

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОПОГЛОЩАЮЩИХ СОРБЕНТОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЦЧР

THE INFLUENCE OF WATER-ABSORBING SORBENTS ON SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY AND BARLEY YIELD IN CENTRAL RUSSIA

Лукин А.Л.¹ – доктор с.-х. наук, профессор, зав. каф. биологии и защиты растений

Мараева О.Б.¹ – кандидат биол. наук, доцент

Кузнецов В.А.² – доктор хим. наук, профессор

Лавлинская М.С.² – кандидат хим. наук

Останкова И.В.² – инженер

Селеменев В.Ф.² – доктор хим. наук, профессор

Семенов В.Н.² – доктор хим. наук, профессор

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I»

394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1

E-mail: loukine@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный университет»

394018, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

Для повышения уровня производства растениеводческой продукции необходимо интенсифицировать формирующие урожай факторы, одним из которых является показатель запаса влаги. Представляет интерес изучение возможности увеличения запаса продуктивной влаги и ее сохранение в прикорневой зоне растений путем размещения в семенном ложе гранул влагоудерживающего сорбента. Задача создания экологически безопасных сорбентов с высокой водоудерживающей способностью актуальна и требует решения. Влагоудерживающий абсорбент – полимерный материал, содержащий в структуре сетки биodeградируемые фрагменты, был получен при радикальной полимеризации в присутствии окислительно-восстановительной системы. Образцы абсорбента содержали гуминовые кислоты, микроорганизмы, микроэлементы. Результаты исследований, представленные в статье, демонстрируют влияние влагоудерживающего абсорбента на показатели урожайности ячменя. Получены результаты влияния абсорбентов различного типа на численность микроорганизмов почвы, ферментативную активность и изменение коэффициента минерализации.

Ключевые слова: гидрофильный материал со свойствами супер-абсорбента, набухание, минеральные добавки, гуминовые кислоты, урожайность ячменя.

Введение

Воронежская область, входящая в состав Центрально-Черноземного региона (ЦЧР), занимает одно из лидирующих мест в производстве сельскохозяйственной продукции.

Для повышения уровня производства растениеводческой продукции необходимо интенсифицировать формирующие урожай факторы, одним из которых является показатель

Lukin A.L.¹ – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Biology and Plant Protection

Maraeva O.B.¹ – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Kuznetsov V.A.² – Doctor of Chemical Sciences, Professor

Lavinskaya M.S.² – Candidate of Chemical Sciences

Ostankova I.V.² – Engineer

Selemenov V.F.² – Doctor of Chemical Sciences, Professor

Semenov V.N.² – Doctor of Chemical Sciences, Professor

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education

«Voronezh State Agricultural University» 1, Michurina str., Voronezh 394087, Russia

E-mail: loukine@mail.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education

«Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter I» 1, Universitetskaya pl., Voronezh, 394018, Russia

To increase the level of crop production, it is necessary to intensify crop-forming factors, one of which is the moisture reserve indicator. So, there have been studied possibilities of increasing productive moisture reserves and its retention at root zones using granules of water-retaining sorbents. The creation of environmentally safe sorbents with high water-retaining capacity is actual and necessary. An absorbent is a polymer containing biodegradable fragments; it was obtained by radical polymerization under the conditions of oxidation-reduction system. Samples of the absorbent contained humic acids, microorganisms, microelements. The results of the studies given in the article demonstrate the influence of moisture-retaining absorbent on barley yields and on the number of soil microorganisms, enzymatic activity and changes in the mineralization ratio.

Keywords: hydrophilic material with superabsorbent properties, mineral additives, humic acids, barley yield.

запаса влаги [2]. Однако в последние десятилетия все значительнее проявляются климатические процессы, связанные с глобальным потеплением на нашей планете с увеличивающейся продолжительностью засух [3]. Известно, что высокие урожаи культур формируются при влажности 60-70% от наименьшей полевой влагоемкости (НВ), недостаток влаги может существенно сказываться на развитии растений. При этом, например, на формирование

Таблица 1. Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в месте проведения эксперимента

Содержание гумуса, %	PH _{kcl}	Mг-экв на 100 г почвы		V, %	Содержание мг/кг	
		Hr	S		P ₂ O ₅	K ₂ O
3,25	5,53	5,6	27,3	80,2	165	94

1 т биомассы колоса и зерна растениями пшеницы и ячменя используется до 450 л воды, что позволяет собрать урожай зерна около 5 т/га.

Влага, проникающая в почву и создающая там продуктивный запас, накапливается в различных количествах в зависимости от агрофизических свойств почвы, оптимизация которых способствует улучшению ее пористости и, соответственно, накоплению влаги. В среднем, количество продуктивной влаги, поступающей с осадками в ЦЧР, составляет около 400 м³ /га, что является одним из ограничивающих факторов формирования урожая, а большинство используемых в настоящее время способов полива являются достаточно затратными, что сказывается на себестоимости производимой продукции.

Представляет интерес изучение возможности увеличения запаса продуктивной влаги и ее сохранение в прикорневой зоне растений путем размещения в семенном ложе гранул влагоудерживающего сорбента. Применяемые в сельском хозяйстве сорбенты имеют недостаток, связанный с длительным сроком биodeградации в почве (до 300 лет), что представляет серьезную опасность для окружающей среды. Поэтому, задача создания экологически безопасных сорбентов с высокой водоудерживающей способностью, актуальна и требует решения.

Методика

Синтез полимерного материала – сорбента со свойствами суперабсорбента (СА) осуществляли согласно известным методам [7]. Путем добавления неорганических и органических веществ в реакционную массу (4:1 масс) на последнем этапе полимеризации нами получены модификации полимеров. ИК-спектры образцов СА получены на ИК-спектрометре с Фурье-преобразователем *Bruker Vertex 70*. Сорбенты, полученные при концентрации сшивающего агента 2%, называли «редкосшитые» (РС), а сорбенты, полученные при концентрации сшивающего агента 10%, были названы «среднесшитые» (СС).

Для изучения влияния сорбента на урожайность ячменя в 2015-2017 годах был заложен микроделяночный опыт на территории ботанического сада ВГАУ имени Б.А. Келлера. Варианты опыта в пятикратной повторности были размещены по схеме: 1. Контроль + ячмень; 2. Контроль + «Аквасорб» 20 кг/га; 3. РС 20 кг/га; 4. РС 20 кг/га + М.О.; 5. РС 20 кг/га + Микроэлементы; 6. РС 200 кг/га; 7. СС 20 кг/га; 8. СС 20 кг/га + Гум. кисл.; 9. СС 200 кг/га.

В качестве неорганических веществ на матрице абсорбента были использованы ЭДТА растворимые формы микроэлементов из известных препаратов в количестве 5 мг/г сорбента. Микроорганизмы промышленно производящихся препаратов брали в количестве 10 г/кг сорбента. Органические кислоты из озерного сапропеля применяли для получения варианта сорбента №8 в количестве 10%.

Численность аммонифицирующих микроорганизмов, микробиоты, участвующей в разложении безазотистых соединений почвы, а также ферментативную активность почвы определяли по методикам [6]. Почва в месте проведения

эксперимента относится к чернозему выщелоченному (табл. 1).

Результаты

Образцы полимерных материалов – сорбентов со свойствами суперабсорбента (СА), содержащие в структуре сетки биodeградируемые фрагменты были синтезированы в присутствии окислительно-восстановительной системы. Соотношение биodeградируемых компонентов: мономер: сшивающий агент варьировали в интервале (масс. частей) 0.05-0.2: 0.8-0.98: 0.01-0.1.

При создании СА, содержащего в своей структуре микроэлементы Fe²⁺, Mn²⁺ и Zn²⁺, их вводили в мономерную смесь на стадии полимеризации.

Структуру синтезированных образцов подтверждали по данным ИК-спектров. В ИК-спектре полимерного материала без добавок микроэлементов и гуминовых кислот присутствуют полосы поглощения при 1647 и 1605 см⁻¹, соответствующие валентным колебаниям С=О-группы (амид I) и NH₂-группы (амид II) амидных фрагментов [1]. Широкие полосы поглощения при 3180-3300 см⁻¹ показывают наличие ОН и NH₂-групп биodeградируемого компонента [7]. В ИК-спектрах образцов СА, содержащих добавки, наблюдается смещение характеристических полос поглощения, что подтверждает взаимодействие и образование ассоциатов функциональными группами макромолекул полимера с добавками, вводимыми в полимеризационную массу. В связи с этим, полученные сорбенты могут использоваться не только в качестве «резервуаров» для воды, но и как минеральные или органические удобрения.

Погодные условия вегетационного периода 2015 года в условиях эксперимента оценивались, в целом, как недостаточно благоприятные для выращивания ячменя. Количество осадков за вегетационный период составило около 110 мм, что составило около 70% от среднегодовой нормы. В связи с этим всходы ячменя появлялись не дружно и были заметно изрежены. Существенную роль оказал недостаток влаги, сформировавшийся в почве к моменту посева семян, что привело, в конечном итоге, к незначительному формированию продуктивного запаса влаги (около 950 т/га), что позволило получить только 1,1 т/га зерна.

Погодные условия вегетационного периода 2016-2017 годов в условиях проведения опыта оценивались как более благоприятные, но все же недостаточные для выращивания ячменя. Количество осадков за вегетационный период составило около 130 мм, или 80% от среднегодовой нормы. Это привело, в конечном итоге, к незначительному формированию продуктивного запаса влаги (около 2300 т/га), что обеспечило урожай ячменя около 3 т/га.

При изучении биологической активности почвы и использовании сорбентов с различными характеристиками представляло интерес выявить численность некоторых групп микроорганизмов и их влияние на процесс минерализации органического вещества почвы, что является важным показателем плодородия, а также установить активность фермента каталазы, характеризующего уровень общей биологической активности почвы. Активность каталазы в

Таблица 2. Биологическая активность почвы и урожай ячменя (2015-2017 годы)

Варианты	Фазы развития ячменя																Урожай т/га
	До посева				кущение				трубкование				уборка				
	МПА	КАА	КАА/МПА	каталаза	МПА	КАА	КАА/МПА	каталаза	МПА	КАА	КАА/МПА	каталаза	МПА	КАА	КАА/МПА	каталаза	
1	13,0	7,0	0,5	1,1	9,0	11,0	1,2	1,5	7,0	5,0	0,7	3,3	7,0	11,0	1,6	3,3	2,1
2	29,0	35,0	1,2	1,2	14,0	17,0	1,2	1,4	19,0	21,0	1,1	3,6	19,0	25,0	1,3	3,8	3,8
3	15,0	17,0	1,1	1,1	10,0	13,0	1,3	1,8	10,0	19,0	1,9	3,7	14,0	17,0	1,2	3,6	2,8
4	25,0	30,0	1,2	1,1	21,0	31,0	1,4	1,5	27,0	28,0	1,0	3,3	15,0	19,0	1,3	3,8	3,6
5	13,0	10,0	0,8	1,2	15,0	19,0	1,3	1,6	18,0	7,0	0,4	3,8	17,0	21,0	1,2	4,1	2,8
6	16,0	19,0	1,2	1,1	16,0	17,0	1,1	1,5	20,0	29,0	1,4	3,7	11,0	13,0	1,2	3,5	2,5
7	18,0	20,0	1,1	1,2	19,0	16,0	0,8	1,5	17,0	16,0	0,9	4,3	11,0	15,0	1,4	3,8	3,4
8	27,0	31,0	1,1	1,1	18,0	11,0	0,6	1,5	15,0	19,0	1,3	3,8	19,0	14,0	0,7	3,5	3,8
9	21,0	25,0	1,2	1,2	19,0	28,0	1,5	1,7	28,0	33,0	1,2	4,2	25,0	23,0	0,9	3,8	3,1
НСР 0,05=0,34 т/га																	

Каталаза (мл 0,1М КМnO₄ на 1г почвы за 20 мин)

каждой фазе развития во всех вариантах варьировала крайне незначительно и к фазе уборки достигала своего максимального значения, что согласовывалось с данными [4; 5]. В вариантах с внесением сорбентов численность аммонифицирующих бактерий и бактерий, использующих минеральные формы азота, возрастала. Данные, представленные в таблице 2, демонстрируют некоторые биологические характеристики почвы и показатели урожайности ячменя в 2015-2017 годах. В фазе кушения и трубкавания высокая численность обеих групп микроорганизмов была обнаружена в варианте № 4. В почву варианта № 8 с сорбентом были внесены гуминовые вещества. Они увеличивают поглотительную способность почвы, способствуют накоплению элементов почвенного плодородия и образованию водопрочной структуры.

Результаты наших исследований показали положительный эффект воздействия сорбента с

гуминовыми кислотами на численность аммонифицирующих бактерий. На всех этапах развития ячменя численность этой группы бактерий варианта 8 в 2 раза превосходила их количество в контрольном варианте.

Выводы

Таким образом, полученные сорбенты способны за счет удерживаемой влаги обеспечивать формирование дополнительного урожая ячменя. Применение сорбента в дозе 20 кг/га привело к повышению урожая в 1,9 раза. Максимальный урожай на опытных делянках имел разницу с контролем более чем в 2,5 раза, что обусловлено контрастностью режима поступления и содержания влаги в почве. Биологическая активность почвы заметно варьировала и по сравнению с контролем изменялась у фермента каталазы в 1,1-1,5 раз, причем имела тенденция ее увеличения к концу вегетации растений.

ЛИТЕРАТУРА

- Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Пер. с англ. под ред. Ю.А. Пентина. М.: ИЛ, 1963. – 592 с.
- Кадыров С.В., Федотов В.А. Технологии программированных урожаев в ЦЧР: справочник / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж: 2005. – 544с.
- Роде А.А. Избранные труды. Основы учения о почвенной влаге/ Изд-во: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008 – 664с.
- Селявкин С.Н.; Мараева О.Б., Лукин А.Л. Биохимические и микробиологические показатели биологической активности почвы. /В сборнике «Организация и регуляция физиолого-биохимических процессов» Вып.17, ВГУ, Воронеж, 2015. – С.185-188
- Селявкин С.Н.; Мараева О.Б., Лукин А.Л. Некоторые свойства выщелоченного чернозёма. Международный научный журнал «Молодой учёный»/ № 6.5 Тюмень 2016, стр38-40.
- Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии/ Ф.Х. Хазиев. – Москва: Наука, 1990. – 246 с.
- Кузнецов В.А., Селеменев В.Ф., Семенов В.Н., Бакалова М.В. Способ получения гидрофильного сшитого полимера со свойствами суперсорбента. Патент РФ № 2574722. Опубл. 10.02.2016. Б.И. No 4.

REFERENCES

- Bellami L. Infrakrasnye spektry slozhnykh molekul / Per. s angl. pod red. YU.A. Pentina. M.: IL, 1963. – 592 s.
- Kadyrov S.V., Fedotov V.A. Tekhnologii programirovannykh urozhayev v CCHR: spravochnik / S.V. Kadyrov, V.A. Fedotov. – Voronezh: 2005. – 544s.
- Rode A.A. Izbrannyye trudy. Osnovy ucheniya o pochvennoy vlage Izd-vo: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva, 2008 – 664s.
- Selyavkin S.N.; Maraeva O.B., Lukin A.L. Biohimicheskie i mikrobiologicheskie pokazateli biologicheskoy aktivnosti pochvy. /V sbornike «Organizaciya i regulaciya fiziologo-biohimicheskikh processov» Vyp.17, VGU, Voronezh, 2015. – S.185-188
- Selyavkin S.N.; Maraeva O.B., Lukin A.L. Nekotorye svoystva vyshchelochennogo chernozyoma. Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Molodoy uchyonyy» № 6.5 Tyumen' 2016, str38-40.
- Haziev F.H. Metody pochvennoy ehntzimologii/ F.H. Haziev. – Moskva: Nauka, 1990. – 246 s.
- Kuznecov V.A., Selemenov V.F., Semenov V.N., Bakalova M.V. Sposob polucheniya gidrofil'nogo sshitogo polimera so svoystvami superabsorbenta. Patent RF № 2574722. Opubl. 10.02.2016. B.I. No 4.