

УДК 631.95

UDC 631.95

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

General agriculture, crop production

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА
ОБЫКНОВЕННОГО**

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF
MINERAL FERTILIZERS ON AGRICULTURAL
ENVIRONMENTAL INDICATORS OF
ORDINARY BLACK SOIL**

Францева Татьяна Петровна
к.т.н., доцент
SPIN-код: 9613-7395
E-mail: tatian-81@mail.ru

Frantseva Tatiana Petrovna
Cand.Tech.Sci., associate professor
SPIN-code: 9613-7395
E-mail: tatian-81@mail.ru

Стрельников Виктор Владимирович
д.б.н., профессор
SPIN-код: 2808-3170
E-mail: strelecol@yandex.ru

Strelnikov Viktor Vladimirovich
Dr.Sci.Biol., Professor
SPIN-code: 2808-3170
E-mail: strelecol@yandex.ru

Сухомлинова Александра Геннадьевна
к.б.н., доцент
SPIN-код: 1184-4018
E-mail: sukhomlinova.alexandra@yandex.ru

Sukhomlinova Alexandra Gennadijevna
Cand.Biol.Sci., associate professor
SPIN-code: 1184-4018
E-mail: sukhomlinova.alexandra@yandex.ru

Мельченко Александр Иванович
д.б.н., доцент
SPIN-код: 1578-0694
E-mail: alexkuban59@mail.ru

Melchenko Alexander Ivanovich
Dr.Sci.Biol., associate professor
SPIN-code: 1578-0694
E-mail: alexkuban59@mail.ru

Чернышева Наталья Викторовна
к.б.н., профессор
SPIN-код: 5199-7071
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru
*ФГБОУ «Кубанский государственный аграрный
университет», Краснодар, Россия*

Chernisheva Natalya Victorovna
Cand.Biol.Sci., Professor
SPIN-code: 5199-7071
E-mail: nv.chernisheva@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В результате исследования влияния разных форм, доз и сроков внесения минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в почвах, на разных участках агроландшафта, в условиях рельефа Тимашевского района, не выявлено превышение значений ПДК как для валовых, так и для подвижных форм в пахотном и подпахотном горизонтах чернозема обыкновенного. Отмечено, что минеральные удобрения не оказывают негативного влияния на агроэкологические показатели чернозема обыкновенного

As a result of the study of the influence of different forms, doses and timing of mineral fertilizers on the content of heavy metals in soils of different areas of the agricultural landscape, in the conditions of the relief of the Timashevsky district, there was no excess of MPC values for both gross and mobile forms in the arable and subsurface horizons of ordinary black soil. It is noted that mineral fertilizers do not have a negative impact on the agroecological indicators of ordinary black soil

Ключевые слова: АГРОЛАНДШАФТ, МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ

Keywords: AGROLANDSCAPE, MINERAL FERTILIZER, HEAVY METALS, AGRO-ECOLOGICAL SOIL CONDITION

Doi: 10.21515/1990-4665-150-012

Введение

Краснодарский край, в настоящее время, по валовой продукции сельского хозяйства занимает первое место в России и лидер по валовому сбору зерна. Результатом активного сельскохозяйственного пользования почвенным покровом, стало ухудшение плодородия и деградация почв [3].

Данная проблема является предметом особо пристального внимания специалистов, занимающихся изучением и прогнозированием состояния окружающей среды [4, 5].

Прежде всего, необходимо научное, организованное на базе специальной системы почвенно-экологического мониторинга природной среды, обоснование безопасных технологий возделывания культур, основанное на сохранении плодородия почв при интенсификации ведения сельскохозяйственного производства и применения удобрений и других химических средств [8, 9].

Качество получаемой сельскохозяйственной продукции с конкретных территорий зависит от баланса питательных элементов в почве. Баланс между датированием питания при учете допустимого уровня экологической нагрузки и плодородием почв, являются качественными и количественными экологическими показателями состояния агроландшафтов [3, 4].

Одним из важнейших элементов питания для сельскохозяйственных растений является азот. Усиливая рост и развитие растений, азотные удобрения способствуют увеличению содержания белка в готовой продукции.

Существует несколько форм азотных удобрений: аммиачные, аммонийные, нитратные, аммонийно-нитратные, амидные. Эффективность их применения увеличивается, при наличии разных форм азота в удобрениях [3].

Многочисленные исследования отечественные и зарубежные исследования показали, что в минеральных удобрениях содержится большое количество тяжелых металлов. В зависимости от форм применяемых удобрений в различных пахотных горизонтах почв может проходить накопление ряда тяжелых металлов [1, 7, 10, 11, 12].

Поэтому минеральные удобрения надо расценивать как дополнительный источник тяжелых металлов, в результате чего проблема агроэкологическое состояние почв является актуальной.

Объект исследования – агроэкологическое состояние почв на опытных участках под влиянием азотных удобрений: мочевины и аммиачной селитры.

Цель работы – оценить влияние азотных удобрений на содержание и распределение тяжёлых металлов в почве на разных участках агроландшафта в условиях рельефа Тимашевского района.

Материалы и методы

Рельеф изучаемого района имеет ровную поверхность с большим количеством курганов и незначительными повышениями, что касается ландшафтного районирования, Тимашевский район принадлежит к обычному низменно-равнинному аккумулятивному и эрозионно-аккумулятивному ландшафту с разнотравно-злаковыми степями на выщелоченных и типичных малогумусных черноземах [5].

Полевые опыты были заложены на окраине равнины, в верхней и нижней части склона.

Почва исследуемых участков – чернозем обыкновенный, при мощности гумусового горизонта 35-40 см. Среднее содержание гумуса в пахотном горизонте почвы окраины равнины 3,21 %; в верхней части склона – 3,41 %, и самое высокое в нижней части – 3,64 %. Диапазон изменения значения рН от 6,15 до 7,05.

Чернозем исследуемых участков, по содержанию подвижных форм фосфора классифицируется, как низко обеспеченный 27,6 мг/кг почвы. Наименьшее содержание фосфора на окраине равнины, в нижней части склона обеспеченность почв этим элементом увеличивается на 30 %.

По содержанию калия почва классифицируется, как высоко обеспеченная 209 мг/кг. В нижней части склона обменного калия содержится на 40 % больше, чем в почве окраины равнины, и на 35 % больше по сравнению с верхней частью склона.

Почва этих участков агроландшафта не различается по составу обменных катионов, по сумме оснований, что указывает на генетическое родство.

Мочевина. Содержит 46 % азота в амидной форме. Гранулированный продукт, хорошо растворим в воде, слеживается слабо. В почве под воздействием фермента уреазы мочевина гидролизуется в течение 1-20 дней с выделением аммиака. При поверхностном внесении на посевах озимых, на сенокосы и пастбища аммиачный азот может улетучиваться, особенно на слабокислых и нейтральных почвах при низкой влажности и повышенных температурах. При заделке мочевины в почву эффект ее такой же, как и аммиачной селитры. В условиях орошения мочевина более эффективна, так как азот ее вымывается слабо. По величине потенциальной кислотности мочевина близка к аммиачной селитре.

Аммиачная селитра. Содержит 34% азота в аммиачной и нитратной форме, 96% удобрения выпускается в гранулированном виде. Удобрение хорошо растворяется в воде, сильно гигроскопично, при хранении в сырых помещениях может слеживаться, физиологически слабокислое удобрение и пригодно для всех культур и почв.

Исследования проводились двумя опытами, в трехкратной повторности с 2016 по 2018 гг, на делянках размером 4 на 4 м:

В первом опыте вносили мочевины. Изучаемые варианты:

- без удобрений (контроль);
- N₆₀ P₆₀ K₆₀;

–N₁₂₀ P₁₂₀ K₁₂₀.

Во втором опыте вносили аммиачную селитру. Изучаемые варианты:

- N₁₂₀ осенью;
- N₁₂₀ весной;
- N₆₀ осенью + N₆₀ весной.

Химические анализы почвы выполнялись на базе агрохимической лаборатории центра агрохимической службы «Краснодарский». Анализы осуществляли по общепринятым методикам:

- подвижный фосфор по Мачинину в модификации ЦИНАО (1994г);
- рН водной и солевой суспензии из почвы потенциометрически;
- сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковичу;
- гумуса – по Тюрину;
- обменный калий в вытяжке по Мачинину в модификации ЦИНАО (1994г) [2].

Результаты и обсуждения

Распределение тяжелых металлов на исследуемых участках определялось на базе Краснодарского НИИ сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко, данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте и почвообразующей породе, мг/кг

Тип склона	Cd	Pb	Zn	Cu
Пахотный горизонт				
Окраина равнины	0,3	8,6	25,1	6,9
Верхняя часть склона	0,2	8,0	19,2	7,7
Нижняя часть склона	0,3	14,5	33,3	13,9
Почвообразующая порода				
Тип склона	Cd	Pb	Zn	Cu
Окраина равнины	0,08	8,2	22,3	5,5
Верхняя часть склона	0,04	8,1	13,1	4,0
Нижняя часть склона	0,07	14,1	29,2	11,2

Результаты показали, что содержание кадмия увеличивается в профиле почвы от пахотного горизонта до почвообразующей породы за исключением верхней части склона. Содержание свинца меняется незначительно. Содержание меди равномерно убывает сверху вниз до почвообразующей породы по всем изучаемым элементам агроландшафта, однако количественное содержание по генетическим горизонтам различно для каждого исследуемого участка. Количество цинка по профилю верхней и нижней части склонов убывает сверху вниз, а на окраине равнины наоборот снизу вверх.

Таблица 2 – Содержание валовых форм тяжелых металлов на исследуемых участках агроландшафта (за 2016-2018 гг), мг/кг

Горизонт	Мощность горизонта, см	Элемент			
		Cd	Pb	Zn	Cu
Окраина склона					
A _{пах}	0-20	0,35	10,0	25,7	9,2
B	20-40	0,35	11,5	25,8	8,6
BC	40-70	0,40	28,5	26,4	7,8
Верхняя часть склона					
A _{пах}	0-20	0,35	10,0	20,2	7,4
B	20-40	0,30	11,5	18,9	5,9
BC	40-70	0,40	10,0	15,3	4,4
Нижняя часть склона					
A _{пах}	0-20	0,33	14,5	33,8	13,7
B	20-40	0,40	14,5	32,3	13,2
BC	40-70	0,40	16,0	32,4	12,9
ПДК		2,0	32,0	100,0	55,0

Особенности распределения тяжелых металлов объясняются не только почвообразующими породами, свойствами самих элементов, но и особенностями процессов почвообразования, различием почв по физическим, физико-химическим и агрохимическим свойствам.

По полученным данным содержания валовых форм тяжелых металлов на исследуемых участках агроландшафта, можно заключить, что количество кадмия увеличивается в профиле почвы от пахотного горизонта до почвообразующей породы за исключением верхней части склона. Наименьшее содержание тяжелых металлов (кадмий, свинец, цинк, медь) характерно для верхней части склона, а наибольшее, наблюдалось в нижней части склона.

Подвижных форм тяжелых металлов в черноземе обыкновенном содержится в десятки раз меньше, чем валовых, и их значения не превышают ПДК. Содержание кадмия колеблется от 0,012 до 0,043, свинца от 0,13 до 0,59, цинка от 0,08 до 0,43, меди от 0,11 до 0,18 мг/кг почвы при ПДК для свинца 6, цинка 23, меди 3, кадмия 1 мг/кг почвы.

Подвижность тяжелых металлов для каждого элемента ландшафта имеет свои особенности. Наибольшая подвижность в профиле почвы практически для всех элементов наблюдается в верхней части склона (1,4-7,1 %). Менее всего подвижны тяжелые металлы в нижней части склона (0,25-4,8 %).

Действие удобрений на питательный режим и содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых участков

Основное внесение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ в течение трех лет способствует увеличению содержания питательных элементов (подвижного фосфора и обменного калия) особенно на окраине равнины с 27,6 до 34,2 и с 209 до 268 мг/кг почвы соответственно, на фоне $N_{120}P_{120}K_{120}$.

Содержание гумуса в почве исследуемых участков (A_1 , B_1 , B_2) агроландшафта при применении минеральных удобрений сохраняется, рН почвы снижается на этом фоне на 0,1-0,2 единицы.

Внесенные в почву удобрения изменяют реакцию среды, содержание органического вещества, содержание и соотношение элементов питания в

почвенно-поглощающем комплексе, являются дополнительным, и иногда и значительным источником поступления тяжелых металлов.

Однако, при внесении в течение трех лет мочевины ($N_{120}P_{120}K_{120}$; в сумме $N_{360}P_{360}K_{360}$) по сравнению с исходной характеристикой, изменяется содержание валовых форм кадмия и свинца в пахотном горизонте. В верхней части склона отмечено увеличение содержания цинка и меди в пахотном и подпахотном горизонтах, в нижней части склона содержание свинца, что отражено в таблице 3.

Содержание подвижных форм кадмия, свинца, цинка и меди после внесения мочевины варьирует по исследуемым участкам агроландшафта, однако все полученные значения ниже ПДК.

Таблица 3 – Влияние мочевины, в сумме за 2016-2018 гг, на содержание валовых форм тяжелых металлов в почве, мг/кг почвы

Участок	Горизонт, см	Cd		Pb		Zn		Cu	
		К	У	К	У	К	У	К	У
А ₁	А _{пах} 0-20	0,30	0,73	10,2	13,5	25,5	27,6	9,0	9,5
	В 20-40	0,30	0,30	11,8	11,8	25,7	27,5	8,8	9,8
Б ₁	А _{пах} 0-20	0,32	0,35	10,0	8,8	20,0	23,8	7,4	9,0
	АВ 20-30	0,30	0,30	11,4	9,7	18,0	23,0	6,6	8,4
Б ₂	А _{пах} 0-20	0,32	0,39	14,2	15,8	33,5	31,8	13,5	13,0
	АВ 20-30	0,36	0,31	14,1	16,9	33,0	32,2	13,3	14,2
ПДК		2,0		32,0		100,0		55,0	

где К – содержание тяжелых металлов на контрольном варианте;

У – содержание тяжелых металлов на удобренном варианте;

А₁ – окраина равнины;

Б₁ – верхняя часть склона;

Б₂ – нижняя часть склона.

Аммиачную селитру, в сумме, вносили – N₂₄₀. При внесении аммиачной селитры наблюдается некоторое повышение содержания валовых форм свинца, цинка, кадмия и меди в почве на окраине равнины по сравнению с исходной характеристикой. Данные по влиянию аммиачной селитры на содержание валовых форм тяжёлых металлов в почве, приведены в таблице 4. В нижней части склона изменение содержания валовых форм тяжелых металлов минимально. В верхней части склона наблюдается превышение исходного содержания для цинка и меди.

Содержание подвижных форм кадмия, цинка, меди в A_{пах} и Б на окраине равнины при внесении N₂₄₀ в форме аммиачной селитры повышается, а свинца уменьшается. В верхней части склона снижается содержание кадмия, свинца, цинка, меди.

Таблица 4 – Влияние аммиачной селитры на содержание валовых форм тяжелых металлов в почве, мг/кг почвы (в сумме за 2016-2018 гг.)

Участок	Горизонт, см	Cd		Pb		Zn		Cu	
		К	У	К	У	К	У	К	У
А ₁	А _{пах} 0-20	0,35	0,35	10,2	13,9	26,0	28,7	9,5	12,0
	В 20-40	0,35	0,34	11,1	11,5	26,2	27,9	8,8	11,5
Б ₁	А _{пах} 0-20	0,35	0,30	10,0	8,5	20,1	21,5	7,2	8,9
	АВ 20-30	0,30	0,30	11,2	10,2	18,3	22,6	6,4	8,1
Б ₂	А _{пах} 0-20	0,33	0,40	14,7	16,5	33,8	33,5	13,5	14,3
	АВ 20-30	0,35	0,35	14,5	13,3	33,0	34,3	13,2	14,0
ПДК		2,0		32,0		100,0		55,0	

где К – содержание тяжелых металлов на контрольном варианте;

У – содержание тяжелых металлов на удобренном варианте;

А₁ – окраина равнины;

B_1 – верхняя часть склона;

B_2 – нижняя часть склона.

В нижней части склона не изменяется содержание кадмия, увеличивается содержание свинца, содержание цинка уменьшается в $A_{\text{пах}}$, но увеличивается в горизонте – АВ, а меди увеличивается в $A_{\text{пах}}$, и уменьшается в АВ. Тем не менее, все полученные значения существенно ниже ПДК.

Выводы

В результате исследований влияния разных форм, доз и сроков внесения минеральных удобрений на разделение тяжелых металлов в почвах разных участков агроландшафта, не выявлено превышения значений ПДК как для валовых, так и для подвижных форм в пахотном и подпахотном горизонтах чернозема обыкновенного.

Минеральные удобрения не оказывают негативного влияния на агроэкологические показатели чернозема обыкновенного на разных исследуемых участках агроландшафта.

Список литературы

1. Белоус Н.М. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Ф.В. Моисеенко, М.Г. Драганская // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – Брянск, 2006. – С. 22-29
2. ГОСТ 29269-91 Почвы. Общие требования к проведению анализов
3. Елисеева Н.В., Имгрунт И.И., Чернышева Н.В., Галкин Г.А., Стрельников В.В., Агроэкология Северо-Западного Кавказа: проблемы и перспективы. -Белореченск: ООО «Эльбрус», 2004. – 242 с.
4. Карпова Е.А. Эколого-агрохимические аспекты длительного применения удобрений: состояние тяжелых металлов в агроэкосистемах: Автореф. дис. докт. биол. наук. М.: Изд-во МГУ, 2006. – 47 с.
5. Коровин В.И. Природа Краснодарского края / В.И. Коровин. - Краснодар: Колос, 1979.– 450 с.
6. Ландсберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы / А.Р. Ландсберг. А.Г. Муравьев. – СПб: Владос, 2000. – 164 с.

7. Покровская С.Ф. Загрязнение почв тяжелыми металлами и его влияние на сельскохозяйственное производство. – М.: 1986. – 57 с.
8. Сердюкова А. Ф., Барабанщиков Д. А. Последствия загрязнения почвы тяжелыми металлами // Молодой ученый. – 2017. – №51. – С. 131-135.
9. Стрельников В. В. Прикладная экология: учебник / В. В. Стрельников [и др.]. – Краснодар: Издательский Дом-Юг, 2012. – 452 с.
10. Тяжелые металлы в системе почва – растение / Б. А. Ягодин [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 5. – С. 43-45.
11. Хайдиш Э.К. Химия тяжелых металлов / под ред. Н.Г. Зырина, Л.К. Садовниковой. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 206 с.

References

1. Belous N.M. Vlijanie razlichnyh sistem udobrenija na nakoplenie tjazhelyh metallov v sel'skohozjajstvennoj produkcii / N.M. Belous, V.F. Shapovalov, F.V. Moiseenko, M.G. Draganskaja // Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. – Brjansk, 2006. – S. 22-29
2. GOST 29269-91 Pochvy. Obshhie trebovanija k provedeniju analizov
3. Eliseeva N.V., Imgrunt I.I., Chernysheva N.V., Galkin G.A., Strel'nikov V.V., Agrojekologija Severo-Zapadnogo Kavkaza: problemy i perspektivy. -Belorechensk: ООО «Jel'brus», 2004. – 242 s.
4. Karpova E.A. Jekologo-agrohimicheskie aspekty dlitel'nogo primenenija udobrenij: sostojanie tjazhelyh metallov v agrojekosistemah: Avtoref. dis. dokt. biol. nauk. M.: Izd-vo MGU, 2006. – 47 s.
5. Korovin V.I. Priroda Krasnodarskogo kraja / V.I. Korovin. - Krasnodar: Kolos, 1979. – 450 s.
6. Landsberg A.R. Ocenka jekologicheskogo sostojanija pochvy / A.R. Lansberg. A.G. Murav'ev. – SPb: Vldos, 2000. – 164 s.
7. Pokrovskaja S.F. Zagrzaznenie pochv tjazhelymi metallami i ego vlijanie na sel'skohozjajstvennoe proizvodstvo. – М.: 1986. – 57 s.
8. Serdjukova A. F., Barabanshnikov D. A. Posledstvija zagrzaznenija pochvy tjazhelymi metallami // Molodoj uchenyj. – 2017. – №51. – S. 131-135.
9. Strel'nikov V. V. Prikladnaja jekologija: uchebnik / V. V. Strel'nikov [i dr.]. – Krasnodar: Izdatel'skij Dom-Jug, 2012. – 452 s.
10. Tjazhelye metally v sisteme pochva – rastenie / B. A. Jagodin [i dr.] // Himija v sel'skom hozjajstve. – 1996. – № 5. – S. 43-45.
11. Hajdish Je.K. Himija tjazhelyh metallov / pod red. N.G. Zyrina, L.K. Sadovnikovej. – М.: Izd-vo MGU, 1985. – 206 s.