УДК 631.531.027.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЕВНЫХ СВОЙСТВ СЕМЯН ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ, ОБРАБОТАННЫХ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ СКАРИФИКАТОРЕ

Д. А. МИХЕЕВ, ВАН ЦЗЮНЬ, А. А. СЫСОЕВ, С. В. ЕГОРОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 10.07.2026)

Галега восточная является перспективной многолетней кормовой культурой. Однако наличие у семян галеги восточной твердокаменной оболочки, препятствующей прорастанию семян, ведет к потере урожая зеленой массы, этот фактор негативно влияет на масштабное возделывания этой культуры для использования в рационах кормления КРС. Для решения проблемы высокой твердости оболочки семян целесообразно применять перед посевом скарификацию семян. Механическая скарификация является наиболее эффективным способом обработки семян галеги восточной. В данном исследовании была проведена оценка эффективности скарификации семян галеги восточной в центробежном скарификаторе. В процессе эксперимента семена галеги восточной загружались в рабочую камеру скарификатора, где под действием центробежной силы, возникающей от вращения рабочего органа семена, попадали на абразивную поверхность цилиндрической части камеры. В процессе обработки за различные интервалы времени семена соответственно имели разную степень повреждения оболочки. После обработки проводилась оценка посевных свойств семян. Результаты помогли выявить закономерность степени повреждения поверхности семян на энергию прорастания и лабораторную всхожесть в зависимости от времени обработки семян. Данное исследование помогло определить оптимальное время обработки семян в пределах исследованного интервала, при котором оболочка семян умеренно повреждалась, при этом энергия прорастания и лабораторная всхожесть была в максимальных границах. Проведенное исследование не только подтвердило эффективность центробежного скарификатора семян, но и определило оптимальный временной интервал скарификации семян галеги восточной для достижения максимальных посевных свойств, что обеспечивает научную основу для дальнейшей масштабной предпосевной обработки семян в производственных условиях.

Ключевые слова: *семена, галега восточная, центробежный скарификатор, скарификация семян.*

Galega orientalis is a promising perennial forage crop. However, the presence of a hard seed coat on eastern galega seeds, which prevents germination, leads to yield losses. This factor negatively impacts the large-scale cultivation of this crop for use in cattle feed rations. To address the problem of the hard seed coat, it is advisable to scarify the seeds before sowing. Mechanical scarification is the most effective method of treating eastern galega seeds. This study assessed the effectiveness of scarification of eastern galega seeds in a centrifugal scarifier. During the experiment, galega orientalis seeds were loaded into the scarifier's working chamber, where centrifugal force generated by the rotating working element caused the seeds to fall onto the abrasive surface of the cylindrical chamber. During treatment at various intervals, the seeds exhibited varying degrees of seed coat damage. After treatment, the sowing properties of the seeds were assessed. The results helped identify patterns in the degree of seed surface damage affecting germination energy and laboratory germination depending on the seed treatment time. This study helped determine the optimal seed treatment time within the studied interval, which resulted in moderate seed coat damage while maximizing germination energy and laboratory germination. This study not only confirmed the effectiveness of the centrifugal seed scarifier but also identified the optimal time interval for scarifying galega orientalis seeds to achieve maximum sowing properties, providing a scientific basis for further large-scale pre-sowing seed treatment in industrial settings.

Key words*: seeds, eastern galega, centrifugal scarifier; seed scarification.*

Введение

Галега восточная (Galega Orientalis L.) относится к роду Galega семейства Fabaceae. Галега восточная (L.) – многолетнее травянистое бобовое растение, обладающее высокой кормовой ценностью. В качестве кормового растения галега восточная отличается высокой урожайностью и обильной листвой, высоким содержанием питательных веществ, особенно сырого протеина. Она обладает хорошими характеристиками роста, а также морозо- и засухоустойчива зимой. Она может безопасно перезимовать при низких температурах от -40 °C до -25 °C. Она обладает широкой адаптивностью и высокой устойчивостью к болезням, насекомым, нематодам и другим вредителям [1]. Развитие бобовых кормовых ресурсов всегда было важной задачей сельского хозяйства. Это связано с тем, что развитие новых бобовых кормовых ресурсов является не только основой для улучшения качества кормов и повышения продуктивности пастбищного животноводства, но и обеспечивает виды травянистых растений для реализации Китаем программы возвращения сельскохозяйственных земель в лесные и пастбищные угодья и восстановления экологической среды. Галега восточная может использоваться в качестве хорошего корма и обладает функцией сохранения почвы и воды. Это бобовое кормовое растение с большим потенциалом. В Китае его выращивают в качестве добавки к люцерне, и она имеет широкие перспективы применения. Семена галеги восточной обладают высокой твердостью (от 50 % до 98 %), а их оболочка имеет низкую водо- и воздухопроницаемость, что приводит к относительно низкой всхожести. Они не могут эффективно впитывать воду и набухать в почве, что приводит к задержке всходов или даже к замедлению роста. В результате всходы становится редкими и разрозненными, что значительно снижает качество и урожайность. Поэтому повреждение оболочки семян перед посевом имеет важное значение.

Снижение твердости семян в основном подразумевает поверхностное повреждение оболочки семени путем физического воздействия без снижения качества семян. Методы повреждения оболочки семени постоянно совершенствуются и улучшаются. Основные методы повреждения оболочки семени включают термическое повреждение, повреждение замораживанием-оттаиванием, механическое повреждение и кислотное воздействие. Термическое повреждение – это метод разрушения или растрескивания оболочки семени с помощью высокой температуры. Повреждение замораживанием-оттаиванием – это метод разрушения оболочки семени путем воздействия на него чередующихся высоких и низких температур. Механическое повреждение – это метод физического нанесения отметок на поверхность семени для увеличения скорости поглощения воды семенем. Повреждение кислотным воздействием – это химический метод, который может растворить оболочку семени и размягчить твердые семена [2].

В современной агротехнологии предпосевная обработка бобовых культур часто включает скарификацию – метод, позволяющий разрушить или ослабить твердую оболочку семян для ускорения их прорастания. В результате скарификации на твердой оболочке семян образуются царапины и трещины, через которые проходит влага и воздух, вследствие чего семена быстрее набухают и прорастают. Всхожесть семян и скорость их прорастания при этом увеличивается [3–6].

Различают следующие методы скарификации: механический; химический; термический; комбинированный. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки.

Механический метод скарификации основан на абразивном разрушении семенной оболочки. В лабораторных и производственных условиях семена пропускают через барабан с абразивной поверхностью, где при взаимодействии семян с шероховатыми поверхностями стенок рабочей камеры скарификатора на их поверхности возникают множественные локальные микроповреждения [3, 6].

Чрезмерная интенсивность обработки приводит к повреждению зародыша и снижению полевой всхожести, что особенно критично для культур с крупным семенем и тонким переходом между твёрдой оболочкой и эмбрионом. Это означает необходимость точного контроля времени пребывания в рабочей камере, скорости вращения рабочих органов и др. параметров.

При оптимальном режиме работы скарификатора удаётся существенно сократить долю твёрдых семян и выровнять сроки прорастания.

Термические и другие физические методы включают обработку горячей водой, паром, нагретым воздухом, инфракрасным и микроволновым излучением, а также более новые варианты, такие как плазменная, магнитная и радиационная обработка [3, 6]. Их общий принцип заключается в кратковременном воздействии повышенной температуры или энергии поля на поверхностные слои оболочки, что вызывает частичную деградацию гидрофобных барьеров и повышение проницаемости для воды и кислорода. Обзор по физическим предпосевным обработкам зернобобовых показывает, что правильно подобранный режим горячей воды или сухого нагрева способен ускорить прорастание и одновременно снизить заражённость семян патогенами, однако диапазон допустимых температур и экспозиций очень узок. Перегрев приводит к денатурации белков и гибели зародыша, а недостаточная экспозиция не обеспечивает устойчивого эффекта. Для микроволновой и инфракрасной обработки характерно более быстрое и неравномерное прогревание, что усиливает требования к однородности слоя и контролю мощности. В целом физические методы привлекательны возможностью совмещать скарификацию с обеззараживанием и отсутствием химических реагентов, но они чувствительны к исходной влажности и размерного состава семенной партии.

Химические методы основаны на частичном растворении или размягчении семенной оболочки концентрированными кислотами и щелочами, чаще всего серной и соляной кислотой, а также растворами нитратов и гипохлоритов [3, 6].

Применение серной кислоты в контролируемых режимах широко изучено на древесных и кустарниковых бобовых, где выдержка семян в концентрированной кислоте в течение ограниченного времени приводит к резкому росту лабораторной всхожести и сокращению средней продолжительности прорастания.

В то же время при выходе за оптимальный интервал экспозиции доля разрушенных семян быстро увеличивается, а сохранность лабораторного и полевого материала снижается. Кроме риска повреждения зародыша, химические методы связаны с технологическими и экологическими ограничениями, так как требуют устойчивой системы обращения с реагентами и соблюдения повышенных требований к технике безопасности.

Комбинированные подходы предполагают последовательное или одновременное применение нескольких видов воздействия, например механической обработки с последующим кратковременным кислотным протравливанием или сочетание горячей воды и лёгкой абразивной скарификации.

Ряд исследований показал, что сочетанные режимы позволяют снизить необходимую дозу химического реагента или температуру термообработки и при этом поддерживать высокую энергию прорастания и всхожесть.

Однако такие схемы обычно сложнее в реализации, требуют более тонкого контроля параметров и пока слабо представлены в промышленной номенклатуре машин для скарификации.

Проанализировав литературные источники, можно сделать вывод, что механическая скарификация является наиболее простым и эффективным способом для использования его в промышленных объемах обработки.

Группа исследователей из учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» провела исследование влияния механической обработки семян на качество посева галеги восточной, показав, что механическая обработка семян оказывает значительное влияние на посевные свойства семян посева [3, 5].

Цель исследований – определить лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян галеги восточной обработанных в центробежном скарификаторе семян.

Нами предлагается экспериментальный метод исследования скарифицированных семян галеги восточной обработанных в центробежном скарификаторе семян разработанном в учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (г. Горки, Республика Беларусь). Скарифицированные семена галеги восточной исследовались в аккредитованной лаборатории качества семян учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

Основная часть

В учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» разработали экспериментальный центробежный скарификатор семян рисунок 1. [7]. Работающий по принципу порционного действия скарификатор позволяет получить различную степень повреждения оболочки семян.

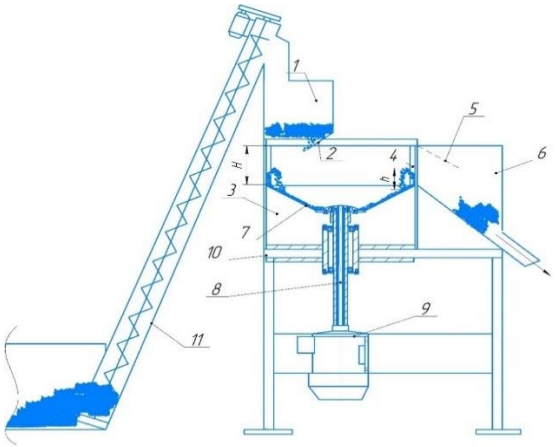

Рис. 1. Схема центробежного скарификатора

Скарификатор семян состоит из следующих основных деталей (рис. 1): 1 – приемный бункер для семян; 2 – впускная заслонка; 3 – рабочая камера; 4 – абразивная лопасть; 5 – выгрузная заслонка; 6 – выгрузной бункер; 7 – вращающееся днище; 8 – приводной вал; 9 – электродвигатель; 10 – рама; 11 – загрузочный шнек.

Скарификатор работает следующим образом: семена подаются с помощью загрузочного шнека 11 в приемный бункер 1, далее через впускную заслонку 2 они попадают в рабочую камеру 3 и под действием вращающегося с угловой скоростью ω днища 7 перераспределяется по периметру, совершая спиралевидное движение вверх по абразивной цилиндрической поверхности корпуса рабочей камеры. Затем они попадают на лопасти 4, отражаясь от которых они подают вниз, образовывая волновой поток высотой h. В результате прохождения семян по абразивным элементам камеры смешивания на поверхности твердокаменной оболочки каждого семени образуются микротрещины.

После обработки семян автоматически открывается выгрузная заслонка 5, и порция обработанных семян за счет центробежной силы поступает в бункер 6.

Угловая скорость днища составляла 50 рад/с. При этом значении угловой скорости семена стабильно совершали вес цикл движения в камере скарификатора. Диаметр рабочей камеры составил 0,5 м.

На внутренней стенке цилиндрической камеры над вращающимся днищем был закреплён абразивный материал – наждачная бумага Р60.

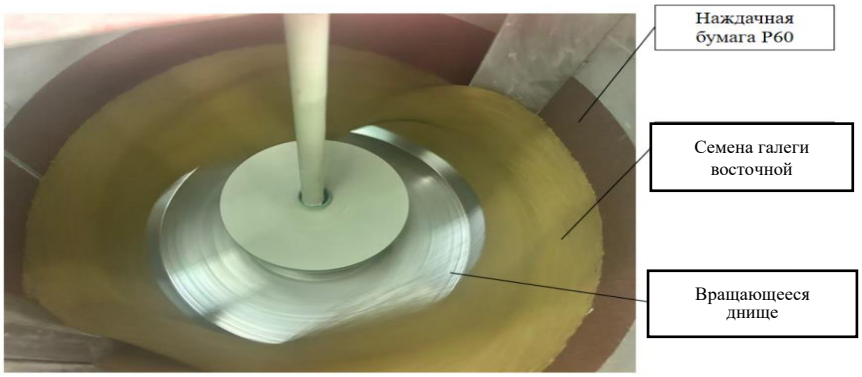

Рис. 2. Движение семян в скарификаторе

Семена обрабатывались в течение 30 минут. Начиная с первой минуты каждую минуту отбирали пробы семян, всего было получено 30 образцов семян с разной степенью повреждения оболочки. На рис. 3 показаны поверхностные изменения семян галеги восточной в зависимости от времени обработки. Цвет оболочки семян становился светлее с увеличением времени обработки.



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 3. Образцы семян галеги восточной:
а) без обработки; б) время обработки 10 минут; в) время обработки 20 минут; г) время обработки 30 минут.

После обработки, полученные 30 образцов семян, были отправлены для исследования в аккредитованную лабораторию качества семян учреждении образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия». Результаты исследований приведены в таблица.

Результаты исследований скарифицированных семян галеги восточной

Время обработки, (мин.)	Травмированность обработки семян, %	Травмированность зародыша, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	
				Нормально проросшие	Твердые
0	2,5	1,75	42,4	77,6	18,2
1	5,2	1,45	42,5	87,7	10,1
2	5,3	1,55	42,6	87,8	10
3	6,2	1,95	43,2	88,4	9,4
4	6,3	2,05	44,1	89,3	8,5
5	6,4	2,15	44,6	89,8	8
6	6,0	3,75	45,6	90,8	7
7	8,3	4,05	48,6	93,8	4
8	9,5	5,25	51,2	94,4	3,4
9	12,5	8,25	55,3	91,5	6,3
10	14,5	8,25	55,6	90,8	7
11	15,2	9,95	56,7	90,9	6,9
12	16,2	8,95	59,6	90,8	7
13	16,7	7,45	62,3	97,5	0,3
14	19,2	7,95	66,5	91,7	6,1
15	19,8	6,55	67,1	92,3	5,5
16	21,2	6,95	67,2	92,4	5,4
17	19,5	6,25	65,3	90,5	7,3
18	18,6	8.35	62,3	90,5	7,3
19	19,2	14,95	60,3	95,5	2,3
20	17,5	13,25	57,0	92,2	5,6
21	16,5	15,25	56,3	85,5	6,3
22	17,8	13,55	57,2	86,4	8,4
23	17,6	13,35	48,2	83,4	14,4
24	19,2	14,95	47,3	84,5	7,3
25	21,2	16,95	46,2	80,4	7,4
26	22,3	18,05	42,3	83,5	10,3
27	24,6	20,35	40,2	85,4	12,4
28	25,2	20,95	40,1	85,3	12,5
29	25,6	21,35	39,6	82,8	13,0
30	27,2	22,95	38,4	82,6	14,2

На основе полученных экспериментальных данных был построен график (рис. 4), демонстрирующий влияния времени скарификации семян в центробежном скарификаторе на степень повреждения оболочки, энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян галеги восточной.

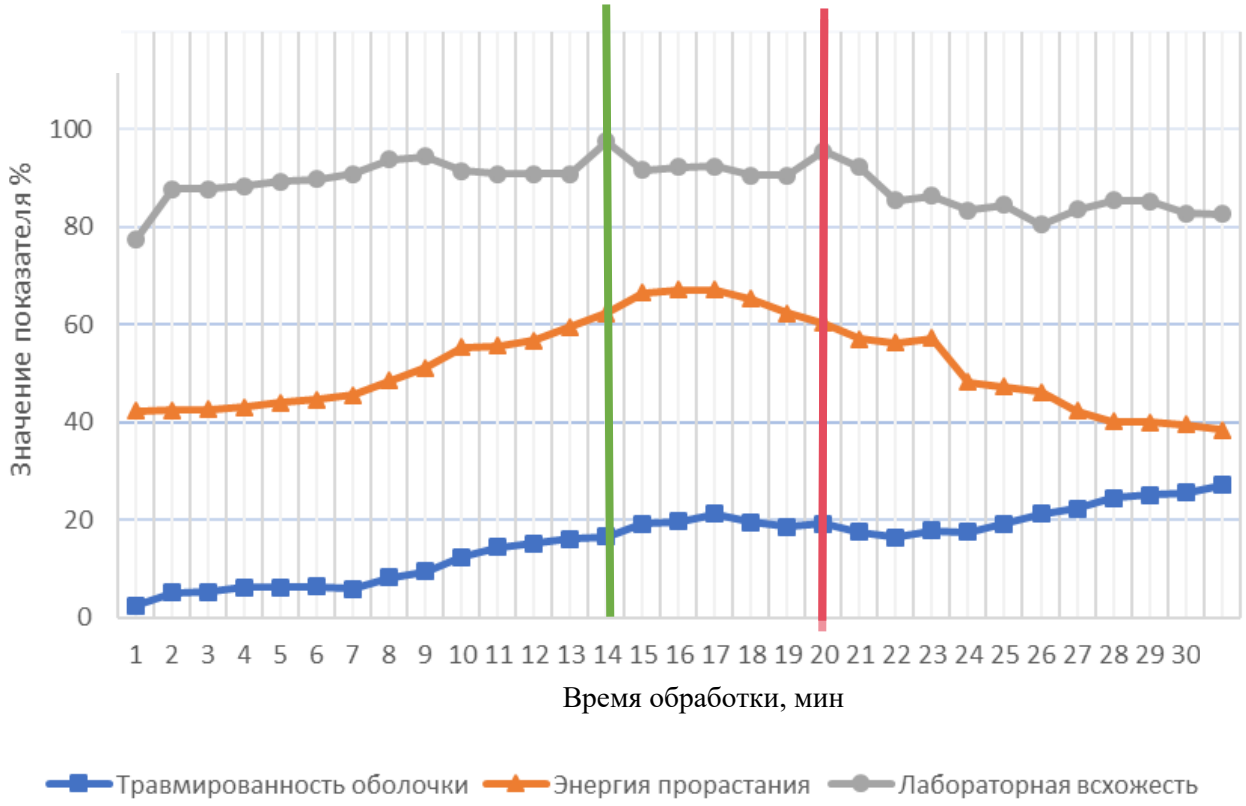

Рис. 4. График зависимости времени скарификации семян в центробежном скарификаторе на степень повреждения оболочки, энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян галеги восточной

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что при значении степени повреждения оболочки, равной 16,7 %, что достигается после 13 минут обработки в центробежном скарификаторе, энергия прорастания увеличивается более 60 % и составляет 62,3 %, при этом лабораторная всхожесть достигает максимального значения 97,5 %. После 20 минут обработки наблюдается снижение энергии прорастания менее 60 %, а именно 57 %, при этом лабораторная всхожесть остается на высоком уровне в 95,5 %. Лабораторная всхожесть снижается менее 90 % после 22 минут обработки.

Заключение

Для исследования процесса скарификации семян галеги восточной был выбран центробежный скарификатор с диаметром рабочей камеры 0,5 м. В качестве абразивного элемента, установленного на стенках рабочей камеры, была выбрана наждачная бумага Р60. Угловая скорость рабочего органа, днища дражиратора, составила 50 рад/с. Эксперименты проводились с отбором проб скарифицированных семян через 1 минуту обработки. Все время обработки составило 30 минут. В результате эксперимента был установлен оптимальный интервал времени скарификации семян галеги восточной. Он составил 13–20 минут. В этом временном интервале обработки достигаются максимальные значения таких посевных свой свойств семян как энергия прорастания и лабораторная всхожесть. При этом среднее значение травмированности оболочки семян составляет 19,17 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние различных обработок на жизнеспособность семян козьей фасоли / Лифан Сюань, Шуай Ши, Вэйвэй Хао [и др.] // Журнал Университета Цицикар. – 2008. – № 2. – С. 14–17

2. Кимура, Э. Методы скарификации семян и их использование в кормовых бобовых / Э. Кимура, М. А. Ислам // Научный журнал семеноводства. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 38–50.

3. Михеев, Д. А. Скарификация семян галеги восточной как метод улучшения ее посевных свойств / Д. А. Михеев, Ван Цзюнь // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2026. – № 2. – С. 127–130.

4. Мачёхин, К. А. Оборудование для скарификации семян / К. А. Мачёхин, Д. А. Михеев // Наука. Инновации. Будущее – 2023: сб. статей междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 2023 г. – Петрозаводск, 2023. – С. 364–372.

5. Мачёхин, К. А. Влияние скарификации семян на посевные свойства галеги восточной / К. А. Мачёхин, Д. А. Михеев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения – 2024: сборник научных трудов. – Брянск, 2024 – С. 200–203.

6. Михеев Д. А. Влияние скарификации семян галеги восточной на посевные свойства / Д. А. Михеев, К. А. Мачехин / Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 126–131.

7. Патент BY № 24753, МПК A 01C 1/06 (2006.01) Скарификатор семян: № a 20230301, заявлено 27.11.2023 г. дата публикации 05.12.2025 г. Михеев Д. А., Мачехин К. А., Вань Цзюнь, заявитель и патентообладатель УО БГСХА.