



ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ АГРОЧЕРНОЗЕМА

Дорогая Е.С.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук,
Уфа, Россия

E-mail: ekaterina.s.dorogaya@gmail.com

Использование полимерных структурообразователей в сельском хозяйстве – перспективный метод уменьшения эрозии почв. Важным условием для применения является оценка фитотоксичности полимерной композиции. На агрочерноземе в лабораторных условиях провели исследование влияния на рост клевера красного полимерных композиций с торговыми названиями ВПРГ и ВПК-402 (ВПК). Оценивали степень влияния по изменению сухой массы верхней части растений относительно контроля. Выявили, что применение ВПРГ в дозах, соответствующих 106, 212 и 424 кг/га на 10 м³ воды, и ВПК в дозах, соответствующих 280 и 560 л/га на 10 м³ воды не оказывало токсического эффекта на прорастание и рост растения клевера красного. Вес сухой массы верхней части растений, выращенных с применением этих доз полимеров превышал контрольные значения в 1,14–1,47 раз. Использование ВПК в дозе, соответствующей 1120 г/га на 10 м³ воды, а также смесей полимеров ВПРГ и ВПК в дозах, соответствующих (106 кг/га ВПРГ)/(280 л/га ВПК) на 10 м³ воды и (424 кг/га ВПРГ)/(140 л/га ВПК) на 10 м³ воды имело отрицательное влияние на рост клевера красного: вес сухой массы верхней части растения снижался в 1,1–2,0 раза относительно контроля.

Ключевые слова: полимерные структурообразователи ♦ полиакрилонитрил ♦ полиакриламид ♦ фитотоксичность ♦ клевер красный ♦ агрочернозем

Поступила в редакцию: 07.02.2024

THE EFFECT OF POLYMER STRUCTURE-FORMING AGENTS ON THE PHYTOXICITY OF AGROCHERNOZEM

Dorogaya E.S.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russia

E-mail: ekaterina.s.dorogaya@gmail.com

The use of polymer structure-forming agents in agriculture is a promising method of reducing soil erosion. An important condition for application is the assessment of the phytotoxicity of the polymer composition. The effect of polymer compositions VPRG® (VPRG) and VPK-402® (VPK) on the growth of the *Trifolium rubens* plant was studied in the laboratory on agrochernozem. The degree of influence was assessed by the change in the dry mass of the upper part of the plants relative to the control. It was found that the use of VPRG in doses of 106, 212 and 424 kg/ha per 10 m³ of water, and VPK in doses of 280 and 560 l/ha per 10 m³ of water did not have a toxic effect on the germination and growth of the *Trifolium rubens* plant. The dry weight of the upper part of the plants grown using these doses of polymers exceeded the control values by 1.14–1.47 times. The use of VPK at a dose of 1120 g/ha per 10 m³ of water, as well as mixtures of polymers of VPRG and VPK in doses of (106 kg/ha of VPRG)/(280 l/ha of VPK) per 10 m³ of water and (424 kg/ha of VPRG)/(140 l/ha of VPK) per 10 m³ water had a negative effect on the growth of the red clover plant: the weight of the dry mass of the upper part of the plant decreased by 1.1–2.0 times relative to the control.

Keywords: polymer structure-forming agents ♦ polyacrylonitrile ♦ polyacrylamide ♦ phytotoxicity ♦ *Trifolium rubens* plant ♦ agrochernozem

Принято в печать: 22.02.2024

[Цитировать | Cite as](#)

DOI: [10.31163/2618-964X-2024-7-1-1-7](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2024-7-1-1-7) EDN: [KXUGUN](https://www.edn.ru/KXUGUN)

ВВЕДЕНИЕ

Использование полимеров в качестве структурообразователей на почвах, подверженных эрозионным процессам, является перспективным методом их защиты от деградации [Сайфуллин, 2018; Хабиров, Сайфуллин, 2018; Панова и др., 2020]. Изучено



множество составов полимеров на основе компонентов искусственного и природного происхождения для применения в качестве структурообразователей [Митрахович, Макоед, 2016; Мальцев и др., 2019; Оразжанова, 2020; Zheng et al., 2023]. В настоящее время промышленностью выпускается широкий спектр составов, которые могут быть использованы в качестве почвенных структурообразователей. Однако, решение о целесообразности внесения той или иной полимерной композиции требует предварительного тестирования в предполагаемых условиях использования. Необходимость этого обусловлена спецификой взаимодействия между почвами и молекулами полимеров, которое в значительной степени зависит от их свойств и структуры [Курочкина и др., 2013; Панова и др., 2020; Gasimova et al., 2023]. Кроме того, важным условием использования полимеров в качестве структурообразователей является их экологичность и безопасность применения в сельском хозяйстве. Наиболее эффективным методом оценки этого может служить исследование фитотоксичности почв при внесении полимерных композиций.

Полимерные композиции с торговыми марками ВПК-402 (ВПК) и ВПРГ согласно паспортам продукта [паспорт продукта (ВПК); паспорт продукта (ВПРГ)] признаны экологически безопасными для использования в качестве флокулянтов. Основой данных композиций служат полимеры, широко применяемые в сельском хозяйстве: полиакриламид [Sojka et al., 2007] (ВПК) и полиакрилонитрил [Митрахович, Макоед, 2016; Ляшенко, Гурин, 2018] (ВПРГ). Кроме того, было исследовано противоэрозионное влияние данных композиций в лабораторных условиях при экстремальных условиях дождевания агрочернозема [Дорогая, 2021; Дорогая, 2023]. Но фитотоксичность внесения ВПРГ и ВПК на почвы при использовании в качестве структурообразователей ранее не была исследована.

Целью работы была оценка влияния полимерных композиций ВПРГ и ВПК при использовании их в качестве структурообразователя на фитотоксичность агрочернозема по изменению сухой массы клевера красного относительно контроля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лабораторных условиях при температуре 18–20° в течение 30 дней проводили опыт по проращиванию клевера красного. В пластиковые сосуды без дренажа размером 16 × 12 см и глубиной 6 см помещали 500 г воздушно-сухой, очищенной от растительных остатков почвы, агрочернозема тяжелого гранулометрического состава с долей агрономически ценных фракций 74%, нейтральной реакцией среды и содержанием органического вещества 9% [Сулейманов, Сайфуллин, 2017]. На разровненной поверхности почвы размещали 1,5 г семян. Для проращивания использовали семена клевера красного, который может служить тест-культурой при определении фитотоксичности [Шабалина, Демьяненко, 2012; Абузов и др., 2023].

Для первого полива брали по 300 мл/сосуд дистиллированной воды в смеси с выбранным полимером. Применяли полимеры двух типов: анионный на основе

полиакрилонитрила (ВПРГ) и катионный на основе полиакриламида (ВПК), а также смесь этих полимеров при последовательном внесении отдельно каждого в равных порциях дистиллированной воды. Концентрацию для внесения рассчитывали, исходя из площади обрабатываемой поверхности и рекомендуемой производителем дозы 106 кг/га для ВПРГ и 280 л/га для ВПК при разведении в 10 м³. Использовали следующие концентрации: рекомендуемую производителем (С), удвоенную к рекомендуемой (С2), учетверённую к рекомендуемой (С4) и половину от рекомендуемой концентрации для ВПК (С^{1/2}). Выполнены три повторности каждого варианта. Полная схема опыта приведена в таблице 1.

Таблица 1. Схема опыта по проращиванию семян клевера красного на агрочерноземе, обработанном полимерным структурообразователем

Вариант	Полимер	Концентрация полимера: ВПРГ, г/л; ВПК, мл/л	Масса/объём полимера, ВПРГ, г; ВПК, мл
1. Контроль	нет	0	0
2. ВПРГ-С	ВПРГ	10,71	0,20
3. ВПРГ-С2	ВПРГ	21,42	0,40
4. ВПРГ-С4	ВПРГ	42,84	0,80
5. ВПК-С	ВПК	28,57	0,50
6. ВПК-С2	ВПК	57,14	1,00
7. ВПК-С4	ВПК	114,28	2,00
8. ВПРГ+ВПК С:С	ВПРГ	10,71	0,10
	ВПК	28,57	0,25
9. ВПРГ+ВПК С4:С ^{1/2}	ВПРГ	42,84	0,40
	ВПК	14,29	0,13

Сосуды расставляли в случайном порядке. Поливку осуществляли каждые три дня дистиллированной водой в объеме по 100 мл/сосуд, в течение опыта сосуды перемещали в случайном порядке для более равномерного распределения освещения. После окончания срока опыта верхнюю часть растений аккуратно срезали, высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Влияние полимерного структурообразователя на фитотоксичность оценивали по изменению среднего веса сухой массы верхней части растений относительно контроля.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проращивание семян началось на второй день опыта во всех сосудах. Средняя всхожесть по всем вариантам, в том числе на контроле и составила 95,0±1,5%. К окончанию опыта растения во всех сосудах развились до фазы прикорневой розетки листьев, но плотность травостоя визуально отличалась между сосудами.

Наибольшей сухой масса верхней части растения была получена в варианте с ВПРГ в рекомендуемой производителем концентрации (ВПРГ-С): 146,77% относительно контроля (рис. 1).

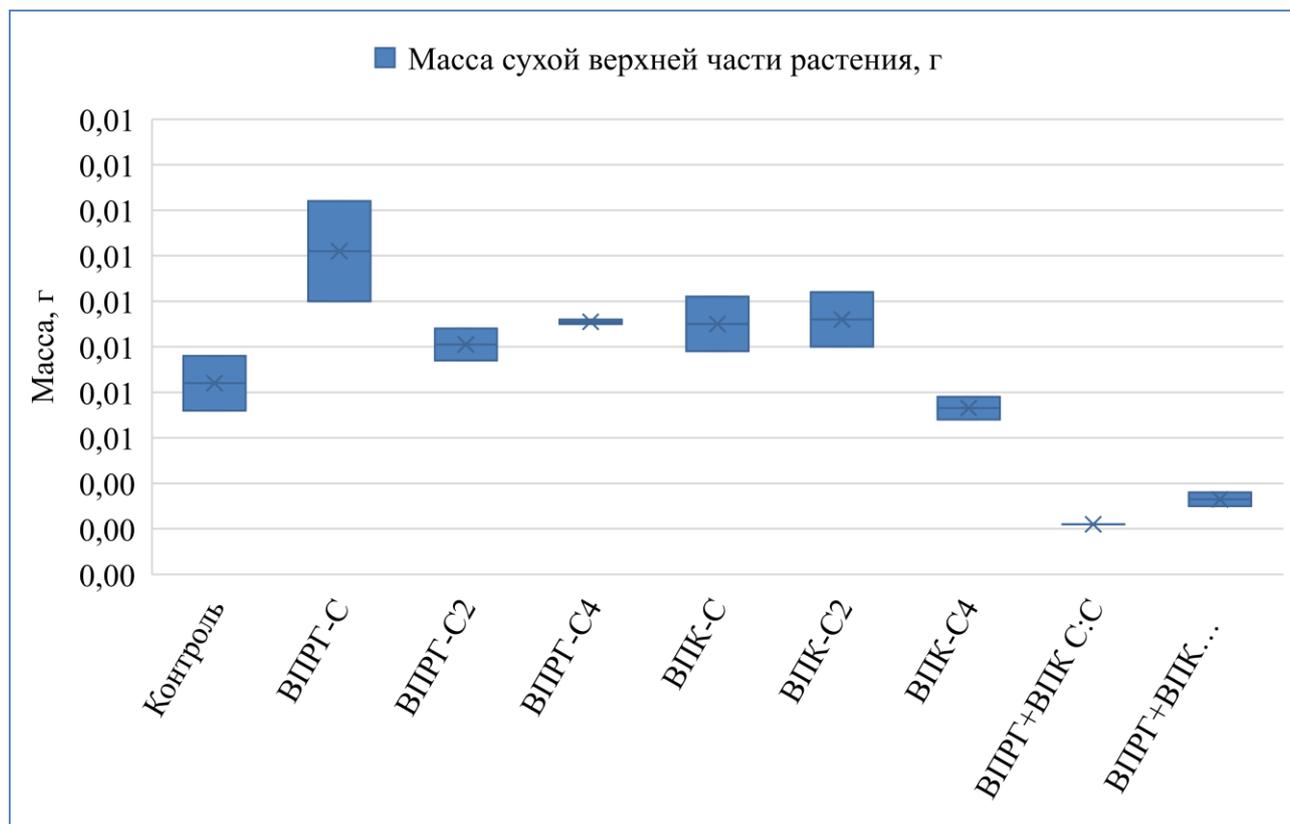


Рис. 1. Распределение сухой массы верхней части клевера красного в зависимости от варианта проращивания

В целом, при использовании в качестве структурообразователя ВПРГ во всех рассмотренных концентрациях, сухая масса растений в этих вариантах превышала сухую массу контроля. Для вариантов ВПРГ-С2 и ВПРГ-С4 она составила 113,71% и 121,77%, соответственно, относительно контроля (рис. 1).

При использовании только ВПК в концентрациях ВПК-С и ВПК-С2 сухая масса также превысила показания контроля и составила 120,97% и 122,58%, соответственно. Но при использовании самой высокой концентрации (ВПК-С4) сухая масса верхней части растений снижалась до 91,13% относительно контроля (рис. 1).

Наибольшее снижение сухой массы верхней части растений наблюдалось при использовании смесей структурообразователей: сухая масса в варианте ВПРГ+ВПК с соотношением С:С составила 50%, а в варианте с соотношением С4:С $\frac{1}{2}$ – 58,87% от контроля (рис. 1).

Как видно из полученных результатов, оба полимера при индивидуальном применении оказывали положительное или нейтральное влияние на увеличение сухой массы растений вплоть до применения высоких концентраций (С4 для ВПРГ и С2 для ВПК), что показывает отсутствие фитотоксичности их применения при проращивании семян и росте растений клевера красного. При этом наблюдаемое увеличение сухой массы относительно контроля, по-видимому, связано с влагоудерживающей способностью полимеров, позволяющей почве дольше сохранять воду [Sojka et al., 2007; Zheng et al., 2023]. Сравнение

полимеров между собой выявило, что анионный полимер на основе полиакрилонитрила (ВПРГ) был предпочтительнее для стимулирования роста клевера красного (рис. 1).

Использование одновременно катионного и анионного полимеров имеет перспективное значение в сельском хозяйстве, так как приводит к образованию более плотной почвенной корки, значительно снижающей почвенную эрозию даже по сравнению с применением тех же полимеров по отдельности. Кроме того, уменьшается количество обработок и стоимость работ в целом [Panova et al., 2021; Zhang et al, 2023]. Но в данном эксперименте смеси полимеров ВПРГ и ВПК проявили ингибирующее действие на рост клевера красного. При этом было замечено, что снижение доли ВПК в смеси приводило к меньшему угнетению развития растений (варианты ВПРГ+ВПК С:С и ВПРГ+ВПК С4:С½) (рис. 1). Учитывая то, что полимеры ВПК и ВПРГ в заданных в смесях концентрациях по отдельности не проявляли фитотоксичности, можно предположить, что ингибирующее действие на развитие растений оказывали свойства полученной смеси. Это же заключение можно сделать исходя из того, что проращивание семян во всех вариантах началось одновременно, т.е. негативное влияние смеси полимеров было направлено именно на рост растений. Возможно, это было связано с переувлажнением почвы из-за снижения испарения с поверхности через более плотную полимерную корку [Panova et al., 2021], или же полимеры препятствовали поглощению растениями воды за счет снижения водопроницаемости и уплотнения почвы [Zhang et al, 2023]. Данный вопрос является актуальным при применении полимерных материалов в сельском хозяйстве [Zheng et al., 2023], и требует более детального изучения испытываемых смесей при применении на агрочерноземе.

ВЫВОДЫ

Использование на агрочерноземе анионного полимера на основе полиакрилонитрила торговой марки ВПРГ не оказывало фитотоксического действия на проращивание и рост растения клевер красный в дозах, соответствующих 106 кг/га (ВПРГ-С), 212 кг/га (ВПРГ-С2) и 424 кг/га (ВПРГ-С4) при растворении в 10 м³ воды. Прирост сухой массы верхней части растения составил 146,77%, 113,71% и 121,77% относительно контроля для вариантов ВПРГ-С, ВПРГ-С2 и ВПРГ-С4, соответственно.

Использование на агрочерноземе катионного полимера на основе полиакриламида торговой марки ВПК-402 (ВПК) не оказывало фитотоксического действия на проращивание и рост растения клевера красного в дозах, соответствующих 280 л/га (ВПК-С) и 560 л/га (ВПК-С2) при разведении в 10 м³ воды. Прирост сухой массы верхней части растения составил 120,97% и 122,58% относительно контроля для вариантов ВПК-С и ВПК-С2, соответственно. Но использование на агрочерноземе полимера ВПК в дозе, соответствующей 1120 г/га при разведении в 10 м³ воды (ВПК-С4) оказывало фитотоксическое действие на

рост растения клевера красного: сухая масса верхней части растения для варианта ВПК-С4 составила 91,13% от контроля.

Применение на агрочерноземе смесей полимеров ВПРГ+ВПК в концентрациях, соответствующих 106 кг/280 л на гектар при разведении в 10 м³ воды (ВПРГ+ВПК С:С) и 424 кг/140 л на гектар при разведении в 10 м³ воды (ВПРГ+ВПК С4:С¹/₂) оказывало фитотоксическое влияние на рост растения клевера красного и снижало урожайность в среднем от 41,13% (для смеси С4:С¹/₂) до 50% (для смеси С:С).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абузов А.В., Дахова Е.В., Шевчук А.С., Бархатов К.А. Возможный потенциал использования различных отходов для создания биоудобрений // Инженерный вестник Дона. 2023. № 7 (103). С. 40–53.
2. Дорогая Е.С. Влияние полимера на основе полиакриланитрила на интенсивность смыва почвогрунтов // Современные проблемы биологии, наук о Земле, спорта и туризма: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию Ф.А. Максютова, Уфа, 05 декабря 2023 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2023. С. 151–154.
3. Дорогая Е.С. Использование лабораторной дождевальной установки для оценки эффективности полимерного структурообразователя // Геосфера. Современные проблемы естественных наук: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Уфа, 01 декабря 2021 года. Уфа: Башкирский государственный университет, 2021. С. 267–269.
4. Курочкина Г.Н., Пинский Д.Л., Федотов Г.Н. и др. Изменение структурной организации осадков глинистых минералов и почв под воздействием полиэлектролитов // Почвоведение. 2013. № 8. С. 993–1004. DOI: 10.7868/S0032180X13080054.
5. Ляшенко В.И., Гурин А.А. Обоснование природоохранных технологий и средств для пылеподавления поверхностей хвостохранилищ гидрометаллургического производства // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 9. С. 58–72. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-58-72.
6. Мальцев М.И., Калюта Е.В., Маркин В.И., Катраков И.Б. Применение химически модифицированного растительного сырья в качестве структурообразователей почвы // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 355–362. DOI: 10.14258/jcprm.2019046466.
7. Митрахович А.И., Макоед В.М. Использование мелиорантов-структурообразователей для фильтрующих засыпок // Мелиорация. 2016. № 3 (77). С. 21–25.
8. Оразжанова Л.К., Касымова Ж.С., Мусабаева Б.Х., Кливенко А.Н. Структурирование почв в присутствии интерполимерного комплекса хитозан–полиакриловая кислота // Почвоведение. 2020. № 12. С. 1498–1507. DOI: 10.31857/S0032180X20120096.
9. Панова И.Г., Ильясов Л.О., Хайдапова Д.Д. и др. Полиэлектролитные гели для стабилизации песчаной почвы против ветровой эрозии // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2020. Т. 62, № 5. С. 364–371. DOI: 10.31857/S2308113920050101.
10. Паспорт продукта (ВПРГ): <http://15rosneft.ru/dobavki-dlya-burovyx-rastvorov/reagent-vprg.html>, обращение от 25.01.2024.
11. Паспорт продукта (ВПК): https://www.europolimers.ru/f/pb_po_vpk-402_polnostyu.pdf, обращение от 25.01.2024.

12. Сайфуллин Р.Р. Некоторые вопросы использования полимерных структурообразователей почв // Аллея науки. 2018. Т. 2. № 8 (24). С. 385–388.
13. Сулейманов Р.Р., Сайфуллин И.Ю. Изменение физических свойств почвы при внесении фосфогипса и помета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 2. С. 164–169.
14. Хабиров И.К., Сайфуллин Р.Р. Влияние высокомолекулярных водорастворимых полимеров на агрофизические свойства почв и продуктивность сельскохозяйственных культур при их применении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 8–11.
15. Шабалина О.М., Демьяненко Т.Н. Оценка применимости некоторых двудольных и однодольных растений для фитотестирования городских почв // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 103–113.
16. Gasimova G.Sh., Gasimzade L.Kh., Lalayeva R.N., et al. About the development, application and innovations of polymer composites // Azerbaijan Chemical Journal. 2023. No. 2. P. 186–200. DOI: [10.32737/0005-2531-2023-2-186-200](https://doi.org/10.32737/0005-2531-2023-2-186-200).
17. Panova I.G., Ilyasov L.O., Khaidapova D.D., et al. Soil conditioners based on anionic polymer and anionic micro-sized hydrogel: A comparative study // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2021. V. 610. 125635. DOI: [10.1016/j.colsurfa.2020.125635](https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125635).
18. Sojka R.E., Bjerneberg D.L., Entry J.A., et al. Polyacrylamide in Agriculture and Environmental Land Management. In: Advances in Agronomy. Ed. by Donald L. Sparks. Academic Press. 2007. V. 92. P. 75–162. DOI: [10.1016/S0065-2113\(04\)92002-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)92002-0).
19. Zhang H., Wang G., Du J., et al. Effects of several polymeric materials on the improvement of the sandy soil under rainfall simulation // Journal of Environmental Management. 2023. V. 345. 118847. DOI: [10.1016/j.jenvman.2023.118847](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118847).
20. Zheng H., Mei P., Wang W., et al. Effects of super absorbent polymer on crop yield, water productivity and soil properties: A global meta-analysis // Agricultural Water Management. 2023. V. 282. 108290. DOI: [10.1016/j.agwat.2023.108290](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108290).

Цитировать как

Дорогая Е.С. Влияние применения полимерных структурообразователей на фитотоксичность агрочернозема // Экобиотех, 2024, Т. 7 № 1. С. 1-7. DOI: [10.31163/2618-964X-2024-7-1-1-7](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2024-7-1-1-7) EDN: KXUGUN

Cited as

Dorogaya E.S. The effect of polymer structure-forming agents on the phytotoxicity of agrochernozem. *Ekobiotech*. 2024, V. 7 (1). P. 1-7. DOI: [10.31163/2618-964X-2024-7-1-1-7](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2024-7-1-1-7) EDN: KXUGUN (In Rus.)