

Таблица 3 – Влияние некорневой подкормки на содержание белка в зерне яровой пшеницы

Вариант	Фаза развития (ДК)	Содержание белка в зерне, % в абсолютно сухом веществе				Превышение контроля, %
		годы			среднее	
		2017	2018	2019		
$P_{60} + K_{30}$ (осенью), N_{90} (предпосевная культивация) + N_{30} (фаза кущения) = 120 кг/га – фон	контроль	13,8	14,0	14,0	13,9	–
Фон – N_{10}	«флаг-лист» (ДК 39)	13,9	14,0	14,0	14,0	0,7
Фон – N_{15}		13,9	14,1	14,0	14,0	0,7
Фон – N_{20}		14,0	14,1	14,0	14,0	0,7
Фон – N_{10}	цветение (ДК 61–69)	13,8	14,0	14,0	13,9	–
Фон – N_{15}		13,7	14,0	14,0	13,9	–
Фон – N_{20}		14,0	14,2	14,2	14,1	1,4
Фон – N_{10}	начало формирования зерна (ДК 71)	14,0	14,1	14,3	14,1	1,4
Фон – N_{15}		14,0	14,5	14,7	14,4	3,6
Фон – N_{20}		14,4	15,0	15,2	15,0	7,9
Фон – N_{10}	начало молочной спелости (ДК 73–77)	14,1	14,4	14,5	14,1	1,4
Фон – N_{15}		14,0	14,4	14,8	14,3	2,8
Фон – N_{20}		14,1	15,0	15,1	14,7	5,7
НСР ₀₅					0,27	

- Влияние азотных удобрений и защиты от болезней на урожайность и качество новых сортов яровой пшеницы / Г. В. Будевич [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2004. – № 4. – С. 62–66.
- Вильдфлуш, И. Р. Урожайность и качество яровой пшеницы при комплексном применении минеральных удобрений, микроэлементов и новых регуляторов роста / И. Р. Вильдфлуш, К. А. Гурбан // Почва – удобрение – плодородие: материалы междунар. науч. – практ. конф., Минск, 1999 г. / Ин-т агрохимии и почвоведения, редкол.: И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1999. – С. 84–85.
- Воллейдт, Л. П. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна пшеницы / Л. П. Воллейдт // Пути повышения урожайности зерновых колосовых культур. – М., 1966. – С. 39–48.
- Воллейдт, Л. П. Поступление и использование азота (N_{15}) на синтез белка в зерне озимой пшеницы / Л. П. Воллейдт, С. С. Кузнецова // Сельскохозяйственная биология. – 1974. – № 4. – С. 505–509.
- Гусаков, В. Г. Сущность, средства и факторы интенсификации сельского хозяйства / В. Г. Гусаков, А. П. Святогор // Изв. НАН Беларуси. – 2005. – № 2. – С. 2–15.
- Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак; Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 184 с.
- Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / А. В. Гостев [и др.]. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – 87 с.

УДК 631.95:631.445.24

Влияние водорастворимого полимера на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы

А. Р. Цыганов, академик НАН Беларуси
 Белорусский государственный технологический университет
 Г. А. Чернуха, кандидат с.-х. наук
 Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 10.07.2019 г.)

В результате проведенных исследований установлено, что обработка дерново-подзолистой суглинистой почвы многофункциональным водорастворимым полимером в дозах 10–1000 мг/кг (0,001–0,1 %) не оказала влияния на ее агрохимические свойства. Применение полимера в дозе 10 мг/кг повысило урожайность сельскохозяйственных культур на 13,5 и 12,9 % и снизило переход цезия-137 из почвы в растения на 12,5 и 16,7 %. Обработка почвы полимером в дозах 250 и 1000 мг/кг привела к полному подавлению ростовых процессов в семенах как исследуемых культур, так и сорняков.

As a result of the research, it was established that the treatment of sod-podzolic loamy soil with multifunctional water-soluble polymer in doses of 10–1000 mg/kg (0,001–0,1 %) did not affect its agrochemical properties. The use of polymer at a dose of 10 mg/kg increased crop yields by 13,5 and 12,9 % and reduced the transition of cesium-137 from soil to plants by 12,5 and 16,7 %. Treatment of the soil with polymer at doses of 250 and 1000 mg/kg led to the complete suppression of growth processes in the seeds, both in the studied cultures and in weeds.

Введение

В комплексе мер, направленных на повышение и стабилизацию урожайности сельскохозяйственных культур, важное место занимает рациональное использование химических мелиорантов и в том числе полимерных препаратов. Исследования по применению полимерных препаратов для обработки почвы ведутся уже много десятилетий, однако особый интерес к полимерам-структурообразователям проявился относительно недавно вследствие развития химии высокомолекулярных соединений. Новые водорастворимые органические полимеры применяются по новым технологиям, которые значительно упростили проблемы, возникавшие при применении полимеров более раннего поколения. В частности, они характеризуются большими молекулярными массами, в сотни раз превосходящими молекулярные массы предшественников, что позволяет соответственно уменьшить их дозу для обработки почвы. К настоящему времени достаточно полно изучено влияние обработки почвы полимерами на продуктивность сельскохозяйственных культур, агрофизические и почвозащитные свойства почвы. И значительно меньше изучено влияние обработки почвы полимерами на ее агрохимические свойства.

Цель нашей работы – изучить влияние обработки дерново-подзолистой суглинистой почвы водорастворимым полимером на ее агрохимические свойства.

Материал и методика исследований

Исследования проводили в полевом мелкоделянчном опыте в течение двух лет. Почва опытного участка дерново-подзолистая суглинистая, характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН в КСl – 6,4, содержание гумуса – 1,93 %, содержание подвижного фосфора и калия – 300,2 и 347,3 мг/кг почвы соответственно. Ее поверхностная плотность загрязнения по цезию-137 составляла в среднем 270 кБк/м² (7,3 Ки/км²). Общая площадь опытной делянки составляла 9 м², учетная – 6 м². Повторность опыта четырехкратная. Размещение делянок – рендомизированное.

Схема опыта включала 5 вариантов: контроль, где полимер не применялся, и 4 варианта с дозами от 10 до 1000 мг полимера на единицу массы пахотного слоя почвы (таблица 1). Выбор диапазона доз обусловлен тем, что еще советскими учеными было установлено, что полимеры (полиакриламид, препараты серии «К» и др.), начиная с дозы 0,05, чаще всего 0,1 % от массы почвы (что соответствует 500 и 1000 мг/кг), являются эффективными агрегаторами почвы. В связи с этим оказывают влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

С другой стороны, нами ранее экспериментально было установлено, что наиболее эффективными при обработке дерново-подзолистой песчаной почвы изучаемым полимером оказались дозы 10 и 20 мг/кг [1].

Обработка почвы полимером производилась однократно – в первый год перед севом с помощью ранцевого опрыскивателя с последующей заделкой его на глубину пахотного слоя культиватором. Химическое название действующего вещества полимера – поли-N, N-диметил-3,4-диметилен-пирролидиний хлорид (ПДМППГ). Он имеет линейную структуру с положительным зарядом на каждом звене молекулы и противоионом Cl, его эмпирическая формула (C₈H₁₆NCl)_n. ПДМППГ, как и его производные, – это новый класс искусственных соединений, которые по структуре подобны природным соединениям.

Исследования проводили на фоне полного минерального удобрения в первый год с горохо-овсяной смесью, во второй – с озимой пшеницей.

Отбор проб почвы и растений, определение в них содержания цезия-137, определение агрохимических показателей почвы проводили в соответствии со стандартными методиками.

Результаты исследований и их обсуждение

Наиболее важным показателем плодородия почвы является уровень содержания в ней необходимых растений элементов питания, которые могут быть использованы на формирование урожая. Максимальная урожайность сельскохозяйственных культур достигается лишь при полном гармоничном соответствии внешних факторов и уровня содержания элементов питания в почве с внутренней физиологической потребностью в них растений. Для обеспечения стабильного роста урожайности сельскохозяйственных культур важнейшей задачей земледельцев должно быть поддержание уровня эффективного плодородия почв.

В таблице 1 представлены результаты изучения влияния обработки почвы полимером на ее агрохимические свойства.

Кислотность почвы является интегральным показателем целого комплекса свойств почвы, от которых зависит ее плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур.

Исходя из того, что кислотность 15 % водного раствора полимера находится в пределах 7–8, то можно предположить, что обработка почвы полимером не приведет к увеличению ее кислотности, что подтверждают полученные результаты. Исходные значения кислотности почвы находились в пределах от 6,27 до 6,59. К концу

Таблица 1 – Влияние обработки почвы полимером на ее агрохимические свойства

Вариант	рН _{КСl}			Гумус, %			Подвижные формы, мг/кг					
							P ₂ O ₅			K ₂ O		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Контроль	6,40	6,50	6,46	1,95	2,02	1,95	221,6	220,4	219,2	355,0	297,3	318,5
10 мг/кг	6,59	6,65	6,63	1,92	2,05	1,97	209,2	220,9	223,0	328,3	295,1	304,8
50 мг/кг	6,30	6,47	6,49	1,92	2,03	2,02	202,3	225,8	224,1	326,5	306,4	315,0
250 мг/кг	6,27	6,62	6,41	1,88	1,94	1,97	199,5	215,4	220,9	351,2	345,1	354,7
1000 мг/кг	6,44	6,62	6,56	1,97	2,02	2,00	218,9	219,4	220,2	374,5	370,9	371,4
НСР ₀₅	–	0,14	0,18	–	0,22	0,25	–	11,8	20,1	–	43,8	35,1

Примечание – Агрохимические показатели: перед закладкой опыта (1), после уборки урожая в первый год (2), после уборки урожая во второй год (3).

первого вегетационного периода значения рН несколько повысились во всех вариантах опыта и составляли 6,47–6,65. Отклонения от исходных значений составили: в контроле – 0,10, в вариантах с применением полимера – от 0,06 до 0,35. На второй год после уборки урожая значения рН были в пределах 6,46–6,64, а отклонения от исходных значений при этом достигали от 0,03 до 0,06. Как в первый, так и второй год исследований значения рН в вариантах с применением полимера незначительно отличались от значений в контрольном варианте, где полимер не вносился. Таким образом, за период наблюдений не выявлено изменения значений рН под влиянием обработки почвы полимером.

Запасы органического вещества традиционно служат основным критерием оценки почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы. Содержание гумуса в почве перед закладкой опыта находилось в пределах 1,88–1,97 %. К концу первого вегетационного периода оно незначительно изменилось как в контроле, где полимер не использовался, так и в большинстве вариантов с применением полимера. В конце вегетационного периода второго года исследований данный показатель составлял 1,93–2,02 %. Статистическая обработка полученных результатов не выявила существенных различий между вариантами опыта.

Фосфор и калий являются главными элементами питания растений. Исходное содержание подвижного фосфора в почве опытного участка находилось в пределах 218,9–222,3 мг/кг, что близко к оптимальному для данного типа почв. К концу первого года исследований оно изменилось незначительно и составляло 215,4–225,8 мг/кг, а на второй год исследований осталось на прежнем уровне. Содержание подвижного калия в почве было выше оптимального. Его исходное содержание перед закладкой опыта изменялось от 326,5 до 374,5 мг/кг почвы, в конце первого года исследований после уборки урожая – в пределах 395,1–370,9 мг/кг, второго – 304,8–371,4 мг/кг. Таким образом, обработка почвы полимером не снижала содержание подвижного фосфора и калия в почве.

Изучалось также влияние обработки почвы полимером на содержание в ней подвижных соединений микроэлементов (таблица 2).

Содержание меди в большинстве вариантов опыта, где применялся полимер, было несколько выше, чем в контрольном варианте. Однако полученные результаты не позволяют выявить влияние доз полимера на содержание подвижных соединений меди. Содержание подвижных соединений цинка, марганца и железа прак-

тически не отличалось от их содержания в контрольном варианте.

Урожайность сельскохозяйственных культур и накопление растениями радионуклидов из почвы в значительной степени зависит от ее агрохимических свойств. Как правило, чем выше плодородие, тем выше урожайность и слабее поглощение растениями радионуклидов [2–5]

В таблице 3 приведены результаты исследований по влиянию обработки дерново-подзолистой суглинистой почвы водорастворимым полимером на урожайность и параметры накопления цезия-137 в растениеводческой продукции.

Анализ полученных результатов показал, что в первый год исследований прибавка урожая зеленой массы за счет обработки почвы водорастворимым полимером была получена в варианте с дозой полимера 10 мг/кг почвы, которая составила 13,5 % относительно контрольного варианта. При обработке почвы полимером в дозе 50 мг/кг наблюдалось снижение урожайности на 10,4 %, однако различия с контрольным вариантом не превышали значения НСР₀₅. Обработка почвы полимером в дозах 250 и 1000 мг/кг привела к полному подавлению ростовых процессов как в исследуемых культурах, так и сорняках, т. е. в таких дозах полимер действует как гербицид. Это обусловлено тем, что ПДМПГ – это фитоактивный полимер, оказывающий влияние на рост и развитие растений. Из литературных источников известно, что большинство регуляторов роста растений проявляют стимулирующую активность в достаточно узком диапазоне концентраций, превышение которых приводит к ингибированию и даже гибели растений [8].

За счет последствия полимера на второй год прибавки урожая зерна озимой пшеницы составили 12,9 и 15,1 % в вариантах с дозами внесения 10 и 50 мг/кг соответственно. В вариантах с более высокими дозами полимера по-прежнему наблюдалось подавление ростовых процессов.

Таблица 2 – Влияние обработки почвы полимером на содержание микроэлементов

Вариант	Содержание, мг/кг			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Контроль	0,962	1,958	276,8	1277,6
10 мг/кг	1,147	1,929	283,5	1308,2
50 мг/кг	0,902	1,900	260,1	1312,9
250 мг/кг	1,118	2,031	297,8	1275,7
1000 мг/кг	1,135	1,799	256,8	1350,9
НСР ₀₅	0,168	0,113	43,4	112,6

Таблица 3 – Урожайность и параметры накопления цезия-137 в растениеводческой продукции

Вариант	Урожайность, ц/га				Кп Cs-137			
	горохо-овсяная смесь (зеленая масса)		озимая пшеница (зерно)		горохо-овсяная смесь (зеленая масса)		озимая пшеница (зерно)	
	ц/га	прибавка, %	ц/га	прибавка, %	Бк/кг: кБк/м ²	снижение, %	Бк/кг: кБк/м ²	снижение, %
Контроль	325,4	–	36,4	–	0,40	–	0,018	–
10 мг/кг	369,3	13,5	41,1	12,9	0,35	12,5	0,015	16,7
50 мг/кг	291,7	–10,4	41,9	15,1	0,37	7,5	0,016	11,1
250 мг/кг	–	–	–	–	–	–	–	–
1000 мг/кг	–	–	–	–	–	–	–	–
НСР ₀₅	39,0	–	4,5	–	–	–	–	–

Полученные данные согласуются с результатами многочисленных исследований, в которых было установлено, что применение полимеров-структурообразователей увеличивает урожай сельскохозяйственных растений на 10–40 % [3, 6, 7].

В задачи исследований также входило определение влияния полимера на параметры перехода цезия-137 из почвы в растения. Приведенные в таблице 3 значения коэффициентов перехода (K_p) показали, что в первый год минимальное значение K_p было в варианте с дозой полимера 10 мг/кг, которое составляло 0,35. Снижение этого показателя относительно контроля составляло 12,5 %. В варианте с дозой полимера 50 мг/кг значение K_p было ниже, чем в контроле, но выше, чем в предыдущем варианте. На второй год в этих же вариантах значения K_p были ниже, чем в контрольном варианте, где полимер не использовался, на 16,7 и 11,1 % соответственно. Как в первый, так и второй год исследований наблюдалась следующая тенденция: с повышением урожайности сельскохозяйственных культур происходило снижение накопления радионуклида.

Ранее нами проводились исследования с этим же полимером на низкоплодородной дерново-подзолистой песчаной почве, где прибавка урожая при внесении полимера в дозе 10 мг/кг в первый год составила 59,7 %, второй – 18,4 %. При этом значения коэффициентов перехода цезия-137 из почвы в растения снизились на 36,8 и 42,7 % относительно контроля [1]. На дерново-подзолистой суглинистой почве прибавка урожая составляла соответственно 13,5 и 12,6 %, а значения K_p снизились на 12,5 и 16,7 %. Из этого следует, что эффективность применения полимера, как и удобрений, выше на низкоплодородных почвах.

Заключение

Обработка дерново-подзолистой суглинистой почвы многофункциональным водорастворимым полимером –

поли-N, N-диметил-3,4-диметилен-пирролидиний хлоридом в дозах 10–1000 мг/кг (0,001–0,1 %) не оказала влияния на ее агрохимические свойства. Применение полимера в дозе 10 мг/кг повысило урожайность сельскохозяйственных культур на 13,5 и 12,9 % и снизило переход цезия-137 из почвы в растения на 12,5 и 16,7 %.

Обработка почвы полимером в дозах 250 и 1000 мг/кг привела к полному подавлению ростовых процессов в семенах как исследуемых культур, так и сорняков.

Литература

1. Цыганов, А. Р. Продолжительность влияния обработки дерново-подзолистой песчаной почвы водорастворимым полимером на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление радионуклидов / А. Р. Цыганов, Г. А. Чернуха // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 5. – С. 12–16.
2. Кулаковская, Т. Н. Агрохимические основы получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в западной части Нечерноземной зоны // Агрохимия. – 1976. – № 3. – С. 3–13.
3. Мосолова, А. И. Влияние полимеров на структуру дерново-подзолистых почв и на урожайность сельскохозяйственных культур / А. И. Мосолова // Почвоведение. – 1970. – № 9. – С. 54–64.
4. Гулякин, И. В. Поступление цезия-137 в растения в зависимости от свойств почвы / И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева, Н. Н. Бакунов // Доклады ГСХА. – 1996. – Вып. 119. – С. 121–124.
5. Агеев, В. Ю. Система радиологических контролеров в агроосфере Беларуси / В. Ю. Агеев. – Минск, 2001. – 250 с.
6. Штатнов, В. И. Полиакриламид и сополимер-8 как искусственные почвенные структуроулучшатели и как азотные удобрения / В. И. Штатнов, Н. И. Щербачков // Почвоведение. – 1964. – № 14. – С. 79–88.
7. Качинский, Н. А. Использование полимеров для оструктурирования и мелиорации почв / Н. А. Качинский, А. И. Мосолова, Л. Х. Таймуразова // Почвоведение. – 1967. – № 12. – С. 98–106.
8. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений / Г. С. Муромцев [и др.]. – М.: ВО Агропромиздат. – 1987. – 382 с.

УДК 633.112:631.524.824

Влияние азотных удобрений на формирование площади листовой поверхности и зерновую продуктивность яровой твердой и мягкой пшеницы

Е. М. Чирко, кандидат с.-х. наук,
Н. И. Кузьмич, младший научный сотрудник
Брестская ОСХОС НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 21.06.2019 г.)

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния азотных удобрений на урожайность яровой твердой и мягкой пшеницы в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв юго-западной части республики. Дана сравнительная характеристика динамики нарастания площади листовой поверхности двух видов пшеницы в зависимости от уровня азотного питания.

Введение

Важным резервом повышения урожайности сельскохозяйственных культур является наиболее полная реализация потенциальной продуктивности растений

The article presents the results of studies on the effect of nitrogen fertilizers on the yield of spring durum and soft wheat in the conditions of sod-podzolic sandy loamy soils in the southwestern part of the republic. A comparative characteristic of the dynamics of increasing the leaf surface area of two types of wheat depending on the level of nitrogen nutrition is given.

в условиях конкретной почвенно-климатической зоны. Рост является одной из главных функций продукционного процесса, для оптимизации которого необходимо изучение морфобиологических особенностей развития