

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ГЕРБИЦИДОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ

В.А. Кончиц¹, С.Л. Белопухов², Т.А. Федорова³

¹ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
ул. Прянишникова, 31а, Москва, Россия, 127550

²Кафедра физической и органической химии
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

³Агробиотехнологический департамент
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

В статье приведены результаты исследования накопления Mg, Si, P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn в почве и гумусовых кислотах. Для оценки накопления химических элементов использован рентгенофлуоресцентный метод анализа. Изучено влияние на гумусовые кислоты дерново-подзолистой почвы и применение различных удобрений — минеральных и органических, использование на этих вариантах гербицидов 2М-4ХП (1,5 кг/га д. в.) и 2М-4Х (0,6 кг/га д.в.) при выращивании озимой пшеницы. Установлено, что не происходит изменения в содержании элементов в зависимости от способа внесения гербицидов, не отмечается интенсификации процессов массопереноса в почве тяжелых металлов, маловероятно загрязнение сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами при применении гербицидов. В составе гумусовых кислот на обеих системах удобрений отсутствуют Mg и Mn, но присутствует S. Можно допустить, что магний и марганец являются компонентами минеральной части почвы, а сера в основном входит в состав органической части почв.

Ключевые слова: гумусовые кислоты, тяжелые металлы, почва, гербициды, гумусное состояние почв.

Введение. В условиях значительного усиления техногенных воздействий на окружающую среду все больше внимания уделяется такому свойству гумуса, как иммобилизация тяжелых металлов, пестицидов и прочих токсичных веществ.

С другой стороны, возникает вопрос о влиянии внешних (антропогенных) факторов на состояние гумуса в почвах и его изменение под действием этих факторов. Для оценки гумусного состояния почв было предложено несколько показателей, основанных на данных физико-химических методов анализа [1—3]. В связи с расширением посевов зерновых и технических культур, в частности льна

масличного и льна-долгунца в Нечерноземье, возникает задача внедрения интенсивных агротехнологий, в которых используются высокоэффективные средства защиты растений. Ранее нами было показано, что применение гербицидов, защитно-стимулирующих комплексов разного состава может приводить к изменению химического состава зерна [4], семян технических культур [5], масла [6], волокна [7—9], что может снижать качество продукции [10; 11]. При этом само загрязнение почв, интенсификация массопереноса токсикантов в почвенно-поглощающий комплекс и соответственно выращиваемую продукцию ставит задачи по оценке уровня такого накопления токсикантов [12—17] и методах очистки почв [18].

Объекты и методы исследования. Нами был использован рентгенофлуоресцентный анализ для изучения влияния на гумусовые кислоты дерново-подзолистой почвы различных удобрительных фонов (минеральная система удобрений, навозно-минеральная система удобрений) и применения на этих фонах гербицидов 2М-4ХП (1,5 кг/га д.в.) и 2М-4Х (0,6 кг/га д.в.) по варианту «озимая пшеница». Опыты проведены в условиях длительного стационарного опыта, заложенного Центральной опытной станцией ВНИИА в 1959—1961 гг. Авторы выражают благодарность директору станции д.с.-х.н. А.М. Алиеву за предоставленные образцы. Характеристика исследуемых образцов и схема опыта изложена нами ранее [19]. В дальнейшем обозначали варианты:

- 1 — минеральная система удобрений + система обработки почвы (фон);
- 2 — Фон + 1-разовое внесение гербицидов;
- 3 — Фон + 2-разовое внесение гербицидов;
- 4 — Фон + 4-разовое внесение гербицидов.

Гумусовые кислоты выделяли из почвенных образцов экстракцией 0,1 М NaOH (общещелочная вытяжка — гумусовые кислоты). Очистка гумусовых кислот от избытка электролитов проводилась методом диализа. В последующем экстракты гумусовых кислот доводились до твердого состояния высушиванием в сушильном шкафу при 40—50 °С. Полученные порошкообразные гумусовые кислоты использовались для последующих исследований. Содержание элементов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе Спектроскан Макс-GV.

Результаты и обсуждение. В табл. 1 представлены результаты содержания химических элементов в почве.

Содержание определенных данным методом элементов вполне соответствует их естественному содержанию в земной коре. Экспериментальные данные обрабатывались статистически с использованием критерия Стьюдента.

Минеральная система удобрений

Изменения магния, кремния и марганца находятся в пределах доверительных интервалов, т.е. внесение гербицидов не оказывает существенного влияния на их содержание в почве (табл. 1). Однако можно отметить тенденцию, заключающуюся в том, что при 2-разовом внесении гербицидов количество магния и марганца уменьшается по сравнению с фоном. Содержание кремния уменьшается равномерно от фона к варианту «4-разовое внесение гербицидов». Содержание фосфора и калия несколько увеличивается при внесении гербицидов по сравнению с фоном, а кальция, марганца и железа уменьшается. Наименьшее влияние внесение гербицидов оказывает на содержание в почве меди и цинка.

Таблица 1

**Содержание некоторых элементов в почве
(минеральная система удобрений)**

Элемент	Варианты				$X + \Delta X_{95}$	$X_{\max} - X_{\min}$
	1	2	3	4		
Mg, %	0,808	0,669	0,412	0,734	$0,655 \pm 0,273$	0,928—0,382
Si, %	29,6	29,5	29,1	28,7	$29,2 \pm 0,5$	29,8—28,7
P, %	0,060	0,101	0,087	0,086	$0,084 \pm 0,020$	0,104—0,064
K, %	2,107	2,219	2,135	2,110	$2,143 \pm 0,020$	2,163—2,123
Ca, %	0,602	0,523	0,527	0,527	$0,545 \pm 0,014$	0,559—0,531
Mn, мг/кг	583	561	444	481	517 ± 77	595—440
Fe, мг/кг	14 840	14 350	14 044	14 150	$14 346 \pm 414$	14 360—13 932
Cu, мг/кг	59	55	59	61	59 ± 3	61—55
Zn, мг/кг	28	31	30	30	30 ± 2	31—28

В табл. 2 представлены результаты по содержанию химических элементов в гумусовых кислотах. Можно отметить, что содержание кремния, фосфора, серы, калия, кальция и железа не превышает доверительные интервалы по всем вариантам. Количество меди при 1-разовом и 2-разовом внесении гербицидов увеличивается в гумусовых кислотах почти в 2 раза по сравнению с ее содержанием в фоновом варианте. Одноразовое внесение гербицидов (вариант 2) способствует некоторому увеличению содержания цинка в гумусовых кислотах, а 2-разовое и 4-разовое внесение приводит к уменьшению их содержания.

Таблица 2

**Содержание химических элементов в гумусовых кислотах
(минеральная система удобрений)**

Элемент	Варианты				$X + \Delta X_{95}$	$X_{\max} - X_{\min}$
	1	2	3	4		
Si, %	0,005	0,064	0,338	0,119	$0,132 \pm 0,234$	0,365—0
P, %	0,093	0,100	0,099	0,130	$0,106 \pm 0,026$	0,132—0,080
S, %	0,254	0,272	0,316	0,286	$0,282 \pm 0,042$	0,324—0,240
K, %	0,027	0,064	0,042	0,018	$0,038 \pm 0,032$	0,070—0,006
Ca, %	0,101	0,159	0,165	0,171	$0,149 \pm 0,051$	0,200—0,098
Fe, мг/кг	28	46	26	53	38 ± 21	60—17
Cu, мг/кг	220	450	423	218	328 ± 100	428—228
Zn, мг/кг	87	119	48	66	98 ± 41	138—56

Интересен тот факт, что в составе гумусовых кислот появляется сера, которая не обнаруживалась в почве, но при этом практически не обнаруживается магний и марганец.

Согласно полученным данным в варианте «фон» при минеральной системе удобрений практически весь кремний и железо содержатся в минеральной части почвы, поскольку в гумусовых кислотах их содержание незначительно (табл. 3). Такие элементы, как фосфор, медь и цинк, в большей мере связаны с гумусовыми кислотами. Калий и кальций представлены в гумусовых кислотах в существенно меньшем количестве, чем в почве.

Одноразовое внесение гербицидов при минеральной системе удобрений соответствует увеличению содержания в гумусовых кислотах кремния, кальция, калия, железа, цинка и особенно меди, но уменьшению фосфора. 2-разовое внесение гербицидов способствует еще большему увеличению содержания в гумусовых кислотах кремния, кальция, цинка, в меньшей мере меди, калия, и некоторому уменьшению фосфора.

Таблица 3

Содержание элементов в гумусовых кислотах (%) от их содержания в почве (минеральная система удобрений)

Элемент	Варианты			
	1	2	3	4
Si	0,017	0,217	1,162	0,415
P	155	100	114	151
K	1,28	2,88	1,97	0,85
Ca	16,8	30,4	31,3	32,4
Fe	0,187	0,321	0,185	0,375
Cu	373	818	717	357
Zn	310,7	384	393	220

4-разовое внесение гербицидов способствует накоплению в гумусовых кислотах железа, кальция, но уменьшает содержание цинка, меди, калия.

Следовательно, сделать однозначный и четкий вывод о влиянии гербицидов на содержание элементов и их распределение между почвой и гумусовыми кислотами не представляется возможным. Однако достаточно четко можно выделить три момента:

- 1) в гумусовых кислотах отсутствуют магний и марганец;
- 2) в гумусовых кислотах имеется сера, которая не фиксируется в почве (вероятно недостаточно чувствителен метод и содержание гумуса);
- 3) в гумусовых кислотах при ежегодном и 2-разовом внесении гербицидов увеличивается содержание кальция, железа, цинка и особенно меди.

Навозно-минеральная система удобрений

Почва. Содержание элементов в фоновом варианте практически не отличается от их содержания при минеральной системе удобрений (табл. 4).

Таблица 4

Содержание химических элементов в почве (навозно-минеральная система удобрений)

Элемент	Варианты				$X + \Delta X_{95}$	$X_{\max} - X_{\min}$
	1	2	3	4		
Mg, %	0,710	0,432	0,665	0,421	$0,557 \pm 0,242$	0,799—0,315
Si, %	29,5	29,1	29,8	29,5	$29,5 \pm 0,4$	29,9—29,0
P, %	0,083	0,066	0,090	0,066	$0,076 \pm 0,019$	0,096—0,057
K, %	2,153	2,210	2,198	2,196	$2,189 \pm 0,040$	2,229—2,149
Ca, %	0,531	0,566	0,549	0,537	$0,546 \pm 0,025$	0,571—0,521
Mn, мг/кг	520	647	490	487	536 ± 120	656—416
Fe, мг/кг	13 570	14 260	13 673	13 478	13745 ± 560	14 305—13 185
Cu, мг/кг	65	56	71	58	62 ± 11	73—51
Zn, мг/кг	37	31	41	34	36 ± 7	43—29

Некоторые различия заключаются в следующем. При навозно-минеральной системе удобрений наблюдается уменьшение содержания магния, кальция, марганца, железа и увеличивается содержание фосфора, калия, меди и цинка.

Одноразовое внесение гербицидов в варианте 2 способствует уменьшению содержания магния, кремния, фосфора, меди и цинка и увеличению содержания калия, кальция, марганца и железа. В варианте 3 происходит увеличение содержания кремния, фосфора, калия, кальция, железа, меди и цинка. В варианте 4 происходит увеличение содержания кремния, калия и уменьшение содержания магния, фосфора, марганца, железа, меди и цинка. Однако следует отметить, что все изменения в содержании элементов находятся в пределах доверительных интервалов.

Гумусовые кислоты. Также как и при минеральной системе удобрений в гумусовых кислотах фонового варианта при навозно-минеральной системе удобрений отсутствуют магний и марганец, но появляется сера (табл. 5).

В случае навозно-минеральной системы удобрений в гумусовых кислотах несколько увеличивается содержание кремния, фосфора, серы, кальция, железа, меди, но уменьшается содержание цинка.

Таблица 5

**Содержание некоторых элементов в гумусовых кислотах
(навозно-минеральная система удобрений)**

Элемент	Варианты				$X + \Delta X_{95}$	$X_{\max} - X_{\min}$
	1	2	3	4		
Si, %	0,285	0,009	0,231	0,338	$0,216 \pm 0,230$	0,446—0
P, %	0,126	0,110	0,143	0,125	$0,126 \pm 0,022$	0,148—0,104
S, %	0,284	0,260	0,194	0,361	$0,275 \pm 0,110$	0,385—0,165
K, %	0,030	0,037	0,030	0,037	$0,034 \pm 0,006$	0,040—0,028
Ca, %	0,157	0,202	0,187	0,164	$0,178 \pm 0,033$	0,211—0,145
Fe, мг/кг	35	43	115	202	$98,8 \pm 123$	222—0
Cu, мг/кг	287	241	197	366	273 ± 1115	388—157
Zn, мг/кг	69	91	45	34	75 ± 36	111—39

Одноразовое внесение гербицидов приводит к уменьшению содержания кремния, фосфора, серы, меди и некоторому увеличению содержания кальция, железа и цинка.

В варианте 3 в гумусовых кислотах несколько уменьшается содержание серы, меди и цинка, но увеличивается содержание фосфора, кальция и железа. В варианте 4 наблюдается уменьшение в гумусовых кислотах содержания цинка и увеличение содержания кремния, серы, кальция, железа, меди. Так же как и в случае с почвой, все изменения в содержании элементов в гумусовых кислотах находятся в пределах доверительных интервалов.

Распределение элементов между почвой и гумусовыми кислотами в случае навозно-минеральной системы удобрений в принципе не отличается (табл. 6) от такового при минеральной системе удобрений. Все элементы, за исключением кремния и железа, в большей мере связаны с гумусовыми кислотами, как в случае минеральной системы удобрений, так и в случае навозно-минеральной системы удобрений.

**Содержание элементов (%) в гумусовых кислотах от их содержания в почве
(навозно-минеральная система удобрений)**

Элемент	Варианты			
	1	2	3	4
Si	0,966	0,031	0,776	1,145
P	151,8	166,7	158,9	189,4
K	1,393	1,674	1,365	1,685
Ca	29,6	35,7	34,1	30,5
Fe	0,258	0,302	0,841	1,499
Cu	441,5	430,4	277,5	631,0
Zn	186,5	293,5	109,8	100,0
$\Sigma_{Mn, Fe, Cu, Zn}$	2,76	2,50	2,50	4,71

Заключение. Таким образом, можно констатировать, что изменения в содержании элементов в зависимости от способа внесения гербицидов являются статистически недостоверными на обеих системах удобрений, а следовательно, не отмечается интенсификация процессов массопереноса в почве тяжелых металлов и как следствие маловероятно загрязнение сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами при применении гербицидов. Можно лишь отметить некоторые тенденции внутри этих интервалов. В составе гумусовых кислот на обеих системах удобрений отсутствуют магний и марганец, но присутствует сера. Можно допустить, что магний и марганец являются компонентами минеральной части почвы, а сера, в основном, входит в состав органической части почв.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Маслова М.Д., Шнее Т.В., Белопухов С.Л., Байбеков Р.Ф. Исследование коллоидно-химических свойств солонцовых почв физико-химическими методами // *Плодородие*. 2014. № 2 (77). С. 41—43.
- [2] Шнее Т.В., Старых С.Э., Фёдорова Т.А., Маслова М.Д., Белопухов С.Л., Шевченко А.А. Изменение физико-химических свойств почвенных коллоидов в зависимости от ионного состава почвенного поглощающего комплекса // *Плодородие*. 2014. № 3 (78). С. 33—35.
- [3] Белопухов С.Л. Контроль качества растениеводческой продукции. В сб.: *Фундаментальные проблемы науки. Сборник статей Междунар. научно-практич. конф.* / Отв. ред. А.А. Сукиасян. 2015. С. 59—61.
- [4] Шатилова Т.И., Витол И.С., Герчиу Я.П., Белопухов С.Л., Семко В.Т. Действие препаратов — фиторегуляторов на формирование качества зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 12. С. 47—48.
- [5] Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Лабок В.Г., Кулемкин Ю.В., Толмачев Г.П. Исследование химического состава семян и волокна *Cannabis Sativa L.* // *Бутлеровские сообщения*. 2012. Т. 31. № 7. С. 124—128.
- [6] Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Жевнеров А.В., Волков А.Ю. Микроэлементный состав льняного масла // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 7. С. 54—56.
- [7] Белопухов С.Л., Калабашкина Е.В., Дмитриевская И.И. Исследование накопления тяжелых металлов в продукции льноводства // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2012. Т. 2. № 1. С. 162—165.
- [8] Дмитриевская И.И., Белопухов С.Л., Федорова Е.Ю., Григораш А.И., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г. Получение экологически безопасной льнопродукции при использовании препарата Флоравит®-3Р // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. Т. 18. № 3. С. 185—188.

- [9] Белопухов С.Л., Жевнеров А.В., Калабашкина Е.В., Дмитриевская И.И. Определение микроэлементного состава продукции льноводства // Бутлеровские сообщения. 2012. Т. 32. № 10. С. 72—75.
- [10] Белопухов С.Л., Малеванная Н.Н. Влияние цирконна на химический состав льна-долгунца // Плодородие. 2004. № 1. С. 18—20.
- [11] Белопухов С.Л., Малеванная Н.Н. Комбинированные обработки посевов льна-долгунца // Защита и карантин растений. 2003. № 12. С. 29.
- [12] Белопухов С.Л., Фокин А.В. К вопросу об извлечении химических элементов льном из почвы // Известия ТСХА. 2002. № 4. С. 34—40.
- [13] Ущаповский И.В., Корнеева Е.М., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С. Изучение биорегуляторов для предотвращения действия гербицидов на посевах льна-долгунца // Агрехимический вестник. 2014. № 4. С. 27—29.
- [14] Белопухов С.Л., Гришина Е.А. Исследование химического состава и ростстимулирующего действия экстрактов из гумифицированной льняной костры // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. Т. 2. № 1. С. 97—103.
- [15] Савич В.И., Белопухов С.Л., Седых В.А., Никиточкин Д.Н. Агроэкологическая оценка комплексных соединений почв // Известия ТСХА. 2013. № 6. С. 5—11.
- [16] Белопухов С.Л., Сюняев Н.К., Сюняева О.И., Дмитриевская И.И. Агроэкологическая оценка последствий органо-минеральных удобрений при выращивании масличного льна на легких дерново-подзолистых почвах // Агрехимия. 2015. № 6. С. 37—43.
- [17] Белопухов С.Л., Малеванная Н.Н. Совместное действие гербицидов и регулятора роста растений на засоренность посевов льна // Агро XXI. 2004. № 1—6. С. 27—28.
- [18] Савич В.И., Белопухов С.Л., Никиточкин Д.Н., Филиппова А.В. Новые методы очистки почв от тяжелых металлов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 216—218.
- [19] Алиев А.М., Цимбалист Н.И., Кончиц В.А., Цимбалист С.Н. Энтропия в оценке технологий возделывания озимой пшеницы // Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. 2012. Т. 2. С. 83—90.
- [20] Гришина Е.А., Яшин М.А., Прохоров И.С., Белопухов С.Л. Оценка содержания общего и фракционного углерода в щелочных вытяжках из гумифицированной льняной костры // Агрехимический вестник. 2013. № 6. С. 39—40.

TO A QUESTION OF INFLUENCE OF HERBICIDES ON THE CONTENT OF HUMIC ACIDS AND HEAVY METALS IN SOILS

V.A. Konchits¹, S.L. Belopukhov², T.A. Fedorova³

¹Institut of Agrochemisrty

Pryanishnikova str., 31a, Moscow, Russia, 127550

²Russian State Agrarian University

Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

³Agrobiotechnologies Department

Peoples' Friendship University of Russia

Miklucho-Maklay str., 8/9, Moscow, Russia, 117198

Results of research of accumulation of Mg, Si, P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn in the soil and humic acids are given in article. The method of the X-ray fluorescent analysis was used for an assessment of accumulation of chemical elements. Influence on humic acids of podsolic soil in the conditions of use of various

fertilizers — mineral and organic, herbicides 2M-4HP (1,5 kg/ha) and 2M-4X (0,6 kg/ha) at cultivation of winter wheat was investigated in article. It is established that there is no change in the maintenance of elements depending on a way of introduction of herbicides, it isn't noted intensifications of processes of a mass transfer in the soil of heavy metals, pollution of agricultural production heavy metals is improbable at use of herbicides. As a part of humic acids on both systems of fertilizers there are no Mg and Mn, but there is S. It is possible to assume that magnesium and manganese are components of mineral part of the soil, and is gray, generally is a part of organic part of soils.

Key words: humic acids, heavy metals, soil, herbicides, humus condition of soils.

REFERENCES

- [1] Maslova M.D., Shnee T.V., Belopuhov S.L., Bajbekov R.F. Issledovanie kolloidno-himicheskikh svoystv soloncovykh pochv fiziko-himicheskimi metodami. *Plodorodie*. 2014. № 2 (77). S. 41—43.
- [2] Shnee T.V., Staryh S.Je., Fjodorova T.A., Maslova M.D., Belopuhov S.L., Shevchenko A.A. Izmenenie fiziko-himicheskikh svoystv pochvennykh kolloidov v zavisimosti ot ionnogo sostava pochvennogo pogloshhajushhego kompleksa. *Plodorodie*. 2014. № 3 (78). S. 33—35.
- [3] Belopuhov S.L. Kontrol' kachestva rastenievodcheskoj produkcii. V sb.: Fundamental'nye problemy nauki. Sbornik statej Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. Otv. red.: Sukiasjan A.A. 2015. S. 59—61.
- [4] Shatilova T.I., Vitol I.S., Gerchiu Ja.P., Belopuhov S.L., Semko V.T. Dejstvie preparatov — fitoregulyatorov na formirovanie kachestva zernovykh kul'tur. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2010. № 12. S. 47—48.
- [5] Belopuhov S.L., Dmitrevskaja I.I., Labok V.G., Kulemkin Ju.V., Tolmachev G.P. Issledovanie himicheskogo sostava semjan i volokna Cannabis Sativa L. *Butlerovskie soobshhenija*. 2012. T. 31. № 7. S. 124—128.
- [6] Belopuhov S.L., Dmitrevskaja I.I., Zhevnerov A.V., Volkov A.Ju. Mikrojelementnyj sostav l'njanogo masla. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*. 2011. № 7. S. 54—56.
- [7] Belopuhov S.L., Kalabashkina E.V., Dmitrevskaja I.I. Issledovanie nakoplenija tjazhelykh metallov v produkcii l'novodstva. *Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija*. 2012. T. 2. № 1. S. 162—165.
- [8] Dmitrevskaja I.I., Belopuhov S.L., Fedorova E.Ju., Grigorash A.I., Nefed'eva E.Je., Shajhiev I.G. Poluchenie jekologicheski bezopasnoj l'noпродукции pri ispol'zovanii preparata Floravit®-3R. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*. 2015. T. 18. № 3. S. 185—188.
- [9] Belopuhov S.L., Zhevnerov A.V., Kalabashkina E.V., Dmitrevskaja I.I. Opredelenie mikrojelementnogo sostava produkcii l'novodstva. *Butlerovskie soobshhenija*. 2012. T. 32. № 10. S. 72—75.
- [10] Belopuhov S.L., Malevannaja N.N. Vlijanie cirkona na himicheskij sostav l'na-dolgunca. *Plodorodie*. 2004. № 1. S. 18—20.
- [11] Belopuhov S.L., Malevannaja N.N. Kombinirovannye obrabotki posevov l'na-dolgunca. *Zashhita i karantin rastenij*. 2003. № 12. S. 29.
- [12] Belopuhov S.L., Fokin A.V. K voprosu ob izvlechenii himicheskikh jelementov l'nom iz pochvy. *Izvestija TSHA*. 2002. № 4. S. 34—40.
- [13] Ushhapovskij I.V., Korneeva E.M., Belopuhov S.L., Dmitrevskaja I.I., Prohorov I.S. Izuchenie bioregulyatorov dlja predotvrashhenija dejstvija gerbicidov na posevah l'na-dolgunca. *Agrohimičeskij vestnik*. 2014. № 4. S. 27—29.
- [14] Belopuhov S.L., Grishina E.A. Issledovanie himicheskogo sostava i rostsimirujushhego dejstvija jekstraktov iz gumificirovannoj l'njanaj kostry. *Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija*. 2012. T. 2. № 1. S. 97—103.
- [15] Savich V.I., Belopuhov S.L., Sedyh V.A., Nikitochkin D.N. Agrojekologičeskaja ocenka kompleksnyh soedinenij pochv. *Izvestija TSHA*. 2013. № 6. S. 5—11.
- [16] Belopuhov S.L., Sjunjaev N.K., Sjunjaeva O.I., Dmitrevskaja I.I. Agrojekologičeskaja ocenka posledejstvija organo-mineral'nyh udobrenij pri vyrashhivanii maslichnogo l'na na legkih demovo-podzolistykh pochvah. *Agrohimičija*. 2015. № 6. S. 37—43.

- [17] Belopuhov S.L., Malevannaja N.N. Sovmestnoe dejstvie gerbicidov i reguljatora rosta rastenij na zasorennost' posevov l'na. *Agro XXI*. 2004. № 1—6. S. 27—28.
- [18] Savich V.I., Belopuhov S.L., Nikitochkin D.N., Filippova A.V. Novye metody oчитki pochv ot tjazhjoljyh metallov. *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. № 4 (42). S. 216—218.
- [19] Aliev A.M., Cimbalist N.I., Konchic V.A., Cimbalist S.N. Jentropija v ocenke tehnologij vozdeľvanija ozimoj pshenicy. *Trudy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii Jenergoobespechenie i jenergosberezhenie v sel'skom hozjajstve*. 2012. T. 2. S. 83—90.
- [20] Grishina E.A., Jashin M.A., Prohorov I.S., Belopuhov S.L. Ocenka sodержanija obshhego i frakcionnogo ugleroda v shhelochnyh vytjazhkah iz gumificirovannoj l'njanoi kostry. *Agrohimicheskij vestnik*. 2013. № 6. S. 39—40.