

Научная статья

УДК 634.751

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_45

Формирование гряды плоским нагребателем грядообразователя для возделывания земляники садовой

Сергей Владимирович Василенко^{1✉}, Алексей Викторович Чернышов²,
Владимир Васильевич Василенко³, Павел Павлович Малыхин⁴, Сергей Иванович Коржов⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия
¹tuli-fruli@mail.ru✉

Аннотация. Промышленное выращивание земляники садовой в центральных и южных регионах России активно развивается на основе использования новейших агротехнических приемов, обеспечивающих наиболее полную реализацию потенциала продуктивности данной культуры. В таких масштабах землянику садовую предпочтительно выращивать на возвышенных грядах, преимуществом которых является удобство ухода и уборки урожая, проветривания и прогрева зоны корнеобитания, размещения защитной пленки и локального орошения, отвода лишней влаги. Гряды формируются навесным орудием, снабженным рабочими органами для нагребания почвы, выравнивания гряды сверху по бокам, накрывания пленкой и локального орошения. Полезной площадью является только верхняя площадка гряды, а остальная площадь занята боковыми откосами и промежуточными дорожками. Задачей теоретического исследования является определение рациональных значений ширины захвата рабочего органа в форме вертикального плоского щита, поставленного под углом к направлению движения, и глубины его погружения в почву. От этих параметров зависят размеры и форма гряды, в частности, ширина верхней площадки, на которой сажают рассаду, и ее высота над уровнем дорожек. Введен показатель полезного использования площади поля, который оценивает суммарный размер посевных площадок по отношению ко всему полю. Представлены аналитические уравнения от двух аргументов, построены трехмерные графики и составлена таблица рациональных значений ширины захвата каждого вертикального щита и глубины его погружения в почву. По результатам расчета оказалось, что плоские щитовые рабочие органы обеспечивают большую ширину посадочной площадки с хорошим коэффициентом использования площади поля, но высота гряды получается меньше рекомендованной. Можно допустить к работе нагребателя с шириной захвата 28–30 см при глубине хода не менее 14 см, но при этом коэффициент использования площади поля уменьшается до 0,42–0,46.

Ключевые слова: гряда, посадочная площадка, щитовой нагребатель, высота гряды, коэффициент использования площади, боковые откосы, промежуточные дорожки

Для цитирования: Василенко С.В., Чернышов А.В., Василенко В.В., Малыхин П.П., Коржов С.И. Формирование гряды плоским нагребателем грядообразователя для возделывания земляники садовой // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 45–52. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_45–52.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Raised plant bed forming by pallet handle of ridge digger for garden strawberry cultivation

Sergey V. Vasilenko^{1✉}, Aleksey V. Chernyshov², Vladimir V. Vasilenko³,
Pavel P. Malykhin⁴, Sergey I. Korzhov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh, Russia
¹tuli-fruli@mail.ru✉

Abstract. Industrial cultivation of strawberries is highly developed in the Central and South regions of Russia due to advanced technologies implementation, based on the use of modern agrotechnical practices that ensure the fullest realization of the productivity potential. Garden strawberry is preferably grown on raised plant beds, the advantage of which is the convenience of care and harvesting, ventilation and warming of the root zone, the convenience of placing a protective film and local irrigation, removal of excess moisture. Plant beds are formed by a mounted tool equipped with working bodies for raking the soil, leveling the ridge from above on the sides, covering with a film and local irrigation. The useful area is only the upper platform of the ridge, and the rest of the area is occupied by side slopes and row spacings. The objective of the theoretical study is to determine the rational values of the width of the working body in the form of a vertical flat plate placed at an angle to the direction of movement, and its depth of digging in the soil. The size and shape of the pallet handle depend on these parameters, in particular, the width of

the upper plant bed on which seedlings are planted, and its height above row spacings. An indicator of beneficial use of the field area has been introduced, which estimates the total size of the sown areas in relation to the entire field. Analytical equations from two arguments are derived, three-dimensional graphs are constructed and a chart of rational values of operating width of each vertical flat plate and the depth of its digging in the soil is compiled. According to the results of the calculation, it turned out that flat panel working bodies provide a large width of the planting plot with a good coefficient of use of the field area, but the height of plant bed turns out to be less than recommended. It is possible to use pallet handle with operating width of 28-30 cm with running depth of at least 14 cm, but at the same time the utilization factor of the field area reduces to 0.42-0.46.

Keywords: plant bed, planting plot, pallet handle, plant bed height, area utilization coefficient, side slopes, row spacings
For citation: Vasilenko S.V., Chernyshov A.V., Vasilenko V.V., Malykhin P.P., Korzhov S.I. Raised plant bed forming by pallet handle of ridge digger for garden strawberry cultivation. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):45-52. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_45-52.

Введение

Земляника садовая представляет собой широко распространенную ягодную культуру, появившуюся одновременно и в Европе, и Америке. В России культура земляники садовой имеет 200-летнюю историю, при этом возделывать начинали сорта зарубежной селекции. Собственная селекционная работа была начата только в 1924 г. на Московской плодово-ягодной станции.

Промышленное выращивание земляники садовой высокоразвито в центральных и южных регионах России. Однако благодаря новым сортам и изменениям в технологии выращивания производство этой культуры шагнуло далеко в северные и восточные регионы страны.

Комплексный анализ состояния производства ягод этой культуры, основанный на изучении результатов исследований научных учреждений, деятельности садоводческих хозяйств РФ и зарубежного опыта, позволяет сделать вывод о том, что удовлетворение потребности населения и перерабатывающей промышленности возможно лишь при использовании современных прогрессивных технологий выращивания. Основой их является применение новейших агротехнических приемов, обеспечивающих наиболее полную реализацию потенциала продуктивности без снижения экологической устойчивости растений в конкретных природно-климатических условиях произрастания [6, 8].

Возделывать землянику садовую в промышленных масштабах удобнее всего на грядах, возвышающихся над промежуточными дорожками на 20–30 см [10]. Ширина дорожек составляет 35–40 см. Гребни, или гряды, размещают на расстоянии 60–70 см друг от друга, при этом расстояние зависит от ширины колеи трактора, агрегируемого с гребнеобразователем. Рекомендуемый угол наклона откоса равен 45–50°, но в любом случае он должен быть меньше или равен углу естественного откоса почвы.

Преимуществами возделывания ягодных культур на грядах является удобство ухода и уборки урожая, проветривания и прогрева зоны корнеобитания, удобство размещения защитной пленки и локального орошения, отвода лишней влаги. Однако рекомендуемые параметры гребней не всегда совпадают с возможностями регулирования ширины колеи трактора. Поэтому при проектировании конструкции грядообразователя существует не так уж много вариантов регулирования ширины гряды, ее высоты, ширины дорожек и других параметров, но следует придерживаться экономии пахотной территории и учитывать тот факт, что поперечный габарит орудия не должен выходить за пределы ширины колеи. Масса навесного грядообразователя и его тяговое сопротивление не превышают возможностей тракторов тягового класса 0,9 или 1,4, поэтому его конструкция может быть разработана применительно к тракторам МТЗ-80, МТЗ-82.

Главными рабочими органами грядообразователя являются нагребатели, которые формируют гряду с требуемыми размерами поперечного сечения. Эти размеры зависят прежде всего от густоты высадки рассады и способа размещения ее на гряде – в один или два ряда. Существует много рекомендаций, не всегда совпадающих [4, 5], так как условия культивирования земляники садовой могут быть самыми разными. На плоских открытых участках рекомендуется густота посадки 180–200 тыс. растений на га [6]. Междурадя выбирают в пределах 80–90 см, а интервалы в ряду – 10–20 см.

В Центрально-Черноземном регионе и более южных районах при орошении применяют ленточный способ посадки с расстоянием между лентами 90–100 см, между рядами в ленте – 30–50 см, а в рядах – от 15–20 до 30–40 см [8]. При однострочном размещении расстояние между рядами составляет 70–90 см (можно 60 см), между растениями в ряду – 15–30 см, а при двухстрочном размещении расстояния между строчками – 30 см, между растениями в строчке – 15–20 см и между лентами – 70–90 см [2].

Двухстрочная система выращивания ягод на грядах предполагает плотность растений 44 тыс. шт./га. Формирование гряд, укладка пленки и капельниц осуществляется гребнеобразователями с пленкоукладчиком [8]. С точки зрения экономии посевных площадей при возделывании земляники на грядах следует использовать двухстрочное размещение рассады, поэтому ширина гряды предусмотрена с учетом расположения двух рядов с расстоянием между ними 20–25 см и с отступлением от обоих краев на 10–12 см.

Объект исследования

Наиболее простым по своему устройству является плоский щитовой нагребатель, который включает два встречно-направленных по углу атаки вертикальных щита [9]. Рассмотрим подробнее процесс формирования гряды и технологические возможности такого нагребателя (рис. 1).

В передней части рамы орудия установлен нагребатель CDEF в виде вертикального щита с углом наклона к направлению движения $\gamma = 42^\circ$. Этот угол выбран по аналогии с углом сдвига почвы плужным лемехом или дополнительным щитком для расширения борозды при вспашке с полным оборотом пластов, так как он не слишком увеличивает длину щита и в то же время способствует скольжению и сходу с него почвы [3, 7].

Грядообразователи являются симметричными орудиями, поэтому симметрично щиту CDEF установлен такой же щит на другой стороне грядообразователя. Щиты не могут врезаться в неподготовленную почву, поэтому рекомендуется ее заранее вспахать и прокультивировать [9]. Возможно применение рыхлящих рабочих органов, установленных на раме грядообразователя перед нагребателями [1].

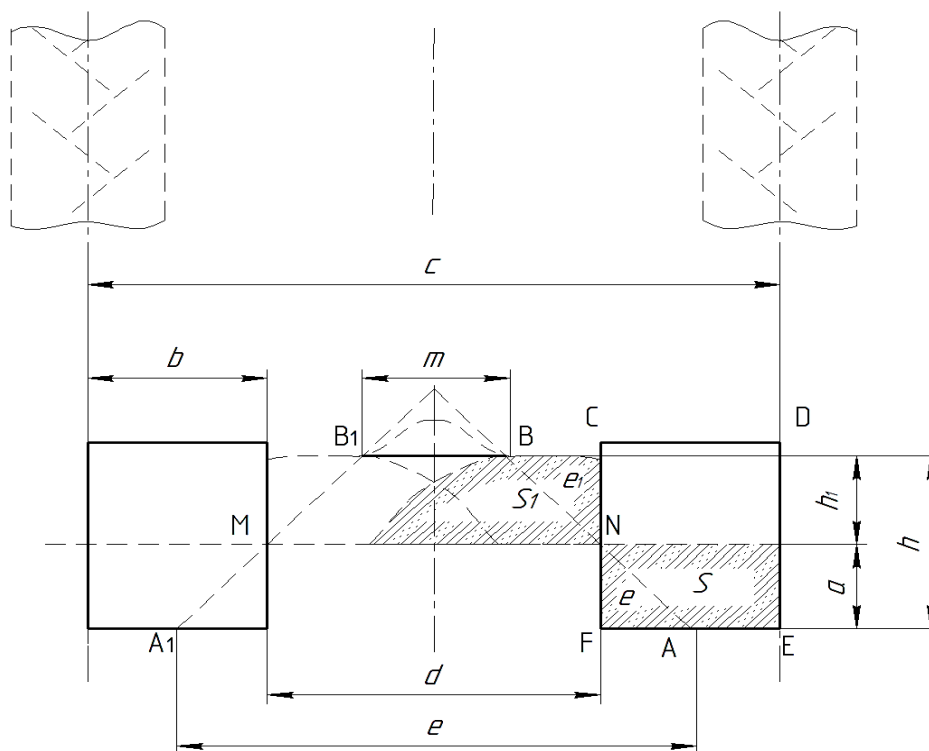


Рис. 1. Построение поперечного сечения гряды

Размещение гряд на поле должно быть таким, чтобы по возможности дорожки между ними были узкими, а сами гряды широкими, достаточными для размещения на них двух рядков рассады. При каждом рабочем проходе агрегата формируется одна гряда, поэтому все рабочие органы расставляются внутри ширины колеи трактора, вплотную к ее краям. При этом ширина дорожек должна быть равна ширине шин трактора. Трактор перемещается по этим дорожкам. Расстояние между серединами гряд равно ширине колеи, для трактора МТЗ-82 $c = 1,35$ м (рис. 1).

Теоретический анализ и результаты

Процесс формирования гряды происходит симметрично с двух сторон, поэтому рассмотрим перемещение почвы нагребателем только с одной стороны. Правый нагребатель CDEF с шириной захвата b , погруженный в почву на глубину a , вытесняет пласт с поперечным сечением $S = ab$ на поверхность поля. При этом пласт деформируется и принимает (с некоторым допущением) такую же площадь $S_1 = S$, но с другими размерами основания и высоты. Основание равно $0,5d$, а высоту обозначим h_1 . Вспушенностью поднятой почвы можно пренебречь, так как со временем она вернется в прежнее состояние. Сразу после прохода нагребателя часть площади S_1 в виде треугольника e_1 сползает на позицию треугольника e по линии АВ, расположенной под углом естественного откоса почвы. Левый край насыпной почвы формируется аналогично, а следующие рабочие органы грядообразователя выравнивают поверхность гряды, придавая насыпанному объему форму трапеции MB_1BN . Высота трапеции зависит от площади S_1 :

$$h_1 = \frac{ab}{0,5d} = \frac{2ab}{c-2b}, \quad (1)$$

где h_1 – высота насыпной почвы в форме трапеции, м;

a – глубина хода нагребателя, м;

b – ширина захвата нагребателя, м;

c – ширина колеи трактора, м;

d – расстояние между смежными краями нагребателей, м.

Площадь e_1 осыпавшегося вниз треугольника определяется по известному катету h_1 и углу φ_1 наклона гипотенузы:

$$e_1 = \frac{2a^2b^2}{(c-2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (2)$$

где e_1 – площадь сечения осыпавшегося пласта почвы, м^2 ;

φ_1 – угол естественного откоса почвы.

Учитывая равенства (1) и (2), можно определить площадь сечения трапецидального пласта MB_1BN :

$$S_2 = 2ab - \frac{4a^2b^2}{(c-2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (3)$$

где S_2 – площадь сечения почвенного пласта, поднятого нагребателями, м^2 .

Площадь S_2 может быть представлена также и произведением полусуммы оснований на высоту:

$$S_2 = \frac{2ab}{d} \cdot \frac{m+d}{2}, \quad (4)$$

где m – длина верхнего основания трапеции, или ширина посадочной площадки гряды, м.

По равенствам (3) и (4) после их преобразования получаем выражение для определения ширины посадочной площадки:

$$m = \frac{(c - 2b) \left[2ab(c - 2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1 - 4a^2b^2 \right]}{ab(c - 2b)^2 \operatorname{tg} \varphi_1} - c + 2b. \quad (5)$$

В этом выражении переменными являются глубина a хода нагребателей и их ширина захвата b . Для выбора рациональных значений этих параметров построим график функции от двух аргументов по выражению (5) (рис. 2).

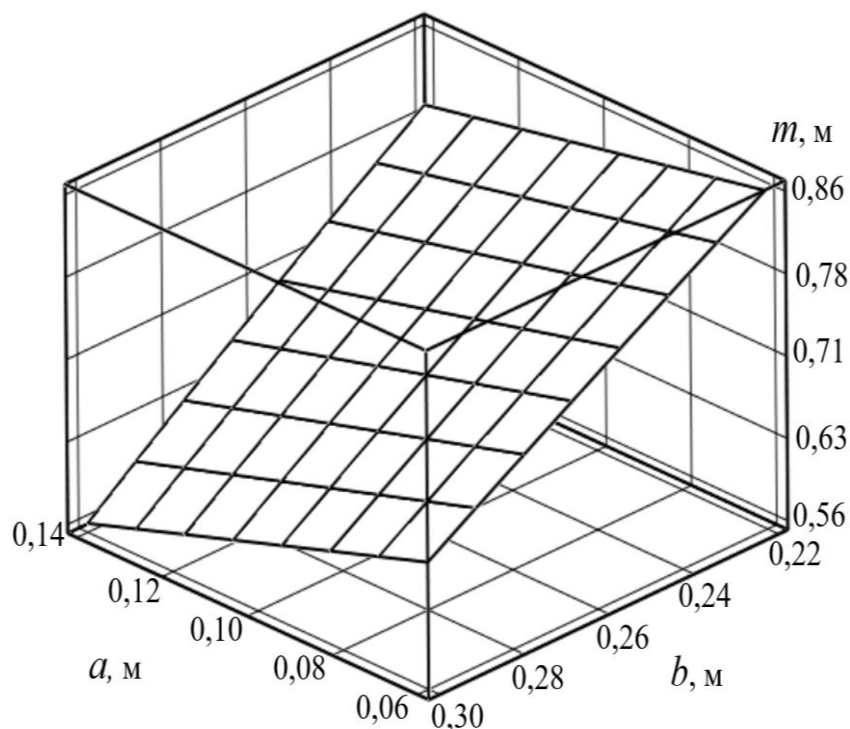


Рис. 2. Зависимость ширины посадочной площадки от глубины хода нагребателя и его ширины захвата

Данные рисунка 2 показывают, что ширина посадочной площадки уменьшается по мере роста ширины захвата нагребателя. Обратное влияние возможно по двум причинам. Во-первых, более широкие нагребатели оставляют меньше места для формирования гряды, а во-вторых, гряда растет в высоту, где боковые откосы приближаются друг к другу. С увеличением глубины хода нагребателей поднимается больше почвы, трапеция растет вверх, а там она сужается боковыми откосами.

Расположение нагребателей внутри ширины колеи выбрано таким, что прежняя поверхность поля как бы исчезает. Остаются только посадочные площадки, боковые откосы и дорожки, ширина которых равна ширине тракторной шины. Высота гряд над дорожками определяется по выражению (6), преобразовав которое, можно построить график зависимости от тех же параметров, что и график ширины посадочной площадки.

$$h = \frac{2ab}{c - 2b} + a, \quad (6)$$

где h – высота гряды над уровнем дорожек, м.

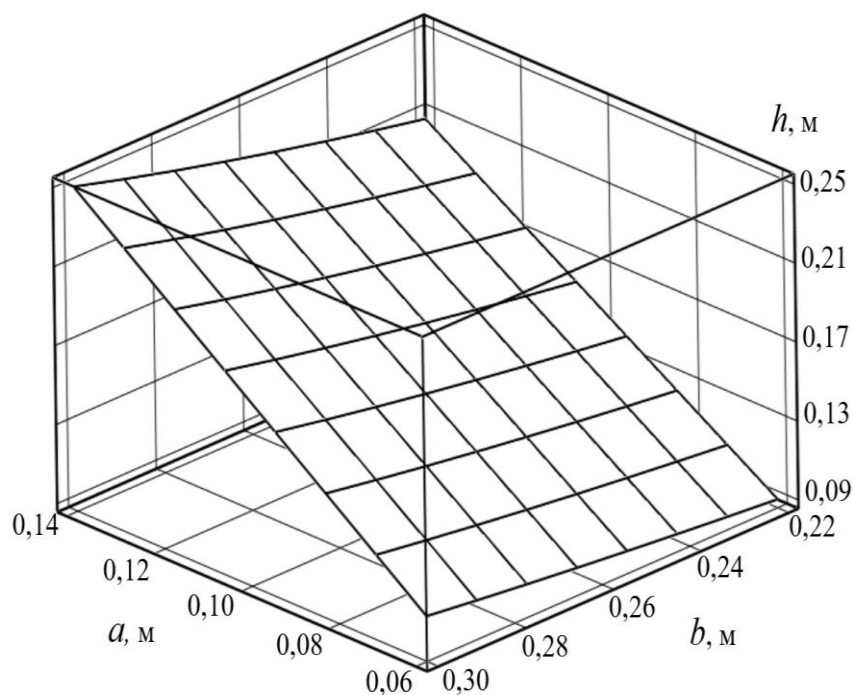


Рис. 3. Зависимость высоты гряды от глубины хода нагребателя и его ширины захвата

Как отмечено выше, при двухстрочной посадке рассады рекомендовано выдерживать расстояние между строчками 20–25 см с отступлением от обоих краев на 10–12 см, а высота гряды над дорожками должна составлять 25–30 см. Исходя из этого выберем по рисункам 2 и 3 область рациональных значений ширины захвата нагребателей и их глубины хода. Ширина посадочной площадки должна быть не менее 45–50 см, и это реализуется по всему диапазону исходных данных. Что касается высоты гряд, то она получается меньшей, чем рекомендовано, и если допустить $h = 21–25$ см, то $b = 25–30$ см, $a = 12–14$ см. Более аргументированный выбор искомых значений параметров a и b получится с учетом степени полезного использования площади поля, отведенного под посадку земляники.

Введем понятие коэффициента использования площади поля

$$k = \frac{m}{c}, \quad (7)$$

где k – коэффициент использования площади поля.

Составим таблицу рациональных значений глубины хода нагребателей и их ширины захвата.

Рациональные значения глубины хода нагребателей и их ширины захвата

Глубина хода a , см	Ширина захвата b , см	Ширина площадки m , см	Высота гряды h , см	Коэффициент k
12	25	73	19	0,54
	28	65	21	0,48
	30	59	22	0,44
13	25	72	21	0,53
	28	64	22	0,47
	30	58	23	0,43
14	25	71	22	0,53
	28	62	24	0,46
	30	56	25	0,42

Заключение

Плоские щитовые нагребатели обеспечивают большую ширину посадочной площадки с хорошим коэффициентом использования площади поля, но высота гряды получается меньше рекомендованной.

Можно допустить к работе нагребатели с шириной захвата 28–30 см при глубине хода не менее 14 см, но при этом коэффициент использования площади поля уменьшается до 0,42–0,46.

Список источников

1. Агрегат для укладки перфорированной пленки на грядку заданного профиля: пат. 2283556 Рос. Федерация. № 2005102609/12; заявл. 03.02.2005; опубл. 20.09.2006. Бюл. № 26. 4 с.
2. Агротехника возделывания земляники [Электронный ресурс]. URL: https://www.agrosistema.ru/index.php?Itemid=141&ca-tid=27&id=156:agrotechnika-vozdelyvaniya-emlyaniki&option=com_content&view=article (дата обращения: 06.02.2022).
3. Василенко В.В., Василенко С.В., Хахулин А.Н. Полный оборот пласта при вспашке // Сельский механизатор. 2019. № 6. С. 40–41.
4. Выращивание земляники на высоких грядках [Электронный ресурс]. URL: <https://osadovod.ru/vyrashhivanie-zemlyaniki-na-vysokix-gryadkax.html> (дата обращения: 12.02.2022).
5. Земляника на грядке [Электронный ресурс]. URL: <https://chudo-ogorod.ru/zemlyanika-na-gryadke> (дата обращения: 10.02.2022).
6. Лысанюк В.Г. Земляника. Киев: Вища школа, 1990. 151 с.
7. Плуг с полным переворотом пласта: пат. 2549776 Рос. Федерация. № 2013148232/13; заявл. 29.10.2013; опубл. 27.04.2015. Бюл. № 12. 6 с.
8. Технология выращивания земляники садовой [Электронный ресурс]. URL: <https://kamed-stroyka.ru/vyrashhivanie/tehnologiya-vyrashhivaniya-zemlyaniki-sadovoj.html> (дата обращения: 06.02.2022).
9. Устройство для укладки мульчирующей пленки на грядку: пат. на полезную модель 105111 Рос. Федерация. № 2010145090/21, заявл. 03.11.2010, опубл. 10.06.2011. Бюл. № 16. 3 с.
10. Формирование гряд [Электронный ресурс]. URL: <https://medn.ru/rasteniy/ovoshhnye-rasteniya/formirovaniyegryad/> (дата обращения: 06.02.2022).

References

1. Agregat dlya ukladki perforirovannoy plenki na gryadu zadannogo profilya [The unit for laying a perforated film on a planting bed of a given profile]: patent 2283556 Ros. Federatsiya. № 2005102609/12; zayavleno 03.02.2005; opublikovano 20.09.2006. Byul. № 26 = Patent 2283556 Russian Federation. No. 2005102609/12; claimed 03.02.2005; published 20.09.2006. Bulletin 26. 11 p. (In Russ.).

2. Agrotehnika vzdelyvaniya zemlyaniki [Agrotechnics of garden strawberry cultivation]. URL: https://www.agrosistema.ru/index.php?Itemid=141&ca-tid=27&id=156:agrotehnika-vzdelyvaniya-emlyaniki&option=com_content&view=article. (In Russ.).
3. Vasilenko V.V., Vasilenko S.V., Khakhulin A.N. Polnyj oborot plasta pri vspashke [The complete turnover of the soil layer during plowing]. *Sel'skij mekhanizator = Selskiy Mechanizator*. 2019;6:40-41. (In Russ.).
4. Vyrashchivanie zemlyaniki na vysokikh gryadkakh [Growing of garden strawberry on raised beds]. URL: <https://osadovod.ru/vyrashhivanie-zemlyaniki-na-vysokix-gryadkax.html>. (In Russ.).
5. Zemlyanika na gryadke [Garden strawberry on the planting beds]. URL: <https://chudo-ogorod.ru/zemlyanika-na-gryadke>. (In Russ.).
6. Lysanyuk V.G. Zemlyanika [Garden Strawberry]. Kyiv: Vishcha shkola; 1990. 151 p. (In Russ.).
7. Plug s polnym perevorotom plasta [A plow with a complete turnover of the soil layer]: patent 2549776 Ros. Federatsiya. № 2013148232/13; zayavleno 29.10.2013; opublikovano 27.04.2015. Byul. № 15 = Patent 2549776 Russian Federation. No. 2013148232/13; claimed 29.10.2013; published 27.04.2015. Bulletin 12. 6 p. (In Russ.).
8. Tekhnologiya vyrashchivaniya zemlyaniki sadovoj [Technology of garden strawberry cultivation]. URL: <https://kamed-stroyka.ru/vyrashhivanie/tehnologiya-vyrashhivaniya-zemlyaniki-sadovoj.html>. (In Russ.).
9. Ustrojstvo dlya ukladyvaniya mul'chiruyushchej plenki na gryadu [Device for laying mulching film on the planting beds]: patent na poleznuyu model' 105111 Ros. Federatsiya. № 2010145090/21; zayavleno 03.11.2010; opublikovano 10.06.2011. Byul. № 16 = Utility Model Patent 105111 Russian Federation. No. 2010145090/21; claimed 03.11.2010; published 10.06.2011. Bulletin 16. 3 p. (In Russ.).
10. Formirovanie gryad [Formation of planting beds]. URL: <https://medn.ru/rastenyi/ovoshhnye-rasteniya/formirovaniegryad/>. (In Russ.).

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

А.В. Чернышов – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», lexa-c@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9302-9934>.

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.

П.П. Малыхин – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», lip64lip@gmail.com.

С.И. Коржов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», korzem@mail.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.

A.V. Chernyshov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, lexa-c@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9302-9934>.

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, smachin@agroeng.vsau.ru

P.P. Malykhin, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, lip64lip@gmail.com.

S.I. Korzhov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, korzem@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.03.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 03.06.2022.

The article was submitted 20.03.2022; approved after revision 11.05.2022; accepted for publication 03.06.2022.

© Василенко С.В., Чернышов А.В., Василенко В.В., Малыхин П.П., Коржов С.И., 2022