

УДК 635.21:631.8:577.114

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕКТИНОВЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА И РАЗВИТИЯ *SOLANUM TUBEROSUM* L.

© А.Г. Тулинов<sup>1</sup>, Е.А. Михайлова<sup>1,2\*</sup>, А.А. Шубаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Республики Коми, ул. Ручейная, 27, Сыктывкар, 167023 (Россия),  
e-mail: elena\_elkina@mail.ru

<sup>2</sup>Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН, ул. Первомайская, 50,  
Сыктывкар, 167982 (Россия)

Урожайность сельскохозяйственных культур может быть значительно повышена при использовании пектиновых полисахаридов – природных экологически безопасных и эффективных стимуляторов роста растений. В данной работе показана высокая ростостимулирующая активность пектинов в отношении картофеля. Исследования проведены в 2012–2015 гг. в Республике Коми (г. Сыктывкар) на дерново-подзолистой почве со средним содержанием гумуса 2.8–3.4%. Объектами исследования в полевых опытах являлись районированные сорта картофеля: раннеспелый сорт Глория и среднеранний сорт Невский. Стимуляторами роста и развития картофеля служили следующие пектиновые полисахариды: гераклеуман – пектин борщевика Сосновского *Heraclеum sosnowskyi* Manden., лемнан – пектин ряски малой *Lemna minor* L. и силенан – пектин каллусной ткани смолевки обыкновенной *Silene vulgaris* (M.) G. Обработка картофеля водными растворами пектиновых полисахаридов включала в себя: предпосадочное замачивание клубней картофеля в воде; опрыскивание растений картофеля в фазах 3–5 листьев и клубнеобразования. Для обработок картофеля использовали рабочие растворы, которые готовили из разведенных в 100 раз маточных 0.002% водных растворов пектинов. Расходы рабочих растворов пектинов составляли 10 л на 1 т клубней и 300 л/га посадок картофеля. Контролем являлись клубни и растения картофеля, которые вместо пектинов обрабатывали водой. Установлено, что все испытанные пектины обладают ростостимулирующей активностью и обработка картофеля их водными растворами повышает раннюю и общую урожайность данной культуры, а также увеличивает содержание в клубнях картофеля сухого вещества, крахмала и витамина С.

*Ключевые слова:* картофель, стимуляторы роста растений, пектины, гераклеуман, лемнан, силенан, урожайность.

*Работа была выполнена в рамках госзадания № ГР АААА-А18-118012690037-4.*

### Введение

В современных технологиях производства сельскохозяйственной продукции важную роль играют регуляторы роста растений – физиологически активные вещества природного происхождения или синтезированные искусственно, которые стимулируют и ускоряют их рост и развитие. Считают, что у растений существует эндогенная интегральная фитогормональная система регуляции роста и развития, в которой ряд химических соединений осуществляют взаимосвязи и взаимодействия между разными органами растений [1].

---

Тулинов Алексей Геннадьевич – ведущий научный сотрудник лаборатории картофелеводства, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: toolalgen@mail.ru  
Михайлова Елена Андрияновна – научный сотрудник группы биотехнологии отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии, e-mail: elena\_elkina@mail.ru

Шубаков Анатолий Александрович – старший научный сотрудник группы биотехнологии отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: shubakov@physiol.komisc.ru

По механизму действия на растения регуляторы роста условно можно разделить на индукторы (включение под действием вещества процесса, который не шел в клетке в отсутствие данного элемента) и стимуляторы (усиление, активация уже идущих процессов). При этом регуляторы роста, в зависимости от дозы их внесения, обладают как ростостимулирующим, так и ингибирующим действием [1, 2].

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Фитогормоны (ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен) осуществляют биохимическую регуляцию на всех этапах онтогенеза растений. Регуляторное действие в растениях также оказывают химические соединения других классов: полисахариды, олигосахариды, жасмонаты, салицилаты, полиамины и многие другие [1, 3]. Предпосевная обработка семян и вегетирующих растений регуляторами роста, которые стимулируют и ускоряют онтогенез, является одним из эффективных способов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и их устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды и к болезням [3, 4].

Для раскрытия механизма влияния регуляторов роста необходимо рассматривать растение как сложную саморегулирующуюся живую систему, с помощью различного рода воздействий на которую можно направленно изменять метаболизм и связанные с ним физиологические функции – рост, развитие, продуктивность и др. [2].

Установлено, что пектины как нативных растений, так и каллусных культур оказывают стимулирующее действие на рост и развитие овощных и зерновых культур и способствуют заметному увеличению их урожайности [3, 4].

Пектины, главную углеводную цепь которых составляют 1,4-связанные остатки  $\alpha$ -D-галактопиранозилурановой кислоты, являются одним из основных компонентов клеточной стенки растений и выполняют очень важные биологические функции [5, 6]. Пектины обуславливают тургор растений – препятствуют их увяданию и высыханию, усиливают их морозостойкость и засухоустойчивость, участвуют в регуляции водно-солевого режима, защищают от фитопатогенов, способствуют прорастанию семян, а также регулируют рост растений [7, 8].

Наши многолетние исследования показали, что пектиновые полисахариды высших растений обладают широким спектром биологической и физиологической активности, в частности, они обладают ростостимулирующей активностью по отношению к сельскохозяйственным культурам (овощные культуры, зерновые культуры). При этом установлено, что биологическая и физиологическая активность пектиновых полисахаридов во многом определяется особенностями тонкой структуры их макромолекул, т.е. степенью полимеризации, составом, длиной и степенью разветвленности боковых углеводных цепей, наличием модифицирующих групп и характером их расположения [9–11].

Применение при возделывании картофеля природных стимуляторов роста и развития растений, таких как пектиновые полисахариды, будет способствовать повышению скорости вегетативного роста и урожайности данной экономически и социально значимой сельскохозяйственной культуры [4, 12].

Цель работы – исследование влияния пектиновых полисахаридов как стимуляторов роста и развития растений на скороспелость, урожайность и качество клубней картофеля в условиях полевых опытов.

### **Экспериментальная часть**

Исследования ростостимулирующей способности пектиновых полисахаридов в отношении картофеля *Solanum tuberosum* L. проведены в полевом севообороте НИИ сельского хозяйства Республики Коми (г. Сыктывкар) в 2012–2015 гг. Каждый из четырех вариантов полевого опыта был проведен в четырех повторностях, предшественники – многолетние (2012 г.) и однолетние (2013–2015 гг.) травы, размещение вариантов – рендомизированное. Площадь одной учетной делянки – 52.5 м<sup>2</sup>, схема посадки – 70×30 см. Полная доза минеральных удобрений вносилась под основную обработку почвы из расчета по выносу на планируемую урожай 30 т/га для каждого варианта опыта и составляла N<sub>180</sub>P<sub>60</sub>K<sub>240</sub>.

В полевых опытах использовали два сорта картофеля: районированный раннеспелый сорт Глория и районированный среднеранний сорт Невский.

В качестве стимуляторов роста и развития картофеля испытывали пектиновые полисахариды, выделенные в Отделе молекулярной иммунологии и биотехнологии Института физиологии Коми НЦ УрО РАН из ряда растений местной флоры: гераклеуман – пектин из надземной части борщевика Сосновского *Hera-cleum sosnowskyi* Manden. [13], лемнан – пектин ряски малой *Lemna minor* L. [14, 15] и силенан – пектин каллусной ткани смолевки обыкновенной *Silene vulgaris* (M.) G. [16, 17].

Использованные в опытах пектины заметно различаются в строении их макромолекул. Главная углеводная цепь гераклеумана состоит из участков частично метилэтерифицированного гомогалактуронана и небольших участков рамногалактуронана I, боковые углеводные цепи которого представлены преимущественно 1,4- $\beta$ -D-галактаном [11]. Лемнан является апиогалактуронановым пектином с низкой степенью метоксилирования карбоксильных групп остатков D-галактуроновой кислоты. Лемнан имеет в макромоле-

куле участки  $\alpha$ -1,4-D-галактуронана и апиогалактуронана. Последний представляет собой разветвленный полисахарид, имеющий главную углеводную цепь из остатков  $\alpha$ -1,4-связанной D-галактопиранозилурановой кислоты с низкой степенью метоксилирования и боковые цепи, присоединенные во 2- и 3-положения остатков GalpA главной цепи и состоящие из единичных или 1,5-связанных остатков D-апиофуранозы [14, 15]. Силенан из каллуса смолевки состоит из линейных и разветвленных областей. Линейная область представлена  $\alpha$ -1,4-D-галактуронаном и  $\alpha$ -1,2-рамно- $\alpha$ -1,4-D-галактуронаном, который одновременно является главной углеводной цепью разветвленной области силенана – рамногалактуронана I. Боковые цепи разветвленной области построены из остатков  $\alpha$ -1,5-связанной арабинофуранозы и  $\beta$ -1,3-,  $\beta$ -1,4-,  $\beta$ -1,6-связанной галактопиранозы [16, 17].

Схема опыта включала следующие четыре варианта предпосадочной обработки клубней и опрыскивания растений в фазах 3–5 листьев и клубнеобразования: 1 – обработка водой (контроль); 2 – обработка водным раствором лемнана; 3 – обработка водным раствором силенана; 4 – обработка водным раствором гераклеумана.

Предпосадочная обработка клубней картофеля состояла в замачивании за 7 дней до посадки в течение 5 мин в воде или в соответствующем рабочем растворе пектина (100 мл маточного 0.002% водного раствора пектина на 10 л воды; расход рабочего раствора – 10 л на 1 т клубней) с последующим просушиванием в тени. Вегетирующие растения обрабатывали рабочими растворами в той же концентрации пектинов, расход рабочего раствора – 300 л/га.

Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием (в среднем за 2012–2013 и 2014–2015 гг.): гумуса – 2.8% и 3.4% [18];  $pH_{KCl}$  – 6.6 и 6.5 [19];  $H_t$  (гидролитическая кислотность) – 1.5 мг-экв./100 г почвы [20];  $N_{общ}$  – 100 мг/кг и 98 мг/кг [21];  $P_2O_5$  – 225 мг/кг и 734 мг/кг,  $K_2O$  – 190 мг/кг и 184 мг/кг [22]. В работе клубни картофеля анализировали на содержание сухого вещества [23], крахмала [24], витамина С [25] и нитратов [26]. В опытах применяли агротехнику, рекомендованную для данной зоны. Все учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам [27–29]. Анализы почвы и клубней картофеля выполнялись в аналитической лаборатории НИИ сельского хозяйства Республики Коми по указанным выше методикам и ГОСТам.

### **Результаты и их обсуждение**

Макромолекулы пектиновых полисахаридов из-за больших размеров не способны проникать внутрь клетки, поэтому их стимулирующее действие, вероятно, должно опосредоваться за счет структур, локализованных на клеточной стенке и/или плазматической мембране, как также предполагается в работе [30] в отношении механизмов физиологической активности растительных олигосахаридов. Другие авторы [31] считают, что действие веществ, имеющих в своем составе полисахаридную доминанту, в том числе и пектинов, основано на специфичности углевод-углеводных и углевод-белковых взаимодействий на поверхности клеток. В работе [30] отмечают, что в растениях существует сложная система взаимодействия олигосахаридов и гормонов. Ауксин индуцирует экспрессию ферментов деградации пектинов. Ферменты в свою очередь могут высвобождать олигосахариды (физиологически активные олигосахариды), которые способны регулировать действие ауксина.

В полевых опытах исследовано влияние пектиновых полисахаридов гераклеумана, лемнана и силенана как стимуляторов роста и развития на скороспелость, урожайность и качество клубней картофеля.

Погодные (метеорологические) условия в годы проведения исследований, которые оказывают существенное влияние на фазы роста и развития картофеля, представлены в таблице 1.

Фенологические наблюдения в 2012–2015 гг. показали, что применение пектиновых полисахаридов в качестве стимуляторов роста сокращает фазы развития у обоих сортов картофеля: время появления полных всходов – на 2–8 дней, период от полных всходов до полной бутонизации – на 2–7 дней и массового цветения – на 4–14 дней. Более раннее достижение физиологической спелости клубней дает возможность проводить механизированную уборку уже в начале – середине августа, что позволяет избежать менее благоприятных погодных условий и развития болезней картофеля в конце августа – начале сентября.

Анализ биометрических данных показал, что применение пектиновых полисахаридов положительно сказывается на росте и развитии картофеля. Так, у сорта Невский количество основных стеблей в опыте в среднем было на 0.9–1.7 шт. больше, чем в контроле, при этом высота растений в опыте в фазы бутонизации и цветения была выше, чем в контроле, в среднем на 8–18% и 13–27% соответственно. У сорта Глория данные показатели были – 0.6–6.0 шт., 26–40 и 22–43% соответственно.

В таблице 2 представлены результаты влияния обработок картофеля пектинами на количество клубней под кустом и на урожайность культуры через 65 и 85 дней после посадки.

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода 2012–2015 гг.

Месяц	Среднесуточная температура воздуха, °С					Количество осадков, мм				
	2012	2013	2014	2015	средняя многолетняя	2012	2013	2014	2015	среднее многолетнее
май	10.8	8.8	10.6	13.5	7.8	25.8	43.7	46.3	40.3	50.0
июнь	15.8	17.4	13.4	16.2	14.2	143.0	34.9	105.8	57.5	57.0
июль	17.5	19.5	14.5	13.8	16.6	116.9	31.3	89.4	44.5	76.0
август	14.4	16.3	16.1	12.5	13.9	73.2	40.2	86.2	90.6	69.0

Результаты учета раннего урожая (на 65-й день после посадки) свидетельствуют о положительном влиянии пектинов на скороспелость картофеля. Обработка стимуляторами роста увеличивает количество клубней под кустом, по сравнению с контрольным вариантом, на 1.8–3.4 шт. у сорта Невский и на 8.5–13.0 шт. у сорта Глория. Более интенсивное образование клубней (у сорта Глория) и нарастание их массы (у обоих сортов) на 65-й день наблюдается в варианте с обработкой картофеля лемнаном: урожайность в среднем составляет 15.9–18.6 т/га, что превышает урожайность в контроле на 6.3–11.5 т/га (на 51.2–261.4%).

На 85-й день после посадки наибольшее количество клубней под кустом отмечено в вариантах опытов с применением пектинов лемнана и гераклеумана – 10.1 шт. (сорт Невский) и 19.0–21.0 шт. (сорт Глория), тогда как в контролях, при обработке водой, клубней под кустом было 7.4 шт. (сорт Невский) и 8.0 шт. (сорт Глория). Учет урожая картофеля на 85-й день выявил существенную, по сравнению с контролем, прибавку урожая при обработке культуры пектинами: у сорта Невский – на 7.3–9.3 т/га (на 38.0–48.4%) и у сорта Глория – на 23.7–32.7 т/га (на 106.3–146.6%).

Кроме повышения урожайности картофеля большое значение имеет повышение качества клубней данной культуры: содержание сухого вещества, крахмала, витамина С. Биосинтез сухого вещества, крахмала и витамина С в клубнях тесно связан с различными факторами: питание растений, климатические и почвенные условия, агротехника и, что немаловажно, особенности роста и развития самого сорта картофеля в условиях Республики Коми [32–35].

Проведенный лабораторный анализ качественных показателей клубней картофеля выявил положительное влияние обработки картофеля водными растворами пектиновых полисахаридов на повышение содержания в клубнях сухого вещества, крахмала и витамина С (табл. 3). Более всего прибавка по данным показателям в опыте по сравнению с контролем выявлена в варианте с применением пектина лемнана: у сорта Невский – на 0.6; 1.1; 0.8%, у сорта Глория – на 2.6; 2.1; 3.4% соответственно.

В соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 и СанПиН 42-123-4619-88 уровень ПДК свободных нитратов в клубнях картофеля не должен превышать 250 мг/кг сырых клубней. Содержание свободных нитратов в клубнях обоих сортов картофеля как в опыте, так и в контроле, ниже 250 мг/кг. Однако применение пектиновых полисахаридов, в частности лемнана и силенана, позволило дополнительно снизить содержание нитратов в клубнях картофеля в среднем на 8–22 мг/кг (сорт Невский) и на 71–83 мг/кг (сорт Глория) по сравнению с контрольными вариантами (76 мг/кг – сорт Невский и 144 мг/кг – сорт Глория).

За счет высокой урожайности и хороших качественных показателей клубней картофеля наибольший выход с одного гектара сухого вещества, крахмала и витамина С получен для обоих сортов в вариантах опыта, где применялся пектин ряски малой лемнан. Эти показатели составили: 7.2–10.8 т/га, 5.4–7.8 т/га и 6.4–8.0 кг/га, превысив показатели в контроле на 53.2–176.9%, 58.8–188.9% и 52.4–233.3% соответственно (табл. 4).

Проведенные полевые опыты подтвердили наши более ранние данные [4, 12] о стимулирующем влиянии обработок клубней и растений картофеля водными растворами пектиновых полисахаридов путем повышения урожайности и качества клубней этой культуры и данные [9, 10] о стимуляции пектинами роста и развития других овощных (томаты, огурцы) и зерновых (пшеница, рожь) культур. Мы предполагаем, что степень и характер стимулирующего влияния пектинов на рост и развитие растений в первую очередь зависит от особенностей их структуры – степени разветвленности макромолекул. Пектин ряски малой лемнан является наиболее разветвленным полисахаридом по сравнению с силенаном и гераклеуманом и, соответственно, оказывает наибольшее стимулирующее действие на рост и развитие картофеля.

Таблица 2. Влияние пектинов на формирование клубней под кустом и урожайность картофеля, 2012–2015 гг.

Вариант	Урожайность на 65-й день, $\frac{\text{т/га}}{\text{шт./куст}}$			Прибавка к контролю		Урожайность на 85-й день, $\frac{\text{т/га}}{\text{шт./куст}}$			Прибавка к контролю	
	2012	2013	средняя	$\frac{\text{т/га}}{\text{шт./куст}}$	%	2012	2013	средняя	$\frac{\text{т/га}}{\text{шт./куст}}$	%
<i>Сорт Невский</i>										
Контроль	<u>15.1</u> 6.4	<u>9.5</u> 6.3	<u>12.3</u> 6.4	–	–	<u>22.4</u> 7.6	<u>15.9</u> 7.1	<u>19.2</u> 7.4	–	–
Лемнан	<u>19.6</u> 7.9	<u>17.5</u> 10.3	<u>18.6</u> 9.1	<u>6.3</u> 2.7	<u>51.2</u> 42.2	<u>27.1</u> 8.8	<u>29.8</u> 11.4	<u>28.5</u> 10.1	<u>9.3</u> 2.7	<u>48.4</u> 36.5
Силенан	<u>18.3</u> 7.8	<u>14.2</u> 8.6	<u>16.3</u> 8.2	<u>4.0</u> 1.8	<u>32.5</u> 28.1	<u>26.7</u> 8.5	<u>26.3</u> 9.6	<u>26.5</u> 9.1	<u>7.3</u> 1.7	<u>38.0</u> 23.0
Гераклеуман	–	<u>16.3</u> 9.8	<u>16.3</u> 9.8	<u>4.0</u> 3.4	<u>32.5</u> 53.1	–	<u>28.5</u> 10.1	<u>28.5</u> 10.1	<u>9.3</u> 2.7	<u>48.4</u> 36.5
НСР <sub>05</sub>	<u>1.4</u> 0.6	<u>1.2</u> 0.7				<u>2.0</u> 0.7	<u>2.0</u> 0.8			
<i>Сорт Глория</i>										
Вариант	2014	2015	средняя	$\frac{\text{т/га}}{\text{шт./куст.}}$	%	2014	2015	средняя	$\frac{\text{т/га}}{\text{шт./куст.}}$	%
Контроль	<u>3.3</u> 7.0	<u>5.5</u> 6.0	<u>4.4</u> 7.0	–	–	<u>24.3</u> 9.0	<u>20.3</u> 7.0	<u>22.3</u> 8.0	–	–
Лемнан	<u>21.9</u> 28.0	<u>9.8</u> 12.0	<u>15.9</u> 20.0	<u>11.5</u> 13.0	<u>261.4</u> 185.7	<u>66.8</u> 29.0	<u>43.1</u> 13.0	<u>55.0</u> 21.0	<u>32.7</u> 13.0	<u>146.6</u> 162.5
Силенан	<u>20.0</u> 22.0	<u>8.1</u> 9.0	<u>14.1</u> 15.5	<u>9.7</u> 8.5	<u>220.5</u> 121.4	<u>53.2</u> 23.0	<u>38.7</u> 9.0	<u>46.0</u> 16.0	<u>23.7</u> 8.0	<u>106.3</u> 100.0
Геракле-уман	<u>20.2</u> 26.0	<u>8.6</u> 10.0	<u>14.4</u> 18.0	<u>10.0</u> 11.0	<u>227.3</u> 157.1	<u>53.3</u> 27.0	<u>39.4</u> 11.0	<u>46.4</u> 19.0	<u>24.1</u> 11.0	<u>108.1</u> 137.5
НСР <sub>05</sub>	<u>1.3</u> 1.7	<u>0.6</u> 0.7				<u>4.0</u> 1.8	<u>2.8</u> 0.8			

Таблица 3. Влияние пектинов на качество клубней картофеля, 2012–2015 гг.

Вариант	Сухое вещество, %			Прибавка к контролю	Крахмал, %			Прибавка к контролю	Витамин С, мг%			Прибавка к контролю	Нитраты, мг/кг		
	2012	2013	среднее		2012	2013	среднее		2012	2013	среднее		2012	2013	среднее
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Сорт Невский</i>															
Контроль	24.6	24.8	24.7	–	18.4	17.2	17.8	–	22.2	21.0	21.6	–	47	104	76
Лемнан	24.9	25.6	25.3	+0.6	18.8	18.9	18.9	+1.1	23.1	21.6	22.4	+0.8	37	70	54
Силенан	25.3	24.9	25.1	+0.4	19.5	17.8	18.7	+0.9	22.7	21.9	22.3	+0.7	44	91	68
Геракле-уман	–	25.0	25.0	+0.3	–	18.5	18.5	+0.7	–	22.1	22.1	+0.5	–	84	84
НСР <sub>05</sub>	0.5	0.5			0.4	0.4			0.5	0.4			3.4	7.0	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Сорт Глория															
Вариант	2014	2015	среднее	Прибавка к контролю	2014	2015	среднее	Прибавка к контролю	2014	2015	среднее	Прибавка к контролю	2014	2015	среднее
Контроль	16.5	18.2	17.4	–	11.8	12.5	12.2	–	12.7	8.2	10.5	–	134	154	144
Лемнан	18.6	21.3	20.0	+2.6	14.1	14.4	14.3	+2.1	16.9	10.8	13.9	+3.4	72	49	61
Силенан	18.2	20.7	19.5	+2.1	13.3	14.2	13.8	+1.6	16.3	10.1	13.2	+2.7	85	60	73
Геракле-уман	18.3	20.7	19.5	+2.1	13.3	14.2	13.8	+1.6	16.5	10.1	13.3	+2.8	75	56	66
НСП <sub>05</sub>	0.4	0.4			0.3	0.3			0.3	0.2			7.3	6.4	

Таблица 4. Влияние пектинов на сбор сухого вещества, крахмала и витамина С, 2012–2015 гг.

Вариант	Сорт Невский											
	Сбор сухого вещества, т/га			Прибавка к контролю, т/га %	Сбор крахмала, т/га			Прибавка к контролю, т/га %	Сбор витамина С, кг/га			Прибавка к контролю, кг/га %
	2012	2013	среднее		2012	2013	среднее		2012	2013	среднее	
Контроль	5.5	3.9	4.7	–	4.1	2.7	3.4	–	5.0	3.3	4.2	–
Лемнан	6.7	7.6	7.2	<u>2.5</u> 53.2	5.1	5.6	5.4	<u>2.0</u> 58.8	6.3	6.4	6.4	<u>2.2</u> 52.4
Силенан	6.8	6.5	6.7	<u>2.0</u> 42.6	5.2	4.7	5.0	<u>1.6</u> 47.1	6.1	5.8	6.0	<u>1.8</u> 42.9
Гераклеуман	–	7.1	7.1	<u>2.4</u> 51.1	–	5.3	5.3	<u>1.9</u> 55.9	–	6.3	6.3	<u>2.1</u> 50.0
Сорт Глория												
Вариант	2014	2015	среднее	Прибавка к контролю, т/га %	2014	2015	среднее	Прибавка к контролю т/га %	2014	2015	среднее	Прибавка к контролю, кг/га %
Контроль	4.0	3.7	3.9	–	2.9	2.5	2.7	–	3.1	1.7	2.4	–
Лемнан	12.4	9.2	10.8	<u>6.9</u> 176.9	9.4	6.2	7.8	<u>5.1</u> 188.9	11.3	4.7	8.0	<u>5.6</u> 233.3
Силенан	9.7	8.0	8.9	<u>5.0</u> 128.2	7.1	5.5	6.3	<u>3.6</u> 133.3	8.7	3.9	6.3	<u>3.9</u> 162.5
Гераклеуман	9.8	8.2	9.0	<u>5.1</u> 130.8	7.1	5.6	6.4	<u>3.7</u> 137.0	8.8	4.0	6.4	<u>4.0</u> 166.7

### Заключение

Таким образом, пектиновые полисахариды являются эффективными природными стимуляторами роста и развития ценной продовольственной культуры картофеля. Обработка клубней и растений картофеля водными растворами пектинов (герacleуман, лемнан, силенан) способствует увеличению по сравнению с контролем ранней и общей урожайности культуры: на 9.7–11.5 и 23.7–32.7 т/га у раннего сорта Глория и на 4.0–6.3 и 7.3–9.3 т/га у среднераннего сорта Невский. Также наблюдается повышение по сравнению с контролем качественных показателей клубней картофеля по содержанию сухого вещества, крахмала и витамина С: у сорта Невский – на 0.3–0.6, 0.7–1.1%, 0.5–0.8 мг% и у сорта Глория – на 2.1–2.6, 1.6–2.1, 2.7–3.4 мг%.

*Авторы выражают свое признание сотрудникам Отдела молекулярной иммунологии и биотехнологии Института физиологии Коми НЦ УрО РАН д.х.н. В.В. Головченко, к.х.н. Ф.В. Витязеву и д.б.н. Е.А. Гюнтер за любезно предоставленные образцы пектиновых полисахаридов.*

### Список литературы

1. Калюта Е.В., Мальцев М.И., Маркин В.И., Катраков И.Б., Базарнова Н.Г. Применение инновационных препаратов Эко-стим в качестве регуляторов роста сельскохозяйственных культур // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 145–152. DOI: 10.14258/jcprgm.2016021296.
2. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток. М., 2002. 294 с.
3. Оводова Р.Г., Головченко В.В., Попов С.В., Оводов Ю.С. Новейшие сведения о пектиновых полисахаридах // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. №3. С. 37–45.
4. Тулинов А.Г., Шлык М.Ю., Лобанов А.Ю., Михайлова Е.А., Шубаков А.А. Фолиарная обработка картофеля пектиновыми полисахаридами // Аграрная Россия. 2017. №10. С. 3–6.
5. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // Биоорганическая химия. 2009. Т. 35. №3. С. 293–310.
6. Патова О.А., Головченко В.В., Оводов Ю.С. Пектиновые полисахариды: структура, свойства // Известия АН. Серия химическая. 2014. №9. С. 1901–1925.
7. Gould S.E., Rees D.A., Richardson N.G., Steel I.W. Pectic polysaccharides in the growth of plant cells: molecular structural factors and their role in the germination of white mustard // Nature. 1965. Vol. 208. Pp. 876–882. DOI: 10.1038/208876a0.
8. Darvill A., Augur C., Bergmann C., Carlson R.W., Cheong J.J., Eberhard S., Hahn M.G., Lo V.M., Marfa V., Meyer B., Mohnen D., O'Neill M.A., Spiro M.D., van Halbeek H., York W.S., Albersheim P. Oligosaccharin-oligosaccharides that regulate growth, development and defence responses in plants // Glycobiology. 1992. Vol. 2. N3. Pp. 181–198. DOI: 10.1093/glycob/2.3.181.
9. Елькина Е.А., Шубаков А.А., Оводов Ю.С. Влияние растительных полисахаридов на скорость прорастания семян *Lycopersicon esculentum* М. и *Cucumis sativus* L. // Химия растительного сырья. 2002. №2. С. 105–109.
10. Елькина Е.А., Шубаков А.А., Оводов Ю.С. Влияние пектинов на рост злаковых культур // Химия растительного сырья. 2005. №4. С. 53–56.
11. Шахматов Е.Г., Михайлова Е.А., Макарова Е.Н. Структурно-химическая характеристика и биологическая активность полисахаридов *Heracleum sosnowskyi* Manden // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 15–22. DOI: 10.14258/jcprgm.201504878.
12. Тулинов А.Г., Михайлова Е.А. Эффективность пектиновых полисахаридов ряски малой и смолевки обыкновенной при возделывании картофеля // Земледелие. 2016. №2. С. 39–41.
13. Patova O.A., Golovchenko V.V., Vityazev F.V., Burkov A.A., Litvinets S.G., Martinson E.A., Belyi V.A., Kuznetsov S.N. Physicochemical and rheological properties of gelling pectin from Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi*) obtained using different pretreatment conditions // Food Hydrocolloids. 2017. Vol. 65. Pp. 77–86. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.10.042.
14. Golovchenko V.V., Ovodova R.G., Shashkov A.S., Ovodov Yu.S. Structural studies of the pectic polysaccharide from duckweed *Lemna minor* L. // Phytochemistry. 2002. Vol. 60. N1. Pp. 89–97. DOI: 10.1016/S0031-9422(02)00040-7.
15. Оводова Р.Г., Головченко В.В., Шашков А.С., Попов С.В., Оводов Ю.С. Структурное исследование и физиологическая активность лемнана, пектина из *Lemna minor* L. // Биоорганическая химия. 2000. Т. 26. №10. С. 743–751.
16. Гюнтер Е.А., Оводов Ю.С. Пектиновые вещества каллусной культуры *Silene vulgaris* (M.) G. // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. №1. С. 90–94.
17. Гюнтер Е.А., Попейко О.В., Истомина Е.И. Влияние углеводов на состав и гелеобразующие свойства пектинов каллуса *Silene vulgaris* // Химия природных соединений. 2015. №3. С. 359–363.
18. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М., 1993. 8 с.
19. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. М., 1986. 6 с.

20. ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М., 1993. 7 с.
21. ГОСТ 26107-84 Почвы. Методы определения общего азота. М., 1985. 11 с.
22. ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М., 1993. 7 с.
23. ГОСТ 27548-97 Корма растительные. Методы определения содержания влаги. Минск, 1999. 8 с.
24. ГОСТ 7194-81 Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества. М., 1982. 13 с.
25. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М., 1990. 11 с.
26. ГОСТ 13496.19-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов. М., 1995. 32 с.
27. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 351 с.
28. Симаков Е.А., Склярова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. С. 20–25.
29. Методические указания по технологии селекции картофеля. М.: ВАСХНИЛ, 1994. С. 14–16.
30. Ларская И.А., Горшкова Т.А. Растительные олигосахариды: аутсайдеры среди элиситоров? // Биохимия. 2015. Т. 80, вып. 7. С. 1049–1071.
31. Офицеров Е.Н., Костин В.И. Углеводы амаранта и их практическое использование. Ульяновск, 2001. 180 с.
32. Маркаров А.М., Головки Т.К., Табаленкова Г.Н. Морфофизиология клубнеобразующих растений. СПб., 2001. 208 с.
33. Карманов С.Н., Кирюхин В.П., Коршунов А.В. Урожай и качество картофеля. М., 1988. 167 с.
34. Коршунов А.В. Картофель России. М., 2003. Т. 2. 324 с.
35. Коршунов А.В. Картофель России. М., 2003. Т. 3. 332 с.

*Поступила в редакцию 16 апреля 2018 г.*

*После переработки 31 мая 2018 г.*

*Принята к публикации 15 июня 2018 г.*

**Для цитирования:** Тулинов А.Г., Михайлова Е.А., Шубаков А.А. Применение пектиновых полисахаридов в качестве стимуляторов роста и развития *Solanum Tuberosum* L. // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 289–298. DOI: 10.14258/jcrpm.2018044009.



Tulinov A.G.<sup>1</sup>, Mikhailova E.A.<sup>1,2\*</sup>, Shubakov A.A.<sup>2</sup> APPLICATION OF PECTIC POLYSACCHARIDES AS STIMULANTS FOR GROWTH AND DEVELOPMENT OF *SOLANUM TUBEROSUM* L.

<sup>1</sup>Komi Republic Research Institute of Agriculture, ul. Rucheynaya, 27, Syktyvkar, 167023 (Russia), e-mail: elena\_elkina@mail.ru

<sup>2</sup>Institute of Physiology, Komi Science Centre, The Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Pervomaiskaya, 50, Syktyvkar, 167982 (Russia)

Crop yields can be significantly increased by using pectic polysaccharides – natural ecologically safe and effective plant growth stimulants. In this paper, high growth-stimulating activity of pectins with respect to potatoes is shown. The research was conducted in 2012–2015 in the Komi Republic (Syktyvkar) on sod-podzolic soils with an average humus content of 2.8–3.4%. The objects of the study in the field experiments were zoned potato varieties: early-ripening Gloria variety and the middle-aged variety Nevsky. The following pectic polysaccharides served as stimulants of potato growth and development: heracleuman – pectin of *Heracleum sosnowskyi* Manden., lemnan – pectin duckweed *Lemna minor* L. and silenan – pectin of callus tissue of campion *Silene vulgaris* (M.) G. Processing of potatoes with aqueous solutions of pectic polysaccharides included pre-planting soaking of potato tubers in water and spraying potato plants in the phases of 3–5 leaves and tuber formation. For processing potatoes, working solutions were used, which were prepared from 100 times diluted 0.002% aqueous solutions of pectins. The consumption of the working solutions of pectins were 10 liters on 1 ton of tubers and 300 l/ha of planting potatoes. Tubers and potato plants treated with water instead of pectins were used as control samples. It is established that all tested pectins possess growth-stimulating activity and processing of potatoes with aqueous solutions of pectic polysaccharides increases the early and overall yield of this crop, as well as the content of dry matter, starch and vitamin C in potato tubers.

**Keywords:** potato, plant growth stimulants, pectins, heracleuman, lemnan, silenan, yield.

### References

1. Kaliuta E.V., Mal'tsev M.I., Markin V.I., Katrakov I.B., Bazarnova N.G. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2016, no. 2, pp. 145–152, DOI: 10.14258/jcprm.2016021296 (in Russ.).
2. Tarchevsky I.A. *Signal'nye sistemy kletok*. [Signal systems of cells]. Moscow, 2002, 294 p. (in Russ.).
3. Ovodova R.G., Golovchenko V.V., Popov S.V., Ovodov Yu.S. *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN*, 2010, no. 3, pp. 37–45. (in Russ.).
4. Tulinov A.G., Shlyk M.Yu., Lobanov A.Yu., Mikhailova E.A., Shubakov A.A. *Agrarnaya Rossiya*, 2017, no. 10, pp. 3–6. (in Russ.).
5. Ovodov Yu.S. *Bioorganicheskaya Khimiya*, 2009, vol. 35, no. 3, pp. 293–310. (in Russ.).
6. Patova O.A., Golovchenko V.V., Ovodov Yu.S. *Izvestiya AN. Seriya khimicheskaya*, 2014, no. 9, pp. 1901–1925. (in Russ.).
7. Gould S.E., Rees D.A., Richardson N.G., Steel I.W. *Nature*, 1965, vol. 208, pp. 876–882. DOI: 10.1038/208876a0.
8. Darvill A., Augur C., Bergmann C., Carlson R.W., Cheong J.J., Eberhard S., Hahn M.G., Lo V.M., Marfa V., Meyer B., Mohnen D., O'Neill M.A., Spiro M.D., van Halbeek H., York W.S., Albersheim P. *Glycobiology*, 1992, vol. 2, no. 3, pp. 181–198. DOI: 10.1093/glycob/2.3.181.
9. El'kina E.A., Shubakov A.A., Ovodov Yu.S. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2002, no. 2, pp. 105–109. (in Russ.).
10. El'kina E.A., Shubakov A.A., Ovodov Yu.S. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2005, no. 4, pp. 53–56. (in Russ.).
11. Shakhmatov E.G., Mikhailova E.N., Makarova E.N. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2015, no. 4, pp. 15–22. DOI: 10.14258/jcprm.201504878 (in Russ.).
12. Tulinov A.G., Mikhailova E.A. *Zemledelie*, 2016, no. 2, pp. 39–41. (in Russ.).
13. Patova O.A., Golovchenko V.V., Vityazev F.V., Burkov A.A., Litvinets S.G., Martinson E.A., Belyi V.A., Kuznetsov S.N. *Food Hydrocolloids*, 2017, vol. 65, pp. 77–86. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.10.042
14. Golovchenko V.V., Ovodova R.G., Shashkov A.S., Ovodov Yu.S. *Phytochemistry*, 2002, vol. 60, no. 1, pp. 89–97. DOI: 10.1016/S0031-9422(02)00040-7.
15. Ovodova R.G., Golovchenko V.V., Shashkov A.S., Popov S.V., Ovodov Yu.S. *Bioorganicheskaya Khimiya*, 2000, vol. 26, no. 10, pp. 743–751. (in Russ.).
16. Günter E.A., Ovodov Yu.S. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2011, vol. 47, no. 1, pp. 90–94. (in Russ.).
17. Günter E.A., Popeyko O.V., Istomina E.I. *Khimiya prirodnih soedinenij*, 2015, no. 3, pp. 359–363. (in Russ.).
18. *GOST 26213-91 Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva*. [GOST 26213-91 Soil. Methods for the determination of organic matter]. Moscow, 1993, 8 p. (in Russ.).
19. *GOST 26483-85 Pochvy. Prigotovlenie soley vytyazhki i opredelenie ee rN po metodu CINAO*. [GOST 26483-85 Soil. Preparation of salt extract and determination of its pH by the CINAO method]. Moscow, 1986, 6 p. (in Russ.).
20. *GOST 26212-91 Pochvy. Opredelenie gidroliticheskoy kislotnosti po metodu Kappena v modifikacii CINAO*. [GOST 26212-91 Soil. Determination of hydrolytic acidity by the Kappen method in the modification of CINAO]. Moscow, 1993, 7 p. (in Russ.).
21. *GOST 26107-84 Pochvy. Metody opredeleniya obshchego azota*. [GOST 26107-84 Soil. Methods for determination of total nitrogen]. Moscow, 1985, 11 p. (in Russ.).
22. *GOST 26207-91 Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenij fosfora i kaliya po metodu Kirsanova v modifikacii CINAO*. [GOST 26207-91 Soil. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the method of Kirsanov in the modification of CINAO]. Moscow, 1993, 7 p. (in Russ.).

\* Corresponding author.

23. *GOST 27548-97 Korma rastitel'nye. Metody opredeleniya sodержaniya vlagi.* [GOST 27548-97 Vegetable forages. Methods for determining the moisture content]. Minsk, 1999, 8 p. (in Russ.).
24. *GOST 7194-81 Kartofel' svezhij. Pravila priemki i metody opredeleniya kachestva.* [GOST 7194-81 The potatoes are fresh. Acceptance rules and methods for determining quality]. Moscow, 1982, 13 p. (in Russ.).
25. *GOST 24556-89 Produkty pererabotki plodov i ovoshchej. Metody opredeleniya vitamina C.* [GOST 24556-89 Products processing fruits and vegetables. Methods for the determination of vitamin C]. Moscow, 1990, 11 p. (in Russ.).
26. *GOST 13496.19-93 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya nitratov i nitritov.* [GOST 13496.19-93 Forage, mixed fodder, feed forage. Methods for determining the content of nitrates and nitrites]. Moscow, 1995, 32 p. (in Russ.).
27. Dospekhov B.A. *Metodica polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy).* [Methods of field experience (with the fundamentals of statistical processing of the results of research)]. Moscow, 1985, 351 p. (in Russ.).
28. Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M. *Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selekcionnogo processa kartofelya.* [Methodical instructions on the technology of potato breeding process]. Moscow, 2006, pp. 20–25. (in Russ.).
29. *Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selekcii kartofelya.* [Methodical instructions on technology of potato breeding]. Moscow, 1994, pp. 14–16. (in Russ.).
30. Larska I.A., Gorshkova T.A. *Biochemistry*, 2015, vol. 80, no. 7, pp. 1049–1071. (in Russ.).
31. Ofitserov E.N., Kostin V.I. *Uglevody amaranta i ih prakticheskoe ispol'zovanie.* [Carbohydrates amaranth and their practical use]. Ulyanovsk, 2001, 180 p. (in Russ.).
32. Markarov A.M., Golovko T.K., Tabalenkova G.N. *Morfofiziologiya klubneobrazuyushchih rastenij.* [Tuber-forming plant morphophysiology]. St. Petersburg, 2001, 208 p. (in Russ.).
33. Karmanov S.N., Kiryukhin V.P., Korshunov A.V. *Urozhaj i kachestvo kartofelya.* [Harvest and quality of potatoes]. Moscow, 1988, 167 p. (in Russ.).
34. Korshunov A.V. *Kartofel' Rossii.* [Potatoes of Russia.]. Moscow, 2003, vol. 2, 324 p. (in Russ.).
35. Korshunov A.V. *Kartofel' Rossii.* [Potatoes of Russia.]. Moscow, 2003, vol 2, 332 p. (in Russ.).

Received April 16, 2018

Revised May 31, 2018

Accepted May 10, 2018

**For citing:** Tulinov A.G., Mikhailova E.A., Shubakov A.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 289–298. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpr.2018044009.