

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

Фомина Н.В., Борцова И.Ю.

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

В работе представлены результаты изучения влияния гербицидной нагрузки на целлюлозоразрушающую способность чернозема выщелоченного в посевах зерновых культур. Установлено ингибирующее действие гербицидов на целлюлозоразрушающие миксобактерии в посевах ячменя и пшеницы. Наиболее низкие значения уровня целлюлозоразрушения отмечались в черноземе выщелоченном в посевах ячменя. Применение научно-обоснованных систем обработки почвы, позволит не превышать рекомендованных доз применения гербицидов и снизить стимуляцию процесса развития фитопатогенной почвенной микрофлоры. Экологический мониторинг почвы в посевах сельскохозяйственных культур, используя методы оценки уровня целлюлозоразрушения, позволит контролировать уровень почвенного плодородия и разработать программу его восстановления.

Ключевые слова: чернозем, целлюлозоразрушающая активность, микроорганизмы, диагностика, обработка, гербициды, воздействие, посевы, пшеница, ячмень.

**EFFECT OF HERBICIDES ON CELLULOSIZING ACTIVITY OF CHERNOZEM LEACHED
UNDER KRASNOYARSK FOREST-STEPPE CONDITIONS**

Fomina N.V., Bortsova I.Y.

Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia

The paper presents the results of studying the effect of herbicidal load on the cellulosic destructive ability of chernozem leached in crops of cereals. Inhibitory effect of herbicides on cellulose-destroying mixobacteria in barley and wheat crops has been established. The lowest levels of cellulose degradation were observed in the black earth leached in barley crops. The use of scientifically based soil treatment systems will not exceed the recommended doses of herbicide use and reduce stimulation of the development of phytopathogenic soil microflora. Environmental monitoring of soil in crop crops, using methods to assess the level of cellulose degradation, will allow to monitor the level of soil fertility and develop a program for its restoration.

Key words: chernozem, cellulose destruction activity, microorganisms, diagnostics, treatment, herbicides, exposure, crops, wheat, barley.

Введение. В настоящее время вопрос о воздействии гербицидов на биологическую активность выщелоченного чернозема очень актуален, так как необходимо знать в какой степени применение гербицидов оказывает влияние на активность почвенных ферментов и на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, деятельность которых является одним из важнейших факторов повышения плодородия почв. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы – важнейший компонент биогеоценоза. Они осуществляют минерализацию клетчатки растительных остатков и гумификацию органического вещества в почвах. На динамику численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов оказывает большое влияние также высшая растительность, поступление токсических веществ, выделяемых растениями, микроорганизмами, а также попадающие в почву при применении пестицидов и др. Накопление данных веществ способно угнетать жизнедеятельность микроорганизмов разных групп [1-3, 10]. Занятые сельскохозяйственными посевами несут серьезную антропогенную нагрузку. Для получения стабильных урожаев ежегодно в хозяйствах проводятся мероприятия, по интенсивному применению гербицидов, при этом происходит изменение численности и видового разнообразия микроорганизмов, однако действие на отдельные группы микроорганизмов проявляется неодинаково даже в пределах одной систематической группы. Гербициды, попадая в почву при обработке растений, накапливаются в верхнем слое почвы, следовательно, могут изменять микробиологические процессы, влияя на формирование ее плодородия.. Есть сообщения, что в результате глобальной

химизации в некоторых почвах развиваются нетипичные для почвообразовательных процессов микроорганизмы, снижается интенсивность разложения пожнивных остатков. Неразложившиеся соломистые остатки создают определенную опасность для снижения полевой всхожести семян, так как при их накоплении может увеличиваться количество инфекционного начала, мицелий которого успешно сохраняется в них до весны. Вместе с тем, целлюлоза может выступать как фактор биологического регулирования инфекционных структур фузариозной инфекции [6, 7].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлся чернозем выщелоченный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Исследования проведены на полевом стационаре Учебное хозяйство «Миндерлинское» (УНПК «Борский») Красноярская лесостепь. Расположено в Сухобузимском районе, который находится в центре лесостепи, по почвенно-климатическим условиям типично для значительной его части. Схема опыта включала в себя: поле (делянки 10 м²) с посевами яровой пшеницы сорта «Новосибирская – 31» (предшественник пар). Обработка посевов в фазу кущения зерновых смесью гербицидов «Секатор» и «Пума Супер 7,5» (1:1), дозировка 0,75 л/га. Контроль – посевы без обработки и поле (делянки 10 м²) с посевами ярового ячменя сорта «Ача» (предшественник пар). Обработка посевов в фазу кущения зерновых смесью гербицидов «Секатор» и «Пума Супер 7,5» (1:1), дозировка 0,75 л/га. Контроль – посевы без обработки гербицидами.

Осенью проводилась плоскорезная культивация агрегатором, основная обработка почвы под посев (по парам) – агрегатором. Норма высева – 450 жизнеспособных семян на 1 м². Для обработки посевов зерновых от сорняков применяли смесь гербицидов: «Пума супер 7,5» и «Секатор» (1:1). Обработку проводили Опрыскивателем навесным ОН – 600. Дозировка: 0,75 л препарата на 1 га. Обработка проводилась в июне, в фазу кущения зерновых. Образцы почвы отбирали дважды: в июне, через неделю после обработки посевов смесью гербицидов (в фазу кущения зерновых) и июле, через 6 недель после обработки (фаза молочной спелости зерна). Контрольные образцы – без обработки гербицидами. Почвенные образцы отбирали в междурядьях делянок (10 м²) в около прикорневой зоне, пробы брали с глубины (0 – 20 см.) по методу «конверта» из 25 точек пробной делянки. Целлюлозоразрушающую активность определяли аппликационным методом, в чашках Петри, в которые на поверхность почвы, увлажненной до 60% от полной влагоемкости, помещали стерильные бумажные фильтры. Учет целлюлозоразрушающей активности проводили через 30 и 60 дней, путем взвешивания остатков фильтров (после очистки и высушивания) на аналитических весах. Активность учитывали в процентах от первоначальной массы. Кроме того, проводили учет качественного состава микроорганизмов, разрушающих целлюлозу на агаризованной среде Гетчинсона [4].

Образцы почвы слой (0–20 см) отбирали дважды: через неделю после обработки смесью гербицидов «Секатор» и «Пума Супер 7, 5 (1:1)» (июнь - фаза кущения зерновых), отбирали в околоризосферной зоне, в междурядьях делянок с посевами яровых пшеницы сорта «Новосибирская - 31» и ячменя сорта «Ача». Контрольные образцы почвы - без обработки гербицидами. Повторно образцы почвы отбирали через 6 недель.

Результаты исследования и их обсуждение. В выщелоченном черноземе Красноярской лесостепи целлюлозу разрушают, в основном, миксобактерии и актиномицеты, численность мицелиальных грибов значительно ниже. По активности разложения целлюлозы микроорганизмы можно распределить в следующей последовательности: бактерии → грибы → актиномицеты. Рост у актиномицетов медленный, поэтому целлюлозу они разрушают медленно [7].

Результаты по степени разложения целлюлозы микроорганизмами в образцах почвы после обработки посевов гербицидами приведены в таблице 1. Из данных, приведенных в таблице 1 видно, что в образцах почвы, отобранных из околоризосферной зоны яровой пшеницы сорта «Новосибирская - 31» (по пару) и в образцах, отобранных из околоризосферного слоя ярового ячменя сорта «Ача» (по пару) в опытных и контрольных вариантах интенсивность разложения целлюлозы была выше в течение первых 30 дней экспозиции. Так как в выщелоченных черноземах преимущественно разлагают целлюлозу бактерии, которые быстро размножаются и численно преобладают над актиномицетами и грибами.

В образцах почвы, отобранных из околоризосферной зоны пшеницы сорта «Новосибирская - 31» (по пару) интенсивность разложения целлюлозы была выше во всех вариантах: (VI - через неделю после обработки и VII - через полтора месяца после обработки) и в контроле, и в опытных образцах и составила для проб, отобранных в июне 2018 г.: через 30 суток экспозиции - 81 % и 65 % соответственно, а через 60 суток экспозиции: в контрольном варианте – 100 %, в опытном – 99,8 %.

Таблица 1 – Интенсивность разложения целлюлозы в черноземе выщелоченном, под яровой пшеницей сорта «Новосибирская - 31» и яровым ячменем сорта «Ача» после обработки смесью гербицидов

Месяц отбора образцов	Вариант опыта	Повторность	Убыль массы фильтра, %	
			через 30 суток	через 60 суток
VI	Агроценоз пшеница по пару			
	Контроль (без гербицидов)	5	81,4	100
	Опыт	5	65,9	99,8
	Агроценоз ячмень по пару			
	Контроль (без гербицидов)	5	68,2	97,2
	Опыт	5	54,6	93,6
VII	Агроценоз пшеница по пару			
	Пшеница опыт	5	97,2	100
	Агроценоз ячмень по пару			
	Ячмень опыт	5	68,0	98,2

Данный показатель в пробах, отобранных в июле в околоризосферном слое пшеницы через 30 суток экспозиции в опытном варианте составил - 97,2; через 60 суток экспозиции – 100 %. В вариантах с ячменем сорта «Ача» (по пару) интенсивность разложения целлюлозы была ниже и через 30 суток экспозиции (для проб, отобранных в июне) этот показатель составил на контроле – 68,2 %, на опытном варианте - 54,6 %, через 60 суток экспозиции на контрольном варианте составил – 97,2 %, на опытном варианте – 93,6 %. Для проб, отобранных в июле из околоризосферной зоны ячменя интенсивность разложения целлюлозы в опытном варианте через 30 суток экспозиции, составила – 68 %, через 60 суток – 98,2 %.

Разницу в интенсивности разложения целлюлозы в образцах почвы, отобранной в разные сроки после обработки гербицидами (июнь, июль) в околоризосферной зоне пшеницы и ячменя можно объяснить разным соотношением в образцах почвы различных физиологических групп микроорганизмов (бактерий, актиномицетов, грибов), их численностью, а также биохимической особенностью сорта, характером корневых выделений, так как известно, что высшие растения оказывают большое влияние на формирование состава ассоциаций целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почвах. В образцах почвы, отобранной в июне (через неделю после обработки посевов смесью гербицидов) в вариантах и под пшеницей, и под ячменем интенсивность разложения целлюлозы была в опытных вариантах ниже, чем в контрольных в 1,2 раза. Это можно объяснить угнетающим действием гербицидного компонента на физиологические группы микроорганизмов. В образцах почвы, отобранных в июле (через полтора месяца после обработки гербицидами) под обеими культурами и в вариантах с пшеницей, и с ячменем, достоверных различий между опытным вариантом и контрольным в интенсивности разложения целлюлозы нет.

Проводились исследования по составу и учету численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в отобранных почвенных образцах, в околоризосферной зоне пшеницы сорта «Новосибирская – 31» и ячменя сорта «Ача». Описание качественного состава микроорганизмов и их количественный учет проводили на агаризованной среде Гетчинсона в ч. Петри. Для проведения анализа готовили почвенную суспензию в разведениях 1:10 – 1:1000 и делали посев в ч. Петри на среду Гетчинсона, после инкубации чашек в термостате подсчитывали количество выросших колоний в каждой чашке, подсчитывали среднее значение по пяти повторностям и определяли процентное соотношение разных физиологических групп микроорганизмов. Бактерии учитывали через трое суток инкубации, грибы – через семь суток, актиномицеты через 30- 40 суток. Данные по численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов и по их качественному составу представлены в таблице 2.

Из представленных данных видно, что во всех вариантах численно преобладали миксобактерии. В образцах почвы, отобранной из околоризосферной зоны пшеницы в варианте

(через неделю после обработки гербицидами - июнь) численно преобладали бактерии, которые составляют - 76,5 % от общей численности выросших на среде микроорганизмов, актиномицеты составляют 22,4 % и наименьшими по численности были грибы, которые составили – 1,2 %. В контрольном варианте численность бактерий была выше на 7,3 %, а актиномицетов ниже на 6,7 %. Разница в численности грибов между контрольным и опытным вариантом была не достоверной. В образцах почвы, отобранной из околоризосферной зоны ячменя в варианте (июнь – через неделю после обработки гербицидами) отмечена та же тенденция, что и в варианте с пшеницей: преобладали численно бактерии, в контрольном варианте их численность на 13,1 % выше, чем на опытном варианте и составила - 61,8 % в контроле и 48,7 % в опытном варианте (табл.2).

Численность актиномицетов в контрольном варианте была также ниже, чем в опытном на 13,6 % и составила в контроле - 24,91 %, в опыте – 38,5 %. Численность грибов была высокой и составила – 15,4%. В июне в опытных образцах почвы, отобранных из околоризосферной зоны и ячменя и пшеницы отмечено угнетение роста бактерий и стимуляция роста актиномицетов и грибов. Полученные нами данные согласуются с исследованиями некоторых авторов, которые также отмечают стимулирующее действие некоторых гербицидов на почвенную микрофлору [2, 5, 6, 8, 9].

Таблица 2 – Влияние смеси гербицидов на численность аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов выщелоченного чернозема слой (0 - 20 см)

Агроценоз	Месяц отбора образцов	Вариант	среда Гетчинсона, тыс. клеток на 1 г воздушно - сухой почвы		
			Среднее по 5 повторностям, 10 ³		
			Бактерии,	Актиномицеты	Грибы
Пшеница «Новосибирская – 31» по пару	VI	Контроль (без гербицидов)	18,3 ± 0,13	5,37±0,04	0,29±0,02
		Опыт	12,66±0,11	5,33±0,21	0,33±0,01
	VII	Опыт	15,33±0,05	4,66±0,11	1,33±0,04
Ячмень «Ача» по пару	VI	Контроль (без гербицидов)	12,4±0,36	5,67±0,09	2,0±0,01
		Опыт	7,33±0,12	6,0±0,05	2,66±0,01
	VII	Опыт	4,0±0,43	5,33±0,02	-

Во всех опытных вариантах (июнь – через неделю после обработки гербицидами и июль – через полтора месяца после обработки гербицидами) в околоризосферной зоне пшеницы численно преобладали бактерии в опытных и контрольных вариантах. В околоризосферной зоне ячменя численность актиномицетов превышала данный показатель в околоризосферной зоне пшеницы. Численность грибов в опытном варианте в околоризосферной зоне пшеницы была выше в июле, в варианте (через полтора месяца после обработки гербицидами), а в околоризосферной зоне ячменя численность грибов была в июне выше на 9 %, чем под пшеницей в июле и на 13 % выше, чем под пшеницей в июне. Из образцов почвы, отобранной из околоризосферной зоны ячменя в июле грибы на среде Гетчинсона - не обнаружены. В июне в околоризосферной зоне пшеницы обнаружены грибы родов *Fusarium* *Penicillium*, в околоризосферной зоне ячменя обнаружены грибы родов *Penicillium* *Cladosporium*. В июле грибы обнаружены только в околоризосферной зоне пшеницы, относящиеся к роду *Cladosporium*.

Полученные результаты, согласуются с результатами исследований, проведенные другими авторами, которые отмечают, что в ризосфере ячменя в выщелоченном черноземе актиномицеты численно преобладают над численностью актиномицетов в ризосфере пшеницы. Соотношение физиологических групп микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, зависит от физиологических особенностей метаболизма сорта, от фенологических фаз культуры. Пестицидные обработки вегетирующих зерновых культур не вызывают сукцессионной перестройки микробного ценоза, они временно угнетают микроорганизмы разных физиологических групп [5, 6, 8].

Заключение. Максимальный показатель интенсивности разложения целлюлозы отмечался в посевах яровой пшеницы сорта «Новосибирская - 31», достигая через 30 и 60 суток инкубации образцов 65,9 и 97,2 % соответственно. В посевах ярового ячменя сорта «Ача» данный показатель -

54,6 и 93,6 % соответственно. Низкую целлюлозолитическую активность микроорганизмов под ячменем можно объяснить особенностью метаболизма культуры. В варианте – через неделю после обработки гербицидами целлюлозолитическая активность в контрольных образцах была выше как под пшеницей, так и под ячменем на 15,5 и 13,6 % соответственно. Это указывает на ингибирующее действие гербицидов. Анализ качественного состава и учет численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов на агаризованной среде Гетчинсона показал, что во всех вариантах количественно преобладали миксобактерии – 76,5 %, доля актиномицетов составила – 22,4 %, мицелиальных грибов – 1,2 %. Численность миксобактерий в опытных образцах как под пшеницей, так и под ячменем (через неделю после обработки смесью гербицидов) была ниже, чем в контрольных образцах, в среднем на 13 %. Снижение численности служить показателем влияния действия гербицидов на данную физиологическую группу микроорганизмов. В качественном составе мицелиальных грибов выявлены представители родов *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, некоторые представители данных родов могут вызывать корневые гнили пшеницы и ячменя.

Литература

1. Берестецкий О.А. Актуальность и практическая значимость микробиологических исследований в решении проблем повышения плодородия почв // Тр. ВНИИСХМ. Л., 1986. Т. 56. С. 5 – 13.
2. Данилова А.А. Изменение микробного комплекса почвы при минимизации обработки и применении пестицидов // Геологические проблемы почвоведения и оценки земель: мат-ы междунар. науч. конф. Томск, 2002. 518 с.
3. Добровольская Т.Т., Лысак Л.В., Звягинцев Д.Г. Почвы и микробное разнообразие // Почвоведение. 1997. № 6. С. 699–704.
4. Звягинцев Д.Г. и др. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Изд-во Московского университета, 1980. 122с.
5. Коробова, Л.Н. Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки / Л.Н. Коробова, А.В. Шинделов // Вестник Алтайского гос. ун-та, 2012. №8. С. 51–54.
6. Полонская Д.Е., Воронова Н.Г. Направленность микробиологических процессов в черноземе выщелоченном Красноярской лесостепи при различном сельскохозяйственном использовании. Биодинамика почв // тез. докл. III Всесоюзн. симпоз. Таллинн, 1988. С. 129.
7. Полонская Д.Е., Золотухин Г.Е., Боев И.В. Биоиндикация состояния почв сельскохозяйственных территорий Красноярского края // Контроль и реабилитация окружающей среды: тез. докл. междунар. симпоз. Томск: СО РАН, 1998. С. 121–122.
8. Черенков В.В., Кутовая Н.Я. Изменение микробиологических процессов в обыкновенном черноземе // Земледелие, 1996. № 6. С. 7–8.
9. Фомина Н.В., Петиримова О.В. Экологическая безопасность и токсикологический анализ почвы под разными сельскохозяйственными культурами // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». Новосибирск, 2017. Том 2. С.323-327.
10. Фомина Н.В. Характеристика интенсивности потенциального целлюлозоразрушения чернозема выщелоченного земледельческой части Красноярской лесостепи // Аграрная наука – сельскому хозяйству. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. Кн. 1. С. 418-420.