

Научная статья
УДК 631.331:634.71

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОШНИКА ПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ С КОРНЯМИ САЖЕНЦЕВ МАЛИНЫ

Виктор Николаевич Ожерельев, Владислав Владимирович Карманов
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье проанализированы конструктивные особенности ряда посадочных машин, которые использованы в качестве прототипа при разработке конструкции перспективной машины для посадки малины. При ее практическом использовании установлено, что имеет место опрокидывание отдельных саженцев и их полное засыпание почвой. Отчасти это обусловлено асимметричностью корневой системы значительной части посадочного материала. В связи с этим были выполнены соответствующие измерения параметров корневой системы и проведена статистическая обработка полученных результатов. На этой основе выдвинута гипотеза о том, что одной из причин сбоя в процессе посадки могут служить неудачный подбор параметров сошника. В частности, это касается ширины его внутренней полости, которая может быть существенно меньше ширины корневой системы значительной части саженцев. Рассмотрен характер взаимодействия сошника с корневой системой саженца в критической ситуации. Получено уравнение равновесия между возникающей силой опрокидывания саженца в результате сжатия его корневой системы внутренними поверхностями вертикальных стенок сошника и силой трения корней по дну борозды. Выявлено критическое соотношение параметров, при котором наиболее вероятен сбой технологического процесса путем опрокидывания саженца. На базе полученных ранее уравнений регрессии, связывающих степень деформации корневой системы типичных саженцев малины с силой ее упругости в поперечном направлении, сформулированы рекомендации по назначению минимальной ширины внутренней полости сошника. Сделан вывод о перспективном направлении дальнейшего совершенствования конструкции путем снабжения высаживающего диска конструктивными элементами для поддержки саженца после раскрытия держателя.

Ключевые слова: малина, посадка, корневая система, машина посадочная, сошник.

Для цитирования: Ожерельев В.Н., Карманов В.В. Особенности взаимодействия сошника посадочной машины с корнями саженцев малины // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 61-65.

Original article

FEATURES OF INTERACTION OF THE PLANTING MACHINE'S COULTER WITH THE ROOTS OF RASPBERRY SEEDLINGS

Viktor N. Ozherel'yev, Vladislav V. Karmanov
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. This article analyzes the design features of several planting machines used as a prototype in the development of a promising raspberry planting machine. Practical use revealed that individual seedlings sometimes topple over and become completely buried in soil. This is partly due to the asymmetry of the root system of a significant portion of the planting material. Therefore, the corresponding measurements of the root system parameters were taken and the obtained results were statistically processed. Based on this, a hypothesis is put forward that one of the causes of planting failures may be the poor selection of the opener parameters. In particular, this concerns the width of the opener's internal cavity, which can be significantly smaller than the root system width of a significant portion of the seedlings. The nature of the interaction between the opener and the root system of the seedling in a critical situation is considered. An equilibrium equation is derived between the resulting seedling tipping force due to compression of its root system by the inner surfaces of the vertical walls of the opener and the friction force of the roots along the furrow bottom. A critical parameter ratio was identified that most likely results in process failure, resulting in seedling overturning. Based on previously obtained regression equations linking the degree of root system deformation in typical raspberry seedlings with their elastic force in the transverse direction, recommendations were formulated for setting the minimum width of the coulter's internal cavity. A conclusion was reached regarding a promising direction for further design improvements, including equipping the planting disk with structural elements to support the seedling after the holder is deployed.

Key words: raspberry, planting, root system, planting machine, coulter.

For citation: Ozherel'yev V.N., Karmanov V.V. Features of interaction of the planting machine's coulter with the roots of raspberry seedlings// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 2 (114). P. 61-65.

Введение. Проблема механизированной посадки малины обусловлена спецификой посадочного материала. Эта ягодная культура размножается вегетативными частями растения, каждая из которых представляет собой стебель с локальной корневой системой, связанной в исходном состоянии с корневищем маточного куста [1, 2]. На формирование локальной корневой системы саженца в питомнике влияет ряд неконтролируемых факторов (например – пространственная дифференциация твердости почвы), вследствие чего ее форма и размеры варьируются в широких пределах. Нестабильность формы корневой системы затрудняет проектирование посадочной машины в целом и, в частности, вызывает трудности при выборе основных параметров сошника.

Материалы и методы. Следует отметить, что в научной литературе отсутствуют упоминания о разработке специальной машины, предназначенной для посадки малины кроме разработанной и испытанной на практике в 1991 году в к(ф)х «Ягодное» [1]. Этот образец посадочной машины в наших исследованиях и был принят за прототип (рис. 1).

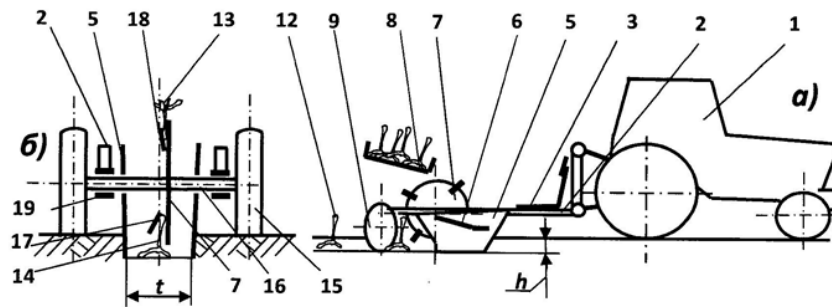


Рисунок 1 - Принципиальная схема машины для посадки малины:

а) – вид сбоку; б) – сечение по оси 16 высаживающего аппарата;

1 – трактор; 2 – рама; 3 – сиденье; 4 – устройство навесное; 5 – сошник;

6 – подножка; 7 – диск высаживающего аппарата; 8 – бункер с саженцами;

9 – загортачи; 12 – 14 – саженцы; 15 – колесо опорное; 16 – ось диска высаживающего аппарата;

17, 18 – зажимы; 19 – подшипник скольжения

Поскольку конструкция машины изначально разрабатывалась исходя из ее приемлемости для условий небольшого фермерского хозяйства, то это наложило свой отпечаток как на выбор основных рабочих органов, так и на компоновочное решение. В частности, высаживающий аппарат был заимствован от рассадопосадочной машины СКН-6А. Он включает диск 7, снабженный зажимами (рассадодержателями) 17 (18), в которые сажалщик, размещенный на сиденье 3, вручную вкладывает саженцы 13. Попытки автоматизировать подачу посадочного материала в высаживающий аппарат были предприняты в садоводстве только по отношению к рассаде земляники садовой еще в 1980-х годах, но приемлемую конструкцию, выходящую за уровень лабораторной установки, получить не удалось. Это обусловлено тем, что при ее использовании основной объем трудозатрат перераспределяется при такой автоматизации на подготовительные операции, при которых посадочный материал с закрытой корневой системой размещается в ячейках свернутой в рулон ленты, которую затем заправляют в высаживающий аппарат. В целом экономии трудозатрат достигнуто тогда не было.

Если же рассматривать с этой точки зрения посадочный материал малины, то габариты корневой системы саженцев и степень варьирования параметров корней исключают возможность их автоматизации подачи в высаживающий аппарат, если не считать приемлемым (с экономической точки зрения) снабжение сажалки соответствующим роботизированным комплексом. В условиях фермерского хозяйства приемлемой пока является ручная подача саженцев в высаживающий аппарат.

В базовой посадочной машине и ее аналогов, используемых в лесном хозяйстве, привод высаживающего аппарата осуществляется от опорно-приводного колеса цепной передачей, что существенно усложняет конструкцию [2-5]. Принятая схема посадки малины (с шагом 0,5 м) позволяет существенно упростить конструкцию, разместив на диске 7 четыре или пять зажимов 17 (18). При этом сам диск 7 смонтирован на оси 16, на концах которой установлены жестко связанные с ней колеса 15. К заимствованному от рассадопосадочной машины высаживающему диску 7 подошли передние колеса 15, заимствованные от трактора Т-25А размером 170-406 мм. Поскольку сезонная загрузка машины в фермерском хозяйстве не превышает пять – семь дней, то вполне приемлемым является монтаж оси 16 высаживающего аппарата на раме 2 посредством простейших подшипников скольжения 19. Таким образом, задача адаптации конструкции к условиям небольшого фермерского

хозяйства была решена вполне успешно.

Практическое использование посадочной машины позволило выявить недостаток, заключающийся в том, что до 5% саженцев опрокидываются на дно борозды и полностью засыпаются почвой, что затрудняет их приживаемость и рост в первый год после посадки. Анализ ситуации позволил выявить влияние на процесс посадки асимметричности корневой системы, что можно нивелировать путем специальной ориентации саженцев при их закладке в высаживающий аппарат [1]. Дальнейшие исследования свидетельствуют о том, что на устойчивость саженцев на дне борозды оказывает влияние и соотношение между шириной корневой системы саженца $b_{кк}$ и соответствующим параметром t полости внутри сошника (рис. 2).

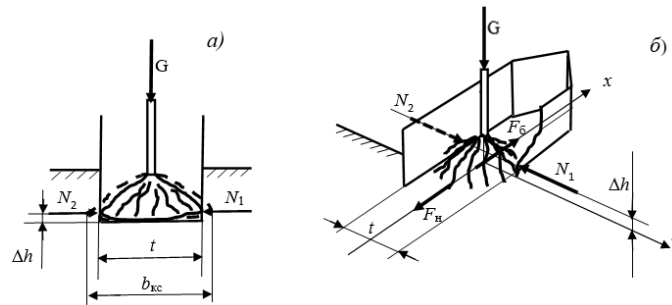


Рисунок 2 - Взаимодействие корневой системы саженца малины с боковыми стенками внутренней полости сошника:

а) – поперечное сечение сошника; б) – силовое взаимодействие корней и стенок сошника

Для оценки силового взаимодействия боковых стенок сошника с корневой системой саженцев малины были выполнены измерения ее ширины, упругости корней и коэффициента их трения по стальной поверхности.

Результаты и их обсуждение. Для измерения ширины корневой системы и других ее параметров были отобраны 112 типичных саженцев сорта Бальзам. В результате статистической обработки полученного массива данных было установлено, что ширина корневой системы варьируется в пределах от 40 до 190 мм (рис. 3а). Распределение саженцев по этому параметру их корневой системы подчиняется нормальному закону.

Что касается упругости корневой системы, то с высокой степенью достоверности ($R^2 = 0,9702$) установлена логарифмическая зависимость между усилием сжатия корневой системы и ее шириной

$$y = -23,82 \ln(x) + 85,312$$

где x – сила сжатия корневой системы P , Н;
 y – ширина корневой системы саженца, мм.

При исходной ширине корневой системы саженца $b_{кк}$ (обозначена пунктирной линией), превышающей ширину t внутренней полости сошника (рис. 2а), возникают поперечные силы сжатия N_1 и N_2 , деформирующие корни (контур обозначен сплошной линией). Вследствие этого возникает сила трения F_6 , стремящаяся переместить саженец в направлении оси x вместе с сошником (рис. 2б). Перемещению саженца вместе с сошником препятствует сила сцепления корней с дном борозды F_n . Условие устойчивой работы посадочной машины можно сформулировать следующим образом:

$$F_6 = 2N \cdot \mu < F_n = G \cdot \mu_{сц}$$

где μ – коэффициент трения скольжения корневой системы саженца по стали;
 $\mu_{сц}$ – коэффициент сцепления корневой системы саженца с дном борозды;
 G – вес саженца, Н;
 N – сила нормального давления стенки сошника на корневую систему саженца, Н.

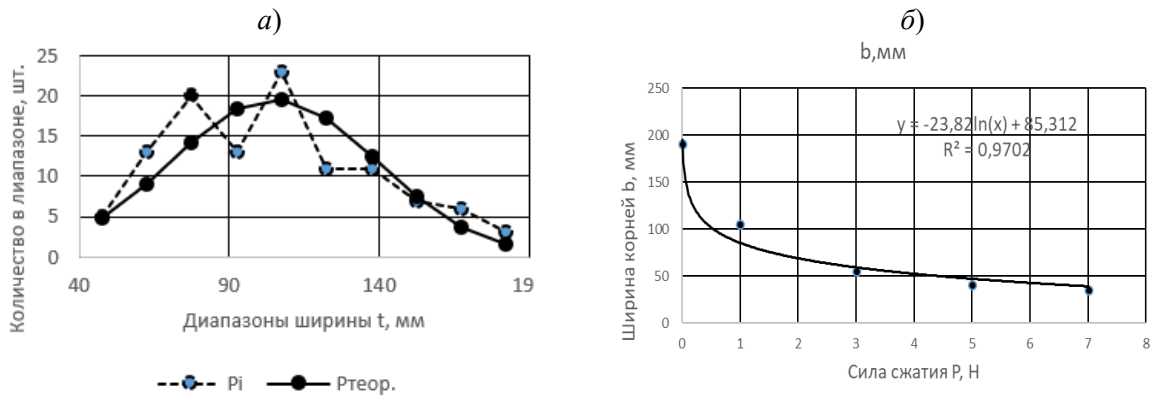


Рисунок 3 - Параметры корневой системы саженцев малины:
а) – распределение ширины корневой системы; б) – упругость корней

При весе саженцев с наиболее разветвленной корневой системой порядка 1Н можно условно считать, что примерно такой же величине может равняться сила поперечного давления P , что соответствует степени деформации ширины корней Δb от 200 до 100 мм (рис. 3б).

Как следует из схемы, изображенной на рис. 2б, сила трения F_6 корней по стенкам сошника локализуется, как правило, не на уровне дна борозды, а выше его на величину Δh . Вследствие этого возникает опрокидывающий момент $M_{on} = F_6 \cdot \Delta h$, стремящийся опрокинуть саженец на дно борозды. Следовательно, целесообразно снабдить высаживающий диск дополнительным поддерживающим устройством, препятствующим опрокидыванию саженцев после их освобождения от зажима.

Выводы. 1. Ширина внутренней полости сошника машины для посадки малины должна превышать 100 мм.

2. Высаживающий диск должен быть снабжен дополнительным поддерживающим устройством, препятствующим опрокидыванию саженцев после раскрытия держателей на дно борозды.

Список источников

1. Ожерельев В.Н., Самусенко В.И., Кузьменко И.В. Особенность механизированной посадки малины саженцами с асимметричной корневой системой // Наука в центральной России. 2023. № 6. С. 44-52.
2. Драпалюк М.В., Стасюк В.В., Зеликов В.А. Новые конструкции универсальных лесопосадочных машин для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 4 (44). С. 112-123.
3. Бухтояров Л.Д., Малюков С.В., Лысыч М.Н. Кинематика рабочего органа посадочной машины, предназначенного для посадки сеянцев с открытой и закрытой корневой системой // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2 (77). С. 136-144.
4. Ghaffariyan M. A short review on studies on work productivity of mechanical tree planting // Silva Balcanica. 2021. Vol. 22. P. 25-32. 10.3897/silvalbanica.22. e64233.
5. Manner J., Ersson B.T. Mechanized tree planting in Nordic forestry: Simulating a machine concept for continuously advancing site preparation and planting. J. For. Sci. 2021. Vol. 67. P. 242–246.

Информация об авторах:

В.Н. Ожерельев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vicoz@bk.ru.

В.В. Карманов - аспирант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. vladkarmanov837@gmail.com.

Information about the authors:

V.N. Ozherel'yev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, vicoz@bk.ru.

V.V. Karmanov - postgraduate student of the Bryansk State Agrarian University. vladkarmanov837@gmail.com.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.02.2026, одобрена после рецензирования 17.02.2026, принята к публикации 11.03.2026.

The article was submitted 12.02.2026, approved after reviewing 17.02.2026, accepted for publication 11.03.2026.

© Ожерельев В.Н., Карманов В.В.