



***Борщевик Сосновского,  
кавитация,  
биостимулятор***

*Sosnovsky's cow parsnip,  
cavitation, biostimulant*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО БИОСТИМУЛЯТОРА ИЗ БОРЩЕВИКА**

А.Ф. Триандафилов  
к.т.н., заведующий отделом механизации сельского хозяйства  
Институт сельского хозяйства Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук,  
г. Сыктывкар  
Б.А. Чернов  
к.с.-х.н., доцент  
г. Ярославль  
Е.В. Шешунова (фото)  
к.т.н., доцент, заведующая кафедрой механизации  
сельскохозяйственного производства  
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

В 54 субъектах Российской Федерации отмечено 15 тысяч мест произрастания борщевика Сосновского.

Исследованиями учёных институтов биологии, физиологии, химии, сельского хозяйства Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук установлено, что борщевик Сосновского имеет следующие биологические особенности:

- быстрый рост, способность расти скученно и вытеснять другие растения местной флоры;
- способность к самоопылению, результатом которого являются полноценные семена (одно растение производит до 12 тысяч штук семян);
- большая плодовитость, позволяющая одному растению начать экспансию;
- быстрое расселение семян с помощью ветра, животных, транспорта.

Целью работы является создание технологии и средств механизации производства органического биостимулятора из борщевика.

Борщевик является отличным медоносом – до 300 кг меда с одного гектара. Может быть использован в качестве приправы к супам, для маринования в консервной промышленности, является источником целлюлозы, имеет высокое содержание углеводов в зелёной массе; экстракты борщевика обладают широким спектром физиологической активности (иммуностимулирующим, сосудорасширяющим, жаропонижающим, обезболивающим, антибактериальным); является средством для лечения экзематозов и псориаза. Пектины из борщевика ценны для фармацевтической промышленности как физиологически активные вещества с мощными энтеросорбирующими свойствами, способны выводить из организма человека тяжёлые металлы (ртуть, свинец, цинк, кобальт, молибден и пр.),

а также продукты метаболизма, ксенобиотики; их используют для лечения атеросклероза, диабета, заживления ран и ожогов, заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Серьёзным недостатком борщевика Сосновского является повышенное содержание в клеточном соке фотодинамически активных фурукумаринов. Попадание данных веществ на кожу приводит к глубоким дерматитам. Поэтому при выполнении работ с борщевиком не только в полевых условиях, но и при лабораторных исследованиях надземной части растений необходимо применять средства индивидуальной защиты кожных покровов и глаз. Это могут быть промышленные противогазы фильтрующие, изолирующие, шланговые, а также универсальный защитный комплекс Нива, обеспечивающий подачу для дыхания очищенного воздуха. Для защиты рук применяются резиновые перчатки, на ноги надевают резиновые сапоги, тело защищают, надевая комбинезон с кислотной пропиткой.

Были проведены исследования по использованию полисахаридов из борщевика Сосновского в качестве биостимулятора при выращивании картофеля сорта Глория (табл. 1).

Из приведённых данных видно, что эффективность приёма «замачивание + опрыскивание» даже в неблагоприятный год является эффективным.

Технология производства полисахаридов из борщевика Сосновского химическим способом представлена на рисунке 1.

Альтернативой химического способа, дорогостоящего и продолжительного по времени выделения веществ из водных суспензий, является механическое явление кавитации, значительно менее затратное и по стоимости, и по продолжительности обработки. Кавитационно-кумулятивное воздействие позволяет интенсифицировать многие технологические процессы, в том числе массообменные, протекающие в жидких средах. Образование и схлопывание жидких пузырьков способствует увеличению скорости протекания реакций на молекулярном уровне [1].

Когда жидкость подвергается давлению ниже порогового значения (напряжение растяжения), тогда целостность её потока нарушается, образуются парообразные полости. Возможно и другое образование кавитационных пузырей путём местной подачи энергии. Это может быть достиг-

Таблица 1 – Результаты исследований использования полисахаридов в качестве биостимулятора при выращивании картофеля сорта Глория

Вариант	Урожайность, т/га		Содержание в клубнях		
	на 65-й день	на 85-й день	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Нитраты, мг/кг (ПДК – 250 мг/кг)
2014 г.					
Контроль	3,3	24,3	16,5	11,8	134
Борщевик (замачивание)	13,6	49,8	17,4	13,1	99
Борщевик (опрыскивание)	8,0	31,9	16,9	12,4	119
Борщевик (замачивание + опрыскивание)	20,2	53,3	18,3	13,3	75
2015 г.					
Контроль	5,5	20,3	18,2	12,5	154
Борщевик (замачивание)	7,6	38,0	20,4	14,0	85
Борщевик (опрыскивание)	6,2	26,9	19,0	13,2	112
Борщевик (замачивание + опрыскивание)	8,6	39,4	20,7	14,2	56
2016 г.					
Контроль	3,9	11,9	17,8	13,4	238
Борщевик (замачивание)	5,6	22,0	20,3	14,6	147
Борщевик (опрыскивание)	4,6	18,1	19,8	13,9	207
Борщевик (замачивание + опрыскивание)	6,5	26,1	20,8	14,9	92



Рисунок 1 – Выделение полисахаридов из надземной части борщевика Сосновского

нито фокусировкой лазерного импульса (оптическая кавитация) или искрой электрического разряда [2].

Кавитационное воздействие на жидкость позволяет получать высококачественные технологические, пищевые, биологически активные растворы экстрактов, эмульсии и суспензии. К таким системам относятся овощные и фруктовые соки, пюре, пасты, майонезы, гомогенизированное и восстановленное молоко, йогурты, мази, кремы, системы, содержащие биологически активные вещества (пектин, танин, аминокислоты, экстракты), лакокрасочные материалы.

Кавитационное воздействие эффективно используется для интенсификации процессов растворения и экстрагирования пектина, каротина, танина и других ценных веществ из биомассы. Кавитация изменяет свойства водных растворов и гидрогелей полисахаридов: крахмала, амилопектина, хитозана и т.п.

Основным переносчиком внешнего энергетического воздействия с помощью кавитации на подавляющее число продукции сельскохозяйственного назначения является вода.

В промышленности для кавитационного воздействия на жидкость используются гидродинамические, электродинамические, пьезоэлектри-

ческие, магнитострикционные и механические генераторы кавитации.

Для исследований используют электродинамический кавитатор на базе выпрямителя – трансформатора ВТМ-20/50.

Принцип действия электроразрядного излучателя основан на электрогидравлическом эффекте, заключающемся в генерации ударных волн в жидкости при её пробое. Протекание электрического разряда в жидкости вызывает сложный комплекс явлений: ионизацию и разложение молекул в плазме канала и возле него, световое излучение канала разряда, ударные волны, интенсивное ультразвуковое излучение, образование и пульсацию газового пузыря, кавитационные процессы, импульсные магнитные поля. Основные кавитационные процессы при электрогидравлическом ударе связаны с зоной разрежения, следующей за положительной фазой прямой ударной волны. Схема устройства представлена на рисунке 2.

В гидродинамических кавитаторах роторного типа реализуется гидродинамическое и акустическое воздействие в жидкости. При вращении ротора его каналы периодически совмещаются с каналами статора. Скорость потока жидкости в канале статора является переменной величиной.

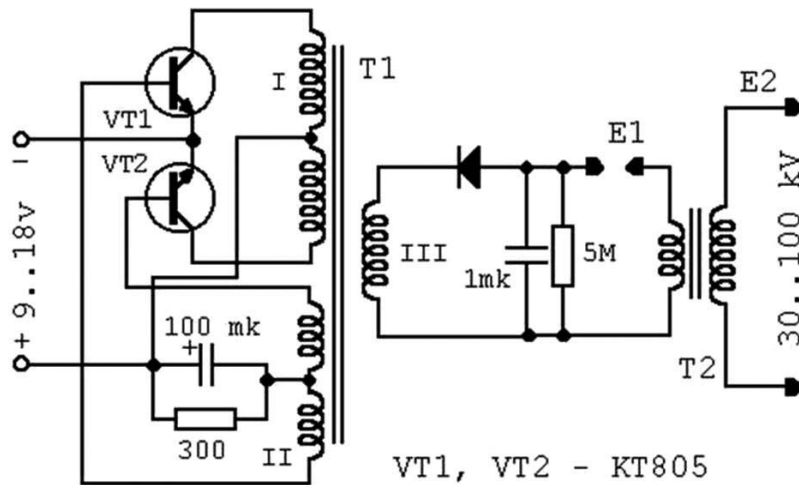


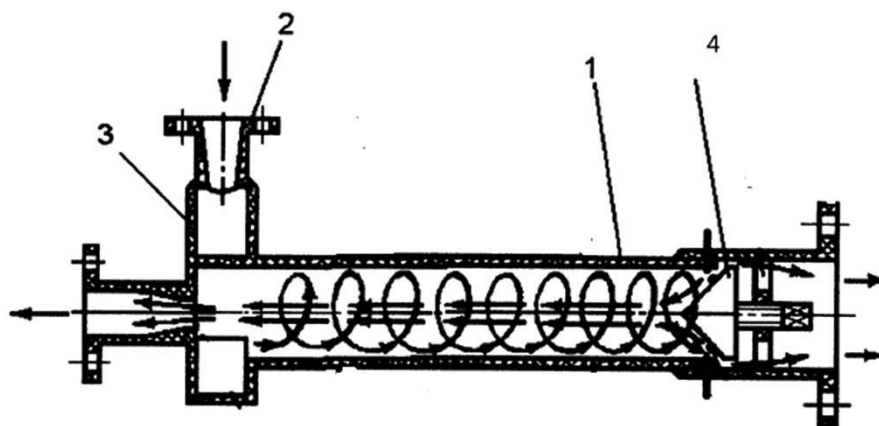
Рисунок 2 – Схема электрогидроимпульсного генератора кавитации

При распространении в канале статора импульса избыточного давления возникает кратковременный импульс пониженного давления, инерционные силы создают растягивающие напряжения в жидкости, что вызывает кавитацию. Роторные импульсные аппараты используются для интенсификации гидромеханических и массообменных процессов, применяются также и как генераторы тепловой энергии. Механизм получения тепловой энергии за счёт кавитации основан на её вторичных нелинейных эффектах в жидкости.

Принцип превращения кинетической энергии струи в энергию акустических колебаний используют в многостержневых гидродинамических излучателях. Струя, вытекающая из сопла, ударяется в лункообразный отражатель и вееро-

образно расходится по цилиндрической образующей параллельно оси сопла. Происходит возбуждение колебаний стержней, закреплённых по цилиндрической образующей параллельно оси сопла, формируется пульсирующая кавитационная область (рис. 3).

Динамическая кавитация создаёт условия для нестационарного массообмена (турбулентные пульсации скорости потока жидкости, ударные сферические волны при пульсациях кавитационных пузырьков и кумулятивное воздействие при их схлопывании), активизирует молекулы и растворённые в ней газы, приводит к диссоциации воды. При жёстких режимах наблюдается рентгеновское излучение, люминесценция, инициация химических реакций, биологическое дей-



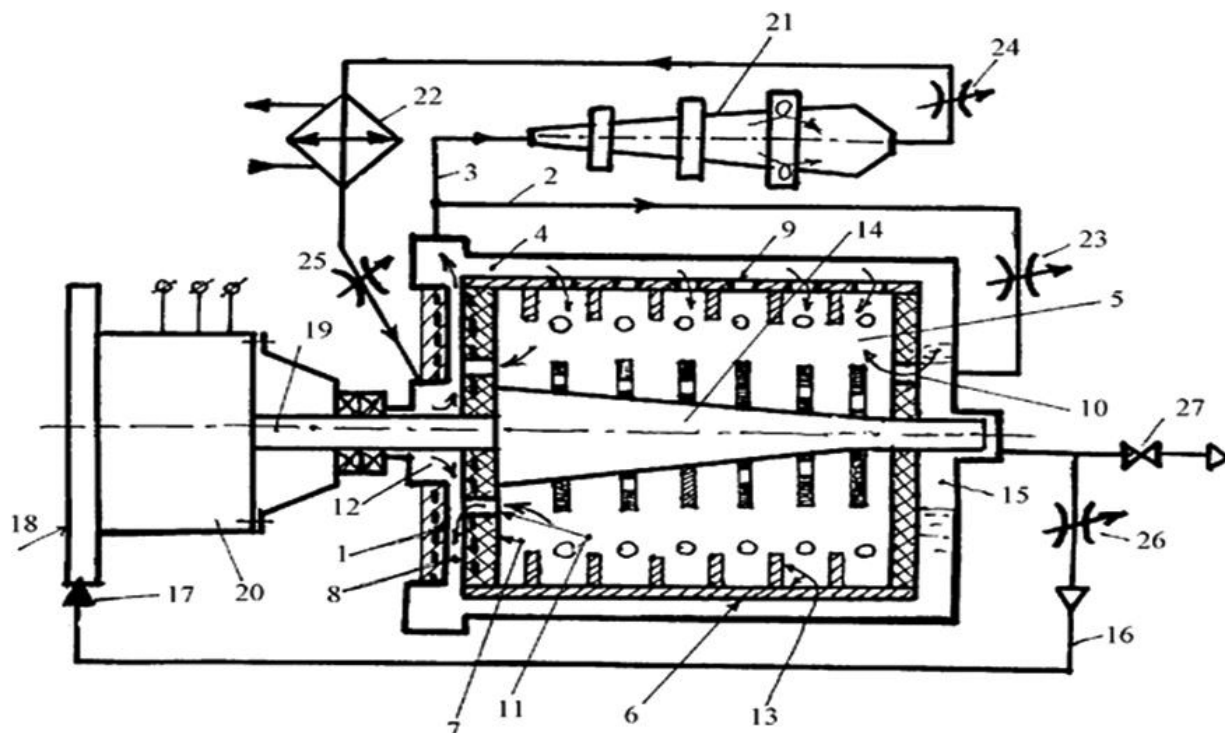
1 – корпус; 2 – патрубок входа; 3 – рассеиватель; 4 – отражатель.

Рисунок 3 – Схема гидродинамического кавитатора стержневого типа

стве. Экспериментально доказано, что при ударной нагрузке на водные растворы изменяются физико-химические и химические свойства воды. Изменяются плотность, электропроводность и температура воды. Энергия, вводимая в систему, распределяется на активацию и на нагрев воды.

Схема гидродинамического генератора кавитации, используемого для активации воды, представлена на рисунке 4.

В 2017 году в научно-исследовательском институте сельского хозяйства Республики Коми были проведены опыты по обработке сока бор-



- 1 – рабочая зона теплогенератора; 2, 3, 5, 16 – каналы; 4 – теплообменная «рубашка»; 6 – ротор; 7 – торцевая стенка; 8 – рабочий канал; 9, 10, 11 – отверстия; 12 – камера; 13 – анодная поверхность; 14 – катодная поверхность; 15 – полость; 17 – камера сгорания; 18 – тепловой двигатель; 19 – вал электродвигателя; 20 – генератор; 21 – проточный теплогенератор; 22 – теплообменник; 23, 24, 25, 26, – дроссели; 27 – вентиль.

Рисунок 4 – Схема кавитационно-вихревого теплогенератора

щевика Сосновского электродинамической кавитацией. На основании результатов химических анализов установлено, что в соке борщевика до обработки достоверно идентифицированы три фурукумарина: ангелицин, метаксален, изопимпеллин. Под действием кавитации происходит декструкция фурукумаринов, что сопровождается кардинальным изменением компонентного состава сока. В нём доминируют окси-кислоты, спирты и низкомолекулярные фенольные соединения.

Известно, что многие окси-кислоты и их натриевые и калиевые соли, особенно янтарная кислота, являются эффективными стимуляторами, используются и в растениеводстве, и в профи-

лактической медицине. Основным действующим веществом стимулятора роста является янтарная кислота, содержание которой в растворе составляет 23,29%.

Биостимулятор представляет собой осветлённую жидкость бурого цвета, основой которого является молочная кислота (55,29%), в которой растворены остальные компоненты (пропиленгликоль, бутандиол-2,3, глицерин, фосфорная кислота, янтарная кислота, 2-метил-глицерин и др.).

Молекулы молочной кислоты в два раза меньше молекул глюкозы, поэтому легко проникают сквозь клеточные мембраны, что объясняет проникающую способность полученного стимулятора роста.

Дополнительными действующими веществами являются органические кислоты (бутандиол-2,3, 2-гидрокси-бутановая кислота, 3-гидрокси-пропионовая кислота, 4-метил-2-гидрокси-пентановая кислота, фосфорная кислота) в количестве 9,81%, присутствующие в соке борщевика и являющиеся естественными природными стимуляторами.

Вспомогательными веществами являются пропиленгликоль и глицерины – 4,68%. В небольших количествах эти вещества обеспечивают фиксацию биопрепарата на поверхности листьев, что позволяет действующему веществу проникнуть сквозь клеточную мембрану растений.

Биостимулятор был испытан при выращивании картофеля сорта Рябинушка. Семена картофеля перед посадкой замачивали в биостимуляторе в течение 20–25 минут. В качестве контроля выступал картофель, посаженный на полном фоне минеральных удобрений, рассчитанных под вынос урожая. В результате исследования выявлено, что урожайность картофеля, обработанного биостимулятором, составляет 41,2 т/га, что на 10% выше, чем по фону минеральных удобрений (37,4 т/га). По своему действию биопрепарат оказывает действие, сопоставимое с полной дозой минеральных удобрений, но его стоимость в 10 раз ниже.

Для промышленной заготовки сырья (сока) из борщевика необходимо сформировать устойчивый рынок востребованной продукции, поэтому необходимо провести исследования тех-

нологических экономически обоснованных приёмов производства, средств оперативного химического контроля качества продукции. Считаем необходимым проведение следующих исследований:

- исследование режимов и параметров устройств для гидродинамической кавитации сырья, являющихся наиболее экономически целесообразными;
- исследование химических методов оперативного контроля качества готовой продукции;
- исследование режимов и параметров технических средств для скашивания, измельчения, соковыжимания, использования жмыха борщевика;
- разработка эскизного проекта технологии.

### **Выводы**

Проведённые опыты по обработке сока борщевика Сосновского электродинамической кавитацией показали, что под действием кавитации происходит кардинальное изменение компонентного состава сока, после чего он может быть использован в качестве биостимулятора роста растений.

Для промышленной заготовки сырья (сока) из борщевика необходимо сформировать устойчивый рынок востребованной продукции, поэтому необходимо провести исследования технологических экономически обоснованных приёмов производства, средств оперативного химического контроля качества продукции.

### **Литература**

1. Орлин, Н.А. Об извлечении кумаринов из борщевика [Текст] / Н.А. Орлин // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 3. – С. 13–14.
2. Печёнкина, А.Л. Химико-аналитическое определение биологически активных веществ плодов борщевика Сибирского [Электронный ресурс] / А.Л. Печёнкина // Молодежь и наука: сб. материалов X Юбилейной Всеросс. науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международ. участием. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>, свободный.

### **References**

1. Orlin, N.A. Ob izvlechenii kumarinov iz borshhevika [Tekst] / N.A. Orlin // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2010. – № 3. – S. 13–14.
2. Pechenkina, A.L. Himiko-analicheskoe opredelenie biologicheskii aktivnyh veshhestv plodov borshhevika Sibirskogo [Jelektronnyj resurs] / A.L. Pechenkina // Molodezh' i nauka: sb. materialov X Jubilejnoy Vseross. nauch.-tehnich. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenykh s mezhdunarod. uchastiem. – Krasnojarsk: Sibirskij federal'nyj un-t, 2014. – Rezhim dostupa: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>, svobodnyj.