

EDN: UDDXFB

DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-62-70



Научная статья

УДК 678:633.1



Технология предпосевного капсулирования колосьев с применением биоразлагаемых полимерных материалов

Мария Олеговна Кульпина,
инженер,
e-mail: markulpina@yandex.ru;
Татьяна Васильевна Чаплыгина,
специалист, магистрант,
e-mail: ivanovatatyana1994@mail.ru;

Кирилл Александрович Степанов,
младший научный сотрудник,
e-mail: 89999878895@mail.ru;
Никита Дмитриевич Блинов,
младший научный сотрудник,
e-mail: nik.blinov76@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Для совершенствования технологических процессов в селекции зерновых культур был предложен способ защиты посевного материала и разработано устройство для посева семян необмолоченными колосьями, повышающие производительность труда при посеве и обеспечивающие сортовую чистоту. Отмечено возможное застревание колосков в механизмах сеялки в процессе высеве и снижение продуктивности семян в колосе. Для устранения выявленных недостатков предлагается применять биоразлагаемые полимерные материалы из поливинилового спирта и полилактида для капсулирования колосьев, высеваемых колосковой сеялкой. *(Цель исследования)* Анализ влияния капсулирования колосьев пшеницы сорта Рима биоразлагаемыми материалами на качество посева колосковой сеялкой и показатели продуктивности семян. *(Материалы и методы)* Качество посева оценивалось по коэффициенту вариации интервалов между соседними колосьями. Продуктивность семян анализировали по показателям роста и развития стеблей лабораторно-вегетационным методом, а также по динамике биохимического состава растений методом инфракрасной спектроскопии. *(Результаты и обсуждение)* Установили, что средний коэффициент вариации при посеве колосковой сеялкой контрольных образцов (без обработки) составил 15,5 процента, обработанных поливиниловым спиртом – 11,3 процента и обработанных полилактидом – 9,7 процента. Средний коэффициент вариации при ручном посеве контрольных образцов составил 13,1 процента. На 19-е сутки показатели роста растений из семян колосьев, обработанных ПВС, в сравнении с контролем были выше на 7 процентов, а из обработанных полилактидом снизились на 13 процентов. Биохимический анализ растений из семян колосьев, обработанных поливиниловым спиртом, в сравнении с контролем показал увеличение содержания воды на 19,3 процента, жиров на 42,9 процента, углеводов на 57,2 процента, снижение содержания белков на 21,6 процента. В растениях из семян колосьев, обработанных полилактидом, в сравнении с контрольными содержание жиров увеличилось на 44,5 процента, углеводов на 60,3%, снизилось содержание воды на 59,7 процента и белков на 9,3 процента. *(Выводы)* Показано, что перспективным решением задачи повышения посевных и урожайных качеств семян в селекции зерновых культур является использование биоразлагаемых материалов из поливинилового спирта и полилактида для капсулирования колосьев. Эта технология способствует снижению коэффициента вариации интервалов между соседними колосьями при высеве, увеличению высоты растений и содержания питательных веществ. Среди исследованных полимерных материалов поливиниловый спирт благодаря своим свойствам наиболее перспективен для применения в селекционных процессах.

Ключевые слова: пшеница, колос, биоразлагаемые полимерные пленки, капсулирование, колосковая сеялка, посев.

■ **Для цитирования:** Кульпина М.О., Чаплыгина Т.В., Степанов К.А., Блинов Н.Д. Технология предпосевного капсулирования колосьев с применением биоразлагаемых полимерных материалов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. №4. С. 62-70. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-62-70. EDN: UDDXFB.

Scientific article

Technology for Pre-sowing Encapsulation of Ears Using Biodegradable Polymer Materials

Maria O. Kulpina,
engineer, e-mail: markulpina@yandex.ru;
Tatyana V. Chaplygina,
specialist, master's student,
e-mail: ivanovatatyana1994@mail.ru;

Kirill A. Stepanov,
junior researcher, e-mail: 89999878895@mail.ru;
Nikita D. Blinov,
junior researcher,
e-mail: nik.blinov76@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper highlights that for enhancing technological processes in grain crop breeding, a method for protecting seed material was proposed, accompanied by the development of a device for sowing seeds with unthreshed ears. This approach improves labor productivity during sowing and ensures varietal purity. However, challenges, such as ear jamming in seeder mechanisms and reduced seed productivity per ear were identified. To address these issues, the use of biodegradable polymeric materials, including polyvinyl alcohol and polylactide, is proposed for encapsulating ears sown with a spikelet seeder. (*Research purpose*) The paper examines the impact of encapsulating Rima wheat ears with biodegradable materials on the quality of sowing using a spikelet seeder and on seed productivity indicators. (*Materials and methods*) Sowing quality was evaluated using the coefficient of variation of distances between adjacent ears. Seed productivity was evaluated based on stem growth and development using the laboratory-vegetative method, as well as by analyzing the dynamics of plant biochemical composition with infrared spectroscopy. (*Results and discussion*) The study found that the average variation coefficient during seeding with a spikelet seeder was 15.5 percent for untreated control samples, 11.3 percent, for ears treated with polyvinyl alcohol, and 9.7 percent for those treated with polylactide. For manual seeding, the variation coefficient of control samples averaged 13.1 percent. By the 19th day, plants grown from ear seeds treated with polyvinyl alcohol exhibited growth indices 7 percent higher than the control samples, while those treated with polylactide showed a 13 percent decrease. Biochemical analysis revealed that plants grown from seeds of ears treated with polyvinyl alcohol showed a 19.3 percent increase in water content, a 42.9 percent increase in fats, a 57.2 percent increase in carbohydrates, and a 21.6 percent decrease in protein content compared to the control samples. For plants grown from seeds of ears treated with polylactide, fat content increased by 44.5 percent and carbohydrates by 60.3 percent, while water content decreased by 59.7 percent and proteins by 9.3%, compared to the control samples. (*Conclusions*) The study demonstrates that encapsulating ears with biodegradable materials such as polyvinyl alcohol and polylactide is a promising solution for enhancing the sowing and yield qualities of seeds in grain crop breeding. This technology reduces the coefficient of variation in adjacent ear spacing during sowing, increases plant height, and improves nutrient content. Among the materials studied, polyvinyl alcohol proved to be the most effective for seed breeding due to its superior properties

Keywords: wheat, ear, ear density, biodegradable polymer films, encapsulation, ear seeder, spikelet seeder, sowing.

■ **For citation:** Kulpina M.O., Chaplygina T.V., Stepanov K.A., Blinov N.D. Technology for pre-sowing encapsulation of ears using biodegradable polymer materials. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N4. 62-70 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-4-62-70. EDN: UDDXFB.

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития, утвержденной Указом Президента РФ № 145 от 28 февраля 2024 г., к важнейшим вопросам сельскохозяйственного производства относится развитие технологии промышленного семеноводства, обеспечивающей стабильно высокие посевные и урожайные качества семян. Реализация потенциала посевного материала зависит от способа посева и применяемых для его осуществления технических средств. Для выполнения основной задачи особое внимание следует уделить сельскохозяйственным машинам, отвечающим агротехническим требованиям [1, 2]. В России проводятся работы по проектированию и созданию машин разного типа, выполняющих различные способы посева [3-6].

Для совершенствования процессов селекции сельскохозяйственных культур специалистами лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян был предложен способ посева колосьями при помощи специальной сеялки [7]. При ее использовании увеличивается скорость посева по сравнению с посевом вручную, сокращаются затраты труда на отбор колосьев и обмолот, отсутствует фактор смешения и засорения другим сортом [8]. Но возникает проблема застревания колоса в высевальном аппарате, семяпроводе и сошнике.

Нарушение качества высева и потери семян могут негативно отразиться на стабильности урожая. Также отмечается снижение продуктивности семян при выращивании в колосе (Скатова С.Е. Использование способа посева тритикале ярового колосом в первичном семеноводстве центра Нечерноземной зоны. Тритикале: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: Юг, 2016. С. 196-204).

Полимеры широко применяются в различных сферах благодаря своим физико-механическим, химическим и технологическим свойствам, а также возможности их модификации. Полимерные материалы и изделия используются в строительной, нефтегазовой, пищевой отраслях, в автомобилестроении, а также медицине и сельском хозяйстве [9].

Китай является мировым лидером по использованию агропромышленным комплексом полимерных материалов в производстве – около 20% от всего мирового производства полимеров. Это пленки для теплиц, мульчирования, силосования, емкости для посева, пикировки и выращивания растений, контейнеры (Подзорова М.В., Тертышная Ю.В. Экоматериалы для агропромышленного комплекса на основе полиэфиров. Инновационные технологии в науке и образовании; матер. конф. ИТНО, 2023. С. 285-288). Примером служит использование в не-

которых регионах России «зерновых рукавов» – герметичных полимерных мешков вместимостью от 65 до 300 т. В таких упаковках можно хранить сухое зерно, создавая в них вакуум [11].

Следует также упомянуть о применении ленточных материалов в качестве субстрата для посева семян. Технология высевы лентами позволяет снизить расход семян и повысить экономическую эффективность [12].

В целях повышения качества высевы колосковой сеялкой предлагается использовать полимерные пленки для защиты колосьев с зерном. При выборе материала для капсулирования колосьев необходимо учитывать его дальнейшее влияние на окружающую среду. В качестве материалов для технологии посева зерновых культур колосьями рассматриваются биоразлагаемые полимеры, такие как поливиниловый спирт и полилактид.

Полилактид (ПЛА) — термопластичный биоразлагаемый материал, получаемый путем полимеризации молочной кислоты. Сырьем для ПЛА служат кукуруза, сахарный тростник, зерновые культуры и другие возобновляемые природные ресурсы (Кочеткова В.А. Экологические аспекты применения биополимеров на основе полилактида. Актуальные проблемы нефти и газа: сб. тр. VI Всерос. молодежной науч. конф. – М.: Институт проблем нефти и газа РАН, 2023. С. 271-274). Изделия из полилактида прозрачные, прочные, способны сохранять форму после сжатия или кручения.

Поливиниловый спирт (ПВС) — синтетический полимер, обладающий хорошими физическими и механическими свойствами [13]. Электропроводность ПВС, растворимость в воде, проницаемость газов и термические характеристики можно варьировать в зависимости от степени кристалличности, которая зависит от молекулярного веса полимера.

Цель исследования. Анализ влияния биоразлагаемых материалов для капсулирования колосьев пшеницы на качество посева колосковой сеялкой и показатели продуктивности семян.

Материалы и методы. В исследовании в качестве биоразлагаемых материалов были выбраны поливиниловый спирт в виде промышленной пленки и полилактид марки 4032D. Были отобраны и подготовлены колосья яровой пшеницы сорта Рима. Использовались термостат, сушильный шкаф, климатическая камера, инфракрасный спектрометр с алмазной приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО).

Для эксперимента готовили три образца колосьев (рис. 1).

В 400 мл хлороформа растворяли 11,8 г ПЛА, интенсивно перемешивая верхнеприводной мешалкой АКМЛАВ модели OS-10L. Полученный раствор наносили на отобранные колосья пшеницы путем на-



Рис. 1. Образцы колосьев: а – контрольные; б – завернутые в ПВС; с – с напылением ПЛА

Fig. 1. Ear samples: a – control untreated sample; b – sample wrapped in Polyvinyl alcohol (PVA); c – sample coated with Polylactide (PLA)

пыления и высушивали на воздухе. Таким образом колосья покрывались защитным слоем полимера. Другие образцы заворачивали в пленку ПВС, смачивая ее края водой для плотного закрепления на колосе.

В исследованиях оценивали четыре варианта посева и обработки образцов:

- посев сеялкой контрольных колосьев;
- посев сеялкой колосьев, завернутых в ПВС;
- посев сеялкой колосьев, обработанных ПЛА;
- ручной посев контрольных колосьев.

Механизированный посев осуществляли экспериментальным образцом однорядной сеялки с диско-кассетным высевочным устройством, разработанной в ВИМ на основе Патента RU2784081 «Сеялка с дисковыми кассетами для посева сельскохозяйственных культур» (рис. 2). Опыты проводились в трехкратной повторности.

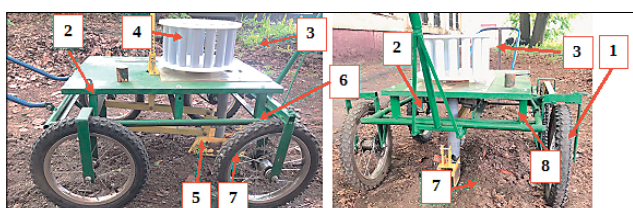


Рис. 2. Экспериментальный образец однорядной сеялки для посева колосьями с диско-кассетным высевочным устройством

Fig. 2. Experimental model of a single-row seeder designed for sowing ears using a disk-cassette seeding mechanism

Высевочное устройство 3 соединено с семяпроводом 6, сошником 7 и расположено на раме 2. Сеялка снабжена механизмом регулирования глубины хода и подъема сошника 4, подвеской сошника 5, приводом высевочного устройства 8, опорно-приводными колесами 1.

Качество (равномерность) посева оценивали по коэффициенту вариации интервалов между соседними колосьями:

$$c_v = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{x}}, \% \quad (1)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}, \text{ см}, \quad (2)$$

где x_i – расстояние между соседними колосьями, см; $\bar{x}$ – среднее арифметическое измерений, см; N – количество измерений.

К расчету коэффициента вариации принималось расстояние между соседними колосьями x_i в пределах:

$$\bar{x} - 3\sigma \leq x_i \leq \bar{x} + 3\sigma. \quad (3)$$

Продуктивность семян оценивалась лабораторно-вегетационным методом по росту и развитию растений, корневой системы, стеблей в фазы вегетации, а также по анализу биохимического состава методом инфракрасной спектроскопии.

Колосья сеяли в подготовленную почву на глубину 5 см. Почва была привезена с опытных полей Рязанской области, так как в исследованиях использовались районированные для этого региона сорта пшеницы. В каждом варианте обработки колоса использовались по два образца. Для наблюдения за биодеградацией материалов вторую партию образцов высаживали в прозрачные емкости с универсальной почвой максимально близко к стенкам на глубину 5 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Экспериментальные данные для оценки качества посева по расстоянию между соседними колосьями представлены в *таблице 1*. Установлено, что расстояние между всеми соседними колосьями находится в выбранном интервале (3) и по этим значениям можно проводить расчет коэффициента вариации. Средний коэффициент вариации при посеве сеялкой контрольных образцов колосов составил 15,5%; завернутых в ПВС, – 11,3%; обработанных ПЛА, – 9,7%; при ручном посеве контрольных колосов – 13,1%.

Для оценки продуктивности семян проводили наблюдения за их всхожестью и ростом. Ростки появляются уже на 9-е сутки, при этом у контрольного и обработанного раствором ПЛА образцов отмечен более активный рост (*рис. 3*).

Изучали процесс роста корневой системы и появление первых ростков (*рис. 4*).

Для изучения влияния на семена биodeградируемых материалов, используемых для капсулирования колосов, рассматривался процесс развития корневой системы. Колосья высаживали в прозрачные емкости, заполненные почвой, привезенной из Рязанской области, и в универсальный грунт, приобретенный в специализированном магазине (*рис. 5*).

Корни растения в прозрачной емкости (*рисунки 5, 6*) равномерно распределены по всему объему почвы.

Таблица 1

Table 1

РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ КОЛОСЬЯМИ В РАЗНЫХ ВАРИАНТАХ ПОСЕВА И ОБРАБОТКИ КОЛОСЬЕВ
SPACING OF ADJACENT EARS FOR DIFFERENT SOWING AND TREATMENT OPTIONS

Проход сеялки	Интервал между колосьями (x_i), см																Среднее значение	σ , см	c_v , %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
Посев сеялкой контрольных колосьев																			
1	46	40	41	48	47	41	44	44	51	50	30	55	52	39	44,8	6,46	14,4		
2	52	40	45	42	51	49	33	53	37	50	48	39	39	37	43,9	6,56	14,9		
3	67	32	50	48	50	40	47	43	40	50	40	50	45	44	46,1	7,97	17,2		
Посев сеялкой колосьев, завернутых в ПВС																			
1	43	55	35	54	44	43	46	51	37	47	47	45	44	43	45,2	5,56	12,2		
2	44	43	45	58	41	49	35	46	43	49	44	41	47	40	44,6	5,34	11,9		
3	49	46	46	40	55	47	45	53	38	42	46	43	46	45	45,7	4,52	9,8		
Посев сеялкой колосьев, обработанных ПЛА																			
1	42	40	54	51	51	44	41	40	49	44	38	48	46	44	45,1	4,84	10,7		
2	51	50	42	48	48	46	48	38	47	43	43	42	46	42	45,2	3,68	8,1		
3	45	44	46	39	49	50	40	43	40	54	45	45	53	42	45,4	4,68	10,3		
Ручной посев контрольных колосьев																			
1	49	50	56	44	52	50	57	56	49	59	57	38	46	61	51,7	6,4	12,3		
2	44	54	44	51	40	48	57	47	59	50	61	51	53	43	50,1	6,27	12,5		
3	71	56	50	56	39	55	46	58	49	63	50	59	49	53	53,8	7,8	14,4		



Рис. 3. Появление ростков на 9-е сутки (сверху) и прорастание пшеницы на 11-е сутки (внизу) из образцов колосьев (слева направо): контроль; завернутые в ПВХ; с напылением ПЛА

Fig. 3. Sprout emergence on day 9 (on top) and wheat germination on day 11 (on bottom) in ear samples (from left to right): control; wrapped in PVA; coated with PLA

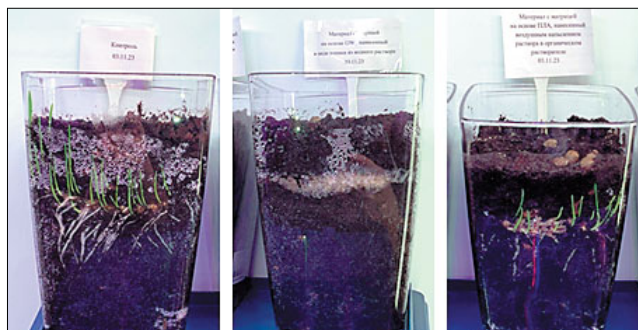


Рис. 4. Рост корневой системы и появление ростков на 6-е сутки после высадки колосьев в почву (слева направо): контроль; завернутые в ПВХ; с напылением ПЛА

Fig. 4. Root system growth and the emergence of first sprouts on 6th day after planting ears in the soil (from left to right): control; wrapped in PVA; coated with PLA

Стоит отметить удовлетворительное прорастание зародышевых и coleoptельных корней у данного образца колоса. Такое наблюдение дает возможность определить в дальнейшем качество урожая развивающегося растения (на 13-й день прорастания сформировались первичные корни).

У образцов пшеницы из колосьев, завернутых в ПВХ (рис. 5), разный характер развития корневой системы. Необходимо обратить внимание, что на 13-й день прорастания (рис. 6) некоторые зерновки только начинают пускать первые ростки. Дан-



Рис. 5. Корневая система колосьев, высаженных в почву из Рязанской области (сверху вниз): контроль; завернутые в ПВХ; с напылением ПЛА

Fig. 5. Root system of ears planted in soil from the Ryazan region (from top to bottom): control; wrapped in PVA; coated with PLA



Рис. 6. Корневая система образцов, высаженных в универсальный грунт (слева направо): контроль; завернутые в ПВХ; с напылением ПЛА

Fig. 6. Root system of samples planted in the universal soil (from left to right): control; wrapped in PVA; coated with PLA

ный процесс замедления всхожести не имеет негативного влияния на рост корней и образование первичной корневой системы, но оказывает важное значение с точки зрения применения ПВХ на более ранних сроках посева.

При обработке колосьев ПЛА (рисунки 5, 6) корневая система также активно развивается. На 9-й день заметно появление зародышевых и coleoptельных корней.

Динамика роста и развития ростков пшеницы (рис. 7) представлена в виде зависимости высоты от физиологического возраста растения. Данная зависимость наглядно изображает разницу высоты образцов пшеницы на 10-, 16-, 18- и 19-е сутки от посадки растений. На начальных этапах контрольный образец показывал лучшие результаты роста по сравнению с обработанными колосьями. Но начиная с 15-16 суток их высота была практически одинаковая. Затем на 18-е сутки высота растения,

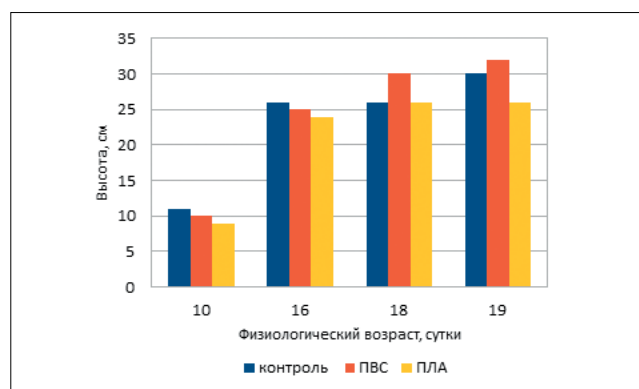


Рис. 7. Зависимость высоты ростков пшеницы из образцов колосьев от физиологического вегетационного периода

Fig. 7. Relationship between the height of wheat sprouts grown from ear samples, and the physiological stage of the vegetation period

колос которого был завернут в ПВС перед посадкой, увеличивается на 4 см относительно контроля и образца с напылением раствора ПЛА. На 19-е сутки высота его не изменяется, но у остальных образцов рост стремительно увеличивался. Значительно заметен рост пшеницы, высаженной в колосе с оболочкой из ПВС.

По истечении 19 дней после высева колосьев были получены ИК-спектры корневой системы, листьев и стеблей пшеницы и проведен их качественный анализ (рис. 8). Инфракрасная спектроскопия относится к экспресс-методам неразрушающего контроля и позволяет получить изменение качественного и количественного состава образца. По полученным данным (рис. 8а) видно, как меняется интенсивность полос спектра.

Для образцов, посаженных колосьями, завернутыми в ПВС, в диапазоне волнового числа 3400-3190 cm^{-1} наблюдается увеличенная интенсивность в отличие от контрольного образца и обработанного раствором ПЛА.

На данных рисунках «check sample» обозначает контрольный образец «PLA» – полилактид, «PVA» – поливиниловый спирт.

Основные интервалы волновых чисел ИК-спектра и соответствующие им функциональные группы и химические вещества корневой системы, листьев и стеблей образцов пшеницы приведены в таблице 2.

Важными компонентами являются сахара, белки, вода. Анализ изменения питательных веществ частей растения, выращенных при посеве колосьев пшеницы, обработанных поливиниловым спиртом и полилактидом в сравнении с контрольными образцами проводили по закону Бугера–Ламберта–Бера с учетом того, что концентрация в условиях анализа пропорциональна интенсивности пика (табл. 3).

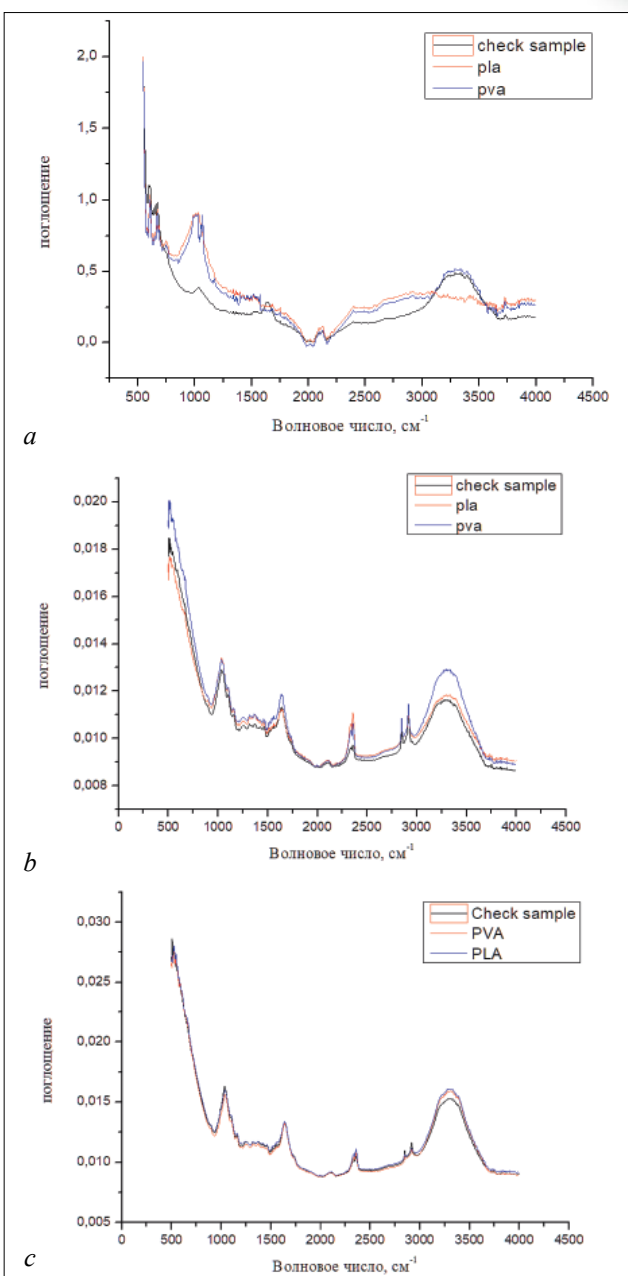


Рис. 8. ИК-спектры корневой системы (а), листьев (b) и стеблей (c) пшеницы

Fig. 8. IR spectra of the root system (a), leaves (b), and stems (c) of wheat plants

Как следует из анализа ИК-спектров, происходит изменение химического состава в разных частях растения:

- в листьях и стеблях образцов, обработанных ПВС, содержание воды увеличилось на 19,3% по сравнению с контролем, а при использовании ПЛА увеличилось количество углеводов на 60,3% и жиров на 44,5%. Однако так как вода является главной составной частью растений и участвует во всех жизненно важных процессах растения, выбор сделан в пользу использования поливинилового спирта при капсулировании колосьев пшеницы;

Таблица 2 Table 2	
ОСНОВНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ ВОЛНОВОГО ЧИСЛА ИК-СПЕКТРА ПШЕНИЦЫ СОРТА РИМА PRIMARY WAVELENGTH RANGES OF THE IR-SPECTRUM FOR THE RIMA WHEAT VARIETY	
Волновое число, см ⁻¹	Функциональная группа
~3400-3190	NH -OH H ₂ O
~1635	Аминокислотная полоса (белки)
~1456-1316	Высшие карбоновые кислоты (жиры)
~1035	Вторичные и третичные спирты (сигналы -ОН групп углеводов)

Таблица 3 Table 3				
ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЯ ИЗ КОЛОСЬЕВ, ОБРАБОТАННЫХ ПВС И ПЛА ПО СРАВНЕНИЮ С КОНТРОЛЬНЫМИ ОБРАЗЦАМИ CHANGES IN NUTRIENT CONTENT IN DIFFERENT PARTS OF THE PLANT GROWN FROM EARS TREATED WITH PVA AND PLA COMPARED TO CONTROL UNTREATED SAMPLES				
Функциональная группа	Изменение питательных веществ, %			
	Корневая система	Листья	Стебли	Всего
Растения из колосьев, обработанных ПВС				
Вода	+5,2	+9,6	+4,4	+19,3
Белки	-27,2	+0,9	+4,6	-21,6
Жиры	+40,8	-1,6	+3,7	+42,9
Углеводы	+57,7	-4,1	+3,6	+57,2
Растения из колосьев, обработанных ПЛА				
Вода	-67,4	+5,9	+1,7	-59,7
Белки	-10,5	+1,4	+0,3	-9,3
Жиры	+40,8	0	+3,7	+44,5
Углеводы	+58,0	-1,6	+3,8	+60,3

• на основе анализа спектра корней сделан вывод о преобладающем положительном влиянии аморфного ПВС за счет сохранения большого количества влаги и сахаров. Эти вещества нужны как для развития корневой системы, так и для обеспечения хорошего питания растений при их развитии.

В целом, исходя из анализа интенсивностей ИК-полос установлено преобладание положитель-

ного влияния полностью аморфного полимерного материала, примером которого является ПВС. Поэтому для достижения наилучшего стимулирующего эффекта необходимо использовать ПВС-пленку для обработки колосьев перед высевом.

По интенсивности ИК-полос заметно более высокое содержание в растениях сахаров (положение -ОН групп) и белков при посеве колосьями, обработанными раствором полилактида.

Совокупность высоты растений и увеличения содержания питательных веществ в растениях из семян колосьев, завернутых в пленку ПВС, является фактором роста будущего урожая [14].

Выводы

Показали перспективность применения биоразлагаемых полимерных материалов из поливинилового спирта и полилактида для капсулирования колосьев, высеваемых колосковой сеялкой.

Склеивание путем оборачивания и/или напыления гидрофильных и полностью аморфных полимерных материалов, не препятствующих росту растений, позволит колосьям легче проходить по механизмам сеялки. Коэффициент вариации интервалов при посеве колосьев, завернутых в ПВС, в среднем ниже на 4,2% по сравнению с контрольными образцами и на 5,8% ниже при посеве колосьев, обработанных ПЛА.

Высота растений из колосьев, завернутых в ПВС, по сравнению с контролем увеличилась до 7% и до 57,2% повысилось содержание питательных веществ, как факторов будущего урожая.

Сочетание улучшенных посевных свойств и показателей продуктивности семян дает основание для выбора поливинилового спирта, как наиболее перспективного полимерного материала для использования в процессах селекции зерновых культур.

Задачи дальнейших исследований заключаются в обосновании технологии и параметров устройства для предпосевной обработки колосьев в условиях селекционного хозяйства, разработке рецептуры материала с различными добавками (фунгициды, гербициды, антибиотики, органические и минеральные удобрения) и обоснование технологии его крупносерийного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Камбулов С.И., Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Бойко А.А. Результаты экспериментальных исследований сеялки для рядового посева СЗД4,0 // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N2. С. 41-45. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-41-55.
- Давыдова С.А., Чаплыгин М.Е. Техническая оснащённость селекции и семеноводства кукурузы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N3. С. 66-74. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-66-74.
- Лобачевский, Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N4. С. 4-12. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
- Кем А.А., Михальцов Е.М., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений // *Сельскохозяйствен-*

- ные машины и технологии. 2022. Т. 16. N2. С. 62-68. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68.
5. Чаплыгин М.Е., Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В. Определение показателей ленто-кассетного высевашего устройства для селекционного посева зерновых культур колосьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N2. С. 56-61. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61.
 6. Завражнов А.А., Измайлов А.Ю., Завражнов А.И. и др. Инновационные технологии и технические средства для промышленного питомниководства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. N4. С. 16-24. DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-16-24.
 7. Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В. и др. Разработка однорядной сеялки с диско-кассетным высевашим устройством для посева зерновых культур колосьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. N2. С. 82-88. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-82-88.
 8. Шайхов М.К., Жалнин Э.В., Шайхов М.М., Блохин В.И. К разработке селекционной сеялки для посева зерновых культур колосьями // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N3(32). С. 114-120. EDN: SIXFHN.
 9. Бозарова Г.К., Хачатуров А.Е. Место биodeградируемых полимеров в общем объеме производства и использования пластиков // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. N4. С. 93-99. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-093-099.
 10. Гражулевичене В., Аугулис Л., Гражулевичюс Ю. В., Кушлене Г. Биodeградирующие композиты из поливинилового спирта и водосточного ила для сельскохозяйственных нужд // *Журнал прикладной химии*. 2009. Т. 82. N7. С. 1201-1204. EDN: NXSKVW.
 11. Подзорова, М.В., Тertyshnaya Ю.В. Перспективы применения полимерных материалов в сельском хозяйстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. N5. С. 31-34. EDN: TCGGOH.
 12. Zhang B., Liu D., Xi X. et al. The analysis of the applications of crop seed tape sowing technology and equipment: a review. *Applied Sciences*. 2021. Т. 11. N23. 11228. DOI: 10.3390/app112311228.
 13. Павленок А.В., Давыдова О.В., Дробышевская Н.Е. и др. Получение и свойства биоразлагаемых композиционных материалов на основе поливинилового спирта и крахмала // *Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого*. 2018. N1(72). С. 38-46. EDN: XTGIQX.
 14. Косенко С.В., Кривобочек В. Г. Влияние высоты растений на урожайность и элементы продуктивности озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2009. 3(12). С. 46-48. EDN: KUFTRD.

REFERENCES

1. Kambulov S.I., Parkhomenko G.G., Bozhko I.V., Boyko A.A. Results of experimental studies of the seed drill for row sowing SZD4.0. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N2. 41-45 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-41-55.
2. Davydova S.A., Chaplygin M.E. Technical equipment of corn breeding and seed production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N3. 66-74 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-3-66-74.
3. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S. Principles of forming machine and technology systems for integrated mechanization and automation of technological processes in crop production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. Vol. 16. N4. 4-12 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
4. Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Seeder for different depths of grain sowing and mineral fertilizers application. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. Vol. 16. N2. 62-68 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68.
5. Chaplygin M.E., Shaykhov M.M., Chulkov A.S., Podzorov A.V. Specifying the indicators of a breeding tape cassette sowing device for sowing grain crops by ears. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. Vol. 16. N2. 56-61 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61.
6. Zavrazhnov A.A., Izmaylov A.Yu., Zavrazhnov A.I. et al. Innovative technologies and technical means for industrial nursery farming. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. Vol. 13. N4. 16-24 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-16-24.
7. Shaykhov M.M., Chulkov A.S., Podzorov A.V. et al. Development of a single-row ear seeder equipped with a disk-cassette sowing device. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023. Vol. 17. N2. 82-88 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-2-82-88.
8. Shaykhov M.K., Zhalnin E.V., Shaykhov M.M., Blokhin V.I. To development of selection seeder for sowing grain cultures by ears. *Bulletin of VIESH*. 2018. N3(32). 114-120 (In Russian). EDN: SIXFHN.
9. Bozarova G.K., Khachaturov A.E. The place of biodegradable polymers in the total volume of plastics production. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. N4. 93-99 (In Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-093-099.
10. Grazhulevichene V., Augulis L., Grazhulyavicius Yu.V., Kushline G. Biodegradable composites of polyvinyl alcohol and sewage sludge for agricultural needs. *Journal of Applied Chemistry*. 2009. Vol. 82. N7. 1201-1204 (In Russian). EDN: NXSKVW.
11. Podzorova M.V., Tertyshnaya Yu.V. Prospects for application of polymeric materials for agricultural production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2014. N5. 31-34 (In Russian). EDN: TCGGOH.
12. Zhang B., Liu D., Xi X. et al. The analysis of the applications of crop seed tape sowing technology and equipment:

- a review. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. N23. 11228 (In English). DOI:10.3390/app112311228.
13. Pavlenok A.V., Davydova O.V., Drobyshevskaya N.E. et al. Preparation and properties of biodegradable composite materials based on polyvinyl alcohol and starch. *Bulletin of the P.O. Sukhoi Gomel State Technical University*. 2018. N1(72). 38-46 (In Russian). EDN: XTGIQX.
14. Kosenko S.V., Krivobochech V.G. The influence of plant height on yield and productivity elements of winter soft wheat in the conditions of the foresr-steppe of the Middle Volga region. *Niva Povolzhya*. 2009. 3(12). 46-48. EDN: KUFTRD.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Кульпина М.О. – научное руководство, формулирование основных целей и задач исследования, подготовка первоначального варианта текста, доработка текста, формирование общих выводов;

Чаплыгина Т.В. – формулирование основной концепции исследования ее целей и задач, подготовка первоначального варианта текста, анализ литературных источников, визуализация, доработка текста и оформление материалов, формирование частных и общих выводов;

Степанов К.А. – формулирование целей и задач, анализ литературных источников, визуализация, доработка текста и оформление материалов, формирование частных и общих выводов;

Блинов Н.Д. – формулирование целей и задач, подготовка первоначального варианта текста, анализ литературных источников, визуализация, доработка текста и оформление материалов, формирование частных и общих выводов, итоговая переработка статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Kulpina M.O. – scientific supervision, formulation of the research primary goals and objectives, preparation of the draft manuscript, text refinement, and formulation of general conclusions;

Chaplygina T.V. – formulation of the main research concept, goals, and objectives, preparation of the draft manuscript, literature review, visualization, text refinement, material formatting, and development of specific and general conclusions;

Stepanov K.A. – formulation of the research goals and objectives, literature review, visualization, text refinement, material formatting, and development of specific and general conclusions;

Blinov N.D. – formulation of the research goals and objectives, preparation of the draft manuscript, literature review, visualization, text refinement, material formatting, development of specific and general conclusions, and manuscript proofreading.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

03.10.2024
29.11.2024