2. **Romanov Petr**, Doctor of technical sciences, professor of the Production Automation and Information Technologies department, Kolomna Institute (branch) of «Moscow Polytechnical University», Moscow district, Kolomna, Oktyabr'skaya Revolutsia St., 408, e-mail: romanov_p_s@mail.ru.

3. **Romanova Irina**, Candidate of technical sciences, assistant professor of the «Winemaking and inorganic analytical chemistry» department, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, 109004, Moscow, Zemlyanoj Val St., 73, e-mail: i-p-romanova@yandex.ru.

4. **Galiullin Rustam**, Doctor of Technical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001 Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: rustam6274@mail.ru.

The paper offers a method to recognize current fuzzy situations in management of mobile robots in farming. It allows to understand and evaluate the current situation in complex dynamic conditions, when there is an incompleteness and inaccuracy of

the original data. The technique is based on fuzzy situational management of objects, which is based on the situational management model «situation – action».

© Кафиев И.Р., Романов П.С., Романова И.П.

УДК 631.348: 631.54

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-114-120

Э.Р. Хасанов, Д.И. Маскулов, Р.З. Мусин

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СКАРИФИКАТОРА СЕМЯН КОЗЛЯТНИКА

Ключевые слова: *скарификация; скарификатор семян; всхожесть; вращающийся диск; степень скарификации; степень дробления.*

Введение. Важную роль при производстве бобовых культур имеет семенной материал, качество которого, наряду с другими параметрами, определяется всхожестью, на которой неблагоприятно отражается твердая, герметичная оболочка семян, приводящая к затягиванию сроков прорастания всходов, потере части высевных семян, снижению урожайности [1].

Нарушение герметичности оболочки семян различными способами в процессе подготовки семян к посеву называется скарификацией, а технические устройства, применяемые для данного процесса, – скарификаторами [2].

Кроме семян трав и кормовых культур, различные способы скарификации эффективны для сельскохозяйственных культур – пшеница, овес, ячмень, горох, лук, морковь, шпинат, редис, свекла, петрушка, капуста, томат, кинза, укроп, а также для семян лесных культур [3].

К применяемым на практике способам скарификации семян перед посевом относятся: механическая (физическое воздействие); химическая (обработка кислотой); термическая (прогревание и промораживание). В России и за рубежом существуют различные точки зрения на

эффективность и преимущества того или иного способа скарификации.

Ученые Bichoff R.S., de Albuquerque A.N., Mariano D.C. [4] провели полностью рандомизированные исследования с четырьмя повторностями в Бразилии с древесным бобом, скарифицируя его наждачной бумагой (механическая скарификация), погружением в концентрированную H_2SO_4 (химическая) и в горячую воду (термическая) в интервале времени 5...20 мин с шагом 5 мин. Наиболее эффективной обработкой в их случае оказалась химическая (20 мин обработки с прорастанием 93,0 % жизнеспособных семян), наименьшую эффективность показала термическая обработка. К тем же выводам пришли чешские исследователи [5] при скарификации бобовой культуры *muscupreta* и ученые [6], проводившие скарификацию для бобовых культур в условиях Аравийской пустыни в Катаре.

В свою очередь аргентинские исследователи [7], проводившие эксперименты с бобовыми культурами, установили, что наибольшую эффективность на вид *T. subterraneum* имеет термическая обработка.

Южноафриканскими [8], американскими [9–10], индийскими [11] учеными получены данные, говорящие о преимуществах механической обработки. На наш взгляд, химическая и термическая скарификации семян при всех своих достоинствах на производстве применяются редко. При механической скарификации в случае массовой предварительной обработки крупных партий семян при применении технических устройств – скарификаторов, значительно снижающих трудоемкость процесса, возможно добиться требуемого качества обработки с высоким уровнем всхожести семян.

Исследователями Luo J., Sun J., Yang L. [12] создана и апробирована конструкция машины 9BQS-3,0 с пневматическим скарификационным и посевным комплексом, которая неплохо себя зарекомендовала при одновременных операциях скарифицирования и посева семян в Китае. Американскими учеными Lukas S.B., DeFrank J., Baldos O.C. [13] для скарифицирования семян *Waltheria indica* применялся механический электрический барабанный скарификатор, покрытый наждачной бумагой с зернистостью 80, обеспечивший всхожесть семян после обработки в течение 15 или 30 сек на 95 и 99 % соответственно. В России также широко применяется механическая скарификация в области сельского и лесного хозяйства, модернизируются действующие скарификаторы и проектируются новые, вводятся параметры для оценки качественных показателей работы скарификатора [14].

Изучив имеющиеся источники литературы, мы провели экспериментальные исследования имеющихся в Республике Башкортостан скарификаторов на семенах бобовых культур, определив, что имеющиеся конструкции несовершенны и обладают рядом недостатков, что подтверждается и другими исследователями: недостаточно высокое качество скарификации [15]; повторные удары у части семян по скарифицирующей поверхности и соответственно их повышенная травмируемость [16]. Кроме того, на производстве часто стоит задача обработки скарифицированных семян бобовых культур микробиологическим препаратом ризоторфин, которая проводится вручную.

Цели исследования: предложить техническое решение, обеспечивающее повышение качества скарификации и последовательно выполняющее две операции – скарификацию и обработку микробиологическим препаратом; произвести оценку технологического процесса.

Условия, материалы и методы исследований. Для исследований предложена конструкция дискового скарификатора (рисунок 1), технологический процесс работы которого следующий. Семена козлятника восточного загружаются в бункер и включается привод. Дозирующим устройством устанавливают подачу семян на вращающийся диск с лопастями, на котором семена двигаются по траектории, близкой к логарифмической спирали, пока не встретятся с лопастью. Лопасти изменяют направление движения семян, при этом возрастает их скорость. Сходя с диска, семена соприкасаются с абразивной поверхностью шлифовального круга, тем самым подвергаются скарификации путем нанесения царапин на твердую оболочку и создания возможности проникновения к зародышам влаги и воздуха. Форма лопастей и их меняющийся угол установки позволяет регулировать угол соприкосновения семян с абразивной поверхностью. После соприкосновения образовавшаяся пыль и примеси от абразивной поверхности шлифовального круга захватываются воздушным потоком вентиляторов (на рисунке не показано) и уходят за пределы установки.

Далее семена подвергаются обработке ризоторфином. Микробиологический препарат из бака по трубопроводу поступает на вращающуюся тарелку. За счет вращения тарелки происходит распыл препарата, который в виде образующихся капель аэрозоля покрывает скарифицированные семена, проходящие вниз. После этого обработанные семена поступают в тару.

При исследовании качественных показателей скарификации семян козлятника при средней влажности 9 % определялись параметры: всхожесть семян, %; степень скарификации, % и степень дробления семян, % при режимах вращения диска 700, 900, 1100, 1300, 1500 об/мин.

В основу методики определения показателей взят способ определения показателей качества работы скарификаторов, предложенный Бурковым А.И., Симоновым М.В., Мокиевым В.Ю. [17]. Перед каждым опытом в соответствии с ГОСТ 12036-85 [18] из фракции исходного материала отбирали две навески семян козлятника по 500 г массой каждая. Из первой навески (контроль) и из второй, которую пропускали через скарификатор, отбирали четыре пробы по 100 семян для определения всхожести. Кроме того, из второй навески отбирали среднюю пробу массой 20 г и определяли методом разбора [19] количество в ней дробленых семян. После пересчета на общую массу скарифицированных семян получали массу дробленых семян.

Степень дробления семян определяли по выражению, %:

$$d = \frac{m_{\text{дс}}}{m_{\text{н2}}} 100, \quad (1)$$

где $m_{\text{дс}}$ – масса дробленых семян во второй навеске, кг; $m_{\text{н2}}$ – масса второй навески, кг.

Для определения всхожести использовали метод проращивания семян между бумагой – пробы, характеризующие посевные качества семян до и после обработки соответственно. Для этого по окончании 14 дней подсчитывали количество проросших и твердых (которые к установленному сроку определения всхожести не набухли и не изменили внешний вид) семян.

Всхожесть определяли как (%):

$$B = \frac{(B+K)}{R} 100, \quad (2)$$

где B – общее количество семян, проросших по истечении 14 суток; K – количество твердых се-

мян, R – количество твердых семян, закладываемых в пробу.

За результат анализа принимали среднеарифметическое значение всех проанализированных проб. Если отклонение значений параметра в одной из проб от среднеарифметического значения больше на величину, то всхожесть определяли по результатам анализа оставшихся трех проб. Если такое отклонение имеет еще одна проба, то анализ повторяли.

Степень скарификации определяли как отношение разности количества твердых семян в пробах до и после обработки к количеству твердых семян в пробах до обработки, %:

$$C = \frac{K_1 - K_2}{K_1} 100, \quad (3)$$

где K_1 – количество твердых семян в пробе до обработки; K_2 – количество твердых семян в пробе после обработки.

Рисунок 1

Схема экспериментального скарификатора семян: 1 – бункер для семян; 2 – опора; 3 – приемный бункер; 4 – стойка; 5 – абразивная поверхность шлифовального круга; 6 – электродвигатель; 7 – защитный кожух; 8 – тарелка; 9 – выходное окно; 10 – заслонка; 11 – трубопровод; 12 – вращающийся диск; 13 – фланец; 14 – конус; 15 – регулировочный кран; 16 – бак с микробиологическим препаратом

Результаты исследования. Для сопоставления экспериментальных данных проведены сравнительные исследования предлагаемого нами скарификатора со скарификатором СКВ-

300 (ФГУП «Уфимское агрегатное производственное объединение»), представленным на рисунке 2.

Рисунок 2
Проведение экспериментов

На рисунке 3 приведены полученные данные по всхожести и степени скарификации семян козлятника после обработки на предлагаемом скарификаторе и существующем скарификаторе СКВ-300. Анализ данных по всхожести свидетельствует о том, что качественные показатели работы предлагаемого скарификатора выше, чем у существующего, то же самое наблюдается по показателям степени скарификации. Рекомендуемыми режимами в данном случае является диапазон 900...1100 оборотов

диска, при котором степень всхожести семян составит 90...91 % без обработки ризоторфином, а степень скарификации – 87...92 %. Данные степени скарификации семян, представленные на рисунке 1, говорят о том, что с увеличением количества оборотов и соответственно скорости удара семян об абразивную поверхность (степень шероховатости абразивного круга – 40 мкм), степень скарификации увеличивается с 84 % при 700 об/мин до 98 % при 1500 об/мин.

Рисунок 3
Зависимость показателей качества работы предлагаемого и существующего скарификаторов от количества оборотов диска (степень всхожести: 1 – предлагаемого скарификатора, 4 – скарификатора СКВ-300; степени скарификации: 2 – предлагаемого скарификатора, 3 – скарификатора СКВ-300)

Но вместе с этим увеличивается и степень дробления семян, что является неблагоприятным фактором при обработке (рисунок 4). При рекомендованном выше режиме диапазона обо-

ротов диска 900...1100 степень дробления семян составит 1,2...2,0 %, что допустимо агротехническими нормами.

Рисунок 4

Зависимость показателя степени дробления предлагаемого и существующего скарификаторов от количества оборотов диска (1 – скарификатора СКВ-300; 2 – предлагаемого скарификатора)

Выводы. В предложенном скарификаторе последовательно выполняются две операции – скарификация и обработка микробиологическим препаратом. Применение разработанного устройства для скарификации семян козлятника обеспечила качественную предпосевную обра-

ботку семян. В сравнении с существующим скарификатором в рекомендуемом диапазоне оборотов диска 900...1100 предлагаемый скарификатор показал снижение степени дробления семян на 0,2...0,4 %, повышение степени скарификации на 2...3 % и степени всхожести на 4...5 %.

Библиографический список

- Мокиев, В.Ю. Обоснование конструктивно-технологической схемы и основных параметров вытирающе-скарифирующего устройства семян трав [Текст]: дис. ... кандидата технических наук / В.Ю. Мокиев. Киров: Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, 2017. 153 с.
- Янушко, С.В. Приемы повышения посевных качеств семян бобовых трав [Текст] / С.В. Янушко // Мелиорация. 2010. № 1 (63). С. 187–189.
- Куриленко, Н.И. Скарификация семян кедрового сибирского [Текст] / Н.И. Куриленко // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях: материалы IV-ой Международной научно-практической конференции молодых учёных. Астрахань: ПНИИАЗ, 2015. С. 112–114.
- Bichoff R.S., de Albuquerque A.N., Mariano D.C., (...), Sodr D.C., Valente G.F. Overcoming seed dormancy and evaluation of viability in *Leucaena leucocephala*. *Australian Journal of Crop Science*, 2018, 12 (1), 68–172.
- De Oliveira J.D., da Silva J.B., Alves C.Z. Treatments to increase, accelerate and synchronize emergence in seedlings of *mucuna-preta*. *Revista Ciencia Agronomica*, 2017, 48 (3), с. 531–539.
- Bhatt A., Carn M.M., Verheyen K., Elsarag E., Alhorr Y. Germination and seedling performance of five native legumes of the Arabian Desert. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 2016, 220, с. 125–133.
- Mira S., Schnadelbach A., Correa E.C., Prez-Garca F., Gonzlez-Benito M.E. Variability of physical dormancy in relation to seed mechanical properties of three legume species. *Seed Science and Technology*, 2017, 45(3), с. 540–556.

8. Müller F.L., Raitt L.M., Cupido C.F., (...), Samuels M.I., Boatwright J.S. Dormancy-breaking treatments in two potential forage crop legumes from the semi-arid rangelands of South Africa. *South African Journal of Botany*, 2017, 113, с. 133–136.

9. Statwick J.M. Germination pretreatments to break hard-seed dormancy in *Astragalus cicer* L. (Fabaceae). *PeerJ*, 2016, (11), e2621.

10. Mirsky S.B., Wallace J.M., Curran W.S., Crockett B.C. Hairy vetch seedbank persistence and implications for cover crop management. *Agronomy Journal*, 2015, 107(6), с. 2391–2400.

11. Nagar R.P., Meena S.S. Effect of physical and chemical scarification and ageing on hardseededness in *Clitoria ternatea*. *Range Management and Agroforestry*, 2015, 36(1), с. 79–83.

12. Luo J., Sun J., Yang L., (...), Li W., Dong Z. Design and experiment of type 9BQS-3.0 pneumatic scarifying and sowing compound operation machine. *Nongye Jixie Xuebao. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2013, 44(SUPPL.1), с. 51–55+66.

13. Lukas S.B., DeFrank J., Baldos O.C. Optimization of *Waltheria indica* seed dormancy relief treatments and seed storage parameters. *Hort Science*, 2016, 51(9), с. 1184–1187.

14. Shevchenko A.P., Bankrutenko A.V., Koval V.S., Begunov M.A., Demchuk E.V. Scarification of Seeds as an Increasing Element of Perennial Legume Grasses Productivity. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, 1059 (1), 012011.

15. Вербовский, А.В. Обоснование параметров и режимов работы дискового скарификатора

для предпосевной обработки семян многолетних бобовых культур [Текст]: дис. ... кандидата технических наук / А.В. Вербовский. Новосибирск: Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского отделения Российской академии сельскохозяйственных наук, 2009. 137 с.

16. Лукин, А.Н. Параметры пневматического скарификатора для предпосевной обработки семян многолетних бобовых культур [Текст]: дис. ... кандидата технических наук / А.Н. Лукин. Новосибирск: Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского отделения Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013. 142 с.

17. Способ определения показателей качества работы скарификаторов [Текст]: пат. на изобретение 2564874 РФ, А 01 С1/00 / А.И. Бурков, М.В. Симонов, В.Ю. Мокиев (Россия). № 2014116933/13; заявл. 25.04.2014; опубл. 10.10.2015, бюл. № 28.

18. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб [Текст]. Введ. 01.07.86. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. 13 с.

19. ГОСТ 12037-81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян [Текст]. Введ. 01.07.82. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. 20 с.

Сведения об авторах

1. **Хасанов Эдуард Рифович**, доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных и технологических машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71, e-mail: hasan_ed@mail.ru.

2. **Маскулов Дамир Ильшатович**, аспирант кафедры сельскохозяйственных и технологических машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71, e-mail: dmaskulov@mail.ru.

3. **Мусин Радик Забирович**, аспирант кафедры сельскохозяйственных и технологических машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 228-08-71, e-mail: musin-radik@mail.ru.

На основе проведенных исследований создан скарификатор семян, последовательно выполняющий две операции – скарификацию и обработку микробиологическим препаратом. Форма лопастей и их меняющийся угол установки на вращающемся диске позволяет регулировать угол соприкосновения семян с абразивной поверхностью и за счет этого повышать качество обработки. Применение разработанного

устройства для скарификации семян козлятника обеспечило качественную предпосевную обработку семян. В сравнении с существующим скарификатором в рекомендуемом диапазоне оборотов диска 900...1100 предлагаемый скарификатор показал снижение степени дробления семян на 0,2...0,4 %, повышение степени скарификации – на 2...3 % и степени всхожести – на 4...5 %.

E. Khasanov, D. Maskulov, R. Musin

SUBSTANTIATION OF WORK QUALITY INDICATORS OF THE EASTERN GALEGA SEEDS SCARIFICATOR

Key words: *scarification; seeds scarificator; germination; a rotating disk; scarification degree; degree of crushing.*

Authors' personal details

1. **Khasanov Eduard**, Doctor of technical sciences, professor of the Road Construction, Municipal and Farm Machinery department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya st., 34, e-mail: hasan_ed@mail.ru.

2. **Maskulov Damir**, Post-graduate of chair of construction and road, municipal and farm vehicles, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya str., 34, e-mail: dmaskulov@mail.ru.

3. **Musin Radik**, Post-graduate of chair of construction and road, municipal and farm vehicles, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Otyabrya str., 34, e-mail: musin-radik@mail.ru.

Based on the studies, a seed scarifier has been created that sequentially performs two operations – scarification and treatment with a microbiological preparation. The shape of the blades and their changing installation angle on a rotating disk allows to adjust the angle of contact of the seeds with the abrasive surface and thereby improve the quality of processing. The use of the developed device for

scarification of Eastern galega seeds ensured high-quality pre-sowing treatment of seeds. Compared with the existing scarifier, in the recommended range of disc speeds of 900...1100, the proposed scarifier showed a decrease in the degree of crushing of seeds by 0,2...0,4 %, an increase in the degree of scarification by 2...3 % and the degree of germination by 4...5 %.

© Хасанов Э.Р., Маскулов Д.И., Мусин Р.З.