data: the speed of the unit is 1.67 m/s, the diameter of the supporting driving wheel is 0.5 m, the diameter of the sowing disc is 0.22 m, the number of cells is 4, the coefficient of slippage of the supporting driving wheel is 0.1. Seed application rate is adjustable from 5.0 to 8.1 pcs per meter of the sowing row by changing the gear ratio of the drive of the sowing disc from 2.16 to 3.50. The lower limit of the seeding rate is limited by a decrease in the centrifugal force that keeps the seeds in the cells from premature loss, and the upper limit depends on the critical relative speed of seed movement and rotation of the cellular disk.

Key words: cellular disk, filling chamber, encapsulated seeds, gear ratio, disk rotation speed

For citation: Vasilenko S.V., Vasilenko V.V., Gulevsky V.A. Seeding unit with rotating chamber for encapsulated seeds. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):33-40. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_33-40.

Введение

Равномерное размещение семян пропашных культур вдоль посевной борозды достижимо, если сеялка выдает семена без придания им горизонтальной скорости, чтобы они не перекатывались в борозде [6, 10, 17]. Это означает, что окружная скорость вращения высевающего диска должна быть равна скорости движения посевного агрегата. Но скорость вращения диска ограничена условием западания семян в его ячейки. Можно увеличить скорость вращения высевающего элемента в виде диска с круговым бортом за счет выполнения в нем сквозных ячеек с внутренним заполнением. Более того, предварительная камера, расположенная внутри этого фигурного диска, может быть тоже вращающейся и таким образом ускорять движение семян вслед за ячейками. Это техническое решение [5] позволяет выровнять скорости вращения диска и движения агрегата и получить равномерное размещение семян. Такой высевающий аппарат особенно значим для капсулированных семян [7, 12, 16], так как пневматические аппараты для них неприменимы. Следует провести аналитическое исследование конструктивных параметров высевающего аппарата с вращающейся камерой и скоростных режимов его работы. В основу анализа должны быть заложены убедительные сведения о влиянии технологических показателей пунктирного высева на урожайность культуры и на производительность применяемых технических средств.

В Центральном Черноземье наиболее важной пропашной культурой и наиболее требовательной к качеству проведения полевых операций является сахарная свекла. Как в нашей стране, так и за рубежом в сельскохозяйственной научной литературе ей уделяется большое внимание. Выявлено, что оптимальной густотой насаждения следует считать 85–100 тыс. растений на гектар [2, 18, 19, 20]. Учитывая тот факт, что полевая всхожесть семян и сохранность растений при механических обработках не может быть стопроцентной, норму высева следует увеличивать на 10–15% [1, 3, 14]. Из этих сведений вытекает, что оптимальная норма высева высококачественных семян сахарной свеклы составляет приблизительно 6,7 шт./м при ширине междурядий 0,45 м.

Другим важным технологическим показателем является скорость движения посевного агрегата. Для сеялок точного высева повышенная скорость неприемлема, так как в этом случае уменьшается коэффициент заполнения ячеек в высевающем аппарате, семена после падения на почву раскатываются по борозде, вплоть до появления инверсии [6], а глубина их заделки становится изменчивой величиной. По нашим исследованиям и опубликованным литературным данным, скорость движения сеялок точного высева не должна превышать 6 км/ч [4, 8, 13, 15]. К исходным данным для анализа конструктивных и режимных параметров высевающего аппарата с вращающейся камерой следует добавить диаметр капсулированного семени, средний рекомендуемый размер которого равен 20 мм [7, 13, 16].

Методика расчета

Конструктивная схема высевающего аппарата и его принцип действия представлены на рисунке 1.

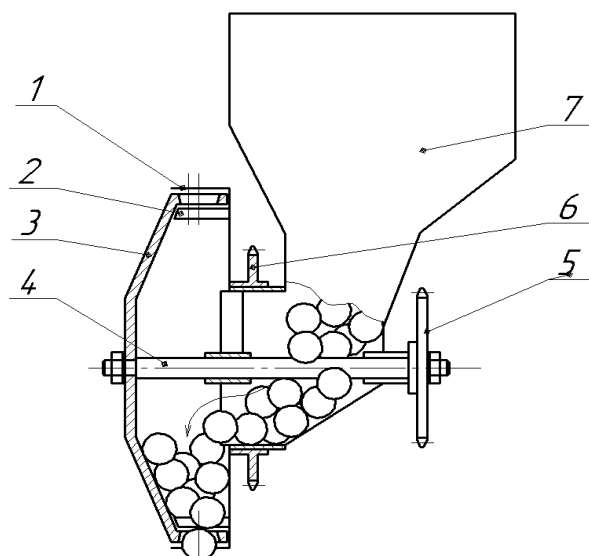


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема высевающего аппарата с вращающейся камерой:
 1 – корпус камеры заполнения; 2 – захваты для семян; 3 – высевающий диск; 4 – вал привода;
 5 – звездочка привода диска; 6 – звездочка привода камеры; 7 – бункер для семян

Как и у всех аппаратов точного высева, дозирующие элементы вращаются по направлению движения агрегата [8]. В предлагаемом аппарате такими элементами являются камера 1 заполнения с захватами 2 для семян и высевающий диск 3. Оба элемента вращаются с разными скоростями, поэтому в приводе аппарата предусмотрены две цепные передачи с двумя ведомыми звездочками. На валу 4 расположена звездочка 5 привода высевающего диска, а на корпусе камеры заполнения закреплена звездочка 6. В камеру 1 заполнения семена поступают из бункера 7. Процесс поштучного дозирования семян и выхода их из ячеек с нулевой горизонтальной скоростью падения в борозду представлен на рисунке 2.

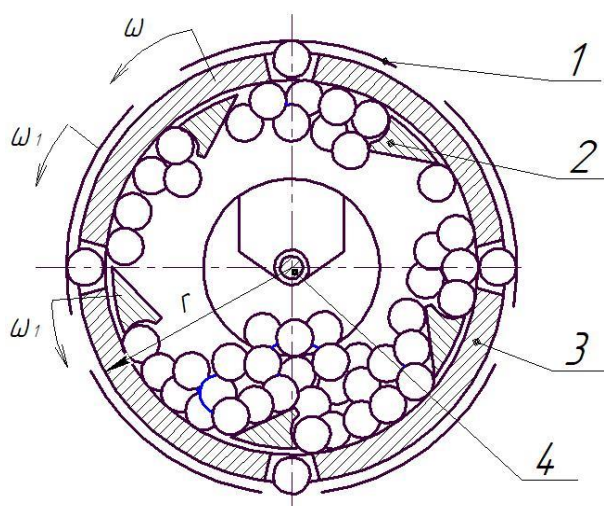


Рис. 2. Схема процесса поштучного дозирования семян:
 1 – корпус камеры заполнения;
 2 – захваты для семян; 3 – высевающий диск; 4 – вал привода

Вращающаяся вслед за высевающим диском камера заполнения разгоняет находящиеся в ней семена до скорости, немного меньшей, чем скорость движения ячейки диска, и это дает им возможность заполнить ячейки без пропусков. Семена вовлекаются во вращательное движение захватами на стенке камеры заполнения. Обе скорости вращения достаточны для создания такой центробежной силы, которая удерживает се-

мена в ячейках по всей окружности камеры. Для того чтобы выходные окна камеры совпадали с ячейками только в одном месте, их число должно быть на единицу больше, чем число ячеек. Эти числа определяют также соотношение обеих скоростей вращения. При этом место совпадения ячеек с окнами должно быть в нижней точке траектории вращения, поэтому сборка аппарата должна выполняться по установленным меткам. Важно, чтобы в момент выхода семени из ячейки ее вход был закрыт. Эту роль выполняют те же захваты, поэтому их количество равно числу выходных окон, а расположение, форма и размеры соответствуют выполняемым функциям.

Для получения высокого качества распределения семян в посевной борозде [9] необходимо рассчитать рациональные окружные скорости вращения высевающего диска и камеры заполнения, число ячеек и выходных окон, а также допустимые пределы их вариации в зависимости от центробежной силы, действующей на семена, и разницы скоростей при заполнении ячеек.

Для определения числа ячеек на высевающем диске при равенстве скоростей его вращения и движения агрегата можно представить, что диск перекачивается по поверхности поля, и в точках их контакта с почвой семена выпадают из ячеек. В этом случае расстояние между ячейками по дуге диска равно

$$s = \frac{\pi d}{z},$$

где d – диаметр высевающего диска, м;
 s – расстояние между ячейками, м;
 z – число ячеек на диске.

Другие конструктивные и режимные параметры высевающего аппарата связаны между собой следующими зависимостями:

$$L = \pi D(1 + \delta);$$

$$i = \omega_\delta (\omega_\kappa)^{-1};$$

$$N = iz;$$

$$\lambda = x^{-1};$$

$$x = L(iz)^{-1};$$

$$t = L(V_a)^{-1};$$

$$\omega_\kappa = 2\pi(t)^{-1};$$

$$V_\delta = V_a;$$

$$\omega_\delta = V_\delta(r)^{-1};$$

$$j = \omega_\delta r^2;$$

$$\omega_{\kappa z} = \omega_\delta z(z_1)^{-1},$$

где D – диаметр опорно-приводного колеса сеялки, м;

δ – коэффициент проскальзывания опорно-приводного колеса;

i – передаточное отношение привода высевающего диска;

j – центробежное ускорение семян, заполнивших ячейки, м/с²;

L – длина пути сеялки за один оборот опорно-приводного колеса, м;

λ – норма высева семян, шт./м;

N – число семян, высеянных за один оборот опорно-приводного колеса;

r – радиус высевающего диска, м;

t – время одного оборота опорно-приводного колеса, с;

V_a, V_δ – скорости движения агрегата и вращения диска соответственно, м/с;

x – средний размер интервалов между семенами в посевном ряду, м;

z, z_1 – число ячеек на высевающем диске и число выходных окон в камере заполнения соответственно;

$\omega_\delta, \omega_\kappa, \omega_{\kappa z}$ – угловые скорости вращения высевающего диска, опорно-приводного колеса и камеры заполнения соответственно, рад/с.

Результаты и их обсуждение

Очевидно, что при расчете технологического процесса однозернового высева семян аппаратом с вращающейся камерой надо учитывать влияние многих параметров с их взаимозависимостями, поэтому единого математического выражения быть не может. Некоторые параметры следует принять из богатого опыта свеклосеяния в нашей стране и за рубежом, из предыдущих научных исследований и по конструктивным соображениям. Это значительно уменьшает объем расчетов и приближает их результаты к рациональным значениям технологических и конструктивных особенностей, которые можно регулировать на поле в процессе посева.

Например, при расчетах следует исходить из того, что при ширине междурядий 0,45 м рациональная норма высева составляет $\approx 6,7$ шт. семян на погонный метр, скорость движения посевного агрегата не должна превышать 6 км/ч. Высевающий диск желательно проектировать аналогично диску высевающего аппарата серийно производимой сеялки ССТ-12Б, диаметр которого составляет 0,22 м, при этом диаметр опорно-приводного колеса равен 0,50 м.

Определению подлежат число ячеек на диске, число выходных окон в камере, передаточное отношение механизма привода и пределы его регулировки, достаточность развиваемой центробежной силы для удержания семян от преждевременного выпадения из ячеек. Приняв $V_a = 1,667$ м/с, $\delta = 0,1$, $D = 0,5$ м, $r = 0,11$ м, находим, что при четырех ячейках на высевающем диске высевающий аппарат работоспособен, начиная с нормы высева 5 семян на метр и более, так как центробежное ускорение семян, вращающихся вместе с высевающим диском, больше ускорения свободного падения, и семена будут удерживаться в ячейках до момента их совпадения с выходным окном. Выход из ячейки будет уверенный, так как в нижней точке траектории вращения к силе тяжести прибавляется центробежная сила (рис. 3).

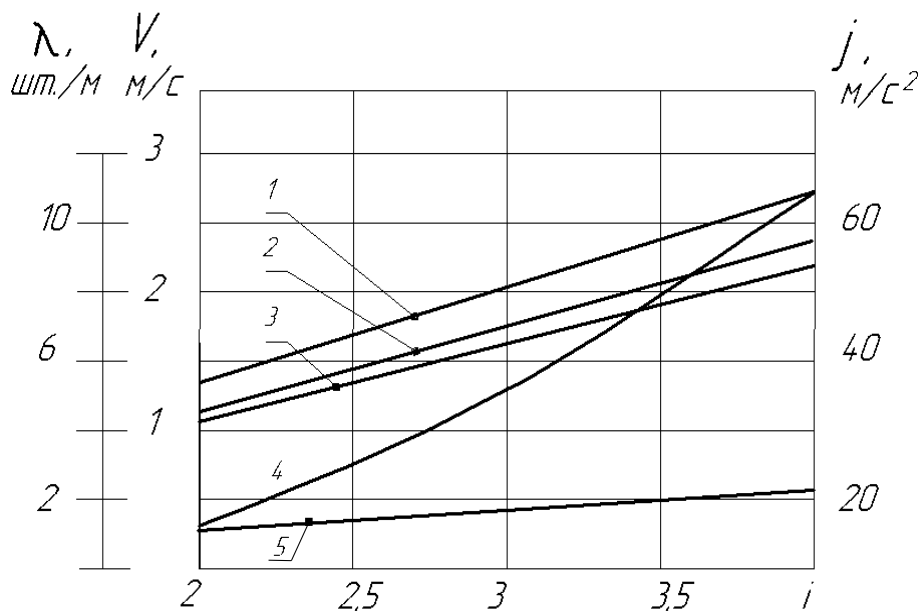


Рис. 3. Влияние передаточного отношения привода на режимные и технологические параметры аппарата при четырех ячейках на высевающем диске: 1 – скорость $V_{в}$ вращения высевающего диска; 2 – норма высева семян λ ; 3 – скорость $V_{кз}$ вращения камеры заполнения; 4 – центробежное ускорение j семян в ячейках диска; 5 – разница скоростей вращения высевающего диска и камеры заполнения

Разница окружных скоростей вращения высевающего диска и камеры заполнения не должна быть больше предельной относительной скорости движения семян и ячеистого диска. Для капсулированных семян расчетная предельная относительная

скорость находится в интервале 0,35–0,50 м/с. Как следует из данных, приведенных на рисунке 3, заполнение ячеек возможно при передаточном отношении привода $i = 3,5$, при этом скорость вращения высевающего диска равна $V_d = 2,3$ м/с, а норма высева не превышает 8,1 шт./м.

Передаточное отношение привода регулируется для изменения нормы высева семян. Но при этом нарушается равенство скоростей вращения высевающего диска и движения агрегата. Семена могут перекатываться в борозде, ухудшая качество посева. Но поскольку регулирование нормы высева неизбежно, то надо определить допустимые пределы изменения передаточного отношения.

Исследованиями [11] установлено, что перекатывание семян практически отсутствует, если они падают в борозду с горизонтальной скоростью не более 0,5 м/с. Для высевающего аппарата с вращающейся камерой это ограничение касается разницы скоростей вращения высевающего диска и движения агрегата. Приняв скорость движения агрегата постоянной $V_a = 1,667$ м/с, ограничим окружную скорость вращения высевающего диска: $V_d = 1,667 \pm 0,5$ м/с. Скорость вращения диска может варьировать от 1,167 до 2,167 м/с, при этом его угловая скорость изменяется от 10,61 до 19,70 рад/с, передаточное отношение – от 1,75 до 4,00, а норма высева – от 4,05 до 9,26 шт./м.

Выводы

1. Полученные расчетные значения технологических параметров работы высевающего аппарата с вращающейся камерой заполнения ячеек применимы для капсулированных семян диаметром 0,02 м и следующих исходных данных:

- скорость движения агрегата – 1,67 м/с;
- диаметр опорно-приводного колеса – 0,5 м;
- диаметр высевающего диска – 0,22 м;
- число ячеек – 4;
- коэффициент проскальзывания опорно-приводного колеса – 0,1.

2. Норма высева регулируется от 5,0 до 8,1 шт. на 1 метр посевного рядка путем изменения передаточного отношения привода высевающего диска от 2,16 до 3,50.

3. Нижний предел нормы высева ограничен уменьшением центробежной силы, удерживающей семена в ячейках от преждевременного выпадения, а верхний предел зависит от критической относительной скорости семян и ячеек при их заполнении.

Список источников

1. Балашов А.В., Зайнушев Ж.Ж., Омаров А.Н. и др. Сравнительные эксплуатационно-технологические показатели и показатели качества посева капсулированных семян // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 179–182.
2. Балашов А.В., Тырнов Ю.А., Белогорский В.П., Стрыгин С.П. Конструктивные параметры высевающего диска сеялки для посева капсулированных семян // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 5–6.
3. Василенко С.В. Влияние размещения растений в рядке на урожайность сахарной свеклы. Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства: сборник научных трудов. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. С. 24–29.
4. Василенко С.В. Совершенствуем высевающий диск // Сахарная свекла. 1999. № 2. С. 19.
5. Высевающий аппарат: а. с. 1253449 СССР. № 3857155; заявл. 21.02.85; опубл. 30.08.86. Бюл. № 32. 4 с.
6. Казаров К.Р., Василенко В.В., Василенко С.В. Моделирование инверсии семян при пунктирном посеве // Методы и средства научных исследований процессов механизации сельского хозяйства: сборник научных трудов. Воронеж: Воронежский ГАУ, 1996. С. 93–94.
7. Капсула для хранения и высева семян: пат. 2526272 Рос. Федерация. № 2013102319-13; заявл. 17.01.13; опубл. 20.08.14. Бюл. № 23. 4 с.
8. Кардашевский С.В. Высевающие устройства посевных машин. Москва: Машиностроение, 1973. 173 с.

9. Кардашевский С.В. Методика оценки качества распределения семян при однозерновом посеве с учетом отрицательных интервалов. Москва: ВИСХОМ, 1963. 32 с.
10. Кардашевский С.В. О точном высеве семян кукурузы // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1961. № 2. С. 16–19.
11. Павлов В.К. Исследование движения семян в сошнике и борозде применительно к скоростным сеялкам точного высева: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Воронеж, 1971. 165 с.
12. Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Белогорский В.П., Стрыгин С.П. Диск для капсулирования семян // Сельский механизатор. 2012. № 4. С. 9.
13. Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Белогорский В.П. и др. Механическая сеялка для посева капсулированных семян // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2014. № 5. С. 18–19.
14. Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Белогорский В.П., Сухов А.А. Эксплуатационно-технологические показатели работы агрегатов на посеве капсулированных семян // Наука в Центральной России. 2013. № 2. С. 32–35.
15. Тырнов Ю.А., Балашов А.В., Стрыгин С.П. и др. Посев кукурузы в капсулах // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – Новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сборник научных докладов XVI международной науч.-практ. конф. (Тамбов, 20–21 сентября 2011 г.). Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2011. С. 129–130.
16. Устройство для посадки семян в капсулах: пат. 2475012 Рос. Федерация. № 2011132723-13; заявл. 03.08.11; опубл. 20.02.13. Бюл. № 5. 7 с.
17. Хангильдин Э.В. Вероятностные модели расположения семян и растений в рядке // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1978. № 5. С. 32–33.
18. Ahmad M., Sedaghatjoo S., Westphal A. Reproductive capacity of *Heterodera schachtii* on *Thlaspi arvense*, *Capsella bursa-pastoris* and varying populations of *Chenopodium album* // Journal of Plant Diseases and Protection. 2016. Vol. 123(1). Pp. 37-42.
19. Çakmakçı R., Oral E., Kantar F. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to plant population // Journal of Agronomy and Crop Science. 2008. Vol. 180(1). Pp. 45-52. DOI: 10.1111/j.1439-037X.1998.tb00368.x.
20. Prośba-Białczyk U., Sacala E., Wilkosz M., Cieciora M. Impact of seed stimulation and foliar fertilization with microelements on changes in the chemical composition and productivity of sugar beet // Journal of Elementology. 2017. Vol. 22(4). Pp. 1525-1535. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1408.

References

1. Balashov A.V., Zainushev Zh.Zh., Omarov A.N. et al. Sravnitelnye ekspluatatsionno-tekhnologicheskie pokazateli i pokazateli kachestva poseva kapsulirovannykh semyan [Comparative operational and technological indicators and indicators of quality of crops of the encapsulated seeds]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2015;2:179-182. (In Russ.).
2. Balashov A.V., Tymov Yu.A., Belogorsky V.P., Strygin S.P. Konstruktivnye parametry vysevayushchego diska seyalki dlya poseva kapsulirovannykh semyan [Structural parameters of the sowing disc of the seeder for sowing encapsulated seeds]. *Tekhnika v sel'skom khozyajstve = Machinery for Rural Area*. 2012;1:5-6. (In Russ.).
3. Vasilenko S.V. Vliyaniye razmeshcheniya rasteniy v ryadke na urozhajnost' sakharnoy svekly [Influence of plant spacing in a row on the yield of sugar beet]. *Sovershenstvovanie tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva: sbornik nauchnykh trudov* [Improvement of technologies and technical means of production of crop and livestock products: Collection of scientific papers]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2018:24-29. (In Russ.).
4. Vasilenko S.V. Sovershenstvuyem vysevayushchij disk [Improving the sowing disc]. *Sakharnaya svekla = Sugar Beet*. 1999;2:19. (In Russ.).
5. Vysevayushchij apparat [Seeding machine]: avtorskoe svidetel'stvo 1253449 USSR. № 3857155; zayavleno 21.02.85; opublikovano 30.08.86. Byul. № 32 = Inventor's Certificate 1253449 USSR. № 3857155, claimed 21.02.85; published 30.08.86. Bulletin 32. 4 p. (In Russ.).
6. Kazarov K.R., Vasilenko V.V., Vasilenko S.V. Modelirovaniye inversii semyan pri punktirnom poseve [Modeling of seed inversion during dotted sowing]. *Metody i sredstva nauchnykh issledovaniy protsessov mekhanizatsii sel'skogo khozyajstva: sbornik nauchnykh issledovaniy* [Methods and means of scientific research of the processes of mechanization of agriculture: Collection of scientific papers]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 1996:93-94. (In Russ.).
7. Kapsula dlya khraneniya i vyseva semyan [Capsule for storage and sowing of seeds]: patent 2526272 Ros. Federatsiya. № 2013102319-13; zayavleno 17.01.13; opublikovano 20.08.14. Byul. № 23 = Patent 2526272 Russian Federation. No. 2013102319-13, claimed 17.01.13; published 20.08.14. Bulletin 23. 4 p. (In Russ.).
8. Kardashevskiy S.V. Vysevayushchie ustroystva posevnykh mashin [Seed sowing devices of seeding machinery]. Moscow: Machinostroenie; 1973. 173 p. (In Russ.).
9. Kardashevskiy S.V. Metodika otsenki kachestva raspredeleniya semyan pri odnozernovom poseve s uchetom otritsatelnykh intervalov [Methodology for assessing the quality of seed distribution in single-grain sowing, taking into account negative intervals]. Moscow: All-Russian Research Institute of Agricultural Machinery (VISKHOM); 1963. 32 p. (In Russ.).

10. Kardashevskiy S.V. O tochnom vyseve semyan kukuruzy [Concerning precision seeding of corn seeds]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya socialisticheskogo sel'skogo khozyajstva = Mechanization and Electrification of Socialist Agriculture*. 1961;2:16-19. (In Russ.).
11. Pavlov V.K. Issledovaniye dvizheniya semyan v soshnike i borozde primenitel'no k skorostnym seyalkam tochnogo vyseva [Study of the movement of seeds in the coulter and furrow in relation to high-speed precision seeders]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Voronezh; 1971. 165 p. (In Russ.).
12. Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Belogorskiy V.P., Strygin S.P. Disk dlya kapsulirovaniya semyan [Disc to encapsulate seeds]. *Sel'skiy mekhanizator = Selskiy Mechanizator*. 2012;4:9. (In Russ.).
13. Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Belogorskiy V.P. et al. Mekhanicheskaya seyalka dlya vyseva kapsulirovannykh semyan [Mechanical seeder for encapsulated seeds]. *Traktory i sel'skokhozyajstvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 2014;5:18-19. (In Russ.).
14. Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Belogorskiy V.P., Sukhov A.A. Ekspluatatsionno-tekhnologicheskiye pokazateli raboty agregatov na poseve kapsulirovannykh semyan [Operational and technological indicators of work units of crops of encapsulated seeds]. *Nauka v Tsentral'noj Rossii = Science in the Central Russia*. 2013;2:32-35. (In Russ.).
15. Tyrnov Yu.A., Balashov A.V., Strygin S.P. et al. Posev kukuruzy v kapsulakh [Sowing corn in capsules]. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skokhozyajstvennoj produktsii – Noveye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva: sbornik nauchnykh dokladov XVI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Tambov, 20-21 sentyabrya 2011 g.) [Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products. New technologies and new generation of equipment for crop growing and animal husbandry: a collection of scientific reports of the XVI International scientific and practical conference (Tambov, September 20-21, 2011)]. Tambov: Pershin R.V. Publishing House; 2011:129-130. (In Russ.).
16. Ustroystvo dlya posadki semyan v kapsulakh [Device for planting seeds in capsules]: patent 2475012 Ros. Federatsiya. № 2011132723-13; zayavleno 03.08.11; opublikovano 20.02.13. Byul. № 5 = Patent 2475012 Russian Federation. No. 2011132723-13, claimed 03.08.11; published 20.02.13. Bulletin 5. 7 p. (In Russ.).
17. Khangildin E.V. Veroyatnostnyye modeli raspolozheniya semyan i rasteniy v ryadke [Probabilistic models of seeds and plants spacing in a row]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyajstva = Mechanization and Electrification of Socialist Agriculture*. 1978;5:32-33. (In Russ.).
18. Ahmad M., Sedaghatjoo S., Westphal A. Reproductive capacity of *Heterodera schachtii* on *Thlaspi arvense*, *Capsella bursa-pastoris* and varying populations of *Chenopodium album*. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2016;123(1):37-42.
19. Çakmakçı R., Oral E., Kantar F. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in relation to plant population. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2008;180(1):45-52. DOI: 10.1111/j.1439-037X.1998.tb00368.x.
20. Proszba-Białczyk U., Sacala E., Wilkosz M., Cieciora M. Impact of seed stimulation and foliar fertilization with microelements on changes in the chemical composition and productivity of sugar beet. *Journal of Electrometology*. 2017;22(4):1525-1535. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.1.1408.

Информация об авторах

С.В. Василенко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», tuli-fruli@mail.ru.

В.В. Василенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», vladva.vasilenko@yandex.ru.

В.А. Гулевский – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории механизации защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», пос. ВНИИСС, Воронежская область, gulevsky_va@inbox.ru.

Information about the authors

S.V. Vasilenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tuli-fruli@mail.ru.

V.V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, vladva.vasilenko@yandex.ru.

V.A. Gulevsky, Doctor of Engineering Sciences, Leading Research Scientist, Mechanization of Plant Protection Laboratory, All-Russian Research Institute for Plant Protection, pos. VNISS, Voronezh Oblast, gulevsky_va@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 30.08.2022; одобрена после рецензирования 29.09.2022; принята к публикации 29.09.2022.

The article was submitted 30.08.2022; approved after revision 29.09.2022; accepted for publication 29.09.2022.

© Василенко С.В., Василенко В.В., Гулевский В.А., 2022