

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОРСИОННО-ШТИФТОВОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА НА РАВНОМЕРНОСТЬ ДОЗИРОВАНИЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ СЕМЯН

Крючин Николай Павлович¹, доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой «Механика и инженерная графика»

Исаев Юрий Михайлович², доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой «Математика и физика»

Артамонова Ольга Александровна¹, доцент кафедры «Механика и инженерная графика»

¹ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел.: 8(927)609-09-05, e-mail: miignik@mail.ru

²ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8 (8422) 55-95-49, e-mail: physmath-dep@ugsha.ru

Ключевые слова: продольная равномерность высева, трудносыпучие семена, торсионно-штифтовый высевающий аппарат.

Цель исследования – повышение равномерности высева трудносыпучих семян за счет обоснования конструктивных параметров торсионно-штифтового высевающего аппарата. В обеспечении высоких урожаев сельскохозяйственных культур определяющей технологической операцией является посев. При этом посев бобовых трав сопряжен с определенными трудностями вследствие повышенных требований этих культур к количеству влаги на начальном этапе развития. Одним из наиболее эффективных приемов устранения дефицита влаги является предпосевное замачивание. Однако существующие высевающие аппараты не способны с высокими качественными показателями высевать замоченные посевные материалы. Для решения проблемы высева трудносыпучих семян бобовых трав был разработан торсионно-штифтовый высевающий аппарат. Проведены лабораторные исследования разработанного высевающего аппарата для оценки влияния его конструктивных параметров на равномерность продольного распределения семян. Результаты экспериментальных исследований по оценке качества высева трудносыпучих семян бобовых трав торсионно-штифтовым высевающим аппаратом показали, что при установке подвижных штифтов равномерность продольного распределения семян повышается. При этом наибольшая равномерность при высева семян как донника, так и эспарцета, составившая соответственно 39...46 % и 45...51 % коэффициента вариации массы семян в односантиметровых ячейках, получена при оснащении высевающего аппарата четырьмя торсионно-штифтовыми группами с тремя подвижными штифтами высотой 15 мм.

Введение

В обеспечении высоких урожаев сельскохозяйственных культур определяющей технологической операцией является посев. При этом посев бобовых трав сопряжен с определенными трудностями вследствие повышенных требований этих культур к количеству влаги на начальном этапе развития [1, 2, 3]. Одним из наиболее

эффективных приемов устранения дефицита влаги является предпосевное замачивание, активизирующее накопление семенами влаги с последующим набуханием и прорастанием [4, 5, 6].

Однако в результате замачивания изменяются физико-механические свойства семян. Посевной материал из-за молекулярных сил сце-

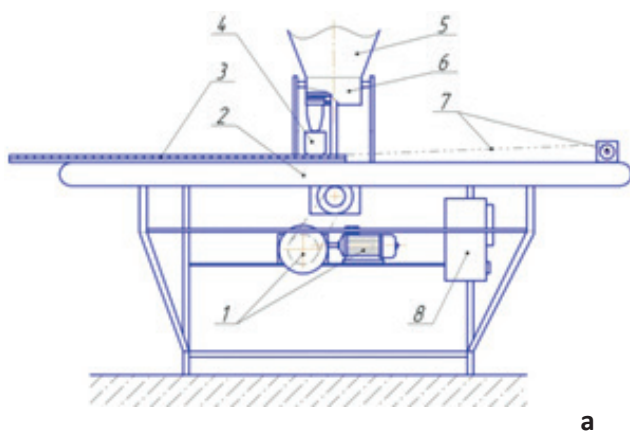


Рис. 1 – Схема (а) и общий вид (б) лабораторного стенда:

1 – привод; 2 – направляющая; 3 – ячеистая платформа; 4 – разгонная ёмкость; 5 – бункер; 6 – торсионно-штифтовый высевочный аппарат; 7 – привод ячеистой платформы; 8 – блок управления

пления жидкости становятся трудносыпучим, что существенным образом влияет на качество работы высевочных устройств посевных машин [7, 8].

Анализ конструкций современных высевочных аппаратов позволяет заключить, что приемлемые качественные показатели высева трудносыпучего семенного материала обеспечивают штифтовые, катушечно-штифтовые, транспортерные и мотыльковые высевочные аппараты, но процесс дозирования в данных устройствах имеет порционный, пульсирующий характер. Это приводит к резкому снижению продольной равномерности распределения семян и отрицательно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Для высева трудносыпучих посевных материалов нами разработан торсионно-штифтовый высевочный аппарат [17]. Его основным элементом является катушка с радиальными пальцами, на которых установлены подпружиненные втулки с расставленными в ряд на расстоянии друг от друга подвижными штифтами (торсионно-штифтовые группы).

Технологический процесс работы высевочного аппарата осуществляется следующим образом. Семена, поступая из бункера самотеком, заполняют пространство между соседними торсионно-штифтовыми группами. При вращении приводного вала торсионно-штифтовые группы перемещают объем семян, складывающийся из объема, перемещаемого радиальными пальцами и подвижными штифтами, до торцевой поверхности козырька. Далее, подвижные штифты, за счет взаимодействия с кромкой козырька, отклоняются от вертикального положения, проворачиваясь на подпружиненных втулках, и се-

менной материал перемещается в подкозырьковое пространство [18].

Таким образом, конструктивно-технологическая схема разработанного торсионно-штифтового высевочного аппарата создает предпосылки для увеличения устойчивости дозирования и продольной равномерности высева трудносыпучих семян.

Предлагаемый высевочный аппарат имеет ряд особенностей, которые потребовали проведения экспериментальных исследований по оценке влияния конструктивных параметров на продольную равномерность высева трудносыпучих семян.

Цель исследования – повышение равномерности высева трудносыпучих семян за счет обоснования конструктивных параметров торсионно-штифтового высевочного аппарата.

Задача исследований – оценить влияние конструктивных параметров торсионно-штифтового высевочного аппарата на продольную равномерность высева трудносыпучих семян и определить рациональные значения этих параметров.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили на лабораторном стенде (рис.1), который позволяет получить сравнительную оценку качества распределения семян вдоль рядка при их высеве в ячеистую подвижную платформу.

В качестве посевного материала использовали замоченные семена донника белого сорта «Средневолжский» и эспарцета песчаного сорта «Эспарцет песчаный – II», подготовленные по разработанной технологии [6]. Экспериментальный высевочный аппарат имел размерные параметры, обеспечивающие высева семян донника и эспарцета селекционной мини-сеялкой

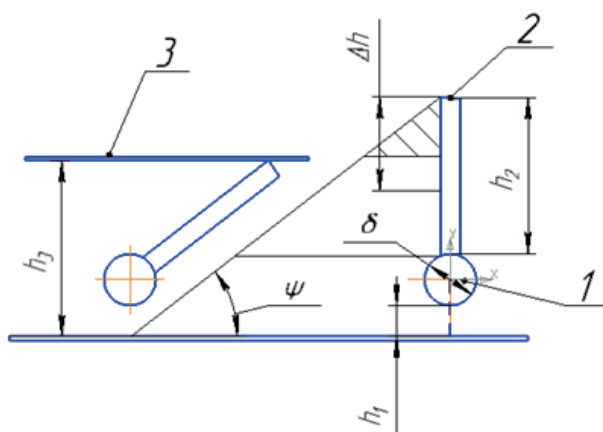


Рис. 2 – К определению объема фигуры, формируемой одной торсионно-штифтовой группой:

1 – подпружиненная втулка, установленная на радиальном пальце; 2 – подвижный штифт; 3 – козырек.

[19] с рекомендуемыми нормами высева при рабочей скорости до 3 м/с.

В процессе работы высевающего аппарата конструкция, взаиморасположение и взаимодействие его элементов с семенным материалом создают условия для устойчивого захвата семян из общей массы с последующим перемещением полученного объема семян, увеличенного за счет высоты подвижных штифтов, превышающей высоту установки козырька в зону высевного окна. Полный объем семенного материала, заполняющий межпальцевое пространство в зоне высевного окна, будет складываться из объемов, формируемых радиальными пальцами и подвижными штифтами (рис. 2).

Объем семян, m^3 , формируемый одним радиальным пальцем,

$$V_1 = \frac{(2\mu + ctg\psi)}{4} (D - d)(h_1 + \delta)^2, \quad (1)$$

где D – внешний диаметр сектора забора семян, м; d – внутренний диаметр сектора забора семян, м; μ – эмпирический коэффициент, учитывающий особенности транспортирования труднораспухших семян; h_1 – высота торсионно-штифтовой группы, м; δ – диаметр втулки, установленной на радиальном пальце, м; ψ – угол у основания призмы волочения, формируемой одним радиальным пальцем, равный динамическому углу внутреннего трения семенного материала, град.

Объем семян, m^3 , формируемый подвижными штифтами,

$$V_2 = \frac{n(h_2^3 - \Delta h^3)}{3} ctg^2\psi \cdot ctg\alpha, \quad (2)$$

где $\Delta h = (h_1 + \delta + h_2) - h_3$ – высота фигуры, отсекаемая козырьком, м; h_2 – высота подвижного штифта, м; h_3 – высота установки козырька, м; α – угол динамического откоса, формирующийся при истечении семенного материала между подвижными штифтами, град; n – количество подвижных штифтов, шт.

Тогда объемная подача семенного материала Q , m^3/c , перемещаемого торсионно-штифтовыми группами в зону высевного окна,

$$Q = 0,1 \cdot k \cdot \left(\frac{(2\mu + ctg\psi)}{4} (D - d)(h_1 + \delta)^2 + \frac{n(h_2^3 - \Delta h^3)}{3} ctg^2\psi \cdot ctg\alpha \right) \cdot \omega, \quad (3)$$

где k – количество радиальных пальцев, шт.; ω – угловая скорость вращения вала высевающего аппарата, c^{-1} .

Следовательно, наиболее полное заполнение межпальцевого пространства в зоне высевного окна, способствующее увеличению устойчивости дозирования и продольной равномерности высева, зависит от конструктивных параметров высевающего аппарата и физико-механических свойств семенного материала.

На основании теоретических и поисковых экспериментов приняты изменяемые конструктивные параметры торсионно-штифтовых групп: количество радиальных пальцев k составляло 2, 3 и 4, подвижные втулки радиальных пальцев оснащали 1, 2, 3 и 4-мя подвижными штифтами, высоту которых принимали равной 10, 15 и 20 мм. Семенной материал во всех опытах высевали при постоянной частоте вращения вала аппарата $n = 15 \text{ мин}^{-1}$ и высоте высевного окна $h_3 = 18 \text{ мм}$.

Процесс дозирования семян катушкой с одним радиальным пальцем не исследовали из-за явно высокой неравномерности высева. Максимальное количество радиальных пальцев ограничивали 4-мя, так как при их большем количестве подвижные штифты, отклоняясь от вертикального положения за счет взаимодействия с кромкой козырька, частично перекрывают зону забора семенного материала следующей по ходу вращения торсионно-штифтовой группы, снижая тем самым устойчивость заполнения межпальцевого пространства семенами.

Методика предусматривала следующую

схему проведения исследований.

В бункер 5 аппарата засыпали семена высеваемой культуры. С блока управления 8 включали привод 1 и устанавливали необходимую частоту вращения вала высевающего аппарата 6. До набора рабочей частоты вращения вала семенной материал собирался в разгонную емкость 4. Затем включали привод перемещения ячеистой платформы 7, и семенной материал высевался в ячейки движущейся платформы 3. После выключения стенда семена из каждой ячейки собирались в контрольную емкость и взвешивались на электронных весах с точностью до 0,01 г. По завершению каждого опыта для сохранения заданного уровня заполнения семенной материал возвращали в бункер высевающего аппарата.

Равномерность высева оценивали коэффициентом вариации v % массы семян в односантиметровых ячейках.

Результаты исследований

Проведенные исследования зависимости неравномерности высева от числа радиальных пальцев и количества подвижных штифтов с их фиксированной высотой 15 мм на высеве замоченных семян донника белого позволили получить зависимости, представленные на рисунке 3.

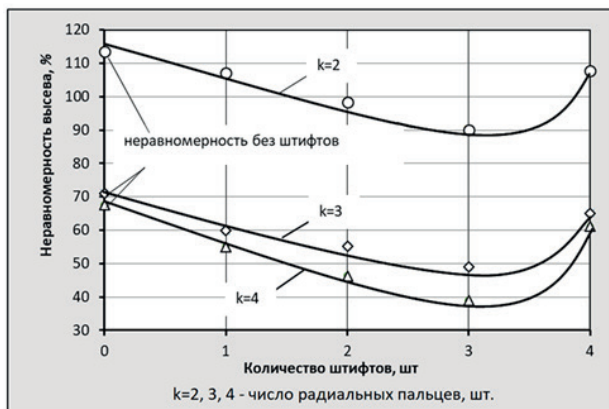


Рис. 3 – Влияние количества подвижных штифтов на продольную равномерность высева при изменяемом числе радиальных пальцев

В результате проведенных исследований установлено, что дозирование семян катушкой только с радиальными пальцами дает значительную неравномерность высева независимо от количества пальцев. В опытах с двумя пальцами коэффициент вариации массы семян в односантиметровых ячейках платформы превышал 110 %. С увеличением количества радиальных пальцев неравномерность уменьшается и до-

стигает минимальных значений при установке 4-х торсионно-штифтовых групп.

Оснащение катушки высевающего аппарата подпружиненными втулками с подвижными штифтами позволило значительно повысить продольную равномерность высева. При дозировании семян катушкой с установкой на торсионно-штифтовых группах только одного подвижного штифта отмечали снижение неравномерности высева на 8...12 %. С увеличением количества подвижных штифтов на торсионно-штифтовых группах наблюдали устойчивую тенденцию к снижению коэффициента вариации. Независимо от числа радиальных пальцев катушки минимальные значения коэффициента вариации количества семян в ячейках платформы были получены при установке 3-х подвижных штифтов. Наименьшее значение коэффициента вариации, не превышающее 39 %, было получено в опытах с 4-мя торсионно-штифтовыми группами при установке 3-х подвижных штифтов на радиальных пальцах.

В экспериментах, где количество подвижных штифтов на радиальных пальцах катушки составляло 4 штуки, наблюдали возрастание коэффициента вариации на 10...20 %. Это объясняется увеличением порционности подачи семян в высевное окно из-за снижения объема семян, проходящих между подвижными штифтами.

Особенности технологического процесса транспортирования потока семян в предлагаемом высевающем аппарате заключаются в том, что объем перемещаемого материала торсионно-штифтовыми группами формируется не только радиальными горизонтальными пальцами, но и вертикальными подвижными штифтами. Следовательно, высота штифтов будет определять степень заполнения подковырькового пространства, устойчивость и равномерность подачи семян к высевному окну.

Результаты исследований влияния количества и высоты подвижных штифтов на равномерность высева представлены в виде графических зависимостей на рисунке 4. С учетом предыдущих результатов число торсионно-штифтовых групп было принято постоянным и равным четырем.

Анализ графических зависимостей показал, что изменения количества и высоты подвижных штифтов на радиальных пальцах оказывают существенное влияние на продольную равномерность высева семян.

Различные сочетания конструктивных параметров торсионно-штифтовых групп давали

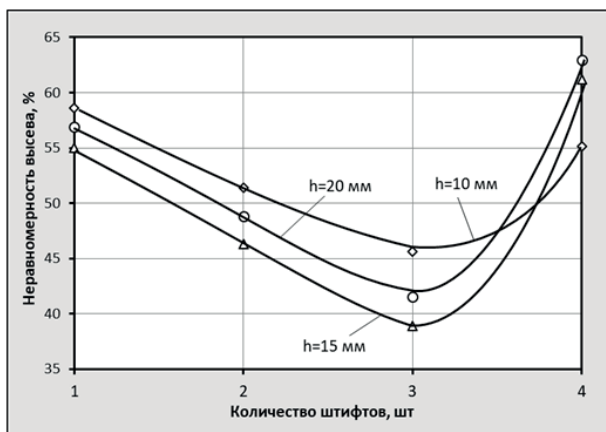


Рис. 4 – Влияние количества и высоты подвижных штифтов на продольную равномерность высева

разброс коэффициента вариации массы семян в ячейках платформы от 39 % до 63 %. Подобный характер закономерностей был получен как при высеве замоченных семян донника, так и эспарцета. В экспериментах с 3-мя подвижными штифтами различной высоты наблюдали наиболее высокие показатели равномерности высева. Минимальное значение коэффициента вариации 39 % получено в опыте с тремя подвижными штифтами высотой 15 мм. Это объясняется тем, что торсионно-штифтовые группы захватывают и транспортируют в подкозырьковое пространство объем семенного материала, необходимый для наиболее полного заполнения межпальцевого пространства в зоне высевного окна.

При дозировании семян катушкой с 4-мя подвижными штифтами наблюдали возрастание коэффициента вариации с 9 % до 22 % в зависимости от высоты штифтов. Наблюдения показали, что на снижение равномерности продольного высева оказывает влияние не только излишне частая расстановка подвижных штифтов на радиальном пальце, но и значительная их высота, которая приводит к перекрытию части сектора торсионно-штифтовой группы, следующей по ходу движения, в момент отклонения штифтов от вертикального положения при их взаимодействии с кромкой козырька. Это препятствует полному и равномерному заполнению семенами пространства между торсионно-штифтовыми группами.

Аналогичные эксперименты проводили с замоченными семенами эспарцета песчаного. Наименьшая неравномерность высева, не превышающая 45 %, была получена при 4-х торсионно-штифтовых группах с 3-мя подвижными штифтами высотой 15 мм.

Обсуждение

В результате исследований были обоснованы конструктивные параметры торсионно-штифтового высевающего аппарата, обеспечивающие повышение продольной равномерности распределения трудносыпучих семян. Комплексная оценка влияния числа радиальных пальцев, количества подвижных штифтов и их высоты позволила получить значения конструктивных параметров, при которых достигнуты минимальные значения коэффициента вариации массы семян в односантиметровых ячейках подвижной платформы при высеве замоченных семян донника и эспарцета - 39 % и 45 % соответственно. Эти показатели были получены в исследованиях высевающего аппарата с четырьмя торсионно-штифтовыми группами, в которых на радиальных пальцах установлены три подвижных штифта высотой 15 мм. Таким образом, технологическая схема процесса высева и конструкция предлагаемого высевающего аппарата позволяют обеспечить не только заданную норму высева замоченных семян, но и высокую устойчивость дозирования, а также качество продольного распределения замоченных семян бобовых трав.

Заключение

Результаты экспериментальных исследований по оценке качества продольного распределения трудносыпучих семян бобовых трав торсионно-штифтовым высевающим аппаратом, показали, что при установке подвижных штифтов равномерность продольного распределения семян повышается. При этом наибольшая равномерность при высеве семян как донника, так и эспарцета, составившая соответственно 39...46 % и 45...51 % коэффициента вариации массы семян в односантиметровых ячейках, получена при оснащении высевающего аппарата четырьмя торсионно-штифтовыми группами с тремя подвижными штифтами высотой 15 мм.

Библиографический список

1. Медведев, Г. А. Многолетние травы при орошении / Г. А. Медведев. – Москва : Росагропромиздат, 1989. – 175 с. – ISBN 5-260-00011-0. – URL: <http://agrolib.ru/books/item/f00/s00/z0000043/st004.shtml>.
2. Васин, В. Г. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Самарской области / В. Г. Васин, А. В. Васин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1(13). – С. 7-12.
3. Котов, Д. Н. Результаты исследований

влияния конструктивно-технологических параметров высевяющего аппарата группового дозирования на подачу семян / Д. Н. Котов, А. В. Баринов // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Курск, 2021. – С. 65-71.

4. Ресурсосберегающая технология возделывания донника белого в лесостепи Среднего Поволжья / В. Ф. Казарин, А. В. Казарина, Л. К. Марунова [и др.]. – Кинель, 2014. – 28 с.

5. Цепляев, А. Н. Оптимизация качественных показателей работы пневматического сошника для посева прорастиваемых семян бобовых культур / А. Н. Цепляев, Е. Т. Русяева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2. – С. 216-220.

6. Крючин, Н. П. Разработка технологии предпосевной подготовки семян бобовых трав / Н. П. Крючин, А. М. Петров, О. А. Артамонова // Известия Оренбургского ГАУ. – 2018. – № 5. – С. 99-102.

7. Семенов, А. Н. Зерновые сеялки / А. Н. Семенов. – Москва ; Киев : Южное отделение Машгиз, 1959. – 318 с.

8. Петров, А. М. Обоснование технологии высева и параметров штифтового высевяющего аппарата пневматической сеялки для посева замоченных семян козлятника восточного : спец. 05.20.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Петров Александр Михайлович. - Саратов, 1994. - 214 с.

9. Исаев, Ю. М. Исследования влияния параметров высевяющего аппарата на процесс высева / Ю. М. Исаев, Н. М. Семашкин // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. - № 8. – С. 79-80.

10. Исаев, Ю. М. Обоснование некоторых параметров высевяющих аппаратов / Ю. М. Исаев, Н. М. Семашкин, Н. Н. Назарова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. - № 1. – С. 123-126.

11. Овчинников, В. А. Повышение качества посева семенников мелкосеменных культур / В. А. Овчинников, М. Н. Чаткин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. - № 2(46). – С. 75-80.

12. Артамонов, Е. И. Повышение качества посева семян амаранта метельчатого совершен-

ствованием технических средств и технологического процесса : спец. 05.20.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Артамонов Евгений Иванович ; Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза, 2013. – 178 с.

13. Зырянов, В. А. Равномерность распределения растений по площади при посеве зерновых и трав / В. А. Зырянов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1985. - № 5. - С. 35-37.

14. Результаты лабораторных исследований высевяющего аппарата / В. Н. Кувайцев, Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, Р. Р. Девликамов // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 8. – С. 20-23.

15. Лабораторные исследования сошника зерновой сеялки с шарнирным соединением направителя семян и рыхлителя почвы с корпусом сошника / И. Ю. Кукушкин, Н. П. Ларюшин, А. Н. Калабушев, А. В. Шуков // Нива Поволжья. – 2021. – № 3(60). – С. 107-111.

16. Овчинников, В. А. Повышение эффективности машин для посева мелкосеменных культур : монография / В. А. Овчинников ; научный редактор доктор технических наук М. Н. Чаткин. – Саранск : Издательство Мордовского университета, 2013. – 104 с. – ISBN 978-5-7103-2733-3.

17. Патент № 158525 Российская Федерация. Торсионно-штифтовый высевяющий аппарат : № 2015122920/13 : заявл. 15.06.2015: опубл. 10.01.2016 / Крючин Н. П., Артамонова О. А., Котов Д. Н., Артамонов Е. И. - Бюл. № 1. – 2 с.

18. Kryuchin, N. P. Research of transportation of hard-running seeds with a torsion-pin sowing machine / N. P. Kryuchin, D. N. Kotov, O. A. Artamonova // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources : International Scientific-Practical Conference (FIES 2019). BIO Web of Conferences. - 2020. – 17. - P. 00058. – URL:<https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700058/>

19. Крючин, А. Н. Повышение качества посева семян трав самоходной пневматической мини-сеялкой применением дисково-штифтового высевяющего аппарата : спец. 05.20.01 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Крючин Александр Николаевич ; Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза, 2016. - 151 с.

RESEARCH RESULTS OF DESIGN PARAMETER INFLUENCE OF A TORSION-PIN SOWING MACHINE ON DOSING UNIFORMITY OF HARD-RUNNING SEEDS

Kryuchin N. P.¹, Isaev Yu. M.², Artamonova O. A.¹

¹FSBEI HE Samara State Agrarian University

446442, Samara region, Kinel t., Ust-Kinelskiy v., Uchenaya st., 2; phone: 8(927)609-09-05, e-mail: miignik@mail.ru

²FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

433431, Volga Federal District, Ulyanovsk region, Cherdaklinskiy district, Oktyabrskiy v., Studencheskaya, 9; phone: 8 (8422) 55-95-49, e-mail: physmath-dep@ugsha.ru

Key words: longitudinal seeding uniformity, difficult-to-flow seeds, torsion-pin sowing machine.

The purpose of the study is to increase uniformity of sowing of difficult-to-flow seeds by substantiating the design parameters of the torsion-pin sowing machine. Sowing is crucial technological operation in ensuring high yields of agricultural crops. Concurrently, sowing of legumes is associated with certain difficulties due to increased requirements of these crops to the amount of moisture at initial stage of development. One of the most effective ways to eliminate moisture deficiency is pre-sowing soaking. However, the existing sowing machines are not capable of sowing soaked seed materials with high quality parameters. To solve the problem of sowing difficult-to-flow seeds of legumes, a torsion-pin sowing machine was developed. Laboratory studies of the developed sowing machine were carried out to assess the influence of its design parameters on uniformity of longitudinal distribution of seeds. The results of experimental studies on assessing the quality of seeding of hard-to-flow seeds of legumes with a torsion-pin sowing machine showed that uniformity of longitudinal distribution of seeds increased in case of installing movable pins. Under these circumstances, the highest uniformity of seed sowing, both of sweet clover and sainfoin, amounted respectively to 39...46% and 45...51%, of the variation coefficient in the mass of seeds in one-centimeter cells, the highest uniformity was obtained in case of equipping the sowing machine with four torsion-pin groups with three movable 15 mm high pins.

Bibliography:

1. Medvedev, G. A. Perennial grasses in irrigation / G. A. Medvedev. - Moscow: Rosagropromizdat, 1989. - 175 p. - ISBN 5-260-00011-0. - URL: <http://agrolib.ru/books/item/f00/s00/z0000043/st004.shtml>.
2. Vasin, V. G. Status and prospects of development of feed production in Samara region / V. G. Vasin, A. V. Vasin // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2011. - № 1 (13). - P. 7-12.
3. Kotov, D. N. Results of studies of influence of structural and technological parameters of group dosing sowing machine on seed supply / D. N. Kotov, A. V. Barinov // Modern resource-efficient technologies and technical means in the agro-industrial complex: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference. - Kursk, 2021. - P. 65-71.
4. Resource-saving technology of white sweet clover cultivation in the forest-steppe of the Middle Volga region / V. F. Kazarin, A. V. Kazarina, L. K. Marunova [and others]. - Kinel, 2014. - 28 p.
5. Tseplyaev, A. N. Improvement of quality parameters of operation of pneumatic coulter for sowing germinated seeds of gourds / A. N. Tseplyaev, E. T. Rusyaeva // Izvestiya of Nizhnevolskiy agro-university complex: science and higher professional education. - 2015. - № 2. - P. 216-220.
6. Kryuchin, N. P. Development of technology for pre-sowing seed preparation of legumes / N. P. Kryuchin, A. M. Petrov, O. A. Artamonova // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. - 2018. - № 5. - P. 99-102.
7. Semenov, A. N. Grain seeders / A. N. Semenov. - Moscow; Kiev: Southern branch of Mashgiz, 1959. - 318 p.
8. Petrov, A. M. Substantiation of seeding technology and parameters of pin seeding machines of a pneumatic seeder for sowing soaked seeds of Eastern galega: spec. 05.20.01: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Petrov Alexander Mikhailovich. - Saratov, 1994. - 214 p.
9. Isaev, Yu. M. Studies of the influence of parameters of the sowing machine on the seeding process / Yu. M. Isaev, N. M. Semashkin // International Journal of Experimental Education. - 2014. - № 8. - P. 79-80.
10. Isaev, Yu. M. Substantiation of some parameters of sowing machines / Yu. M. Isaev, N. M. Semashkin, N. N. Nazarova // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2010. - № 1. - P. 123-126.
11. Ovchinnikov, V. A. Improvement of the quality of seeding of seed-breeding plots of small seed crops / V. A. Ovchinnikov, M. N. Chatkin // Vestnik of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. - 2020. - № 2 (46). - P. 75-80.
12. Artamonov, E. I. Improvement of the quality of seed sowing of Scarlet amaranth by improving technical means and technological process: spec. 05.20.01: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Artamonov Evgeniy Ivanovich; Penza State Agricultural Academy. - Penza, 2013. - 178 p.
13. Zyryanov, V. A. Plant distribution uniformity over the area when sowing cereals and grasses / V. A. Zyryanov // Mechanization and electrification of agriculture. - 1985. - № 5. - P. 35-37.
14. Results of laboratory studies of the sowing machine / V. N. Kuvaytsev, N. P. Laryushin, A. V. Shukov, R. R. Devlikamov // Machines and equipment for the village. - 2014. - № 8. - P. 20-23.
15. Laboratory studies of the coulter of a grain seeder with a hinged connection of the seed guide and soil ripper with the coulter body // Niva Povolzhya. - 2021. - № 3(60). - P. 107-111.
16. Ovchinnikov, V. A. Efficiency improvement of machines for sowing small-seed crops: monograph / V. A. Ovchinnikov; scientific editor, doctor of technical sciences M. N. Chatkin. - Saransk: Publishing house of Mordovian University, 2013. - 104 p. - ISBN 978-5-7103-2733-3.
17. Patent № 158525 Russian Federation. Torsion-pin sowing machine : № 2015122920/13 : Appl. 15.06.2015: publ. 10.01.2016 / Kryuchin N. P., Artamonova O. A., Kotov D. N., Artamonov E. I. - Bull. № 1. - 2 p.
18. Kryuchin, N. P. Research of transportation of hard-running seeds with a torsion-pin sowing machine / N. P. Kryuchin, D. N. Kotov, O. A. Artamonova // Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources: International Scientific-Practical Conference (FIES 2019). BIO Web of Conferences. - 2020. - 17. - R. 00058. - URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700058/>
19. Kryuchin, A. N. Improvement of sowing quality of grass seeds with a self-propelled pneumatic mini-seeder using a disc-pin sowing machine: spec. 05.20.01: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Kryuchin Alexander Nikolaevich; Penza State Agricultural Academy. - Penza, 2016. - 151 p.