

Влияние высокомолекулярных водорастворимых полимеров на агрофизические свойства почв и продуктивность сельскохозяйственных культур при их применении

И.К. Хабиров, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ; Р.Р. Сайфуллин, к.с.-х.н., НИЦ-3 ФКУ НИИ ФСИН России

Оптимизация водно-физических свойств – одна из важнейших задач в повышении плодородия орошаемых почв. В агропочвоведении в последнее время всё большее распространение находит тезис о том, что именно физические свойства почв являются лимитирующим фактором, и не только для развития сельскохозяйственных культур, но и для успешного применения агрохимических, мелиоративных и других почвоулучшающих мероприятий [1–4].

Улучшение водно-физических свойств тесно связано с обеспечением оптимальной и стабильной во времени плотности сложения почвы, что зависит от наличия в ней достаточного количества агрономически ценной, водопрочной структуры.

Среди многочисленных приёмов, используемых для улучшения агрофизических свойств почв, эффективным является их искусственное оструктурирование высокомолекулярными водорастворимыми полимерами (далее – ВРП). Первоначально полимеры применяли в качестве флокулянтов для осаждения и фильтрации шлама фосфоритов в технологии обработки урановых руд и прочностных добавок для бумаги, а в дальнейшем стали широко использовать в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве и медицине в качестве флокулянтов, загустителей, адгезивов, смазок, структурообразователей [5–7].

С целью выявления наиболее перспективных видов ВРП для использования в условиях орошения в своё время в Республике Башкортостан были проведены полевые опыты на орошаемых выщелоченных чернозёмах тяжелосуглинистого и типичных карбонатных чернозёмах среднесуглинистого механического составов.

Материал и методы исследования. В качестве структурообразователей были использованы полимерные препараты К-9 (гидролизированный полиакрилонитрил, стандарт) и Дэман (модифицированный полиметилметакрилат), синтезированный институтом органической химии УНЦ РАН.

Дэман – водорастворимый полифункциональный полимер многоцелевого назначения. Получают из отходов производства суспензионного оргстекла взаимодействием полиметилметакрилата с моноэтаноламином в водной среде. Применяется в качестве флокулянта взвешенных частиц из минерализованных сточных вод, отли-

чается устойчивостью флокулирующих свойств во времени.

Элементный состав Дэмана был изучен на СНН-анализаторе и получены результаты (% масс): С – 55,35%; Н – 7,83; N-общий – 5,86; N-титруемый – 5,18; (1) N-амидный – 0,65; (2) N-аминный – 1,72 и (3) N-аммонийный – 2,78.

В среде диметилформамида он эффективен при мелиорации эродированных почв для повышения урожайности сельскохозяйственных культур путём увеличения содержания водопрочных агрегатов и минеральных соединений азота в почвах.

В производственных условиях для внесения полимерных структурообразователей в почву применяют опрыскиватели или дождевальные установки. При закладке полевых опытов полимерные структурообразователи вносили разбрызгиванием их водных растворов 0,5–1,0-процентной концентрации в дозах 150–600 кг/га, или 0,003–0,06% от массы оструктурируемого слоя почвы 5–10 см, с помощью переоборудованного тракторного опрыскивателя ОПШ-15-01. Для увеличения скорости подачи и равномерности распределения полимерных растворов по поверхности почвы штанги опрыскивателя были заменены 6-метровой двухдюймовой трубой, в нижней части которой высверлены отверстия диаметром 5 мм через каждые 10 см. Через эти отверстия под давлением подавался раствор.

Обработку поверхности почвы полимерами производили после посева яровой пшеницы с подсевом люцерны и кукурузы. Влажность слоя почвы 0–20 см при внесении полимеров составила в выщелоченных чернозёмах 31–33, а в карбонатных – 23–25% от массы почвы, что соответствовало полевой влагоёмкости 0,8–0,9. Площадь делянок на каждом варианте опыта была равна 240 м², повторность трёхкратная. Контрольными вариантами служили делянки, политые водой. Поливной режим выдерживался с таким расчётом, чтобы влажность почвы не опускалась ниже 70–80% полевой влагоёмкости.

При внесении полимеров сразу после посева не нарушается целостность оструктурируемого слоя, что очень важно при орошении, так как он придаёт почве повышенную устойчивость ударному воздействию капель и гидродинамическому воздействию потока.

Результаты исследования. Результаты исследования показали, что искусственное оструктурирование почв при влажности, близкой к ПВ, привело к существенным изменениям физических свойств почвы как выщелоченных, так и карбонатных чернозёмов (табл. 1).

1. Влияние водорастворимых полимеров на структурно-агрегатный состав почв (слой 0–30 см)

Вариант обработки препаратом	Доза, % к массе почвы	Размер фракции (мм), содержание, %					Коэффициент	
		сухое прессование			просеивание в воде		структурности	водопрочности
		>10	10 – 0,25	<0,25	>1	>0,25		
Типичный карбонатный чернозём								
Контрольный, б/о	0	4,3	75,4	20,3	3,6	47,5	3,2	8,8
К-9	0,03	4,1	76,3	19,6	6,7	52,3	3,4	14,7
	0,06	3,9	79,0	17,1	9,4	59,4	3,8	21,7
Дэман	0,03	4,3	77,1	18,6	8,6	56,1	3,4	19,9
	0,06	4,0	78,0	18,0	10,0	58,2	3,6	20,4
Выщелоченный чернозём								
Контрольный, б/о	0	22,2	67,5	10,3	11,3	61,2	2,1	16,0
К-9	0,03	23,2	71,2	5,4	24,5	68,0	2,5	30,0
	0,06	15,4	77,2	7,3	28,7	72,6	3,4	39,0
Дэман	0,03	25,9	68,2	5,9	18,9	65,1	2,2	24,0
	0,06	15,4	77,7	6,9	23,5	72,9	3,6	32,0

В верхней части пахотного слоя в вариантах с применением препаратов К-9 и Дэман, внесённых в дозе 0,03%, доля пылеватых фракций уменьшилась по сравнению с контролем на 9,5–11,2%, в дозе 0,06% – на 7,8–9,7%. Отмечалось закономерное уменьшение содержания глыбистой фракции с увеличением дозы полимеров.

В связи с этим в зависимости от вносимой дозы препаратов К-9 и Дэман увеличилось количество агрономически ценных фракций размером 0,10–0,25 мм в выщелоченных чернозёмах на 6,7–16,6 и 7,5–19,6%, в карбонатных чернозёмах – на 6,1–8,4 и 4,9–6,2%. Соответственно повышался коэффициент структурности почв в 1,4–2,6 и 1,3–1,6 раза по сравнению с контролем.

Под влиянием полимеров К-9 и Дэман, внесённых в дозах 0,03 и 0,06%, увеличилось количество водопрочных агрегатов размером крупнее 0,25 мм с 54,5 (на контроле) до 64,0–74,2% соответственно (табл. 2).

При этом происходило перераспределение фракций по размерам в сторону увеличения содержания агрономически наиболее ценных агрегатов крупнее 1 мм. Коэффициент водопрочности агрегатов крупнее 1 мм в оструктуренном слое почвы 0–10 см увеличивался по сравнению с контролем в 4–6 раза. Действие полимерных структурообразователей сохранялось в течение ряда лет. Содержание водопрочных агрегатов крупнее 1 мм в слое 0–20 см на второй год после внесения полимера К-9 в дозах 0,03 и 0,06% было больше, чем на контроле, на 10,0–16,2%, препарата Дэман в таких же дозах – на 12,6–20,9%, а на третий год соответственно – на 13,9–14,3 и 24,1–24,5%.

Мелковато-зернистое строение поверхности пахотного слоя при высокой водопрочности структуры предотвращает взмучивание и заплывание и обеспечивает оптимальную плотность сложения нижележащих слоёв. На выщелоченных чернозёмах под действием водорастворимых полимеров

уменьшалась объёмная масса слоя 0–30 см (с 1,18 до 1,02 г/см³), твёрдость (с 8,4 до 5,3 кг/см²), увеличивались полная и полевая влагоёмкость, общая пористость и в 3 раза повышалась водопроницаемость (от 0,38 до 1,03 мм/мин за первый час наблюдений). Аналогичные изменения наблюдались и в типичных карбонатных чернозёмах.

В целом внесение в почву полимерных структурообразователей способствует более продуктивному использованию сельскохозяйственными культурами запасов почвенной влаги.

Внесение в почву водорастворимых полимеров К-9 и Дэман в дозе 0,03 и 0,06% от массы почвы значительно увеличивало подвижность азота и фосфора, вследствие чего растения лучше обеспечивались указанными элементами, а последствие их могло сохраняться до 3 и более лет (табл. 3).

Молекула полимера Дэман содержит удобрительные функциональные группы: амидные, аминные и аммонийные ионы, которые являются резервом азотного питания растений.

Содержание минеральных форм азота к концу вегетации значительно снизилось по всем вариантам опытов, но размеры его потерь на вариантах, оструктуренных Дэманом в дозах 0,03 и 0,06% от массы почвы, меньше, чем на контроле и вариантах с полимером К-9.

Улучшение агрофизических свойств и питательного режима почв при обработке их полимерными структурообразователями положительно сказалось на увеличении урожая сельскохозяйственных культур (табл. 4).

Урожай зерна яровой пшеницы на орошаемом выщелоченном чернозёме с внесением препарата К-9 в дозе 0,03% составлял 42,8 ц/га, в дозе 0,06% – 44,8 ц/га, препарата Дэман – 48,2 и 46,1 ц/га и на контроле – 39,9 ц/га корм. ед.

Большие прибавки урожая зелёной массы кукурузы получены при внесении полимеров К-9 и Дэман в дозах 0,03 и 0,06% в типичном карбо-

2. Влияние водорастворимых полимеров на структурно-агрегатный состав почв 0–30 см

Вариант обработки препаратом	Доза, % к массе почвы	Размер фракции (мм), содержание, %					Коэффициент	
		сухое просеивание			просеивание в воде		структурности	водопрочности
		>10	10–0,25	<0,25	>1	>0,25		
Типичный карбонатный чернозём								
Контрольный, б/о	0	4,3	75,4	20,3	3,6	47,5	3,2	8,8
К-9	0,03	4,1	76,3	19,6	6,7	52,3	3,4	14,7
	0,06	3,9	79,0	17,1	9,4	59,4	3,8	21,7
Дэман	0,03	4,3	77,1	18,6	8,6	56,1	3,4	19,9
	0,06	4,0	78,0	18,0	10,0	58,2	3,6	20,4
Выщелоченный чернозём								
Контрольный, б/о	0	22,2	67,5	10,3	11,3	61,2	2,1	16,0
К-9	0,03	23,2	71,2	5,4	24,5	68,0	2,5	30,0
	0,06	15,4	77,2	7,3	28,7	72,6	3,4	39,0
Дэман	0,03	25,9	68,2	5,9	18,9	65,1	2,2	24,0
	0,06	15,4	77,7	6,9	23,5	72,9	3,6	32,0

3. Влияние полимерных структурообразователей на азотный режим почв (слой 0–20 см)

Вариант обработки препаратом	Доза, % от массы почвы	N, мг/кг			P ₂ O ₅ , мг/100 г
		N–NH ₄	N–NO ₃	N–NH ₄ +N–NO ₃	
Типичный карбонатный чернозём					
Контрольный, б/о	0	<u>7,5–3,1</u> 4,7	<u>23,2–8,9</u> 15,1	<u>30,7–12,0</u> 19,8	0,60 0,43
К-9	0,03	<u>6,0–20,0</u> 4,0	<u>29,7–7,4</u> 16,2	<u>35,7–9,4</u> 20,2	0,70 0,52
	0,06	<u>5,3–2,4</u> 3,9	<u>21,6–8,0</u> 13,7	<u>26,9–10,3</u> 17,6	0,60 0,47
Дэман	0,03	<u>27,0–4,0</u> 11,9	<u>46,9–27,9</u> 37,9	<u>73,9–37,9</u> 49,8	0,80 0,79
	0,06	<u>53,9–3,2</u> 22,1	<u>81,2–434,8</u> 63,10	<u>117,1–47,0</u> 85,2	0,70 0,42
Выщелоченный чернозём					
Контрольный, б/о	0	<u>6,0–0,3</u> 3,6	<u>14,9–4,4</u> 8,3	<u>19,45–5,8</u> 10,5	2,21 3,47
К-9	0,03	<u>7,7–1,4</u> 3,7	<u>21,2–5,3</u> 10,7	<u>28,9–7,1</u> 14,4	1,80 4,06
	0,06	<u>5,1–1,6</u> 3,0	<u>15,1–4,1</u> 8,4	<u>20,2–6,3</u> 11,4	2,91 3,17
Дэман	0,03	<u>26–0,7</u> 9,8	<u>14,7–5,3</u> 8,8	<u>41,4–7,0</u> 18,6	3,55 3,31
	0,06	<u>40,8–1,5</u> 14,7	<u>16,3–4,6</u> 10,0	<u>57,1–6,5</u> 24,7	3,5 4,3

Примечание: числитель – колебание, знаменатель – среднее для азота

4. Влияние водорастворимых полимерных структурообразователей на урожай сельскохозяйственных культур, ц/га корм. ед.

Варианты обработки препаратом	Доза полимера, % от массы почвы	Типичный карбонатный чернозём		Выщелоченный чернозём	
		зелёная масса кукурузы	яровая пшеница	яровая пшеница	сено люцерны
Контрольный, б/о	0	35,3	11,0	39,9	44,1
К-9	0,03	53,2	11,8	42,8	48,0
	0,06	61,1	12,3	44,8	50,2
Дэман	0,03	62,0	12,6	48,2	53,7
	0,06	66,7	13,8	46,1	55,4
НСР _{0,95} , ц/га		12,5	0,6	3,5	6,9

5. Влияние на урожай корнеплодов при обработке выщелоченного чернозёма полимером Дэман

Варианты обработки препаратом	Масса кормовой свёклы, ц/га				Масса моркови, ц/га			
	корнеплодов	t	ботвы	t	корнеплодов	t	ботвы	t
Контрольный, б/о Дэман, 0,06%	441,6	–	265	–	114,7	–	94,9	–
	526,3	2,68	302	3,05	126,4	4,49	102,6	3,41

Примечание: t – критерий Стьюдента = 2,24

6. Влияние полимерных структурообразователей на качество зерна яровой пшеницы сорта Харьковская-46

Вариант обработки препаратом	Доза полимера, % от массы почвы	Стекловидность зерна, %	Содержание клейковины в зерне, %		Растяжимость теста, см
			сырой	сухой	
Типичный карбонатный чернозём					
Контрольный, б/о	0	77	18,0	8,3	9
К-9	0,06	85	19,6	8,9	11
Дэман	0,06	100	42,9	15,6	17
Выщелоченный чернозём					
Контрольный, б/о	0	93	21,5	9,0	11
К-9	0,06	98	27,6	10,4	13
Дэман	0,06	100	44,8	16,2	20

натном чернозёме (17,9–25,8 и 26,7–31,3 ц/га корм. ед.) и сена люцерны в последствии на выщелоченном чернозёме (3,9–6,1 и 9,6–11,3 ц/га корм.ед.).

При оструктурировании орошаемого выщелоченного чернозёма водорастворимым полимером Дэман в дозе 0,06% к массе почвы урожай корнеплодов кормовой свёклы увеличился на 84,7 ц/га, ботвы – на 37 ц/га, урожай моркови – на 11,7 и 7,7 ц/га соответственно (табл. 5).

Полимерные структурообразователи способствовали повышению качества полученной продукции (табл. 6).

На всех почвенных разностях на оструктурированных полимерами вариантах стекловидность зерна яровой пшеницы была на 5–23% выше, чем на контроле. С повышением общей стекловидности зерна увеличилось в нём содержание клейковины. Так, в зависимости от почвенной разности содержание сырой клейковины составляло на контроле 18,0–2,5%, на варианте с применением полимера К-9 – 19,6–27,6%, полимера Дэман – 42,9–44,8%; сухой клейковины – соответственно 8,3–9,0%; 8,9–10,4 и 15,6–16,2%. По мере увеличения содержания клейковины в зерне улучшалась растяжимость теста.

Выводы. Искусственное оструктурирование почв с помощью полимеров Дэман и К-9 позволяет существенно повысить урожайность различных сельскохозяйственных культур, предотвратить или намного снизить ухудшение агрофизических свойств почв при орошении. Особенно высокой почвоулучшающей эффективностью обладает водорастворимый полимер Дэман. В этом отношении он по всем основным агрофизическим показателям не уступает, а по влиянию на агрофизические свойства почвы, урожайность возделываемых культур и качество

продукции значительно превосходит известный почвоулучшитель К-9. Обработка почвы полимерным структурообразователем Дэман в дозе 0,03–0,06% к массе почвы повышает содержание белка в зерне по сравнению с контролем на 2–3%, клейковины – на 4–8%, стекловидность – на 15–50%.

Таким образом, внесение полимерного структурообразователя Дэман на выщелоченный и карбонатный чернозём оказывает многостороннее действие: устраняет структурный дефицит, увеличивает мобилизацию подвижных форм азота, фосфора, что способствует большему накоплению их в растениях и улучшает качество сельскохозяйственной продукции, даёт высокие прибавки урожая полевых культур.

Исследование показало, что разные виды ВРП неодинаково влияют на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Наиболее эффективна обработка препаратом Дэман в дозах 0,03–0,06 к массе почвы.

Литература

- Захарова Е.И. Влияние водорастворимых полимеров на агрофизические и почвозащитные свойства светло-серых эродированных почв Предкамья Республики Татарстан: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Курск, 1999. 30 с.
- Куренков В.Ф. Водорастворимые полимеры акриламида // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 5. С. 48–53.
- Аверьянов О.А. Изучение почвозащитной роли полимера К-9 при поливе дождеванием // Тезисы докладов к научной конференции молодых учёных. Волгоград. 1985. С. 35–36.
- Агрофизические методы исследования почв. М.: Изд-во АН СССР, 1966. 259 с.
- Джанпейсов Р.Д. Исследование по применению полимерных соединений в борьбе с эрозией почв / Р.Д. Джанпейсов, Н.С. Попова, Б.В. Суворов [и др.]. Алма-Ата: Наука, 1988. 90 с.
- Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. Л.: Химия, 1979. 61 с.
- Рязанова А.В. Коллоидно-химические и экологические проблемы использования некоторых структурообразователей почв / А.В. Рязанова, Т.С. Красотина, В.М. Здрилик [и др.] // Почвоведение. 1992. № 5. С. 108–111.