

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА ДЛЯ СОВМЕЩЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПОСЕВА И ВНЕСЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ГИДРОГЕЛЯ В ПОЧВУ

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE UNIT FOR COMBINING THE SOWING OPERATIONS AND THE INTRODUCTION OF POLYMER HYDROGEL IN THE SOIL

В.Ю. РЕВЕНКО, к.т.н.

Армавирская опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ
ВНИИМК, Армавир, Россия, armavirvimrev@rambler.ru

V.Y. REVENKO, PhD in engineering

Armavir Experimental Station – a Branch of FGBNU FNC
VNIIMK, Armavir, armavirvimrev@rambler.ru

Один из способов сохранения посевов сельскохозяйственных культур в зонах недостаточного увлажнения – заделка в почву различных абсорбентов, способствующих сохранению влаги в корнеобитаемом слое почвы. В последние годы в качестве абсорбентов применяются полимерные гидрогели, способные впитывать влагу в объеме, в тысячу раз превышающем объем гранул полимера. Однако вопросы практического использования гидрогелей в полевых севооборотах в настоящее время недостаточно проработаны. В статье приведены материалы трехлетних исследований по изучению физических свойств полимерных гидрогелей и их взаимодействия с растительным материалом. На основании полученных данных дается обоснование конструктивно-технологических параметров агрегата для комплексного внесения семян и сухих гранул полимера в почву. По результатам практического использования различных машин, совмещающих посев и внесение абсорбента влаги в почву, предлагается вариант машинно-тракторного агрегата с использованием селекционной сеялки точного высева с микропроцессорным управлением. На сеялку были смонтированы четыре бункера-дозатора барабанно-лопастного типа. Конструктивная схема дозатора включала: вращающуюся шестерню, червячный редуктор и 12-вольтовый электромотор. Дозировка полимерного абсорбента производилась с места оператора при помощи ШИМ-регулятора частоты вращения электродвигателя. Наличие в комплектации сеялки 4 ползовидных и 4 двухдисковых сошников позволило использовать первый комплект для высева семян, а второй – для внесения в почву гидрогеля на заданную глубину. Постоянный мониторинг влажности в метровом слое почвы показал, что заделка в почву полимерного гидрогеля способствовала росту влагонасыщенности прикорневой зоны, снижению потерь влаги на физическое испарение, уменьшению ее гравитационного стока в нижележащие слои. Проведенные полевые испытания модернизированной сеялки показали, что ее использование в зонах неустойчивого увлажнения позволяет повысить урожайность сои на 5,5–12 %, в зависимости от количества выпадающих осадков. Особенно эффективно применение данной машины в селекции и семеноводстве с целью обеспечения оптимальных по увлажнению условий для вегетации растений в гибридных и селекционных питомниках.

Ключевые слова: селекционная сеялка, совмещение операций, полимерный гидрогель, соя.

One of the ways to preserve crops in areas of insufficient moisture is the incorporation into the soil absorbents that help preserve moisture in the root zone of the soil. In recent years, polymer hydrogels have been used as absorbents that can absorb moisture in a volume that is a thousand times larger than the volume of polymer granules. However, the issues of practical use of hydrogels in field crop rotations are currently insufficiently developed. The article presents the materials of three-year studies on the physical properties of polymer hydrogels and their interaction with plant material. On the basis of the data obtained, the substantiation of the design and technological parameters of the unit for the complex application of seeds and dry polymer granules into the soil is given. According to the results of the practical use of various machines that combine sowing and introduction of absorbent into the soil, a variant of the machine-tractor unit with the use of a selection seeder of precise sowing with microprocessor control is proposed. Four metering hoppers of drum-blade type were mounted on the seeder. The design of the dispenser included: a rotating gear, a worm gear and a 12-volt electric motor. The dosage of the polymer absorbent was made from the operator's seat, with the help of PWM-motor speed controller. The presence in the configuration of the seeder 4 tye coulter and 4 double-disc coulter are allowed using the first set for sowing seeds, and the second – for introducing a hydrogel into the soil to a predetermined depth. Constant monitoring of moisture in the meter layer of soil showed that the incorporation of the polymer hydrogel into the soil contributed to an increase of moisture saturation of the root zone, reducing moisture losses for physical evaporation, and a decrease in its gravity flow to the underlying layers. The field tests of the modernized seeder showed that its use in areas of unstable moistening can increase the yield of soybeans by 5,5–12 %, depending on the amount of precipitation. Especially effective is the use of this machine in breeding and seed production, in order to provide optimal moisture conditions for vegetation of plants in hybrid and breeding nurseries.

Keywords: selection seeder, combination of operations, polymer hydrogel, soy bean.

Введение

Погодные условия в зонах недостаточного увлажнения отрицательно влияют на сохранность посевов сельскохозяйственных культур. Снизить стрессовые нагрузки на растения, вызванные неблагоприятными погодными условиями можно различными способами, в том числе с помощью абсорбентов почвенной влаги. В качестве абсорбентов используются различные композиты (производные торфа, минеральных мелиораторов) или полимерные гидрогели (водопоглощающие полимеры на основе акриламида). Последние являются наиболее эффективными абсорбентами, так как способны удерживать количество воды, превышающее их массу в 300–1000 раз. Однако распространение гидрогелей сдерживается их высокой стоимостью, обусловленной необходимостью импорта данного продукта в РФ. Ведущиеся в настоящее время работы по синтезированию экологически безопасных полимерных гидрогелей из отечественного сырья позволят существенно снизить их стоимость и повысить привлекательность данного продукта. Для селекционных же целей использование дорогостоящих абсорбентов почвенной влаги с целью сохранения единичных растений на участках гибридизации или редких популяций в селекционных питомниках экономически оправдано уже сейчас [1].

Анализ многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых по технике и технологии применения гидрогелей в растениеводстве, овощеводстве, виноградарстве, декоративном садоводстве и др. отраслях сельского хозяйства показал, что данный агроприем недостаточно проработан, особенно применительно к полевым севооборотам и культурам, остро реагирующим на недостаток влаги в почве [2, 3, 4]. Не решены вопросы, связанные с дозировкой абсорбента, глубиной внесения его в почву, взаимодействия полимерных гранул с корневой системой растений и др. Главное – отсутствует комплекс машин для реализации данной влагосберегающей технологии на практике.

Цель исследования

Целью исследования является обоснование конструктивно-технологических параметров агрегата для комплексного внесения семян и сухих гранул полимера в почву.

Материалы и методы

Решением некоторых из вышеперечисленных проблем на Армавирской опытной станции начали заниматься в 2016 г. Лабораторные и полевые исследования проводили при возделывании сои, в соответствии с общепринятыми методиками [5]. Почвенный покров полей опытной станции представлен черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым. Предшественник в опытах – озимая пшеница. Повторность – четырехкратная, размещение вариантов – рендомизированное. Длина делянки 15 м, ширина 2,8 м. Посев сои осуществляли доработанной на станции четырехрядной селекционной сеялкой «Клен-2,8». Модернизацию сеялки проводили ежегодно с учетом результатов испытаний, полученных в предыдущие годы. В качестве абсорбента влаги использовали мелкогранулированный (0,1–0,2 мм) полимерный гидрогель «Штокосорб-660», который вносили в дозе 400 кг/га на глубину 8–9 см одновременно с посевом сои. Контрольные участки возделывались по традиционной технологии.

Результаты и обсуждение

Вопросы практического применения полимерных гидрогелей не так просты, как они описаны в рекомендациях фирм-производителей. Например, заявленный ими коэффициент удержания влаги, равный 1000, на практике достигнуть так и не удалось. Известно, что в почвенной влаге растворено большое количество различных химических элементов, в том числе и солей. На рис. 1 приведены кинетические кривые набухания гидрогеля при использовании воды различной степени минерализации.

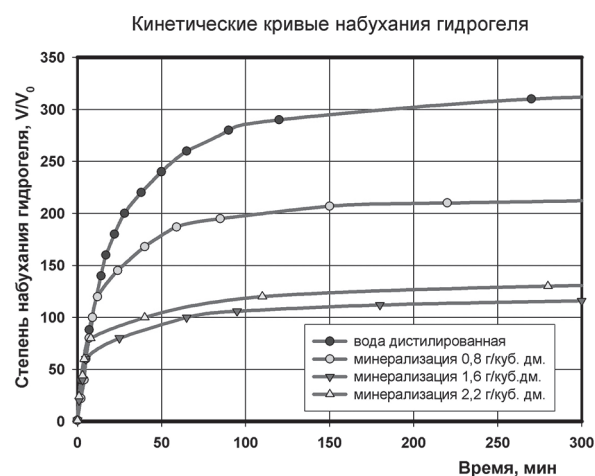


Рис. 1. Кинетические кривые набухания полимерного гидрогеля в различных водных средах

Максимальный коэффициент удержания влаги (или коэффициент набухания K_n) был получен при добавлении в колбу с сухими гранулами дистиллированной воды и составил $K_n = 310$. Добавление в колбу воды с уровнем минерализации $0,8 \text{ г/дм}^3$ снизило данный показатель до 210. Слабоминерализованная ($1,6 \text{ г/дм}^3$) вода понизила K_n до 130, а маломинерализованная ($2,2 \text{ г/дм}^3$) – 118. Таким образом, гидрогели по-разному впитывают влагу с различным химическим составом.

Далее абсорбционные способности гидрогелей в высокой степени зависят от глубины залегания в почве, т.е. чем выше слой почвы над гранулами полимера, тем меньше его влагопоглощающая способность. В результате, заделка гидрогеля в почву на глубину больше оптимальной может существенно снизить его эффективность. На рис. 2 отражены результаты лабораторных опытов по оценке потенциальных возможностей мелкогранулированного гидрогеля, расположенного в грунте на разной глубине. При закладке гидрогеля под слой почвы высотой 6 см коэффициент набухания был равен $K_n = 54$ под слой в 10 см – $K_n = 42$. Увеличение глубины залегания полимера до 13 см снизило его влагопоглощающие способности до $K_n = 35$. Следует добавить, что абсорбционные способности гидрогелей также зависят от структуры и размера частиц исходного вещества. Поглощительные способности полимеров, изготовленных в виде микрогранул (0,1–0,2 мм) и в виде гранул размером 0,3–0,6 мм, существенно различаются.

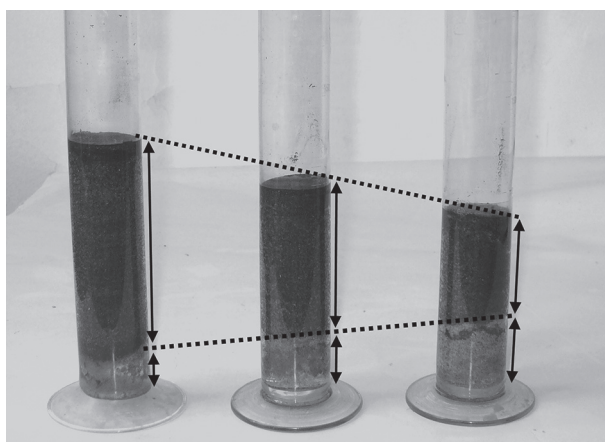


Рис. 2. Влияние глубины залегания полимерного гидрогеля на его влагопоглощающую способность

Таким образом, способность гидрогеля абсорбировать влагу в высокой степени зависит от глубины его закладки в почву, химического состава аккумулируемой влаги, размера гранул полимера. Заявленные же производителями физические характеристики полимерных гидрогелей не всегда соответствуют результатам, полученным на практике.

Проведенные нами исследования показали, что посадка семян сои непосредственно в гидрогель приводит к их кислородному голоданию, угнетению в развитии и нередко – к последующей гибели. Лабораторные опыты с прозрачными сосудами и полевые опыты показали, что полимерный гидрогель должен находиться ниже глубины залегания посевного материала, но не глубже 15 сантиметров от поверхности [6]. В случае залегания в нижних горизонтах влагопоглощающая эффективность полимерных абсорбентов резко падает, особенно на тяжелосуглинистых почвах. Ленточная закладка гидрогеля на глубину менее 5 см от поверхности почвы приводит к образованию трещин, через которые начинается интенсивное испарение влаги, удерживаемой почвой и гранулами полимера.

В результате первоначально проведенных исследований (в 2016 г.) были сформулированы основные требования к агрегату для внутрипочвенного внесения полимерных абсорбентов: а) операции посева и внесения в почву гидрогеля в почву должны быть совмещены; б) гидрогель должен вноситься в почву в виде ленты, идущей параллельно с высевными семенами на расстоянии 60–80 мм от линии семян и на 20–40 мм глубже семенного ложа; в) доза вносимого в почву гидрогеля должна быть не ниже 100 кг/га, а максимальная эффективность полимерных абсорбентов достигается при дозе 400 кг/га [7].

Учитывая направленность работ Армавирской опытной станции, в качестве объекта модернизации была выбрана селекционная сеялка «Клен-2,8», т.к. она оснащена микропроцессорным блоком, который позволяет автоматизировать процесс высева рядков и дозирования полимерного гидрогеля (рис. 3). С пульта управления можно быстро изменять требуемые параметры высева и длины рядков, а норма высева семян, как и норма внесения абсорбента, может быть скорректирована по каждому высевающему аппарату. Отметим, что сеялка на практике обеспечивает заданные



Рис. 3. Общий вид модернизированного агрегата

требования к равномерности и глубине заделки семенного материала в почву, в основном, благодаря тому, что каждая из высевальных секций оснащается вращающейся вакуумной камерой с микропроцессорным управлением.

Поиск наиболее эффективной конструкции устройства для внесения полимерного гидрогеля в почву проводился с использованием нескольких макетных образцов, изготовленных на Армавирской опытной станции. Первоначально для дозирования требуемого количества полимерного абсорбента использовались тарельчато-дисковые дозаторы со скребковым сбрасывателем, которые применяют в туковывсеивающих аппаратах, устанавливаемых на сажалках и культиваторах-растениепитателях. Дно высевальной банки такого аппарата было сделано вращающимся и приводилось в движение от опорных колес сеялки. Количество вносимого в почву полимера в каждом аппарате регулировали при помощи заслонок. Данная конструкция отличалась стабильностью работы, полным отсутствием забивания, но ее габаритные, весовые и технологические параметры не отвечали требованиям, предъявляемым к модернизируемому агрегату. Во-первых, регулировка дозы внесения гидрогеля с помощью заслонки осуществлялась в крайне узких пределах, требуя дополнительной корректировки скоростью движения агрегата, в ущерб качественным показателям технологического процесса высева семян. Во-вторых, мелкодисперсные варианты гидрогелей частично просыпались сквозь зазор между тарелкой и банкой, увеличивая непроизводительные потери дорогостоящего полимера. В третьих, передача вращения от опорных колес к высевальной тарелке чрезвычайно усложняла кон-

струкцию сеялки и процесс настройки нормы внесения сыпучего материала в почву.

С целью повышения эффективности внесения полимерного препарата была разработана дозатор барабанно-лопастного типа. Его конструктивная схема включала вращающуюся шестерню, изготовленную из полипропилена и приводимую в движение 12-вольтовым электромотором через встроенный червячный редуктор. Для исключения возможного заклинивания гидрогеля в зонах сопряжения подвижных и неподвижных элементов в конструкцию были внедрены демпфирующие элементы.

Дозировка полимерного абсорбента производилась с места оператора при помощи ШИМ-регулятора частоты вращения приводного электродвигателя. Отметим, что использование широтно-импульсной модуляции позволило повысить КПД электромеханической передачи и надежность технологического процесса дифференцированного внесения гидрогеля в целом.

Бункер для сыпучего полимерного материала был установлен над дозатором. Подвод материала к сошникам осуществляли посредством полупрозрачных тукопроводов. Наличие в комплектации 4 полозовидных и 4 двухдисковых сошников позволило использовать первый комплект для высева семян, а второй – для внесения гидрогеля.

На рис. 4 представлена конструкция сошников блока для комплексного внесения гидрогеля и посева семян. Двухдисковые сошники 3 с помощью опорной площадки закреплены на параллелограммной подвеске совместно с полозовидными 4. В результате оба сошника хорошо

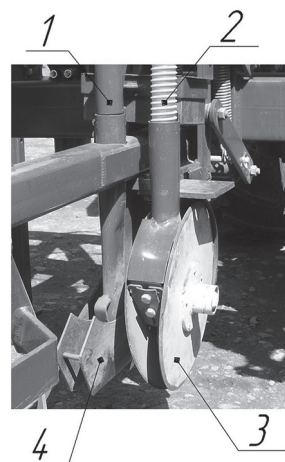


Рис. 4. Конструкция сошников блока для комплексного внесения гидрогеля и посева семян: 1 – семяпровод; 2 – тукопровод; 3 – двухдисковый сошник, 4 – полозовидный сошник

копировали рельеф поля, а прикатывающие катки, одновременно выполняющие роль ограничителей глубины хода сошников, заделывали образовавшиеся борозды. Схема взаимного расположения сошников приведена на рис. 5. Установка проставок между опорными площадками дисковых и полозовидных сошников позволяла регулировать глубину внесения полимерного абсорбента.

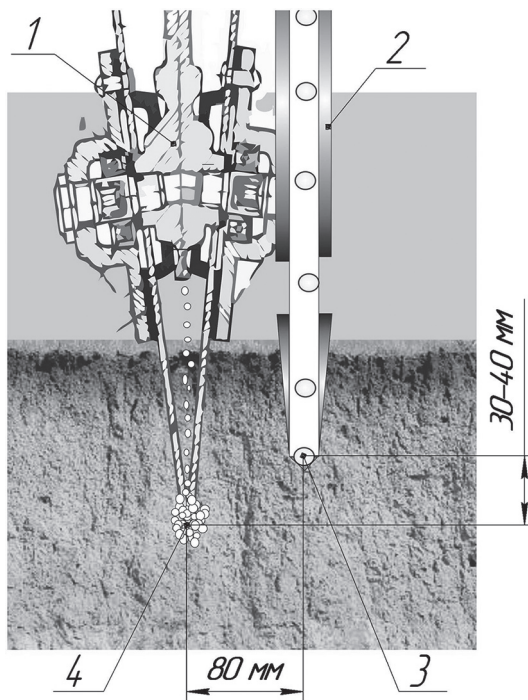


Рис. 5. Схема взаимного расположения полозовидного и двухдискового сошников в почве:

1 – двухдисковый сошник; 2 – полозовидный сошник; 3 – семена сои; 4 – гранулы полимерного гидрогеля

Проведенные нами испытания модифицированной селекционной сеялки в полевых условиях показали, что изменение скорости движения агрегата с 0,5 до 2 м/с не влияло на качество заделки полимерного абсорбента в почву. Среднее отклонение глубины залегания гидрогеля от заданной составило ± 1 см, отклонение дозы внесенного материала на одном погонном метре – менее 5 %, при рекомендуемой рабочей скорости движения агрегата, равной 1 м/с. При увеличении скорости движения агрегата до 2 м/с отклонение дозы составило 8 %.

Полевые опыты по проверке влияния полимерных абсорбентов на продуктивность сои в 2017 г. выявили, что на делянках с внесенным в междурядья полимерным гидрогелем урожайность сои составила 2,43 т/га, что на 12 %

выше, чем на контроле. Повторные опыты, проведенные в 2018 г. (при других погодных условиях) также подтвердили эффективность использования агрегата для совмещения операций. На делянках с гидрогелем достоверный прирост урожайности сои составил 5,5 %.

Постоянный мониторинг влажности в метровом слое почвы показал, что заделка в почву полимерного гидрогеля способствовала росту влагонасыщенности прикорневой зоны, снижению потерь влаги на физическое испарение, уменьшению ее гравитационного стока в нижележащие слои. Находясь в гелеобразном состоянии, влага способствовала оптимизации водного режима питания растений сои, повышая их продуктивность.

Выводы

Таким образом, на практике была доказана эффективность предлагаемых технических решений, являющихся составными звеньями технологического процесса дозированного внесения полимерных гидрогелей в почву на заданную глубину, на заданное расстояние от семенного ложа.

Проведенные полевые испытания разработанного агрегата показали, что его использование в зонах неустойчивого увлажнения позволяет повысить урожайность сои на 5,5–12 %, в зависимости от погодных условий. Особенно эффективно применение данной машины в селекции и семеноводстве с целью обеспечения оптимальных по увлажнению условий для вегетации растений в гибридных и селекционных питомниках

В результате проведенных исследований предложены:

- а) схема агрегата для внутривредного внесения полимерных абсорбентов в междурядья;
- б) конструктивные и режимные параметры модернизированной селекционной сеялки для проведения совмещенных операций.

Литература

1. Ревенко В.Ю., Зайцев Р.Н. Изменение влагообеспеченности сельскохозяйственных культур в восточной зоне Краснодарского края // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 5 (88). Ч. 6. С. 9–12.
2. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15–18.

3. Гундырин В.Н., Годунова Е.И., Шкабарда С.Н. Использование гидрогеля в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя // *Земледелие*. 2014. № 6. С. 37–38.
 4. Demitri C. Potential of Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels as Water Reservoir in Agriculture // *Department of Engineering for Innovation. University of Salento*. 2013. 79 p.
 5. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / под общ. ред. В.М. Лукомца. Краснодар. 2010. 328 с.
 6. Агафонов О.М., Ревенко В.Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2017. № 10. С. 35–38.
 7. Зайцев Р.Н., Ревенко В.Ю., Агафонов О.М. Влияние полимерных абсорбентов и мульчирующих материалов на сохранность запасов почвенной влаги и урожайность сои // *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2017. № 3 (171). С. 65–72.
- References**
1. Revenko V.Yu., Zaitsev R.N. Change in moisture supply of agricultural crops in the eastern zone of the Krasnodar Territory // *Actual problems of the humanities and natural sciences*. 2016. No 5 (88). Vol. 6, pp. 9–12.
 2. Starovoitov V.I., Starovoytova O.A., Manokhina A.A. Potato cultivation using moisture-saving polymers // *Technique and technology of the agro-industrial complex*. 2015. No 1, pp. 15–18.
 3. Gundyryn V.N., Godunova E.I., Shkabarda S.N. Use of hydrogel in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // *Agriculture*. 2014. No 6, pp. 37–38.
 4. Demitri C. Potential of Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels as Water Reservoir in Agriculture // *Department of Engineering for Innovation. University of Salento*. 2013. 79 p.
 5. Methods of conducting field agrotechnical experiments with oilseeds / Under total. ed. by V.M. Lukomets. Krasnodar. 2010. 328 p.
 6. Agafonov O.M., Revenko V.Yu. Possibilities of polymer hydrogel as a storage of soil moisture in the zone of unstable moistening of the Krasnodar Territory // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2017. No 10, pp. 35–38.
 7. Zaitsev, R.N., Revenko V.Yu., Agafonov O.M. The influence of polymeric absorbents and mulch materials on the safety of soil moisture reserves and soybean yield // *Oilseeds. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*. 2017. No 3 (171), pp. 65–72.